

# ESTUDIO PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y MEDIOAMBIENTAL DEL BARRIO DE AMARA DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN



---

Aurea Consulting

**aurea**consulting  
www.ecoeficiente.es

---

Factor 4 Ingenieros, S.L.



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO FACTOR CLAVE PARA LA SOSTENIBILIDAD .....	4
1.2. LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA COMO OPORTUNIDAD PARA EL EMPLEO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	4
1.3. LA SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA .....	5
1.4. OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	5
1.5. MODELOS DE SIMULACIÓN Y PROGRAMAS DE CÁLCULO .....	6
<b>2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL .....</b>	<b>8</b>
2.1. EMPLAZAMIENTO .....	8
2.2. DIFERENTES ÁMBITOS EN EL ENSANCHE DE AMARA .....	9
2.3. CLIMA DE SAN SEBASTIÁN .....	10
2.4. EDIFICACIÓN DE AMARA NUEVO .....	13
2.5. ANÁLISIS DEL EDIFICIO SELECCIONADO: ISABEL II, 21-23-25 .....	18
2.6. ANÁLISIS CFD DEL EDIFICIO Y SU ENTORNO .....	25
2.7. EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN Y ACS .....	30
2.8. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL ESTADO ACTUAL .....	35
2.9. HE1 Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA .....	37
2.10. MONITORIZACIÓN DE DATOS REALES .....	40
<b>3. RESUMEN DE LAS ENCUESTAS A LOS OCUPANTES .....</b>	<b>48</b>
<b>4. EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS DE LA ENVOLVENTE .....</b>	<b>51</b>
4.1. ESTUDIO TERMOGRÁFICO .....	51
4.2. CUMPLIMIENTO DE LAS NORMATIVAS SEGÚN LA TRANSMITANCIA TÉRMICA .....	55
4.3. ANÁLISIS DE PUENTES TÉRMICOS .....	57
<b>5. EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS DE LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>59</b>
5.1. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN .....	59
5.2. INSTALACIÓN DE ACS .....	59
<b>6. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE .....</b>	<b>62</b>
6.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MODELO EMPLEADO EN LAS SIMULACIONES .....	62
6.2. CÁLCULOS DETALLADOS DE SIMULACIÓN: AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR .....	65
6.3. AISLAMIENTO POR EL INTERIOR .....	69
6.4. AISLAMIENTO AJUSTADO A LOS REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DE LA ORDENANZA DE SAN SEBASTIÁN .....	71
6.5. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	74
6.6. DESEQUILIBRIO ENTRE VIVIENDAS .....	83
6.7. EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	84
<b>7. SOLUCIONES PARA LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>85</b>
7.1. PRODUCCIÓN .....	85
7.2. PRODUCCIÓN DE ACS .....	89
7.3. DISTRIBUCIÓN DE ACS .....	89
7.4. DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN .....	89
7.5. EMISORES .....	90

7.6.	AISLAMIENTO TÉRMICO .....	90
7.7.	CONTADORES.....	91
7.8.	REGULACIÓN Y CONTROL .....	91
<b>8.</b>	<b>REVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO.....</b>	<b>93</b>
8.1.	ESTADO ACTUAL.....	94
8.2.	ECO-ORDENANZA.....	95
8.3.	SOLUCIÓN RECOMENDADA.....	96
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES.....</b>	<b>98</b>
9.1.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....	98
9.2.	CONCLUSIÓN GENERAL.....	99
<b>10.</b>	<b>ANEXO I: GUÍA PARA AHORRAR ENERGÍA EN LA VIDA DIARIA .....</b>	<b>101</b>
10.1.	CLIMATIZACIÓN.....	101
10.2.	ILUMINACIÓN.....	101
10.3.	AGUA CALIENTE SANITARIA .....	101
10.4.	COCINA.....	101
10.5.	ELECTRODOMÉSTICOS.....	102
10.6.	TRANSPORTE.....	102
<b>11.</b>	<b>ANEXO II: AYUDAS A LA REHABILITACIÓN .....</b>	<b>103</b>
11.1.	OBRAS APOYADAS POR GOBIERNO VASCO.....	103
11.2.	REQUISITOS A TENER EN CUENTA.....	103
11.3.	AYUDAS: SUBVENCIÓN Y PRÉSTAMOS.....	103
11.4.	CUANTÍA MÁXIMA DE SUBVENCIÓN .....	104
11.5.	MÁS INFORMACIÓN .....	104
11.6.	OBRAS APOYADAS POR EL ENTE VASCO DE LA ENERGÍA .....	104
<b>12.</b>	<b>ANEXO III: AISLAMIENTO TÉRMICO .....</b>	<b>106</b>
12.1.	INTRODUCCIÓN.....	106
12.2.	CARACTERÍSTICAS DE UNA REHABILITACIÓN SEGÚN LA COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO .....	107
12.3.	POLIURETANO .....	109
12.4.	LANA MINERAL.....	114
12.5.	POLIESTIRENO EXPANDIDO .....	116
12.6.	POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) .....	120
<b>13.</b>	<b>ANEXO IV: AISLAMIENTO EXTERIOR, INTERIOR, FACHADA VENTILADA Y HUECOS .....</b>	<b>123</b>
<b>14.</b>	<b>ANEXO V: GUÍA PRÁCTICA DE LA ENERGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS .....</b>	<b>124</b>
<b>15.</b>	<b>ANEXO VI: GUÍA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS .....</b>	<b>125</b>
<b>16.</b>	<b>ANEXO VII: SOLUCIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN LA EDIFICACIÓN .....</b>	<b>126</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO FACTOR CLAVE PARA LA SOSTENIBILIDAD

La eficiencia energética es un factor de gran importancia a la hora de hablar sobre sostenibilidad en la edificación. Incluso, sin la fuerte subida y la inestabilidad de los precios del petróleo que han llevado a una disminución del crecimiento económico en Europa, la Unión Europea tendría muchas razones para dar un fuerte impulso a un programa reforzado de promoción de la eficiencia energética a todos los niveles de la sociedad europea. Para el 2.030 la UE dependerá en un 90 % de las importaciones para cubrir sus necesidades de petróleo y en un 80% en el caso del gas. Es imposible prever el precio del petróleo y el gas en 2.020, especialmente si la demanda del mundo en desarrollo sigue aumentando tan rápidamente como hoy.

El **ahorro energético** es, sin duda, el medio más rápido, eficaz y rentable para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y de mejorar la calidad del aire, lo que ayudaría a respetar asimismo compromisos de Kyoto.

Por eso, es imprescindible proponer una serie de actuaciones clave:

- Establecer planes de acción anuales de eficiencia energética a nivel nacional, regional y local, controlando posteriormente sus efectos tanto en lo que se refiere a la mejora de la eficiencia energética como a la relación coste - eficacia.
- Dar a los ciudadanos, mejor información, por ejemplo, a través de campañas de publicidad orientadas de manera precisa.
- Mejorar la fiscalidad a fin de garantizar que el contaminador paga realmente, sin aumentar por ello, la presión fiscal global.
- Orientar mejor las ayudas públicas cuando estén justificadas y sean proporcionadas y necesarias para incentivar el rendimiento energético.
- Utilizar la contratación pública como palanca de las nuevas tecnologías.
- Utilizar instrumentos de financiación nuevos o instrumentos mejorados a escala comunitaria y nacional con el fin de incentivar, sin ayudas, a que las familias y las empresas introduzcan mejoras con una buena relación coste - eficacia.
- Ir más lejos en materia de construcción de edificios cuando sea aplicable alguna directiva comunitaria en vigor, y extender estas medidas más tarde a los edificios más pequeños a fin de conseguir la mejor relación coste - eficacia con el mínimo de burocracia.

### 1.2. LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA COMO OPORTUNIDAD PARA EL EMPLEO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El gran potencial de ahorro y el hecho de que el sector de edificación represente el 40 % del consumo final de energía de la UE, hacen especialmente interesantes las inversiones en eficiencia energética en este sector.

Es importante concienciar a la Administración y a los ciudadanos de la importancia de la eficiencia energética. En la construcción de viviendas de protección oficial, se debe valorar de manera especial que sean eficientes y que se garantice como mínimo un ahorro energético del 50 % con la construcción propuesta, valorándose de manera especial los ahorros energéticos superiores. De esta forma, las empresas que quieran acceder a la construcción de vivienda pública, deberán tener en cuenta la importancia de construir con la mayor eficiencia energética.



En caso de una rehabilitación, se puede capitalizar el ahorro energético e incentivar las actuaciones a partir de mecanismos financieros basados en garantías que se apoyen en los ahorros energéticos originados.

### 1.3. LA SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA

El sector de la edificación en España ha sido durante las últimas décadas claramente insostenible. El auge de la construcción no respondía a necesidades sociales y ha llevado consigo importantes impactos económicos, ambientales y sociales.

Los problemas ambientales que se derivan del sector de la construcción en España son considerables. Sobre todo, hay que destacar dos puntos:

- El tipo de planificación urbanística que se ha desarrollado: dispersa y de baja densidad.
- Cómo se ha construido: con materiales, equipamientos y características constructivas ineficientes energéticamente.

Aunque existen muchos impactos ambientales derivados de este sector (ocupación de territorio, residuos de las obras, etc.), lo más preocupante es el elevado consumo energético y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en él.

Las emisiones del sector residencial, comercial e institucional se habían incrementado en 2004 en un 65% respecto del año base de 1990. Es decir, 20 puntos más que el conjunto de emisiones españolas, que en ese año estaban en torno al 45%. El sector doméstico y el de la edificación, consumen en torno a un 20% del total de la energía final en España y producen el 25% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>. La calefacción y la producción de agua caliente son los vectores que más energía consumen en este sector.

Por su parte, el Código Técnico de la Edificación, está contribuyendo a la eficiencia energética gracias a los requerimientos de aislamiento térmico y de los equipamientos de energía solar que introduce, pero sólo en las nuevas edificaciones o en las grandes rehabilitaciones, y no en el parque edificatorio existente, que está fuera de su ámbito de aplicación. Las exigencias energéticas que se derivan de la aplicación de este código, pueden suponer un ahorro de energía en dichos edificios de entre un 30 a un 40% y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de entre un 30 y un 55%.

Una materia aún pendiente y prioritaria para la aplicación real de estas medidas de eficiencia es el control y vigilancia estricta de la aplicación de esta nueva norma a través de los correspondientes instrumentos de inspección.

### 1.4. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo general de la actuación, consiste en la realización de un estudio para la rehabilitación energética de edificios tipológicamente representativos del Barrio de "Amara Nuevo" de San Sebastián, con criterios sociales, económicos, energéticos y medioambientales, con la finalidad de:

1. Determinar las actuaciones más adecuadas en una rehabilitación con criterios energéticos.
2. Estimar el impacto medioambiental de la mejora de la envolvente.
3. Valorar la posibilidad de intervención en las instalaciones térmicas y de iluminación de los edificios.
4. Vincular los aspectos energéticos del estudio con parámetros económicos y normativos.

El estudio trabaja con la hipótesis de un cambio en las características térmicas de las cubiertas y de las fachadas, incrementando el espesor de aislamiento y mejorando las características de los huecos.

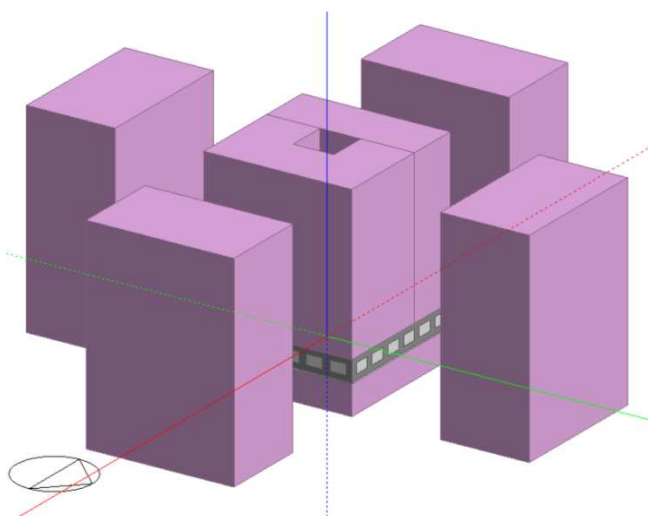
Este estudio energético, sobre similares edificios residenciales de gran densidad existentes en el barrio, analizará y evaluará datos de diversa naturaleza (social, económica, demográfica, energética,...), proporcionando una serie de indicaciones y recomendaciones para la rehabilitación energética y ofreciendo datos concretos "tipificables" y conclusiones extrapolables aplicables a edificios de tipologías similares, en definitiva, que permita acometer la rehabilitación energética de otros edificios residenciales semejables.

## 1.5. MODELOS DE SIMULACIÓN Y PROGRAMAS DE CÁLCULO

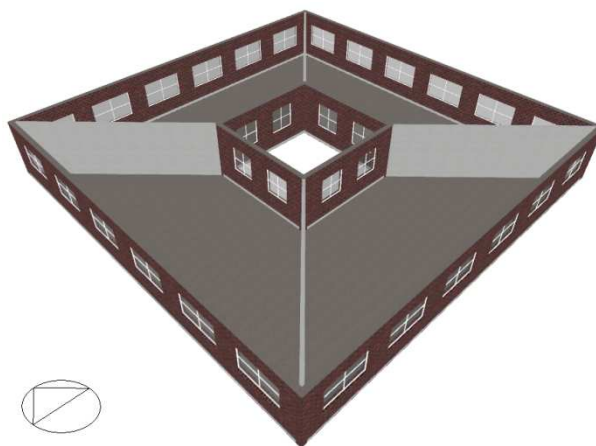
### MODELOS DE EDIFICIOS

Intentando desarrollar un modelo aplicable al conjunto de viviendas de Amara Nuevo, se han utilizado dos tipos de prototipos con diferente ubicación (P1-P5-P8), orientación (Norte-Sur-Este-Oeste) y tipología (con-sin patio interior)

Las características exactas de cada modelo están definidas en el apartado "Propuesta de soluciones".



La P1 y los edificios colindantes.



Vista interior de un tipo de planta con patio interior.

### PROGRAMAS DE SIMULACIÓN EMPLEADOS

En función del tipo de análisis a realizar, se ha aplicado la herramienta de simulación más adecuada. Entre otras:

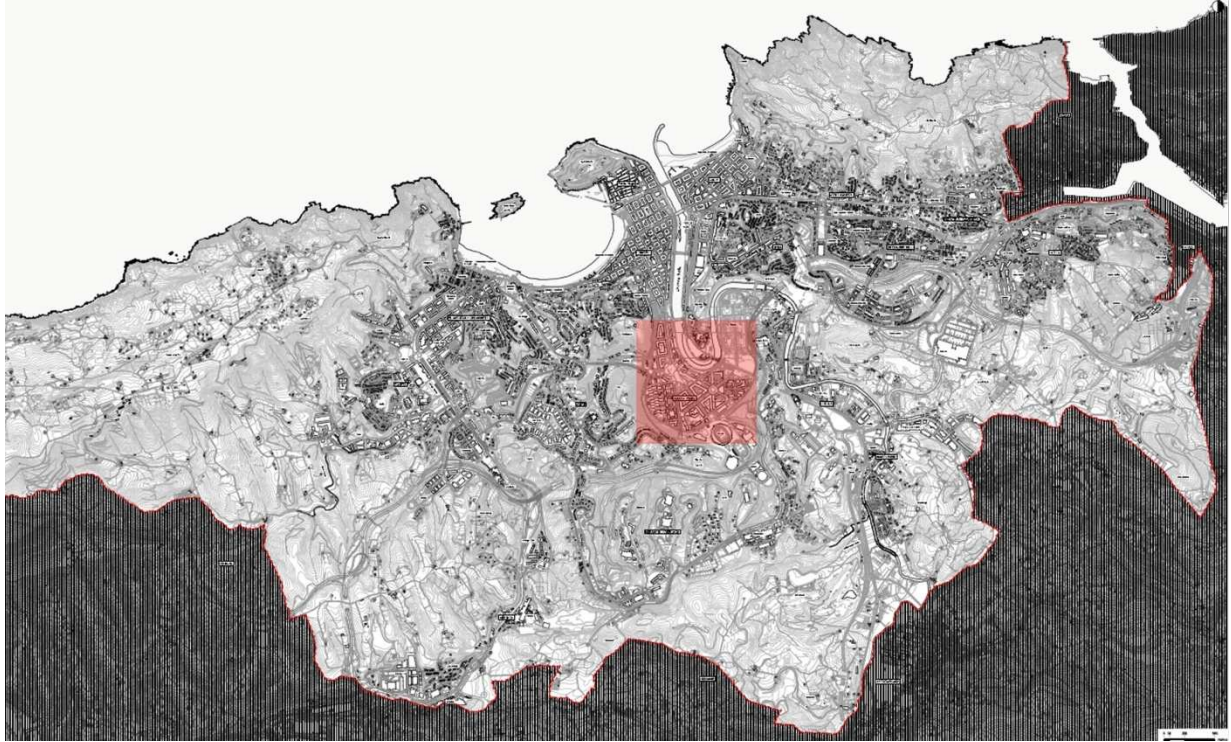
- Therm: análisis del flujo bidimensional en los puentes térmicos.
- Ecotect: análisis trayectorias solar y cálculo de radiación incidente en los cerramientos.

- DesignBuilder-Energyplus+: evaluación energética global del edificio. Estudio de demandas y consumos asociados a las necesidades térmicas del edificio.
- Lider: cálculo del cumplimiento del documento básico de Limitación de la Demanda HE-1 del Código Técnico de la Edificación.
- Calener VYP: Calificación Energética del edificio de estudio.

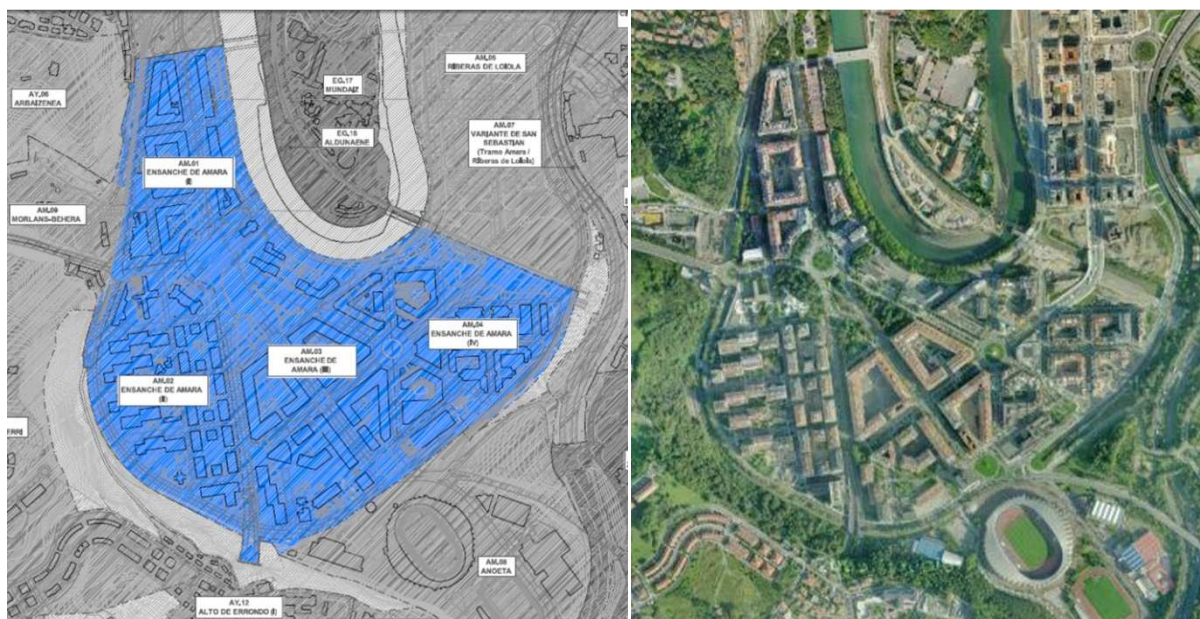
## 2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

### 2.1. EMPLAZAMIENTO

#### AMARA NUEVO



El ensanche de Amara, lo que posteriormente sería Amara Nuevo, comenzó a construirse en la década de los sesenta. A continuación, se ha desarrollado otro ensanche, el de Amara-Osinaga, que ha visto su continuación en la urbanización de las Riberas de Loiola. De este modo, estos dos barrios, Amara y Loiola, han quedado unidos, extendiendo y fortaleciendo la trama urbana de Donostia.





## 2.2. DIFERENTES ÁMBITOS EN EL ENSANCHE DE AMARA

### 1-AM.01.ensanche de Amara (I) (Amara Berri)

Amara Nuevo, constituye el principio de la continuación hacia el Sur del Ensanche Cortázar en las marismas del río Urumea, y está delimitado por el propio río al Este, el Paseo de Errondo al Oeste, la Plaza del Centenario al Norte y la glorieta de Pio XII al Sur.

Fue desarrollado durante los años sesenta del siglo pasado, con una morfología de ensanche basada en amplias avenidas y grandes manzanas, y tiene una superficie de 99.042 m<sup>2</sup>.

### 2-AM.02.ensanche de Amara (II) (Amara Berri)

Desarrollado básicamente entre los años sesenta y ochenta del siglo XX con una morfología de manzana o bloque abierta, tiene una superficie de 146.908 m<sup>2</sup>. Está limitado al Suroeste por el Paseo de Errondo, al Este por la Avda. de Carlos I y al Norte por la Calle Pedro Manuel Collado.

### 3-AM.03 ensanche de Amara (III) (Amara Berri)

El Ámbito mantiene la morfología comenzada en el "Ensanche de Amara (I)", sobre la base de la disposición de grandes manzanas y amplias avenidas. Su desarrollo se dilató entre los años sesenta y ochenta del siglo pasado.

Tiene una superficie de 267.541 m<sup>2</sup> y está limitado por el río Urumea al Norte, el Paseo de Errondo al Sur, la Avda. de Carlos I al Oeste y la Avd. de Balleneros al Este.

### 4-AM.04 ensanche de Amara (IV) (Amara Berri)

Ejecutado básicamente durante el transcurso de los años noventa del siglo pasado, vienen a constituir sus características fundamentales las de un desarrollo edificatorio en manzana cerrada para uso residencial.

Su superficie, de 131.577 m<sup>2</sup>, está comprendida entre los límites formados por la línea de ferrocarril de ADIF y el Paseo de Bizkaia al Norte, la Calle Balleneros al Oeste y el ferrocarril de Euskotren al Sureste.

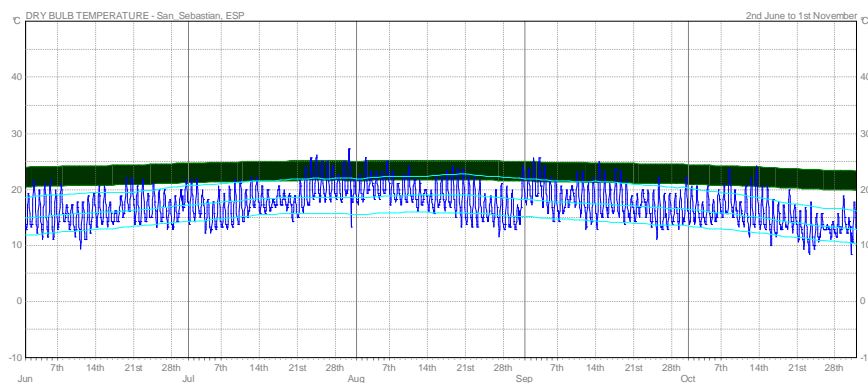
## 2.3. CLIMA DE SAN SEBASTIÁN

### TEMPERATURAS

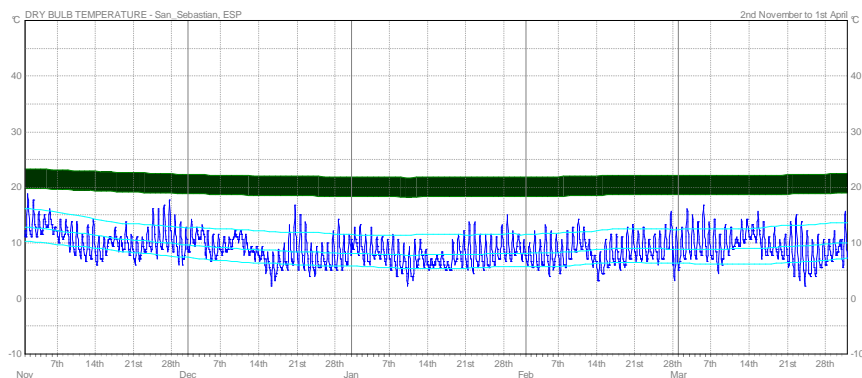
San Sebastián es una ciudad de clima oceánico y una de las ciudades más lluviosas de España. La temperatura media anual en San Sebastián ronda los 14 grados centígrados. Es un clima muy húmedo, en invierno las temperaturas rondan los 5 grados de sensación térmica por la humedad, y en verano, cuando hay viento del sur, los termómetros en ocasiones superan los 35 grados. Si el viento es del norte, la temperatura desciende hasta los 6 o 7 grados en invierno o los 23 en verano.

A continuación se recogen las estrategias de verano e invierno para un edificio residencial en este tipo de clima:

- **Verano:** La temperatura media diaria es inferior a 20 °C, por lo que no es necesario ningún sistema de refrigeración, siempre que en los cerramientos soleados se observen una serie de estrategias:
  - Aprovechar los sistemas de protección solar de los huecos de fachadas (retranqueos, balcones...).
  - Aislar la cubierta y los cerramientos soleados.
  - Renovación nocturna con enfriamiento en la masa interior del edificio cuando la temperatura exterior descienda por debajo de 21 °C.



- **Invierno:** La temperatura media diaria ronda los 10 °C, la cual hará necesaria la presencia de calefacción, cuyo consumo podrá reducirse notablemente si las viviendas se diseñan con una estrategia solar pasiva:
  - Huecos de fachada que permitan una buena ganancia solar (factor solar alto) en fachadas al Sur.
  - Nivel adecuado de aislamiento en los cerramientos y huecos (bajo emisivos).



La lluvia abunda en cualquier época del año, siendo el otoño la época más lluviosa.

Days with Precipitation > 0.1mm (enero 2000 - diciembre 2008)

En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
15.4	14.0	16.3	17.9	16.2	13.4	[días]
86	86	83	85	83	85	Disponibilidad de datos[%]

Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	
13.8	16.3	13.7	15.1	16.7	13.7	[días]
84	93	96	92	96	89	Disponibilidad de datos[%]
promedió valor (enero 2000 - diciembre 2008) : 182.5 días						

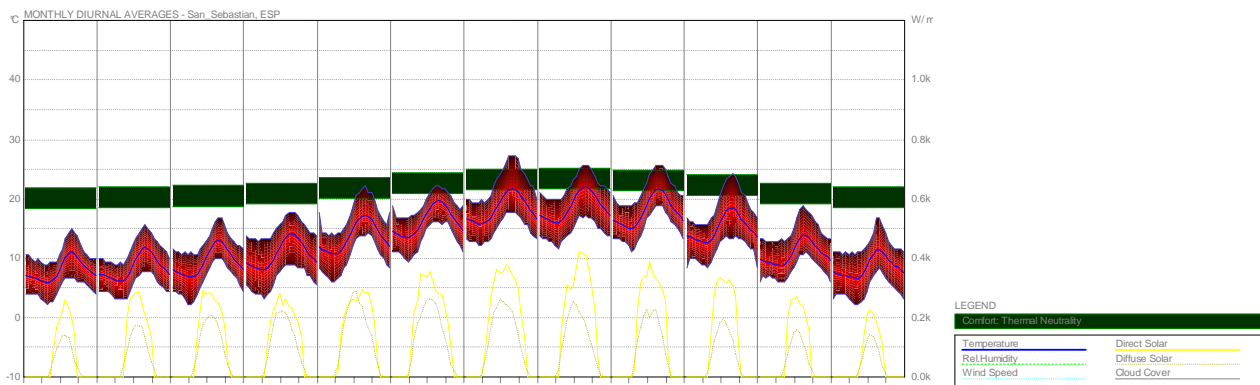
Accumulated Precipitation (enero 2000 - diciembre 2008)

En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
106.2	70.7	113.8	113.8	87.3	67.0	[mm]
86	86	83	85	83	85	Disponibilidad de datos[%]

Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	
74.1	117.2	88.6	152.5	163.4	126.0	[mm]
84	93	96	92	96	89	Disponibilidad de datos[%]
promedió valor (enero 2000 - diciembre 2008) : 1280.6 mm						

La siguiente gráfica muestra las oscilaciones diarias medias para las temperaturas mínimas, medias y máximas, junto con los niveles de radiación y la franja de confort.



## RADIACIÓN

Como puede apreciarse, tan sólo se está dentro del rango de confort entre los meses de julio y octubre, estando durante los meses restantes a temperaturas por debajo del confort. La posibilidad de aprovechar la radiación solar en invierno permitirá alcanzar adecuados niveles de confort mientras que una elevada captación en verano puede sacarnos de la zona confort por sobrecalentamiento.

De cara a realizar un análisis del comportamiento térmico del edificio, hay que tener en cuenta, que si bien la geometría del edificio origina una distribución de viviendas en diferentes orientaciones, el tratamiento diferencial de la envolvente y las medidas de ahorro integradas en el edificio, permiten atenuar las diferencias en el comportamiento térmico de las viviendas situadas en diferente orientación.

La insolación no es muy elevada: 1.809 horas de sol anuales de promedio. El valor máximo corresponde a julio, con 212 horas y el mínimo a diciembre, con 90 horas.

horas de sol por día (enero 2000 - diciembre 2008)

En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
3.2	3.7	4.7	5.4	6.3	6.6	[h]
98	98	97	96	98	98	Disponibilidad de datos[%]

Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	
6.9	6.6	6.3	4.6	3.5	3.1	[h]
99	97	97	94	98	93	Disponibilidad de datos[%]
promedió valor (enero 2000 - diciembre 2008) : 5.1 h						

Accumulated Sunshine Hours (enero 2000 - diciembre 2008)

En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
97.7	103.2	141.9	157.8	190.3	194.5	[h]
98	98	97	96	98	98	Disponibilidad de datos[%]

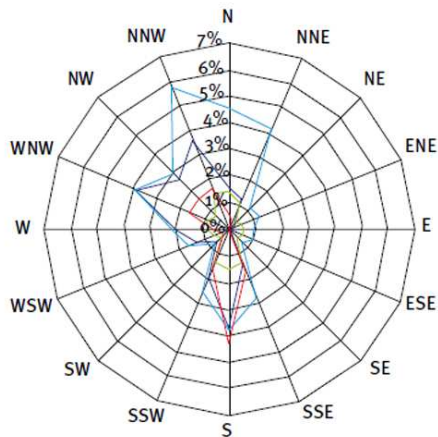
Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	
211.8	198.7	184.8	134.0	104.7	90.0	[h]
99	97	97	94	98	93	Disponibilidad de datos[%]
promedió valor (enero 2000 - diciembre 2008) : 1809.5 h						

## VIENTO

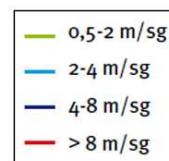
Los vientos dominantes son del S y del NO, con velocidades poco elevadas en general.

Dentro de un conjunto urbano la afectación de los vientos predominantes siempre es más difícilmente evaluable, especialmente en las plantas inferiores de los edificios, debido al efecto del resto de edificios circundantes, que canalizan y modifican la trayectoria del viento, haciendo poco previsible su acción sobre el edificio.

Rosa de los vientos: velocidad media 4,15 m/s



Valores normales. Periodo 1971-2000. San Sebastián. Igeldo  
Rosa de los vientos. Anual



Calmas: 7%



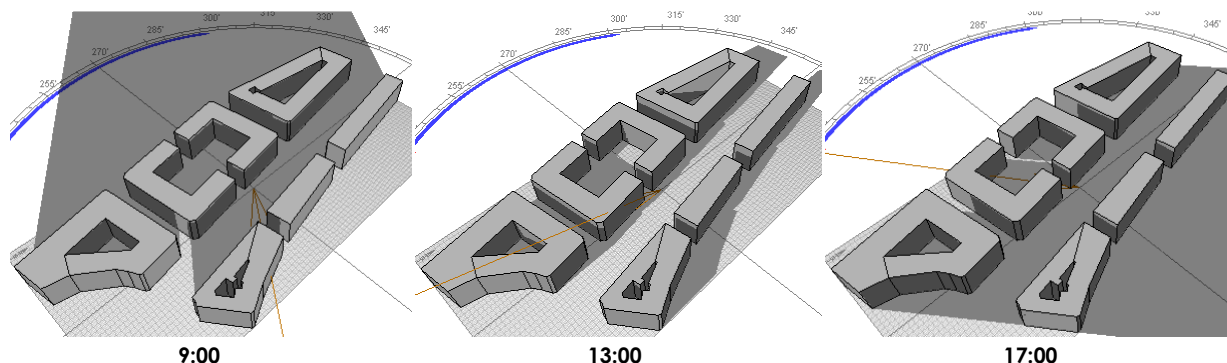
## 2.4. EDIFICACIÓN DE AMARA NUEVO

Como se ha descrito anteriormente, hay que destacar que el proceso de edificación del barrio de Amara Nuevo, hace distinguir cuatro ámbitos diferentes (cuatro tipos de edificaciones).

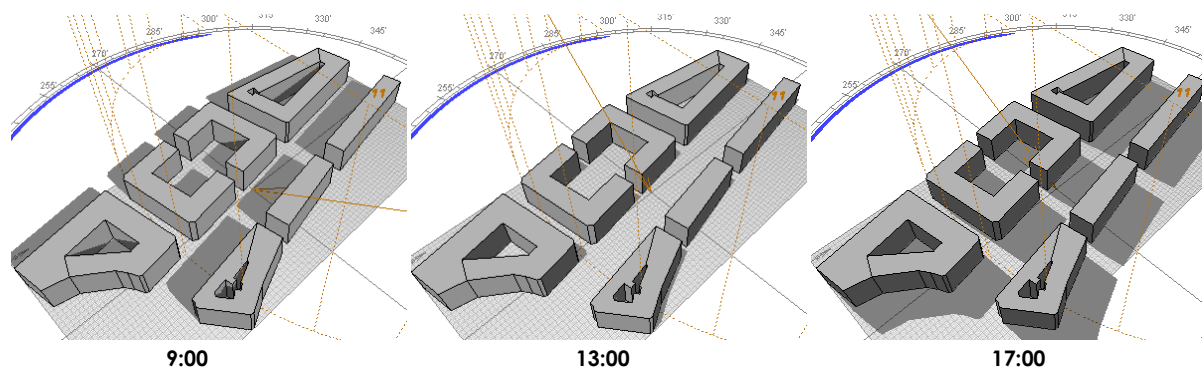
A su vez, la **orientación** principal de las edificaciones de cada ámbito es distinta, por lo que a continuación se efectúa un análisis tipológico y de soleamiento individual:

**-AM.01:** morfología de ensanche basada en amplias avenidas y grandes manzanas de B+IX.

**21 de diciembre:**



**21 de junio:**



La orientación principal de este ámbito es de E-O.

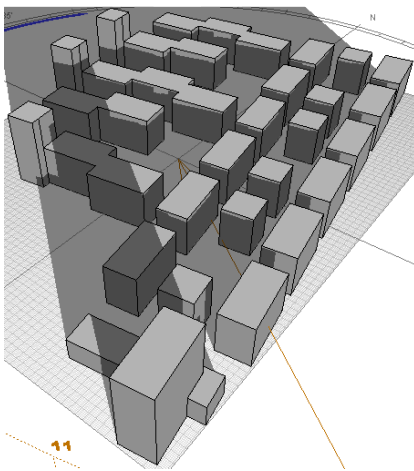
Resulta destacable la apertura de las fachadas a amplios patios de manzana. Estos espacios, pese a su extensión, generan zonas sombreadas importantes, repercutiendo en una disminución notable del soleamiento en estas fachadas. Este hecho puede incluso hacer recomendable un estudio particular de los cerramientos exteriores, de cara a diferenciar en tratamiento los cerramientos exteriores que reciben radiación directa de aquellas zonas en sombra de los patios de manzana.

- Orientación de las fachadas:

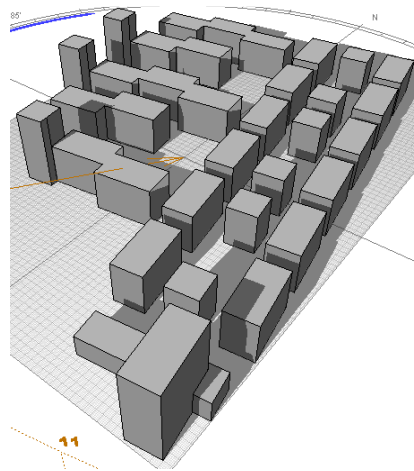
	Metros lineales de fachada	Porcentaje
<b>NORTE</b>	489,8	18
<b>SUR</b>	523,1	19,3
<b>ESTE</b>	825,3	30
<b>OESTE</b>	875	32,7

-AM.02: morfología de piezas independientes o pastillas de B+IX

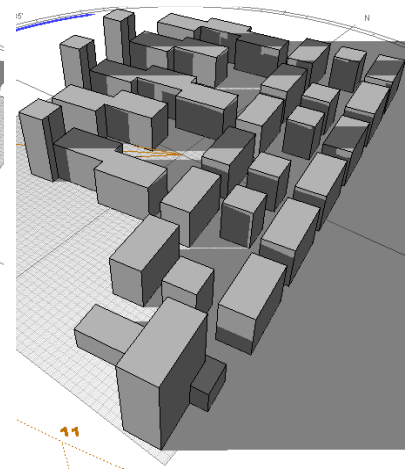
**21 de diciembre:**



9:00

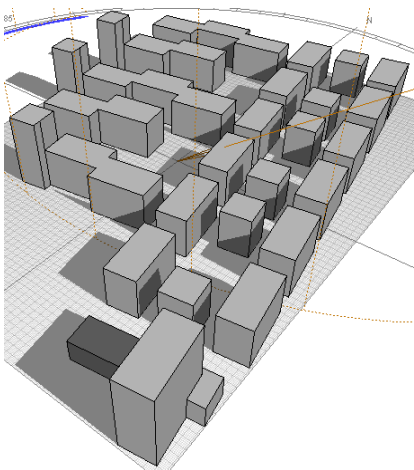


13:00

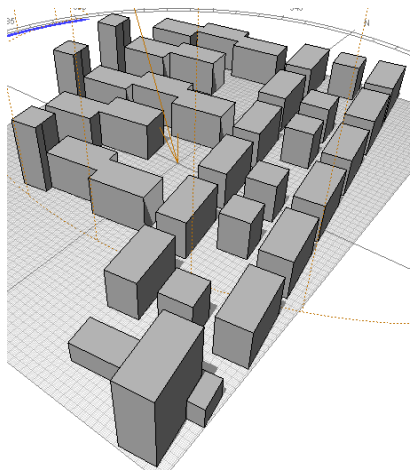


17:00

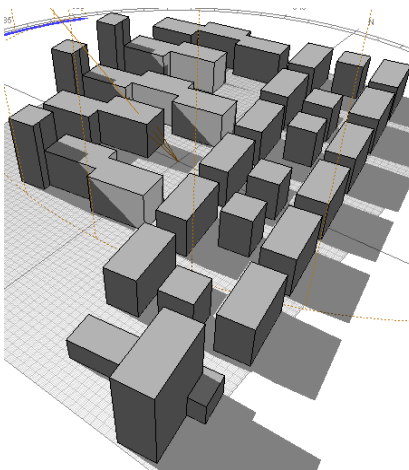
**21 de junio:**



9:00



13:00



17:00

En este ámbito, existen sobre todo 3 tipos de viviendas:

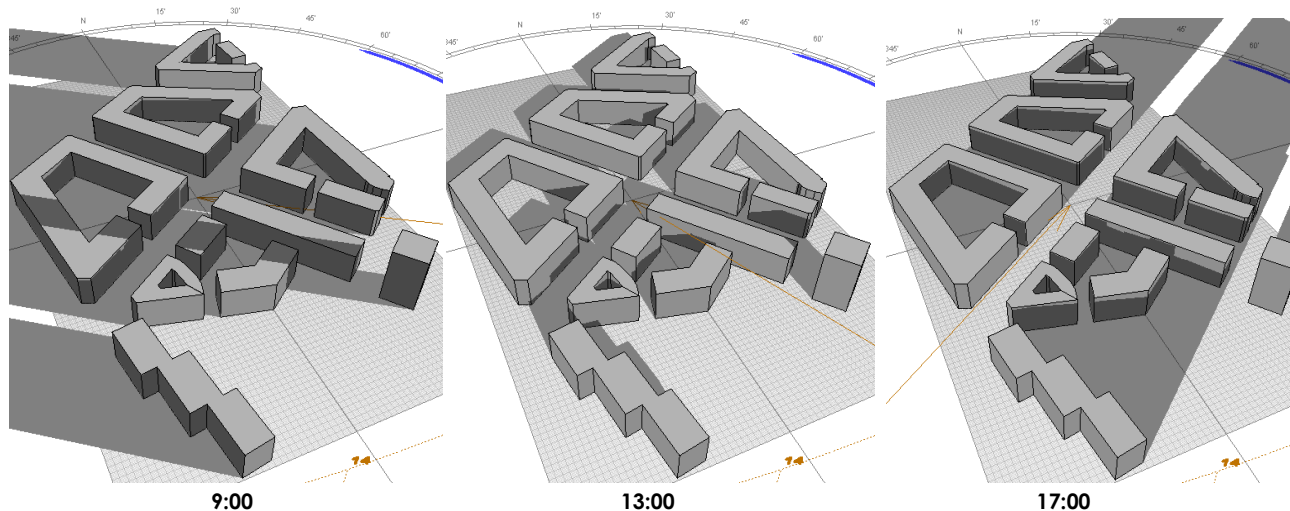
1. Torres de 17 pisos.
2. Pastillas con orientación E-O.
3. Pastillas con orientación N-S.

