

Curso 2013-14

Eficiencia energética en vivienda unifamiliar en Teruel

10 jul. 14

AUTOR:

LUIS RAMÓN SOLA

TUTOR ACADÉMICO:

Amadeo Pascual Galán. Departamento de Física



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

Resumen

El trabajo desarrollado consiste en la búsqueda de una vivienda energéticamente eficiente partiendo de otra que no cumple con estas características realizando para ello una modificación tanto de su envolvente como de los sistemas de ACS, calefacción, refrigeración e iluminación. También mediante el uso de programas informáticos se comprobaba si dichas modificaciones de la envolvente cumplen con la normativa actual y por último se estudiara su viabilidad económica con el fin de comprobar si además de conseguir una vivienda energéticamente eficiente puede ser también económicamente rentable.

The Project developed consist in the search of a house which must be efficient from the point of view of the energy cost. Because of that we first take an ordinary house and next apply several modifications to it covering and systems such as hot water, heating, cooling and lightning. Also by computer programmes we check if this modifications of the covering are agree with the current laws. At last we study their economical viability in order to achieve also a house which be worthwhile.

Palabras clave: Construcción, calificación energética, eficiencia energética, viabilidad económica, vivienda unifamiliar.

Key words: Construction, economic worthwhile, energy efficiency, energy mark, single family home.

Acrónimos utilizados

ACS: Agua Caliente Sanitaria

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador

CE3X: Programa para obtención de la Certificación Energética

CTE: Código Técnico de la Edificación

DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía

IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía

LED: Diodo Emisor de Luz/ Light-Emitting Diode

RF: Resistencia al Fuego/Fire Resistance.

Índice

Capítulo 1. Introducción-.....	-10
Capítulo 2. Información general del edificio-.....	-11
2.1. Situación y datos de la parcela-.....	-11
2.2. Situación de la edificación dentro de la parcela-.....	-12
2.3. Datos de la edificación-.....	-12
2.4. Características de la envolvente-.....	-14
Envolvente. Fachada-.....	-14
Envolvente. Cubierta-.....	-15
Envolvente. Forjado planta baja-.....	-15
Envolvente. Partición garaje-.....	-16
Envolvente. Carpintería exterior. Puertas-.....	-16
Envolvente. Carpintería exterior. Ventanas-.....	-17
Envolvente. Carpintería exterior. Vidrios-.....	-17
Envolvente. Elementos protección solar-.....	-17
2.5. Instalaciones-.....	-18
Instalaciones. ACS-.....	-18
2.6. Análisis de la envolvente-.....	-18

Fachada tipo 1-.....	-19
Fachada tipo 2-.....	-20
Cubierta tipo 1-.....	-21
Cubierta tipo 2-.....	-22
Forjado planta baja-.....	-23
Tabique garaje-.....	-26
Huecos-.....	-27
2.7. Pérdidas envolvente actual-.....	-29
Capítulo 3. Modificación de la envolvente-.....	-30
3.1. Aplicación de mejoras en la envolvente-.....	-30
Fachadas-.....	-30
Cubierta-.....	-34
Forjado planta baja-.....	-37
Partición garaje-.....	-40
Vidrios y marcos-.....	-41
Elementos protección solar-.....	-44
Puentes térmicos-.....	-49
3.2. Comparación envolvente actual y propuesta-.....	-50
Fachadas-.....	-50

Cubiertas-.....	-50
Forjado planta baja-.....	-51
Tabique garaje-.....	-51
Carpintería-.....	-51
3.3. Pérdidas en la envolvente propuesta-.....	-51
3.4. Cumplimiento CTE-.....	-53
Fachadas-.....	-53
Cubiertas-.....	-54
Forjado planta baja-.....	-54
Huecos-.....	-54
Factor solar modificado en huecos-.....	-55
Condensaciones-.....	-55
Condensaciones. Fachadas-.....	-56
Condensaciones. Cubiertas-.....	-57
Condensaciones. Forjado planta baja-.....	-59
Condensaciones. Tabique garaje-.....	-59
3.5. Valor económico de las envolventes-.....	-60
Envolvente actual. Fachadas-.....	-60
Envolvente actual. Cubiertas-.....	-61

Envolvente actual. Forjado planta baja-.....	-61
Envolvente actual. Tabique garaje-.....	-62
Envolvente actual. Vidrios-.....	-62
Envolvente actual. Marcos-.....	-63
Coste envolvente actual-.....	-68
Envolvente propuesta. Fachadas-.....	-68
Envolvente propuesta. Cubierta-.....	-68
Envolvente propuesta. Tabique garaje-.....	-68
Envolvente propuesta. Vidrios y marcos-.....	-69
Coste envolvente propuesta-.....	-70
Capítulo 4. ACS. Agua caliente sanitaria-.....	-71
4.1. Consumo anual ACS-.....	-71
4.2. Contribución solar mínima-.....	-73
Instalación ACS actual-.....	-74
Colocación de captadores-.....	-75
Pérdidas por orientación e inclinación-.....	-75
Aportación energía captadores-.....	-76
4.3. Propuesta de producción de ACS-.....	-78
Aportación energía con 4 captadores-.....	-79

4.4. Estudio económico-.....	-80
Coste equipo actual-.....	-80
Gasto anual consumo equipo actual-.....	-80
Coste equipo propuesto-.....	-82
Gasto anual consumo equipo propuesto-.....	-83
Capítulo 5. Calefacción-.....	-85
5.1. Sistema calefacción propuesto-.....	-85
5.2. Demanda energética de calefacción-.....	-86
Demanda energética envolvente actual-.....	-88
Demanda energética envolvente propuesta-.....	-89
5.3. Aportación captadores solares a calefacción-.....	-90
5.4. Coste anual consumo-.....	-91
Coste anual consumo calefacción actual-.....	-91
Coste anual consumo calefacción propuesta-.....	-92
Capítulo 6. Refrigeración-.....	-93
6.1. Demanda energética de refrigeración-.....	-93
Demanda energética refrigeración actual-.....	-95
Demanda energética refrigeración propuesta-..	-95
6.2. Elección del sistema-.....	-96

Consumo según clase energética de equipos-....	-98
Equipo escogido-.....	-100
6.3. Coste anual consumo-.....	-101
Coste anual consumo refrigeración actual-.....	-101
Coste anual consumo refrigeración propuesta-.	-101
Capítulo 7. Iluminación-.....	-103
7.1. Iluminación existente-.....	-103
7.2. Iluminación propuesta-.....	-104
7.3. Valor económico lámparas-.....	-107
7.4. Estudio económico a largo plazo-.....	-108
Comparación tubo fluorescente y tubo LED-.....	-108
Comparación halógeno y downlight LED-.....	-109
Comparación bombillas incandescentes y LED-.	-110
Capítulo 8. Conclusiones.-.....	-111
8.1. Calificación energética de la vivienda-.....	-112
8.2. Análisis económico a largo plazo instalaciones-.....	-113
Instalación ACS-.....	-113
Instalación calefacción-.....	-114
Instalación refrigeración-.....	-115

Instalación iluminación-.....	-116
8.3. Viabilidad económica total de la propuesta-.....	-117
Coste total primer año-.....	-118
Coste total 10 años-.....	-119
Capítulo 9. Bibliografía-.....	-121
Capítulo 10. Índice figuras-.....	-123
Anexos-.....	-132
Planos.....	-132
Presupuesto carpintería PVC.....	-150

Capítulo 1.

1. Introducción

La eficiencia energética es una práctica que ha ido cogiendo fuerza en los últimos años y no es para menos, ya que es una parte muy importante del proceso de construcción de un edificio y en especial para el propietario de dichos inmuebles.

El objetivo no es ni más ni menos que reducir en la medida de lo posible el consumo de energía en una vivienda sin perder ni un ápice de las prestaciones que esta nos ofrece, consiguiendo con ello, respetar el medio ambiente, asegurar su disponibilidad para el futuro y por último y no menos importante, reducir nuestro gasto anual en consumo.

En este proyecto se busca mostrar que, realizando una serie de modificaciones a nuestro inmueble podemos conseguir una vivienda energéticamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente además de conseguir un ahorro económico considerable con el paso de los años. La edificación objeto del trabajo no está construida por lo que cuando más adelante nos refiramos al estado actual de esta nos estaremos refiriendo al proyecto en papel y será una vez analizadas todas las propuestas y su viabilidad cuando se comience con su construcción.

Capítulo 2.

2 Información general del edificio

En primer lugar debemos conocer las características de nuestro inmueble tales como la situación y características de la parcela así como las de la vivienda en sí. También se detallará la composición de la envolvente actual y las instalaciones existentes.

2.1 Situación y datos de la parcela

La vivienda sobre la que vamos a realizar el proyecto está situada en la avenida Europa número 9 de la ciudad de Teruel, ciudad localizada al sur de la comunidad autónoma de Aragón a una altitud de 900m.

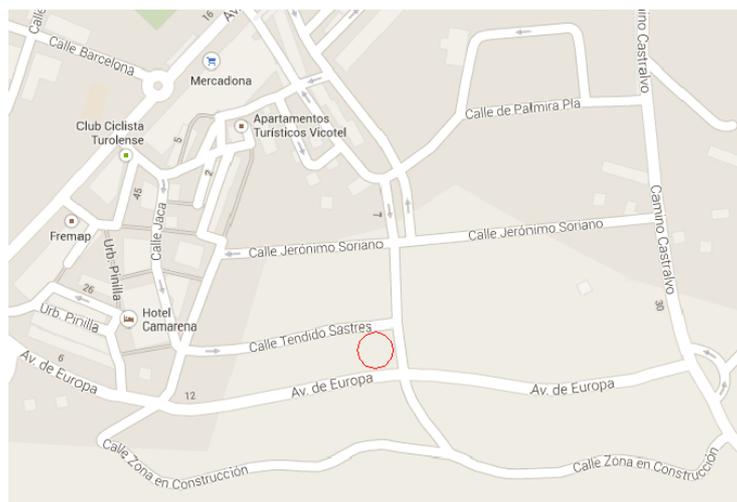


Figura 1. Plano de situación del edificio objeto.2014.Google Maps.

La parcela de la que disponemos tiene una forma irregular cuya superficie es de 420,92m² con ciertos desniveles en el terreno.

2.2 Situación de la edificación dentro de la parcela

La edificación está situada en la parte superior de la parcela con acceso a ella desde la Avenida de Europa.



Figura 2. Plano de situación en la parcela.2014.Catastro.

2.3 Datos de la edificación

El edificio sobre el que vamos a actuar es una vivienda unifamiliar de 3 plantas divididas en: Sótano, planta baja y planta primera.

El acceso se puede realizar en coche a través de la planta sótano o a pie a través de la planta baja.

La distribución de las plantas esta realizada de la siguiente manera:

Planta sótano: Toda la planta está destinada al uso de garaje

Planta baja: La planta baja consiste en un vestíbulo-distribuidor, un dormitorio, un lavadero abierto, cocina, baño, comedor y salón abierto que va hasta la cubierta.

Planta primera: En planta primera tenemos el corredor-distribuidor, 3 dormitorios, 2 baños y terraza.

A continuación se muestran las superficies construidas y útiles de la edificación y las superficies útiles divididas por estancias.

Superficies construidas:

Cuadro de superficies construida.		
Planta	Superficie construida (m2)	Terrazas (m2)
Planta baja	115,05	
Planta primera	89,95	12,6
Total vivienda	205	12,6
Sótano	124	

Figura 3. Cuadro de superficies construidas.2014.Excel.

Superficies útil planta baja.

Superficie util	
Planta baja	
Local	Superficie util (m2)
Vestibulo distribuidor	15,95
Salón	27,45
Comedor	14,85
Cocina	13,85
Baño	6,3
Lavadero	4,7
Dormitorio 1	13,45
Total planta baja	96,55

Figura 4. Cuadro de superficie útil planta baja.2014.Excel

Superficie útil planta primera y total.

Superficie util	
Planta primera	
Corredor distribuidor	14,8
Dormitorio 4	14,7
Baño 2	5,75
Dormitorio 3	13,85
Baño 1	5,95
Dormitorio 2	16,2
Total planta primera	71,25
Total vivienda	167,8

Figura 5. Cuadro de superficie útil planta primera y total.2014.Excel

2.4 Características de la envolvente

La parte más importante a la hora de hablar de eficiencia energética es sin duda la envolvente del edificio, siendo también la parte sobre la que con mayor atención tenemos que actuar, ya que es lo que marcará la diferencia en el ahorro.

A continuación se detallara las partes de la envolvente del edificio actual.

Envolvente. Fachada

La fachada del edificio se divide en 2 tipos de cerramientos, la única diferencia entre ellos es el color del ladrillo por lo que solo reflejaremos un tipo ya que el resto de la composición es idéntica. A la hora de calcular las transmitancias diferenciaremos entre zonas húmedas y zonas no húmedas con el exterior ya que la terminación variara entre enlucido de yeso o alicatado con azulejo cerámico. La composición es la siguiente:

Cerramiento compuesto por hoja exterior de fábrica vista de 1/2 pié de espesor, realizada con ladrillos cerámicos perforados de 24x11.5x5 cm.

de textura lisa color claro, con juntas de 1 cm. de espesor, aislamiento a base de paneles de lana de roca de 40 mm. de espesor, hoja interior de 7 cm. de espesor, realizada con ladrillo cerámicos huecos de 24x11.5x7 cm., sentados con mortero de cemento M-5a (1:6), con juntas de 1 cm. de espesor, aparejados, enfoscado de la hoja interior con mortero de cemento M-5 (1:6) de 1.5 cm. de espesor guarnecido-enlucido de la hoja exterior con mortero de cemento M-5 (1:6) de 1.5 cm. de espesor y proyección de espuma de poliuretano. Enlucido de yeso en la cara interior en zonas no húmedas y alicatado con azulejo cerámico en zonas húmedas.

Envolvente. Cubierta inclinada

Cubierta de teja cerámica árabe, recibida con mortero de cemento, capa de impermeabilización, aislamiento a base de paneles de poliestireno expandido y forjado de hormigón armado (25+5cm) con entrevigado de hormigón.

Como en el caso anterior a la hora de calcular las transmitancias diferenciaremos en zonas con falso techo o sin falso techo.

Envolvente. Forjado planta baja

En nuestro caso el forjado de planta baja está sobre el garaje, que al considerarlo una zona no habitable lo convierte en parte de la envolvente. La composición del forjado es la siguiente:

Forjado de hormigón armado (25+5cm) con entrevigado de hormigón, con aplicación en la parte inferior de proyectado de mortero de perlita-escayola. Acabado superior de baldosa de gres sobre capa de mortero de cemento.

Envolvente. Partición interior del garaje

Como en el caso anterior esta partición separa la escalera que une la planta baja con el garaje por lo que también se considerará como envolvente. La composición es la siguiente:

Tabicón de ladrillos cerámicos panal de 25x12x9 cm, aparejados y recibidos con mortero de cemento, revestido con enlucido de yeso.

Envolvente. Carpintería exterior. Puertas

Puerta de entrada a vivienda, para barnizar, formada por dos hojas acorazadas, una ciega de 210x90x4.5 cm. y una cristalera de 210x50x4.5 cm y fijo superior, chapada en haya y canteada, precerco de pino y galce macizo de haya de 70x20 mm., garras de fijación de acero galvanizado, tapajuntas de haya, de 90x12 mm., bisagras de latón, cerradura de 5 puntos de anclaje, con pomo latonado o cromado.

Puerta cortafuegos, tipo RF-60, una hoja de 80x210 cm, y 4,8 mm de espesor con plancha de acero doble pared de 1 mm, relleno de lana de roca.

Puerta balconera corredera compuesta por 2 hojas, con sistema de seguridad antirrobo, realizada con perfiles con rotura de puente térmico de aluminio anodizado de 15 micras, junta de estanqueidad interior, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 26 mm., recibida sobre precerco de aluminio para un hueco de obra de 200x240 cm. mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50 cm. y a menos de 25 cm. de las esquinas tomadas con morteros de cemento.

Envolvente. Carpintería exterior. Ventanas

Ventana corredera compuesta por dos hojas, con capialzado sistema monoblock, realizada con perfiles con rotura de puente térmico de aluminio anodizado de 15 micras, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 26 mm., recibida sobre precerco de aluminio para un hueco de obra de 200x140 cm. mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50 cm. y a menos de 25 cm. de las esquinas tomadas con morteros de cemento.

Ventana abatible compuesta por 1 hoja, con sistema de seguridad antirobo, realizada con perfiles con rotura de puente térmico de aluminio anodizado de 15 micras, junta de estanqueidad interior, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 38 mm., recibida sobre precerco de aluminio para un hueco de obra de 90x140 cm. mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50 cm. y a menos de 25 cm. de las esquinas tomadas con morteros de cemento.

Carpintería exterior. Vidrios

El vidrio existente para todas las carpinterías es el siguiente: Acristalamiento acústico doble 6-12-4 mm.

Carpintería exterior. Elementos de protección solar

Los elementos de protección solar existentes son contraventanas de PVC con lamas móviles de la marca Kommerling.

2.5 Instalaciones

Instalaciones. ACS

La instalación prevista para ACS consiste en un captador solar y un termo eléctrico.

2.6 Análisis de la envolvente

Para comprobar cómo realmente influyen las medidas que se tomaran posteriormente debemos analizar el edificio en su situación actual y el comportamiento de su envolvente. Para ello vamos a calcular los diferentes valores de transmitancia térmica U de cada elemento de la envolvente.

La transmitancia térmica U ($W/m^2 \cdot K$) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1/R_T$$

Siendo:

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 \cdot K/ W$].

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

siendo,

R_1, R_2, \dots, R_n las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [$m^2 \cdot K/ W$];

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla 1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K/ W$].

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total R_T se calcula mediante el procedimiento descrito en el apartado 3.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

siendo,

e el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

Figura 8. Variables de la ecuación y su significado.2013.CTE DB-HE1

Para conocer el valor de las resistencias térmicas superficiales según el flujo del aire nos dirigiremos a la tabla 1 del CTE DB HE-1.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$

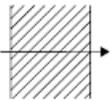
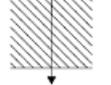
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Figura 9. Resistencias térmicas superficiales.2013.CTE DB-HE1.

Fachada tipo 1 zonas no húmedas

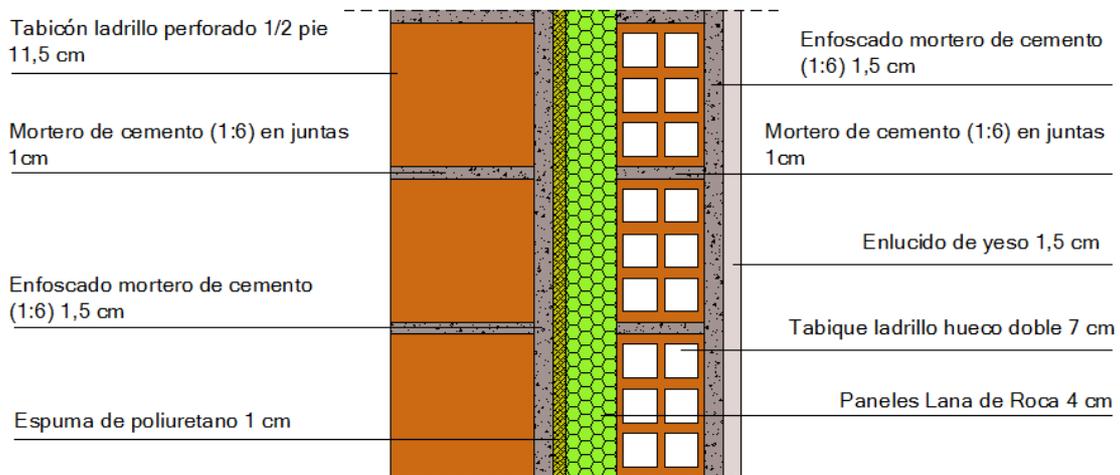


Figura 10. Detalle fachada tipo 1 zonas no húmedas.2014.CAD.