- Orientación de las fachadas:

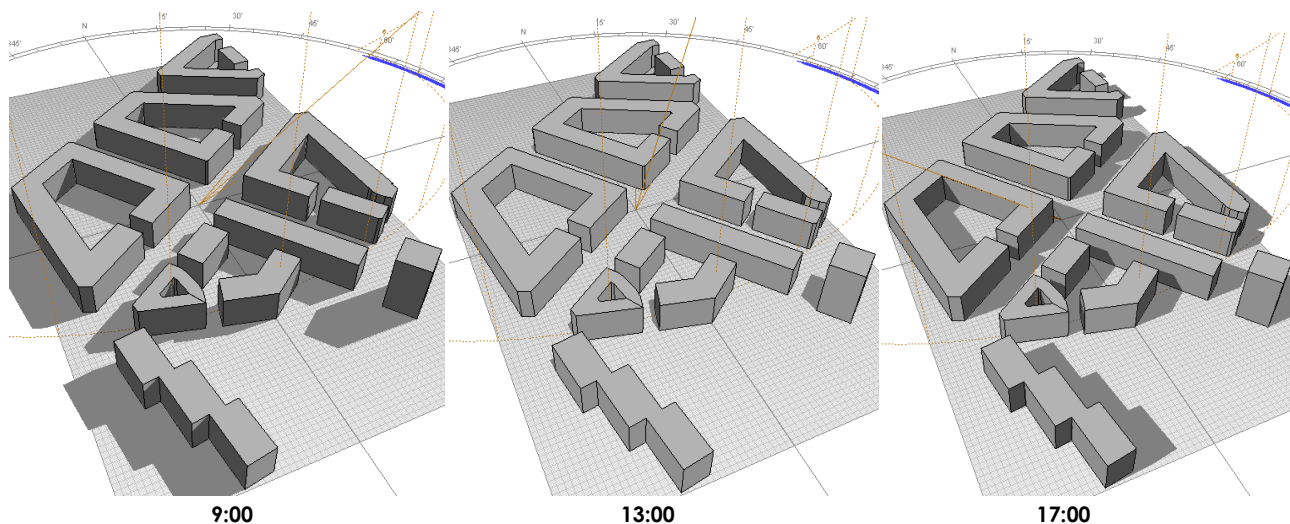
	Metros lineales de fachada	Porcentaje
<b>NORTE</b>	1095,5	27
<b>SUR</b>	1006,2	24
<b>ESTE</b>	995,9	23
<b>OESTE</b>	1027,4	26

-AM.03: mantiene la morfología comenzada en “Ensanche de Amara (I)”.

**21 de diciembre:**



**21 de junio:**



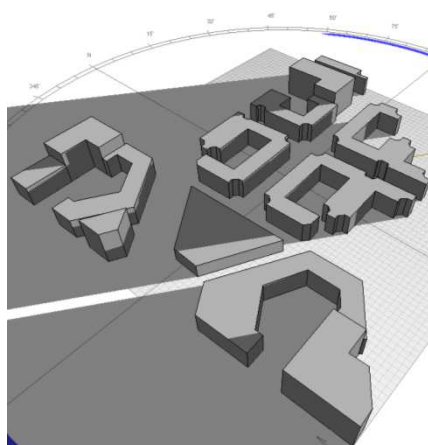
No presenta orientación favorable, ya que la mayoría de las fachadas están orientadas hacia el norte. Esto supone que no reciben radiación solar directa, por lo que el aumento del espesor del aislamiento de estos cerramientos exteriores será recomendable de cara a minimizar las pérdidas ante la ausencia de ganancias solares.

- Orientación de las fachadas:

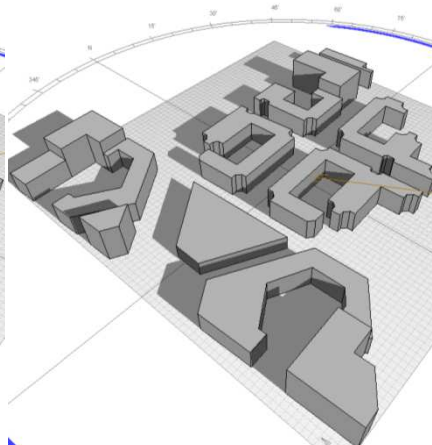
	Metros lineales de fachada	Porcentaje
<b>NORTE</b>	1724,6	39,5
<b>SUR</b>	198,4	4,5
<b>ESTE</b>	533,8	12,2
<b>OESTE</b>	481,4	11
<b>SURESTE</b>	612,2	14
<b>SUROESTE</b>	818,9	18,8

-AM.04: desarrollo edificatorio en manzana cerrada para uso residencial.

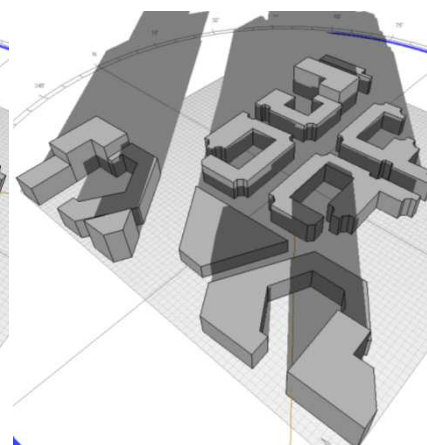
**21 de diciembre:**



9:00

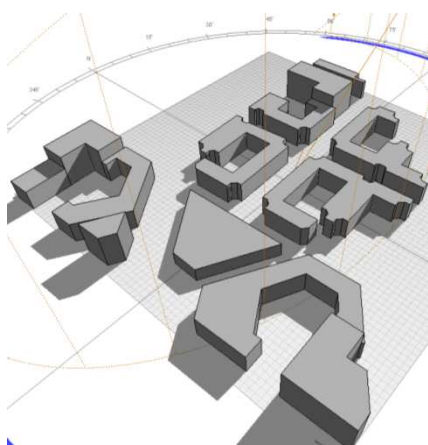


13:00

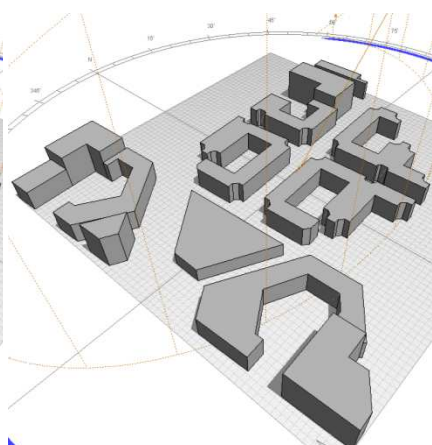


17:00

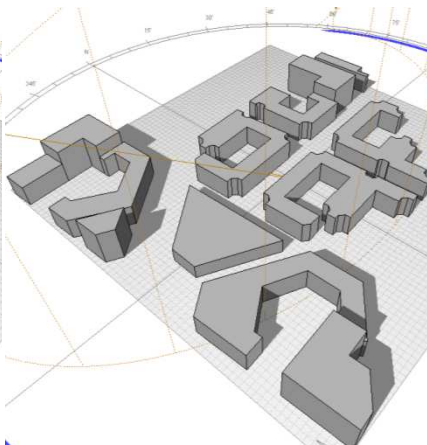
**21 de junio:**



9:00



13:00



17:00

Este último ámbito de Amara Nuevo, es el más actual y sobre todo se nota en la altura de los edificios. En los otros ámbitos, las viviendas están constituidas por un bajo (normalmente comercial) y 9 pisos (viviendas). Sin embargo, en este caso, las viviendas tienen un bajo y 5 pisos, mejorando las condiciones de las fachadas que se abren hacia los patios. Estos cerramientos reciben bastante luz solar directa, por lo que se podrá plantear un tratamiento similar a los otros cerramientos exteriores.

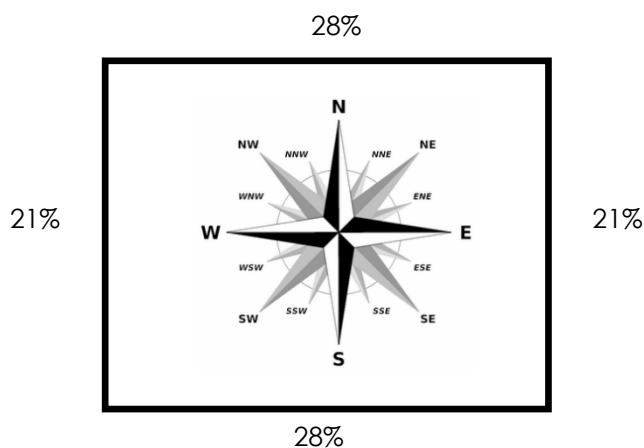
- Orientación de las fachadas:

	Metros lineales de fachada Porcentaje	
<b>NORTE</b>	746,7	25,7
<b>SUR</b>	519,7	17,9
<b>ESTE</b>	590	20,3
<b>OESTE</b>	757,2	26,1
<b>SURESTE</b>	189,2	6,5
<b>SUROESTE</b>	98,3	3,5

- **Desglose de orientación** de las fachadas de Amara Nuevo:

	<b>Metros lineales de fachada</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>NORTE</b>	4056,6	28,7
<b>SUR</b>	2247,2	15,9
<b>ESTE</b>	2945	20,8
<b>OESTE</b>	3141	22,2
<b>SURESTE</b>	801,4	5,6
<b>SUROESTE</b>	917,2	6,8

Si unificamos las orientaciones Sur con Sureste y Suroeste, tenemos unas orientaciones muy uniformes a Norte y Sur, con una fracción algo menor a Este y Oeste, que se corresponde de manera bastante aproximada a la tipología individual generalizada y que podríamos representar por una pastilla "equivalente" en la siguiente figura:



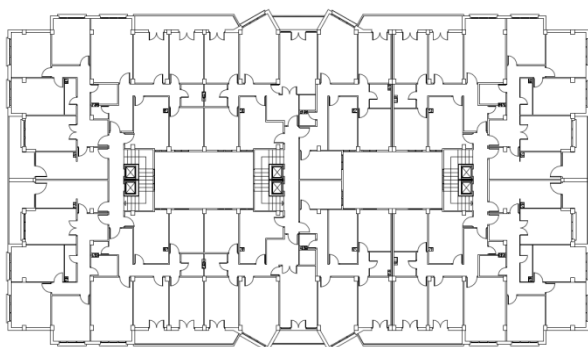


## 2.5. ANÁLISIS DEL EDIFICIO SELECCIONADO: ISABEL II, 21-23-25

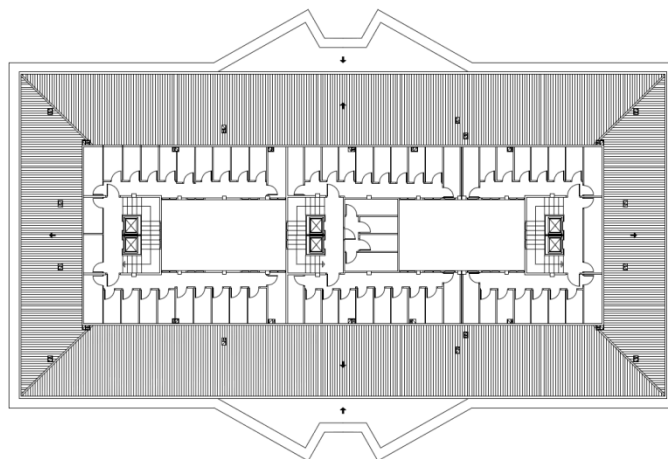
### INFORMACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

El edificio de estudio, está formado por un bajo comercial, 9 pisos de viviendas y un bajo cubierta distribuido en trasteros. La altura del bajo es de 5,2 metros, las viviendas tienen una altura libre de 2,73 metros y la altura en el pico de la cubierta es de 3,4 metros.

El bloque se distribuye mediante tres portales que comparten la generación de calefacción. Cada planta contiene 12 viviendas con diferentes orientaciones y dimensiones, con lo que en total consta de 108 viviendas.



Planta tipo



Bajo cubierta

A la hora de analizar energéticamente el edificio, es importante tener en cuenta la existencia de los dos patios interiores. Será recomendable evaluar las condiciones ambientales de estos espacios para determinar la importancia relativa de estos cerramientos dentro de una rehabilitación energética de la envolvente exterior.



Alzado Este-Oeste

Alzado Norte-Sur

Sección Tipo

## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL EDIFICIO

Para poder determinar las características constructivas del edificio, se ha utilizado la información obtenida de los planos originales y de la memoria del edificio.

**Estructura del edificio:** hormigón armado.

**Cubierta:** mediante los planos y la memoria, ha sido imposible poder detallar la composición y características de la cubierta. Sin embargo, de cara al estudio, resulta suficiente una modelización aproximada consistente en una cubierta tipo, con una capa de hormigón armado, un acabado de teja y sin aislamiento.

**Cerramiento exterior (fachada):** está compuesta por 2 capas de tabicón de ladrillo hueco y una capa intermedia de cámara de aire sin ventilar.

**Cerramientos de las divisiones entre viviendas:** está compuesta por 1 capa de ladrillo perforado. En cada caso, tendrá su respectivo acabado (baño y cocina: acabado cerámico, dormitorio-sala: pintura-trasdosado...).

**Aberturas:** en la memoria de la obra no se detallan los datos exactos del vidrio y del marco, por lo que para poder hacer el análisis energético, se utilizarán unas características típicas de la construcción de esa época. A su vez, en la visita al edificio, se apreció que muchas viviendas han efectuado cambios en sus aberturas:



1-reforma carpintería + vidrio



2- doble ventana



3- toldos o elementos de sombra

Aunque se hayan apreciado muchas reformas y mejoras en las aberturas (puertas exteriores y ventanas), para poder generalizar las simulaciones y resultados, en el trabajo se descartan las mejoras y se plantea que el edificio mantiene las características de la envolvente presentes en el proyecto original.

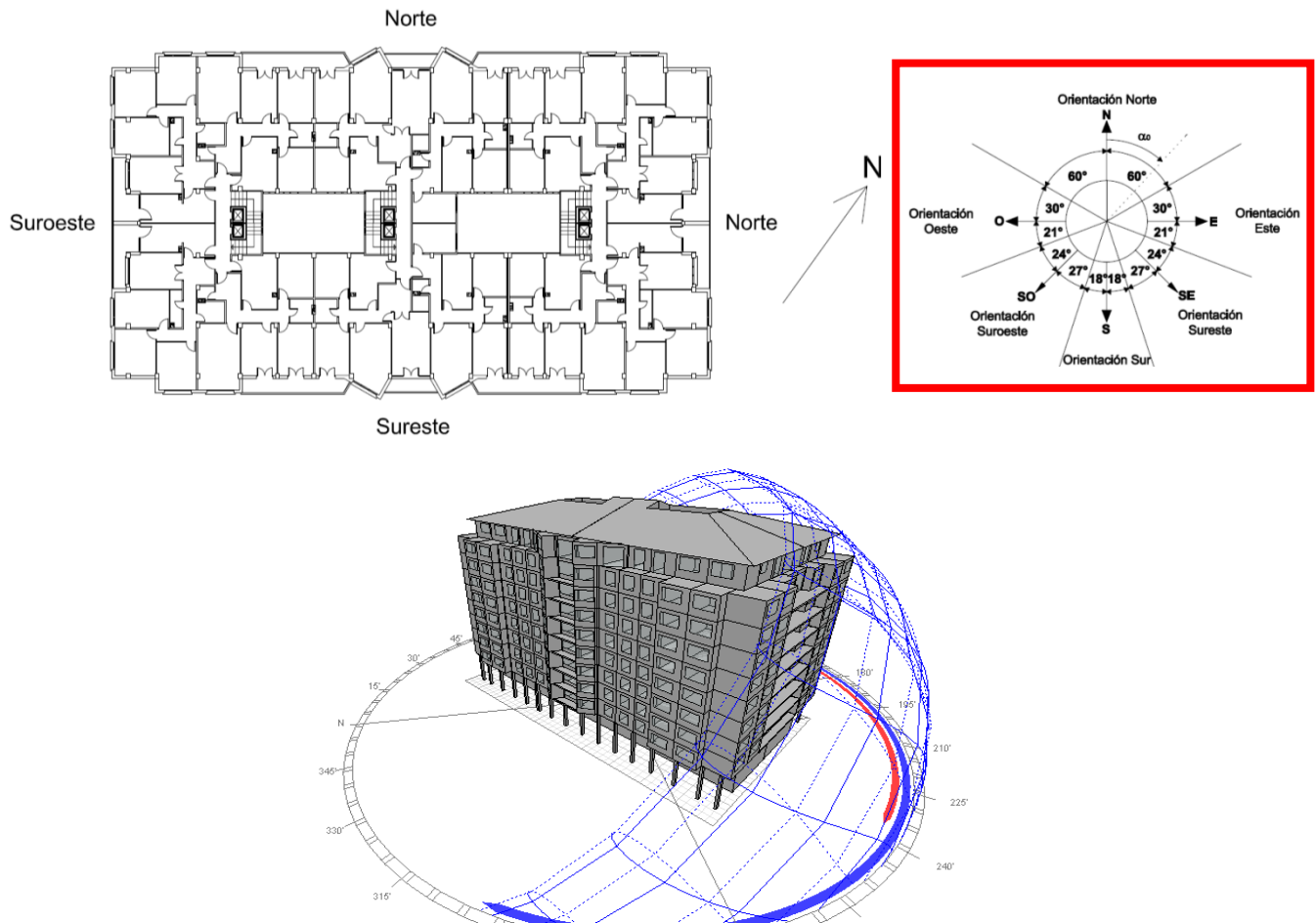
**Porcentaje de aberturas** en los cerramientos exteriores del edificio (exterior y patio interior):

	Cerramiento exterior	Cerramiento patio interior
NORTE –SUR	26,7	26,6
ESTE-OESTE	31,3	21,2

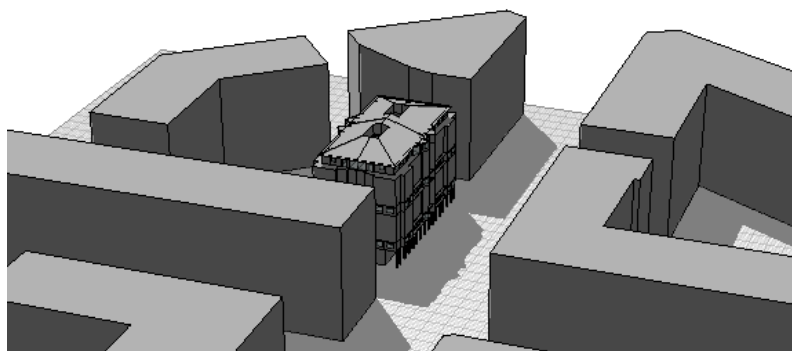
## ESTUDIO DE SOLEAMIENTO EN EL EDIFICIO

A la hora de analizar el soleamiento, existen 3 puntos básicos que influyen en el comportamiento del edificio:

1. Ciudad y clima donde se ubica (previamente se ha analizado el clima de San Sebastián).
2. **Orientación:** conforme el convenio establecido en el HE1 del CTE y que está fundamentado en el acceso solar de los cerramientos en función de su orientación:

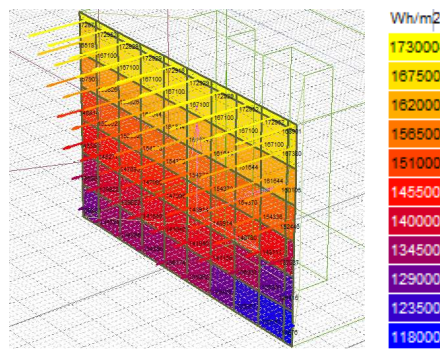


3. Edificios **colindantes:** el edificio se sitúa entre otras 4 piezas, por lo que las sombras arrojadas serán un factor importante. A su vez, desde el principio se puede apreciar que las fachadas laterales, debido a su cercanía a los otros edificios, tendrán dificultades para captar radiación solar directa.

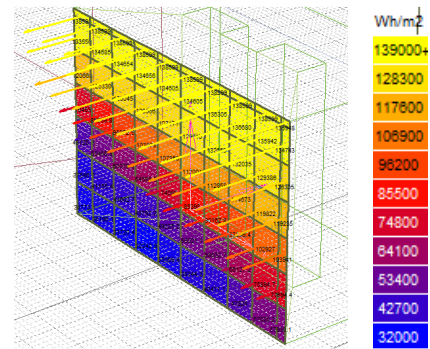




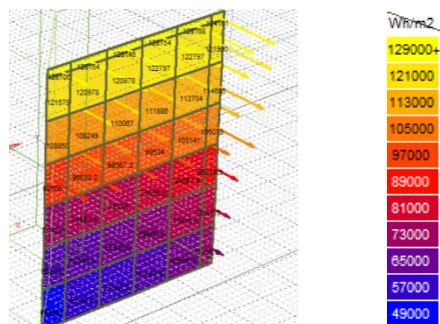
# **CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR ACUMULADA → CERRAMIENTOS EXTERIORES**



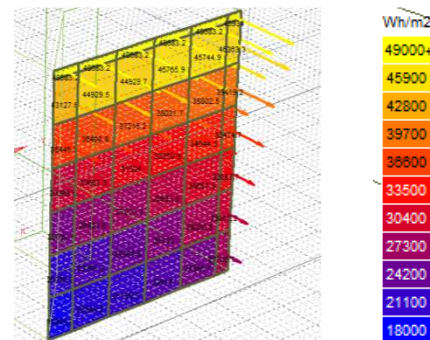
**Verano Sureste**



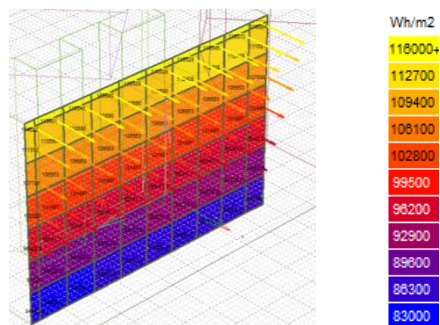
**Invierno Sureste**



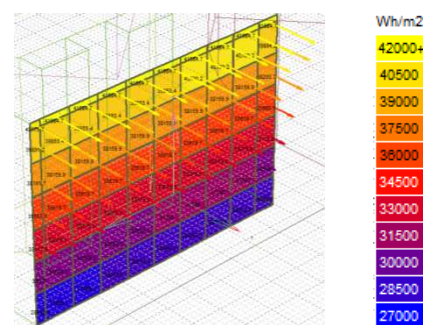
**Verano Norte**



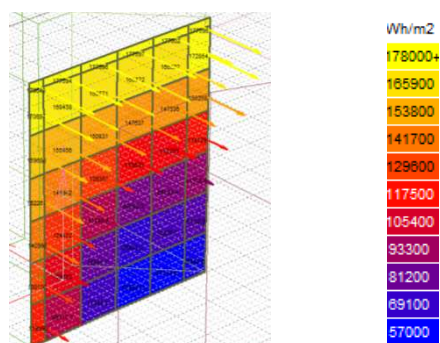
**Invierno Norte**



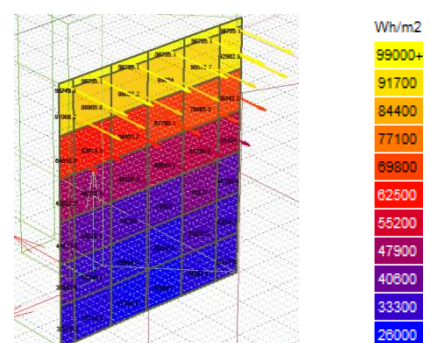
**Verano Norte**



**Invierno Norte**



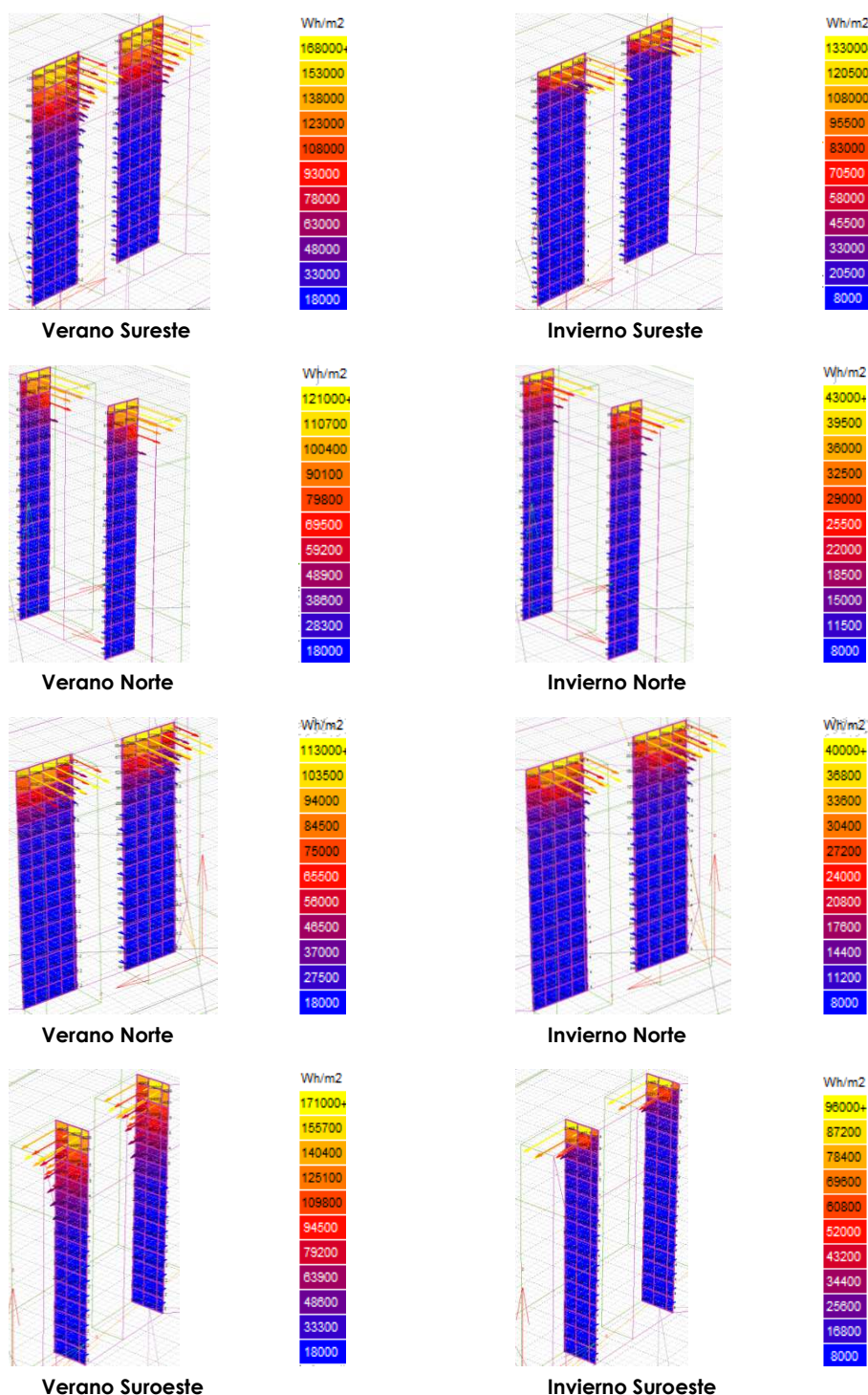
**Verano Suroeste**



**Invierno Suroeste**

Las viviendas de las plantas bajas recibirán muy poca radiación solar directa, especialmente las de la orientación con mayor componente Norte. Por el contrario, serán susceptibles de necesitar protección solar (toldos, persianas...) las viviendas de los pisos superiores, especialmente en la orientación sureste, la de mayor incidencia, y en la suroeste, que recibirá la radiación en las horas finales del día, cuando el edificio ha alcanzado su máxima temperatura.

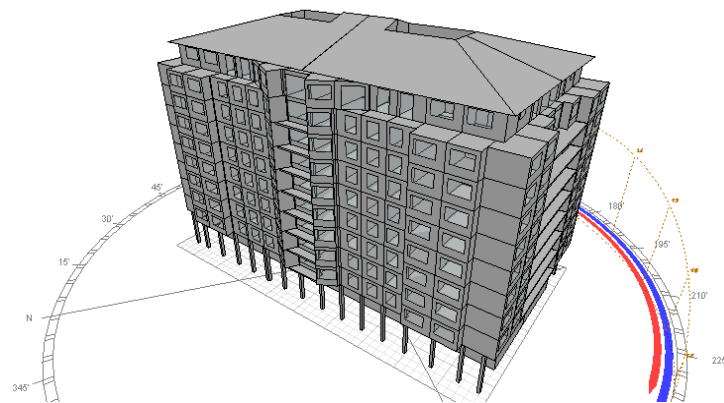
# CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR ACUMULADA → CERRAMIENTOS del PATIO INTERIOR



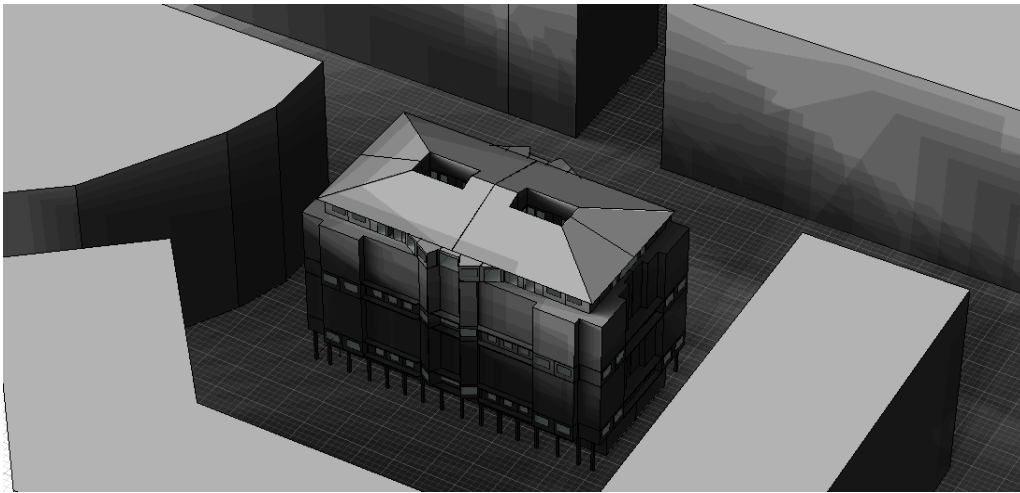
Aun partiendo de una situación de patio descubierto, es posible apreciar cómo la captación solar directa es mínima en prácticamente la altura total del edificio. En casos como el que nos ocupa, en los que el patio se encuentra cerrado por su parte superior por un elemento translúcido, queda aún más patente que los patios permiten cierto acceso a iluminación natural a través de la radiación difusa pero apenas aportan como elementos captadores de radiación y ganancia solar a las estancias.

### TRAYECTORIA SOLAR Y SOMBRAS ARROJADAS

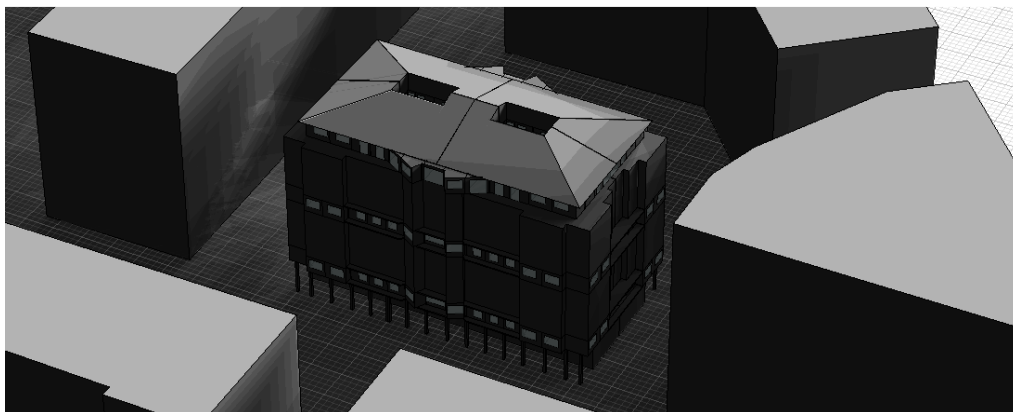
- 21 de DICIEMBRE:



**Trayectoria solar**



**Fachada Sureste y Norte**

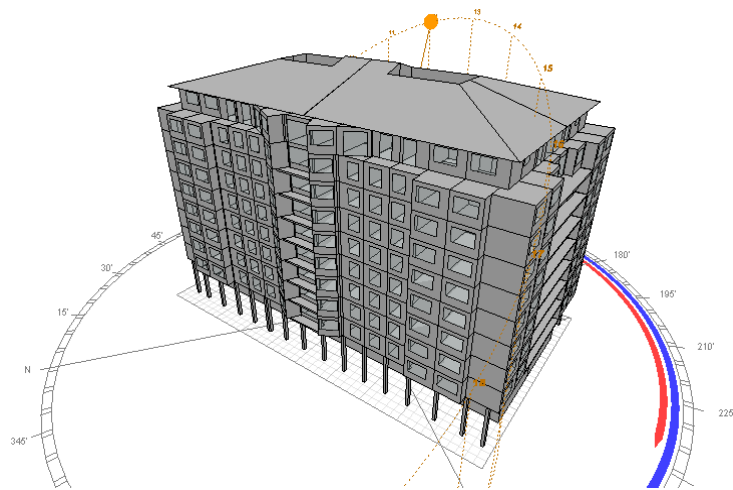


**Fachada Norte y Suroeste**

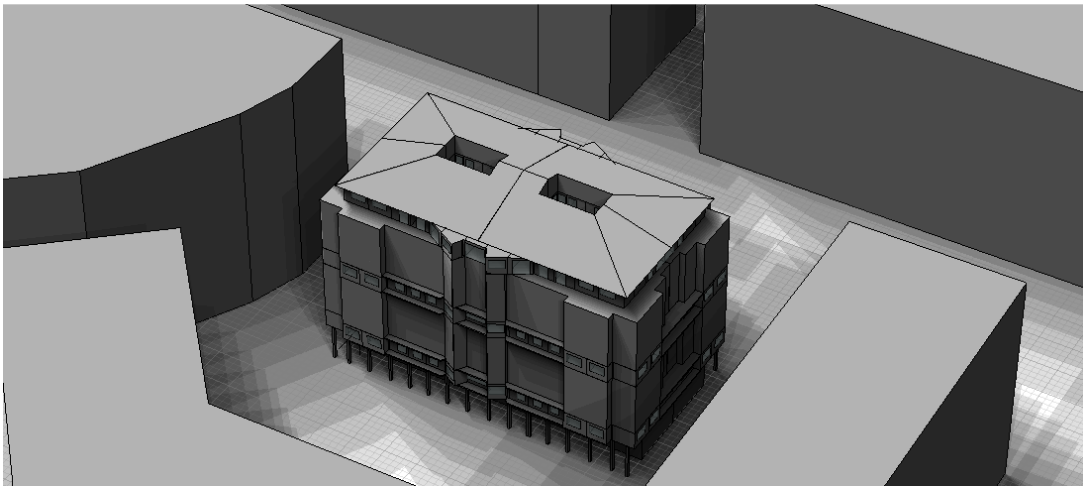
A consecuencia de la orientación del edificio de estudio y la altura de los edificios colindantes, sólo las viviendas de las plantas superiores que se orientan hacia el sureste reciben algo de radiación solar directa durante el solsticio de invierno.



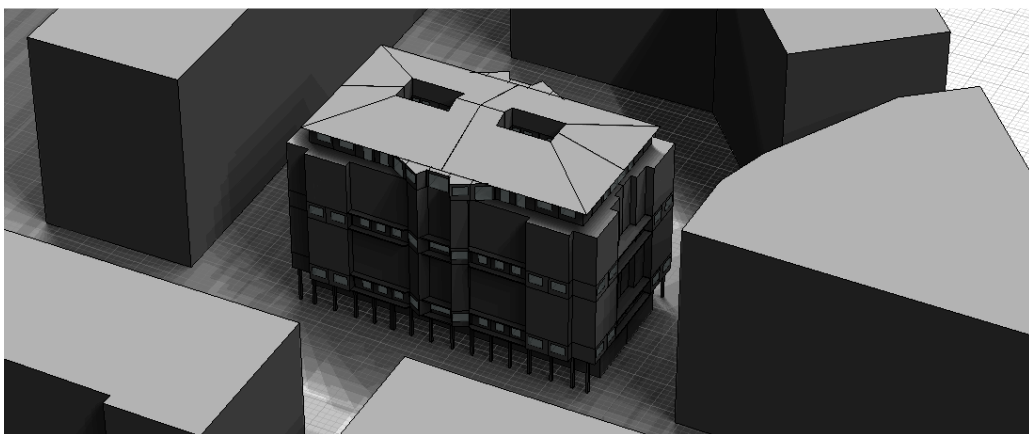
- 21 de JUNIO →



**Trayectoria solar**



**Fachada Sureste y Norte**



**Fachada Norte y Suroeste**

En época estival, como es previsible, la dos fachadas hacia el norte apenas reciben radiación solar directa. Por el contrario, la fachada sureste estará muy expuesta a la dicha radiación.

## 2.6. ANÁLISIS CFD DEL EDIFICIO Y SU ENTORNO

Con el objetivo de entender y analizar los flujos y corrientes del aire que pueden afectar al edificio, se ha planteado realizar un análisis CFD (Dinámica de Fluidos Computacional). El estudio se ha centrado en dos niveles:

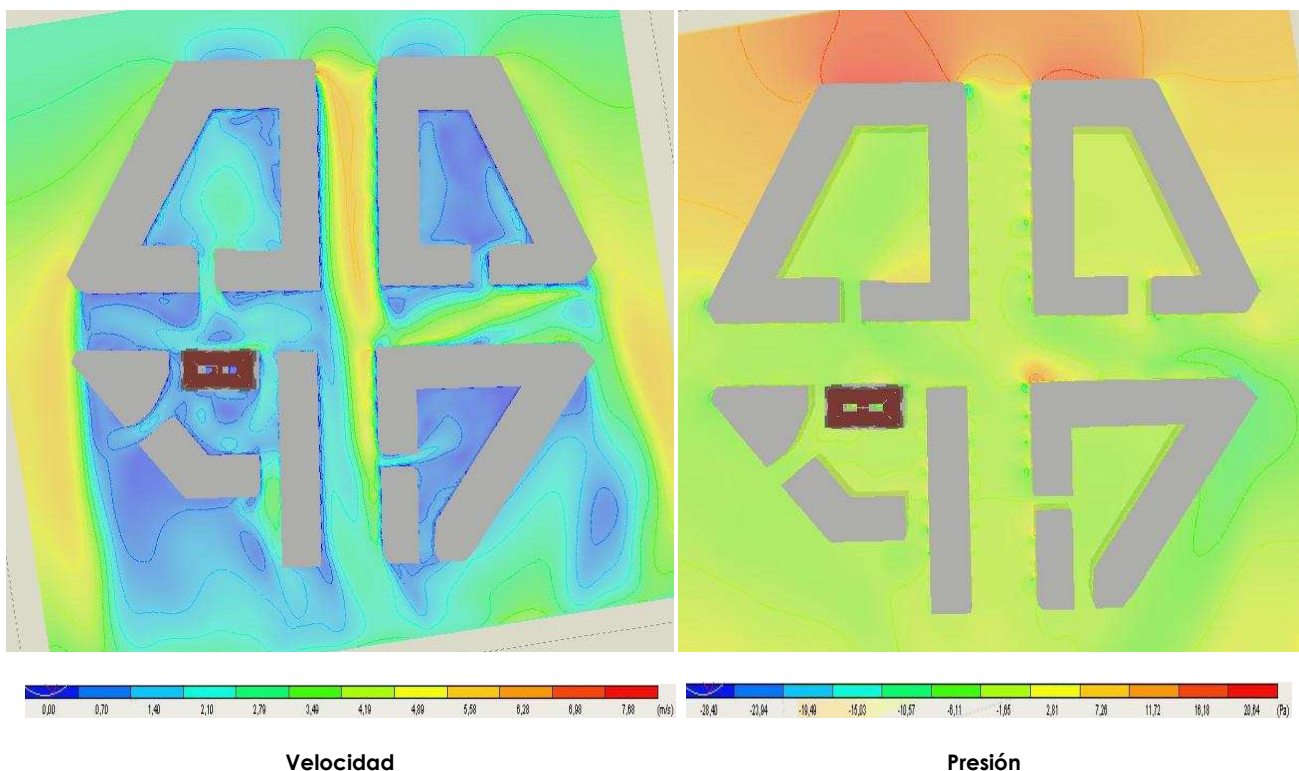
1. Nivel barrio: analizar el flujo del aire entre los bloques de viviendas, la importancia de las alturas, geometrías, anchura de las calles, etc.
2. Nivel edificio: a la hora de analizar el edificio seleccionado, se han podido evaluar el comportamiento de los patios interiores, los puntos con mayores presiones, etc.

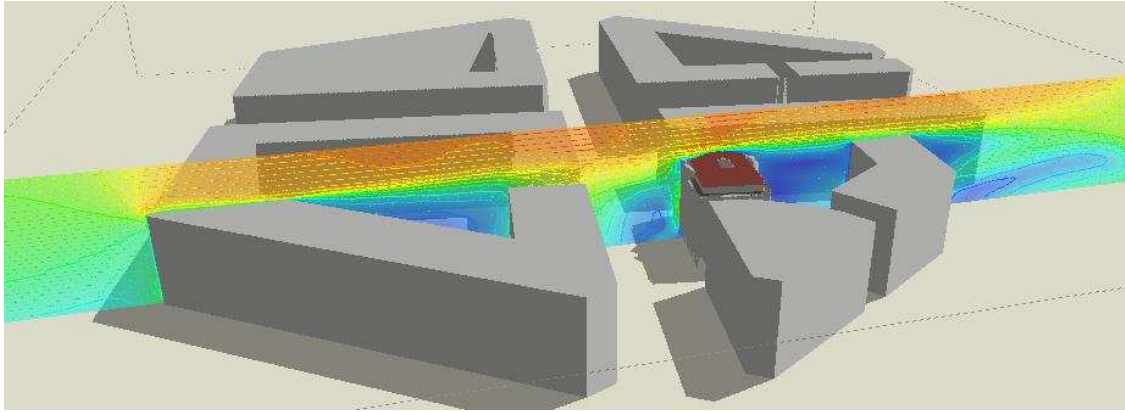
Para efectuar la simulación, se han utilizado los siguientes parámetros:

- Velocidad del viento: 4,15 m/s.
- Dirección principal: Noroeste.

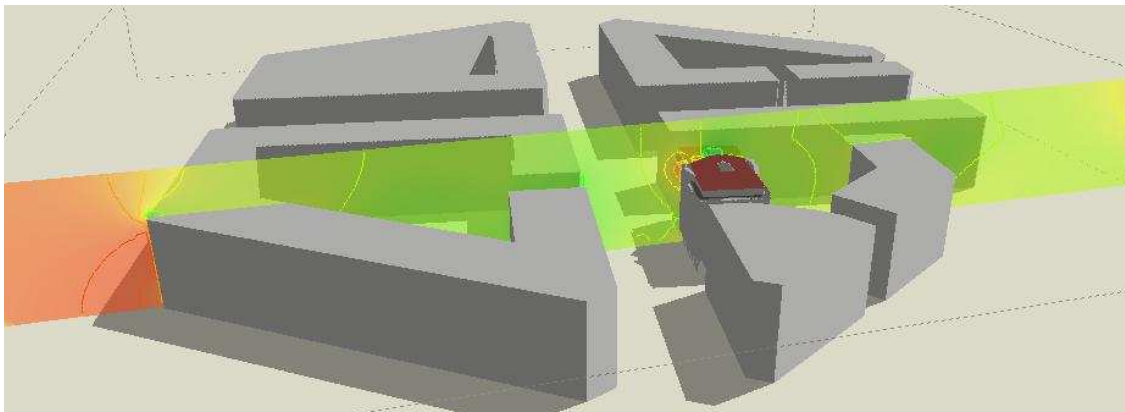
### AMARA NUEVO

Debido a la misma altura de los edificios colindantes, el viento no incide directamente sobre la fachada norte, por lo que las velocidades y presiones serán mucho menores. Sin embargo, en la cubierta y la planta ático, la velocidad del viento podrá ser considerable, por lo que habrá que prestar especial atención a la hora de seleccionar la solución constructiva a implantar. Esta zona, la más azotada también por la lluvia o la radiación solar, será la más susceptible de degradarse con el tiempo.

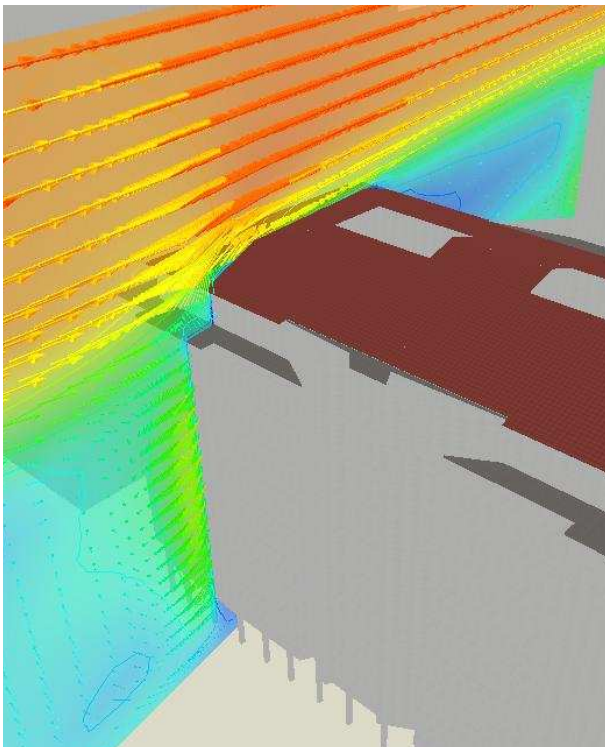




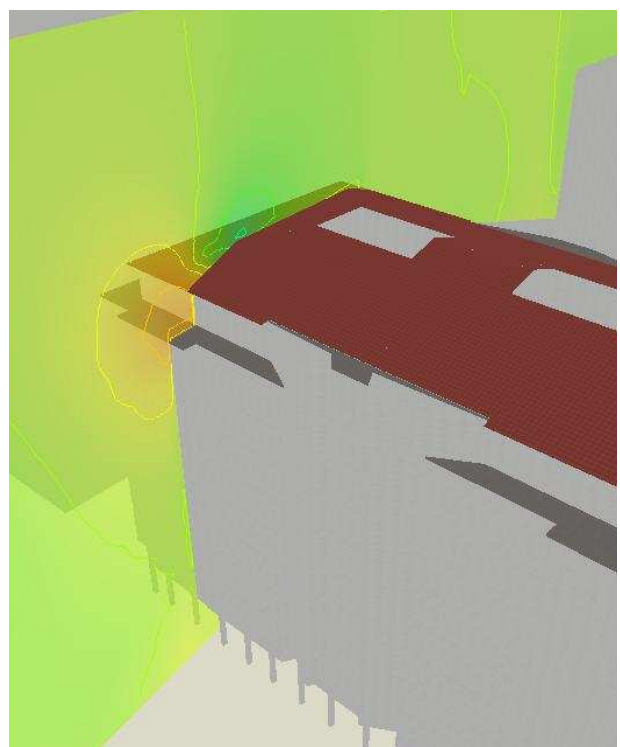
Velocidad



Presión



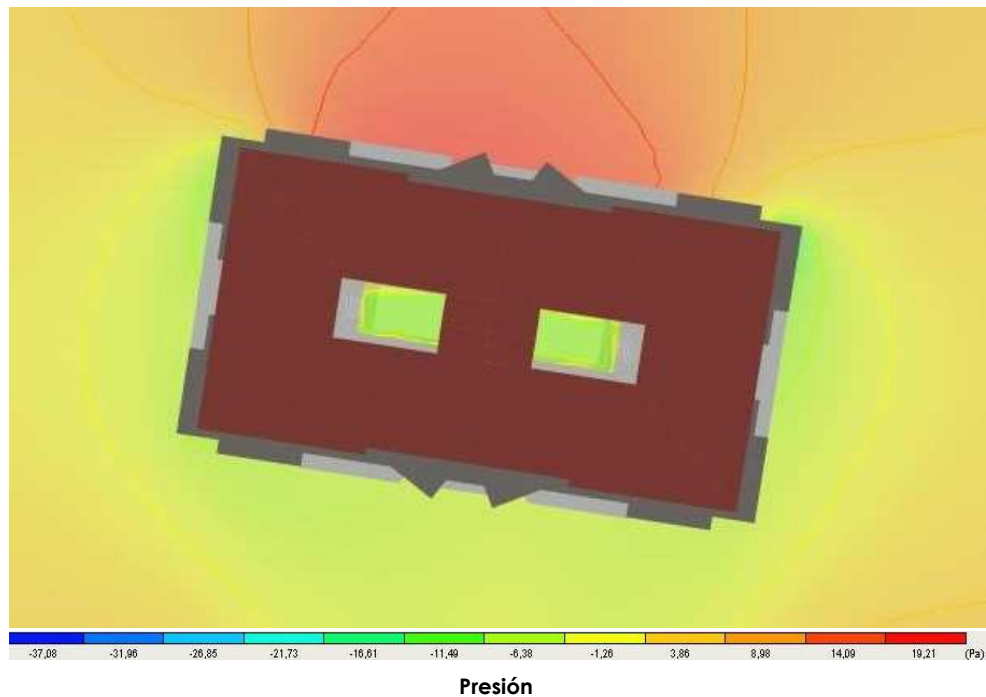
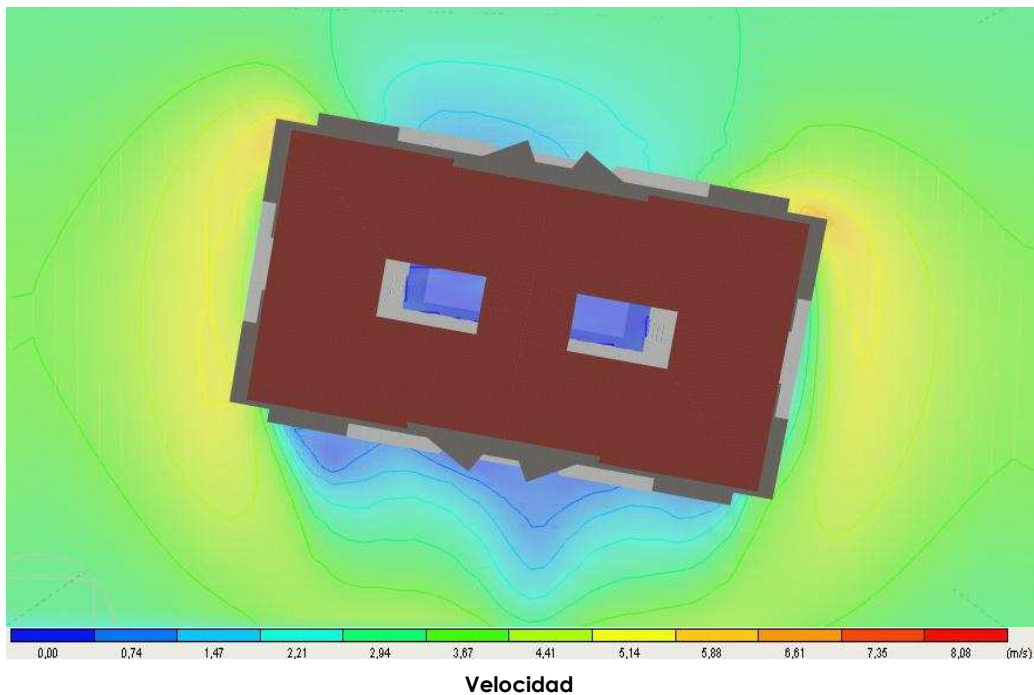
Velocidad



Presión

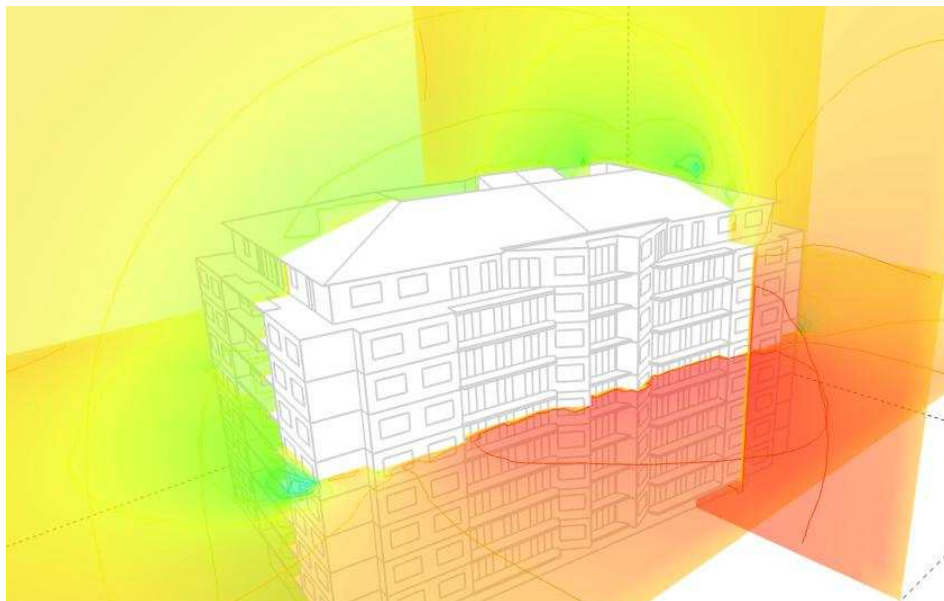
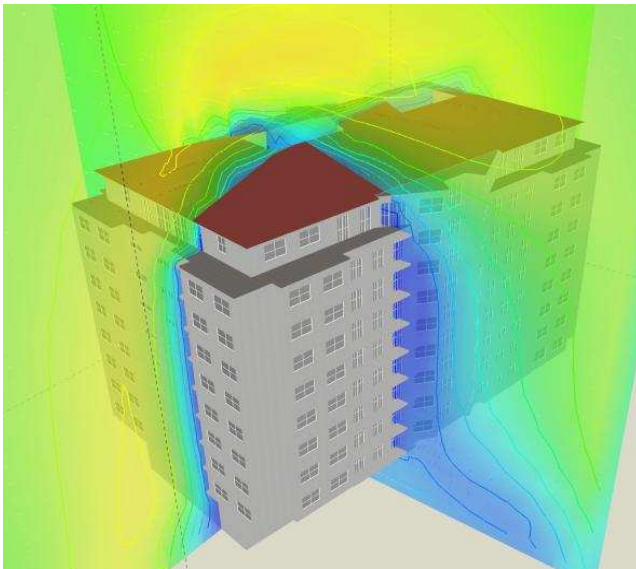
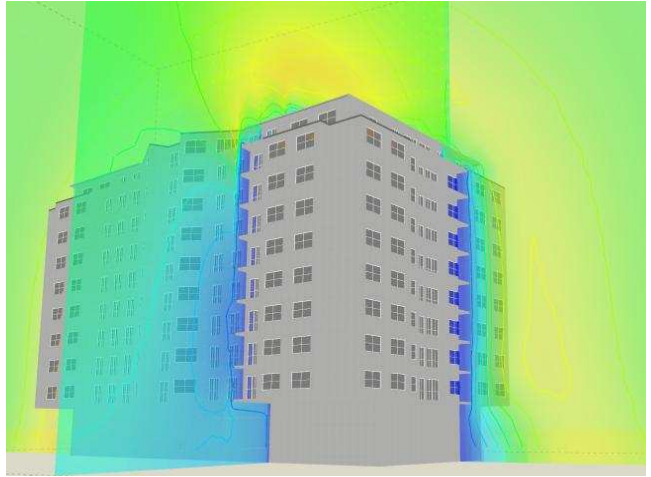
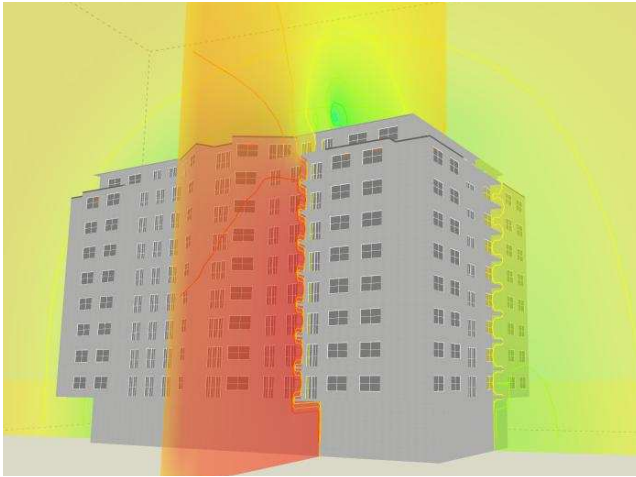
A continuación se detallan los posibles efectos del viento sobre el edificio seleccionado. Es difícil determinar la influencia de las corrientes de aire en el comportamiento energético del edificio, sin embargo, estos análisis pueden revelar parámetros de interés de cara al ajuste y correcto diseño del sistema de envolvente.

**Planta:** el viento afectará directamente a una fachada, sin embargo, la mayor presión y velocidad del viento se ejercerá en sus bordes, es decir, en las esquinas de la fachada Norte. Por lo que, a la hora de diseñar el sistema de la rehabilitación de la envolvente, sería recomendable estudiar con especial atención el dimensionamiento de las fijaciones y juntas de esos puntos.





**IMÁGENES EXTERIORES**



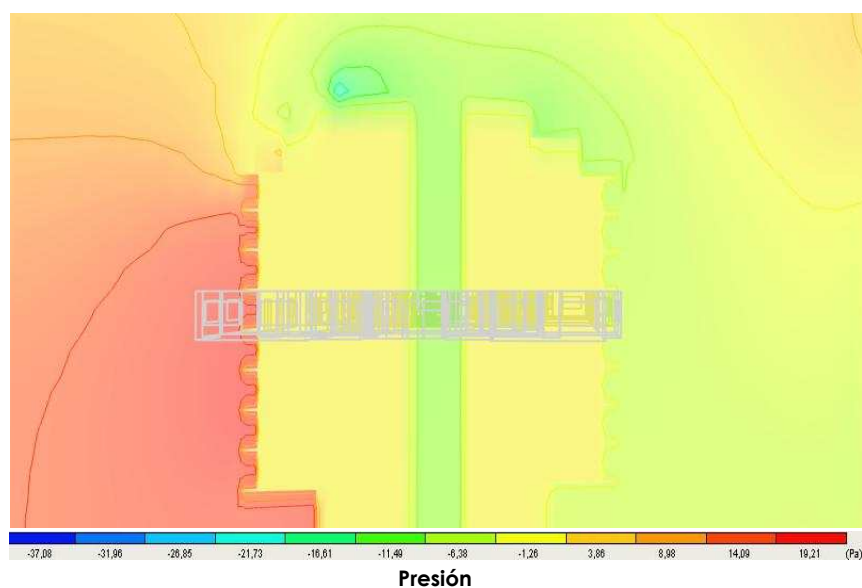
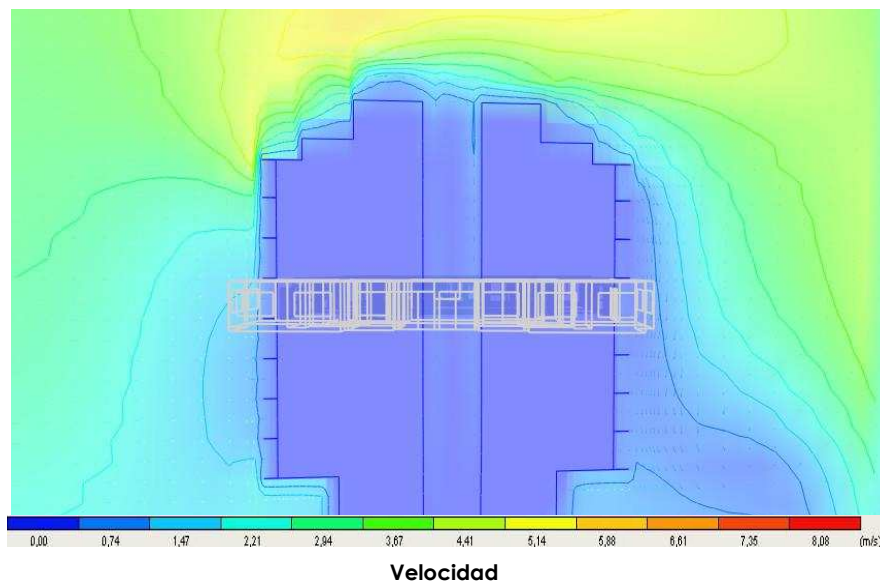


**PATIO INTERIOR:**

Por su geometría y dimensiones, la cantidad de aire que penetra en el espacio del patio es reducida, por lo que su velocidad será mínima. Esto parece indicar la conveniencia de que este espacio estuviera descubierto, principalmente para que la renovación de aire fuera continua, mejorando la calidad del mismo. Hay que tener en cuenta que el uso de las estancias de las viviendas que se abren hacia estos patios suelen ser las cocinas, aumentando el olor y la contaminación de ese aire.

Sin embargo, en el análisis in situ se pudo constatar que el gradiente térmico presente en el patio, en parte originado por el efecto térmico de la chimenea de humo de calderas, produce un tiro suficiente, al menos en invierno para garantizar un nivel de salubridad suficiente en el patio, al tiempo que se generan unas condiciones térmicas favorables durante la época de calefacción.

Por otro lado, habrá que observar la coronación de la cubierta, ya que se crea un punto conflictivo con uno de los puntos con mayor presión negativa (succión).



## 2.7. EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN Y ACS

### DESCRIPCION DE LA INSTALACION DE CALEFACCIÓN

Se trata de una instalación de calefacción centralizada, dispone de una caldera modular de tres módulos con una potencia de 836,5 kW.

Hay tres circuitos de calefacción independientes, con bomba de circulación, pero con regulación única para los tres circuitos.

### ANÁLISIS CONSUMOS:

En el cuadro adjunto se muestran los datos de consumos de gas obtenidos de los recibos de la compañía suministradora; en la primera columna se muestran las fechas de lectura, en la columna segunda el consumo del periodo en kWh, en la tercera el costo de la factura, en la cuarta se tiene el número de días transcurridos entre cada lectura.

LECTURAS RECIBOS GAS						
	kWh <sub>PCS</sub>	€	DIAS	kWh/día	€/día	c€/kWh
29-01-09	176.365	7.960	36	4.899	221	4,51
24-02-09	116.304	5.249	26	4.473	202	4,51
26-03-09	111.623	5.050	30	3.721	168	4,52
28-04-09	103.635	4.315	33	3.140	131	4,16
25-05-09	27.528	1.095	27	1.020	41	3,98
23-10-09	5.276	588	151	35	4	11,15
24-11-09	38.863	1.655	32	1.214	52	4,26
22-12-09	47.734	2.005	28	1.705	72	4,20
PERIODO	627.328	27.916	363	1.728	77	4,45
DATOS ANUALES	kWh <sub>PCS</sub>			kWh <sub>PCI</sub>	%	€/año
TOTAL EDIFICIO		630.784		568.652		28.070
PROMEDIO POR VIVIENDA		5.841		5.265		260

Con esos datos se tiene el promedio de consumo diario, que se muestran en la columna quinta.

La facturación se realiza en kWh sobre el PCS, por ello se realiza la transformación a kWh sobre PCI.

Se tienen los siguientes promedios:

- Consumo total anual: 630.784 kWh<sub>PCS</sub>
- Consumo total anual: 568.652 kWh<sub>PCI</sub>
- Consumo promedio anual por vivienda: 5.265 kWh<sub>PCI</sub>

Para obtener los ratios por m<sup>2</sup> se analizan las dimensiones de las viviendas.

En primer lugar se muestran las superficies de cada local de cada tipo de vivienda, obtenidos de los planos del edificio:

VIVIENDA TIPO								
LOCAL	A	B	C	D	E	F	G	H
SALON	12,05	18,23	15,84	16,12	13,40	10,29	15,91	19,66
DORMITORIO 01	13,08	12,03	16,12	11,41	8,06	10,11	19,66	13,03
DORMITORIO 02	12,22	11,82	11,62	9,48	9,56	9,04	12,31	10,48
DORMITORIO 03	12,18	10,26	10,08	8,03	12,28		8,61	8,04
BAÑO 01	3,80	3,59	3,49	3,66	4,06	2,46	3,40	3,54
BAÑO 02	3,00	1,68	1,56	1,56				
COCINA	14,64	13,72	12,99	10,82	12,43	10,35	11,23	7,93
PASILLO	6,70	6,85	6,05	7,50	3,01	5,85	3,95	5,55
VESTIBULO	5,61	4,23	6,08	4,52		2,77	4,96	4,80
TOTAL	83,28	82,41	83,83	73,10	62,80	50,87	80,03	73,03

La distribución de tipos de vivienda en cada planta y portal se muestra en el siguiente cuadro, se tienen 36 viviendas por portal con 108 viviendas en el conjunto del edificio:

VIVIENDAS											
PLANTA	PORTAL				PORTAL				PORTAL		
ATICO	F	F	E	G	H	H	G	E	F	F	E
OCTAVA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
SEPTIMA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
SEXTA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
QUINTA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
CUARTA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
TERCERA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
SEGUNDA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
PRIMERA	A	B	B	A	C	D	D	C	A	B	B
TOTAL MANO	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TOTAL PORTAL	36				36				36		
TOTAL EDIFICIO						108					

La superficie útil total es 8.574 m<sup>2</sup>, distribuidos según se muestran en el cuadro adjunto:

SUPERFICIE UTIL												
PLANTA	PORTAL				PORTAL				PORTAL			
ATICO	62,80	50,87	50,87	62,80	80,03	73,03	73,03	80,03	62,80	50,87	50,87	62,80
OCTAVA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
SEPTIMA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
SEXTA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
QUINTA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
CUARTA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
TERCERA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
SEGUNDA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
PRIMERA	83,28	82,41	82,41	83,28	83,83	73,10	73,10	83,83	83,28	82,41	82,41	83,28
TOTAL MANO	729	710	710	729	751	658	658	751	729	710	710	729
TOTAL PORTAL	2.878				2.817				2.878			
TOTAL EDIFICIO	8.574											

El ratio de consumo de calefacción resulta: 66,32 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Como referencia se tiene el ratio del documento de calificación energética en los edificios que para viviendas en bloque en San Sebastián es de 46,9 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Con los datos de los grados día registrados en la temporada coincidente con las facturaciones de gas, se tiene la influencia de la temperatura exterior en el consumo.

Periodo Factura		DIAS	CONSUMO (kWh)			HORAS DIA	GD15,15	Días Mes	GD/ día	kWh/ GD	Tª MED
			TOTAL PCS	TOTAL PCI	kWh/día						
24/12/2008	29/01/2009	37	176.365	158.993	4.297	5,14	196	31	6,32	680	8,68
30/01/2009	24/02/2009	26	116.304	104.848	4.033	4,82	174	28	6,21	649	8,79
25/02/2009	26/03/2009	30	111.623	100.628	3.354	4,01	138	31	4,45	753	10,55
27/03/2009	28/04/2009	33	103.635	93.427	2.831	3,38	94	30	3,13	904	11,87
29/04/2009	25/05/2009	27	27.528	24.816	919	1,10	36	31	1,16	791	13,84
26/05/2009	24/06/2009	30									
25/06/2009	23/07/2009	29									
24/07/2009	26/08/2009	34									
27/08/2009	25/09/2009	30									
26/09/2009	23/10/2009	28	5.276	4.756	170	0,20	48	31	1,55	110	13,45
24/10/2009	24/11/2009	32	38.863	35.035	1.095	1,31	75	30	2,50	438	12,50
25/11/2009	22/12/2009	28	47.737	43.035	1.537	1,84	182	31	5,87	262	9,13
Consumo Anual (kWh)			627.331			943					
DATO CORRESPONDIENTE A DIVIDIR EL CONSUMO DIARIO ENTRE LA POTENCIA DE LAS CALDERAS											

Los datos del 24/12/08 hasta el 25/05/09 mantienen cierta coherencia:

Horas uso de la potencia instalada proporcionales a los grados día registrados; si bien en los momentos de menor temperatura el uso promedio ha resultado de 5,14 horas día, lo que confirma que las potencias habitualmente instaladas son superiores a las necesidades reales.

Consumo específicos en kWh/GD menores cuanto menores temperaturas exteriores se han registrado, lo que confirma que las instalaciones centrales son más adecuadas para climas fríos.

Sin embargo los datos desde el 26/09/09 hasta el 22/12/09 son muy extraños, consumos por GD muy inferiores a los del periodo anterior, horas día muy bajas incluso en el mes de temperatura media exterior baja; ello puede suponer o que los datos no son correctos, o que la instalación ha estado parada muchos días dentro de cada periodo.

**IMÁGENES de la SALA de CALDERAS:**



## DESCRIPCION DE LA INSTALACION DE ACS

Salvo en uno de los portales del bloque (21), en que el ACS se proporciona mediante calentadores de gas natural en cada vivienda, los otros dos portales tienen en cada vivienda termoacumuladores eléctricos.

En ambas instalaciones se trata de elementos individuales, donde un análisis exhaustivo resulta inviable. Sin embargo sí es destacable el uso de la electricidad en la generación del ACS, por tratarse del sistema más penalizado desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub> y por tanto en el ámbito normativo (Código Técnico, Certificación Energética).

El consumo de ACS es un parámetro de gran peso específico dentro del gasto energético de las viviendas. No obstante, desde el punto de vista de una rehabilitación energética de un edificio en bloque, centrada en los elementos comunes (envolvente y calefacción central) queda en un segundo plano en un esquema de ACS individual. Podría ser abordable en el caso de una reforma total de las instalaciones, que incluyera tanto la distribución general como las conducciones particulares de las viviendas, algo que en este caso y en la tipología edificatoria analizada se encuentra fuera del alcance de una rehabilitación energética de instalaciones.

## 2.8. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL ESTADO ACTUAL

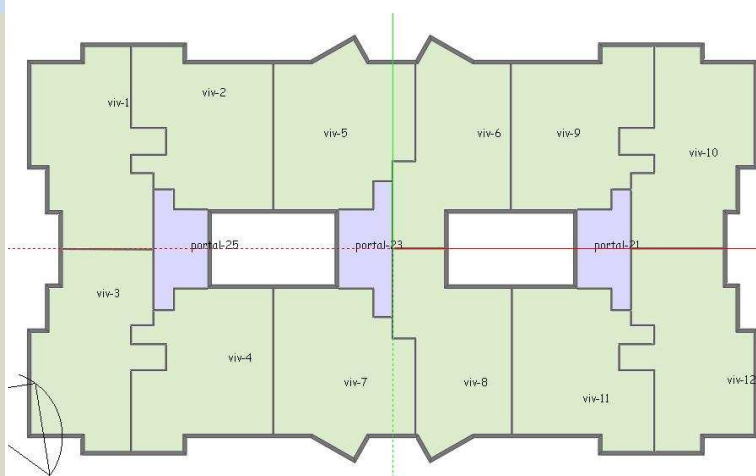
Mediante simulación dinámica (DesignBuilder-Energyplus+) y a partir de las características del edificio (orientación, composición de la envolvente, geometría...), se ha estimado la demanda de calefacción de cada vivienda. Para eso, se ha creado un modelo donde se ha simplificado el edificio en tres tipos de plantas:

- P1: su suelo está en contacto con un espacio no calefactado (bajos comerciales).
- P5: el suelo y el techo están en contacto con otros espacios calefactados (viviendas).
- P9 (ático): el techo está en contacto con el exterior.

A su vez, se han tenido en cuenta las cargas internas de las viviendas, definidas según el CTE.



Edificio de simulación



Distribución de las viviendas

Demanda Energética en Calefacción (kWh/m²) →

	P1	P5	P-Ático
<b>viv-1</b>	134	60,85	156,05
<b>viv-10</b>	137,2	65,71	164,26
<b>viv-11</b>	125,94	45,33	153,44
<b>viv-12</b>	135,32	60,38	152,11
<b>viv-2</b>	128,29	53,8	163,22
<b>viv-3</b>	133,95	58,35	145
<b>viv-4</b>	127	47,91	151,7
<b>viv-5</b>	127,29	54,64	149,66
<b>viv-6</b>	123,71	49,35	155
<b>viv-7</b>	125,92	45,73	130,8
<b>viv-8</b>	121,62	42,31	142,9
<b>viv-9</b>	128,29	54,51	162,48



Estos resultados reflejan la diferencia sustancial en la demanda de las plantas inferior y última frente a una planta intermedia.

Efectivamente, nos encontramos con demandas energéticas que triplican los valores medios y que tienen su origen en las importantes pérdidas energéticas en las superficies de cubierta y suelos exteriores y contra espacios no habitables. Como una primera conclusión es evidente la necesidad de aislar convenientemente las cubiertas y suelos de primera planta. Además, en proyectos como en el que nos ocupa donde las instalaciones de radiadores son equivalentes para todas las viviendas, resulta patente una posible problemática de falta de confort por infracalentamiento en las viviendas primeras y últimas. A esto hay que añadir las posibles patologías asociadas a los puentes térmicos de encuentro con cubierta y suelo, origen de pérdidas energéticas, humedades y aparición de moho en la cara interna de los cerramientos y encuentros.

El valor promedio de demanda energética derivado de la simulación es de 72,7 kWh/m<sup>2</sup>·año. Se trata de un valor de demanda, no consumo (no incluye el rendimiento de la instalación, que incrementaría esta cifra) y en condiciones estándar de uso y clima. No obstante, viendo los resultados arrojados por el cálculo del ratio de consumo por m<sup>2</sup> extraído de las facturas (66,32 kWh/m<sup>2</sup>·año) podemos concluir que el modelo resulta suficientemente representativo y cercano a los resultados reales para el edificio.

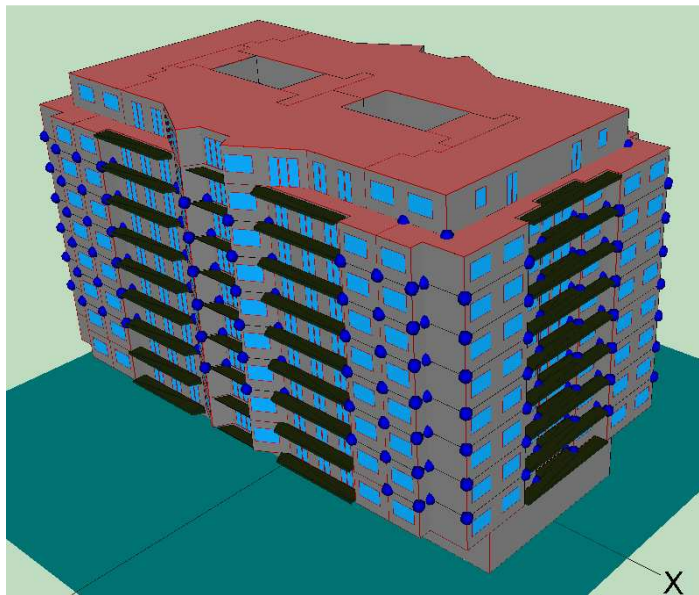


## 2.9. HE1 Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Para poder estimar en qué niveles de eficiencia energética se sitúa el estado actual respecto a la normativa y apreciar la mejora que supone la rehabilitación del envolvente, se ha decidido calificar energéticamente este edificio. Mediante este paso, se puede conseguir una valoración cualitativa de la mejora de eficiencia de la rehabilitación.

A la hora de introducir los datos en el programa (LIDER-CALENER VYP), además de sus características arquitectónicas (cerramientos, aberturas...), se han tenido en cuenta otros parámetros como:

- Zonificación climática:
  - Zona: C1.
  - Localidad: San Sebastián.
  - Latitud – Altitud: por defecto (43,31 – 259 respectivamente, correspondientes al observatorio de Igeldo).
- Orientación del edificio: 324° (dirección de la flecha Norte respecto al eje Y del edificio).
- Tipo edificio: vivienda en bloque.
- Clase por defecto de los espacios habitables:
  - Tipo de uso: residencial.
  - Condiciones higrometría: clase 3 o inferior.
  - Número de renovaciones hora requerido: 0,82 (calculado conforme al HS3 por carecer datos realistas para el edificio de estudio).
- Puentes térmicos→ por defecto (los más desfavorables de la base de datos del programa).



Modelo del edificio en Calener VYP

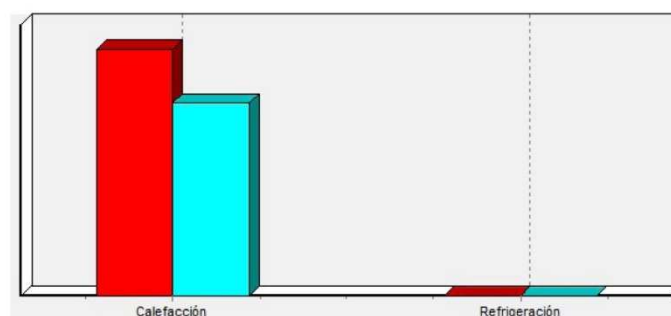
## CUMPLIMIENTO del HE-1

A continuación los resultados arrojados por el programa oficial lider:

## 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe NO CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	128,1	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.


Fecha: 09/06/2010

Ref: 2A98499A5FD7A3

Página: 1

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Resultados provenientes de CALENER VYP para el estado actual:

	Proyecto rehabilitación de amara nuevo	
	Localidad donostia	Comunidad gipuzcoa

## 7. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<6,8 A						
6,8-11,1 B						
11,1-17,3 C						
17,3-26,6 D	25,7 D			19,9 D		
>26,6 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	D	65,2	589654,6	D	50,9	460328,5
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	D	17,0	153744,3	D	16,3	147413,7
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E	8,7	78680,9	D	3,6	32557,6
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			232425,2			179971,3

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	96,8	875190,2	84,8	766972,1
Consumo energía primaria (kWh)	119,2	1077595,3	88,5	800633,6
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	25,7	232425,2	19,9	179971,3

Fecha: 09/06/2010

Ref: 4BBD48E22619AB8

Página: 13

Los resultados de demanda son muy similares a los que se han calculado mediante simulación energética con Energyplus dado que en ambos casos se utilizan condiciones estándar de cálculo que si bien se separan en cierta medida de la realidad, resultan totalmente válidas para el desarrollo y valoración de las estrategias de mejora energética.

## 2.10. MONITORIZACIÓN DE DATOS REALES

Durante el periodo de trabajo, con el objetivo de poder contrastar los valores de las simulaciones, se han ubicado unos sensores en los espacios vivideros de diferentes viviendas del edificio seleccionado.

Mediante estos datos, se ha podido confirmar la importancia de la orientación y altura de la vivienda.

Los criterios para la selección de las ubicaciones han sido:

- Primeras y últimas plantas (efecto de suelos y cubierta).
- Espacios al Norte y Sur (efecto de la captación solar).
- Viviendas con ventanas antiguas y nuevas.

### UBICACIÓN de los SENSORES

La siguiente imagen muestra la ubicación de los sensores en las diferentes estancias dentro de las viviendas:



- **1°A DCH**: suroeste.
- **2°B-IZQ**: sureste.
- **5°B DCH**: norte + ventanas reformadas.
- **5°B-IZQ**: sureste.
- **6°B-IZQ**: sureste + ventanas reformadas.
- **8°B-DCH**: norte.
- **9°F-DCH**: ático norte.
- **9°H-DCH**: ático norte.

## TABLA RESUMEN DE DATOS DIARIOS

A continuación se muestra la tabla de datos medios diarios como resumen de los datos recogidos.

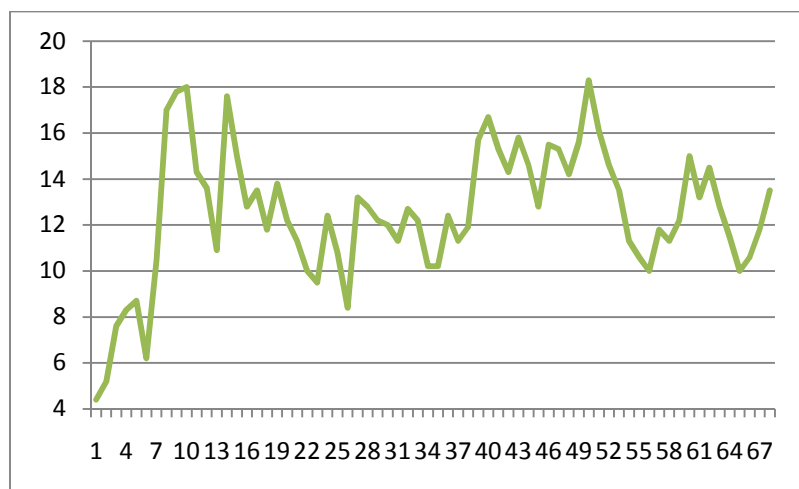
Tª PROMEDIO EN VIVIENDAS					PROMEDIOS DIARIOS EN VIVIENDAS							
FECHA	EXT	MEDIA	MIN	MAX	9°F DCH	8°B DCH	5°B IZQ	9°H DCH	5°B DCH	1°A DCH	2°B IZQ	6°B IZQ
11-03-10	5,4	19,2	17,8	20,4	19,7	20,0	18,0	18,5	18,2	18,8	20,4	19,8
12-03-10	6,9	19,3	18,0	20,4	19,8	20,2	18,8	18,6	18,2	18,7	20,4	19,9
13-03-10	8,9	20,0	18,4	21,1	20,4	20,5	20,2	18,7	18,9	19,2	20,9	21,0
14-03-10	9,5	20,5	19,0	21,8	20,9	21,1	20,4	19,1	19,6	19,8	21,3	21,8
15-03-10	10,1	20,9	19,2	22,3	21,1	21,7	20,7	19,5	19,8	20,2	21,8	22,3
16-03-10	11,9	20,9	19,3	22,4	20,9	21,7	20,9	19,8	19,6	19,7	22,1	22,4
17-03-10	15,8	21,1	19,3	22,8	20,9	21,4	22,0	20,2	20,0	19,3	21,9	22,7
18-03-10	18,3	21,3	19,8	22,6	21,1	21,5	22,3	20,5	20,8	19,8	21,8	22,6
19-03-10	19,4	21,6	20,4	22,6	21,6	21,9	21,8	21,0	21,5	20,4	21,9	22,6
20-03-10	20,2	22,1	21,3	23,0	22,1	22,2	22,4	21,8	22,0	21,3	22,3	23,0
21-03-10	15,5	22,1	20,3	23,3	22,2	22,5	21,6	20,3	22,4	21,9	22,7	23,3
22-03-10	14,4	22,5	19,9	23,7	22,5	23,1	22,1	19,9	22,6	22,4	23,3	23,7
23-03-10	16,3	22,5	21,0	23,9	22,4	23,0	22,4	21,0	21,9	22,0	23,4	23,9
24-03-10	19,0	22,6	21,6	23,6	22,3	22,9	22,6	21,6	22,7	21,9	23,1	23,6
25-03-10	17,1	22,3	21,3	23,1	21,7	22,9	22,0	21,4	22,5	21,6	22,8	23,1
26-03-10	15,4	21,4	19,9	22,5	21,2	22,1	21,0	19,9	21,9	20,5	22,0	22,3
27-03-10	14,7	20,9	19,4	21,9	20,9	21,6	20,3	19,4	21,5	20,0	21,4	21,7
28-03-10	14,1	20,8	19,4	22,0	20,8	21,4	20,6	19,4	20,4	20,0	21,5	21,9
29-03-10	17,5	21,0	19,8	22,1	20,9	21,4	21,0	19,8	21,0	20,0	21,6	22,0
30-03-10	13,2	21,2	20,3	22,2	21,0	21,8	20,5	20,6	21,6	20,6	21,8	22,0
31-03-10	12,7	21,5	20,2	22,6	21,3	22,1	21,2	20,2	21,4	20,8	22,3	22,6
01-04-10	11,8	21,4	19,7	22,7	21,4	22,2	20,7	19,8	20,9	20,7	22,6	22,6
02-04-10	13,2	21,3	19,0	22,7	21,4	22,4	21,2	19,0	21,0	20,5	22,6	22,6
03-04-10	13,7	21,5	19,2	22,7	21,7	22,4	21,3	19,2	21,7	20,8	22,6	22,7
04-04-10	12,3	21,8	19,7	23,2	21,9	22,5	21,5	19,7	21,9	21,2	23,0	23,1
05-04-10	12,7	21,7	19,7	23,3	21,5	22,5	21,3	19,8	21,1	20,8	23,1	23,2
06-04-10	17,1	21,5	19,0	23,3	21,2	22,3	22,2	19,1	21,3	20,1	22,8	23,2
07-04-10	14,3	21,8	19,7	23,2	21,7	22,5	22,2	19,7	21,8	20,8	22,8	23,2
08-04-10	13,4	22,1	19,2	23,5	22,0	22,8	22,3	19,2	21,7	21,7	23,3	23,5
09-04-10	13,9	22,2	18,5	24,1	22,2	23,1	22,5	18,5	21,8	22,1	23,7	24,0
10-04-10	14,9	22,1	18,4	24,2	22,2	23,0	22,3	18,4	21,3	21,7	23,6	24,2
11-04-10	14,2	21,9	18,5	24,0	22,1	22,9	21,3	18,5	21,9	21,5	23,4	24,0