Cálculo U:

Fachada tipo 1 y 2 con zonas no húmedas						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,548167928
Tabicon LP de 1/2 pie			0,115	0,512	0,224609375	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Espuma de poliuretano			0,01	0,05	0,2	
Lana Mineral			0,04	0,04	1	
Tabicon ladrillo hueco			0,07	0,375	0,186666667	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,026315789	
Interior	0,13					
Espesor Total			0,28			
Resistencia Térmica Total					1,824258498	

Figura 11. Calculo U fachada 1 zonas no húmedas.2014.Excel.

$$U = 0,548 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

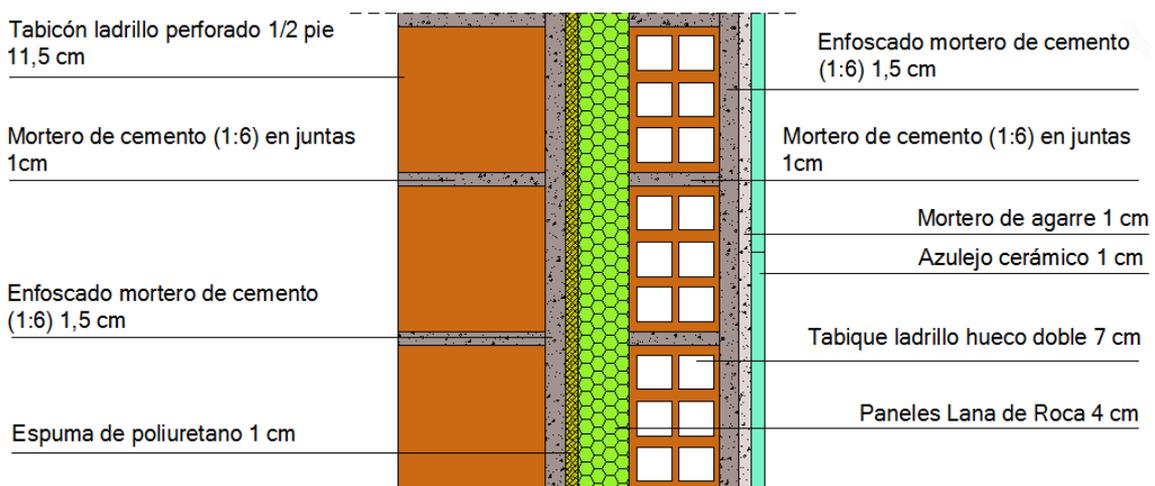
Fachada tipo 2 zonas húmedas

Figura 12. Detalle fachada tipo 2 zonas húmedas.2014.CAD.

Cálculo U:

Fachada tipo 1 y 2 con zonas húmedas						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,553821781
Tabicon LP de 1/2 pie			0,115	0,512	0,224609375	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Espuma de poliuretano			0,01	0,05	0,2	
Lana Mineral			0,04	0,04	1	
Tabicon ladrillo hueco			0,07	0,375	0,186666667	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Azulejo Cerámico			0,01	1,3	0,007692308	
Interior	0,13					
Espesor Total			0,275			
Resistencia Térmica Total					1,805635016	

Figura 13. Cálculo U fachada tipo 2 zonas húmedas.2014.Excel.

$U = 0,553 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cubierta tipo 1 falso techo

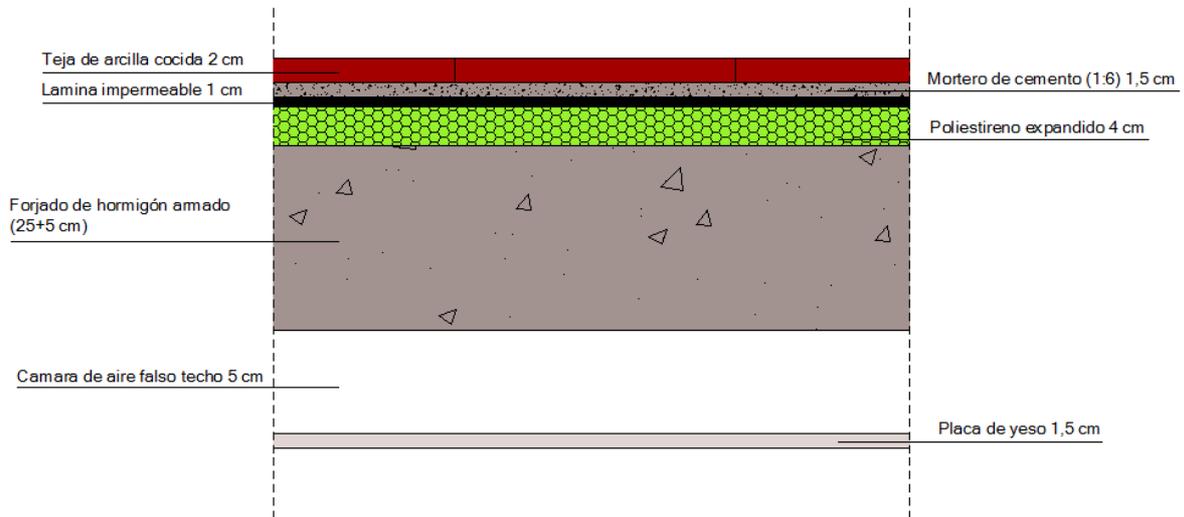


Figura 14. Detalle cubierta tipo 1 falso techo.2014.CAD.

Cálculo U:

Cubierta (Zonas Húmedas y corredor)						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,578218935
Teja arcilla cocida			0,02	1	0,02	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Lamina impermeable			0,01	0,23	0,043478261	
Poliestireno Expandido			0,04	0,0375	1,066666667	
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,210970464	
Camara de aire		0,16	0,05		0,16	
Placa de yeso			0,02	0,25	0,08	
Interior	0,1					
Espesor Total			0,455			
Resistencia Térmica Total					1,729448725	

Figura 15. Cálculo U cubierta tipo 1 falso techo.2014.Excel.

$$U = 0,578 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Cubierta tipo 2 sin falso techo

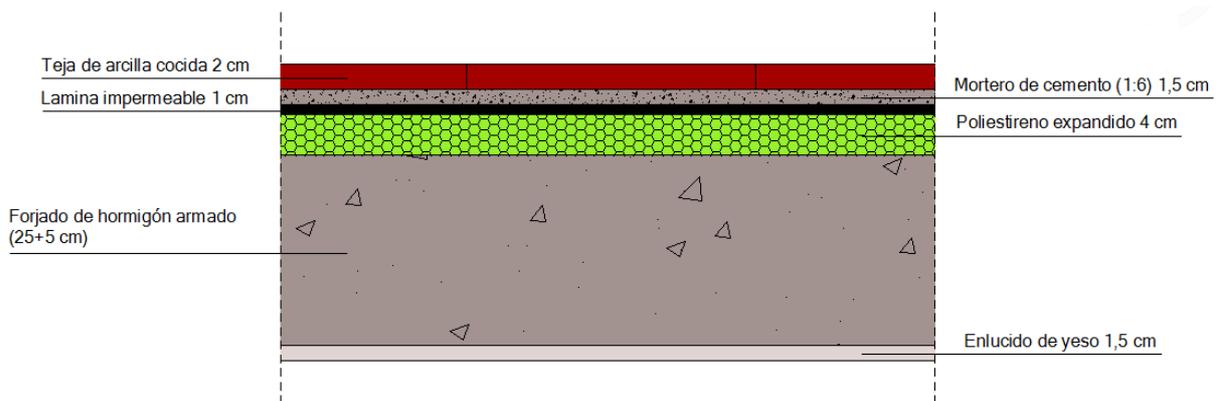


Figura 16. Detalle cubierta tipo 2 sin falso techo.2014.CAD.

Cálculo U:

Cubierta (Zonas no Húmedas)						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,659733085
Teja arcilla cocida			0,02	1	0,02	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Lamina impermeable			0,01	0,23	0,043478261	
Poliestireno Expandido			0,04	0,0375	1,066666667	
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,210970464	
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,026315789	
Interior	0,1					
Espesor Total			0,4			
Resistencia Térmica Total					1,515764514	

Figura 17. Cálculo U cubierta tipo 2 sin falso techo.2014.Excel.

$$U = 0,659 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Forjado planta baja

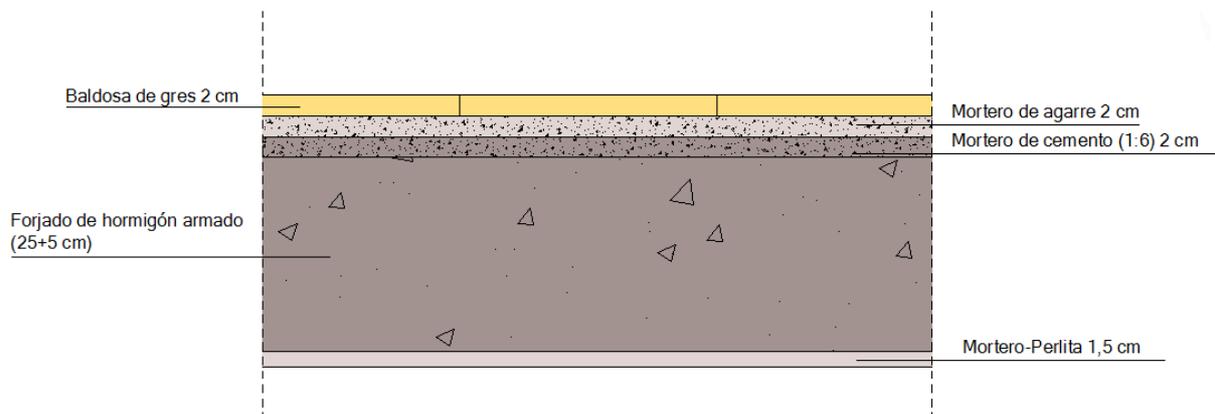


Figura 18. Detalle forjado planta baja.2014.CAD.

Para calcular la U de este cerramiento utilizaremos el coeficiente de reducción de temperatura según la tabla 7 del CTE DB-HE-1.

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

$A_{h,nh}/A_{nh,e}$	No aislado _{nh-e} - Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Figura 19. Coeficiente de reducción de temperatura b.2013.CTE DB-HE1.

También cambiarán los valores de resistencias superficiales, que para los casos de particiones en contacto con locales no habitables serán los siguientes dependiendo del flujo de aire según la tabla 6 del CTE DB-HE1.

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m²K/W

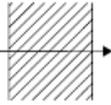
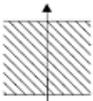
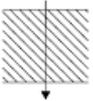
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal</i> 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)</i> 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</i> 	0,17	0,17

Figura 20. Resistencias térmicas superficiales interiores.2013.CTE DB-HE1.

Nuestro caso es sin aislamiento en ninguna de las 2 partes y del caso 2 ya que el garaje tiene múltiples aberturas. El área de la superficie de la zona no habitable con el exterior es la siguiente:

$$11,80 \times 2,50 = 29,5 \text{ m}^2$$

El área de la superficie de la zona habitable en contacto con la no habitable es la siguiente:

$$104,95 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el valor A_{h-nh}/A_{nh-e} es:

$$104,95/29,5 = 3,55$$

Esto nos da un valor de b de 0,57.

Por lo tanto la U del forjado será:

Forjado en contacto con garaje								
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)	Coeficiente Reducción Temperatura b	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara						
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W						
Exterior	0,17					1,646462938	0,57	0,938483875
Mortero perlita-escayola			0,015	0,41	0,036585366			
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,210970464			
Mortero de cemento			0,02	1,8	0,011111111			
Baldosa de gres			0,02	2,3	0,008695652			
Interior	0,17							
Espesor Total			0,355					
Resistencia Térmica Total					0,607362593			

Figura 21. Cálculo U forjado garaje.2014.Excel.

$$U = 0,938 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Tabique garaje

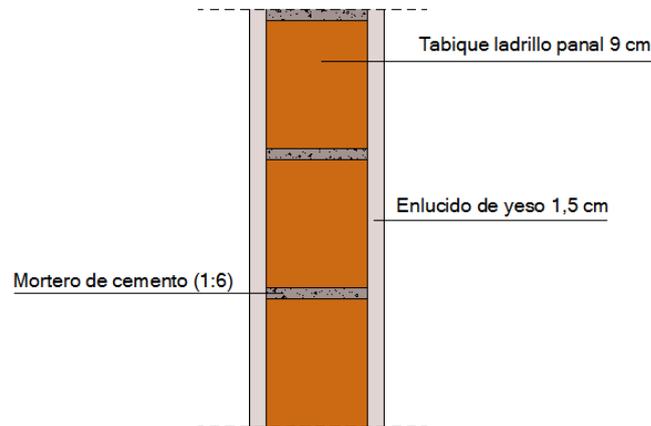


Figura 22. Detalle tabique garaje.2014.CAD.

Aquí volveremos a usar el coeficiente de reducción de temperatura. Vuelve a ser una partición sin aislamiento en ninguna de las 2 partes y el caso 2 de ventilación. El área de la superficie de la zona no habitable con el exterior es la siguiente:

$$11,80 \times 2,50 = 29,5 \text{ m}^2$$

El área de la superficie de la zona habitable en contacto con la no habitable es la siguiente:

$$(1 \times 2,50) + (5,05 \times 2,50) + (5,05 \times 2,50) = 27,75 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el valor $A_h\text{-nh}/A_{h\text{-e}}$ es:

$$27,75/29,5 = 0,94$$

Esto nos da un valor de b de 0,83.

Por lo tanto la U del tabique será:

Partición Garaje								
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)	Coeficiente Reducción Temperatura b	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara						
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W						
Exterior	0,13							
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,026315789	2,047448267	0,83	1,699382061
Tabicon ladrillo panal			0,09	0,512	0,17578125			
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,026315789			
Interior	0,13							
Espesor Total			0,12					
Resistencia Térmica Total					0,488412829			

Figura 23. Cálculo U partición garaje.2014.Excel.

$$U = 1,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Huecos

La puerta de entrada es de madera maciza con una parte fija acristalada. Las ventanas y puertas balconeras serán de aluminio con acristalamiento con cámara 6-12-4. La puerta que separa la vivienda del sótano, será una puerta cortafuegos RF-60.

Con estos datos y mediante la siguiente fórmula obtendremos los valores de U para los huecos en contacto con el exterior o con zonas no habitables.

$$U_H = (1-FM) \times U_{Hv} + FM \times U_{Hm}$$

siendo,

$U_{H,v}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m²·K];

$U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [W/m²·K];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

Figura 24. Variables de la ecuación y su significado.2013.CTE DB-HE1

Tras usar la fórmula obtendremos los resultados siguientes:

Carpintería de aluminio								
Tipo	Transmitancia		Dimensiones		Area Hueco (m ²)	Espesor marco e (m)	Fracc. ocupada por el marco FM	Coef. De transmisión U W/(m ² x K)
	semitransp. U _H W/(m ² x K)	opaca U _v W/(m ² x K)	Ancho L (m)	Alto H (m)				
PB1-1	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB1-2	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB1-3	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB1-4	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB1-5	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB1-6	3,3	4	2	2,4	4,8	0,05	0,2	3,44
PB2-1	3,3	4	1,5	2,1	3,15	0,05	0,2	3,44
V1-1	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V1-2	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V1-3	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V1-4	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V1-5	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V2-1	3,3	4	0,9	1,4	1,26	0,05	0,2	3,44
V2-2	3,3	4	0,9	1,4	1,26	0,05	0,2	3,44
V2-3	3,3	4	0,9	1,4	1,26	0,05	0,2	3,44
V4-1	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44
V4-2	3,3	4	2	1,4	2,8	0,05	0,2	3,44

Figura 25. Calculo U carpintería aluminio.2014.Excel.

Carpintería de acero								
Tipo	Transmitancia		Dimensiones		Area Hueco (m ²)	Espesor marco e (m)	Fracc. ocupada por el marco FM	Coef. De transmisión U W/(m ² x K)
	semitransp. U _H W/(m ² x K)	opaca U _v W/(m ² x K)	Ancho L (m)	Alto H (m)				
P5	-	-	0,8	2,1	1,68	0,05	1	1,84

Figura 26. Calculo U carpintería acero.2014.Excel.

Carpintería de madera								
Tipo	Transmitancia		Dimensiones		Area Hueco (m ²)	Espesor marco e (m)	Fracc. ocupada por el marco FM	Coef. De transmisión U W/(m ² x K)
	semitransp. U _H W/(m ² x K)	opaca U _v W/(m ² x K)	Ancho L (m)	Alto H (m)				
P1 Opaca			0,9	2	1,8	0,05	1	3
P1 Cristal	3,3	3	0,5	2	1	0,05	0,2	3,24

Figura 27. Calculo U carpintería madera.2014.Excel.

2.7 Pérdidas de la envolvente actual

Una vez hemos obtenido los distintos valores de transmitancia térmica para cada elemento de la envolvente los usaremos para calcular cual es la cantidad de energía que perdemos a través de nuestra envolvente, algo importante a tener en cuenta para futuras comprobaciones.

Perdidas envolvente			
Elemento	U(W/m2K)	Superficie (m2)	Perdidas
Fachada tipo 1	0,548	214,2	117,3816
Fachada tipo 2	0,553	49,67	27,46751
Cubierta 1	0,578	63,7	36,8186
Cubierta 2	0,659	104,1	68,6019
Forjado PB	0,938	115,05	107,9169
Tabique Garaje	1,7	28,24	48,008
Ventanas	3,44	55,33	190,3352
Puerta sótano-viv	1,8	1,68	3,024
P1-Opaca	3	1,8	5,4
P1-Cristal	3,24	1	3,24
Perdidas totales (W/K)			608,19371

Figura 29. Perdidas de la envolvente actual.2014.Excel.

Podemos observar que el elemento por donde más perdemos es la fachada tipo 1 debido a su mayor superficie y las carpinterías. A pesar de esto actuaremos en todos los elementos en la medida de lo posible.

Capítulo 3.

3 Modificación de la envolvente

La envolvente como se ha dicho anteriormente es la parte más importante a la hora de hablar de eficiencia energética ya que la pérdida de energía se produce a través de esta y por mucho que las instalaciones sean eficientes si la envolvente no es la correcta no estaremos actuando de la manera adecuada.

3.1 Aplicación de mejoras en los distintos elementos de la envolvente

Vamos a comenzar por mejorar el aislamiento de todos los elementos que conforman nuestra envolvente ya que no es un material costoso y su aumento proporciona unas grandes mejoras como comprobaremos posteriormente.

Fachadas

El aislamiento del que disponemos en las fachadas consiste en paneles de lana de roca de 4cm de espesor con una conductividad de 0,04 W/mK. La propuesta consistirá en la sustitución de esos paneles por paneles Thermo Empoline marca Empoline de 8,3 cm de espesor con una conductividad de 0,031 W/mk.



Figura 30. Paneles de lana de roca .2014.Web empoline

Las características de los paneles son las siguientes, extraídas de la página web de la empresa Empoline.

CARACTERÍSTICAS	Unidad	TIPO				
		BASIC	MEDIUM	PLUS	EXTRA	SUPERFORTE
Conductividad térmica (λ a 10° C)	W(m·K)	0,045	0,039	0,036	0,034	0,034
Resistencia a la flexión BS	KPa	50	50	150	200	250
Resistencia a la compresión CS(10)	KPa	-	-	100	120	200
Euroclase de reacción al fuego	-	F	F	F	F	F
Estabilidad dimensional DS(N)	-	2	2	2	2	2
Tolerancia: Dimensiones (T-L-W)	-	1	1	1	1	1
Tolerancia: Rectangularidad (S)	-	1	1	1	1	1
Tolerancia: Planeidad (P)	-	1	1	1	1	1

TIPO	Conductiv. Térmica	VALORES DE RESISTENCIA TÉRMICA (m ² K/W)							
		SEGÚN LOS ESPESORES ESTÁNDAR DE LAS PLANCHAS (mm)							
		20	30	40	50	63	71	83	100
Empolime Basic	0,045	0,40	0,65	0,85	1,10	1,40	1,55	1,80	2,20
Empolime Medium	0,039	0,50	0,75	1,00	1,25	1,60	1,80	2,10	2,55
Empolime Plus	0,036	0,55	0,80	1,10	1,35	1,75	1,95	2,30	2,75
Empolime Extra	0,034	0,55	0,85	1,15	1,45	1,85	2,05	2,40	2,90
Empolime Superforte	0,034	0,55	0,85	1,15	1,45	1,85	2,05	2,40	2,90
ThermoEmpolime 31	0,031	0,60	0,95	1,25	1,60	1,90	2,25	2,55	3,20
ThermoEmpolime 34	0,034	0,55	0,85	1,15	1,45	1,85	2,05	2,40	2,90

Figura 31. Características de los paneles .2014. Web empoline

Una vez elegido el aislamiento, vamos a volver a calcular la transmitancia del cerramiento para ver su influencia en él.

Fachada tipo 1 propuesta

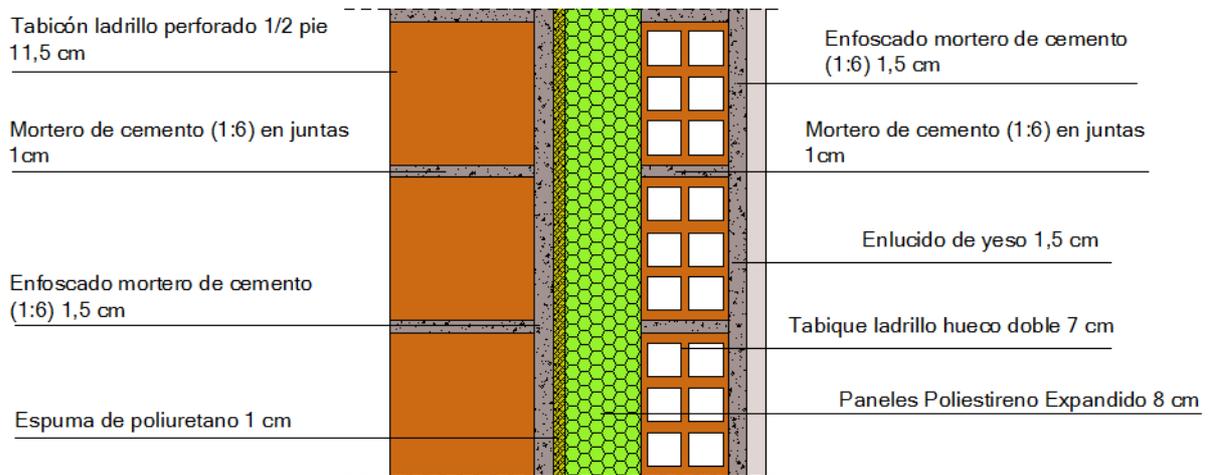


Figura 32. Detalle fachada tipo 1 propuesta.2014. CAD.

Calculo U:

Fachada tipo 1 y 2 con zonas no húmedas						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,285577384
Tabicon LP de 1/2 pie			0,115	0,512	0,22460938	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Espuma de poliuretano			0,01	0,05	0,2	
Poliestireno Expandido			0,083	0,031	2,67741935	
Tabicon ladrillo hueco			0,07	0,375	0,18666667	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,008333333	
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,02631579	
Interior	0,13					
Espesor Total			0,323			
Resistencia Térmica Total					3,50167785	

Figura 33. Calculo U fachada tipo 1.2014. Excel.

$$U = 0,285 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Fachada tipo 2 propuesta

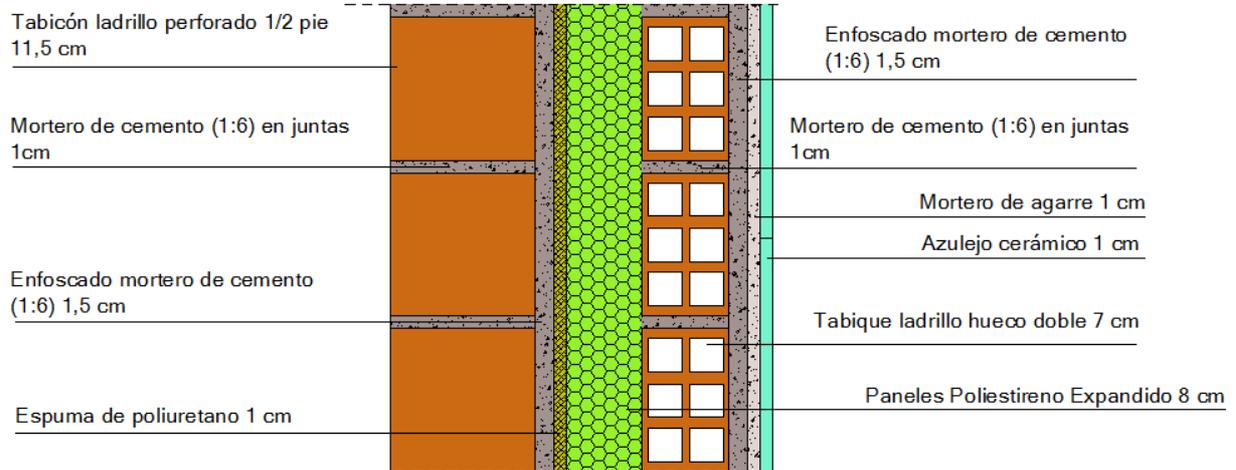


Figura 34. Detalle fachada tipo 2 propuesta.2014. CAD.

Calculo U:

Fachada tipo 1 y 2 con zonas húmedas						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,287104332
Tabicon LP de 1/2 pie			0,115	0,512	0,22460938	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,00833333	
Espuma de poliuretano			0,01	0,05	0,2	
Poliestireno Expandido			0,083	0,031	2,67741935	
Tabicon ladrillo hueco			0,07	0,375	0,18666667	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,00833333	
Azulejo Cerámico			0,01	1,3	0,00769231	
Interior	0,13					
Espesor Total			0,318			
Resistencia Térmica Total					3,48305437	

Figura 35. Calculo U fachada tipo 2. 2014. Excel.

$$U = 0,287 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Cubierta

El aislamiento original de las cubiertas es a base de paneles de poliestireno expandido con un espesor de 4cm y una conductividad de 0,0375 W/mk.

La propuesta consiste en sustituir estos paneles de poliestireno expandido por paneles de poliestireno extrusionado tipo Polyfoam Canaboard C4 LJ de marca Knauf con una conductividad de 0,034 W/mk y espesor de 8cm.



Figura 36. Poliestireno extrusionado.2014. Web Polyfoam.

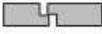
Características según EN 13164	Unidades	Norma ensayo	Polyfoam Canaboard C4 LJ
Conductividad térmica (λ_D)	W/mK	EN 12667	0,034 (30 a 60 mm) 0,036 (65 a 100 mm)
Resistencia a compresión c_s (10,Y)	kPa	EN 826	≥ 300
Fluencia a compresión α (2/ 1,5/ 50)	kPa	EN 1606	≥ 125
Absorción de agua por inmersión (W_{10})	%	EN 12087	$\leq 0,7$
Capilaridad			nula
Reacción al fuego		EN 13501-1	Euroclase E
Coefficiente dilatación lineal	mm/mK	UNE 53126	$\leq 0,07$
Capacidad térmica	kJ/kgK		1,4
Temperaturas límites de uso	°C		-60 ÷ +75
Acabado superficial			Aconalado
Dimensiones (L x A)	mm		1250 x 600
Espesores	mm		40, 50, 60, 80, 100
Cantos			

Figura 37. Características técnicas poliestireno 2014. Web Polyfoam.

Una vez elegido el aislamiento, vamos a volver a calcular la transmitancia de la cubierta para ver su comportamiento.

Cubierta 1 propuesta

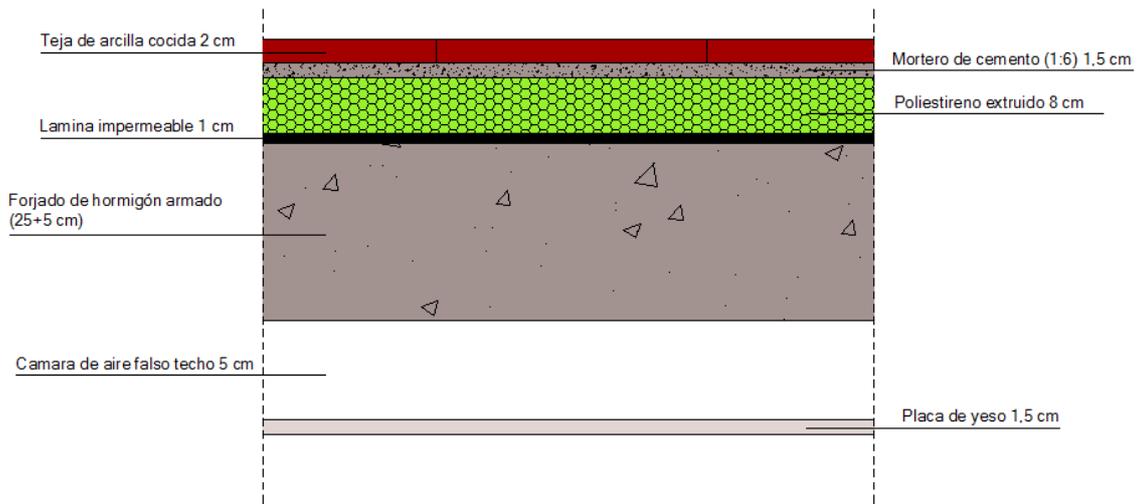


Figura 38. Detalle cubierta tipo 1 propuesta.2014.CAD.

Calculo U:

Cubierta (Zonas Húmedas y corredor)						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,346619936
Teja arcilla cocida			0,02	1	0,02	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,00833333	
Lamina impermeable			0,01	0,23	0,04347826	
Poliestireno Extrusionado			0,08	0,036	2,22222222	
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,21097046	
Camara de aire		0,16	0,05		0,16	
Placa de yeso			0,02	0,25	0,08	
Interior	0,1					
Espesor Total			0,495			
Resistencia Térmica Total					2,88500428	

Figura 39. Calculo U cubierta tipo 1.2014.Excel.

$$U = 0,346 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Cubierta 2 propuesta

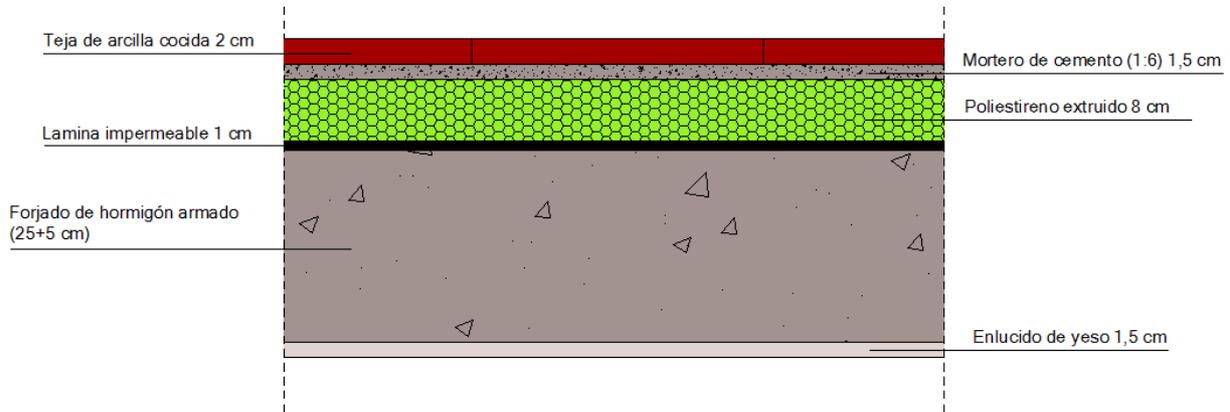


Figura 40. Detalle cubierta tipo 2 propuesta.2014.CAD.

Calculo U:

Cubierta (Zonas no Húmedas)						
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara				
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W				
Exterior	0,04					0,374346755
Teja arcilla cocida			0,02	1	0,02	
Mortero de cemento			0,015	1,8	0,00833333	
Lamina impermeable			0,01	0,23	0,04347826	
Poliestireno Extrusionado			0,08	0,036	2,22222222	
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,21097046	
Enlucido de yeso			0,015	0,57	0,02631579	
Interior	0,1					
Espesor Total			0,44			
Resistencia Térmica Total					2,67132007	

Figura 41. Calculo U cubierta tipo 2.2014.Excel.

$$U = 0,374 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Forjado planta baja

El aislamiento actual del forjado de la planta baja con el garaje se basa en una proyección de mortero de perlita-escayola con una conductividad de 0,41 W/mk.

En este caso la solución pensada consistirá en poner un falso techo en el garaje en el cual colocaremos un aislante, que junto con la cámara de aire propia del falso techo nos dará una gran protección térmica. El falso techo será de placas de yeso laminado registrable marca Knauf

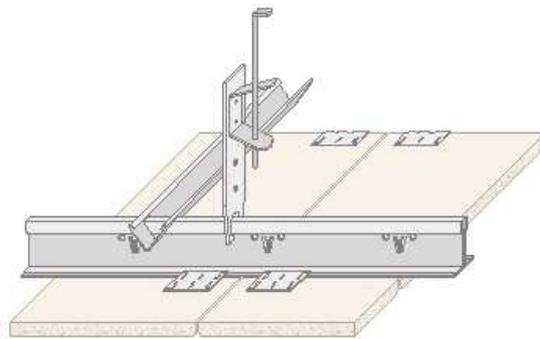


Figura 42. Detalle falso techo.2014. Web de Knauf.

El aislante elegido para colocar sobre el falso techo será un panel semirrígido de lana de roca tipo Rockcalm-E-211 marca Rockwool de 6cm de espesor con una conductividad de 0,035 W/mk.



Figura 43. Paneles lana de roca.2014.Web de Rockwool.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma
Densidad nominal	40 kg/m ³	EN1602
Conductividad térmica	0.035 W/(m*K)	UNE-EN 12667
Resistencia térmica	Espesor en mm	R(m2K/W)
	30	0,85
	40	1,1
	50	1,4
	60	1,7
Resistencia al paso del vapor de agua	$\mu \pm 1.3$ Por ser estructura abierta, la lana de roca ofrece una fuerte permeabilidad al vapor de agua y no se altera por eventuales condensaciones en la estructura del edificio.	
Reacción al fuego	A1	UNE-EN 13501.1

Figura 44. Características técnicas lana de roca.2014. Web de Rockwool.

Una vez elegido el sistema de aislamiento vamos a realizar el cálculo de la transmitancia del forjado.

Forjado planta baja propuesta

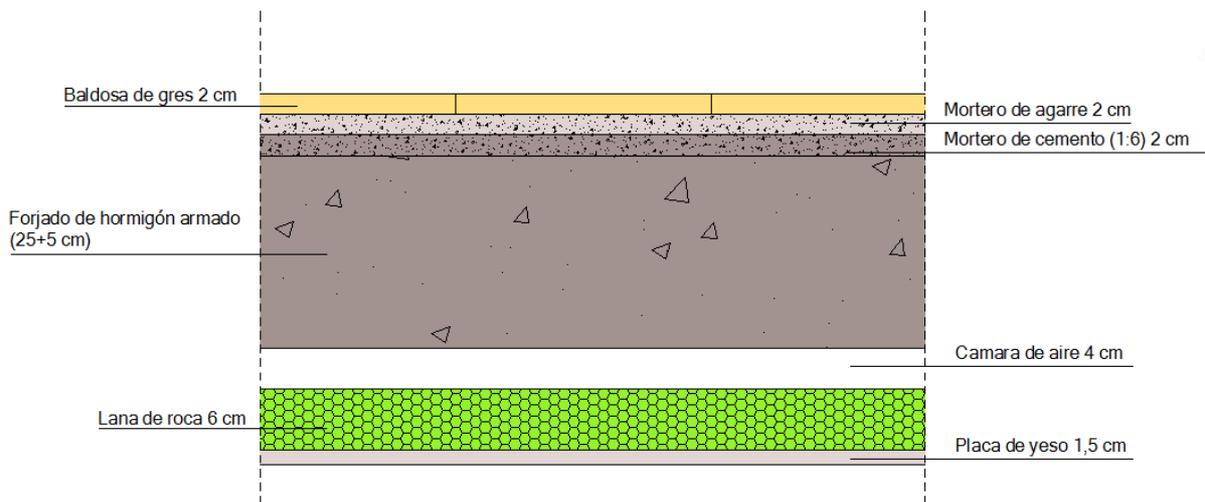


Figura 45. Detalle forjado planta baja propuesto.2014. CAD.

Calculo U:

Al ser una partición separada de un local no calefactado habrá que calcular un coeficiente de reducción de temperatura “b”. Según la tabla del CTE DB HE1 hay que comprobar donde ira colocado el aislamiento para mirar la parte correspondiente de la tabla, por esto, el cálculo realizado anteriormente donde partimos de la premisa de que no había aislamiento no es válido. Volveremos a obtener el valor “b” de la misma forma que en el caso anterior.

En este caso que la zona habitable estará aislada en el falso techo cogeremos el valor de la primera columna del caso 2, ya que el local está muy ventilado por la existencia de puerta y ventanas. El resto de valores si será el mismo que antes.

El área de la superficie de la zona no habitable con el exterior es la siguiente:

$$11,80 \times 2,50 = 29,5 \text{ m}^2$$

El área de la superficie de la zona habitable en contacto con la no habitable es la siguiente:

$$104,95 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el valor A_{h-nh}/A_{h-e} es:

$$104,95/29,5 = 3,55$$

Esto nos da un valor de b de 0,90.

Teniendo el valor de b obtendremos la U del elemento como hasta ahora.

Forjado en contacto con garaje								
Elemento	Resistencia térmica		Espesor e (m)	Conductividad λ W/(m x K)	Resistencia térmica R m ² x K/W	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)	Coeficiente Reducción Temperatura b	Coeficiente de transmisión U W/(m ² x K)
	superficial	cámara						
	Rsi y Rse (m ² x K)/W	Rc (m ² x K)/W						
Exterior	0,17					0,399191567	0,9	0,35927241
Placa de yeso	0,16		0,015	0,25	0,06			
Lana de roca			0,06	0,035	1,71428571			
Camara de aire			0,04					
Forjado Hormigón			0,3	1,422	0,21097046			
Mortero de cemento			0,02	1,8	0,01111111			
Baldosa de gres			0,02	2,3	0,00869565			
Interior	0,17							
Espesor Total			0,455					
Resistencia Térmica Total					2,50506294			

Figura 46. Cálculo U forjado planta baja propuesto.2014. CAD.

$$U = 0,359 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Partición garaje

La partición del garaje consiste en un tabique con ladrillo panal de 9cm enlucido de yeso a 2 caras, sin ningún tipo de aislamiento. La propuesta consistirá en la sustitución de este tabique por uno de placas de yeso laminado con aislamiento en su interior. El tabique elegido es el sistema W111.es de marca Knauf con aislamiento interior de lana de roca de 12cm de espesor total de tabique.

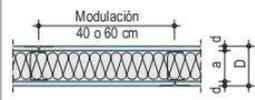
Tabiques con lana mineral												
Sistemas	Datos Técnicos y Físicos										Altura máx. del tabique en mts.	
	Dimensiones en mm			Peso Kg/m ²	Resistencia al fuego (min.)		Aisl. acústico a ruido aéreo RA(dBA)		Aislam. a térmico aprox. Rt m ² . °K/W	Montantes cada 0,6 m.	Montantes cada 0,4 m.	
	a	d	D		Placa A	Placa DF	Placa A	Placa Diamant				
W111.es Estructura simple - Una placa												
	48	12,5	73	21	30	45'	40	-	1,47	-	2,80 ³	
		15	78	25	30	60'	43	47	1,49	2,60	2,80	
		18	84	33	60	60	43	-	1,52	2,85	3,15	
	70	12,5	95	23	30	45'	-	-	2,18	-	3,60 ³	
		15	100	27	30	60'	46	49	2,20	3,25	3,60	
	90	12,5	115	24	30	45'	-	-	2,73	-	4,15 ^{3*}	
15		120	28	30	60'	48	>49	2,75	3,75	4,15*		

Figura 47. Características técnicas tabique W111.es.2014. Web de Knauf.

Partición garaje propuesta

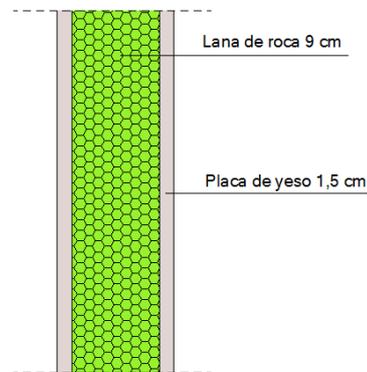


Figura 48. Detalle tabique W111.es.2014. CAD.

Calculo U:

Según el catalogo de Knauf, la partición da una resistencia total de 2,75 $\text{m}^2\text{W/k}$ con lo que nos da una transmitancia total de 0,36 $\text{W/m}^2\text{k}$

$$U = 0,36 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Vidrios y marcos

Los marcos que tenemos actualmente son marcos de aluminio con rotura de puente térmico y los vidrios son del tipo 6-12-4.

Se sustituirán las carpinterías por otras con marcos también con rotura de puente térmico con menor transmitancia que los actuales y vidrios de baja emisividad.

Los marcos serán de PVC tipo Eurofutur Elegance de marca Kommerling cuya transmitancia térmica es de 1,3 $\text{W/m}^2 \text{ K}$.

Características de la Carpintería

- Sistema de perfiles desde 70 mm de con 5 cámaras de aire estanco en su interior.
- 1 cámara para alojamiento del refuerzo 3 mm de espesor en paredes principales.
- Refuerzo de acero cincado 1,5 mm de espesor (mínimo).
- Galce inclinado de 5°.
- Capacidad de galce para vidrio desde 3 mm hasta 39 mm.
- Formulación GREENLINE exenta de metales pesados.
- Atenuación acústica que alcanza los 45db.
- Permeabilidad al aire CLASE 4.
- Disponible en todos los colores foliados y koloriten.
- Ventanas, puertas y todo tipo de cerramientos gracias al gran número de hojas, marcos y complementos.

Transmitancia térmica $U_f = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figura 49. Características técnicas marcos.2014. Web de Kommerling.