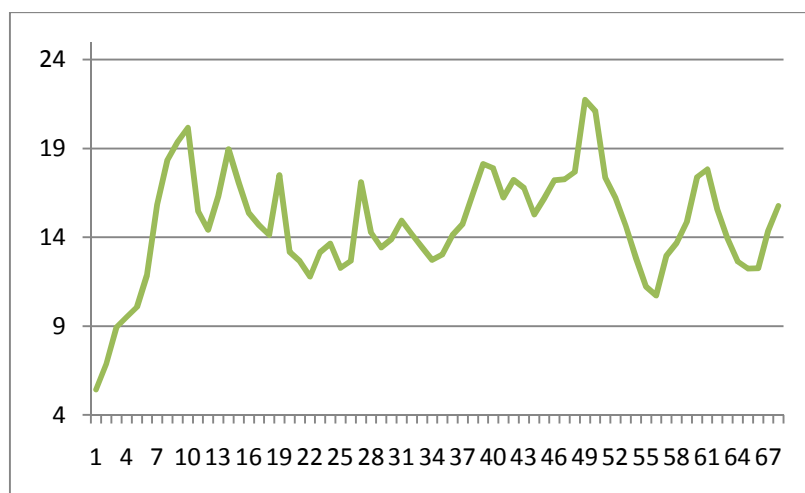
12-04-10	13,4	22,2	19,5	24,1	21,9	23,1	21,8	19,5	21,7	22,0	23,6	24,1
13-04-10	12,7	22,1	19,1	23,9	22,0	23,2	21,3	19,1	21,6	22,1	23,6	23,9
14-04-10	13,0	22,2	20,2	23,8	21,4	23,2	21,3	20,5	21,6	22,1	23,6	23,8
15-04-10	14,1	22,0	20,2	23,4	21,5	23,2	20,8	20,5	21,9	21,7	23,2	23,3
16-04-10	14,8	21,7	19,8	23,2	21,1	22,8	21,3	20,2	21,7	21,1	22,8	23,1
17-04-10	16,4	21,4	19,4	23,0	21,1	22,2	21,4	19,5	21,3	20,6	22,3	22,9
18-04-10	18,1	21,7	20,2	23,0	21,6	22,4	21,8	20,5	21,6	20,4	22,3	23,0
19-04-10	17,9	22,0	20,5	23,2	21,8	22,7	22,3	20,7	22,0	20,8	22,5	23,2
20-04-10	16,2	21,7	20,2	23,0	21,7	22,5	21,6	20,3	21,6	20,9	22,3	23,0
21-04-10	17,2	21,9	20,4	23,3	21,6	22,5	22,2	20,5	21,6	21,0	22,3	23,2
22-04-10	16,8	22,0	20,9	23,1	21,8	22,6	22,1	20,9	21,9	21,2	22,2	23,1
23-04-10	15,3	21,2	18,9	22,5	21,3	22,1	21,1	18,9	21,5	20,6	21,8	22,5
24-04-10	16,2	21,0	18,7	22,4	20,7	21,7	21,3	18,7	21,0	20,2	21,8	22,4
25-04-10	17,2	21,3	19,8	22,7	21,0	21,9	21,7	19,8	21,3	20,4	21,9	22,7
26-04-10	17,3	21,5	20,2	22,8	21,2	22,1	21,4	20,3	21,5	20,6	22,1	22,8
27-04-10	17,7	21,6	20,2	22,9	21,2	22,2	21,8	20,2	21,4	20,6	22,3	22,8
28-04-10	21,7	22,4	21,0	24,6	22,3	22,6	22,9	21,8	22,1	21,3	22,9	23,5
29-04-10	21,1	23,4	22,2	24,4	22,9	23,7	24,1	23,2	22,9	22,3	23,6	24,4
30-04-10	17,4	22,6	21,1	23,9	22,8	23,6	21,5	21,5	22,5	21,9	23,1	23,8
01-05-10	16,2	21,8	19,3	23,2	22,3	23,1	20,9	19,3	21,9	21,3	22,5	23,2
02-05-10	14,7	21,6	19,5	23,0	21,7	22,9	20,3	19,5	21,9	21,2	22,3	22,8
03-05-10	12,8	21,7	19,8	23,0	21,5	23,0	20,5	20,2	21,9	21,4	22,6	22,6
04-05-10	11,2	21,3	19,2	22,5	21,0	22,3	20,1	19,7	21,5	21,4	22,5	22,3
05-05-10	10,7	21,1	19,0	22,3	20,9	21,7	19,9	19,6	21,0	21,4	22,3	21,8
06-05-10	13,0	21,2	19,2	22,5	20,7	21,6	20,8	19,2	21,5	21,4	22,5	22,1
07-05-10	13,7	21,6	19,2	22,9	21,3	22,2	21,5	19,2	21,6	21,5	22,7	22,7
08-05-10	14,9	21,4	18,3	22,7	21,5	22,5	21,3	18,3	21,4	21,0	22,5	22,5
09-05-10	17,4	21,6	19,7	22,7	21,6	22,5	21,6	19,7	21,7	21,4	22,2	22,3
10-05-10	17,8	21,7	20,6	22,9	21,4	22,4	21,8	20,6	21,6	21,1	22,1	22,4
11-05-10	15,6	21,2	19,3	22,4	21,2	22,4	21,1	19,3	21,3	20,8	21,7	21,7
12-05-10	14,0	20,6	18,9	21,8	20,8	21,8	20,0	18,9	21,0	20,2	21,0	21,0
13-05-10	12,6	19,7	18,2	21,0	20,1	21,0	19,1	18,3	19,8	19,2	20,2	20,4
14-05-10	12,2	19,6	18,0	20,7	20,2	20,6	19,0	18,1	19,9	19,2	20,1	20,1
15-05-10	12,3	20,4	18,5	21,4	20,8	21,2	20,1	18,5	20,6	20,6	20,8	20,9
16-05-10	14,4	20,7	17,7	21,8	20,8	21,4	20,7	17,7	21,0	20,8	21,5	21,8
17-05-10	15,8	21,0	18,6	22,4	21,1	22,3	20,7	18,6	21,1	21,3	21,5	21,8
18-05-10	18,3	21,2	20,2	22,0	21,3	21,7	21,0	20,4	21,0	21,5	21,5	21,5

## TEMPERATURAS EXTERIORES

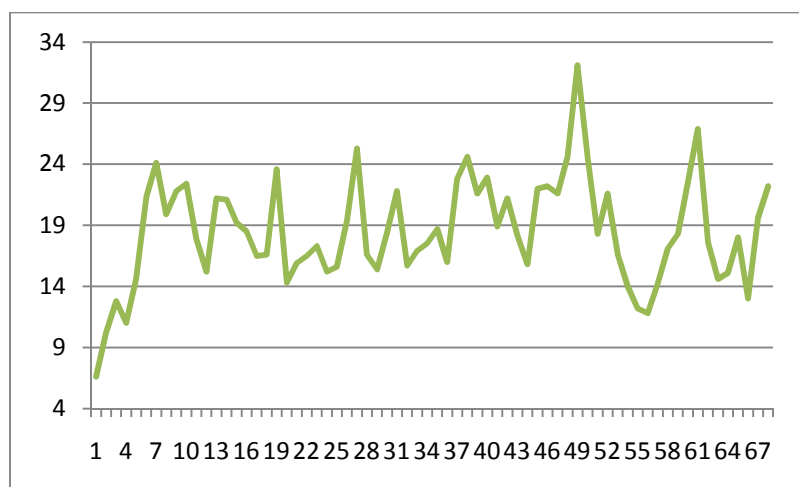
La siguiente gráfica muestra las temperaturas mínimas, medias y máximas exteriores recogidas por los sensores para el periodo analizado de 68 días (11 Marzo 2010-17 Mayo 2010):



Temperaturas mínimas



Temperaturas medias

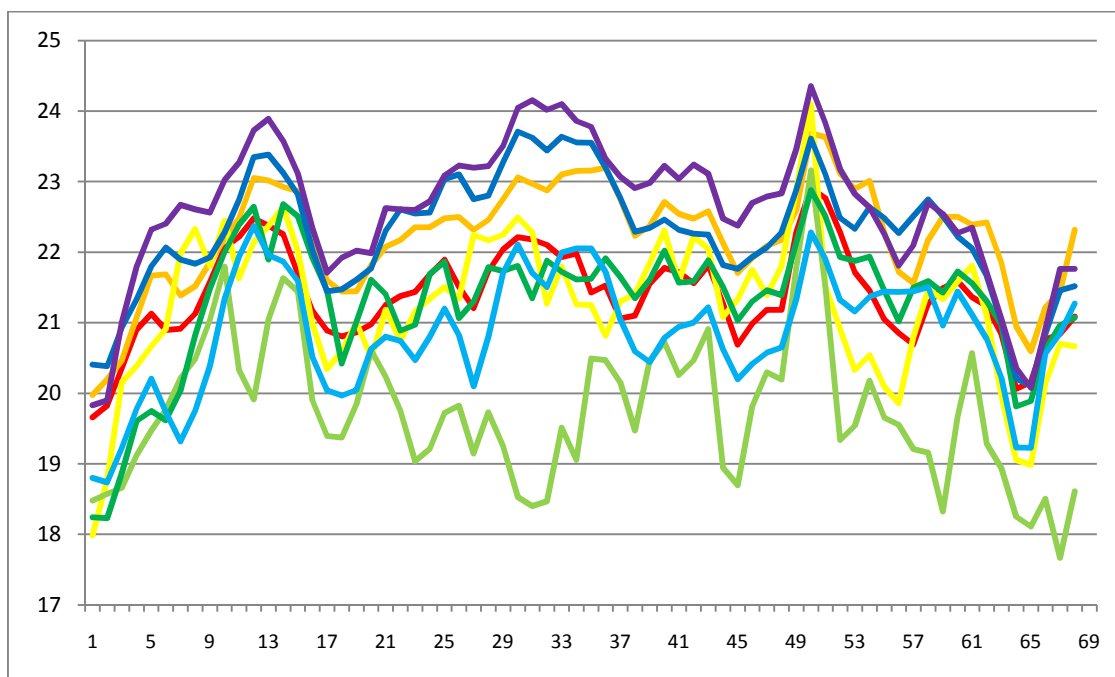


Temperaturas máximas

Como puede observarse, se recogió un rango muy amplio de temperaturas, desde valores inferiores a 5°C hasta valores superiores a los 32°C.

### TEMPERATURAS MEDIAS INTERIORES

La siguiente gráfica recoge la temperatura media diaria para el periodo en las diferentes estancias estudiadas.

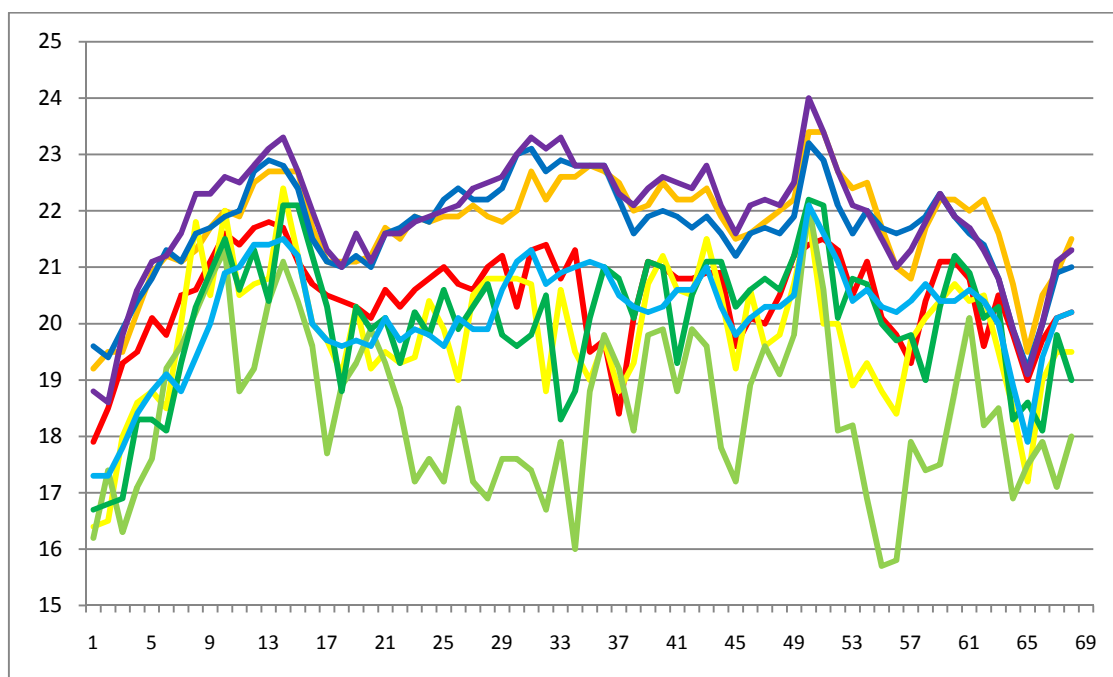


Del análisis de esta gráfica podemos concluir lo siguiente:

- Existe una diferencia de temperatura media de unos 3-4°C entre las viviendas orientadas hacia el norte respecto a aquellas orientadas hacia el sur.
- Las temperaturas medias de las viviendas ubicadas en los pisos inferiores y superiores se sitúan en torno a 2°C por debajo de viviendas intermedias.
- Mediante la reforma de las ventanas, las temperaturas medias aumentan unos 2°C.
- Cuando las temperaturas exteriores no superan los 10°C hay varias viviendas cuya temperatura interior promedio no supera los 20°C.
- Cuando la temperatura exterior es inferior a 9°C hay varias viviendas que en ningún momento del día superan los 20°C.

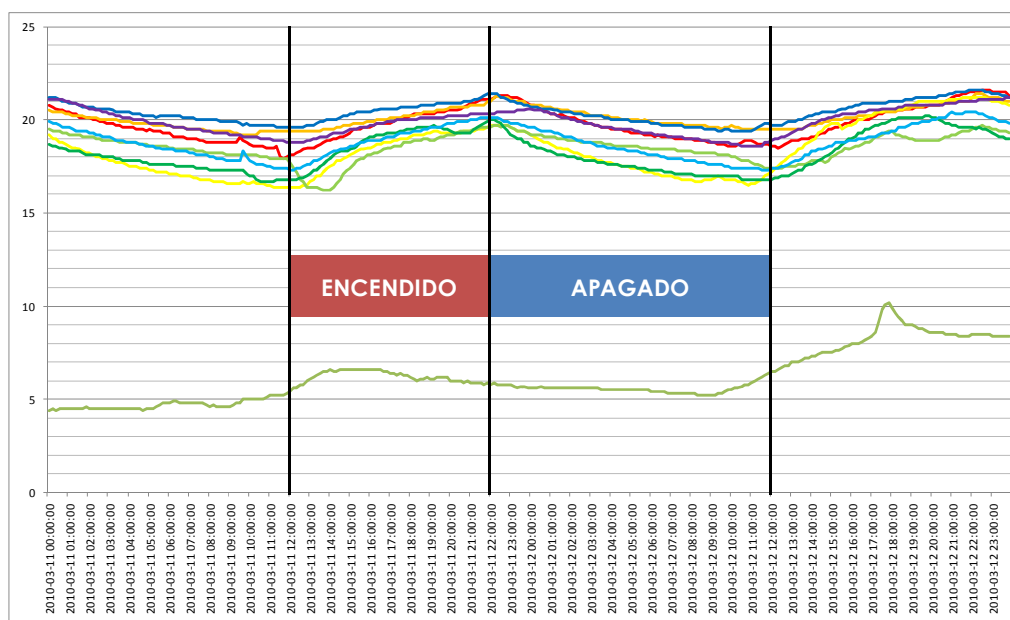
Estos resultados se refieren a valores medios diarios, por lo que no nos permiten identificar los momentos más críticos y las diferencias observables en dichos momentos. A continuación se analizan las temperaturas máximas y mínimas con este objeto.

## TEMPERATURAS MÍNIMAS



Las diferencias entre las estancias más desfavorecidas, especialmente el ático más expuesto al Norte, frente a las más favorecidas, es notable, alcanzando diferenciales superiores a los 5°C en las temperaturas mínimas diarias alcanzadas.

A continuación vamos a analizar el día con las temperaturas exteriores más bajas para ver las temperaturas mínimas alcanzadas en un régimen de funcionamiento normal de la calefacción:



Como puede observarse en la gráfica, las viviendas presentan una pérdida de tan sólo entre 2-3 °C en los intervalos de apagado de calefacción, gracias a la inercia térmica del edificio.

En esta gráfica podemos apreciar cómo la vivienda más desfavorable alcanza una temperatura interior de 16,2°C. Sin embargo, si observamos la curva correspondiente, y el momento de

encendido de la calefacción, da la sensación de que este valor mínimo puede deberse a una apertura de ventana, dado que la tendencia lógica no sería la de un descenso pronunciado tras el encendido, como se aprecia en la gráfica. Efectivamente, al día siguiente se observa un comportamiento más previsible tras el encendido de la calefacción. Este hecho nos advierte de que tenemos que tomar estos datos con cierta cautela, dado que pueden existir desviaciones o comportamientos térmicos difíciles de interpretar, al estar vinculados a determinadas acciones de los usuarios, pudiendo ser la más representativa una apertura de ventana en un momento determinado o de forma habitual como estrategia de ventilación.

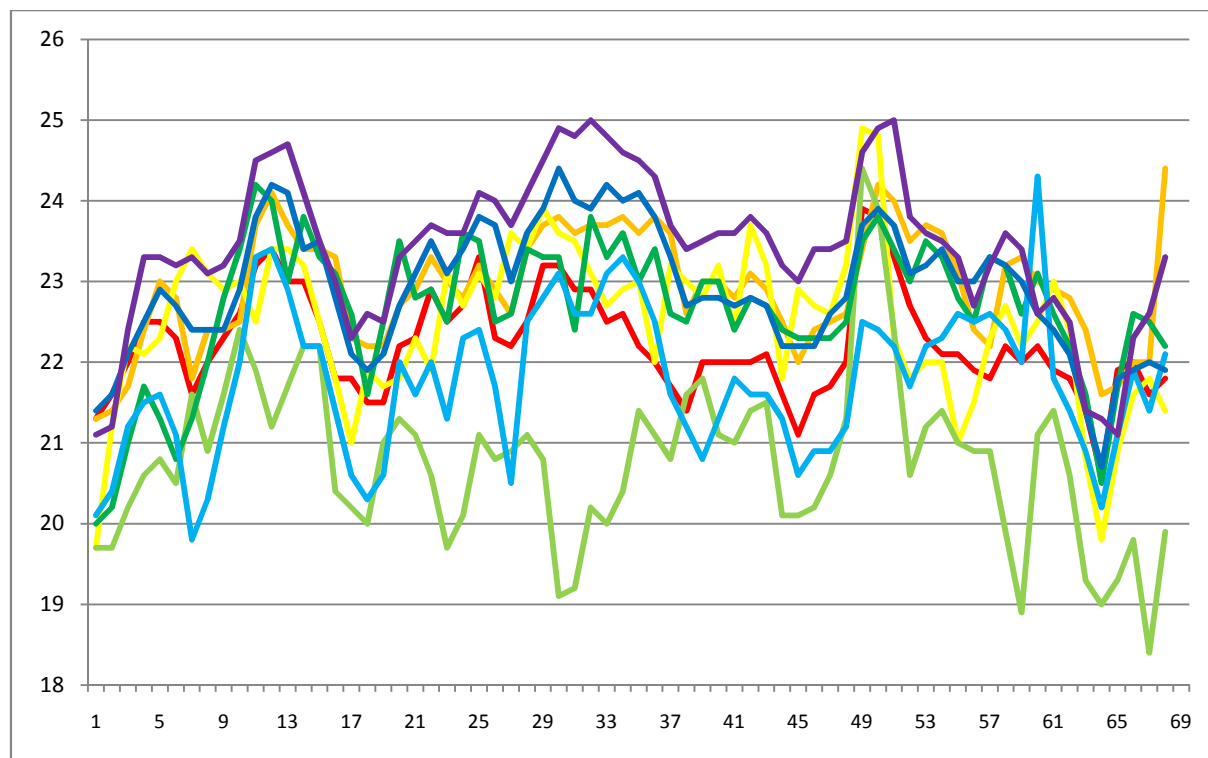
Más allá del caso más desfavorable, en otras curvas podemos apreciar también descensos hasta temperaturas cercanas a los 16°C, que se sitúan en valores especialmente bajos, durante los periodos de entre 2-3 horas anteriores al encendido de la calefacción.

Además de los mínimos, en bastantes viviendas vemos que no se alcanzan los 20°C en ningún momento del día cuando las temperaturas exteriores son más bajas. Ello parece indicar que el horario de calefacción en épocas muy frías es insuficiente.

Debiera ampliarse el horario de calefacción, o bien utilizar la función antihielo para arrancar el servicio de calefacción para temperaturas exteriores inferiores a 9°C, si bien si se quiere en el horario nocturno con temperatura reducida.

Finalmente, comentar que no se han registrado durante el periodo de análisis temperaturas tan bajas en ninguna de las viviendas, como las indicadas por algún vecino que afirmaba llegar a temperaturas inferiores a los 15°C de manera habitual.

#### TEMPERATURAS MÁXIMAS



Las temperaturas máximas, en la vivienda más favorecida al sur han alcanzado los 25°C frente a los 24°C del exterior.



No podemos hablar de falta de confort por sobrecalentamiento a tenor de estos datos. No obstante, se trata de un periodo muy breve de altas temperaturas, durante el cual el edificio ha podido mantener temperaturas más moderadas gracias a su inercia.

Sería previsible, en periodos más continuados durante la época estival, la ocurrencia de sobrecalentamiento por encima de condiciones de confort en las viviendas más soleadas. Dicho sobrecalentamiento será más proclive a darse al final del día en orientación suroeste (téngase en cuenta que en verano la entrada de radiación va a estar más protegida por retranqueos y balcones, aunque menos por edificios anexos). No se considera, que los niveles de sobrecalentamiento que puedan alcanzarse requieran de instalación de aire acondicionado, siendo un control solar adecuado (persianas y toldos) y un aprovechamiento lógico de la ventilación mecanismos suficientes para su tratamiento.

### REGISTRO DE CONSUMOS

Por último, dentro del registro de datos reales se ha recogido el consumo de gas natural durante el periodo de estudio, con un total de 11.312,2 m<sup>3</sup> que equivalen a aproximadamente 122.400 kWh.

Ponderando los valores de 2009 para el mismo periodo:

- 20 días de marzo x 3.354 kWh/día
- 30 días de abril x 2.831
- 17 días de mayo x 919

Tenemos un total de 167.633 kWh en 2009, lo que supone un 27% menos de consumo en 2010. Esta desviación puede tener su origen fundamentalmente por unas condiciones climáticas más benignas respecto al mismo periodo del año anterior.

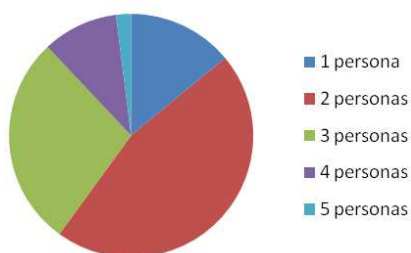


Contador de gas: día primero y último de la monitorización

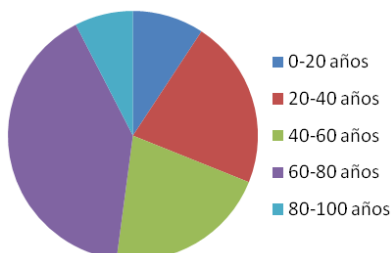
### 3. RESUMEN DE LAS ENCUESTAS A LOS OCUPANTES

Paralelamente al análisis energético del edificio y dentro del marco del proyecto, se ha contado con información relativa a una serie de encuestas, donde los ocupantes del edificio Isabel II 21-23-25, han podido facilitar su opinión sobre contenidos relacionados con su barrio, energía, hábitos, etc. A continuación, se muestran algunos de los resultados más destacados de esa información:

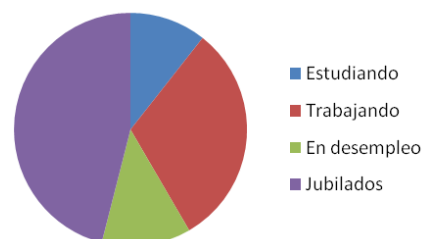
- DATOS GENERALES DE LOS OCUPANTES:**



OCUPANTE de la VIVIENDA



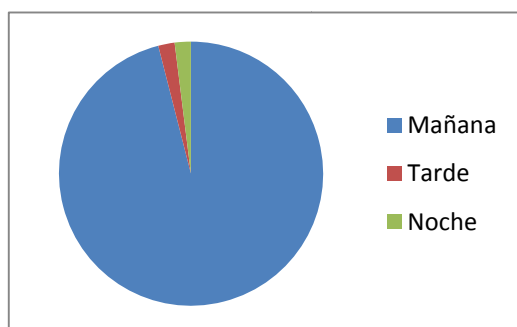
EDAD



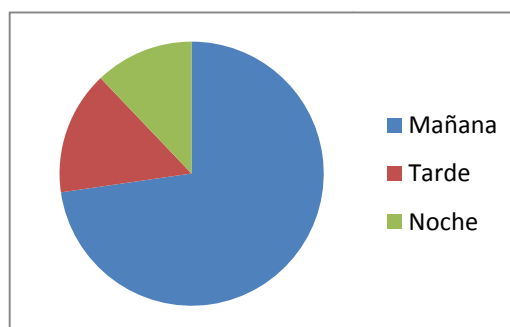
ESTADO ACTUAL

- HÁBITOS relacionados con el comportamiento térmico de la vivienda:**

- Ventilación de la vivienda:**

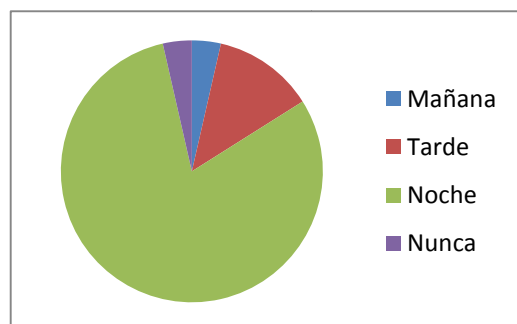


INVIERNO

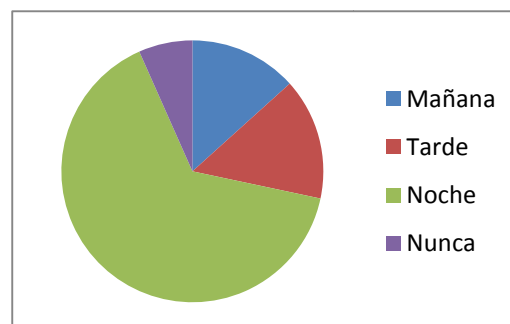


VERANO

- Cerrar las persianas:**

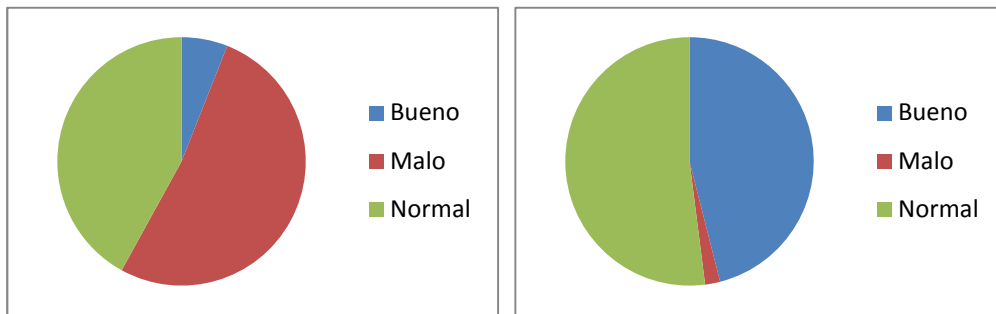


INVIERNO



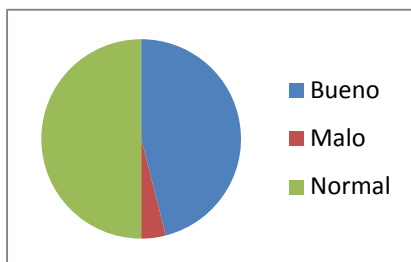
VERANO

• ESTADO GENERAL DEL EDIFICIO:

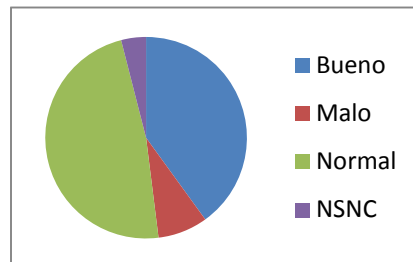


EDIFICIO

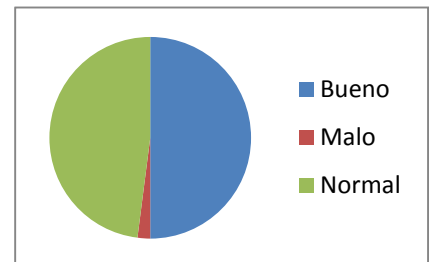
VIVIENDA PERSONAL



ELECTRICIDAD

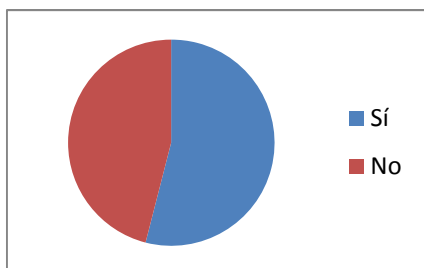


FONTANERÍA

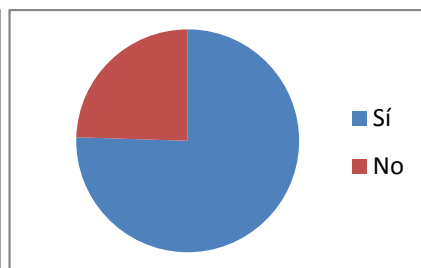


CALEFACCIÓN

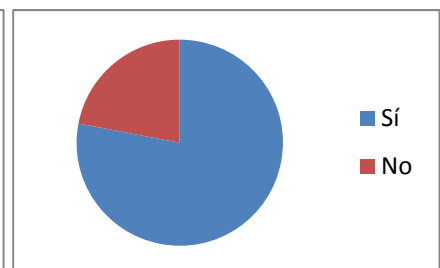
• REFORMAS:



NECESIDAD DE REFORMAR

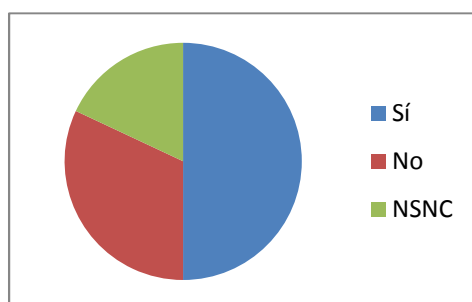


REFORMAS REALIZADAS EN LA VIVIENDA

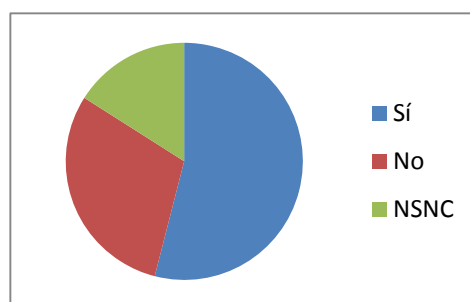


SUSTITUCIÓN DE CARPINTERÍA

• REHABILITACIÓN ENERGÉTICA:



NECESIDAD DE REHABILITAR



DISPOSICIÓN DE ASUMIR EL GASTO

- **ORIENTACIÓN DE SU VIVIENDA:** la aspiración de un 75% de los habitantes es de poder vivir en una **orientación** Sur.
- **PREOCUPACIÓN:** un 91% tiene una gran **preocupación** sobre el Cambio Climático y el agotamiento de los recursos naturales.
- **AYUNTAMIENTO:** a un 92% les parece muy interesante que el ayuntamiento promueva rehabilitaciones para minimizar el consumo energético en las viviendas. Sin embargo, sólo a un 34% les interesaría participar en el programa municipal "Hogares Donostia CO<sub>2</sub>".
- **AHORRO ENERGÉTICO:** Casi el 100% de los habitantes se da cuenta de la importancia del ahorro. Por eso, un 57% utiliza lámparas de bajo consumo, un 96% apaga los aparatos, un 92% apaga las luces al salir de cada estancia y un 46% tiene electrodomésticos eficaces en el consumo (clase A).
- **RESIDUOS:** A la hora de analizar el tratamiento de los residuos, una cuarta parte intenta reducir el consumo o la reutilización. A su vez, la costumbre de aislar la basura está muy arraigada, ya que un 89% recicla la basura.
- **TRANSPORTE:** La mitad de los habitantes camina para poder hacer sus desplazamientos. El segundo medio de transporte más utilizado es el autobús.
- **BARRIO AMARA NUEVO:**
  - El 46% realiza bastante vida en el barrio.
  - El 83% utiliza la zona comercial cercana a su vivienda.
  - El 46% expresa que existen problemas de aparcamiento en el barrio.
  - El 45% no utiliza el espacio público del barrio, mientras que un 37% lo utiliza normalmente.

En lo que se refiere al presente estudio de rehabilitación energética cabe destacar del resumen de resultados de la encuesta que es más alto el porcentaje de personas que valoran negativamente el estado del edificio que el de aquellos que creen necesario acometer una rehabilitación. Este es, además, un caso de estudio con un condicionante de entrada de gran impacto en los resultados y es que los vecinos han iniciado ya un proceso firme para la rehabilitación del edificio por lo que el conocimiento y aceptación de esta medida no es extrapolable a otros edificios del barrio. Lo que resulta sorprendente es que aún en esta condición existe un alto porcentaje de vecinos contrarios a la rehabilitación.

Los motivos de esta oposición pueden venir fundamentalmente de dos causas principales:

- La consideración de un estado aceptable del edificio, especialmente por los vecinos en las viviendas menos afectadas por las patologías de humedades y deterioro presentes en el edificio.
- Las fuertes implicaciones económicas de acometer una rehabilitación.

Ante estas causas queda ofrecer dos posibles medidas:

- Por un lado una buena información acerca del estado real del edificio, las ventajas de una rehabilitación y la promoción de posturas solidarias para con el resto de los vecinos.
- Por otro lado, apoyos económicos e instrumentos financieros que permitan disminuir el impacto de una rehabilitación integral en la economía de los residentes.

## 4. EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS DE LA ENVOLVENTE

En este apartado se ha analizado las deficiencias energéticas del edificio mediante tres tipos diferentes de estudios complementarios:

- **Análisis termográfico:** con el fin de recoger imágenes cualitativas acerca del comportamiento térmico de la envolvente y sus aspectos críticos.
- **Verificación normativa:** con el fin de analizar la discrepancia entre la situación del edificio, con su envolvente opaca original y las exigencias normativas actuales, aplicables a nueva edificación y rehabilitación.
- **Análisis teórico:** se realiza una simulación teórica de los puentes térmicos de encuentro presentes en el edificio, cuantificando el nivel de pérdidas a través de los mismos.

### 4.1. ESTUDIO TERMOGRÁFICO

Este punto recoge las imágenes termográficas obtenidas y tratadas así como las conclusiones que se derivan de dichas imágenes, en lo que respecta a posibles patologías o deficiencias relativas a la eficiencia energética del edificio.

A modo introductorio, y de cara a permitir una valoración más acertada de las imágenes termográficas hemos de aclarar los siguientes conceptos:

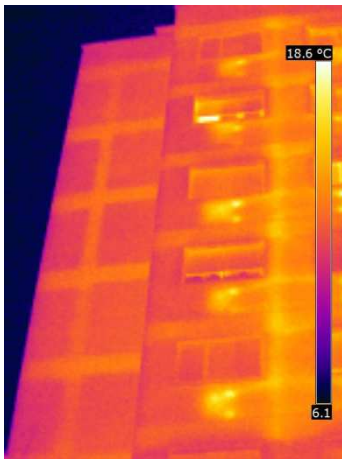
- Las cámaras termográficas recogen la energía que emiten las superficies en el espectro infrarrojo medio, invisible para el ojo humano. Dado que dicha energía irradiada es función de la temperatura y emisividad de las superficies, a partir de un valor predefinido para la emisividad (habitualmente 0,90-0,95) las cámaras termográficas estiman la temperatura de cada superficie. Por tanto, debe tenerse en cuenta que:
- Para superficies de diferente material puede existir variaciones en la emisividad que afectan a la lectura de temperaturas:
  - a. No es posible comparar con precisión temperaturas en superficies de diferente material.
  - b. Se puede corregir la medida introduciendo una emisividad adecuada a cada superficie, durante la lectura o posteriormente.
  - c. No siempre es posible determinar la emisividad de una superficie con la suficiente precisión.

Material	Emisividad
Acero brillante	0.18
Acero oxidado	0.85
Latón brillante	0.10
Latón oxidado	0.61
Aluminio brillante	0.05
Aluminio oxidado	0.30
Cemento	0.90
Asfalto	0.90
Ladrillo Rojo	0.93
Grafito	0.85
Tela	0.85

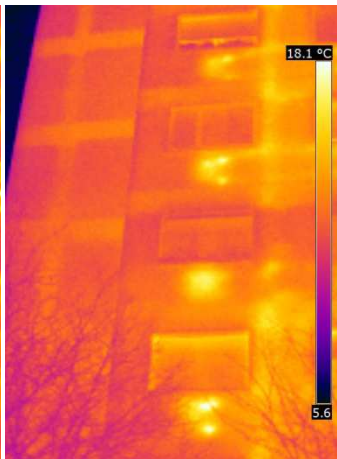
- *Ejemplos de emisividades para diferentes superficies*



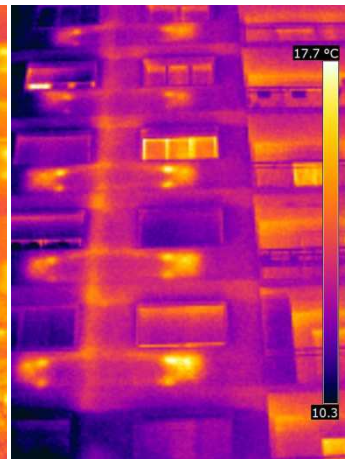
## IMÁGENES



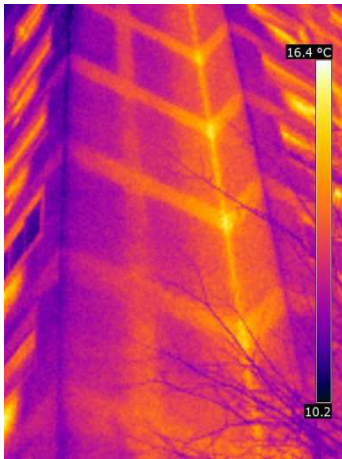
Termografía 1



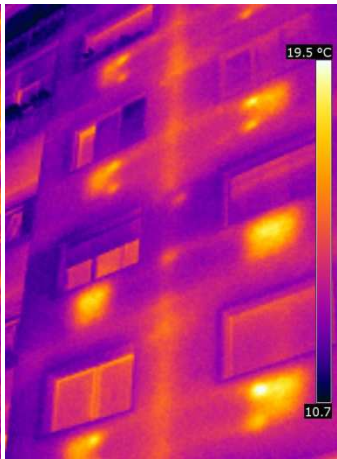
Termografía 2



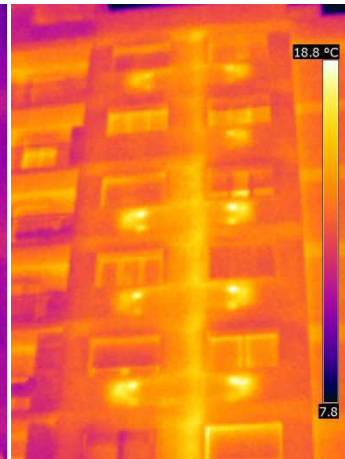
Termografía 3



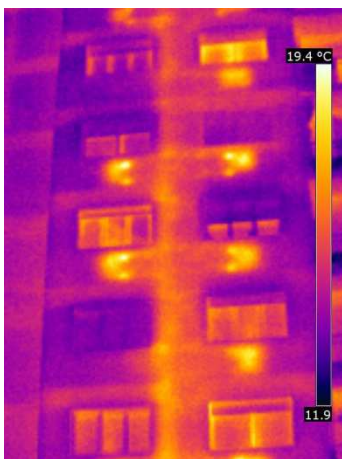
Termografía 4



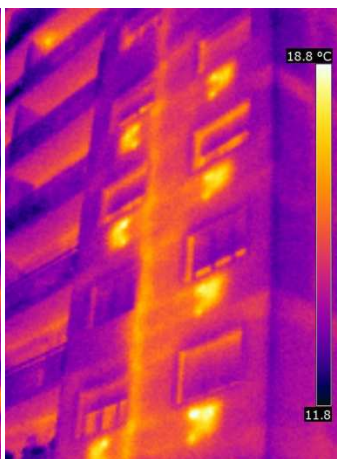
Termografía 5



Termografía 6



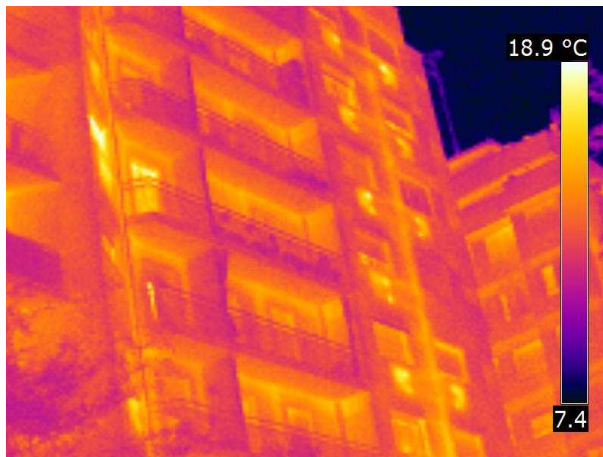
Termografía 7



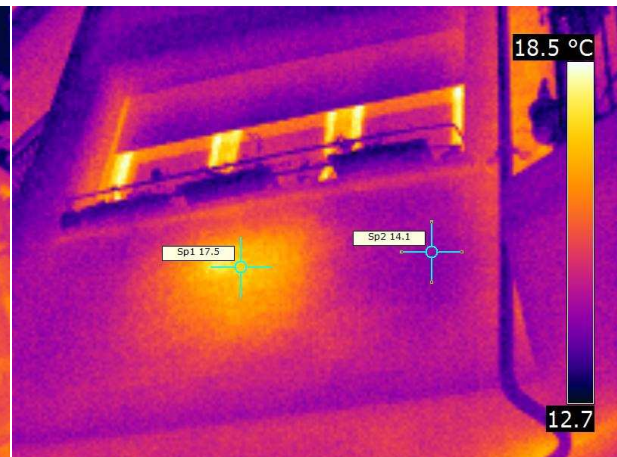
Termografía 8



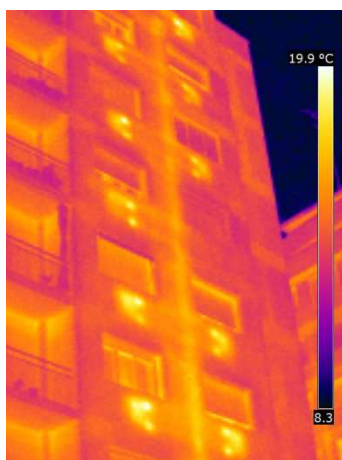
Termografía 9



Termografía 10



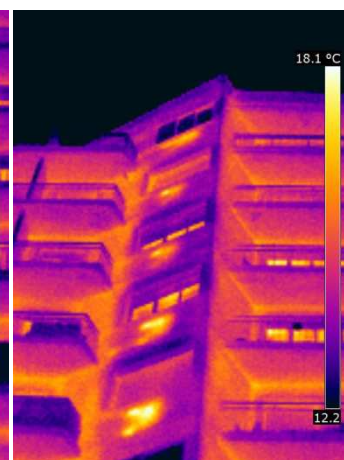
Termografía 11



Termografía 12



Termografía 13



Termografía 14

## COMENTARIOS

Las imágenes reflejan dos fenómenos típicos en envolventes sin aislar:

- Pérdidas térmicas en **encuentros** de pilares y forjados con fachada (ver Termografía 1).
- Pérdidas térmicas en la **distribución** de la calefacción. En las imágenes se aprecian las tuberías de calefacción que ascienden por los montantes en fachada, alimentando los radiadores que se ubican en nichos a lo largo de la fachada.

De ambos fenómenos, resultan especialmente llamativas las pérdidas en la distribución de la calefacción. Estas pérdidas se encuentran acentuadas por la falta de aislamiento en tuberías, así como por una menor sección en el cerramiento de fachada para el alojamiento de los radiadores.

A la vista de esta situación y bajo la premisa de que no resulta factible la incorporación de aislamiento en las tuberías insertas en el cerramiento, resulta fácilmente justificable, de cara a la rehabilitación energética, la **idoneidad** de una solución de **aislamiento por el exterior**, frente al aislamiento por trasdosados interiores.

En la termografía 9 podemos cuantificar un diferencial de 4,5°C originados por el efecto de calentamiento del radiador. Este diferencial, para un coeficiente convectivo exterior de 25W/m<sup>2</sup>·K representa una pérdida de 113 W/m<sup>2</sup>. Dado que el día de la medición era benigno y estando la curva de carga de la instalación en un valor bajo, podríamos, en una estimación aproximada situar

la emisión de los radiadores en torno a los 1.000 W/m<sup>2</sup> (partiendo de un valor medio de 2.500 W/m<sup>2</sup> a plena carga). Bajo estas suposiciones, estaríamos hablando de una pérdida del 10% de la calefacción por conducción y convección al exterior en las zonas anexas a los radiadores.



**Nicho de radiador en el edificio estudiado**

Del análisis termográfico se desprende el favorable efecto de una rehabilitación por el exterior, capaz de mitigar las notables pérdidas energéticas fruto de los encuentros y del debilitamiento de la fachada en las hornacinas de radiadores.

Como solución parcial, se recomienda la instalación de una capa de aislante detrás del radiador, siendo más efectiva una combinación de aislamiento reflexivo + tradicional, con la cara reflexiva hacia el radiador.

En la siguiente imagen vemos un intento de reducir las pérdidas implementado por un vecino, siendo mínimo su efecto, al carecer de aislante conductivo y tratarse de una única lámina de papel de aluminio de uso alimentario, cuyas características reflexivas, para paliar al menos la transmisión radiante al muro no están en absoluto garantizadas.



**Solución planteada por un vecino**

Sirva como comentario adicional que esta misma patología se observó en los edificios anexos al edificio de estudio, siendo una situación común a esta tipología edificatoria, carente de aislamiento y con sistemas centralizados de calefacción distribuidos por fachada.



#### 4.2. CUMPLIMIENTO DE LAS NORMATIVAS SEGÚN LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

Valores de cumplimiento de transmitancia térmica según el **código técnico de edificación** (CTE):

Tabla 2.1 **Transmitancia térmica máxima** de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m<sup>2</sup>K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

#### ZONA CLIMÁTICA C1

**Transmitancia límite** de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
**Transmitancia límite** de suelos  
**Transmitancia límite** de cubiertas  
**Factor solar modificado límite** de lucernarios

**U<sub>Mlim</sub>: 0,73 W/m<sup>2</sup>K**  
**U<sub>Slim</sub>: 0,50 W/m<sup>2</sup>K**  
**U<sub>Clim</sub>: 0,41 W/m<sup>2</sup>K**  
**F<sub>Llim</sub>: 0,37**

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> U <sub>Hlim</sub> W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos F <sub>Hlim</sub>					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

Valores de cumplimiento de transmitancia térmica según la **ordenanza Municipal** de Eficiencia Energética y Calidad Ambiental de los Edificios de San Sebastián:

#### COMPARATIVA DE TRANSMITANCIAS

##### Ordenanza Municipal de Eficiencia Energética y Calidad Ambiental de los Edificios

ZONA CLIMÁTICA	C1	%	ORD. Donostia-San Sebastian	%	D1
		<		>	
<b>Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno</b>	<b>U<sub>Mlim</sub>: 0,73 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>6%</b>	<b>U<sub>Mlim</sub> = 0,69 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>5%</b>	<b>U<sub>Mlim</sub>: 0,66 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Transmitancia límite de suelos</b>	<b>U<sub>Slim</sub>: 0,50 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>2%</b>	<b>U<sub>Slim</sub> = 0,49 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0%</b>	<b>U<sub>Slim</sub>: 0,49 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Transmitancia límite de cubiertas</b>	<b>U<sub>Clim</sub>: 0,41 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>5%</b>	<b>U<sub>Clim</sub> = 0,39 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>3%</b>	<b>U<sub>Clim</sub>: 0,38 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Factor solar modificado límite de lucernarios</b>	<b>F<sub>Llim</sub>: 0,37</b>	<b>3%</b>	<b>F<sub>Llim</sub> = 0,36</b>	<b>0%</b>	<b>F<sub>Llim</sub>: 0,36</b>
<b>Transmitancia máxima de Huecos (Marcos y Vidrios)</b>	<b>U<sub>Hmax</sub>: 4,4 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U<sub>Hmax</sub>: 4,0 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U<sub>Hmax</sub>: 3,5 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Transmitancia Máxima en medianerías</b>			<b>U<sub>MAX</sub>: 1,00 W/m<sup>2</sup>K</b>		
<b>Transmitancia Máxima en particiones Interiores que limitan las unidades de uso (viviendas) con sistema de calefacción previsto con zonas comunes del edificio no calefactadas</b>			<b>U<sub>MAX</sub>: 1,20 W/m<sup>2</sup>K</b>		

**CERRAMIENTO EXTERIOR (FACHADA)**

- ACTUAL: compuesto por 2 capas de tabicón de ladrillo hueco y una capa intermedia de cámara de aire sin ventilar de 3 cm:

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000	
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,110	0,427	920	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm					0,170
4	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,1100	0,427	920	1000	

- CTE:  $0,73 < 1,12 \rightarrow$  **no cumple**.
- Ordenanza:  $0,69 < 1,12 \rightarrow$  **no cumple**.

**CUBIERTA**

ACTUAL: compuesto por el forjado de hormigón armado y un acabado de teja cerámica:

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja cerámica-porcelana	0,0200	1,300	2300	840	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000	

- CTE:  $0,41 < 2,55 \rightarrow$  **no cumple**.
- Ordenanza:  $0,39 < 2,55 \rightarrow$  **no cumple**.

**ABERTURAS:**

- VIDRIO ACTUAL: monolítico de 6mm.

Grupo Monolíticos en posición vertical  
 Nombre VER\_M\_6

Transmitancia térmica (U) 5,70 W/m²K

- CTE: según la orientación el valor varía un poco. Sin embargo, en este caso, un vidrio monolítico de este espesor **no cumple** los mínimos exigidos por el código técnico.
- Ordenanza:  $4 - 2,9 - 3,3 < 5,7 \rightarrow$  **no cumple**.
- MARCO ACTUAL: debido a la falta de información, no se puede asegurar la permeabilidad y las características de los marcos actuales. Se ha optado por modelizar una carpintería de madera, coincidiendo con la composición original. No se ha penalizado la transmitancia de la madera en base a su edad y estado actual, dado que numerosas viviendas han modificado sus ventanas por soluciones de PVC y vidrio doble. Así, la consideración global de madera (buen aislante) y vidrio monolítico (mal aislante), aún siendo poco realista en la carpintería, nos proporciona un nivel térmico inferior a la situación real de las superficies acristaladas.

Transmitancia térmica (U) 2,20 W/m²K

A la vista de estos resultados resulta evidente que el edificio no se ajusta en ninguno de los parámetros de la envuelta a las exigencias de la normativa actual. En la rehabilitación a realizar, deberá ajustarse como mínimo a estas obligaciones. Dada la condición de rehabilitación integral



de cerramientos, pero no de superficies acristaladas, quedará pendiente y en manos de los vecinos que corresponda adecuar las ventanas que aún se encuentren en su estado original (las menos) de cara a conseguir un edificio equilibrado en sus condiciones térmicas y ajustado a los estándares de eficiencia normativos actuales.

### 4.3. ANÁLISIS DE PUENTES TÉRMICOS

Actualmente, la normativa europea establece unas directrices para el cálculo de la transmitancia y condensaciones superficiales en los puentes térmicos en:

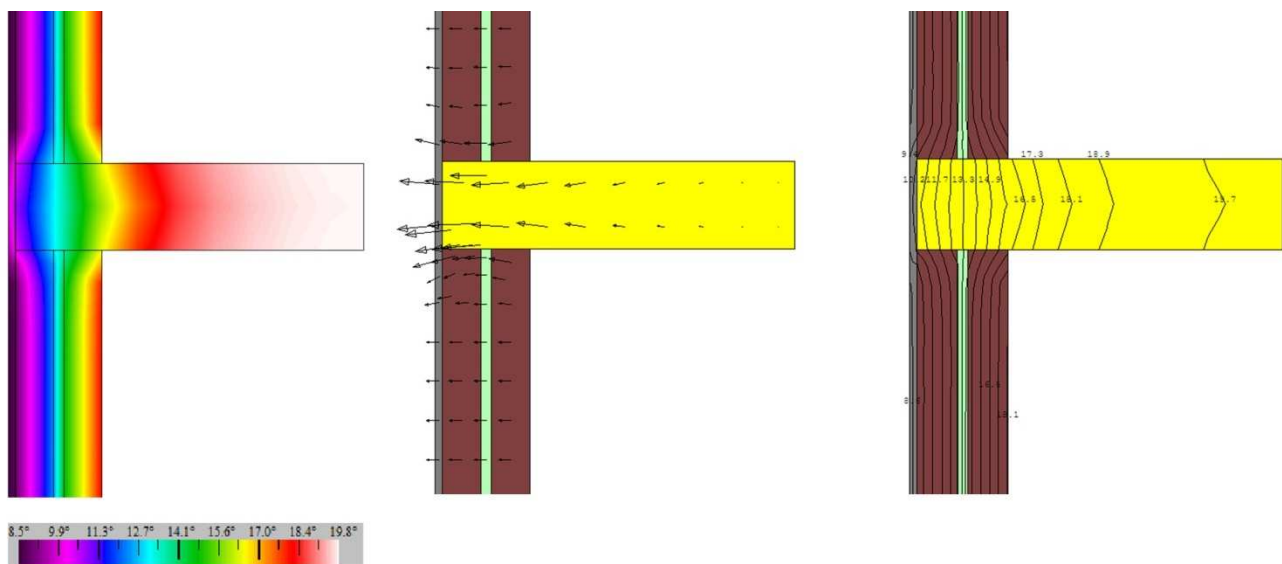
- UNE EN ISO 10 211-1:1995 "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales.
- UNE EN ISO 10 211-2: 2002 "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales.

La complejidad de estos métodos de cálculo hace necesaria su implementación en software especializado de tipo FEM. Por ello para este análisis se ha utilizado el software Therm, del Lawrence Berkeley National Laboratory, herramienta que se ajusta a los requisitos de cálculo bidimensional necesario en puentes térmicos.

Se ha estudiado el encuentro de frente de forjado dado que es el que más peso específico representa en las pérdidas del edificio asociadas a los puentes térmicos.

Este análisis sirve para mostrar y dejar patente la importancia de los puentes térmicos en el comportamiento energético y consumo de los edificios, a menudo descuidados tanto en proyecto como en ejecución.

#### Resultados para el FRENTE de FORJADO:



Distribución de temperaturas

Líneas de flujo

Isotermas

- Transmitancia media incluido el puente térmico:  $U_m = 1,55 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Transmitancia del cerramiento sin el puente térmico:  $U = 1,156 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .
- $L2D = U_m \times L = 1,55 \times 2,93$  (distancia entre forjados) =  $4,55 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ .
- $\psi = L2D - U \times L = 4,55 - 1,156 \times 2,93 = 1,16 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ .

Como se aprecia en el análisis precedente, el frente de forjado es una fuente importante de pérdida energética, representando un equivalente a un metro cuadrado adicional de cerramiento por cada metro lineal de frente de forjado ( $1,15 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ).

De nuevo, la solución de aislamiento por el exterior resulta la más recomendable para el tratamiento de los puentes térmicos, que representan aproximadamente la **cuarta parte** de las pérdidas energéticas por las fachadas.

Los puentes térmicos también originan patologías de humedad superficial y aparición de moho debido con el deterioro asociado de las condiciones de salubridad interiores.



**Crecimiento de moho encontrado en una de las viviendas auditadas**

## 5. EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS DE LAS INSTALACIONES

Las características de las instalaciones de este edificio no permiten profundizar demasiado en sus deficiencias, dado que se tratan o bien de instalaciones recién renovadas (calefacción e iluminación) o fuera del ámbito de estudio por su carácter individual (ACS). No obstante a continuación vamos a realizar una serie de comentarios sobre cada grupo de instalaciones energéticas presentes en el edificio.

### 5.1. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

La instalación de calefacción ha sido renovada muy recientemente (Octubre de 2007), acometiéndose un cambio de calderas e instalaciones asociadas (bombas, depósitos de inercia) con unas buenas prestaciones y en las que no se han encontrado deficiencias relevantes.

En lo referente a la distribución por montantes sí es evidente la deficiencia asociada a la falta de aislamiento, como se podía apreciar en el apartado del análisis termográfico.

Finalmente, en el apartado de los emisores, se han detectado una diversidad de modelos y grados de antigüedad para los radiadores en las viviendas. Asimismo, se ha identificado un desconocimiento del funcionamiento de los radiadores y su ajuste para permitir un mayor flujo del agua caliente, origen asimismo de un desequilibrio en los caudales en cada vivienda debido a la falta de un ajuste global de los detentores a nivel de cada montante.



Diferentes modelos de radiadores encontrados

### 5.2. INSTALACIÓN DE ACS

Respecto a la instalación de ACS, individual por vivienda, podemos comentar, por un lado las siguientes posibles deficiencias:

- Consumo de **energía eléctrica**, la más penalizada en consumos primarios y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, debidas a su generación y a las pérdidas asociadas a su transporte desde las centrales productoras.
- **Pérdidas en el acumulador**: las pérdidas asociadas a la acumulación dependerán de la calidad (nivel de aislamiento) del termoacumulador, función a su vez de la selección y modelo que haya escogido el usuario. No es fácilmente cuantificable a nivel global del edificio.
- **Pérdidas en distribución dentro de la vivienda**: asimismo cabe destacar la falta de aislamiento igualmente en la conducción del ACS, que origina pérdidas energéticas en su distribución a los emisores. Como comentario adicional, la instalación individual evita los

consumos asociados a la recirculación del agua caliente sanitaria y sus pérdidas asociadas, presente en los sistemas centralizados de ACS.

## INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

En este apartado podemos entrar a valorar la situación de la iluminación en zonas comunes, siendo inviable un análisis de la iluminación en cada vivienda más allá de los resultados arrojados por las encuestas.

Respecto a la iluminación en zonas comunes (caja de escaleras y portal), nos encontramos con que los portales 21 y 23 no han abordado ninguna mejora en el sistema de alumbrado interior mientras que en el portal 25 se incorporó un sistema de control de presencia actuando sobre la iluminación.

A partir de los datos de consumo eléctrico asociados a la iluminación del portal antes de la inclusión del control y posteriormente, se tiene constancia de las implicaciones de este tipo de soluciones y del grado de mejora y por tanto deficiencia en el sistema de iluminación interior presente en los mencionados portales 21 y 23.

A continuación se presenta los resultados comparativos, cortesía del vecino Santiago Ochoa, para el portal 25:

factura	del	al	días	consumo kW	importe €	kW/día	€/día
10071022	04/01/2008	29/02/2008	56	821	107,4	14,66	1,92
10057810	29/02/2008	06/05/2008	67	942	121,09	14,06	1,81
10059553	06/05/2008	02/07/2008	57	700	94,03	12,28	1,65
10054886	02/07/2008	01/09/2008	61	719	105,8	11,79	1,73
10047639	01/09/2008	29/10/2008	58	733	110,99	12,64	1,91
10089256	29/10/2008	02/01/2009	65	1162	160,93	17,88	2,48
<b>Período año 2008</b>			364	5077	700,24	13,95	1,92

factura	del	al	días	consumo kW	importe €	kW/día	€/día
10096998	02/01/2009	04/02/2009	33	483*	73,51	14,64	2,23
10116941	04/02/2009	03/03/2009	27	33	8,36	1,22	0,31
10118178	03/03/2009	02/04/2009	30	421*	65,01	14,03	2,17
10112617	02/04/2009	06/05/2009	34	101	17,46	2,97	0,51
10123559	06/05/2009	05/06/2009	30	368*	57,73	12,27	1,92
10162881	05/06/2009	30/06/2009	25	81	15,24	3,24	0,61
10310963	30/06/2009	31/07/2009	31	366*	58,73	11,81	1,89
10132436	31/07/2009	31/08/2009	31	118	24,05	3,81	0,78
<b>Período año 2009 hasta 31 de Agosto</b>			241	1971	320,09	8,18	1,33

\* Lecturas estimadas

El ahorro estimado es superior al **40%**. Resulta evidente que esta medida es altamente recomendable de manera general y específicamente para su aplicación a los otros dos portales del bloque estudiado.



Sistema de control de bajo coste implementado en el portal 25

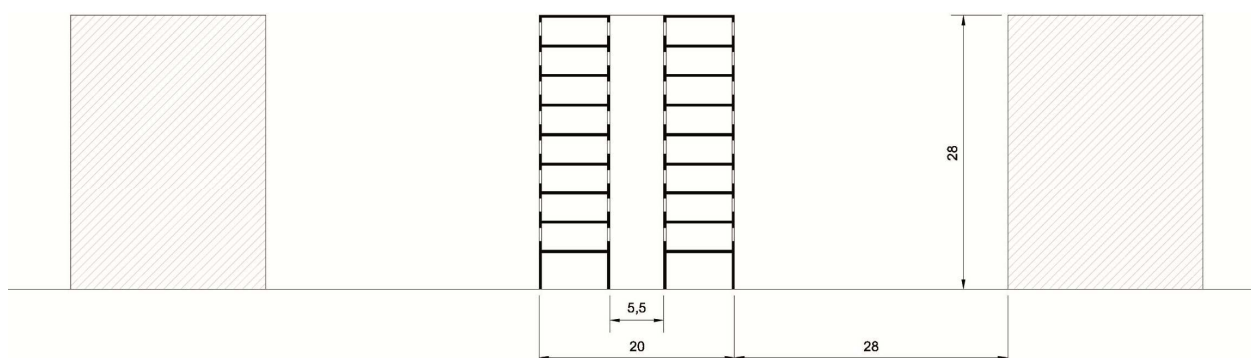
## 6. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE

Con el objetivo de estudiar y proponer mejoras energéticas en las edificaciones existentes de Amara Nuevo, se han ensayado diferentes situaciones para poder llegar a unas conclusiones generales. Para eso, teniendo en cuenta los principales parámetros que intervienen en el balance energético, se ha generado un prototipo representativo de vivienda.

El objetivo de este análisis es de poder asemejar y extrapolar los resultados obtenidos al resto de edificios del barrio de Amara Nuevo.

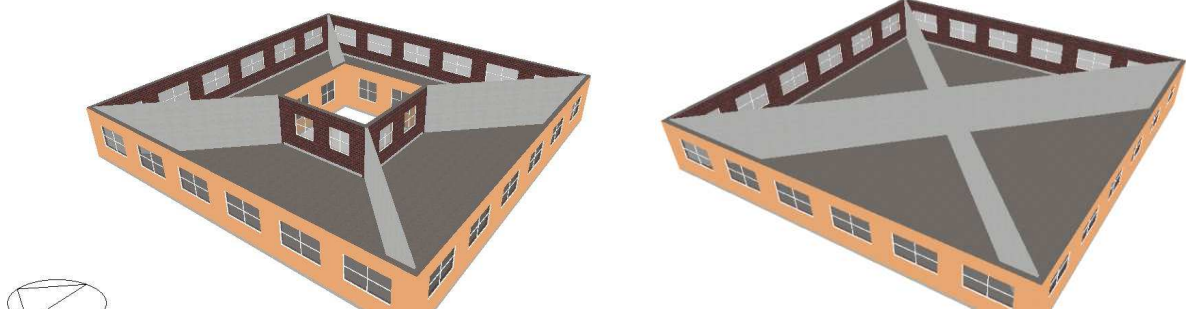
### 6.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MODELO EMPLEADO EN LAS SIMULACIONES

1. **GEOMETRÍA:** se ha optado por una geometría básica, es decir, un cuadrado con cuatro orientaciones principales: norte, sur, este y oeste. Mediante esta geometría, se consigue que cada vivienda SÓLO tenga una orientación, con lo que se podrán comparar los resultados según su orientación.
2. **UBICACIÓN:** después de analizar el ensanche de Amara Nuevo, se ha llegado a simplificar la tipología de manzanas y dimensiones de las calles, con lo que se ha decidido simular un bloque de viviendas de B+VIII con una distancia de 28 metros hasta el edificio colindante.

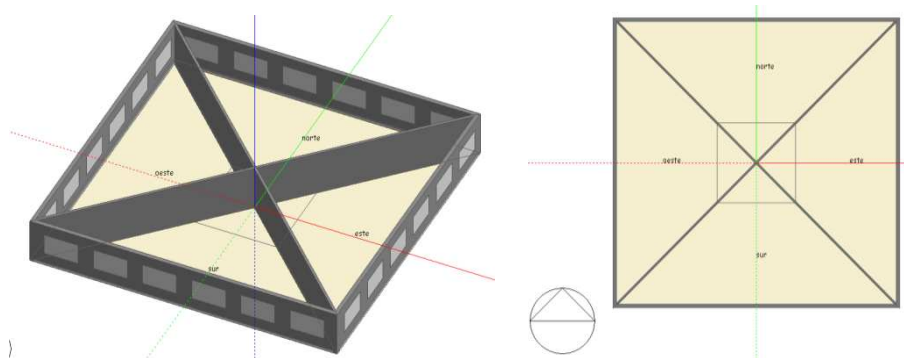


3. **TIPO VIVIENDA:** en Amara, principalmente existen dos tipos de viviendas:
  - a) **con patio interior:** las viviendas se abren hacia el exterior y a su vez tienen un pequeño patio interior, que en la mayoría de los casos está semi cubierto. Dado que es difícil caracterizar térmicamente las diferentes soluciones y estructuras de cubierta para los diferentes edificios se ha analizado el caso más desfavorable en que el patio se presenta descubierto.
  - b) **sin patio interior:** cuando las viviendas sólo se abren hacia el exterior.





4. **ORIENTACIÓN:** para poder analizar y comparar los resultados, cada vivienda sólo tendrá una orientación principal. Así, la radiación solar directa tendrá mucha influencia en los resultados obtenidos, pudiendo comparar las diferencias en la demanda energética entre una vivienda Sur-Este-Oeste-Norte.



5. **PLANTAS:** para poder simplificar y concluir con unos mejores resultados, el bloque de viviendas se ha simplificado en tres diferentes plantas:

- Primera planta: el suelo está en contacto con un espacio no calefactado.
- Quinta planta: suelo y cubierta adiabáticos, representando el contacto con viviendas en condiciones similares.
- Octava planta: la cubierta está en contacto con el exterior.

6. **CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE:** para empezar a simular el estado actual del prototipo, se han utilizado las características del edificio Isabel II 21-23-25:

- Envolvente: 2 capas de tabicón doble hueco de 11cm, con una cámara de aire intermedia de 3cm.
- Forjado: 20 cm de hormigón armado.
- Cubierta: 20 cm de hormigón armado + 5cm de mortero nivelante + acabado de baldosa cerámica.
- Tabiquería: no es importante precisar su composición, ya que se han planteado que sean adiabáticas.
- Aberturas:
  - Tipo de vidrio: simple 6 mm
  - Marco: madera simple.
  - Cantidad: se han utilizado los datos del edificio Isabel II 21-23-25:
    - Fachada exterior: 30% aberturas.

- Patio interior: 23% aberturas.
- Dimensión: 2,2 (ancho) x 1,4 (alto) a 90 cm del suelo.

#### 7. SUPERFICIES:

- a) Tipo 1: con patio → 92,4 m<sup>2</sup> cada vivienda.
- b) Tipo 2: sin patio → 100 m<sup>2</sup> cada vivienda.

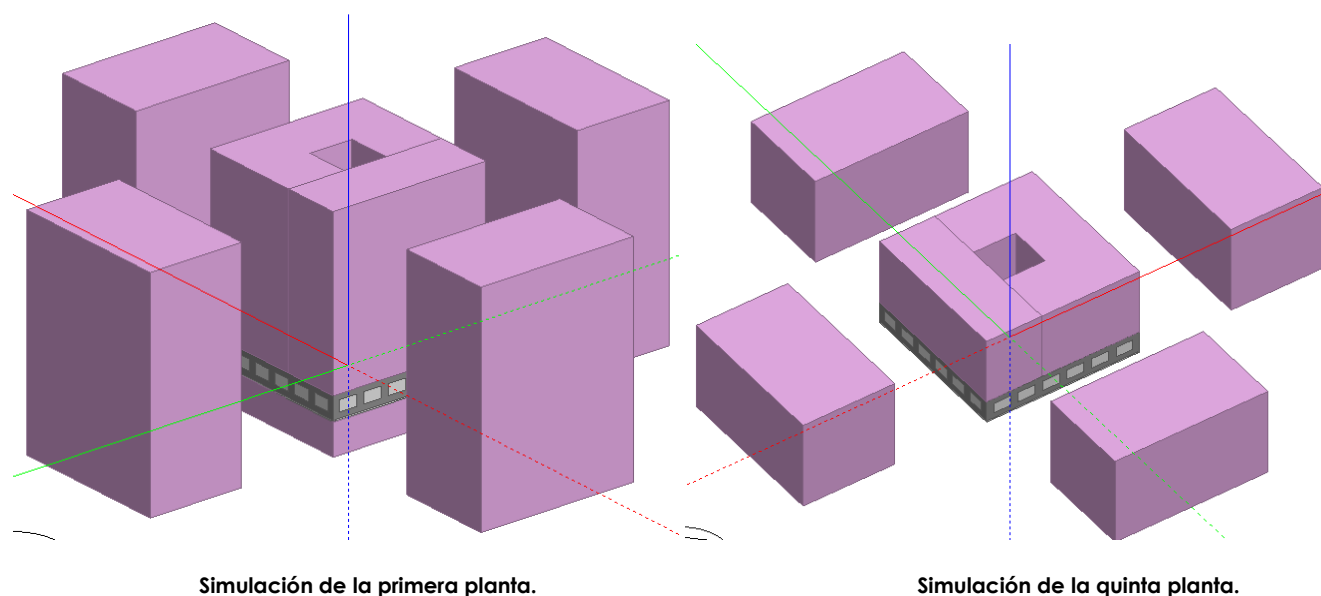
#### 8. GANANCIAS INTERNAS:

	Ocupación (m <sup>2</sup> /personas)	Ocupación sensible (W/persona)	Ocupación latente (W/persona)	Equipos (W/m <sup>2</sup> )	Iluminación (W/m <sup>2</sup> )	Infiltración (Renovaciones/h)
Bloque de vivienda	33,33	71,79	45,44	4,40	4,40	1

#### 9. SISTEMA DE CALEFACCIÓN: se han considerado los siguientes equipos y sistemas de calefacción:

- CoP del sistema = 0,65 (estimación del rendimiento medio estacional incorporando las pérdidas en distribución)
- Tipo de combustible: gas natural.
- Temperatura de funcionamiento de la calefacción (horarios y consignas del CTE):
  - 20°C entre las 07:00-23:00.
  - 17°C entre las 23:00-07:00.

#### IMÁGENES del modelo (prototipo TIPO 1, con patio interior):



## 6.2. CÁLCULOS DETALLADOS DE SIMULACIÓN: AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR

Una vez concretados los dos prototipos, se han efectuado diferentes simulaciones energéticas en base a:

- Colocación de diferentes espesores y ubicaciones (fachada por el exterior, suelo y cubierta) del aislante.
- Sustitución de vidrios.

Para estos análisis, se han utilizado unos materiales con las siguientes características:

- Aislamiento: EPS, con una conductividad de 0,037 W/m·K.
- Vidrio doble (normal): 4-12-4, conductividad de 2,77 W/m·K.
- Vidrio bajo emisivo: 4-12-4, conductividad de 2,07 W/m·K.

Antes de empezar con las simulaciones, mediante el programa THERM, se han calculado los valores de los **puentes térmicos del frente de forjado** (18 cm de alto) para cada caso:

	U cerramiento	U media (con puente térmico)	$\psi$
<b>Estado Actual</b>	1.16	1.55	1.16
<b>3cm Aislamiento</b>	0.60	0.71	0.34
<b>6cm Aislamiento</b>	0.41	0.47	0.17
<b>9cm-Aislamiento</b>	0.31	0.35	0.11
<b>12cm_Aislamiento</b>	0.25	0.28	0.08

Una vez de haber definido todo (geometría, materiales, actividad, cargas internas...), se han efectuado **120 simulaciones** con diferentes posibles combinaciones.

Mediante la simulación de estas múltiples variantes se pretende determinar la combinación óptima desde el punto de vista energético y económico para las variables en juego y en función del tipo de vivienda analizado.

### PORCENTAJE DE DEMANDA DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

En las siguientes gráficas se aprecia el porcentaje de energía de calefacción que precisa cada vivienda en comparación con la vivienda actual.

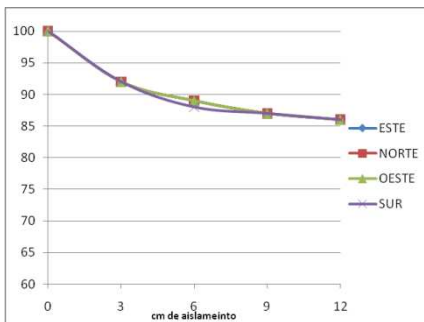
#### VIVIENDA TIPO 1 → CON PATIO INTERIOR:

Para poder comparar los resultados, hay que partir de la demanda de energía ANUAL de cada vivienda con las características actuales:

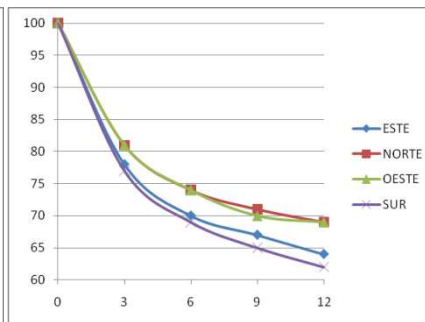
Unidad: KWh/m²	ESTE	NORTE	OESTE	SUR
<b>PLANTA 8ª</b>	125,5	138	129	105
<b>PLANTA 5ª</b>	62,8	78,6	71,8	53,4
<b>PLANTA 1ª</b>	120,3	131,5	128	116,3

\*Lectura de las gráficas: eje X (espesor del aislamiento), eje Y (porcentaje).

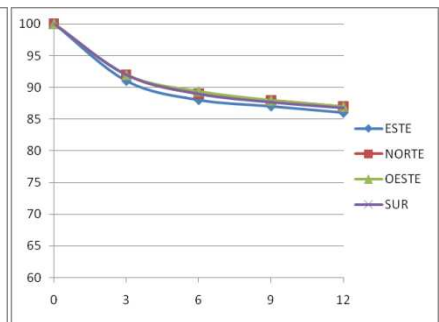
Añadiendo **aislamiento** (3-6-9-12 cm) **por el exterior** de la fachada:



Planta 8º

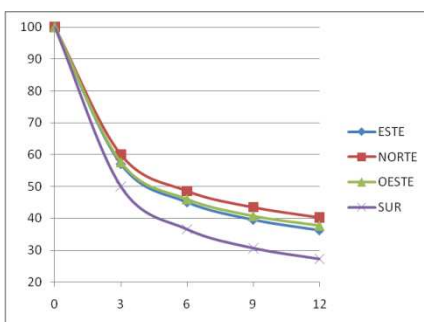


Planta 5º

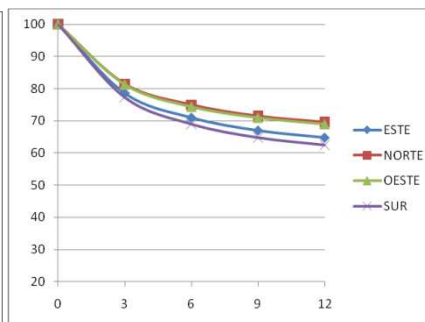


Planta 1º

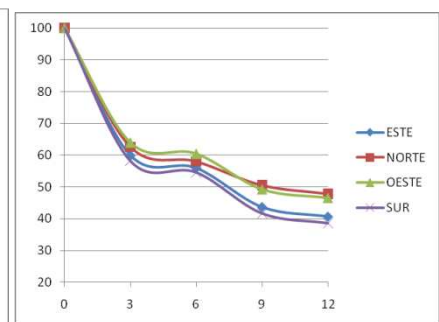
Añadiendo aislamiento por el exterior de la fachada + en la cubierta de la P8 + en el suelo de la P1:



Planta 8º

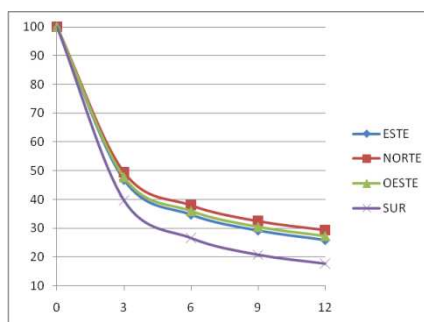


Planta 5º

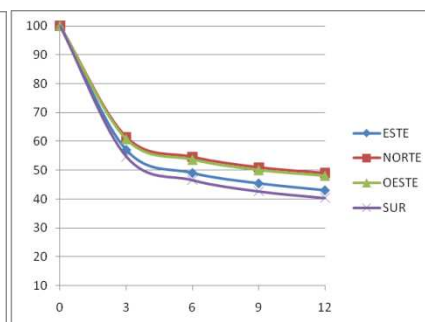


Planta 1º

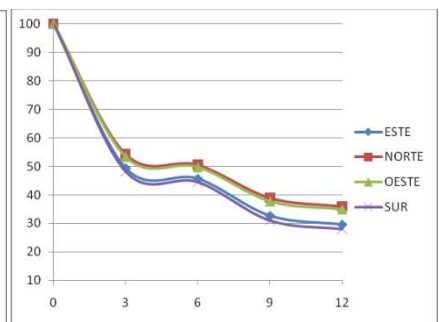
Añadiendo aislamiento (fachada + cubierta + suelo) y cambiando el vidrio de las aberturas:



Planta 8º

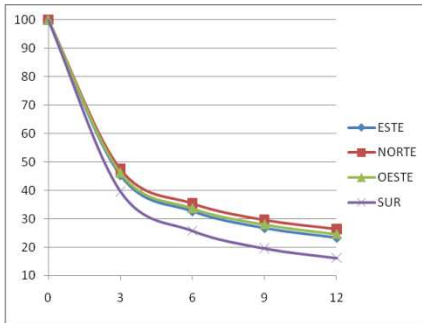


Planta 5º

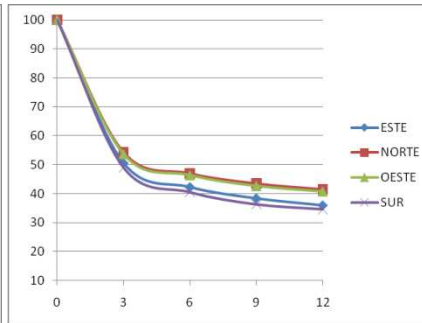


Planta 1º

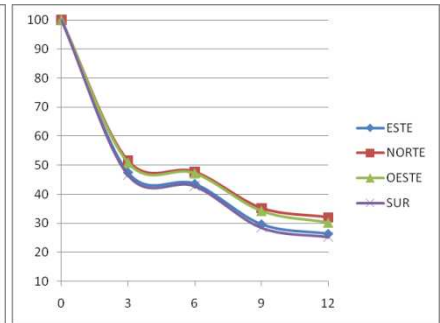
Añadiendo aislamiento (**fachada + cubierta + suelo**) y cambiando el vidrio por un **vidrio bajo emisivo**.



Planta 8°



Planta 5°



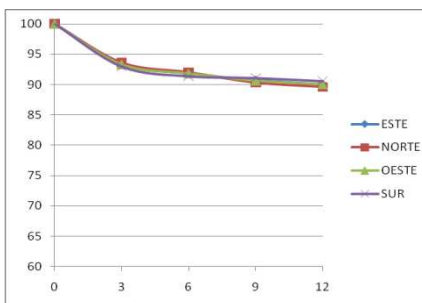
Planta 1°

### VIVIENDA TIPO 2 → SIN PATIO INTERIOR:

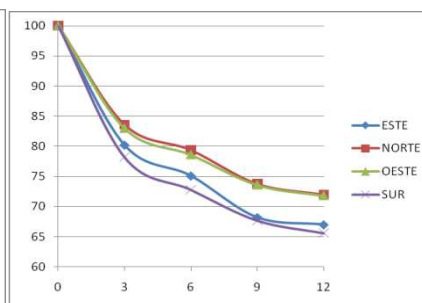
La demanda de energía ANUAL de cada vivienda con las características actuales:

Unidad: KWh/m²	ESTE	NORTE	OESTE	SUR
<b>PLANTA 8°</b>	115,8	132,5	118,6	94,7
<b>PLANTA 5°</b>	47,4	62,2	55,7	39
<b>PLANTA 1°</b>	108,4	118,8	115,6	104,7

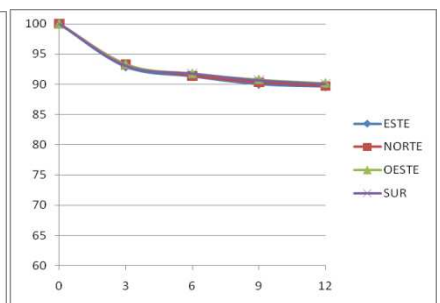
Añadiendo **aislamiento por el exterior** de la fachada:



Planta 8°

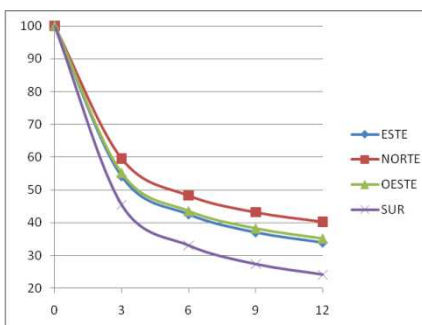


Planta 5°

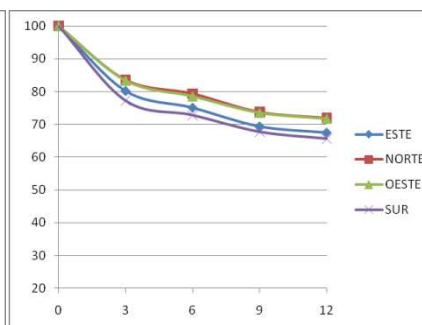


Planta 1°

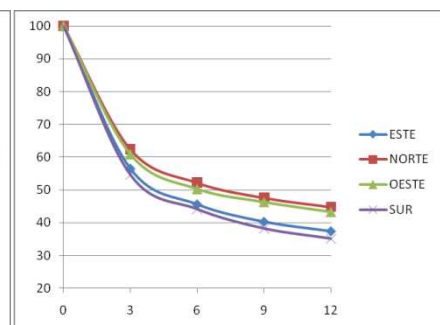
Añadiendo aislamiento por el **exterior de la fachada** y en la **cubierta** de la P8 y en el **suelo** de la P1:



Planta 8°

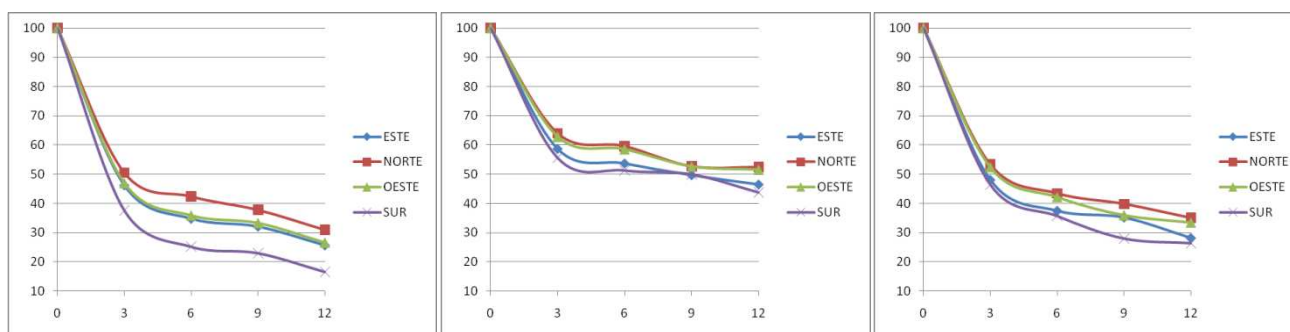


Planta 5°



Planta 1°

Añadiendo aislamiento (**fachada + cubierta + suelo**) y cambiando el **vidrio** de las aberturas:

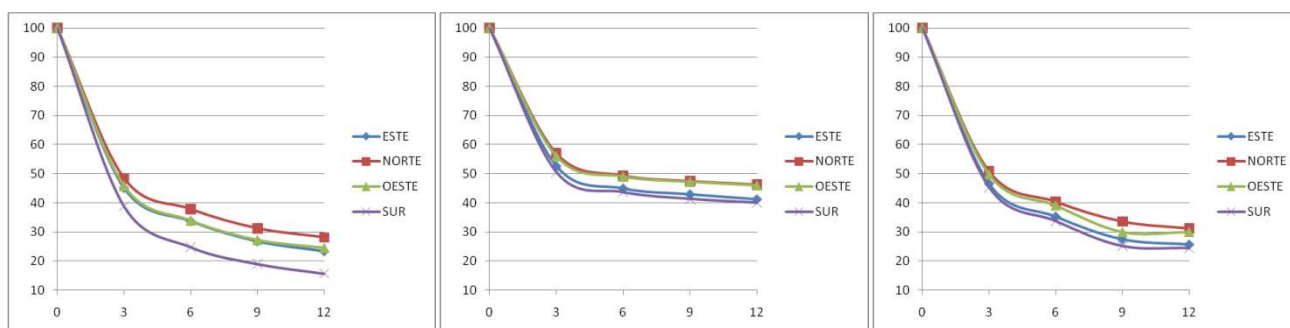


Planta 8°

Planta 5°

Planta 1°

Añadiendo aislamiento (**fachada + cubierta + suelo**) y cambiando el vidrio de las aberturas por un **vidrio bajo emisor**.