Para los vidrios elegiremos el sistema Planitherm Ultra N de marca Climalit de doble acristalamiento tipo 4-12-4 con vidrios de baja emisividad.

Doble Acristalamiento sgg CLIMALIT PLUS con sgg PLANITHERM ULTRA N. Cálculos realizados con el software Calumen.

Composición (mm)	4-12-4		4-16-4		6-12-4	
Posición de la capa	3	2	3	2	3	2
Factores luminosos						
T1 (%)	80				79	
R ext (%)	12					
Factor solar (g)	0,62	0,58	0,62	0,58	0,61	0,57
Coefficiente de sombra (SC)	0,72	0,67	0,72	0,67	0,70	0,66
Valor U						
Aire (W/m ² K)	1,6		1,4		1,6	
Ar 90% (W/m ² K)	1,3		1,1		1,3	

Figura 50. Características técnicas vidrios.2014. Catalogo climalit.

Este tipo de vidrio nos da una U de: $1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Calculo U:

Volvemos a usar la fórmula utilizada anteriormente considerando también una ocupación del marco de un 20% obteniendo el siguiente resultado:

Carpintería PVC			
U vidrio (W/m ² K)	U marco (W/m ² K)	Fraccion marco	U hueco (W/m ² K)
1,6	1,3	0,2	1,54

Figura 51. Cálculo U carpintería propuesta.2014. Excel.

Independientemente del cálculo, en la pagina del producto se ha realizado un ensayo de la transmitancia de la carpintería junto con un vidrio 4-12-4 de baja emisión que es el que utilizaremos dándonos el siguiente valor:

Valores de ensayo
Ventana de dos hojas de 1230x1480 con Vidrio Bajo Emisivo 4/12/4
Transmitancia térmica: 0.9 W/m ² K
Atenuación Acústica: 47dB
Estanquidad al agua: Clase E900
Permeabilidad al aire: Clase 4
Resistencia a las cargas: Clase C5

Figura 52. Ensayo carpintería propuesta.2014. Web de Kommerling.

La U que nos facilita el ensayo es de 0,9 W/m²K, que es bastante inferior a la que obtenemos por cálculo.

Elementos de protección solar

La vivienda dispone de elementos de protección solar además de los que otorgan algunos voladizos o los retranqueos por lo que esto lo mantendremos igual.

Las contraventanas en cuestión son el sistema Grado con lamas móviles de la marca Kommerling.



Figura 53. Detalle lamas.2014. Web de Kommerling.

Cálculo del factor solar modificado

Para obtener el factor solar modificado debemos tener en cuenta diversos factores como la absorptividad del marco para la radiación solar y los obstáculos de fachada que se interpongan entre la luz y el hueco para obtener el factor de sombra, además de por supuesto, la orientación de los propios huecos. Los huecos orientados al norte tendrán un valor de 1.

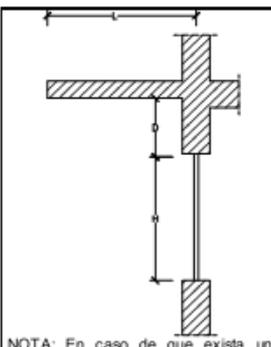
Lo primero que debemos hacer es conocer la orientación de los huecos de fachada.

Una vez conocemos la orientación haremos un estudio del factor de sombra, para esto miraremos los obstáculos de la fachada reflejados en

el CTE que pueden interponerse entre la luz solar y el hueco. En nuestro caso serán voladizos y retranqueos por lo que nos dirigiremos a la siguientes tablas:

Factor de sombra por obstáculos de fachada: Voladizo

Tabla 11 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo



ORIENTACIONES DE FACHADAS		L/H			
		$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
S	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22
	$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,60	0,39
SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
	$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
	$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

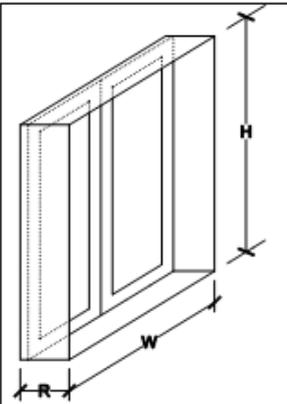
Figura 54. Factor de sombra en voladizos.2013. CTE DB-HE1.

Factor de sombra en voladizos							
Tipo	Orientación	Altura H	Desnivel D	Longitud L	D/H	L/H	Factor de sombra
PB1-1	O	2	0,45	1,1	0,225	0,55	0,86
PB1-2	S	2	0,45	0,8	0,225	0,4	0,87
PB1-3	S	2	0,45	0,8	0,225	0,4	0,87
PB1-5	O	2	0,45	0,8	0,225	0,4	0,96
PB1-4	S	2	0,45	0,8	0,225	0,4	0,87
PB1-6	S	2	0,28	1	0,14	0,5	0,82

Figura 55. Cálculo factor de sombra en voladizos.2014. Excel.

Factor de sombra por obstáculos de fachada: Retranqueo

Tabla 12 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



ORIENTACIONES DE FACHADAS		R/W			
		0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5
S	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
	R/H > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,86	0,81	0,72	0,51
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,79	0,74	0,66	0,47
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,59	0,56	0,47	0,36
	R/H > 0,5	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,91	0,87	0,81	0,65
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,86	0,82	0,76	0,61
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,71	0,68	0,61	0,51
	R/H > 0,5	0,53	0,51	0,48	0,39

Figura 56. Factor de sombra en retranqueos.2013. CTE DB-HE1.

Factor de sombra en retranqueo							
Tipo	Orientación	Retranqueo R	Altura H	Ancho W	R/H	R/W	Factor de sombra
PB1-1	O	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,82
PB1-2	S	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,67
PB1-3	S	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,67
PB1-4	S	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,67
PB1-5	O	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,82
PB1-6	S	0,25	2	2,4	0,125	0,104	0,67
P1	O	0,25	2,1	1,4	0,119	0,179	0,82
V1-1	O	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,82
V1-2	E	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,82
V1-3	E	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,82
V1-4	O	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,82
V2-3	E	0,25	1,4	0,9	0,179	0,278	0,76
V4-1	S	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,67
V4-2	S	0,25	2	1,4	0,125	0,179	0,67

Figura 57. Cálculo factor de sombra en retranqueos.2014. Excel.

Factor de sombra por obstáculos de fachada: Lamas

Tabla 13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

LAMAS HORIZONTALES		ANGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

Figura 58. Factor de sombra en lamas.2013. CTE DB-HE1.

Al tener lamas móviles para el cálculo consideraremos que la inclinación de las lamas es de 60°. El cálculo de factor de sombra total con las contraventanas incluidas es el siguiente:

Factor de sombra total					
Tipo	Orientación	Factor sombra R	Factor sombra V	Factor sombra L	Factor Sombra total
PB1-1	O	0,82	0,86	0,27	0,19
PB1-2	S	0,67	0,87	0,26	0,15
PB1-3	S	0,67	0,87	0,26	0,15
PB1-4	S	0,67	0,87	0,26	0,15
PB1-5	O	0,82	0,96	0,27	0,21
PB1-6	S	0,67	0,82	0,26	0,14
PB2-1	N	1	1	1	1,00
V2-1	N	1	1	1	1,00
V2-2	N	1	1	1	1,00
V2-3	E	0,76	1	0,27	0,21
P1	O	0,82	1		0,82
V1-1	O	0,82	1	0,27	0,22
V1-2	E	0,82	1	0,27	0,22
V1-3	E	0,82	1	0,27	0,22
V1-4	O	0,82	1	0,27	0,22
V1-5	N	1	1	1	1,00
V4-1	S	0,67	1	0,26	0,17
V4-2	S	0,67	1	0,26	0,17

Figura 59. Cálculo factor de sombra en lamas.2014. Excel.

Una vez tenemos los datos anteriores es momento de calcular el factor solar modificado, para ello tenemos que tener en cuenta también la transmitancia de los huecos, el color de los marcos y el porcentaje que estos ocupan en relación a la ventana.

La fórmula para obtener el factor solar modificado es la siguiente:

$$F = F_s \times [(1-FM) \times g + FM \times 0,04 \times U_M \times \alpha]$$

siendo,

- F_s el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas 11 a 15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_s se debe considerar igual a la unidad;
- FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;
- g el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.
- U_m la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$W/m^2 \cdot K$];
- α la absorptividad del marco obtenida de la tabla 10 en función de su color.

Figura 60. Variables de la ecuación y su significado.2013. CTE DB-HE1.

La absorptividad del marco la obtendremos de la siguiente tabla:

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	-
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	-
Negro	-	0,96	-

Figura 61. Valores de absorptividad del marco.2013. CTE DB-HE1.

Como nuestra carpintería es blanca clara nuestro valor de absorptividad será 0,20 y la porción de marco ocupada será de un 20%. Sabiendo esto vamos a calcular el factor solar modificado de nuestra carpintería.

Tipo	U hueco			Dimension		FM	Factor sombra	g	α	Factor solar modificado
	U trans	U opaca	Ensayo	Alto H	Ancho L					
PB1-1	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,19	0,76	0,5	0,12
PB1-2	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,15	0,76	0,5	0,09
PB1-3	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,15	0,76	0,5	0,09
PB1-4	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,15	0,76	0,5	0,09
PB1-5	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,21	0,76	0,5	0,13
PB1-6	1,6	1,3	0,9	2	2,4	0,2	0,14	0,76	0,5	0,09
PB2-1	1,6	1,3	0,9	1,5	2,1	0,2	1	0,76	0,5	0,61
V2-1	1,6	1,3	0,9	1,4	0,9	0,2	1	0,76	0,5	0,61
V2-2	1,6	1,3	0,9	1,4	0,9	0,2	1	0,76	0,5	0,61
V2-3	1,6	1,3	0,9	1,4	0,9	0,2	0,21	0,76	0,5	0,13
P1	3,3	3		2	1,4	0,6	0,82	0,76	0,5	0,28
V1-1	1,6	1,3	0,9	1,4	2	0,2	0,22	0,76	0,5	0,13
V1-2	1,6	1,3	0,9	1,4	2	0,2	0,22	0,76	0,5	0,13
V1-3	1,6	1,3	0,9	1,4	2	0,2	0,22	0,76	0,5	0,13
V1-4	1,6	1,3	0,9	1,4	2	0,2	0,22	0,76	0,5	0,13
V1-5	1,6	1,3	0,9	1,4	2	0,2	1	0,76	0,5	0,61
V4-1	1,6	1,3	0,9	2	1,4	0,2	0,17	0,76	0,5	0,10
V4-2	1,6	1,3	0,9	2	1,4	0,2	0,17	0,76	0,5	0,10

Figura 62. Cálculo factor solar modificado.2014. Excel.

Puentes térmicos

Un problema común en las edificaciones son los puentes térmicos que pueden ser zonas donde el aislante queda interrumpido y por los que se producen unas pérdidas importantes de energía.

Estos son las zonas en los muros ocupadas por huecos, los frentes de forjados, el paso de los muros por zonas de pilares y las cajas de persianas.

Para corregir estos problemas en primer lugar hemos optado por escoger una carpintería con rotura de puente térmico.

Para los frentes de forjado la hoja exterior saldrá unos 5cm del forjado y se colocara un panel aislante.

Para el paso por pilares, la hoja interior bordeara el pilar con su correspondiente aislante térmico que pasará ininterrumpido.

Al utilizar marquesinas en vez de persianas el puente térmico de la caja de persiana no se produce.

Todos los detalles de las soluciones se adjuntaran en el correspondiente apartado de planos.

3.2 Comparación elementos actuales de la envolvente y elementos propuestos

En este apartado vamos a realizar una comparación de la envolvente planteada inicialmente frente a la propuesta para observa la reducción de pérdidas producidas.

Fachadas

Fachadas	
U actual	U propuesta
0,548	0,285

Figura 63. Comparación fachada tipo 1.2014. Excel.

Fachadas	
U actual	U propuesta
0,553	0,287

Figura 64. Comparación fachada tipo 2.2014. Excel.

Cubiertas

Cubiertas	
U actual	U propuesta
0,578	0,346

Figura 65. Comparación cubierta tipo 1.2014. Excel.

Cubiertas	
U actual	U propuesta
0,659	0,374

Figura 66. Comparación cubierta tipo 2.2014. Excel.

Forjado planta baja

Forjado	
U actual	U propuesta
0,938	0,36

Figura 67. Comparación forjado planta baja.2014. Excel.

Tabique garaje

Tabiquería	
U actual	U propuesta
1,7	0,36

Figura 68. Comparación tabique garaje.2014. Excel.

Carpintería

Huecos	
U actual	U propuesta
3,44	0,9

Figura 69. Comparación carpinterías.2014. Excel.

3.3 Perdidas de la envolvente propuesta

Una vez hemos obtenido valores de transmitancias en cerramientos, particiones y huecos vamos a calcular la cantidad de pérdidas que se producen a través de estos una vez aplicadas las propuestas y veremos cómo han influido estas en las pérdidas totales de la envolvente

Perdidas envolvente			
Elemento	U(W/m2K)	Superficie (m2)	Perdidas
Fachada tipo 1	0,285	214,2	61,047
Fachada tipo 2	0,287	49,67	14,25529
Cubierta 1	0,346	63,7	22,0402
Cubierta 2	0,374	104,1	38,9334
Forjado PB	0,36	115,05	41,418
Tabique Garaje	0,36	28,24	10,1664
Ventanas	0,9	55,33	49,797
Puerta sótano-viv	1,8	1,68	3,024
P1-Opaca	3	1,8	5,4
P1-Cristal	3,24	1	3,24
Perdidas totales (W/K)			249,32129

Figura 70. Pérdidas totales envolvente propuesta.2014. Excel.

Perdidas totales (W/K)	
P.actual	P.propuesta
608,19	249,82

Figura 71. Comparación perdidas envolventes.2014. Excel.

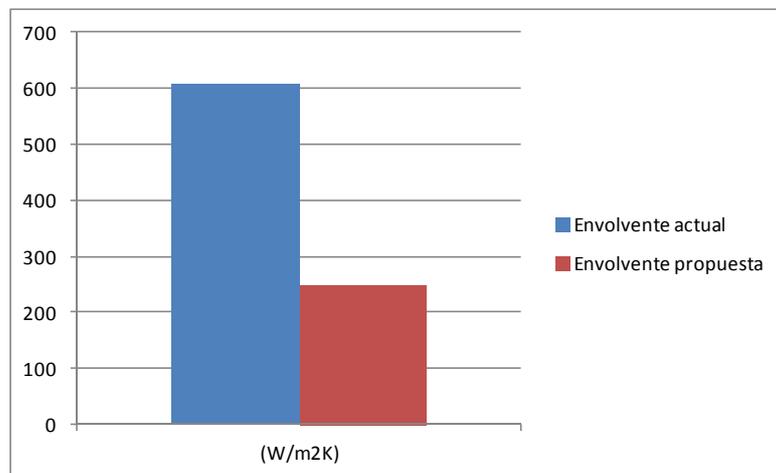


Figura 72. Comparación perdidas envolventes (2).2014. Excel.

Tras aplicar las medidas vemos que hemos reducido las pérdidas por la envolvente en casi un 60% algo que como veremos posteriormente reduce considerablemente el consumo en calefacción y aire acondicionado.

3.4 Cumplimiento del CTE

Ya hemos visto que con las propuestas las pérdidas de la envolvente se han reducido drásticamente pero, hay que comprobar que estas estén dentro de las limitaciones que el CTE DB-HE nos exige. Por esto, a continuación iremos comprobando elemento por elemento si cumple con la normativa estipulada.

Primero debemos conocer la zona climática donde estará situada nuestra vivienda ya que a partir de aquí el CTE nos pondrá determinados límites a la envolvente.

Al encontrarnos en Teruel capital y según las tablas del CTE la zona climática que nos corresponde es la D2.

D.2.14 ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Ulim}: 0,31$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

Figura 73. Límites zona climática D2.2013. CE DB-HE1.

Fachadas

Fachada tipo 1		
U	U lim CTE	CUMPLE
0,285	0,66	SI

Figura 74. Cumplimiento CTE fachada tipo 1.2014.Excel.

Fachada tipo 2		
U	U lim CTE	CUMPLE
0,287	0,66	SI

Figura 75. Cumplimiento CTE fachada tipo 2.2014.Excel.

Cubiertas

Cubierta tipo 1		
U	U lim CTE	CUMPLE
0,346	0,38	SI

Figura 76. Cumplimiento CTE cubierta tipo 1.2014.Excel.

Cubierta tipo 2		
U	U lim CTE	CUMPLE
0,374	0,38	SI

Figura 77. Cumplimiento CTE cubierta tipo 2.2014.Excel.

Forjado planta baja

Forjado Planta Baja		
U	U lim CTE	CUMPLE
0,359	0,49	SI

Figura 78. Cumplimiento CTE forjado planta baja.2014.Excel.

Huecos

El valor de transmitancia de los huecos cumple ya que el nuestro (0,9 W/m²K) es inferior a cualquiera de los que nos da la tabla del CTE independientemente del porcentaje de huecos en fachada.

Factor solar modificado en huecos

Al tener las contraventanas de lamas el valor de factor solar modificado también cumple siendo inferior a los límites del CTE independientemente del porcentaje de huecos en fachada.

Condensaciones

Las condensaciones son un proceso mediante el cual el aire debido a bruscas caídas de temperaturas se condensa en agua con la posibilidad de que esta moje el material aislante de nuestros cerramientos haciéndoles perder sus propiedades aislantes. A continuación comprobaremos elemento por elemento si se produce este proceso.

Para el cálculo de condensaciones vamos a utilizar el software Econdensa el cual nos permitirá comprobar si se producen o no condensaciones en cualquier parte de la envolvente en cada mes del año. Lo primero es introducir los datos de la ubicación que el programa ya tiene por defecto para las diferentes comunidades.

Ubicación
Capital de provincia:
Teruel Altitud de referencia (m): 995
Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): 0 m

Modificar condiciones estándar

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	3,8	4,8	6,8	9,3	12,6	17,5	21,3	20,6	17,9	12,1	7	4,5
HR	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): 20 °C

Humedad interior
 Sin datos conocidos sobre la humedad Higrometría 3 o inferior
 Humedad relativa interior constante y conocida % 50
 Producción de humedad y renovación del aire conocidos
 G (kg/h) 0,01 n (h-1) 1 V (m3) 10

Figura 79. Valores climáticos según localidad.2014. Programa Econdensa.

Tomaremos los datos para el mes de Enero siendo este el más desfavorable.

Condensaciones. Fachadas

Fachada tipo 1

Capas desde el exterior al interior:

Nombre	e	lambda	mu	R	U
1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100...	11,5	0,512	10	0,224609	4,452174
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Espuma de poliuretano [PU]	1	0,05	60	0,2	5,00
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	8,3	0,031	20	2,677419	0,373494
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	7	0,375	10	0,186667	5,357143
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1,5	0,57	6	0,026316	38,0
TOTALES	32,3	0		3,502	0,286

Figura 80. Composición de fachada tipo 1.2014. Programa Econdensa.

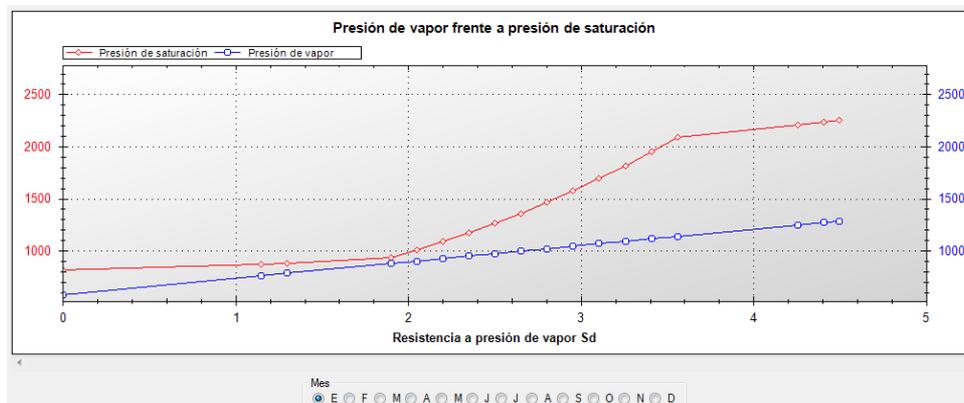


Figura 81. Comprobación condensaciones fachada tipo 1.2014. Programa Econdensa.

Fachada tipo 2

Capas desde el exterior al interior:					
Nombre	e	lambda	mu	R	U
1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100...	11,5	0,512	10	0,224609	4,452174
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Espuma de poliuretano [PU]	1	0,05	60	0,2	5,00
EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	8,3	0,031	20	2,677419	0,373494
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	7	0,375	10	0,186667	5,357143
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Azulejo cerámico	1	1,3	100000000	0,007692	130,0
TOTALES	31,8	0		3,483	0,287

Figura 82. Composición de fachada tipo 2.2014. Programa Econdensa.