Planta 8°

Planta 5°

Planta 1°

## CONCLUSIONES

Las gráficas que se han extraído de las simulaciones no hacen sino corroborar lo que ya hemos adelantado en otros apartados:

- La importancia de un buen aislamiento en **cubiertas** y **suelos**, que permite reducir notablemente la demanda global del edificio (el peso específico en cuanto a la demanda energética de la última planta y primera puede triplicar al del resto) al tiempo que evita desequilibrios en los niveles de confort y salubridad (humedades) alcanzados en las primeras y últimas viviendas.
- Los resultados sugieren espesores recomendados de aislamiento de fachada de 6-8 cm y de 9-12 cm en suelos y cubiertas.
- El impacto energético de los vidrios en plantas intermedias, reduciendo los consumos energéticos entre un 10-20%. El cambio por un vidrio doble, sin necesidad de tratarse de bajo emisor es suficiente para lograr unas prestaciones muy mejoradas. Asimismo, el confort se verá incrementado al aumentar la temperatura radiante del acristalamiento, reduciendo el efecto de superficie fría y proporcionando una mayor temperatura operativa.
- Como comentario aclaratorio, ante las dudas que puede suscitar que el mayor ahorro **porcentual** se consiga en las fachadas orientadas al sur, se explica a continuación la razón de este comportamiento. Evidentemente, mediante el aislamiento lo que estamos haciendo es frenar las pérdidas del calor interior hacia el exterior (el efecto en las ganancias por cerramientos opacos es despreciable frente a las ganancias asociadas al



acristalamiento). En el caso de espacios al Sur, tenemos unas ganancias gratuitas por las ventanas que nos reducen las necesidades de calefacción. Cuanta más energía gratuita podamos conservar aislando, mayor será el ahorro energético asociado (menor necesidad de calefacción). En espacios al Norte no tenemos estas ganancias gratuitas por lo que el único calor que conservamos en el interior será el que nos está proporcionando la instalación de calefacción. Queda claro por tanto por qué se consiguen mayores ahorros **porcentuales** aislando en fachada Sur. En términos absolutos, obviamente, los mayores ahorros se conseguirán aislando la fachada Norte.

### 6.3. AISLAMIENTO POR EL INTERIOR

Como ya se ha mencionado en apartados previos, la solución ideal desde el punto de vista energético (corrección de puentes térmicos, condensaciones, conducciones sin aislar) consiste en aislar por el exterior de la fachada.

Sin embargo, en algunos casos (cuando hay que mantener la fachada por criterios estéticos o de valor histórico, cuando es imposible la instalación de andamiajes, no hay acuerdo entre todos los vecinos) puede resultar inviable su colocación por el exterior.

Desde el punto de vista de los resultados de simulación mostrados para el caso de aislamiento exterior, cabe destacar que el diferencial principal que vamos a encontrar en el caso de aislamiento interior se origina en los puentes térmicos, dado que la repercusión para esta tipología de edificio, uso y clima del efecto del aislamiento sobre la masa inercial (al exterior o interior) resulta despreciable.

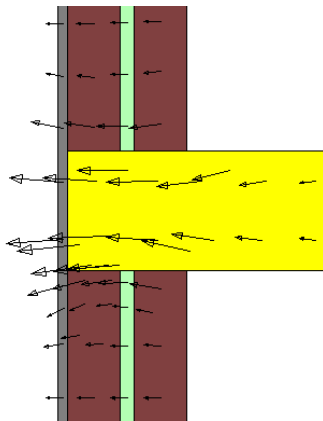
Por ello las conclusiones que puedan derivarse de la simulación energética van a ser equivalentes a las del caso anterior. No obstante, a continuación se muestran los resultados de la caracterización de los puentes térmicos de frente de forjado en función de dos espesores de aislante y su posición, como indicación de la diferencia que supone la instalación de aislamiento exterior frente al interior.

	U cerramiento	U media (con puente térmico)	$\psi$
<b>Estado Actual</b>	1.16	1.55	1.16
<b>3cm por el exterior</b>	0.60	0.71	0.34
<b>6cm por el exterior</b>	0.41	0.47	0.17
<b>3cm por el interior</b>	0.60	0.99	1.14
<b>6cm por el interior</b>	0.41	0.71	0.89

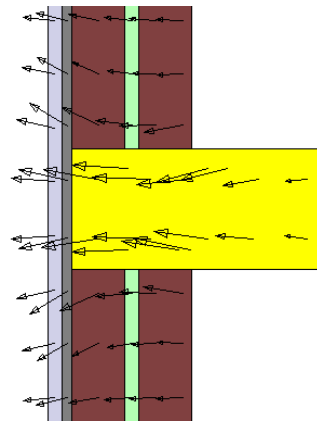
La tabla muestra la notable diferencia en las propiedades térmicas de la fachada en función de la ubicación del aislamiento y como la transmitancia lineal del puente apenas se reduce aislando por el interior.

A continuación se muestran las imágenes de la simulación para los siguientes tres casos: 1-estado actual, 2-aislamiento por el exterior y 3-aislamiento por el interior.

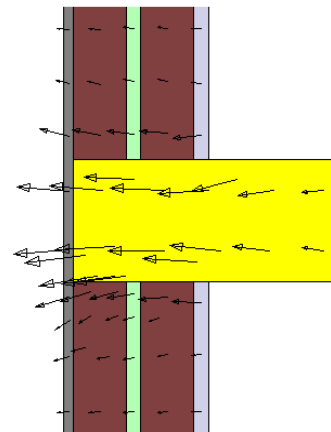
### LÍNEAS DE FLUJO:



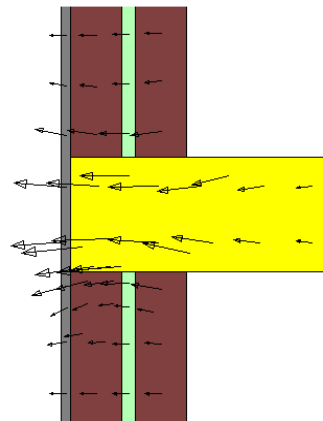
Estado actual



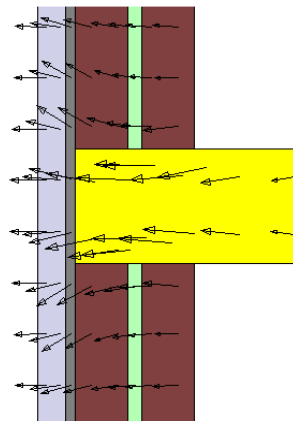
3cm por el exterior



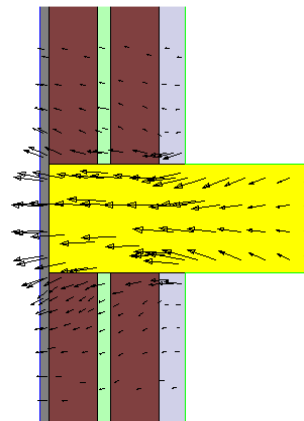
3cm por el interior



Estado actual

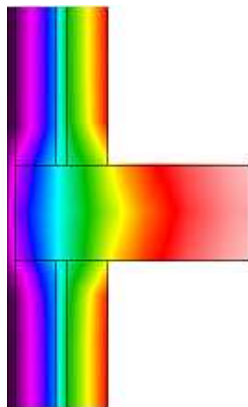


6cm por el exterior

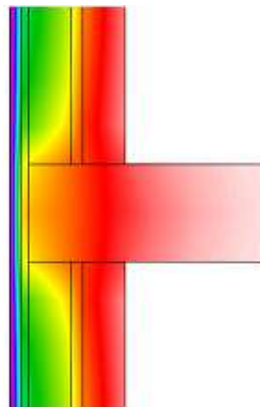


6cm por el interior

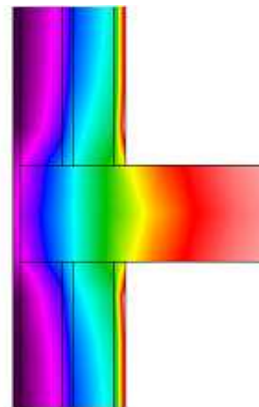
### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS:



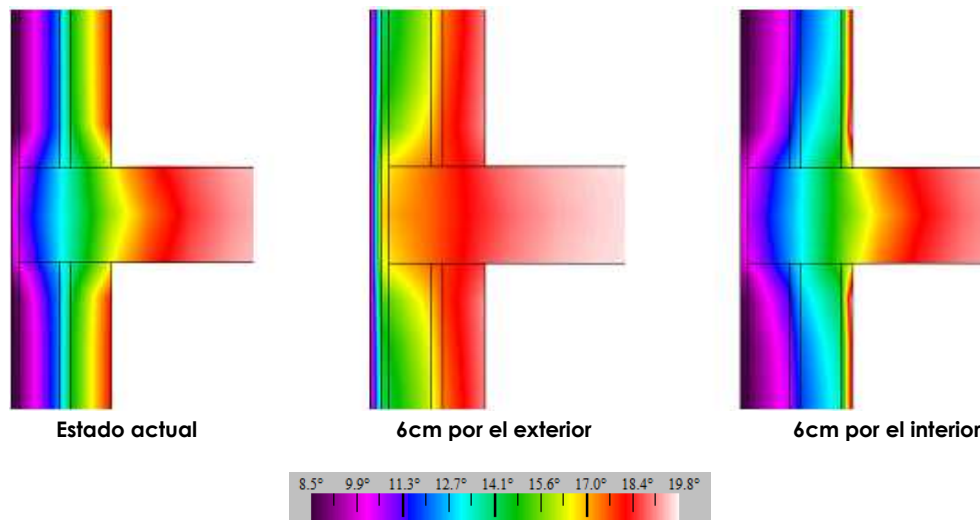
Estado actual



3cm por el exterior



3cm por el interior



Mediante las líneas de flujo, fácilmente se puede apreciar que en el caso del aislamiento interior, todo el calor se pierde por el frente del forjado, ya que el aislamiento no soluciona esa discontinuidad del cerramiento. Mientras que mediante el análisis de la distribución de temperaturas, se observa que cuando el aislamiento se coloca por el exterior, las caras interiores se mantienen a temperaturas cercanas a las interiores, evitando posibles condensaciones superficiales, patología que se acentúa con el aislamiento por el interior.

#### 6.4. AISLAMIENTO AJUSTADO A LOS REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DE LA ORDENANZA DE SAN SEBASTIÁN

##### ESPESORES MÍNIMOS

Con el objetivo de determinar los requisitos **mínimos** que deberían de tener los diferentes elementos del envolvente para cumplir la **ordenanza de San Sebastián**, se han calculado los espesores mínimos necesarios.

- **FACHADA:** teniendo en cuenta los puentes térmicos de los pilares integrados en la fachada, se estima necesario la incorporación de **3 cm** de aislamiento.

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,023	0,038	30	1000	
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,1100	0,427	920	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm					0,170
4	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,1100	0,427	920	1000	

$$U=0,68 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq 0,69 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **CUBIERTA:** con **8 cm** de aislante se cumple la ordenanza. Se propone colocar el aislamiento por debajo de la cubierta actual.

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja cerámica-porcelana	0,020	1,300	2300	840	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,080	0,038	30	1000	

$$U=0,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq 0,39 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **SUELO:** con **6 cm** de aislante cumpliría la ordenanza. Mediante un falso techo, el aislamiento se colocaría por debajo del forjado de la primera planta.

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,2000	2,300	2400	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,060	0,038	30	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar horizontal 5 cm					0,160
4	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	

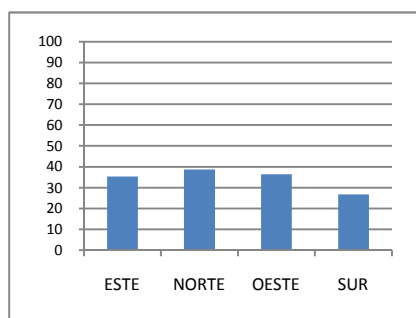
$$U=0,47 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \leq 0,49 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **HUECO:** un vidrio de **4-12-4** cumpliría la ordenanza:  $U=2,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$

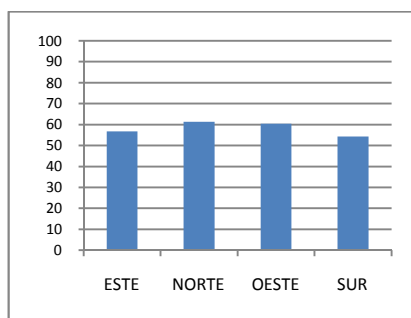
### PORCENTAJE DE DEMANDA DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN

Una vez definidas los espesores necesarios de aislamiento, se ha procedido a simular diferentes casos para poder reflejar el porcentaje de demanda de calefacción que tendrán respecto al mismo edificio sin aislar (estado actual):

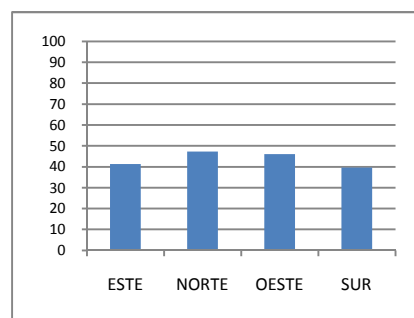
1. Tipología de vivienda CON patio interior y con aislamiento en los dos cerramientos exteriores.



Planta 8°

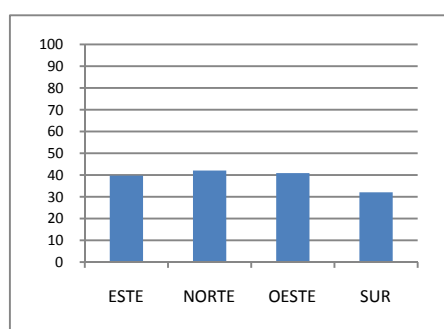


Planta 5°

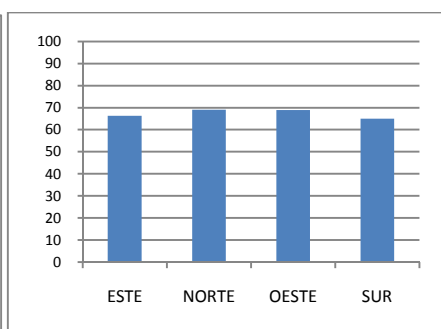


Planta 1°

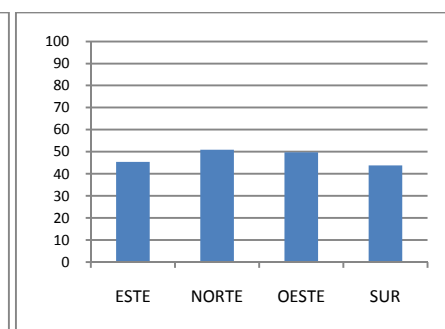
2. Tipología vivienda CON patio interior, pero sin rehabilitación en el cerramiento del patio.



Planta 8°

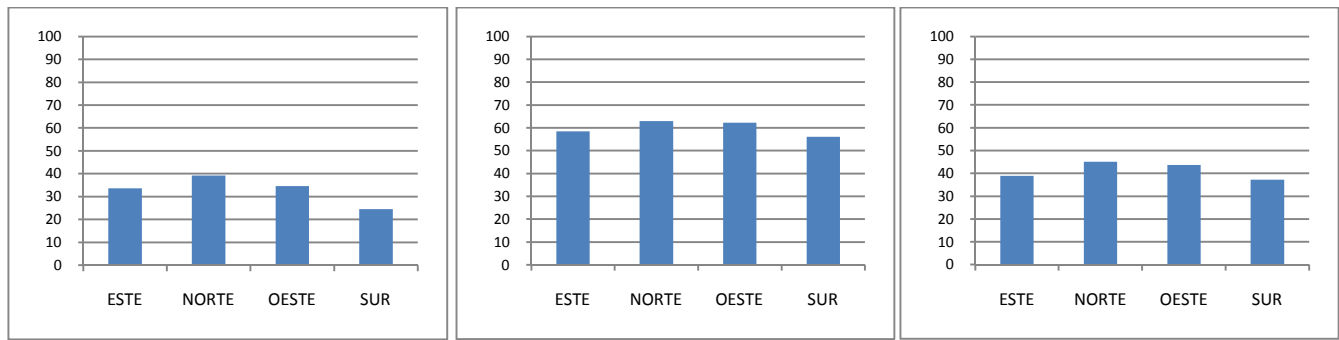


Planta 5°



Planta 1°

### 3. Tipología de vivienda SIN patio interior.



Planta 8º

Planta 5º

Planta 1º

A la vista de estos resultados queda en evidencia la imperativa necesidad de aislar los edificios, viendo que en los casos más desfavorables (últimas y primeras plantas) se consiguen con los mínimos normativos ahorros del 60%, y del 40% en las plantas intermedias.

## 6.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Hasta ahora se ha analizado la repercusión energética de diferentes opciones de aislamiento, a partir del estudio paramétrico y del cumplimiento de los mínimos normativos.

Sin embargo, queda aún un análisis de gran peso dentro de la toma de decisiones real a la hora de abordar una rehabilitación: el análisis económico.

A continuación se analizan los periodos de amortización de la rehabilitación en función de los diferentes espesores de aislamiento y tipos de vidrio de cara a imponer un nuevo condicionante en la búsqueda de los parámetros óptimos.

Para este análisis, se han utilizado los siguientes supuestos:

- **AISLAMIENTO:** EPS 0,036 W/m<sup>2</sup>·K
  - 3 cm: 1,98 €/m<sup>2</sup>
  - 6 cm: 3,96 €/m<sup>2</sup>
  - 9 cm: 5,96 €/m<sup>2</sup>
  - 12 cm: 7,97 €/m<sup>2</sup>
- **VIDRIO +MARCO:**
  - 4-12-4: 276 €/m<sup>2</sup>
  - 4-12-4 Bajo emisivo: 290 €/m<sup>2</sup>
- **GAS NATURAL:** 0,035€/kWh.
- **TIPOLOGÍA SIN PATIO conforme al modelo definido anteriormente.**
- **PLAZOS:** 1 año, 5 años, 10 años y 15 años.

De cara a evaluar la viabilidad económica de la rehabilitación en función del ahorro energético, resulta indispensable asumir la siguiente premisa básica:

*“Se presupone que se va a acometer la rehabilitación de la envolvente. Lo que se va a evaluar es el diferencial de incluir criterios energéticos en la rehabilitación. Es decir, en ningún caso se pretende amortizar la obra completa con los ahorros energéticos asociados sino tan sólo la inclusión del aislamiento en sus diferentes espesores”.*

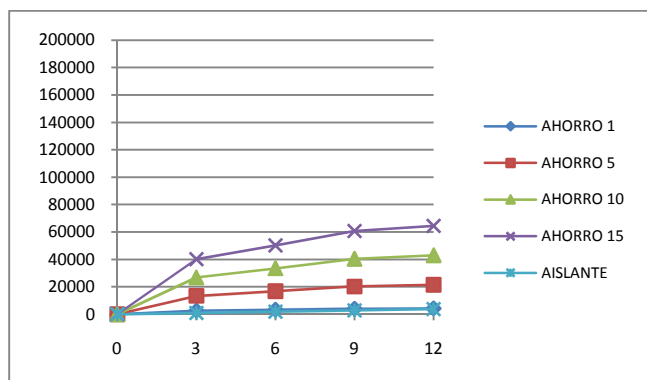
Para el caso de las ventanas, no es posible diferenciar una componente energética por lo que se considerará el coste total del cambio de la ventana completa.

\*Lectura de las gráficas:

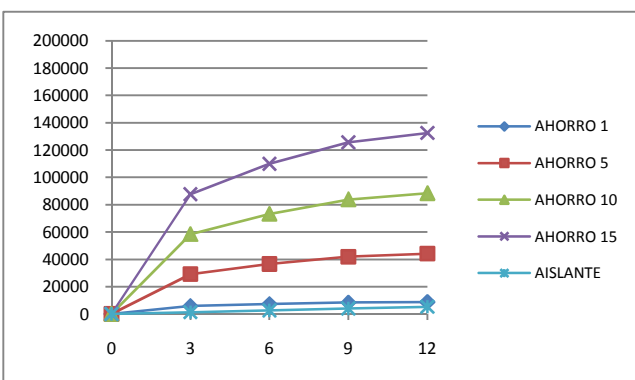
- Eje vertical: valor económico (euros):
  - CUANTO (euros) se ahorra en combustible (gas natural).
  - El precio (euros) de los materiales de rehabilitación (aislamiento o aislamiento + vidrio).
- Eje horizontal: espesor del aislante.



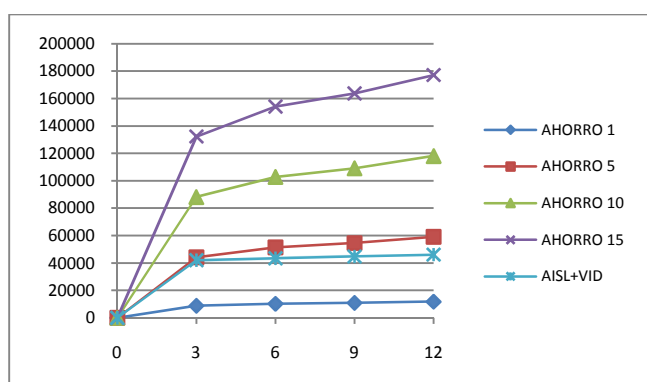
### VIVIENDAS con ORIENTACIÓN ESTE:



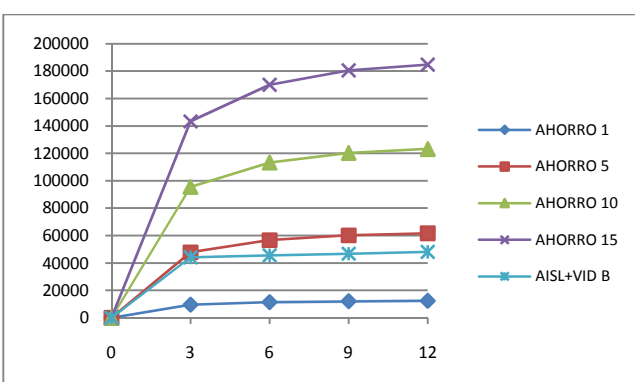
Aislamiento sólo en la fachada



Fachada + Cubierta + Suelo

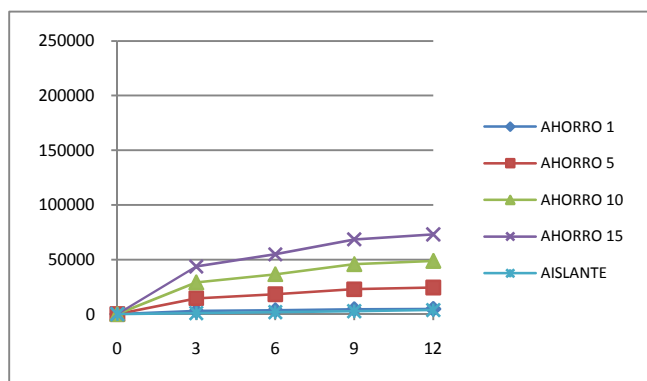


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio

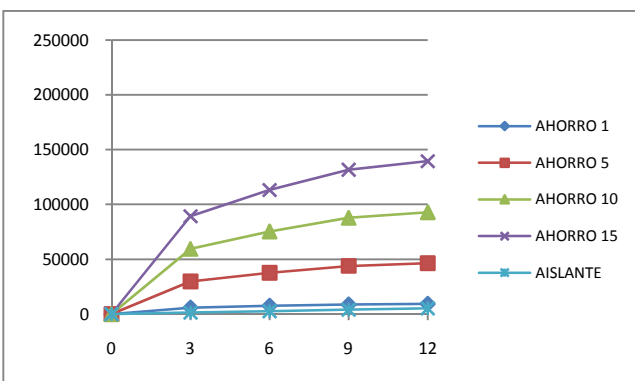


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio Bajo emisor

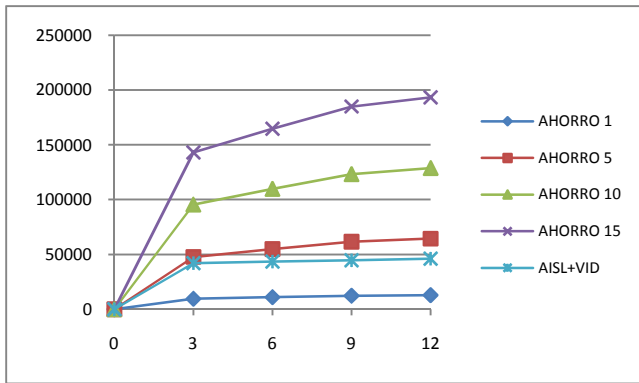
### VIVIENDAS con ORIENTACIÓN NORTE:



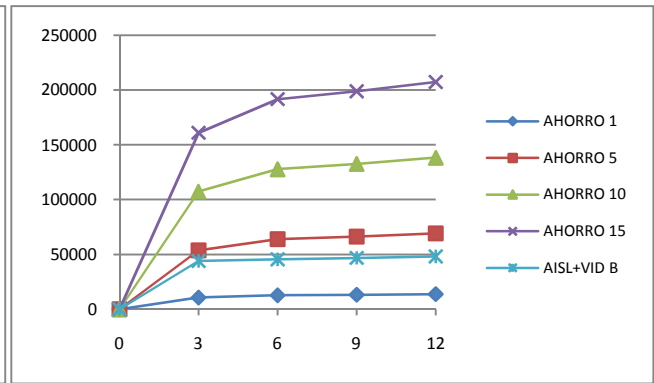
Aislamiento sólo en la fachada



Fachada + Cubierta + Suelo

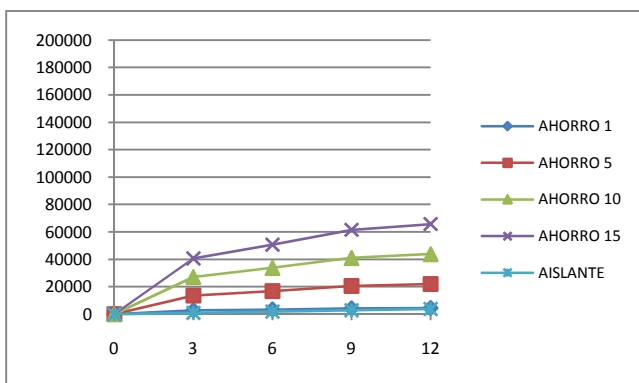


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio

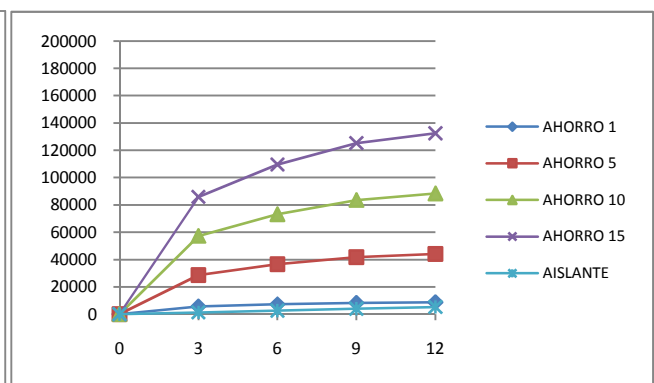


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio Bajo emisivo

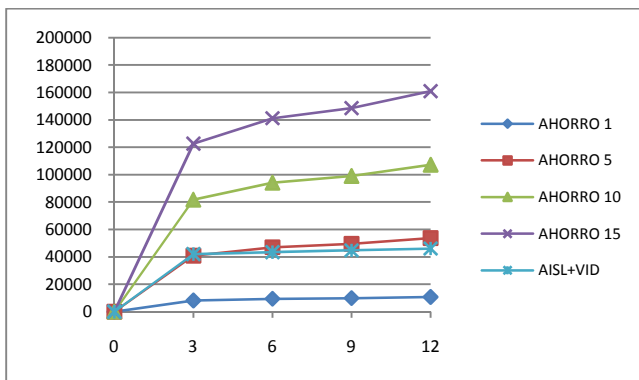
### VIVIENDAS con ORIENTACIÓN OESTE:



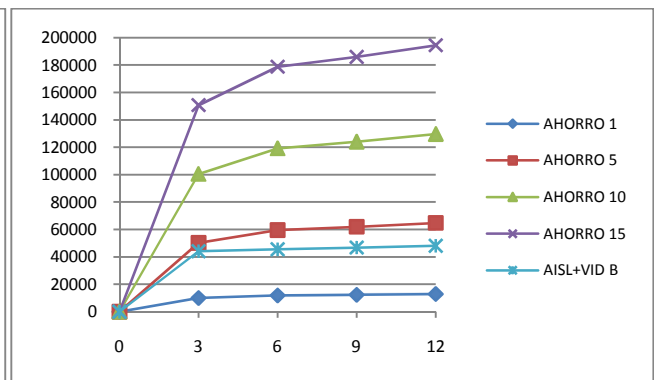
Aislamiento sólo en la fachada



Fachada + Cubierta + Suelo

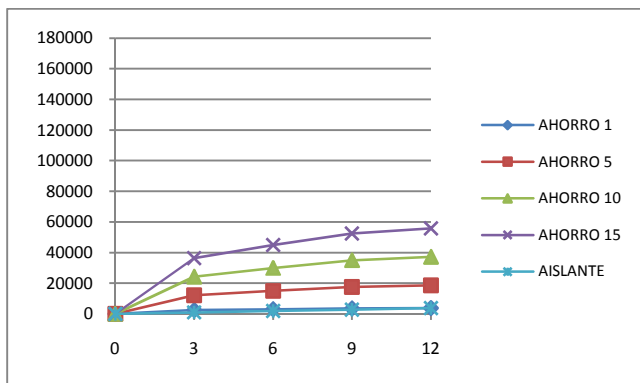


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio

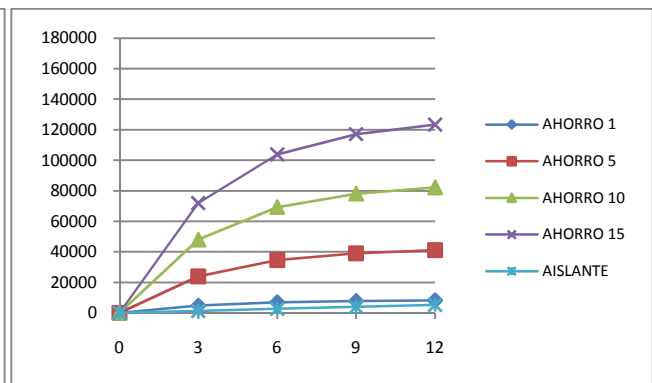


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio Bajo emisivo

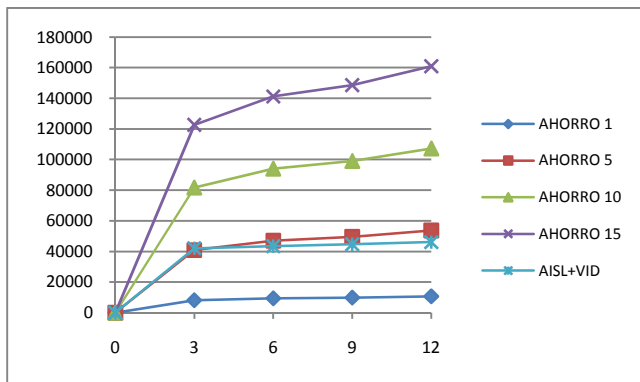
### VIVIENDAS con ORIENTACIÓN SUR:



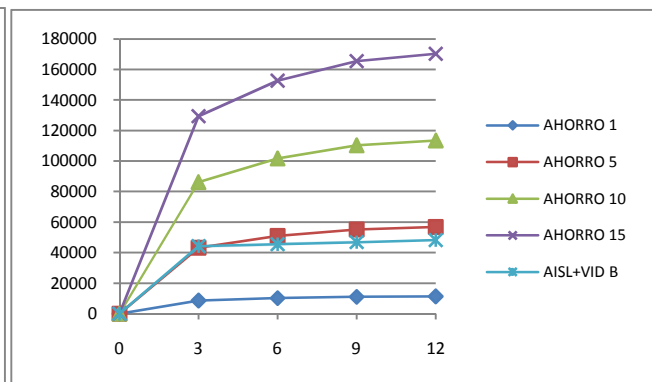
Aislamiento sólo en la fachada



Fachada + Cubierta + Suelo



Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio

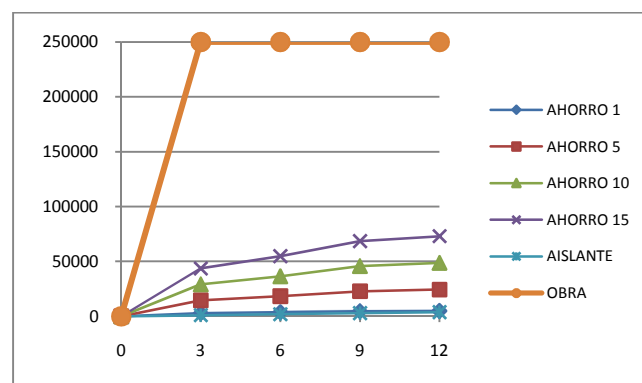


Fachada + Cubierta + Suelo + Vidrio Bajo emisivo

Como se aprecia en todas las gráficas, la inversión de aumentar el espesor del aislamiento del envolvente, se recupera en el primer año, con lo el retorno para el aislamiento está asegurado.

Sin embargo, el retorno para el cambio de ventanas se sitúa en valores algo superiores, de en torno a los 5 años, siendo aún y todo un periodo corto que justifica económicamente dicho cambio.

De hecho el planteamiento de analizar el retorno hasta 15 años queda fuera del rango de estudio, con periodos realmente cortos de amortización. Sirvan como escala de referencia para visualizar en la siguiente gráfica cómo la obra completa no resulta amortizable en modo alguno a partir del ahorro energético obtenido. En la gráfica se ha introducido para la fachada Norte (la que más retorno proporciona) el coste de la rehabilitación basado en la obra que actualmente va a acometerse en el edificio estudiado.



Resulta evidente que no es posible amortizar la obra completa en base al ahorro energético.

Sin embargo, cabe destacar que la presente obra se encuentra entre las soluciones de mayor coste (fachada ventilada), por lo que es necesario valorar si es posible amortizar la obra con soluciones más económicas de rehabilitación.

Para ello, se ha desarrollado una sencilla formulación que permite valorar la posibilidad de retorno de una inversión en una rehabilitación desde el punto de vista del ahorro energético asociado:

$$A^I = \frac{35 \times A_{reh}}{S_{\text{útil}}}; A^E = 2 \times A^I; A^{FV} = 4 \times A^I$$

$S_{\text{útil}}$ : Superficie útil habitable del edificio ( $m^2$ ).

$A_{reh}$ : Área de cerramientos rehabilitada ( $m^2$ ).

$A^I$ : N° de años de amortización con trasdosado Interior.

$A^E$ : N° de años de amortización con aislamiento Exterior.

$A^{FV}$ : N° de años de amortización con Fachada Ventilada

El desarrollo de estas ecuaciones se ha realizado a partir del edificio analizado y proporciona un resultado aproximado del periodo de retorno de la inversión en la obra completa de rehabilitación.

Cada caso deberá estudiarse de manera particular, teniendo en cuenta, además, el acceso a posibles subvenciones. Así por ejemplo, siguiendo esta formulación, para el edificio estudiado y bajo el supuesto de aislamiento por el exterior nos encontramos ante un periodo de retorno de unos 30 años. Si incorporamos la ayuda máxima por rehabilitación actualmente disponible, así como un incremento anual en el precio del gas natural del 3% sobre el IPC, este periodo desciende hasta cerca de los 15 años.

De nuevo queda patente la amortización directa del aislamiento, que se puede calcular aproximadamente como:

$$A^{aisl} = \frac{2 \times A_{rehabilitada}}{S_{\text{útil}}}$$

Finalmente, cabe destacar que **la revalorización de las viviendas puede suponer una recuperación directa de la inversión.**

Sirva como ejemplo una revalorización del 2% respecto al precio de la vivienda (aproximadamente 5.000€/m<sup>2</sup> en Amara), que supone un incremento en el precio de venta de 8.000€ para una vivienda de 80m<sup>2</sup>. Es una cantidad perfectamente factible como revalorización del inmueble frente a otro sin rehabilitar y que posibilita amortizar la obra de manera inmediata.

A continuación, se muestra el porcentaje del valor económico que tiene el aislamiento en diferentes sistemas de aislamiento exterior de fachadas (información basada en el Generador de precios del programa Cype):

1. Aislamiento térmico de 3 cm por el exterior de fachadas, con el sistema Traditerm "GRUPO PUMA", acabado con mortero acrílico Morcemcrl "GRUPO PUMA", de 2 a 3 mm de espesor, color Blanco 100, acabado grueso.
2. Aislamiento térmico de 3 cm por el exterior de fachadas, con el sistema Coteterm "TEXSA MORTEROS", acabado con revestimiento decorativo Coteterm Acabado "TEXSA MORTEROS", acabado rayado, color blanco.
3. Aislamiento térmico de 3 cm por el exterior de fachadas, con el sistema weber.therm Etics con revestimiento mineral "WEBER CEMARKSA", formado por dos capas de mortero base weber.therm Base "WEBER CEMARKSA, un panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 30 mm de espesor, malla de fibra de vidrio antiálcalis y una capa de 10 mm de espesor de mortero monocapa de ligantes mixtos.
4. Aislamiento térmico de 3 cm por el exterior de fachadas, con el sistema weber.therm Etics con revestimiento acrílico "WEBER CEMARKSA", formado por dos capas de mortero base weber.therm Base "WEBER CEMARKSA, un panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 30 mm de espesor, malla de fibra de vidrio antiálcalis, regulador de fondo weber CS "WEBER CEMARKSA" y una capa de 2 a 3 mm de espesor de mortero acrílico weber.tene Stilo "WEBER CEMARKSA".
5. Cerramiento de fachada ventilada de dos hojas sobre hoja interior existente de de fábrica de ladrillo cerámico y la exterior de 8 mm de espesor de placa de resinas termoendurecibles para fachada ventilada, colocada con modulación vertical sobre una subestructura de aluminio, aislamiento exterior formado por espuma rígida de poliuretano proyectado de 30 mm de espesor.

	PRECIO €/m <sup>2</sup> SISTEMA	PRECIO €/m <sup>2</sup> AISLAMIENTO	Porcentaje del precio del aislante respecto al sistema completo
1	66,85	2,08	3,11%
2	70,65	2,08	2,94%
3	68,65	2,08	3,03%
4	74,38	2,08	2,79%
5	163,77	6,63	4,05%

**NOTA:** estos precios de aislamiento son valores estandarizados por unidad de obra instalada. Dependiendo de las características específicas de la obra (geometrías, estado de deterioro, etc.) el coste puede ser muy superior. Sirva de ejemplo la obra propuesta para el edificio de estudio en el que el coste de la rehabilitación ronda los **250€/m<sup>2</sup>**.

Como se puede apreciar, el precio **del aislamiento es casi despreciable** respecto al sistema completo, por lo que el coste de la inversión dependerá de la solución constructiva adoptada, con casi total independencia del nivel de aislamiento incluido.

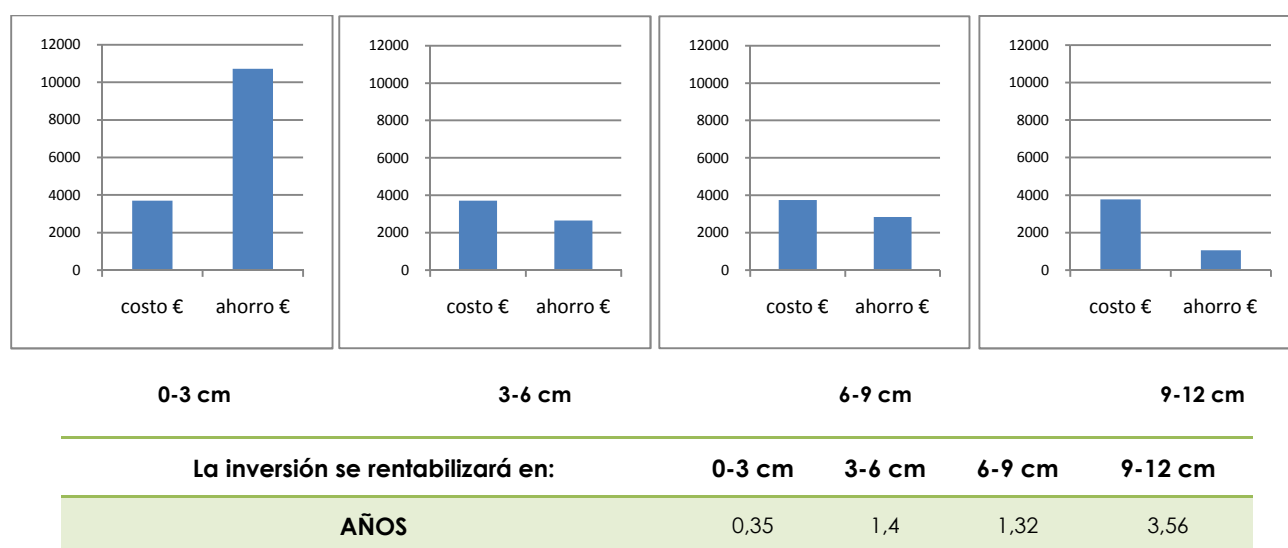
Viendo la importancia que tiene el conjunto del sistema, a continuación, se va a analizar **cuándo** se rentabiliza la inversión de incrementar 3 centímetros respecto a una situación previa. Es decir, se calculará cual es la diferencia de coste entre un aislante de 3 cm y otro de 6 cm (6 y 9, 9 y 12) y se comparará ese valor con lo que se ahorra mediante ese cambio.

Para que los resultados sean menos confusos, en este caso también, sólo se ha analizado el modelo que no tiene patio interior. A su vez, se ha restado la importancia a la orientación, y los resultados reflejan el conjunto de viviendas (bloque).

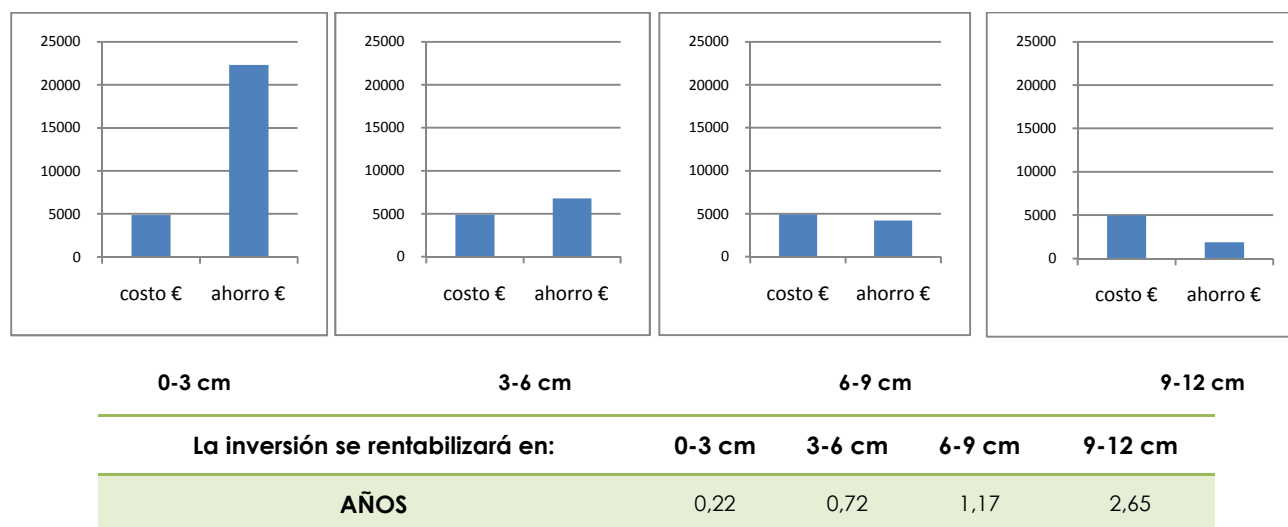
El análisis se centra en un periodo anual.

*\*Lectura de las gráficas: eje Y (euros), eje X (costo económico SÓLO del aislamiento – ahorro de combustible debido a esa rehabilitación).*

#### 1. AISLAMIENTO SÓLO EN LA FACHADA:

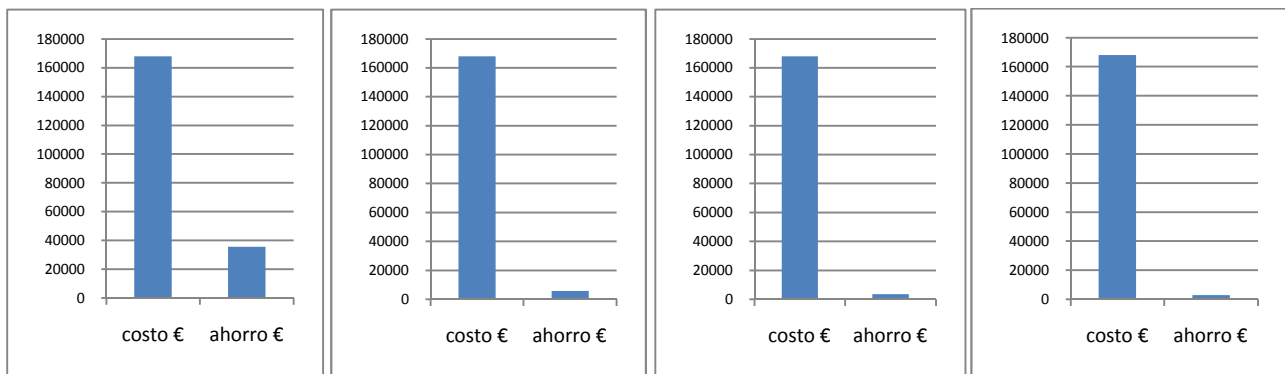


#### 2. AISLAMIENTO EN LA FACHADA + CUBIERTA (8ª planta) + SUELO (1ª planta):



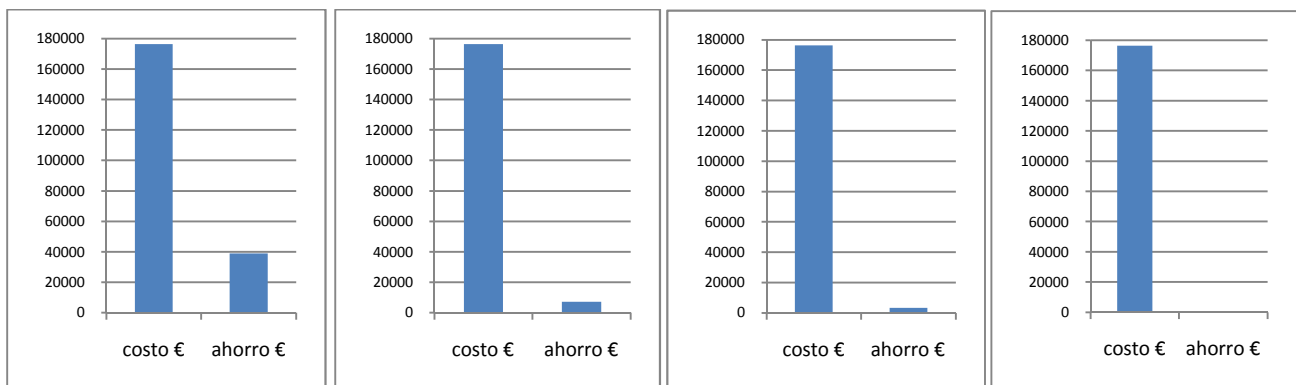


### 3. AISLAMIENTO EN LA FACHADA + CUBIERTA (8ª planta) + SUELO (1ª planta) + CAMBIO DE VIDRIO:



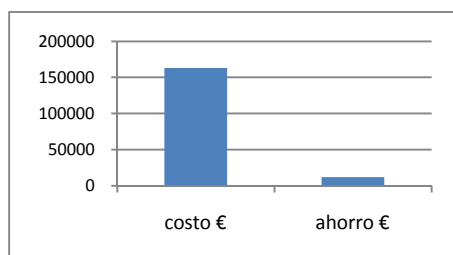
	0-3 cm	3-6 cm	6-9 cm	9-12 cm
La inversión se rentabilizará en:	0-3 cm	3-6 cm	6-9 cm	9-12 cm
AÑOS	4.7	29.8	47	59.8

### 4. AISLAMIENTO EN LA FACHADA + CUBIERTA (8ª planta) + SUELO (1ª planta) + cambio por un VIDRIO BAJO EMISIVO:

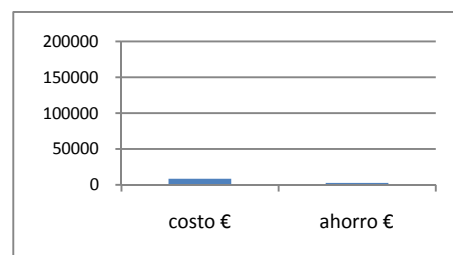


	0-3 cm	3-6 cm	6-9 cm	9-12 cm
La inversión se rentabilizará en:	0-3 cm	3-6 cm	6-9 cm	9-12 cm
AÑOS	4,5	24,3	52,2	-

### 5. CAMBIO de VIDRIO:



6mm / doble acristalamiento(4-12-4)



4-12-4 / 4-12-4 bajo emisivo

La inversión se rentabilizará en:	6mm - 4_12_4	4_12_4 - 4_12_4 bajo emisivo
AÑOS	13,65	2,94

Estos resultados resultan interesantes para tener en cuenta que pese a que el aislamiento siempre se amortiza (de nuevo sin considerar el sobre coste de las soluciones constructivas o limitaciones de espacio que podrían reducir la superficie útil del edificio), determinados incrementos en aislamiento pueden no hacerlo. Es evidente que conforme vamos incrementando el aislamiento su aportación relativa va disminuyendo pero no así su coste.

## 6.6. DESEQUILIBRIO ENTRE VIVIENDAS

El objetivo de esta parte, es valorar el desequilibrio energético que se produce en las diferentes viviendas y si es factible corregirlo.

Para esto, se ha realizado un pequeño ejercicio a partir de 2 casos:

1. Vivienda con orientación Sur y con 3 cm de aislante en la fachada por el exterior.
2. Vivienda con orientación Norte y con 6 cm de aislante en la fachada por el exterior.

En ambos casos, para que la cubierta y el suelo no influyan en los resultados, se han utilizado el modelo para la 5ª Planta.

### SUR 3 cm

	Sur 3cm	Norte 3cm	Oeste 3cm	Este 3cm
<b>Demanda kWh/m<sup>2</sup></b>	30,5	51,5	46,5	38

Después de efectuar diferentes simulaciones, únicamente, con **18 cm de aislamiento**, la vivienda orientada hacia el Este podría igualar la demanda de la vivienda del Sur. Las otras dos viviendas, a falta de radiación solar directa, nunca llegarán a igualar esa demanda.

### NORTE 6 cm

	Sur 6cm	Norte 6cm	Oeste 6cm	Este 6cm
<b>Demanda kWh/m<sup>2</sup></b>	28,4	49,4	43,8	35,6

En este caso, partiendo de la vivienda del Norte, que es la más desfavorable, es posible igualar las demandas:

	Sur 0cm	Norte 6cm	Oeste 3cm	Este 0cm
<b>Demanda kWh/m<sup>2</sup></b>	39	49,4	46,2	47,4

Como se aprecia, debido a la importancia de la orientación, sin haber aislado las viviendas con orientaciones Sur y Este, estos tendrán una demanda inferior a la norte.

A partir de estos resultados podemos concluir que en condiciones de orientaciones desequilibradas respecto a la captación solar no es posible alcanzar un comportamiento energético equivalente para las diferentes viviendas en base a diferentes estrategias de aislamiento.

Por otro lado, de querer equilibrar las viviendas en cierta medida, deberá considerarse instalar espesores de aislamiento en proporción inversa a la radiación solar a la que tiene acceso cada una.

## 6.7. EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

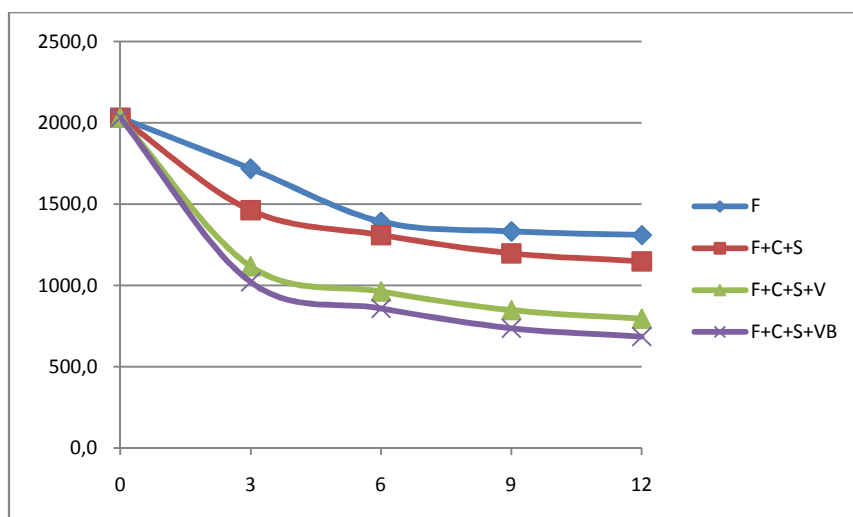
Como último apartado dentro del análisis de la envolvente, se va a cuantificar el impacto ambiental en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> se refiere.

Para el paso a emisiones intervienen dos factores, por un lado el rendimiento de la instalación (estimado en un 65%) y por otro el coeficiente de paso a emisiones del combustible, en nuestro caso recogido de las estimaciones del IDAE para el gas natural (0,204 kg CO<sub>2</sub>/kWh).

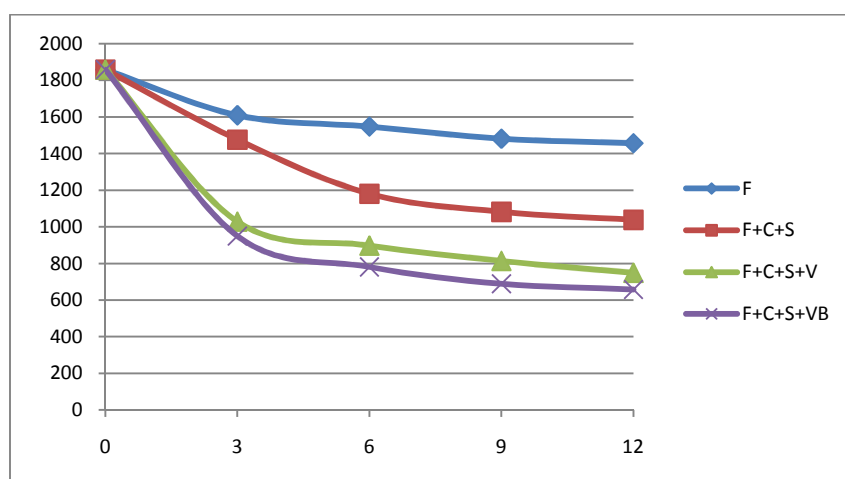
Primero se ha procedido a calcular las emisiones del edificio actual, para que luego se pueda comparar con diferentes soluciones (tipologías, espesores de aislamiento, vidrios). Los resultados se han computado a nivel del edificio completo.

### TIPOLOGÍA 1 (CON PATIO INTERIOR):

*\*Lectura de las gráficas: eje X (espesor del aislamiento), eje Y (t CO<sub>2</sub>).*



### TIPOLOGÍA 2 (SIN PATIO INTERIOR):



La reducción de emisión de CO<sub>2</sub> es muy notable, sobre todo cuando conjuntamente se rehabilita el envolvente con aumento de aislamiento y cambio de vidrio, pudiendo llegar a reducir las emisiones hasta en un 60-70%.

## 7. SOLUCIONES PARA LAS INSTALACIONES

Dado que las características específicas de las instalaciones del edificio analizado no dan demasiado margen para el estudio y desarrollo de medidas de mejora (calderas nuevas, ACS individual, etc.), se ha preferido recoger un compendio de criterios generales para las instalaciones, que puedan ser aplicables al resto de edificios del barrio de Amara, muchos de los cuales comparten la tipología centralizada pero con mayores posibilidades de actuación que el edificio objeto de este estudio.

Las instalaciones de calefacción deben analizarse contemplando todos sus componentes, siendo los mismos:

- Producción (Calefacción + ACS).
- Distribución.
- Emisión en los locales.
- Control.

### 7.1. PRODUCCIÓN

La producción de calor en las instalaciones centrales de calefacción y ACS se realiza en las salas de calderas, donde se ubican las mismas.

#### **FRACCIONAMIENTO DE POTENCIA**

La producción consta de una o varias calderas, con potencia suficiente para hacer frente a la demanda máxima de potencia, que se presenta en invierno cuando las temperaturas exteriores son más bajas; como consecuencia durante la mayor parte de las horas de funcionamiento de las instalaciones la potencia en calderas es superior a la demanda del edificio; por ello se deben disponer de escalones de potencia suficientes para adaptarse a las diferentes demandas instantáneas.

El fraccionamiento de potencia se consigue con la modulación de los quemadores (una, dos o varias marchas, o quemadores modulantes) y con el número de calderas; de manera que en una sala con varias calderas se disponen de escalones de potencia que van desde la marcha menor de la caldera más pequeña, hasta la suma de la potencia total de todas las calderas.

En la reglamentación se han establecido los siguientes escalones de potencia, según el año de publicación:

- RICACS 1981

IT.IC.04 Tabla 4.6: CENTRALES DE PRODUCCION DE CALOR	
POTENCIA TERMICA TOTAL	ESCALONES DE POTENCIA
Hasta 100 kW	1
Hasta 500 kW	2
Hasta 1.500 kW	3
Hasta 3.000 kW	4
Más de 3.000 kW	5
Los quemadores modulantes equivalen a tres escalones	
Las Instalaciones de más de 3.000 kW se realizarán como mínimo con dos calderas con quemador modulante.	

- RITE 1998

ITE 02.6 FRACCIONAMIENTO DE POTENCIA GENERADORES DE CALOR	
NÚMERO MÍNIMO GENERADORES	POTENCIA TOTAL
UNO	Hasta 400 kW
DOS	Más de 400 kW
TIPO DE REGULACION DEL QUEMADOR	
$P \leq 70$ kW	Una marcha (todo-nada)
$70 \text{ kW} < P \leq 400$ kW	Dos marchas (todo-poco-nada)
$P > 400$ kW	Modulante

- RITE 2007

RITE 07 Tabla 2.4.1.1: FRACCIONAMIENTO DE POTENCIA DE CALOR	
FRACCIONAMIENTO POTENCIA	
POTENCIA NOMINAL	NÚMERO MÍNIMO GENERADORES
$PN \leq 400$	Un generador
$400 < PN$	Dos generadores
Si la instalación de servicio de calefacción y ACS, la potencia demandada por el sistema de ACS será igual o mayor que la potencia del primer escalón del generador	
REGULACION DEL QUEMADOR	
POTENCIA NOMINAL	REGULACIÓN MÍNIMA
$PN \leq 70$	Una marcha
$70 < PN \leq 400$	Dos marchas
$400 < P$	Tres marchas o Modulante

#### RENDIMIENTO DE LAS CALDERAS

El rendimiento mínimo de las calderas también ha sido un aspecto requerido en la reglamentación; en los cuadros siguientes se muestra cómo ha evolucionado el mismo:

- RICACCS 1981

IT.IC.04 Tabla 4.1: RENDIMIENTO MINIMO CALDERAS			
POTENCIA	CALDERA DE CARBON		COMBUSTIBLE LIQUIDO o GAS
	CARGA MANUAL	AUTOMATICO	
Hasta 60 kW	73	74	75
de 60 kW a 150 kW	75	78	80
de 150 kW a 800 kW	77	80	83
de 800 kW a 2.000 kW	77	82	85
Más de 2.000 kW	77	86	87

- RITE 1998: este reglamento transpuso los requisitos de la directiva 92/42/CEE

ITE 04.9: RENDIMIENTO MINIMO DE CALDERAS 92/42/CEE					
TIPO DE CALDERA	POTENCIA (kW)	POTENCIA NOMINAL		CARGA PARCIAL (30%)	
		Tª (°C)	RENDIMIENTO (%)	Tª (°C)	RENDIMIENTO (%)
ESTANDAR	4 a 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
BAJA TEMPERATURA	4 a 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
CONDENSACION	4 a 400	70	$\geq 90 + \log P_n$	30	$\geq 97 + \log P_n$
CALDERAS ESTANDAR	Rto (%) A POTENCIA NOMINAL	Rto (%) AL 30% DE POTENCIA			
CLASIFICACION POR *		Tª MEDIA 70°C		Tª $\geq 50$ °C	
*		$\geq 84 + 2 \log P_n$		$\geq 80 + 3 \log P_n$	
**		$\geq 87 + 2 \log P_n$		$\geq 83 + 3 \log P_n$	
***		$\geq 90 + 2 \log P_n$		$\geq 86 + 3 \log P_n$	
****		$\geq 93 + 2 \log P_n$		$\geq 89 + 3 \log P_n$	
Para potencias superiores a 400 kW se toma el valor de éste último.					



Esta directiva estableció tres tipos de calderas:

- Caldera Estándar: Es aquella cuyos componentes no pueden soportar los efectos de las condensaciones en su interior, por lo que debe trabajar con temperaturas de retorno de la instalación superiores al punto de rocío de los humos, aspecto que debe tenerse en cuenta en el diseño de la instalación.
- Caldera de Baja Temperatura: Los fabricantes han desarrollado calderas con diseños especiales que permiten trabajar con temperaturas de retorno del agua inferiores a la de rocío de los humos sin que se produzcan condensaciones.
- Calderas de Condensación: Se fabrican con materiales que soportan las condensaciones, siendo este el efecto buscado, trabajando con temperaturas de retorno lo más bajas posible para aprovechar el calor latente de condensación de los humos.

Las calderas que no aprovechan el calor de condensación de los humos (Estándar y Baja Temperatura) sólo pueden extraer el Poder Calorífico Inferior (PCI) de los combustibles; mientras que las calderas de condensación pueden llegar a obtener el Poder Calorífico Superior (PCS) de los mismos; como los analizadores de combustión analizan humos secos los rendimientos de las calderas se refieren al PCI, motivo por el cual las calderas de condensación pueden alcanzar rendimientos superiores al 100%.

Aplicando las ecuaciones anteriores se tienen los rendimientos al 100% y al 30% de la carga que se muestran en el cuadro adjunto, en el que también se incluye como comparación el rendimiento mínimo fijado por el RICCAES:

RENDIMIENTOS MINIMOS DE CALDERAS SEGÚN 92/42/CEE											
POTENCIA		70 KW		100 KW		200 KW		300 KW		400 KW	
% CARGA		100%	30%	100%	30%	100%	30%	100%	30%	100%	30%
ESTANDAR	ST *	87,69	85,54	88,00	86,00	88,60	86,90	88,95	87,43	89,20	87,81
	ST **	90,69	88,54	91,00	89,00	91,60	89,90	91,95	90,43	92,20	90,81
	ST ***	96,69	91,54	94,00	92,00	94,60	92,90	94,95	93,43	95,20	93,81
	ST ****	96,69	94,54	97,00	95,00	94,60	95,90	97,95	96,43	98,20	96,81
BAJA Tª		90,27	90,27	90,50	90,50	90,95	90,95	91,22	91,22	91,40	91,40
CONDENSACION		92,85	98,85	93,00	99,00	93,30	99,30	93,48	99,48	93,60	99,60
IT.IC.04 (1981)		80		80		83		83		83	
IT.IC.04 (1981)		< 60	75	< 150	80	< 800	83	< 2.000	85	>2.000	87

En el reglamento de 1981 solo se indicaba el rendimiento a carga total.

En el RITE de 2007 se han mantenido los criterios de 1998 prohibiendo las calderas de una estrella a partir del 1 de enero de 2010 y las de 2 estrellas a partir del 1 de enero de 2012.

La clasificación por estrellas ha sido derogada con la aprobación de la siguiente norma:

*Requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.*

*Transposición de la Directiva 2005/32/CE.*

*Real Decreto 1.369/2007 de 19 de octubre.*

BOE de 23 de octubre de 2007.

En esta norma se reconoce que el sistema por estrellas ha fallado fundamentalmente por no incluir las calderas de baja temperatura y condensación, afecta únicamente a las calderas estándar; en espera de la aprobación de la nueva clasificación el RITE ha mantenido los rendimientos de una y dos estrellas como referencia para la prohibición de calderas a partir del 1 de enero de 2010 y de 2012.

Una conclusión importante de los rendimientos de las calderas, debida a su forma de funcionamiento es que:

- A carga parcial las calderas estándar tienen menor rendimiento que a carga total.
- Las calderas de Baja temperatura mantienen el rendimiento a carga total y a carga parcial.
- Mientras que las calderas de condensación a carga parcial incrementan su rendimiento.

Por ello si se utilizan calderas de baja temperatura y, sobre todo, de condensación, el RITE permite reducir el número de generadores instalados.

Todo ello se cumple siempre y cuando el sistema de regulación sea capaz de aprovechar las características de las calderas, es decir si cuando se esté trabajando a carga parcial se reduce la temperatura de retorno.

En el RICACS de 1981 se estableció un plazo de 6 años para las calderas anteriores a 1965, para que demostrasen que el rendimiento era como mínimo cinco unidades inferiores al establecido en la reglamentación.

Por ello el rendimiento mínimo que puede tener una caldera actualmente instalada, al margen de su antigüedad es del 75%.

En cuanto al número mínimo de calderas, en las instalaciones anteriores a 1981 pueden aceptarse soluciones con una única caldera si hay falta de espacio.

Al afrontar la sustitución de calderas se debe comprobar el estado de conservación de las chimeneas, debido a que las calderas actuales tienen mejor rendimiento las temperaturas de humos serán más bajas y por ello se pueden presentar condensaciones en las chimeneas, deteriorándolas si no son del material adecuado.

#### **RECOMENDACIONES:**

- En las instalaciones anteriores a 1998 se debe recomendar el cambio de calderas (a no ser que se compruebe que el rendimiento es superior al establecido en el RITE 98).
- Las calderas siempre deben conectarse hidráulicamente en paralelo y disponer de regulación en secuencia, de manera que se adapten a las demandas instantáneas.
- Teniendo en cuenta las grandes variaciones de la carga y que las temperaturas exteriores casi siempre son superiores a las de diseño la solución óptima es con calderas de condensación con quemadores modulantes.
- Sustituir las chimeneas, o realizar el entubado interior de las mismas.
- Instalar estabilizadores de tiro en los conductos de humos de las calderas, o en las bases de las chimeneas.

## 7.2. PRODUCCIÓN DE ACS

Con la publicación de los Reales Decretos RD 909/2001 y RD 865/2003, que sustituyo al 909, para prevención de la legionelosis se han incrementado las temperaturas de acumulación y distribución de ACS. Con anterioridad a las mismas las soluciones más habituales eran con mayores volúmenes de acumulación.

Por ello en la producción de ACS se debe tender a volúmenes menores de ACS, intercambiadores exteriores de placas y regulaciones de producción con válvulas mezcladoras en la distribución.

### **RECOMENDACIONES:**

- En instalaciones que aún dispongan de depósitos de gran volumen, sobre todo los de galvanizado horizontales, se recomienda su sustitución por depósitos de menor volumen verticales y de materiales que soporten mayores temperaturas.
- Donde existan interacumuladores es recomendable sustituirlos por intercambiadores exteriores de placas.
- Para aprovechar en mayor medida la acumulación es adecuado colocar las regulaciones en los circuitos de distribución de ACS.

## 7.3. DISTRIBUCIÓN DE ACS

En la distribución de ACS se suelen tener zonas diferenciadas pero atendidas en su conjunto por una única bomba de recirculación, se debe comprobar la posibilidad de o instalar válvulas de equilibrado por montantes de recirculación, o separar las circuitos con bombas de recirculación independientes.

## 7.4. DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN

A partir de 1981 es obligatoria la distribución de las tuberías por montantes en patinillos, con llaves de corte de usuario en el exterior de las viviendas; si bien en instalaciones anteriores a esa fecha son muy habituales las distribuciones por montantes de radiadores, en las cuales las tuberías discurren por los paramentos exteriores y a ellas se conectan los radiadores de las diferentes viviendas.

Todos los circuitos de calefacción deben disponer de regulación en función de las condiciones exteriores, esta medida es obligatoria desde 1981 y se dio un plazo de 3 años para las instalaciones anteriores a esa fecha de más de 1.000 kW y de 5 años para las de potencia hasta 1.000 kW, por ello todas las instalaciones han debido adecuarse a la misma.

Lo más adecuado es que haya circuitos independientes por orientación y por horarios de uso diferenciados, si bien en instalaciones anteriores a 1981 es muy habitual que haya un único circuito, se debe comprobar siempre la distribución de las tuberías accesibles, de manera que de ser posible se separen los circuitos y se dote a cada uno de regulación en función de las condiciones exteriores diferenciadas.

Se debe analizar al menos la posibilidad de colocar válvulas de equilibrado por zonas de distribución.

### **RECOMENDACIONES:**

- Válvulas de equilibrado por zonas de distribución.

- Verificar la posibilidad de repartir las distribuciones en circuitos diferenciados según orientaciones o usos, siempre que las tuberías generales sean accesibles.
- Dotar a los diferentes circuitos de regulaciones independientes en función de las condiciones exteriores.

## 7.5. EMISORES

Los radiadores se ubican en el interior de los locales particulares por lo que presentan mayores dificultades de intervención.

En instalaciones por montantes antiguas es muy habitual que los radiadores no dispongan de llaves de corte y detentores, la instalación de los mismos proporciona un mejor equilibrio de todo el edificio, además permite la reparación de elementos sin tener que parar las instalaciones.

La instalación de válvulas termostáticas en los radiadores de las orientaciones más favorecidas (sur, suroeste) mejora claramente el funcionamiento de las instalaciones, al permitir programar curvas adecuadas a las orientaciones norte y cerrar el paso a los radiadores del sur cuando en sus locales se hayan alcanzado las temperaturas de consigna.

Las medidas a implantar en el interior de las viviendas requieren la total colaboración de los usuarios, en caso contrario no serían efectivas.

### RECOMENDACIONES:

- Instalación de llaves de corte y detentores en los radiadores que carezcan de los mismos.
- Instalación de válvulas termostáticas en los radiadores de los locales con orientaciones más favorables y en aquellos que se estén registrando mayores temperaturas.

## 7.6. AISLAMIENTO TÉRMICO

Esta ha sido una carencia habitual de las instalaciones centrales, debe comprobarse el estado de conservación del aislamiento térmico de la sala de calderas y de las distribuciones generales de calefacción y ACS.

La evolución de las exigencias de aislamiento se muestra en el siguiente cuadro:

ESPESOR (mm) AISLAMIENTO TERMICO TUBERIAS. CALOR								
DIAMETRO EXTERIOR TUBERÍA	TEMPERATURA MAXIMA DEL FLUIDO							
	40 a 60 °C		ACS		> 60 a 100 °C		> 100 a 180 °C	
	RITE 98 (1)	RITE 07	RITE 98 (2)	RITE 07	RITE 98 (1)	RITE 07	RITE 98 (3)	RITE 07
$D \leq 35$	20	25	20	30	20	25	30	30
$35 < D \leq 60$	20	30	20	35	30	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	30	35	30	30	40	40
$90 < D \leq 140$	30	30	30	35	40	40	50	50
$140 < D$	30	35	30	40	40	40	50	50
$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m}\cdot\text{K)} \text{ a } 10^{\circ}\text{C}$								
COMPARACION RITE 1998 RITE 2007								
(1): El RITE de 1998 establecía el límite en 65°C.								
(2): El RITE de 1998 NO especificaba aislamiento para ACS, se podría considerar Tª 50°C.								
(3): El RITE de 1998 establecía el límite en 150°C.								

El aislamiento térmico es obligatorio desde 1981, en el RICACS se establecieron unos espesores mínimos que prácticamente coinciden con los indicados en la columna RITE98; en la IT.IC 26 se estableció un plazo de tres años para las instalaciones de más de 1.000 Kw y de 5 años para las instalaciones de más de 1.000 kW para colocar el aislamiento térmico en todas las tuberías accesibles de las instalaciones existentes que careciesen del mismo; por ello no debiera haber instalaciones sin aislamiento térmico.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Aislar todas las tuberías accesibles que carezcan de aislamiento térmico, tanto en sala de calderas como en distribuciones de calefacción y ACS.
- Reforzar el aislamiento térmico en las distribuciones de ACS.

### **7.7. CONTADORES**

La instalación de contadores individuales de ACS es obligatoria desde 1981, en el RICACS se dio un plazo de 4 años para la instalación de los mismos en las instalaciones existentes, a no ser que se comprobase la imposibilidad de su colocación.

Sin embargo los contadores de energía de calefacción son obligatorios desde 1998, no habiéndose requerido su instalación en las instalaciones existentes; ahora bien en las instalaciones posteriores al RICACS se impuso la obligatoriedad de prever un espacio para su colocación; por ello siempre que se disponga de ese espacio es conveniente colocarlos, si bien debido a que no eran obligatorios pueden plantearse soluciones de menor precisión pero más baratas que los contadores de energía, como son los contadores de horas y los contadores de caudal, que permiten realizar el reparto de gastos proporcional al uso de las instalaciones.

Respecto a los contadores generales los de la energía producida son obligatorios para instalaciones de más de 1.000 Kw desde 1998 y para instalaciones de más de 400 Kw desde 2007; sin embargo considerando su importancia para un correcto control del rendimiento de generación estacional se debieran recomendar en todas las instalaciones.

Los contadores se deben complementar con contadores eléctricos en la central térmica y de combustible exclusivos para la misma, si no existen.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Comprobar la imposibilidad de colocar contadores individuales de ACS donde no existan los mismos, en caso de ser posible instalarlos.
- Instalar sistema de control del gasto individual en las instalaciones que dispongan de acometidas individuales por usuario, pueden ser contadores de energía, si bien pueden admitirse soluciones más económicas como contadores horarios o de caudal.
- Dotar a las instalaciones centrales de contadores de energía térmica, electricidad y combustible exclusivos para la sala de calderas.

### **7.8. REGULACIÓN Y CONTROL**

En la IT.IC. 26 del RICACS se fijó un plazo de 3 años para las instalaciones de más de 1.000kW y de 5 años para las instalaciones hasta 1.000 Kw para dotarlas de los sistemas de regulación adecuados; por ello en la actualidad todas las instalaciones deben contar con un sistema de regulación, tanto del funcionamiento de la producción de calor, como de la producción de ACS y regulación de calefacción en función de las condiciones exteriores.

Sin embargo hay que tener en cuenta que los sistemas de regulación han evolucionado mucho en los últimos años, habiéndose desarrollado sistemas de tele gestión que permiten el control de la instalación desde las oficinas de la empresa mantenedora, lo que le permite un mejor control y ajuste de los parámetros de funcionamiento, además de una detección inmediata de los fallos de funcionamiento.

**RECOMENDACIONES:**

- Modernización de los sistemas de regulación y control cuando los mismos sean anteriores a 1998.
- Implantación de sistemas de tele gestión.



## 8. REVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO

Una vez finalizados los estudios previos sobre la envolvente, se ha procedido a recalcular el edificio de cara a valorar la mejora energética dentro del marco comparativo que establecen los requerimientos normativos (HE1 y Certificación de Eficiencia Energética).

Se ha procedido a efectuar 3 simulaciones mediante LIDER y CALENER:

1. Estado actual del edificio: manteniendo todos los elementos y propiedades.
2. Edificio rehabilitado para cumplimiento de la eco-ordenanza: se han reformado los siguientes elementos:
  - **Cubierta**: Añadir **8** cm de aislamiento.
  - **Envolvente**: añadir **2,3** cm de aislamiento.
  - **Forjado de la primera planta**: añadir **6** cm de aislamiento
  - **Huecos**: cambiar el vidrio por un **4-12-4**.
3. Edificio rehabilitado con valores recomendados:
  - **Cubierta**: añadir **12** cm de aislamiento.
  - **Envolvente**: añadir **8** cm de aislamiento.
  - **Forjado de la primera planta**: añadir **9** cm de aislamiento.
  - **Huecos**: cambiar el vidrio por un **bajo emisivo 4-12-4** (económicamente cuestionable).

Estos son los valores de transmitancia más significativos de los 3 modelos:

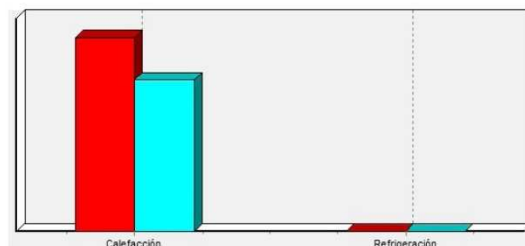
	CUBIERTA	FACHADA	VIDRIO	FORJADO P1
<b>ACTUAL</b>	2,37	1,12	5,7	3.89
<b>ECO-ORDENANZA</b>	0,38	0,68	2,8	0,48
<b>RECOMENDADO</b>	0,28	0,33	2	0,35

## 8.1. ESTADO ACTUAL

### 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe NO CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	128,1	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Fecha: 09/06/2010

Ref: 2A98499A5FD7A3

Página: 1

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<6,8 A						
6,8-11,1 B						
11,1-17,3 C						
17,3-26,6 D	25,7 D			19,9 D		
>26,6 E						
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	D	65,2	589654,6	D	50,9	460328,5
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m²	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m²	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	D	17,0	153744,3	D	16,3	147413,7
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	E	8,7	78680,9	D	3,6	32557,6
Emisiones CO <sub>2</sub> totales			232425,2			179971,3

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

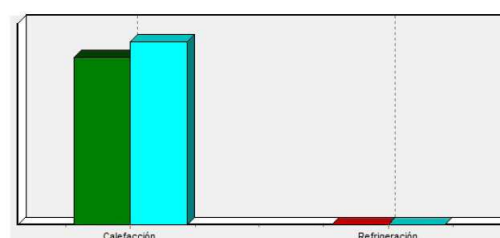
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	96,8	875190,2	84,8	766972,1
Consumo energía primaria (kWh)	119,2	1077595,3	88,5	800633,6
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	25,7	232425,2	19,9	179971,3

## 8.2. ECO-ORDENANZA

### 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	91,6	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<6,8 A						
6,8-11,1 B						
11,1-17,3 C						
17,3-26,6 D	18,4 D			19,8 D		
>26,6 E						
F						
G						
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	C	35,9	324671,8	D	50,7	458519,8
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	C	9,7	87724,7	D	16,2	146509,3
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	E	8,7	78680,9	D	3,6	32557,6
Emisiones CO2 totales			166405,6			179066,9

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

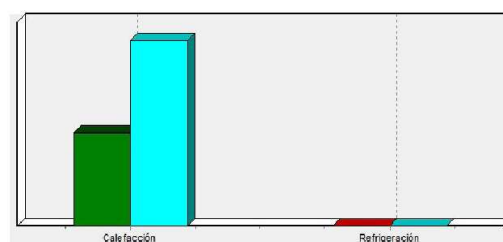
	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	61,0	551963,3	84,6	764844,9
Consumo energía primaria (kWh)	83,0	750813,1	88,3	798325,8
Emisiones CO2 (kgCO2)	18,4	166405,6	19,8	179066,9

### 8.3. SOLUCIÓN RECOMENDADA

#### 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	50,4	0
Proporción relativa calefacción refrigeración	100,0	0,0



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<6,8 A						
6,8-11,1 B						
11,1-17,3 C	15,9 C			19,8 D		
17,3-26,6 D						
>26,6 E						
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	C	25,6	231520,8	D	50,7	458519,8
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	7,2	65115,2	D	16,2	146509,3
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	E	8,7	78680,9	D	3,6	32557,6
Emisiones CO2 totales			143796,1			179066,9

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	48,5	439016,9	84,6	764853,8
Consumo energía primaria (kWh)	70,4	636744,6	88,3	798335,4
Emisiones CO2 (kgCO2)	15,9	143796,1	19,8	179066,9

Viendo la influencia de las calderas eléctricas de ACS en la calificación energética final, se ha procedido a hacer una última simulación, donde se ha sustituido la caldera eléctrica por una caldera de gas natural (existente en el portal 21 aunque no prevista para el resto de portales).

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
<6,8 A						
6,8-11,1 B	9,9 B					
11,1-17,3 C				19,8 D		
17,3-26,6 D						
>26,6 E						
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	C	25,6	231520,8	D	50,7	458519,8
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	B	7,2	65115,2	D	16,2	146509,3
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	B	2,7	24418,2	D	3,6	32557,6
Emisiones CO2 totales			89533,4			179066,9

#### Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	por metro cuadrado	anual	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	48,5	439016,9	84,6	764853,8
Consumo energía primaria (kWh)	49,1	443846,1	88,3	798335,4
Emisiones CO2 (kgCO2)	9,9	89533,4	19,8	179066,9

## 9. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

### 9.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

A continuación se van a resumir las principales conclusiones y lecciones aprendidas en el desarrollo del presente estudio, dejando la conclusión más general e importante para el siguiente apartado.

Conclusiones:

- La incorporación de criterios energéticos a una rehabilitación de envolvente se amortiza de manera casi inmediata a partir de los ahorros conseguidos. El gran reto es promover la rehabilitación en aquellos edificios no aislados que no prevean acometerla a corto plazo. Justificar económicamente y argumentar a favor de buenos niveles de aislamiento en rehabilitaciones ya planificadas es tarea fácil y su ejecución dependerá en mayor medida de una adecuada capacitación técnica del proyectista que del apoyo financiero a las comunidades de vecinos. El gran condicionante es el coste total de la obra, no la inclusión de un mayor o menor espesor de aislamiento.
- El ahorro asociado a incrementos en el nivel de aislamiento puede justificar espesores elevados con periodos de retorno razonables. No obstante, existen otros condicionantes asociados al incremento en coste para la solución constructiva que debe albergar el aislamiento que imponen restricciones a los espesores del mismo. También, una consideración a menudo obviada consiste en valorar el incremento de aislamiento a partir de una cantidad previa, de forma que por ejemplo, aunque una solución con 20 cm de aislamiento se amortice económicamente, esto es así gracias a los 10 primeros centímetros, no siendo amortizable el incremento de 10 a 20 dado que el diferencial de ahorro así conseguido es mínimo. Tras estas consideraciones, para la tipología de edificio residencial analizado y el clima de Sebastián cabe recomendar como espesores razonables los siguientes:
  - Fachada: 6-8 cm.
  - Cubiertas y suelos exteriores: 9-12 cm.
- El aislamiento por el exterior se plantea como la opción más eficiente energéticamente, corrige puentes térmicos y las pérdidas en las conducciones en fachada pero siempre debe abordarse a nivel de comunidad.
- En un clima como el de San Sebastián no se justifica del todo la incorporación de vidrio bajoemisor, especialmente en fachadas soleadas donde la capa bajoemisiva reduce el factor solar del acristalamiento y por tanto las ganancias solares. No quiere decirse que energéticamente no esté justificado este tipo de vidrio sino que las ventajas respecto a un vidrio doble resultan difícilmente argumentables económicamente en el ámbito en el que se enmarca este proyecto.
- Una reforma en las instalaciones de calefacción merece un estudio conjugado con una posible rehabilitación de envolvente. Es posible adecuar los nuevos equipos a las inferiores potencias que se derivan de la mejora en la envolvente, repercutiendo en ahorros económicos asociados a un mayor rendimiento de los sistemas y a un coste menor de equipos de menor potencia.
- Existen fuertes condicionantes en la distribución de sistemas centralizados de calefacción de cierta tipología y antigüedad que en general resultan difícilmente salvables cuando se acomete una actualización de la instalación de calefacción. No obstante, siempre deben buscarse potenciales estrategias dentro de las posibilidades de la distribución,



como el ajuste de las curvas de carga a ramales que alimenten zonas con diferente orientación y necesidades de calor.

- Puede ser difícil alcanzar el ámbito particular de la vivienda, en donde se conjugan, con cierta frecuencia los siguientes comportamientos:
  - Insolidaridad (sobredimensionamiento de radiadores, apertura de ventanas en vez de cierre de llaves...).
  - Desconocimiento y dejadez tanto en hábitos de ahorro como en el correcto uso y mantenimiento de las instalaciones (purga de radiadores, ajuste de detentes...).
- Existe un amplio margen aún para labores de concienciación y promoción de pequeñas medidas de bajo coste (ajuste de los horarios y consignas de calefacción, iluminación en zonas comunes, etc.). Muchas veces es necesaria una implicación importante por parte de algún vecino concienciado para sacar las iniciativas adelante, independientemente de su calado.
- En la toma de decisiones a nivel de comunidad intervienen diversos factores, entre ellos la necesidad de una oferta suficientemente variada de posibilidades que evaluar. Un acceso ágil al abanico de técnicos capaces de proyectar, exponer y abordar una rehabilitación energética puede ser un mecanismo a potenciar de cara a que las iniciativas que se originan en el seno de la comunidad lleguen a buen puerto.

## 9.2. CONCLUSIÓN GENERAL

Como objetivo general de la presente actuación se planteó en su momento la realización un estudio para la rehabilitación energética de edificios tipológicamente representativos del Barrio de "Amara Nuevo" de San Sebastián.

El objetivo final de dicho estudio era el de promover la rehabilitación con criterios energéticos de los edificios del barrio de Amara, bajo la premisa de partida ya conocida de la gran repercusión de este tipo de actuación en la mejora medioambiental del barrio y calidad de vida de los vecinos.

Los trabajos realizados, junto con la documentación bibliográfica, encuestas y otros estudios precedentes sobre la misma materia nos han llevado a la siguiente conclusión:

*Existe ya un conocimiento técnico suficientemente desarrollado acerca de los beneficios de las diferentes mejoras energéticas que pueden realizarse en edificios residenciales.*

*La tipología y uso uniforme de este tipo de edificios no ofrece divergencias sustanciales en las recomendaciones básicas asociadas a un tipo de clima determinado. Aún resulta más sencillo el análisis en climas no cálidos, donde básicamente la demanda a gestionar es la de calefacción. De todo ello se desprende que para el objetivo final, que es el fomento de este tipo de actuaciones de mejora energética existen áreas de trabajo de mayor repercusión que la profundización técnica.*

Las áreas que creemos de mayor interés son las siguientes:

- Concienciar y aportar conocimiento básico del usuario de la vivienda: nociones de cómo mejora su vivienda, cuánto ahorra y cuánto le cuesta (impacto energético, medioambiental y económico).
- Facilitar al administrador, presidente o vecino promotor (aquel con iniciativa del que generalmente parten las propuestas de este tipo) la defensa técnica y económica de una propuesta de rehabilitación o mejora energética.