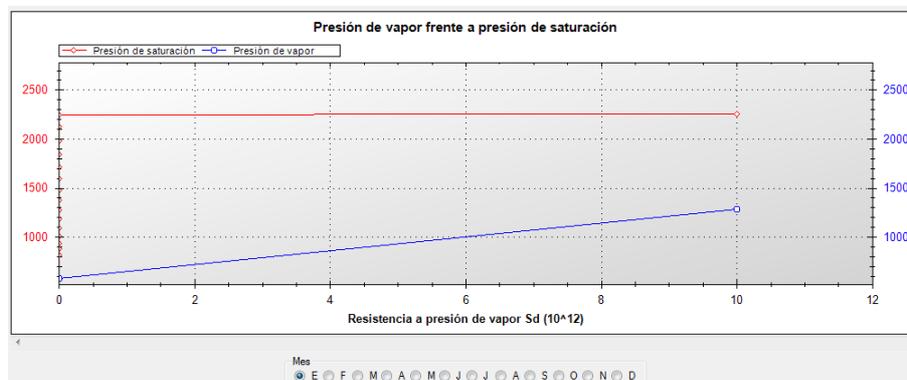


Figura 83. Comprobación condensaciones fachada tipo 2.2014. Programa Econdensa.

Condensaciones. Cubiertas

Cubierta tipo 1

Capas desde el exterior al interior:					
Nombre	e	lambda	mu	R	U
Teja de arcilla cocida	2	1	30	0,02	50
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Poliestireno extrusionado	8	0,036	100	2,222222	0,450
Lamina impermeable	1	0,23	50000	0,043478	23,00
FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30	1,422	80	0,21097	4,74
Cámara de aire	5	0,16	1	0,159375	6,274510
Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	2	0,25	4	0,08	12,5
TOTALES	47,05	0		2,884	0,347

Figura 84. Composición de cubierta tipo 1.2014. Programa Econdensa.

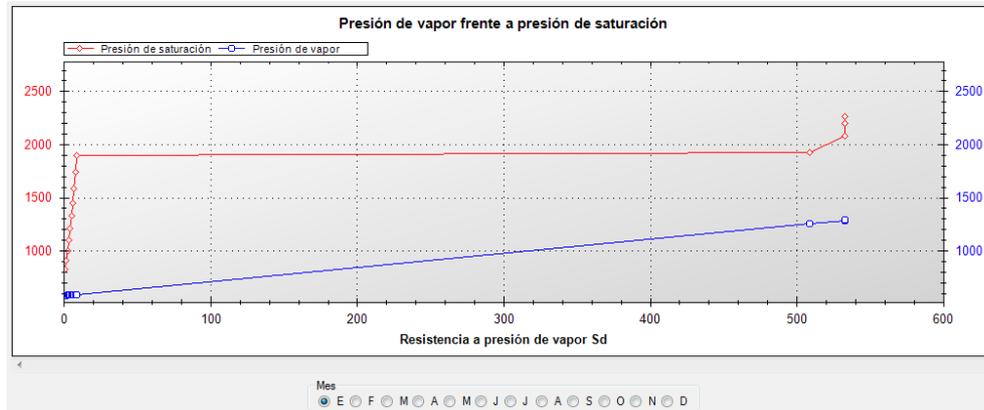


Figura 85. Comprobación condensaciones cubierta tipo 1.2014. Programa Econdensa.

Cubierta tipo 2

Capas desde el exterior al interior:

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Teja de arcilla cocida	2	1	30	0,02	50
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	1,5	1,8	10	0,008333	120
Poliestireno extrusionado	6	0,036	100	1,666667	0,600
Lamina impermeable	1	0,23	50000	0,043478	23,00
FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30	1,422	80	0,21097	4,74
Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1,5	0,57	6	0,026316	38,0
TOTALES	42,0	0		2,116	0,473

Figura 86. Composición de cubierta tipo 2. 2014. Programa Econdensa.

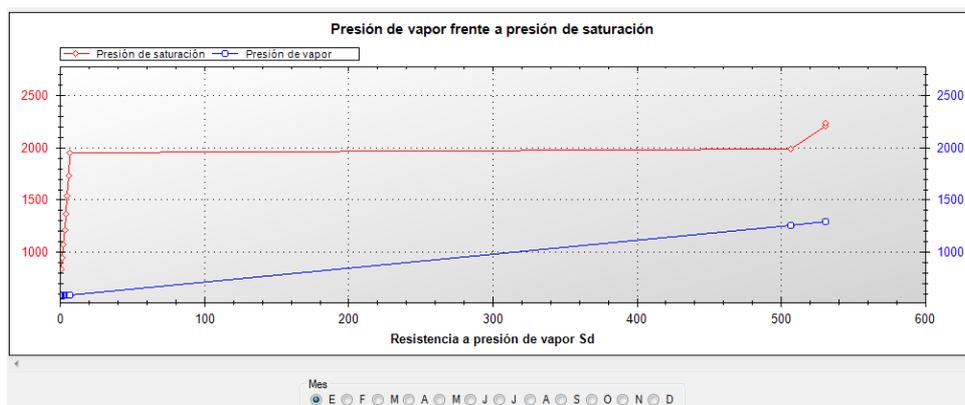


Figura 87. Comprobación condensaciones cubierta tipo 2.2014. Programa Econdensa.

Condensaciones. Forjado planta baja

Capas desde el exterior al interior:

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	1,5	0,25	4	0,06	16,666667
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	6	0,035	1	1,714286	0,583333
Cámara de aire sin ventilar horizontal 4 cm	4	0,3125	1	0,16	6,2500
FU Entregado de hormigón -Canto 300 mm	30	1,422	80	0,21097	4,74
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	2	1,8	10	0,011111	90
Plaqueta o baldosa de gres	2	2,3	30	0,008696	115
TOTALES	46,5	0		2,375	0,421

Figura 88. Composición forjado planta baja.2014. Programa Econdensa.

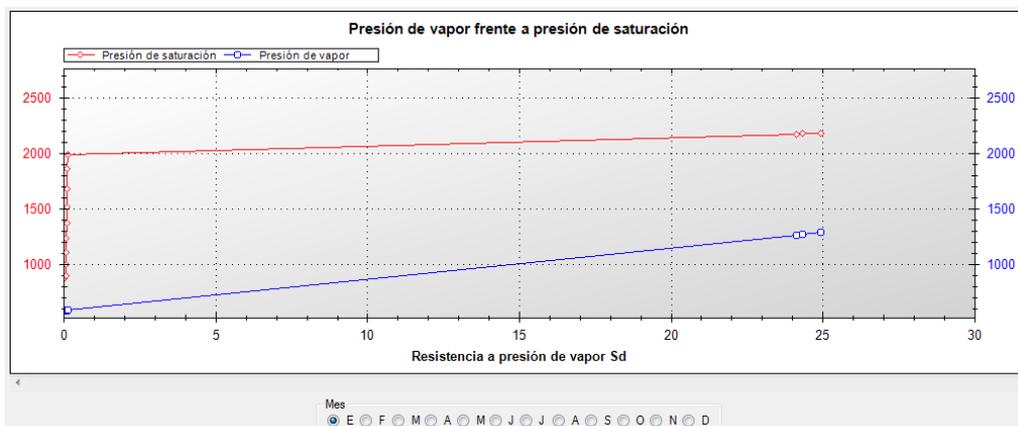


Figura 89. Comprobación condensaciones forjado planta baja.2014. Programa Econdensa.

Condensaciones. Tabique garaje

Capas desde el exterior al interior:

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1,5	0,25	4	0,06	16,666667
EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	9	0,0362	20	2,486188	0,402222
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1,5	0,25	4	0,06	16,666667
TOTALES	12,0	0		2,776	0,360

Figura 90. Composición tabique garaje.2014. Programa Econdensa.

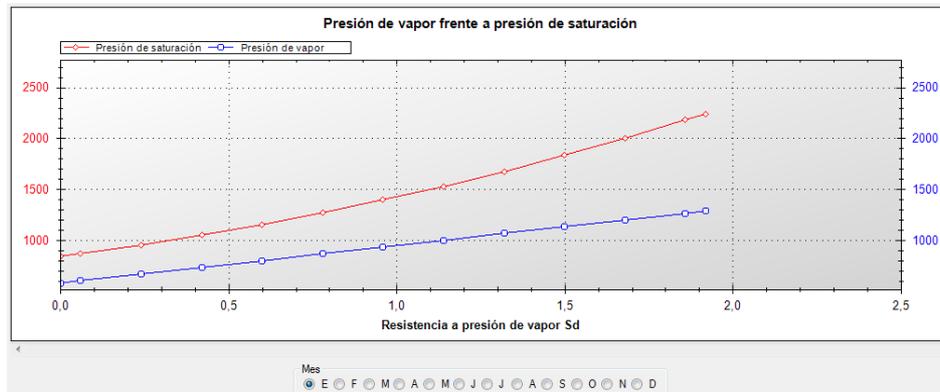


Figura 91. Comprobación condensaciones tabique garaje. 2014. Programa Econdensa.

Comprobamos que para el mes de Enero la presión de vapor no es superior en ninguna capa a la presión de saturación en ninguno de los elementos por lo que no se producirán condensaciones.

3.5 Valor económico de las envolventes

A continuación vamos a calcular el coste tanto de la envolvente que consta actualmente en el proyecto como de la que proponemos ya que es un valor necesario para posteriormente estudiar la viabilidad económica de las propuestas. Solo tendremos en cuenta los elementos que vayamos a modificar o que se tengan que colocar como parte de la propuesta ya que el resto serán idénticos en las dos soluciones. Empezaremos con la envolvente actual. Los distintos precios se han obtenido de distintos catálogos de empresas o del generador de precios del programa Cype Ingenieros.

Envolvente actual. Fachadas

El aislante que va colocado en las fachadas consiste en paneles de lana de roca de 4cm de espesor tipo Confortpan marca Rockwool.

CONFORTPAN 208.116

Descripción: Panel semi-rígido de lana de roca revestido por una cara con papel kraft. Barrera de vapor.

Aplicación: Aislamiento no sometido a cargas mecánicas en cerramientos con prestaciones térmicas y acústicas: cámaras y trasdosados. Puede usarse como absorbente acústico, por la cara no revestida.

Ventajas: Opción muy económica. Buen aislamiento térmico. Con barrera de vapor.

- Densidad nominal **30 kg/m³**
- Euroclase **F**



Dimensiones L x l x e (cm)	Código	Resist. Térmica R-m ² K/W	Paneles/ Paquete	m ³ / Paquete	Paquetes/ Palet	m ² / Palet	m ² /Camión (22 palets)	Calidad Servicio	Euros/m ²
135 x 60 x 4	58527	1,05	12	9,72	12	116,64	2.566,08	A	4,01
135 x 60 x 5	58528	1,35	10	8,10	12	97,20	2.138,40	A	4,28
135 x 60 x 6	58529	1,60	8	6,48	12	77,76	1.710,72	A	4,45
135 x 60 x 7,5	58530	2,00	8	6,48	12	77,76	1.710,72	B[*]	5,43

Figura 92. Características lana de roca.2014. Catalogo Rockwool.

Coste del material: 4,01 €/m²

Envolvente actual. Cubiertas

El aislante de las cubiertas consiste en planchas de poliestireno expandido de 4cm de espesor marca Hasipor.

POLIESTIRENO EXPANDIDO (COLOR BLANCO)

PLANCHAS POREXPAN	D-10 Kg/m ³	HASIPOR	
m ² PLANCHA POREXPAN	2000x1000x10mm	0,66 €/ m ²	STOCK
	2000x1000x20mm	1,32 €/ m ²	STOCK
	2000x1000x30mm	1,98 €/ m ²	STOCK
	2000x1000x40mm	2,64 €/ m ²	STOCK
	2000x1000x50mm	3,30 €/ m ²	STOCK

Figura 93. Cuadro de precios poliestireno expandido.2014. Catalogo Hasipor.

Coste del material: 2,64 €/m²

Envolvente actual. Forjado planta baja

El aislante previsto para el forjado de planta baja consiste en una proyección de mortero de perlita.

RKT010	m ²	Mortero de revestimiento térmico y acústico, para interiores.	11,44€
Revestimiento térmico y acústico, de mortero ligero de cal y perlita proyectado, a buena vista, de 10 mm de espesor, sobre paramento vertical, sin enlucir, sin guardavivos.			

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida	
mt28mdb010a	l	Mortero ligero de cal y perlita, para revestimiento térmico y acústico.	8,000	0,80	6,40	
mq06pym010	h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m ³ /h.	0,100	7,95	0,80	
mo019	h	Oficial 1º yesero.	0,159	15,03	2,39	
mo040	h	Ayudante yesero.	0,093	13,98	1,30	
	%	Medios auxiliares	2,000	10,89	0,22	
	%	Costes indirectos	3,000	11,11	0,33	
Coste de mantenimiento decenal: 1,94 € en los primeros 10 años.					Total:	11,44

Figura 94. Precio descompuesto proyección.2014. Cype.

Coste del material: 11,44 €/m²

Envolvente actual. Tabique garaje

El tabique está realizado con ladrillo hueco cerámico de 24x12x9cm.

PTZ010	m ²	Hoja de partición interior de fábrica de ladrillo cerámico para revestir.	18,83€
Hoja de partición interior de 1/2 pie de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico perforado (panel), para revestir, 24x12x9 cm, recibida con mortero de cemento M-5.			

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida	
mt04lpr010a	Ud	Ladrillo cerámico perforado (panel), para revestir, 24x12x9 cm, según UNE-EN 771-1.	43,050	0,17	7,32	
mt09mor010c	m ²	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ² de cemento y una proporción en volumen 1/6.	0,019	115,30	2,19	
mo011	h	Oficial 1º construcción.	0,389	15,03	5,85	
mo060	h	Peón ordinario construcción.	0,195	13,14	2,56	
	%	Medios auxiliares	2,000	17,92	0,36	
	%	Costes indirectos	3,000	18,28	0,55	
Coste de mantenimiento decenal: 0,38 € en los primeros 10 años.					Total:	18,83

Figura 95. Precio descompuesto tabique garaje.2014. Cype.

Coste del material: 18,83 €/m²

Envolvente actual. Vidrios

El vidrio consiste en doble acristalamiento formado por doble lamina exterior de 3mm, cámara de aire de 12mm y vidrio interior de 4mm.

FVC010	m ²	Acristalamiento con cámara.	32,11€			
Doble acristalamiento estándar, 6/12/4, con calzos y sellado continuo.						
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p. s.	Precio partida	
mt21veg011aacadaa	m ²	Doble acristalamiento estándar, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 6 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 12 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor.	1,006	20,31	20,43	
mt21wa015	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,42	1,40	
mt21wa021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	1,26	1,26	
mo028	h	Oficial 1º cristalero.	0,264	14,62	3,86	
mo057	h	Ayudante cristalero.	0,264	13,67	3,61	
	%	Medios auxiliares	2,000	30,56	0,61	
	%	Costes indirectos	3,000	31,17	0,94	
Coste de mantenimiento decenal: 6,74 € en los primeros 10 años.					Total:	32,11

Figura 96. Precio descompuesto vidrio.2014. Cype.

Coste del material: 32,11 €/m²

Envolvente actual. Marcos

Los marcos son de aluminio anodizado con rotura de puente térmico. El precio será por cada unidad de ventana y dependerá de las dimensiones del hueco.

Carpintería tipo PB1. Puerta corredera de 2 hojas de 200x240cm.

FCL060	Ud	Carpintería exterior de aluminio.	984,54€			
Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, corredera simple, de 200x240 cm, serie alta, formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.						
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p. s.	Precio partida	
mt25pem015aa	m	Premarco de aluminio de 30x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	8,800	3,38	29,74	
mt25pfx110ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco lateral sin guía de persiana, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,800	26,74	128,35	
mt25pfx120ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía superior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	34,35	68,70	
mt25pfx125ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía inferior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	33,12	66,24	
mt25pfx130ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja horizontal, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,980	24,30	96,71	
mt25pfx135ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical lateral, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,700	24,30	114,21	
mt25pfx140ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical central, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpa, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,700	24,30	114,21	
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	6,720	1,96	13,17	
mt15sja100	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior.	0,308	3,13	0,96	
mt25pfx200bbb	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herrajes de puerta corredera de dos hojas.	1,000	12,98	12,98	
mt25pco015aaaa	m ²	Persiana de lamas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso p/p de compacto incorporado (monoblock). Según UNE-EN 13659.	5,280	20,63	108,93	
mt25pfx170aa	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	4,800	11,37	54,58	
mo009	h	Oficial 1º cerrajero.	4,344	15,27	66,33	
mo032	h	Ayudante cerrajero.	4,420	14,03	62,01	
	%	Medios auxiliares	2,000	937,12	18,74	
	%	Costes indirectos	3,000	955,86	28,68	
Coste de mantenimiento decenal: 137,84 € en los primeros 10 años.					Total:	984,54

Figura 97. Precio descompuesto carpintería PB1.2014. Cype.

Coste por unidad: 984€

Número de unidades: 6

Total: 5904€

Carpintería tipo PB2. Puerta corredera de 2 hojas de 150x210cm.

FCL060	Ud	Carpintería exterior de aluminio.	818,60€
Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, corredera simple, de 150x210 cm, serie alta, formada por dos hojas, con perfiles provista de rotura de puente térmico y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.			

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt25pem015aa	m	Premarco de aluminio de 30x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	7,200	3,38	24,34
mt25pfx110ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco lateral sin guía de persiana, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,200	26,74	112,31
mt25pfx120ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía superior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	1,500	34,35	51,53
mt25pfx125ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía inferior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	1,500	33,12	49,68
mt25pfx130ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja horizontal, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,980	24,30	72,41
mt25pfx135ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical lateral, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,100	24,30	99,63
mt25pfx140ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical central, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpa, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,100	24,30	99,63
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,720	1,96	9,25
mt15sja100	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior.	0,252	3,13	0,79
mt25pfx200bbb	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herrajes de puerta corredera de dos hojas.	1,000	12,98	12,98
mt25pco015aaaa	m ²	Persiana de lamas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso p/p de compacto incorporado (monoblock). Según UNE-EN 13659.	3,465	20,63	71,48
mt25pfx170aa	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	4,200	11,37	47,75
mo009	h	Oficial 1º cerrajero.	4,312	15,27	65,84
mo032	h	Ayudante cerrajero.	4,388	14,03	61,56
	%	Medios auxiliares	2,000	779,18	15,58
	%	Costes indirectos	3,000	794,76	23,84
Coste de mantenimiento decenal: 114,60 € en los primeros 10 años.				Total:	818,60

Figura 98. Precio descompuesto carpintería PB2.2014 Cype.

Coste por unidad: 818,60€

Número de unidades: 1

Total: 818,60€

Carpintería tipo V1. Ventana corredera 2 hojas de 200x140cm.

FCL060 Ud Carpintería exterior de aluminio.

744,04€

Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, corredera simple, de 200x140 cm, serie alta, formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p. s.	Precio partida
mt25pem015aa	m	Premarco de aluminio de 30x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	6,800	3,38	22,98
mt25pfx110ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco lateral sin guía de persiana, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,800	26,74	74,87
mt25pfx120ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía superior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	34,35	68,70
mt25pfx125ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía inferior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	33,12	66,24
mt25pfx130ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja horizontal, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,980	24,30	96,71
mt25pfx135ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical lateral, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,700	24,30	65,61
mt25pfx140ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical central, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpa, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,700	24,30	65,61
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	6,720	1,96	13,17
mt15sja100	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior.	0,238	3,13	0,74
mt25pfx200bab	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herrajes de ventana corredera de dos hojas.	1,000	12,98	12,98
mt25pco015aaaa	m ²	Persiana de lamas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso p/p de compacto incorporado (monoblock). Según UNE-EN 13659.	3,080	20,63	63,54
mt25pfx170aa	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	2,800	11,37	31,84
mo009	h	Oficial 1º cerrajero.	4,256	15,27	64,99
mo032	h	Ayudante cerrajero.	4,293	14,03	60,23
	%	Medios auxiliares	2,000	708,21	14,16
	%	Costes indirectos	3,000	722,37	21,67
Coste de mantenimiento decenal: 104,17 € en los primeros 10 años.				Total:	744,04

Figura 99. Precio descompuesto carpintería V1.2014 Cype.

Coste por unidad: 744,04€

Número de unidades: 5

Total: 3720,2€

Carpintería tipo V2. Ventana abatible 1 hoja de 90x140cm.

FCL060 Ud Carpintería exterior de aluminio.

352,06€

Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, abisagrada abatible de apertura hacia el interior, de 90x140 cm, serie alta, formada por una hoja, con perfilera provista de rotura de puente térmico y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt25pem015aa	m	Premarco de aluminio de 30x20x1,5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	4,600	3,38	15,55
mt25pfx010ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco de ventana, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta central de estanqueidad, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,600	11,49	52,85
mt25pfx020ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja de ventana, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso juntas de estanqueidad de la hoja y junta exterior del acristalamiento, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,400	15,50	68,20
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	4,040	1,96	7,92
mt15sja100	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior.	0,161	3,13	0,50
mt25pfx200eaa	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herrajes de ventana abatible de una hoja.	1,000	16,66	16,66
mt25pco015aaaa	m ²	Persiana de lamas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso p/p de compacto incorporado (monoblock). Según UNE-EN 13659.	1,386	20,63	28,59
mt25pfx170aa	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	2,800	11,37	31,84
mo009	h	Oficial 1º cerrajero.	3,839	15,27	58,62
mo032	h	Ayudante cerrajero.	3,876	14,03	54,38
	%	Medios auxiliares	2,000	335,11	6,70
	%	Costes indirectos	3,000	341,81	10,25
Coste de mantenimiento decenal: 49,29 € en los primeros 10 años.				Total:	352,06

Figura 100. Precio descompuesto carpintería V2.2014. Cype.

Coste por unidad: 352,06€

Número de unidades: 3

Total: 1056,18€

Carpintería tipo V4. Ventana corredera 2 hojas de 200x140cm.

FCL060 Ud Carpintería exterior de aluminio. 865,61€

Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, corredera simple, de 200x140 cm, con fijo inferior de 40 cm de alto, serie alta, formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico y con premarco. Compacto incorporado (monoblock), persiana de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt25pem015aa	m	Premarco de aluminio de 30x20x1.5 mm, ensamblado mediante escuadras y provisto de patillas para la fijación del mismo a la obra.	7,600	3,38	25,69
mt25pfx110ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco lateral sin guía de persiana, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,800	26,74	74,87
mt25pfx120ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía superior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	34,35	68,70
mt25pfx125ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco guía inferior, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	33,12	66,24
mt25pfx130ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja horizontal, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	3,980	24,30	96,71
mt25pfx135ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical lateral, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,700	24,30	65,61
mt25pfx140ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de hoja vertical central, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta exterior del cristal y felpa, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,700	24,30	65,61
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	6,720	1,96	13,17
mt25pfx160ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de marco fijo, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,800	14,13	39,56
mt25pfx165ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de unión de marcos, gama alta, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	2,000	10,89	21,78
mt25pfx030ca	m	Perfil de aluminio anodizado natural, para conformado de junquillo, gama alta, con rotura de puente térmico, incluso junta interior del cristal y parte proporcional de grapas, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD).	5,600	1,96	10,98
mt15sja100	Ud	Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior.	0,238	3,13	0,74
mt25pfx200bab	Ud	Kit compuesto por escuadras, tapas de condensación y salida de agua, y herrajes de ventana corredera de dos hojas.	1,000	12,98	12,98
mt25pco015aaaa	m²	Persiana de lamas enrollables de PVC, accionamiento manual mediante cinta y recogedor, en carpintería de aluminio, incluso p/p de compacto incorporado (monoblock). Según UNE-EN 13659.	3,880	20,63	80,04
mt25pfx170aa	m	Guía de persiana de aluminio anodizado natural, con rotura de puente térmico, con el certificado de calidad EWAA-EURAS (QUALANOD) que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	3,600	11,37	40,93
mo009	h	Oficial 1º cerrajero.	4,809	15,27	73,43
mo032	h	Ayudante cerrajero.	4,767	14,03	66,88
	%	Medios auxiliares	2,000	823,92	16,48
	%	Costes indirectos	3,000	840,40	25,21
Coste de mantenimiento decenal: 121,19 € en los primeros 10 años.				Total:	865,61

Figura 101. Precio descompuesto carpintería V4.2014. Cype.

Coste por unidad: 865,61€

Número de unidades: 2

Total: 1731,22€

Total de marcos: 13230,2€

Coste total de la envolvente actual

Envolvente actual			
Elemento	Precio (€/m ²)	m ²	Total
Aislamientos			
Fachadas	4,01	309,6	1241,50
Cubierta	2,64	120	316,80
Forjado PB	11,44	110,92	1268,92
Carpinterías			
Vidrios	32,11	44,26	1421,1886
Marcos			13230,2
Falso techo Garaje	0	110,92	0
Partición Garaje	18,83	36,93	695,3919
		Total	18174,00

Figura 102. Coste de la envolvente actual.2014. Excel.

El coste de la envolvente actual asciende a 18174 euros. Ahora vamos a obtener el precio de la envolvente propuesta.

Envolvente propuesta. Fachadas

El aislamiento de fachada consistirá en paneles Thermo Empoline marca Empoline de 8,3 cm de espesor con una conductividad de 0,031 W/mk.

El material elegido tiene un coste de 9,50 euros/m²

Envolvente propuesta. Cubiertas

El aislamiento consiste en paneles de poliestireno extrusionado tipo Polyfoam Canaboard C4 LJ de marca Knauf de espesor de 8cm.

El material elegido tiene un coste de 9,76 euros/m²

Envolvente propuesta. Tabique garaje

El tabique elegido es el sistema W111.es de marca Knauf con aislamiento interior de lana de roca de 12cm de espesor total de

tabique. Según el generador de precios de la construcción del programa cype el precio es el siguiente:

PSY015 m² Sistema "KNAUF" de entramado autoportante de placas de yeso laminado. 33,86€
 Tabique sencillo W 111 "KNAUF" (15+90+15)/600 (90) (2 cortafuego (DF)) con placas de yeso laminado, sobre banda acústica "KNAUF", formado por una estructura simple, con disposición normal "N" de los montantes: 120 mm de espesor total.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida	
mt12pck020d	m	Banda acústica de dilatación "KNAUF" de 95 mm de anchura.	1,200	0,48	0,58	
mt12pik020e	m	Canal 90/30 "KNAUF" de acero galvanizado, según UNE-EN 14195.	0,700	1,77	1,24	
mt12pik010e	m	Montante 90/40 "KNAUF" de acero galvanizado, según UNE-EN 14195.	2,000	2,42	4,84	
mt12ppk010cb	m ²	Placa de yeso laminado DF / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 15 / borde afinado, cortafuego "KNAUF".	2,100	7,67	16,11	
mt12ptk010ad	Ud	Tornillo auto perforante TN "KNAUF" 3,5x25.	29,000	0,01	0,29	
mt12psg220	Ud	Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27.	1,600	0,06	0,10	
mt12pik015	kg	Pasta de agarre Perifix "KNAUF", según UNE-EN 14496.	0,100	0,57	0,06	
mt12pik010b	kg	Pasta de juntas Jointfiller F-1 GLS "KNAUF", según UNE-EN 13963.	0,600	1,30	0,78	
mt12pck010a	m	Cinta de juntas "KNAUF" de 50 mm de anchura.	3,200	0,03	0,10	
mo006	h	Oficial 1ª montador.	0,263	16,18	4,26	
mo048	h	Ayudante montador.	0,263	14,70	3,87	
	%	Medios auxiliares	2,000	32,23	0,64	
	%	Costes indirectos	3,000	32,87	0,99	
Coste de mantenimiento decenal: 1,69 € en los primeros 10 años.					Total:	33,86

Figura 103. Precio descompuesto tabiquería W111.2014. Cype.

El sistema elegido tiene un precio de 33,86 euros/m²

Envolvente propuesta. Vidrios y marcos

Los marcos serán de PVC tipo Eurofutur Elegance de marca Kommerling con vidrios 4/12/4 de baja emisividad para los cuales hemos pedido presupuesto a la empresa Ecoventana.

El coste total de las carpinterías asciende a 12.743,84 euros. En el apartado anexos se adjuntara el presupuesto recibido de forma detallada.

Coste total de la envolvente propuesta

Envolvente propuesta			
Elemento	Precio (€/m2)	m2	Total
Aislamientos			
Fachadas	9,5	309,6	2941,20
Cubierta	9,76	120	1171,20
Forjado PB	6,77	110,92	750,93
Carpinterías			
Vidrios			
Marcos			12743,84
Falso techo Garaje	101,82	110,92	11293,874
Partición Garaje	33,86	36,93	1250,4498
		Total	30151,49

Figura 104. Coste de la envolvente propuesta.2014. Excel.

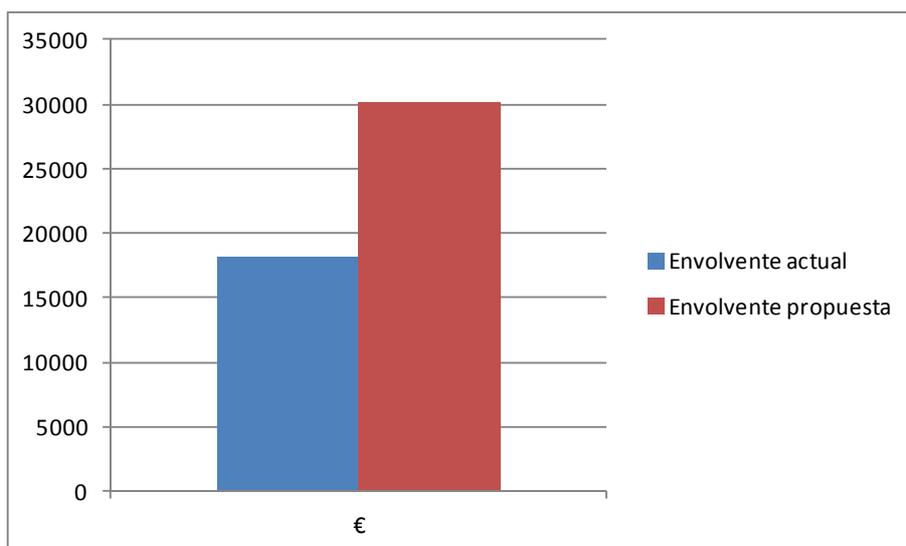


Figura 105. Comparación coste envolventes.2014. Excel.

El coste total de las propuestas asciende a 30151,49 euros. Este es un presupuesto bastante mayor que el de la envolvente reflejada en proyecto. Más adelante descubriremos si este mayor gasto en la envolvente llega a ser rentable.

Capítulo 4.

4 ACS. Agua caliente sanitaria

El agua caliente es un elemento indispensable en nuestra vivienda y también es uno de los que mayor cantidad de energía requiere para su máximo aprovechamiento. De hecho, la producción de ACS ocupa el 70% del consumo energético de una vivienda. Así pues, si conseguimos un sistema eficiente para su producción además podemos obtener grandes resultados en materia económica. Debido a su importancia el CTE tiene un apartado reservado a la producción de ACS con apoyo de una energía limpia como es la solar y de la cual nos impone unos mínimos de contribución solar.

4.1 Consumo anual de ACS

Para empezar lo primero que tenemos que conocer es el consumo anual de nuestra vivienda para la producción de ACS. Para ello seguiremos las indicaciones estipuladas en el CTE DB HE4.

Empezaremos por conocer el consumo diario de litros de agua por persona que son requeridos según lo estipulado en el CTE dependiendo del uso de la edificación, en nuestro caso vivienda y del número de personas que la habitan.

Para esto iremos a la tabla 4.1 del CTE DB HE4.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Figura 106. Demanda de ACS.2013. CTE DB-HE4.

Vemos que en vivienda corresponden 28 litros/día por persona. Nuestra vivienda tiene 4 dormitorios por lo que según la tabla 4.2 del CTE DB HE4 de valores mínimos de ocupación nos da una ocupación mínima de 5 personas.

Tabla 4.2. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 107. Valores mínimos de ocupación.2013. CTE DB-HE4.

La demanda de ACS será:

$$28 \times 5 = 140 \text{ litros/día}$$

4.2 Contribución solar mínima

Teniendo el consumo diario de la vivienda y la zona climática, que en nuestro caso es zona III miraremos en la tabla 2.1 del CTE DB HE4 la contribución solar mínima requerida.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

Figura 108. Contribución solar mínima anual.2013. CTE DB-HE4.

Se requiere una contribución solar mínima del 40%.

A continuación calcularemos cual es el salto térmico necesario cada mes para calentar el agua a 60°. Los datos de temperaturas de agua están extraídos de la tabla b1 del apéndice B del CTE DB HE4.

Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Teruel	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6

Figura 109. Temperatura del agua.2013. CTE DB-HE4.Excel.

Utilizaremos la siguiente expresión para el salto térmico.

$$AT = T_{\text{servicio}} - T_{\text{red}}$$

También calcularemos la cantidad de energía necesaria para dicho calentamiento según el volumen diario a calentar mediante la siguiente expresión:

$$Q = V \times \delta \times C_e \times AT$$

Donde:

Q = Cantidad de calor necesaria (Kcal)

V= Volumen total de ACS de la vivienda, en nuestro caso 140 litros

δ = Densidad del agua = 1kg/l

Ce = Calor específico del agua = 1 Kcal/ kg °C

AT= Salto térmico hasta 60°C

Mes	T.red (°C)	AT (°c)	Volumen(l)	δ	Ce	Calor necesario (Kcal/dia)	Calor necesario (Kj/dia)	Calor necesario (Kwh/dia)	Calor necesario (Kwh/mes)
Enero	6	54	140	1	1	7560	31653,72	8,79	268,20
Febrero	7	53				7420	31067,54	8,63	263,23
Marzo	8	52				7280	30481,36	8,47	258,27
Abril	10	50				7000	29309	8,14	248,33
Mayo	12	48				6720	28136,64	7,82	238,40
Junio	15	45				6300	26378,1	7,33	223,50
Julio	18	42				5880	24619,56	6,84	208,60
Agosto	17	43				6020	25205,74	7,00	213,57
Septiembre	15	45				6300	26378,1	7,33	223,50
Octubre	12	48				6720	28136,64	7,82	238,40
Noviembre	8	52				7280	30481,36	8,47	258,27
Diciembre	6	54				7560	31653,72	8,79	268,20
TOTAL AÑO (kwh)									2910,45

Figura 110. Calculo de energía ACS.2014.Excel.

La cantidad de energía al año para ACS es de 2910,45 Kwh.

Instalación de ACS actual

El equipo de producción de ACS con apoyo solar existente consiste en un captador solar Helioset SRV 2.3 de marca Saunier Duval y un acumulador eléctrico.

Colocación de los captadores

A continuación miraremos donde colocar el captador solar. Debido a que la cubierta de nuestra vivienda es a un agua en dirección Sur no tenemos otra opción que ponerla ahí, por suerte la inclinación sur es la optima para los captadores.

El ángulo de inclinación de la placa será de 45° utilizando el soporte disponible de la marca SAUNIER DUVAL.



Figura 111. Detalle soporte.2014. Catalogo Saunier Duval.

Pérdidas por orientación e inclinación

Para empezar necesitaremos conocer la latitud del municipio donde nos encontramos, en nuestro caso la ciudad de Teruel, la cual tiene una latitud de $40,4^\circ$. La inclinación óptima sería la misma que la latitud pero en nuestro caso la inclinación será de 45° .

Los captadores estarán colocados en el único faldón existente orientado al sur.

Con estos datos y mirando la siguiente imagen obtendremos las pérdidas por orientación e inclinación.

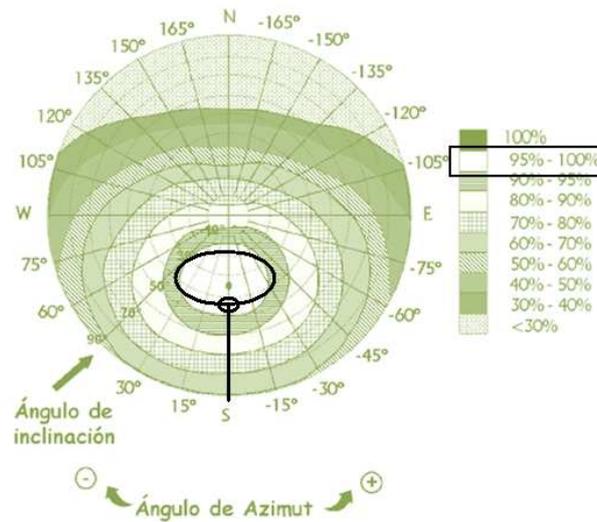


Figura 112. Azimut.2014. Web caloryfrio.com

Las pérdidas resultantes son de un máximo del 5%. Ahora nos dirigimos a la tabla 2.3 del CTE DB HE4 para comprobar que no excedemos las pérdidas permitidas.

Tabla 2.3 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

Figura 113. Pérdidas límite solar.2013. CTE DB-HE4.

Al no tener pérdidas por sombras, según el caso general el límite de pérdidas por orientación e inclinación es de un 10% por lo que cumplimos.

Aportación de energía de los captadores

Para el cálculo de la aportación de los captadores hemos utilizado la herramienta online de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria facilitada por la pagina konstruir.com. Introduciendo nuestro

modelo de captador, el volumen de acumulación y la zona climática hemos obtenido los siguientes datos:

Mes	Demanda energética	Energía util captador	Energía aportada
Enero	269	95	35%
Febrero	264	115	44%
Marzo	259	163	64%
Abril	249	174	70%
Mayo	239	179	75%
Junio	224	185	83%
Julio	209	205	98%
Agosto	214	217	102%
Septiembre	224	204	91%
Octubre	239	166	69%
Noviembre	259	117	45%
Diciembre	269	90	33%

Figura 114. Contribución solar.2014.Web konstruir. Excel.

Demanda energética anual	2.910,45 Kwh
Producción energética anual	1.907 Kwh
% Anual aportado	67%

Figura 115. Contribución solar anual.2014. Excel.

El CTE nos marca un mínimo de 40% de aportación por lo que cumplimos.

También cabe destacar que en ningún mes se produce una aportación de más del 110% de la energía demandada ni 3 meses consecutivos en que se supere el 100% de la energía demandada.

4.3 Propuesta para producción de ACS

Como hemos observado anteriormente, el equipo actual cumple totalmente con las exigencias del CTE para la contribución solar para la producción de ACS, aun así, la utilización de energía eléctrica para el sistema de apoyo no parece la más recomendable.

La propuesta que vamos a realizar consistirá en sustituir el acumulador eléctrico por otro sin resistencia eléctrica y como apoyo para conseguir la temperatura optima nos decantaremos por una caldera de gas natural por condensación para aprovechar el máximo de energía. Dicha caldera será mixta para usarla también en la calefacción. Además colocaremos 3 captadores mas haciendo un total de 4 captadores para producir un mayor porcentaje de las necesidades por medio de la energía solar. El modelo de captador será el mismo que actualmente.

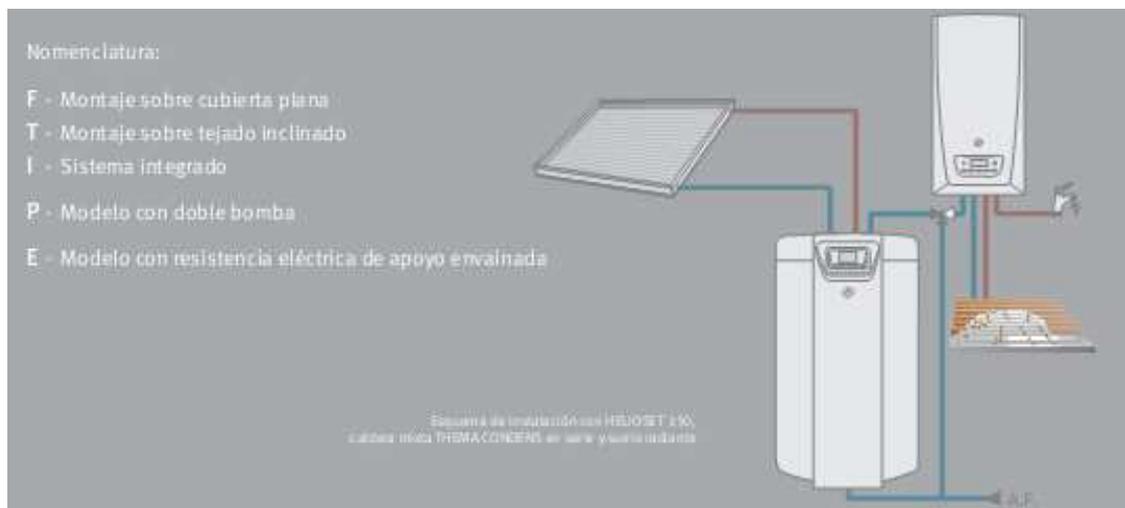


Figura 116. Esquema instalación propuesta.2014. Catalogo Saunier Duval.