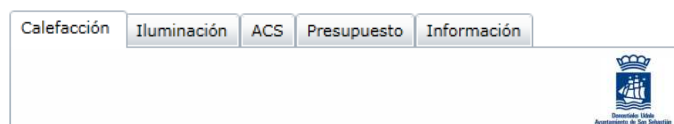
- Conectar al responsable de la actuación dentro de la comunidad con los profesionales capaces de acometerla (solicitud ágil de presupuestos, información técnica, ayudas, etc.).

Es por ello que se propone como un trabajo complementario y dentro de las capacidades técnicas de los participantes en el presente estudio el desarrollo de una **Aplicación Web** con el objeto de promover la rehabilitación energética de las viviendas y orientada a los diferentes agentes implicados.

A partir de un motor de simulación dinámico y su desarrollo en Web por Aurea Consulting se resolverá la parte técnica relacionada con los cálculos energéticos de la herramienta.

El resto de elementos de la misma van encaminados a las áreas y objetivos mencionados: concienciar, informar, promover y facilitar el acceso de los usuarios de las viviendas a la rehabilitación de su vivienda o edificio.

El esquema básico de la aplicación se plantea con diferentes áreas temáticas junto con un elemento transversal de consejos y recomendaciones generales que irán apareciendo en las diferentes pantallas de la aplicación Web.



Contenido:

- Introducción de datos generales del edificio/vivienda.
- Calefacción – Iluminación y ACS: cálculo de consumos en función de diferentes variantes/mejoras. Repercusión energética/medioambiental y económica (inversión y retorno).
- Presupuesto: directorio de profesionales, petición directa de presupuestos.
- Información: enlaces de interés, información del ayuntamiento, ayudas, etc.
- Consejos y recomendaciones acerca del ahorro energético.

## 10. ANEXO I: GUÍA PARA AHORRAR ENERGÍA EN LA VIDA DIARIA

La energía es un bien de primera necesidad en nuestra vida, sin embargo, también es un bien escaso que debe ser consumido con prudencia. A continuación, se citan unas pautas para conseguir importantes ahorros de energía en la vida diaria.

### 10.1. CLIMATIZACIÓN

#### AISLAMIENTO:

Una vivienda bien aislada puede ahorrar hasta un 40% de energía de calefacción. Por eso, hay que tener en cuenta:

- Instalar **tiras aislantes** en ventanas y puertas que den al exterior y en zonas de mucha ventilación.
- Utilizar ventanas de **doble acristalamiento** con cámara de airea interior.

#### VENTILACIÓN:

- Conviene hacerse **a primera hora** de la mañana y bastan 10 minutos.
- En verano es conveniente disponer de **puertas y aberturas** que permitan pasar la brisa.

### 10.2. ILUMINACIÓN

Unas sencillas medidas pueden ayudarnos a ahorrar:

- Aprovechar al máximo la **luz natural**.
- Utilizar las **bombillas de bajo consumo**, las cuales requieren de hasta un 80% menos de energía que las bombillas incandescentes y halógenas.
- Apagar las luces cuando abandone una estancia.
- Evitar el uso de lámparas de muchas bombillas.
- Procurar utilizar colores claros en las paredes y techos.

### 10.3. AGUA CALIENTE SANITARIA

Junto con la calefacción, consumen el 65% de la energía utilizada en una vivienda. Por eso, se citan unos consejos para su eficiencia energética:

- Ducharse en vez de bañarse.
- Instalar grifos termostáticos en la ducha.
- Usar el agua caliente SÓLO cuando es necesario.

### 10.4. COCINA

Es conveniente seguir algunas pautas para ahorrar energía:

- Es preferible usar el microondas al horno o grill para calentar alimentos.
- Cuando se utilice el horno, aprovechar al máximo su capacidad.
- Aprovechar el calor de las placas eléctricas para los últimos minutos de cocción.
- Hacer uso de la olla a presión.
- Después de cocinar, recordar que cada envase dispone de su propio contenedor para su reciclaje.

## 10.5. ELECTRODOMÉSTICOS

### ETIQUETADO ENERGÉTICO:

Según el nivel de eficiencia, cada aparato se encuentra dentro de una de las siete categorías de eficiencia energética: A (máximo ahorro) – G (gasto). Aunque los aparatos eficientes tienen mayor coste, tienen mayor calidad, consumen menos energía y su vida útil es mayor.

### LAVADORA:

Utilizar programas reducidos, ya que el 90% de la energía que consumen es utilizada para calentar el agua, y si es posible, utilizar opciones con agua fría.

### SECADORA:

Un buen centrifugado y la cuerda de tender ropa pueden evitar su uso.

### FRIGORÍFICOS y CONGELADORES: tiene un alto consumo, ya que funciona 24h.

- Ajustar el termostato del frigorífico entre 3-5°C y del congelador a -18°C.
- Abrir las puertas sólo lo necesario.
- Situar la nevera en un lugar fresco y alejado de la luz solar directa y del horno.

### OTROS APARATOS ELÉCTRICOS:

Es conveniente apagar la televisión, aparatos de música... desde el propio aparato, ya que siguen consumiendo energía si permanecen enchufados a la toma de corriente.

## 10.6. TRANSPORTE

- En distancias cortas, procurar desplazarse a pie o en bicicleta.
- Intentar utilizar el transporte público, ya que nos permite ir de un lugar a otro más cómodamente, pudiendo realizar otro tipo de actividad mientras nos desplazamos.
- Utilizar combustible Biodiesel.

## 11. ANEXO II: AYUDAS A LA REHABILITACIÓN

### 11.1. OBRAS APOYADAS POR GOBIERNO VASCO

Las obras que principalmente se protegen son las siguientes:

- refuerzos de estructura.
- **arreglos de fachadas\***.
- refuerzos de balcones, aleros y cornisas.
- refuerzos de escalera, retejos, reparaciones.
- arreglos e instalación de ascensores.

**\*Tipo de obra que corresponde a la rehabilitación que se va a acometer.**

Obras o instalaciones relacionadas con la resistencia, solidez, firmeza y estabilidad del edificio y obras de adecuación estructural y constructiva para la mejora de la eficiencia energética. En estos tipos se incluirán al menos las obras relacionadas con:

Obras de Comunidad:

- Rehabilitación de fachadas.
- Sustitución de carpinterías exteriores.
- Cubiertas con todos sus elementos.
- Reforma e instalación de ascensores que se adapte a las posibilidades del edificio y que no cree un itinerario practicable global desde la vía pública.
- Instalación de fontanería.
- Instalación de incendios, alarmas, centralitas, redes.
- Instalaciones de electricidad (adaptación a la normativa vigente).
- Redes de saneamiento.
- Aislamiento térmico y acústico con el fin de adaptar el elemento rehabilitado a los parámetros que exige la normativa vigente.
- Nuevas instalaciones de calefacción o reformas que supongan una mejora de la eficiencia energética.

### 11.2. REQUISITOS A TENER EN CUENTA.

- SÓLO podrán acceder al préstamo y a la subvención aquellos solicitantes de las viviendas del edificio destinadas a domicilio habitual y permanente.
- El edificio a rehabilitar debe tener una antigüedad mínima de diez años, excepto para el caso de instalación de gas natural y adaptación de las viviendas para uso de personas discapacitadas.

### 11.3. AYUDAS: SUBVENCIÓN Y PRÉSTAMOS.

La subvención y el préstamo, en el caso de que el gasto sea suficiente, van a depender de los ingresos, del número de miembros de la unidad de convivencia y del tipo de obra que se vaya a realizarse.

En los supuestos de rehabilitación de elementos comunes de un inmueble, se concederá directamente a la Comunidad de Propietarios una subvención del 10% del presupuesto protegible, con un tope máximo de 3.000 euros, en las obras de tipo 1, 2 y 3.

#### 11.4. CUANTÍA MÁXIMA DE SUBVENCIÓN

No se abonarán subvenciones a fondo perdido a percibir por los titulares de rehabilitación en cuantías inferiores a 60,00 €.

La percepción, total o parcial, de las subvenciones a fondo perdido reconocidas administrativamente se realizará a través de alguno de las Entidades Financieras que hayan suscrito convenio financiero específico con la Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, mediante la presentación en las mismas de las correspondientes certificaciones, parciales o finales, de la obra realizada en los términos establecidos en la resolución administrativa correspondiente.

El análisis de la certificación final de obra podrá dar lugar a la modificación de las subvenciones, o a su revocación en caso de que se verifique que no se han ejecutado las obras.

#### 11.5. MÁS INFORMACIÓN

Para obtener más información y todas las solicitudes necesarias, contactar con Etxebide:

- Teléfono: El Gobierno Vasco dispone del servicio de atención telefónica **Zuzenean**, en donde se informa, entre otros, sobre los temas relacionados con Etxebide y las actuaciones del Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes. El número es **012** y con un horario ininterrumpido, de Lunes a Viernes, de 8.00 h a 19.00h.
- Servicio de atención Ciudadana del Gobierno Vasco:
  - Calle Andía, 13
  - 20004 Donostia – San Sebastián.
- También existe la posibilidad de formular las consultas al Servicio Online, a través de la dirección de correo electrónico [etxebide@ej-gv.es](mailto:etxebide@ej-gv.es), a cualquier hora del día.

La información sobre la rehabilitación de comunidad se puede encontrar en el siguiente enlace:  
<http://goo.gl/a56nZ>

#### 11.6. OBRAS APOYADAS POR EL ENTE VASCO DE LA ENERGÍA

Con fecha 30 de Junio de 2010 el Ente Vasco de la Energía ha puesto en marcha un nuevo paquete de medidas de apoyo para contribuir a la mejora de la eficiencia energética y fomentar el ahorro de energía en diferentes sectores consumidores de Euskadi. Para ello va a aportar, en actuaciones propias, del Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo, y otras enmarcadas dentro del Convenio EVE-IDAE, una partida presupuestaria de 19 millones euros repartidos en un total de 33 medidas diferentes.

Las medidas de apoyo a la eficiencia energética 2010 forman parte de las actividades del Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo y del Ente Vasco de la Energía para promocionar tecnologías y usos altamente eficientes y, de esta manera, ahorrar energía. Uno de los pilares fundamentales de la Estrategia Energética del Gobierno Vasco en la que el EVE basa su actividad supone, junto con el desarrollo de las fuentes renovables, la obtención de elevadas cotas de ahorro energético, para lo cual es imprescindible la realización de proyectos encaminados a mejorar la eficiencia energética en todos los ámbitos de consumo.

En esta línea de trabajo las medidas previstas incidirán en sectores consumidores de energía como el transporte, la industria, la edificación, el sector doméstico, los servicios públicos, y la agricultura y pesca, entre otros. Para todos ellos prevé ayudas tanto para el análisis de su situación energética



como para la realización de inversiones en tecnología que mejoren la eficiencia energética de las instalaciones existentes.

De esta forma, dentro del sector residencial y de la edificación, se prevén ayudas para la mejora de las instalaciones térmicas de los edificios así como de su envolvente, con el objetivo de reducir notablemente las pérdidas de calor y, por tanto, minimizar el consumo de energía de los edificios en Euskadi. El parque de edificios de la CAE tiene una antigüedad media superior a los 30 años, por lo que las actuaciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de los mismos se consideran prioritarias dentro de este sector. En este sentido, también se prevén ayudas para mejorar la eficiencia energética de los ascensores en edificios existentes y, a su vez, dentro del sector doméstico, los equipamientos contarán con un nuevo Plan Renove de Electrodomésticos dotado con un presupuesto de 3.000.000€.

Más información en el enlace: <http://goo.gl/wHMJC>

## 12. ANEXO III: AISLAMIENTO TÉRMICO

### 12.1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la transmisión de calor y consumo de energía, el material más significativo de un cerramiento es el aislante térmico. También hay que destacar que el aislamiento térmico es la única que cumple los tres requisitos: ahorra energía, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y aporta más confort a los usuarios.

Un buen aislamiento térmico es decisivo en el consumo energético del edificio. El aislamiento obstaculiza el paso del calor por conducción del interior al exterior durante el periodo de invierno y inversamente durante el verano, por lo que eficiencia energética de un edificio está directamente ligada al uso y comportamiento del aislamiento.

Hay que tener en cuenta que el nivel de aislamiento tiene un valor óptimo para el que incrementos de espesor apenas repercuten en ahorros energéticos significativos. A su vez, es importante adecuar el tipo y el espesor del aislamiento para cada tipo de cerramiento del edificio: cubierta, forjado, suelos...

El aislamiento de un elemento constructivo está relacionado con los tres mecanismos que maneja la naturaleza para trasladar calor: la conducción, la convección y la radiación. Las soluciones constructivas deberán afrontar cada uno de ellos, dando lugar a cuatro tipos de aislamientos:

- **Aislamientos conductivos (materiales aislantes):** disminuye el ritmo de transmisión de calor a través de los cerramientos y es eficaz cuando hay grandes diferencias de temperatura entre el interior y el exterior.
- **Aislamiento convectivo (cámaras de aire ventiladas):** nunca puede suplantar a un material aislante, de hecho, los cerramientos con cámaras de aire ventiladas térmicamente se comportan peor que los cerramientos sin cámaras. Se recomienda utilizar en zonas donde la carga solar sea elevada.
- **Aislamiento radiante (superficies reflectantes):** impide que las superficies se calienten al reflejar la energía radiante que llega hasta ellos. Es adaptable, tanto por el interior (conserva el calor interior), como por el exterior (evita el calentamiento solar de la fachada).
- **Aislamiento orgánico (superficies vegetales absorbentes):** resguarda de la radiación solar los cerramientos, principalmente las cubiertas. La vegetación absorbe la radiación solar pero, a diferencia de una superficie inorgánica, no se calienta, sino que transforma esa energía en los procesos fotosintéticos.

Respecto a las soluciones constructivas, otro punto a tener en cuenta son los puentes térmicos. Mediante un buen diseño de estos puntos (frentes de forjado, cajas de persianas, discontinuidades...) se mejoran sobre todo estos puntos:

- Ahorro en los consumos de calefacción y refrigeración.
- Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Mejora en la calificación de eficiencia energética.
- Limitación de las condensaciones: aislando correctamente los puentes térmicos, se limitan superficies frías y condensaciones superficiales.

## 12.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA REHABILITACIÓN SEGÚN LA COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO

La ubicación del aislamiento puede afectar notablemente en el comportamiento energético de la rehabilitación, por lo que a continuación se analizarán las características de cada uno de los casos, intentando resumir las propiedades de diferentes tipos de aislamientos.

### REHABILITACIÓN DE LA FACHADA POR EL EXTERIOR:

#### VENTAJAS:

- Permite trabajar cuando el interior de la vivienda es inaccesible o está ocupado por los usuarios.
- Posibilita el cambio de aspecto de la fachada, no reduce el espacio útil interior, aumenta la vida útil y valor del edificio.
- Incrementa el aislamiento térmico + acústico y protege el cerramiento de fábrica del edificio.
- Mejora la eficiencia energética, reduce el efecto de los puentes térmicos, minimiza el riesgo de condensaciones intersticiales y las pérdidas de calor.
- Optimiza el uso de la inercia térmica, limitando las fluctuaciones de la temperatura interior del edificio.
- Corrige grietas y fisuras, evitando posibles filtraciones.

#### DETALLES CRÍTICOS:

- La fachada incrementa su espesor hacia el exterior.
- En edificios con un grado de protección como parte del patrimonio histórico-artístico, será muy difícil la intervención.

### REHABILITACIÓN DE LA FACHADA POR EL INTERIOR:

#### SE RECOMIENDA UTILIZAR:

- Durante la realización de otros trabajos en el interior del edificio.
- Cuando no se considera modificar el aspecto exterior del edificio.
- Siempre que compense la pérdida de espacio útil con los ahorros energéticos y beneficios medioambientales.

#### VENTAJAS:

- Se pueden efectuar intervenciones parciales a nivel de una vivienda.
- No se precisan sistemas de andamiaje.
- Mantiene la estética exterior.
- Sanea los muros de fábrica y resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada.
- Incrementa el aislamiento térmico + acústico.

#### DETALLES CRÍTICOS:

- Disminuye el espacio interior.
- No resuelve los puentes térmicos lineales de contorno.

### REHABILITACIÓN DE LA CUBIERTA POR EL EXTERIOR:

#### VENTAJAS:

- El sistema le alarga la vida a la lámina impermeabilizante y evita las condensaciones.

- Muy útil cuando se aprovechan los trabajos de renovación de la impermeabilización y cuando no es accesible el bajo cubierta.
- Mínima interferencia para los usuarios del edificio.
- No se reduce la altura libre de la bajo cubierta.
- Se aprovecha toda la inercia térmica del soporte.

**LIMITACIONES:**

- Acuerdo total de la comunidad de vecinos.

**REHABILITACIÓN DE LA CUBIERTA POR EL INTERIOR:**

**VENTAJAS:**

- Cuando el bajo cubierta es accesible.
- Se evita el levantamiento de la cubrición exterior (tejas, impermeabilizante...).
- Posibilita la rehabilitación del interior del edificio.
- Mejora el aislamiento acústico a ruido aéreo + reducción del ruido de impactos (muy útil para cubiertas planas transitables).
- Adecuado cuando no hay que efectuar trabajos de impermeabilización o modificación de la cubierta externa del edificio.

**LIMITACIONES:**

- Tiene que disponer de altura suficiente.

### 12.3. POLIURETANO

#### CARACTERÍSTICAS:

##### ESPUMA de POLIURETANO PROYECTADA:

-Conductividad térmica: valor inicial: 0,022 W/ (m ·K), en 25 años 0,028 W/ (m ·K).

- Efecto de sellado: evita las humedades y el paso del aire.
- Muy efectivo como aislamiento al ruido aéreo.

-Preacondicionado de las superficiales a proyectar:

- Limpias, secas y ausentes de grasas y aceites.
- Desprovistas de capas de herrumbre o de material envejecido.
- Superficies de hormigón: limpiar la lámina de lechada superficial.

-Condiciones ambientales durante la aplicación:

- Temperatura: 5 °C < x < 45 °C
- Humedad: inferior a 85%.
- Viento: inferior a 30 km/h o 8 m/s.

Características	Norma	Unidad	Propiedades					
Densidad	UNE EN 1602	kg/m³	30	35	40	45	50	55
Espesor	UNE 92120	mm	>30 en paredes >30 en cubiertas					
Conductividad térmica	UNE EN 12667	W/m·K	λ <sub>10°C</sub> envejecido a 25 años 0,028 Con expandentes HFC					
Resistencia a la compresión	UNE EN 826	kPa	>115	>150	>185	>220	>255	>290
Absorción de agua	UNE EN 12087	% en volumen	<4,1	<3,7	<3,3	<2,9	<2,6	<2,4
Permeabilidad al vapor de agua	UNE EN 12086	μ	>70	>80	>90	>100	>110	>150
Resistencia a la tracción	UNE EN 1607	kPa	>180	>275	>370	>450	>550	>680
Estructura celular	ISO 4590	% Cerrada	> 90					
Comportamiento al fuego desnudo	UNE EN 13501-1	----	Desde E hasta C, s3-do					
Comportamiento al fuego en aplicación final de uso	UNE EN 13501	----	Desde D,s3-do hasta B,s1-do según aplicación final de uso					
Coefficiente de dilatación o contracción		1/K	De 5 a 8·10 <sup>-5</sup>					

##### PLANCHAS DE POLIURETANO CONFORMADO:

-Excelentes características de aislamiento térmico y propiedades mecánicas.

-Contiene diferentes revestimientos para cada aplicación a la que se destinan las planchas:

- Barrera de vapor.
- Impermeabilización contra la humedad.
- Superficie óptica.
- Protección contra daños mecánicos.

#### **PANELES SANDWICH de POLIURETANO:**

-Producto de construcción compuesto de una parte central de espuma rígida de poliuretano adherida a dos paramentos generalmente metálicos.

-Especialmente adecuados para aplicaciones de cubiertas y fachadas en edificios industriales.

-Propiedades más relevantes de los paneles sándwich:

- Gran capacidad aislante: inferior a  $0,025 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ .
- Baja densidad: entre  $9\text{-}20 \text{ kg/m}^2$ .
- Adecuado en caso que haya movimientos sísmicos.
- Capacidad autoportante y muy duradera.
- Buen comportamiento ante el fuego: desde Bs2d0 hasta Ds3d0.
- Estancas a la humedad y al aire.

Densidad de la espuma		$40 \pm 2 \text{ kg/m}^3$
Resistencia a la tracción		$0,1 \text{ N/mm}^2$
Resistencia a la compresión		$0,1 \text{ N/mm}^2$
Peso	30 mm	$11\text{-}12 \text{ kg/m}^2$
	100 mm	$14\text{-}15 \text{ kg/m}^2$
	200 mm	$17\text{-}18 \text{ kg/m}^2$
Conductividad térmica		$\leq 0,025 \text{ W/mK}$
Factor U	30 mm	$0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$
	100 mm	$0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
	200 mm	$0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
Reacción al fuego		B, C, D (según EN 13501-1) s1, do
Luces aproximadas de panel entre dos apoyos con carga repartida de $100 \text{ kg/m}^2$	30 mm	2,8 m
	100 mm	5-5,5 m
	200 mm	7,5-8,5 m

## SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN:

### POLIURETANO PROYECTADO →

#### **Fachada → Aislamiento por el exterior:**

- Fachada ventilada: proyección de espuma de poliuretano.
- Aislamiento: espesor mínimo 30 mm y densidad mínima de 35kg/m<sup>3</sup>.
- Prestaciones de la solución: aislamiento térmico + estanqueidad + tratamiento óptico de los puentes térmicos.
- Otra opción: paneles sándwich → revestimiento continuo con acabado de mortero que impermeabiliza y protege la fachada.

#### **Fachada → Aislamiento por el interior:**

- Proyectado → en el caso de que haya desalojo de los ocupantes.
- Otra posibilidad → planchas de poliuretano conformado.
- Aislamiento: espesor mínima de 30 mm y densidad mínima de 35kg/m<sup>3</sup>.
- Prestaciones de la solución: aislamiento térmico + estanqueidad + tratamiento PARCIAL de los puentes térmicos.

-MUROS de UNA HOJA, trasdosado armado: 1-proyectar la espuma tratando los puentes térmicos, 2-trasdosado armado de placa de yeso laminado.

-MUROS de UNA HOJA, trasdosado directo: 1-conjunto de plancha de poliuretano y placa de yeso armado.

-MUROS CON CÁMARA de aire: 1-demolición de la hoja interior de ladrillo, 2-aprovechar el espacio, 3-trata de forma global los puentes térmicos.

**Inyección en cámaras:** cuando se descarta cualquier intervención (interior o exterior), se valora la inyección de aislamiento den la cámara. Se realiza en muros de doble hoja con cámara de aire accesible.

- Aislamiento: espesor mínimo 40 mm, densidad baja 12kg/m<sup>3</sup>.
- Prestaciones de la solución: aislamiento térmico + rigidez a la fachada.
- En ningún caso se puede garantizar la impermeabilización del cerramiento.

**Medianeras:** objetivo de proteger térmicamente la medianera.

- Aislamiento: espesor mínimo 30 mm. Densidad mínima de 35kg/m<sup>3</sup>.
- Protección: elastómero de poliuretano: espesor 1,5-3mm. Densidad 1000 kg/m<sup>3</sup>. Aporta protección UV e incrementa la impermeabilidad.
- Prestaciones de la solución: rehabilitación de la fachada medianera + aislamiento térmico + estanqueidad + consistencia.

**Cubierta Plana → Proyección de espuma de poliuretano y protección con elastómero.**

- Aislamiento: espesor mínimo 30 mm. Densidad mínima de 45kg/m<sup>3</sup>.
- Protección: elastómero de poliuretano: espesor 1,5-3mm. Densidad 1000 kg/m<sup>3</sup>.



- Prestaciones de la solución: rigidez a la cubierta + estanqueidad + continuidad en aislamiento e impermeabilización.

**Cubierta Inclinada** → Proyección de espuma de poliuretano sobre teja y protección con elastómero: sencilla, económica y eficaz.

-Elementos y prestaciones similares a la cubierta plana.



**Cubierta Inclinada** → Proyección de espuma de poliuretano bajo teja.

- Proyección de espuma de poliuretano en la superficie inferior del tejado.
- Aislamiento: espesor mínimo 40 mm. Densidad mínima de 35kg/m<sup>3</sup>.
- Prestaciones de la solución: rigidez + estanqueidad + continuidad en aislamiento.



**Cubierta Inclinada** → Proyección de espuma de poliuretano sobre cubierta de fibrocemento: evita la dispersión de partículas de amianto.

- Asegura una protección integral + impermeabilidad + aislamiento térmico.
- Elementos del sistema: aislamiento + protección.
- Prestaciones de la solución: rigidez a la cubierta + estanqueidad + continuidad en aislamiento e impermeabilización.

**PLANCHAS CONFORMADAS DE POLIURETANO** → las planchas con terminación de aluminio aportan una excelente conductividad térmica = 0,024 W /mk.

**Fachadas: Aislamiento por el exterior**: mediante machihembrado, se asegura la continuidad del aislamiento.

**Cubierta Plana** → 1-Soporte + 2-Barrera de vapor + 3-Aislamiento térmico en planchas conformadas + 4-Membrana impermeabilizante + 5-capas acabado (antipunzonante, separadora, terminación, protección...).

**Cubierta inclinada** → 1-Soporte + 2-Membrana impermeabilizante autoadhesiva + 3-Aislamiento térmico en planchas conformadas + 4-Capas de acabado (pintura de protección, mortero, enrastrelado...).

**PANELES INYECTADOS DE POLIURETANO:**

**Fachadas:**

- Exterior: adherida a la hoja exterior o mediante el sistema de fachada ventilada.
- Interior: debido a su espesor, no es muy frecuente utilizar este tipo de aislamiento.

**Cubierta**: pendiente mínima admisible para el montaje del panel 5%.

## 12.4. LANA MINERAL

### CARACTERÍSTICAS:

- Producto aislante constituido por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos.
- Muy ligero y natural.
- Elevados niveles de protección frente al calor, ruido y fuego.

### SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN:

#### FACHADA → SISTEMA de FACHADA VENTILADA

**Descripción:** aislamiento (lana de vidrio o de roca) + cámara de aire + protección exterior.

#### **Ventajas:**

- Al reducir el factor solar del cerramiento, se originan excelentes prestaciones de ahorro energético en los periodos cálidos.
- La solución es desmontable, por lo tanto, susceptible de rehabilitarse.
- No precisa de preparación previa de la superficie externa del muro.
- Compatible con muros de mala planimetría.
- Permite alojar instalaciones entre la cámara y el aislante.
- Posibilidad de controlar el flujo de aire de la cámara.

**Limitaciones:** la fachada incrementa su espesor en 10-20 cm.

#### **Productos recomendados:**

- Productos semirrígidos de lana de vidrio o lana de roca, suministrados en forma de panel o rollo.
- Si la hoja externa es de vidrio u de otro material transparente, es conveniente que la lana mineral esté revestida de un velo de mineral negro.

**Prestaciones acústicas:** van a variar mucho en función de: 1-la presencia y calidad de las aberturas, 2-nivel de ventilación de la cámara

#### FACHADA → POR EL INTERIOR

**Descripción:** formado por placas de yeso laminado fijadas sobre perfiles metálicos independientes del muro portante, con relleno del espacio interior con lana mineral.

**Ventajas:** permite alojar instalaciones entre la placa y el propio aislante.

**Producto recomendado:** paneles semirrígidos en forma de panel o de panel enrollado.

**Prestaciones:** depende de la eficacia del muro de soporte.

#### CUBIERTA → AISLAMIENTO POR EL INTERIOR

#### **Descripción:**

- Aislamiento (lana de vidrio o de roca) + revestimiento autoportante de placas de yeso laminado.
- Según la higrometría, debe considerarse la necesidad de una barrera de vapor, que debe incorporar el material aislante o bien el soporte.

**Ventajas:** montaje rápido y en seco, permitiendo la habitabilidad durante la ejecución.

**Limitaciones:** para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación, es recomendable disponer de una altura mínima de 10cm.

**Productos recomendados:**

- Fijar directamente sobre el forjado → paneles semirrígidos o rígidos.
- Apoyar sobre el soporte autoportante o techo falso → paneles semirrígidos.

**Prestaciones:** la mejora que se consigue en la reducción del valor U, es cada vez menos representativa a partir de 50 mm de aislante.

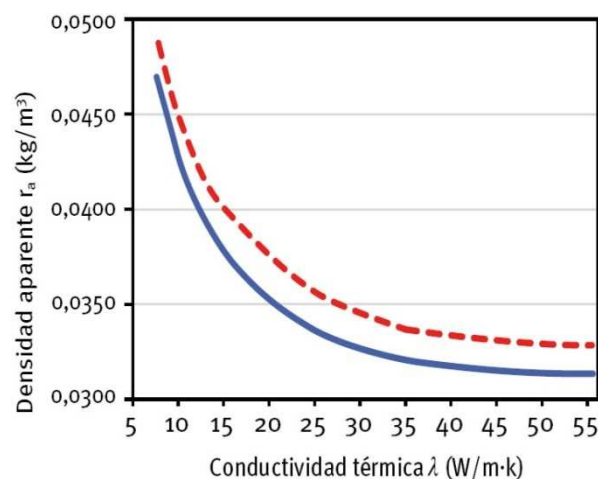
## 12.5. POLIESTIRENO EXPANDIDO

### CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE EPS:

Material plástico espumado, con una estructura celular cerrada y rellena de aire.

**Propiedades físicas:** resistencia y conductividad térmica:

Media	Conductividad térmica (W/m·K) Prevista	Densidad (kg/m³)
0,045	0,047	9
0,043	0,045	10
0,040	0,042	12
0,038	0,040	15
0,036	0,038	18
0,035	0,037	20
0,034	0,036	22
0,034	0,035	25
0,033	0,035	28
0,033	0,035	30
0,032	0,034	32
0,032	0,034	35
0,032	0,034	38
0,032	0,034	40
0,032	0,034	42
0,032	0,033	45



### Propiedades biológicas:

No constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo.

### SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN:

#### FACHADA → AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR BAJO REVOCO:

Se recomienda utilizar este sistema en los siguientes casos:

- Seguridad por el reforzamiento de la fachada para evitar desprendimientos.
- Mantenimiento y estética por el deterioro y envejecimiento de los materiales.

Especificación	Norma de ensayo	NIVEL Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L2
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W2
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T2
Rectangularidad	UNE-EN-824	S2
Planimetría	UNE-EN-825	P4
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	DS (N)2
Estabilidad en condiciones específicas 48h 23°C 90% HR	UNE-EN-1604	<1%
Resistencia a la flexión	UNE-EN-12089	BS50
Reacción al fuego	UNE-EN-13501-1	E
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	UNE-EN-1607	TR100

**Descripción:** el sistema tiene 3 grupos de materiales:

- Aislamiento: ahorro energético.
- Fijaciones: asegurar la unión del sistema al muro de soporte.
- Acabados: proteger el sistema del exterior + estético.

**Ventajas:** bajo costes de mantenimiento, fácil y rápida de instalación. Sistema fácil de controlar durante la ejecución, ya que el espesor del aislamiento queda visible.

**Detalles críticos:** controlar el tipo de fijaciones al soporte, el revestimiento y sus juntas de dilatación. Evitar la corrosión de los sistemas de fijación.

**Durabilidad y mantenimiento:**

Planta baja: proteger el aislamiento con un zócalo o bien reforzar el revoco.

#### **FACHADA → AISLAMIENTO POR EL INTERIOR:**

**Descripción del sistema:**

- 1-sobre la cara interior de la fachada se fijan los paneles aislantes.
- 2-se coloca el revestimiento: enlucido de yeso o placa de yeso laminado.
- \*3-sustituir lo anterior por un conjunto de aislamiento y placa de yeso laminado.

Especificación	Norma de ensayo	NIVEL Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T1
Rectangularidad	UNE-EN-824	S1
Planimetría	UNE-EN-825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	DS (N)5
Estabilidad en condiciones específicas 48h 23°C 90% HR	UNE-EN-1604	<1%
Resistencia a la flexión	UNE-EN-12089	BS50
Transmisión al vapor de agua	UNE-EN-12086	MU 30-70

**Ventajas con acabado PYL:**

Máxima prestación térmica con el mínimo espesor.

**Detalles críticos:**

- La fijación de las planchas de aislamiento es la parte más crítica.
- En edificios con patologías de humedades o condensaciones superficiales, utilizar fijaciones mecánicas.
- Especial atención en el cálculo de condensaciones intersticiales. Si es necesario, en el lado caliente del aislamiento se añadirá una barrera de control de vapor.



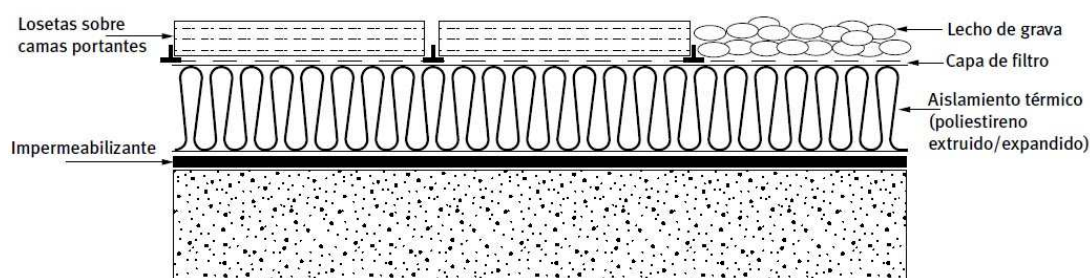
## **CUBIERTA → CUBIERTA PLANA INVERTIDA. AISLAMIENTO por el EXTERIOR:**

- Se recomienda utilizar este sistema: en climas cálidos y secos.
- El poliestireno expandido (EPS) empleado en esta aplicación se denomina EPS-s.

Especificación	Norma de ensayo	Nivel Mínimo
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T1
Rectangularidad	UNE-EN-824	S1
Planimetría	UNE-EN-825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	DS (N)2
Estabilidad en condiciones específicas 48h 70°C 90% HR	UNE-EN-1604	<1%
Resistencia a la flexión	UNE-EN-12089	BS50
Reacción al fuego	UNE-EN-13501-1	E
Deformación bajo carga y temperatura	UNE-EN-1605	DLT (2)5
Tensión de compresión (10% deformación)	UNE-EN-826	CS (10)200
Absorción de agua a largo plazo por inmersión	UNE-EN-12087	WL (T)2
Absorción de agua a largo plazo por difusión	UNE-EN-12088	WD (V)5
Fluencia a compresión	EN 1606	CC (2/1,5/25)50

### **Descripción del sistema:**

- Es un sistema de aislamiento que protege la lámina de impermeabilización de los cambios de temperatura y del deterioro.
- Resistencia a la absorción de agua.
- Cubierta no transitable: acabado de grava, 5 cm.
- Cubierta transitable: acabado con elementos pétreos colocados sobre elevadores, de modo que la cubierta permanece ventilada.
- Cubierta ajardinada: acabado de una cubierta ecológica o ajardinada.



### **Ventajas:**

- Desaparecen las condensaciones entre la lámina impermeabilizante y el soporte.
- Mejora el sistema de drenaje de la cubierta, garantizando la evacuación del agua.

### **Detalles críticos:**

En un proyecto de rehabilitación se tendrán en cuenta los siguientes factores: 1-estado de la lámina de impermeabilización, 2-capacidad portante de la estructura original: para soportar la carga adicional, 3-aspectos de drenaje.



#### **CUBIERTA → CUBIERTA INCLINADA BAJO TEJA:**

-Se recomienda utilizar este sistema: cuando se aprovecha la reparación del tejado para incluir aislamiento térmico.

-Esta operación exige que se levante el tejado y se realice una estructura que permita la fijación del aislante térmico antes de volver a colocar el nuevo tejado.

<b>Especificación</b>	<b>Norma de ensayo</b>	<b>Nivel Mínimo</b>
Tolerancia en largo	UNE-EN-822	L1
Tolerancia en ancho	UNE-EN-822	W1
Tolerancia en espesor	UNE-EN-823	T1
Rectangularidad	UNE-EN-824	S1
Planimetría	UNE-EN-825	P3
Estabilidad dimensional en condiciones normales	UNE-EN-1603	DS (N)5
Estabilidad en condiciones específicas 48h 23°C 90% HR	UNE-EN-1604	<1%
Resistencia a la flexión	UNE-EN-12089	BS200
Reacción al fuego	UNE-EN-13501-1	E
Tensión de compresión (10% deformación)	UNE-EN-826	CS (10)150

#### **Detalles críticos:**

- Asegurar la ventilación de la cubierta, para evitar la formación de condensaciones intersticiales.
- Asegurar el sellado en todos los encuentros de la nueva cubierta con los elementos que se muestran en ella.

## 12.6. POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)

### CARACTERÍSTICAS XPS:

1. Alta resistencia a la compresión.
2. Prácticamente nula absorción de agua.
3. Excepcional durabilidad y comportamiento como aislante térmico,
4. No puede quedar expuesta en la aplicación final de uso.

### SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN:

#### FACHADA → AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR:

**Descripción:** planchas de aislamiento térmico de XPS con revestimientos aplicados directamente sobre las planchas aislantes.

**Limitaciones:** los revestimientos de morteros monocapa, requieren el asesoramiento de empresas fabricantes e instaladoras especializadas.

**Productos recomendados:** XPS sin piel de extrusión.

**Componentes del sistema:** 1-adhesivos y fijaciones, 2-aislamiento térmico de planchas de XPS, 3-armadura, 4-enlucido de base, 5-capa reguladora de fondo, 6-revestimiento de acabado, 7-sellado de juntas, 8-accesorios.

**Prestaciones térmicas:** depende del cerramiento original.

#### Fachada de dos hojas con cámara ( $R = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307

#### FACHADA → AISLAMIENTO de FACHADA VENTILADA:

**Descripción:** sobre el muro de soporte se instala el aislamiento XPS y el sistema de anclaje.

**Limitaciones:** por el CTE-SI. Normalmente las planchas de XPS no alcanzan la clasificación B-S3 d2, por lo que su uso estará limitado a edificios con fachadas de menos de 18m de altura y sin acceso público.

**Productos recomendados:** XPS con piel de extrusión.

**Componentes del sistema:** 1-fijación XPS, 2-XPS, 3-2 cm. de cámara muy ventilada, 4-acabado.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

#### Fachada de dos hojas con cámara ( $R = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

**FACHADA → POR EL INTERIOR PARA REVESTIR CON YESO IN SITU:**

**Descripción:** sobre el muro soporte, se trasdosa por el interior con el aislamiento de XPS, que posteriormente es revestido con yeso in situ para dar un acabado final visto.

**Ventajas:** en la rehabilitación se puede aprovechar para demoler el tabique interior del muro, sustituyendo la cámara de aire por un aislamiento XPS.

**Limitaciones:**

- Durante la obra, obligará a desalojar la vivienda.
- No se aprovecha nada la inercia térmica.

**Productos recomendados:** XPS sin piel de extrusión.

**Componentes del sistema:** 1-XPS, 2-guarnición 1ª capa, 3-malla de revoco, 4-guarnición 2ª capa, enlucido final.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

**Fachada de dos hojas con cámara ( $R= 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ )**

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

**FACHADA → POR EL INTERIOR PARA REVESTIR CON YESO LAMINADO:**

**Descripción:** sobre el muro, se trasdosa por el interior con el aislamiento de XPS, que posteriormente es revestido con placas de yeso laminar sobre las que se da el acabado. También existen placas de XPS junto laminados de yeso.

**Ventajas:** en la rehabilitación se puede aprovechar para demoler el tabique interior del muro, sustituyendo la cámara de aire por un aislamiento XPS.

**Limitaciones:**

- Durante la obra, obligará a desalojar la vivienda.
- No se aprovecha nada la inercia térmica.

**Productos recomendados:** XPS sin piel de extrusión.

**Componentes del sistema:** 1-XPS, 2-guarnición 1ª capa, 3-malla de revoco, 4-guarnición 2ª capa, enlucido final.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

**Fachada de dos hojas con cámara ( $R= 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ )**

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

**CUBIERTA → CUBIERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSITABLE + TRANSITABLE:**

**Descripción:** soporte de hormigón + capa de pendientes + impermeabilización + aislamiento + acabado. Las planchas de XPS no deben quedar expuestas al exterior.

**Productos recomendados:**

- No transitable: XPS con piel de extrusión.
- Transitable: baldosa aislante formada por base aislante XPS y acabado en hormigón o mortero tratados.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

**Azotea original no transitable, acabada con lámina autoprotegida**

R del forjado (m²K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.467	0,650	0,548	0,474	0,417	0,337	0,289
0,30	1.270	0,622	0,528	0,459	0,406	0,329	0,283

**CUBIERTA → INCLINADA, AISLAMIENTO DE XPS COLOCADO BAJO TEJA:**

**Limitaciones:** las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la aplicación final de uso.

**Productos recomendados:** producto XPS con piel de extrusión, con superficie ranurada en una de las caras, para permitir el anclaje mecánico del mortero de agarre de la teja.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

**Faldón original formado por un forjado inclinado**

R del forjado (m²K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	2.243	0,768	0,629	0,534	0,463	0,366	0,310
0,30	1.939	0,728	0,603	0,514	0,448	0,357	0,304

**SUELO DOMÉSTICO → CON PLANCHAS AISLANTES DE XPS:**

**Descripción:** si es aceptable una reducción en altura libre de la vivienda, la solución más fácil para aislar un suelo, es aprovechar el suelo existente como soporte de las planchas de XPS, las cuales a su vez servirán de soporte al nuevo pavimento.

**Productos recomendados:** XPS con piel de extrusión.

**Componentes del sistema:** 1-forjado, 2- pavimento existente, 3- XPS, 4- cámara de arena, 5- mortero, 6- revestimiento del suelo.

**Prestaciones térmicas:** dependen del cerramiento original.

R del forjado (m²K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.821	0,711	0,591	0,506	0,442	0,353	0,301
0,30	1.615	0,677	0,568	0,488	0,429	0,344	0,288

### 13. ANEXO IV: AISLAMIENTO EXTERIOR, INTERIOR, FACHADA VENTILADA Y HUECOS

---

Se adjuntan los informes hechos públicos hasta la fecha dentro del proyecto "RECONSOST: Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas" por considerarlos de interés dentro del marco del presente estudio.

Descarga: <http://goo.gl/tvx7c>

## **14.ANEXO V: GUÍA PRÁCTICA DE LA ENERGÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS**

---

Se adjunta la “Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios” del IDAE como material divulgativo de interés dentro del marco del presente estudio.

Descarga: <http://goo.gl/s31Zc>

## 15. ANEXO VI: GUÍA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS

---

Se adjunta la "Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas" de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid como material técnico extenso y detallado y vinculado de manera directa con el contenido del presente estudio.

Descarga: <http://goo.gl/wc4Rw>



## **16. ANEXO VII: SOLUCIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN LA EDIFICACIÓN**

---

Se adjunta la guía de “Soluciones energéticamente eficientes en la edificación” de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid como material didáctico extenso y detallado y vinculado de manera directa con el contenido del presente estudio.

Descarga: <http://goo.gl/kL1LQ>