Aportación de energía con 4 captadores

Para esta posibilidad se colocaran 4 captadores de la misma forma que el primer captador, es decir, en el único faldón de la cubierta orientación sur con una inclinación de 45°. Este aumentara la producción de ACS de la siguiente forma:

Mes	Demanda energética	Energía util captador	Energía aportada
Enero	269	247	92%
Febrero	264	259	98%
Marzo	259	309	120%
Abril	249	298	120%
Mayo	239	306	128%
Junio	224	306	137%
Julio	209	333	160%
Agosto	214	357	166%
Septiembre	224	333	149%
Octubre	239	302	127%
Noviembre	259	265	103%
Diciembre	269	236	88%

Figura 117. Contribución solar 4 captadores.2014.Web konstruir. Excel.

Con el aumento de captadores comprobamos que menos en Diciembre, Enero Y Febrero la producción de ACS por parte de los captadores cubre en su totalidad la demanda necesaria, por lo que el aporte necesario de gas natural es muy bajo.

Por otra parte con el aumento de captadores superamos en más de un 110% la producción de ACS y también en más del 100% durante 3 meses consecutivos por lo que y según pautas marcadas por el CTE DB-HE4 debemos tomar ciertas medidas que en nuestro caso será el desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes como es el caso de la calefacción cuya repercusión estudiaremos en el siguiente capítulo. En los meses de verano optaremos por cubrir los captadores necesarios.

4.4 Estudio económico

Coste del equipo actual

Como hemos dicho anteriormente el equipo inicial consta de un captador solar marca Saunier Duval SRV 2.3 y un acumulador eléctrico de la misma marca. A continuación vamos a calcular el coste.

Coste del acumulador eléctrico:

Gama superconfort	Referencia	Euros**	Página
SD 30 ES S	0010014445	206	
SD 50 ES S	0010014446	229	
SD 75 ES S	0010014447	264	
SD 100 ES S	0010014448	295	27
SD 150 ES S	0010014449	362	
SD 200 ES S	0010014450	418	

Figura 118. Precios acumuladores eléctricos.2014. Catalogo Saunier Duval.

El coste del acumulador eléctrico es de 362 euros.

Coste del captador:

Tejado inclinado - Teja tipo árabe

Nº Captadores	Referencia	Precio (€)
1	00201 53487	159
2	00201 53488	306
3	00201 53489	455
4	00201 53490	603
5	00201 53491	750
6	00201 53492	899

Figura 119. Precios captadores solares.2014. Catalogo Saunier Duval.

El coste del captador es de 159 euros.

Gasto anual en consumo equipo actual

Para empezar vamos a hacer un cálculo aproximado sobre el consumo de apoyo del acumulador eléctrico.

Mes	Energía necesaria (Kw/h)	Energía aportada por el captador (Kw/h)	Energía aportada por la caldera (Kw/h)
Enero	269	95	174
Febrero	264	115	149
Marzo	259	163	96
Abril	249	174	75
Mayo	239	179	60
Junio	224	185	39
Julio	209	205	4
Agosto	214	217	-3
Septiembre	224	204	20
Octubre	239	166	73
Noviembre	259	117	142
Diciembre	269	90	179
		Total	1008

Figura 120. Apoyo necesario del equipo.2014. Excel.

Sabiendo la cantidad de energía anual que tiene que aportar nuestro de equipo de apoyo vamos a calcular cual sería el gasto que tendríamos actualmente con el acumulador eléctrico. Para esto utilizaremos los precios establecidos por el IDAE.

Potencia contratada	Término potencia €/kW y mes	variación respecto a TUR anterior(*)	Término energía €/kWh	variación respecto a TUR anterior(*)
Potencia ≤ 10kW	2,970789417	62,83%	0,124985	-11,19%

Figura 121. Coste electricidad.2014. IDAE.

Combustible	Potencia Termo (W)	Horas de funcionamiento	Horas de funcionamiento anual	Consumo anual (Kwh)	Coste (€/Kwh)	Coste anual €
Electricidad	1500	6	2190,00	3285,00	0,1249	410,30

Figura 122. Consumo anual electricidad.2014. Excel.

El consumo anual en electricidad para la producción de ACS es de 410,30 euros.

Coste del equipo propuesto

El equipo propuesto consta de 4 captadores solares tipo SRV 2.3 de Saunier Duval, un acumulador de 500 litros sin resistencia eléctrica y una caldera de apoyo de gas natural por condensación.

Coste de los captadores:

Tejado inclinado - Teja tipo árabe

Nº Captadores	Referencia	Precio (€)
1	00201 53487	159
2	00201 53488	306
3	00201 53489	455
4	00201 53490	603
5	00201 53491	750
6	00201 53492	899

Figura 123. Precios captadores solares.2014. Catalogo Saunier Duval.

El coste de los 4 captadores es de 603 euros.

Coste del acumulador:

Interacumuladores vitrificados	Capacidad (L)	Referencia	Euros	Página
Serie VE-FE				
VE 75 S (BDS 1075M)	75	0010002847	454	
VE 100 S (BDS 1100M)	100	0010002848	534	
VE 150 S (BDS 1150M)	150	0010002849	605	
FE 120 S	114	0010002683	609	
FE 150 S	151	0010002684	636	
FE 200 S	200	0010002685	870	84
FE 300 S	295	0010002850	1.263	
FE 400 S	404	0010002851	1.717	
FE 500 S	496	0010002860	2.035	
FE 300 SC	300	0010002852	1.321	

Figura 124. Precios acumuladores.2014. Catalogo Saunier Duval.

El coste del acumulador es de 2.035 euros

Coste de la caldera:

Gama ISO Incluye radio control-termostato-programador modulante Exacontrol E7 R	Placa de conexiones		Ventosa horizontal		Gas	Referencia	Total Euros	Página
	Referencia	Euros	Referencia	Euros				
ISOFAST CONDENS F 35	0020136418	95	0020084572	80	N ^o	0010014128	2.556	31
ISOFAST 21 CONDENS F 30	0020094856	95	0020084572	80	P	0010011555	2.639	
ISOFAST 21 CONDENS F 30	0020094856	95	0020084572	80	N	0010011554	2.639	
ISOFAST 21 CONDENS F 35	0020094856	95	0020084572	80	P	0010011557	2.868	
ISOFAST 21 CONDENS F 35	0020094856	95	0020084572	80	N	0010011556	2.868	
ISOMAX CONDENS F 35	0020094856	95	0020084572	80	P	0010011560	3.232	
ISOMAX CONDENS F 35	0020094856	95	0020084572	80	N	0010011559	3.232	

Figura 125. Precios calderas de gas natural.2014. Catalogo Saunier Duval.

El coste de la caldera asciende a 2556 euros.

Gasto anual en consumo equipo propuesto

Ya conocemos el valor de la cantidad de energía requerida para el equipo de apoyo a las placas. Con esto y mirando nuevamente los precios facilitados por el IDAE vamos a calcular el consumo de gas natural anual.

T.U.R. GAS NATURAL				
Tarifa	Término fijo (€/cliente)/mes	Variación respecto a TUR anterior(*)	Término variable cent/kWh	Variación respecto a TUR anterior %(*)
T.U.R. 1. Consumo ≤ 5.000 kWh/año	4,3	-1,1%	5,750871	-3,0%

Figura 126. Tarifas gas natural.2014. IDAE.

Al gasto de la tarifa de gas natural habrá que sumarle también el coste fijo anual.

Combustible	Consumo anual con 4 captadores (Kw/h)	Coste (€/Kwh)	Coste anual sin tarifa fija(€)	Tarifa fija (€/año)	Coste anual €
Gas natural	60	0,057	3,42	51,6	55,02

Figura 127. Cálculo consumo gas natural.2014. Excel.

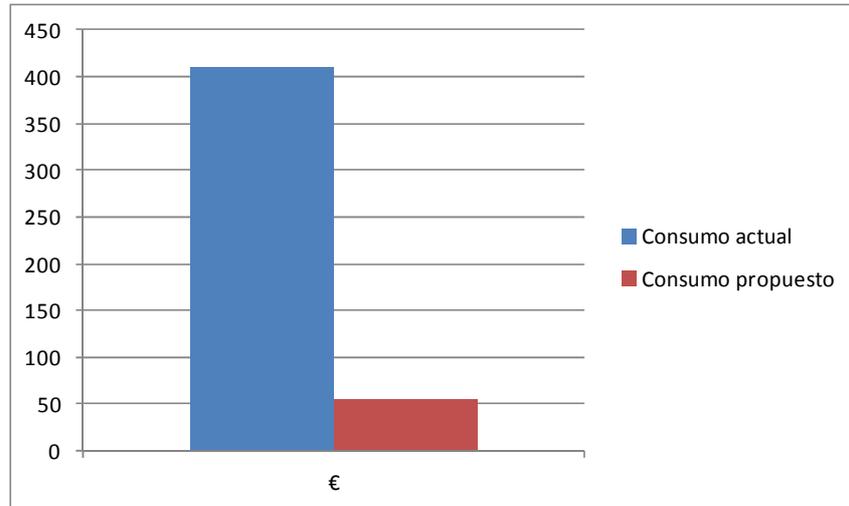


Figura 128. Comparación consumos.2014. Excel.

El consumo en energía con el sistema propuesto es un 86% inferior pero hay que tener en cuenta que la inversión inicial es mayor por lo que más adelante estudiaremos la viabilidad de este nuevo sistema teniendo en cuenta todos estos factores.

Capítulo 5.

5 Calefacción

La calefacción junto con la refrigeración son instalaciones fuertemente relacionadas con la envolvente del edificio ya que su máximo aprovechamiento depende de esta. Una gran parte de nuestras necesidades de calefacción se deben a pérdidas a través de la envolvente por lo que con una buena envolvente el consumo en calefacción quedará reducido.

En este apartado no se realizará ninguna comparación entre sistema actual y propuesto ya que la calefacción no está reflejada en el proyecto. No obstante, más adelante cuando se estudie la viabilidad económica si existirán diferencias porque aunque el equipo sea el mismo, la envolvente es distinta y ya que como hemos dicho antes están fuertemente relacionadas, las necesidades de calor no serán las mismas y por consiguiente el consumo tampoco lo será.

5.1 Sistema de calefacción propuesto

El sistema de calefacción que se ha escogido es un sistema por suelo radiante ya que trabaja en un rango de temperaturas más bajas que el resto de sistemas de calefacción reduciendo el trabajo de la caldera haciéndola más eficiente. Por otra parte la emisión de calor también abarca un rango más amplio siendo este desde el suelo hasta el techo. Debemos recordar que los excedentes de energía que tenemos de las placas solares irán a parar a la calefacción.

5.2 Demanda energética de calefacción

Para el cálculo de la demanda energética de calefacción vamos a utilizar el método de los grados-día por el cual con la transmitancia térmica de nuestra envolvente, una serie de valores de grados-día correspondientes a nuestra localidad y teniendo en cuenta el porcentaje de renovaciones de aire podremos obtener la demanda de calefacción mensual de nuestra vivienda.

Comenzaremos calculando la cantidad de masa de aire que hay que calentar. Lo haremos mediante la siguiente expresión:

$$m = (P \times V \times Mr) / (R \times T)$$

Donde:

m = masa de aire a calentar en kg

P = presión atmosférica en atm = 1 atm

V = volumen del aire calentar

Mr = peso molecular del aire = 28,96 kg/Kmol

R = constante de gases ideales = 0,082054 atm x m³/Kmol

T = temperatura del aire (°K). Los valores de temperatura son tomados de AEMET.

Mes	Tª Media (°C)	Tª Media (°K)	Volumen (m3)	Presión (atm)	Mr (kg/kmol)	R	Masa de aire a calentar (kg)
Enero	3,6	276,6					876,11
Febrero	5,2	278,2					871,07
Marzo	7,5	280,5					863,93
Abril	9,4	282,4					858,11
Mayo	13,5	286,5					845,83
Junio	17,9	290,9					833,04
Julio	21,6	294,6	686,61	1	28,96	0,082054	822,58
Agosto	21,3	294,3					823,41
Septiembre	17,6	290,6					833,90
Octubre	12,1	285,1					849,99
Noviembre	7,2	280,2					864,85
Diciembre	4,6	277,6					872,95

Figura 129. Cálculo masa de aire a calentar.2014. Excel.

Teniendo la masa de aire a calentar a continuación calcularemos la energía necesaria para ello teniendo en cuenta que existe una renovación del aire de un 50% debido a infiltraciones e interferencias del sistema.

La expresión para calcular la cantidad de energía necesaria será la siguiente:

$$Q = m \times C_e \times AT$$

Donde:

Q = cantidad de calor necesaria en Kcal

m = masa total de aire a calentar en Kg

Ce = calor específico del aire = 0,24 kcal/kgK

AT = salto térmico teniendo en cuenta una temperatura interior de 20º

Mes	Masa de aire (kg)	Masa de aire + 50%	Ce aire	Salto térmico	Q (Kcal/día)	Q (Kj/día)	Q (Kwh/día)	Q (Kwh/mes)
Enero	876,11	1314,165	0,24	16,4	5172,55	21657,48	6,02	183,50
Febrero	871,07	1306,605		14,8	4641,06	19432,12	5,40	164,65
Marzo	863,93	1295,895		12,5	3887,69	16277,74	4,52	137,92
Abril	858,11	1287,165		10,6	3274,55	13710,53	3,81	116,17
Mayo	845,83	1268,745		6,5	1979,24	8287,09	2,30	70,22
Junio	833,04	1249,56		2,1	629,78	2636,88	0,73	22,34
Julio	822,58	1233,87		-1,6	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	823,41	1235,115		-1,3	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	833,9	1250,85		2,4	720,49	3016,69	0,84	25,56
Octubre	849,99	1274,985		7,9	2417,37	10121,53	2,81	85,76
Noviembre	864,85	1297,275		12,8	3985,23	16686,15	4,64	141,38
Diciembre	872,95	1309,425		15,4	4839,63	20263,55	5,63	171,69
Total año /Kwh)								1119,18

Figura 130. Cálculo energía necesaria para calefactar.2014. Excel.

Demanda energética calefacción envolvente actual

Una vez calculada la cantidad de energía necesaria para calentar el aire teniendo en cuenta las renovaciones de este calcularemos la demanda energética total de calefacción mediante la transmitancia térmica total de nuestra envolvente y un flujo de calor para cada mes, expresado en grados-día el cual obtendremos de la “Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto” elaborada por el IDAE.

Mes	GDM (20º)	U x A (W/K)	Perdida de calor (Kwh)	Q(Kwh/mes)	Calor necesario
Enero	526	608,19	7677,79	183,50	7861,29
Febrero	439		6407,89	164,65	6572,54
Marzo	374		5459,11	137,92	5597,03
Abril	302		4408,16	116,17	4524,33
Mayo	196		2860,93	70,22	2931,15
Junio	85		1240,71	22,34	1263,05
Julio	0		0,00	0,00	0,00
Agosto	0		0,00	0,00	0,00
Septiembre	121		1766,18	25,56	1791,74
Octubre	239		3488,58	85,76	3574,34
Noviembre	408		5955,40	141,38	6096,78
Diciembre	521		7604,81	171,69	7776,50
Total año (Kwh)				47988,74	
Total año (Kwh/m2)				234,09	

Figura 131. Cálculo demanda energética envolvente actual.2014. Excel.

La demanda energética para calefacción para la envolvente actual es de 47988,74 kWh al año.

Demanda energética calefacción envolvente propuesta

Volvemos a hacer el cálculo anterior modificando el valor de la transmitancia térmica por el de la envolvente propuesta.

Mes	GDM (20º)	U x A (W/K)	Perdida de calor (Kwh)	Q(Kwh/mes)	Calor necesario
Enero	526	249,32	3147,42	183,50	3330,92
Febrero	439		2626,84	164,65	2791,49
Marzo	374		2237,90	137,92	2375,82
Abril	302		1807,07	116,17	1923,24
Mayo	196		1172,80	70,22	1243,02
Junio	85		508,61	22,34	530,95
Julio	0		0,00	0,00	0,00
Agosto	0		0,00	0,00	0,00
Septiembre	121		724,03	25,56	749,59
Octubre	239		1430,10	85,76	1515,86
Noviembre	408		2441,34	141,38	2582,72
Diciembre	521		3117,50	171,69	3289,19
			Total año (Kwh)		20332,79
			Total año (Kwh/m2)		99,18

Figura 132. Cálculo demanda energética envolvente propuesta.2014. Excel.

La demanda energética para la calefacción para la envolvente propuesta es de 20332,79 kWh al año.

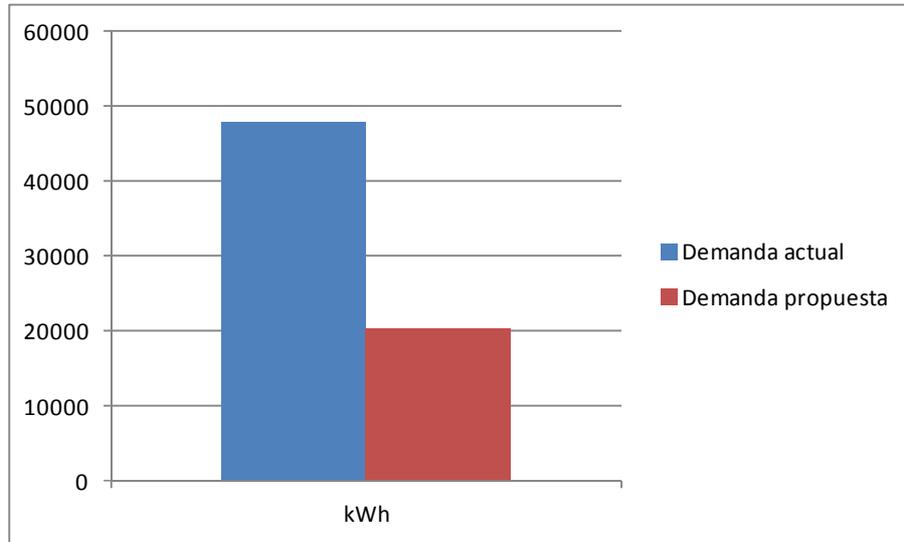


Figura 133. Comparación demandas calefacción.2014. Excel.

Tras ver esta comparación queda claro que la modificación de la envolvente nos permite reducir la demanda de calefacción en casi un 60%.

5.3 Aportación de los captadores solares a calefacción

En el capítulo anterior relacionado con la producción de ACS hemos elegido un sistema que produce una cantidad de energía excesiva en determinados meses, por ello hemos decidido desviar ese exceso a la instalación de calefacción. A continuación vamos a ver hasta qué punto colabora este excedente con la calefacción.

Mes	ACS			Calefacción		
	Demanda energética	Energía util captador	Energía aportada	Energía sobrante para calefacción (kw/h)	Demanda energética calefacción (kw/h)	Porcentaje aportado
Enero	269	247	92%	0	3330,92	0%
Febrero	264	259	98%	0	2791,49	0%
Marzo	259	309	120%	50	2375,82	2,10%
Abril	249	298	120%	49	1923,24	2,54%
Mayo	239	306	128%	67	1243,02	5,38%
Junio	224	306	137%	82	530,95	15,43%
Julio	209	333	160%	124	0,00	0%
Agosto	214	357	166%	143	0,00	0%
Septiembre	224	333	149%	109	749,59	14,60%
Octubre	239	302	127%	63	1515,86	4,15%
Noviembre	259	265	103%	6	2582,72	0,23%
Diciembre	269	236	88%	0	3289,19	0%

Figura 134. Aporte de las placas a calefacción.2014. Excel.

El aporte a calefacción aun con 4 captadores es mínimo incluso en los 2 meses que mas proporciona que son Septiembre y Junio. Aun así el consumo de calefacción para la caldera quedara reducido por poco que sea.

5.4 Coste anual en consumo

Una vez calculadas las demandas energéticas anuales que tenemos ya podemos estimar el gasto anual que tendremos en gas natural para calefacción.

Coste anual en consumo de calefacción con envolvente actual

Combustible	Consumo calefacción	Coste Kwh (€)	Tarifa fija anual (€)	Coste total anual (€)
Gas natural	47988,74	0,057	51,6	2786,96

Figura 135. Gasto calefacción envolvente actual.2014. Excel.

Coste anual en consumo de calefacción con envolvente propuesta

Combustible	Consumo calefacción	Coste Kwh (€)	Tarifa fija anual (€)	Coste total anual (€)
Gas natural	19639,79	0,057	51,6	1171,07

Figura 136. Gasto calefacción envolvente propuesta.2014. Excel.

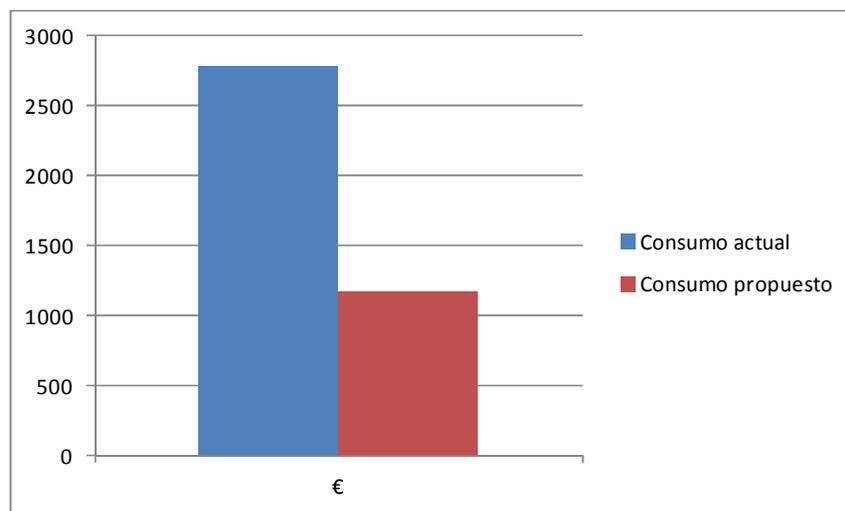


Figura 137. Comparación consumo calefacción.2014. Excel.

El consumo anual en calefacción como hemos dicho anteriormente resulta casi un 60% más barato.

Capítulo 6.

6 Refrigeración

En el apartado anterior hemos tratado la calefacción de nuestra vivienda pero también es necesaria la intervención en el ámbito de la refrigeración para los meses más calurosos del año.

Al igual que en la calefacción tendremos que calcular la cantidad de energía que necesitaremos para enfriar las distintas dependencias de la vivienda.

Los meses para los que se calculara la demanda será para los meses de Julio y Agosto que son los más calurosos.

6.1 Demanda energética de refrigeración

El proceso a seguir será igual que el utilizado anteriormente para la calefacción.

Para conocer la demanda energética de la vivienda debemos comenzar calculando la cantidad de masa de aire que hay que enfriar. Lo haremos mediante la siguiente expresión:

$$m = (P \times V \times Mr) / (R \times T)$$

Donde:

m = masa de aire a enfriar en kg

P = presión atmosférica en atm = 1 atm

V = volumen del aire a enfriar

M_r = peso molecular del aire = 28,96 kg/Kmol

R = constante de gases ideales = 0,082054 atm x m³/Kmol

T = temperatura del aire (°K). Los valores de temperatura son tomados de AEMET.

En este caso del volumen total se descontara el que ocupan los baños y cocina ya que estos no se refrigerarán.

Mes	Tª Media (°C)	Tª Media (°K)	Volumen (m ³)	Presión (atm)	M_r (kg/kmol)	R	Masa de aire a enfriar (kg)
Julio	21,6	294,6	585,56	1	28,96	0,082054	701,52
Agosto	21,3	294,3					702,23

Figura 138. Masa de aire a enfriar.2014. Excel.

Teniendo la masa de aire a enfriar a continuación calcularemos la energía necesaria para ello teniendo en cuenta que existe una renovación del aire de un 50% debido a infiltraciones e interferencias del sistema.

La expresión para calcular la cantidad de energía necesaria será la siguiente:

$$Q = m \times C_e \times AT$$

Donde:

Q = cantidad de calor necesaria en Kcal

m = masa total de aire a enfriar en Kg

C_e = calor específico del aire = 0,24 kcal/kgK

AT = salto térmico teniendo en cuenta una temperatura interior de 23°

Mes	Masa de aire (kg)	Masa de aire + 50%	Ce aire	Salto térmico	Q (Kcal/día)	Q (Kj/día)	Q (Kwh/día)	Q (Kwh/mes)
Julio	822,58	1233,87	0,24	1,4	414,58	1735,85	0,48	14,71
Agosto	823,41	1235,115		1,7	503,93	2109,94	0,59	17,88
Total año (Kwh)								32,58

Figura 139. Energía necesaria para enfriar.2014. Excel.

Demanda energética refrigeración envolvente actual

Como en el caso de calefacción vamos a calcular las necesidades energéticas para refrigeración por el método de grados-día con los valores sacados de la guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto del IDAE para refrigeración.

Mes	GDM (20º)	U x A (W/K)	Perdida de calor (Kwh)	Q(Kwh/mes)	Calor necesario
Julio	115	608,19	1678,60	14,71	1693,31
Agosto	103		1503,45	17,88	1521,33
Total año (Kwh)					3214,64
Total año (Kwh/m2)					18,57

Figura 140. Demanda energética refrigeración envolvente actual.2014. Excel.

Para la envolvente actual tenemos unas necesidades de refrigeración de 3214,64 kWh anuales

Demanda energética refrigeración envolvente propuesta

Volvemos a realizar el cálculo con el valor de la envolvente propuesta.

Mes	GDM (20º)	U x A (W/K)	Perdida de calor (Kwh)	Q(Kwh/mes)	Calor necesario (Kwh)
Julio	115	249,32	688,12	14,71	702,83
Agosto	103		616,32	17,88	634,20
Total año (Kwh)					1337,03
Total año (Kwh/m2)					7,72

Figura 141. Demanda energética refrigeración envolvente propuesta.2014. Excel.

Para la envolvente propuesta tenemos unas necesidades de refrigeración de 1337,08 kWh anuales.

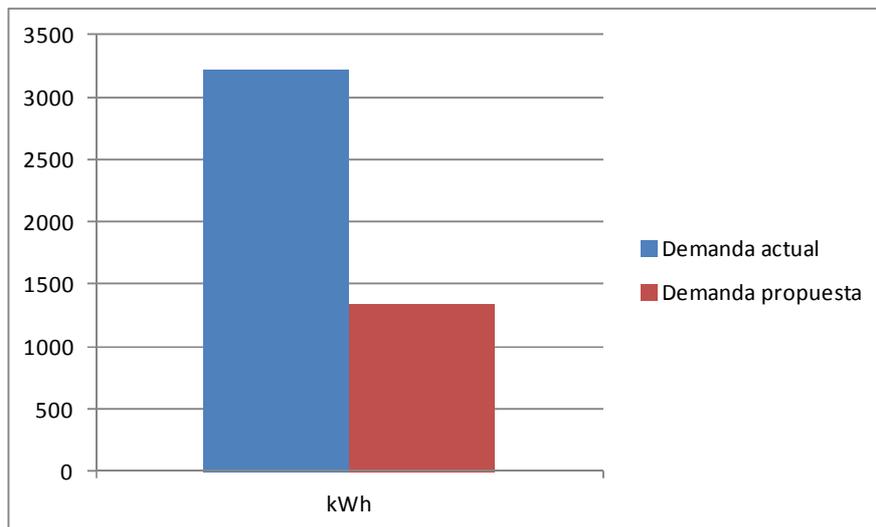


Figura 142. Comparación demandas refrigeración.2014. Excel.

Con las medidas de mejora de la envolvente hemos reducido las necesidades de refrigeración en un 60% al igual que las de calefacción.

6.2 Elección del sistema

Al igual que en calefacción, el sistema de aire acondicionado no está reflejado en proyecto por lo que el propuesto es el único existente.

A la hora de escoger el equipo para refrigeración hemos estudiado la posibilidad de poner un sistema por conductos o por splits.

En este caso hemos optado por splits independientes para cada dependencia porque consideramos que tienen más rendimiento que el sistema por conductos siendo más eficiente por lo que obtendremos las frigorías para cada dependencia.

Para la obtención de las frigorías usaremos una regla de 100 frigorías por m² y una vez obtenidas estas, haremos la conversión a W para calcular la potencia. Dicha conversión será 1 frigoría = 1,163 W. Al utilizar splits independientes vamos a calcular la potencia necesaria por estancia.

Dependencia	Superficie (m ²)	Frigorias	Potencia (W)
Vestibulo-distribuidor PB	15,95	1595	1854,985
Salón PB	27,45	2745	3192,435
Comedor PB	14,85	1485	1727,055
Dormitorio 1 PB	13,45	1345	1564,235
Corredor-distribuidor P1	14,80	1480	1721,24
Dormitorio 4 P1	14,70	1470	1709,61
Dormitorio 3 P1	13,85	1385	1610,755
Dormitorio 2 P1	16,20	1620	1884,06

Figura 143. Cálculo de frigorías necesarias por estancia.2014. Excel.

Con la potencia necesaria para cada dependencia elegiremos las maquinas que más se ajusten.

Desde el punto de vista tanto de la eficiencia energética como del ahorro económico la mejor opción sin duda es la elección de aparatos con tecnología inverter.

Mediante la tecnología inverter el aparato se adapta en cada momento a las necesidades del ambiente duplicando su velocidad de enfriamiento hasta conseguir la temperatura adecuada y reduciéndola en el momento que la alcanza manteniendo el confort en todo momento llegando a consumir un 50% de la electricidad que para el mismo fin consumiría un equipo sin esta tecnología.

Dentro de los modelos con tecnología inverter tenemos varios más o menos eficientes energéticamente catalogados con la letra A. Dentro de estos tenemos los más eficientes designados como A+++ y los menos eficientes designados como A. A continuación vamos a hacer una comparación entre el

precio de estos equipos y sus consumos para poder hacer la elección adecuada.

Consumo según clase energética de los equipos

Año	Clase A+++		Clase A++		Clase A+		Clase A	
	Consumo (Kwh)	Consumo (€)						
Año 1	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 2	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 3	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 4	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 5	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 6	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 7	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 8	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 9	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Año 10	831	124,65	1195	179,25	1276	191,4	1340	201
Total		1246,5	Total	1792,5	Total	1914	Total	2010

Figura 144. Consumo Split según clase energética.2014. Excel.

Podemos observar que una clase A+++ tiene un 30% menos de consumo que la clase A++, un 35% menos que la clase A+ y un 38% menos que la clase A.

Desde el punto de vista del consumo es obvio pensar que la elección adecuada es un equipo con una clase A+++ , pero antes de decidir tenemos que tener en cuenta el coste de estos equipos adaptados a nuestras necesidades como se muestra a continuación.

Año	Clase A+++			Clase A++		
	Equipo	Consumo (Kwh)	Consumo (€)	Equipo	Consumo (Kwh)	Consumo (€)
Año 1	8912	831	124,65	8092	1195	179,25
Año 2		831	124,65		1195	179,25
Año 3		831	124,65		1195	179,25
Año 4		831	124,65		1195	179,25
Año 5		831	124,65		1195	179,25
Año 6		831	124,65		1195	179,25
Año 7		831	124,65		1195	179,25
Año 8		831	124,65		1195	179,25
Año 9		831	124,65		1195	179,25
Año 10		831	124,65		1195	179,25
	Total gasto + equipo		10158,5	Total gasto + equipo		9884,5

Figura 145. Comparación Split clase A+++ y A++.2014. Excel.

Año	Clase A+			Clase A		
	Equipo	Consumo (Kwh)	Consumo (€)	Equipo	Consumo (Kwh)	Consumo (€)
Año 1	5692	1276	191,4	4092	1340	201
Año 2		1276	191,4		1340	201
Año 3		1276	191,4		1340	201
Año 4		1276	191,4		1340	201
Año 5		1276	191,4		1340	201
Año 6		1276	191,4		1340	201
Año 7		1276	191,4		1340	201
Año 8		1276	191,4		1340	201
Año 9		1276	191,4		1340	201
Año 10		1276	191,4		1340	201
	Total gasto + equipo		7606	Total gasto + equipo		6102

Figura 146. Comparación Split clase A+ y A.2014. Excel.

Tras esta comparación llegamos a la conclusión que la mejor opción es la de aparatos de clase A, ya que en un periodo de 10 años el gasto total en refrigeración será un 40% menor comparado con la clase A+++ , un 38% menor comparado con la clase A++ y un 20% menor que la clase A+ debido a que el coste de los equipos es muy superior.

Equipo escogido

El equipo elegido son 2 modelos del tipo Newlibero de marca LG dependiendo de su ubicación.



Figura 147. Modelo Newlibero LG.2014. Web LG.

LG Newlibero09

UNIDAD INTERIOR - CAPACIDAD

Refrigeración Min \ Nom \ Max (W)	890 / 2500 / 3700
Calefacción Min \ Nom \ Max (W)	890 / 3200 / 4100
Calefacción -7°C	3000
Calefacción Nom (Kcal/h)	2752
Refrigeración Nom (Kcal/h)	2150

Figura 148. Características técnicas modelo 09.2014. Web LG.

Este modelo de Split ira colocado en el vestíbulo-distribuidor, comedor, Dormitorio 1, Corredor-distribuidor, Dormitorio 4, Dormitorio 3 y Dormitorio 2.

LG Newlibero12

UNIDAD INTERIOR - CAPACIDAD

Refrigeración Min \ Nom \ Max (W)	900 / 3500 / 4040
Calefacción Min \ Nom \ Max (W)	890 / 3800 / 5100
Calefacción -7°C	3600
Calefacción Nom (Kcal/h)	3268
Refrigeración Nom (Kcal/h)	3010

Figura 149. Características técnicas modelo 12.2014. Web LG.

Este modelo de Split de mayor potencia ira colocado en el Salón.

6.3 Coste anual en consumo

Una vez calculadas las demandas energéticas anuales que tenemos ya podemos estimar el gasto anual que tendremos en electricidad para refrigeración.

Coste anual en consumo de refrigeración con envolvente actual

Combustible	Consumo refrigeración (Kw/h)	Coste (€/Kwh)	Coste anual €
Electricidad	3214,64	0,1249	401,51

Figura 150. Consumo anual envolvente actual.2014. Excel.

Coste anual en consumo de refrigeración con envolvente actual

Combustible	Consumo refrigeración	Coste (€/Kwh)	Coste anual €
Electricidad	1337,03	0,1249	167,00

Figura 151. Consumo anual envolvente propuesta.2014. Excel.

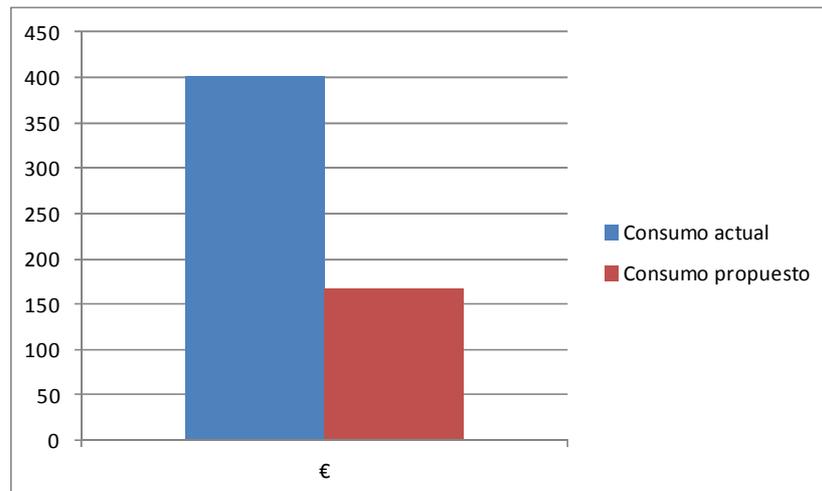


Figura 152. Comparación consumos refrigeración.2014. Excel.

Al modificar la envolvente conseguimos casi un 60% de ahorro en consumo.

Capítulo 7.

7 Iluminación

La luz forma uno de los consumos más importantes en la vivienda, mas aun si no disponemos de las lámparas adecuadas ya que pueden tener un rendimiento mayor y un consumo menor. Lo primero que debemos hacer para tratar correctamente el tema de la iluminación es realizar un estudio de la iluminación que tenemos actualmente.

7.1 Iluminación existente

Los 3 tipos de lámparas de los que dispone la vivienda actualmente la vivienda son, tubos fluorescentes, halógenas e incandescentes.

Vamos a realizar una estimación por dependencia y tipo de lámpara de las horas que están funcionando cada una de ellas. El numero de lámparas está calculado según los puntos de luz que aparecen en los planos de electricidad y además añadiremos posibles luminarias de pie o de mesa que pueden existir en la vivienda.

Dependencia	Fluorescentes		Halógenas		Incandescentes	
	Cantidad	Funcionamiento (h/día)	Cantidad	Funcionamiento (h/día)	Cantidad	Funcionamiento (h/día)
Vestibulo-distribuidor					2	0,5
Salón					4	3
Comedor					3	1
Dormitorio 1					2	1
Baño			1	1	2	1
Lavadero			1	0,1		
Cocina			2	2		
Corredor-distribuidor					4	0,5
Dormitorio 4					2	1
Baño 2			1	1	2	
Dormitorio 3					2	1
Baño 1			1	1	2	
Dormitorio 2					2	1
Sotano	8	0,1			1	
Exteriores					3	0,2
Total	8	0,1	6	1,5	31	1,5

Figura 153. Estimación de la iluminación.2014. Excel.

Una vez conocidas el número de lámparas y la cantidad de horas que funcionan, calcularemos su consumo según su tipo.

Tipo luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Uso anual (h)	Consumo anual (kW/h)	€/kW/h	Consumo anual (€)
Fluorescente	8	72	36,5	21,02		3,1536
Halógena	6	52	547,5	170,82	0,15	25,623
Incandescente	31	100	547,5	1697,25		254,5875
					Total año	283,3641

Figura 154. Consumo iluminación actual.2014. Excel.

La iluminación actual nos da un consumo anual de 284 Euros.

7.2 Iluminación propuesta

Para ser eficientes desde el punto de vista de la iluminación debemos sustituir las lámparas existentes por otras de bajo consumo o tipo LED, las cuales con un consumo menor tienen un rendimiento mayor.

La totalidad de las lámparas serán sustituidas por luminarias tipo LED, siendo estas las siguientes:

Todas las bombillas incandescentes serán sustituidas por el siguiente modelo de bombilla LED.



Figura 155. Bombilla LED.2014. Web Ledbox.

Las lámparas halógenas serán sustituidas por los siguientes downlights LED.



Figura 156. Downlight LED.2014. Web Ledbox.

Por último los tubos fluorescentes serán sustituidos por los siguientes tubos LED.



Figura 157. Tubo LED. 2014. Web Ledbox.

A continuación vamos a calcular el consumo de las nuevas lámparas.

Tipo luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Uso anual (h)	Consumo anual (kW/h)	€/kW/h	Consumo anual (€)
Tubo LED	8	28	36,5	8,18		1
Downlight LED	6	10	547,5	32,85	0,15	4,9275
Bombilla LED	36	9	547,5	177,39		26,6085
Total año						33

Figura 151. Consumo lámparas propuestas.2014. Excel.

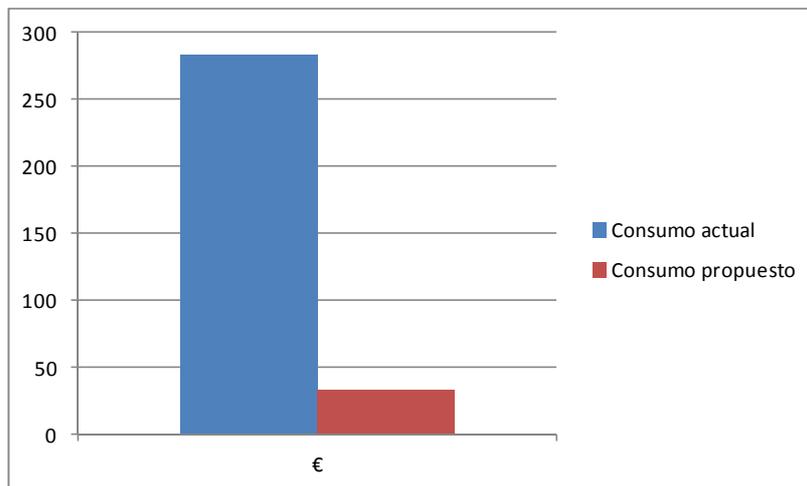


Figura 158. Comparación consumos iluminación.2014. Excel.

La sustitución de las lámparas actuales por luminarias LED permiten un ahorro anual en luz de casi un 89%.

7.3 Valor económico lámparas

Además del consumo tenemos que tener en cuenta que el coste de las lámparas LED es superior al coste de otros tipos de lámparas por lo tanto vamos a estudiar el total del gasto con el consumo, el coste de la lámpara y la vida útil para futuros recambios.

Actuales					
Tipo lampara	Cantidad	Precio unidad (€)	Total lamparas (€)	Vida util	Horas de uso/año
Fluorescente	8	13	104	8000	36,5
Halógena	6	3	18	2000	547,5
Incandescente	31	1,5	46,5	1000	547,5

Figura 159. Valor y vida útil lámparas actuales.2014. Excel.

Propuestas					
Tipo lampara	Cantidad	Precio unidad (€)	Total lamparas (€)	Vida util	Horas de uso/año
Tubo LED	8	19,95	159,6	50000	36,5
Downlight LED	6	39,95	239,7	50000	547,5
Bombilla LED	31	15,95	494,45	50000	547,5

Figura 160. Valor y vida útil lámparas propuestas.2014. Excel.

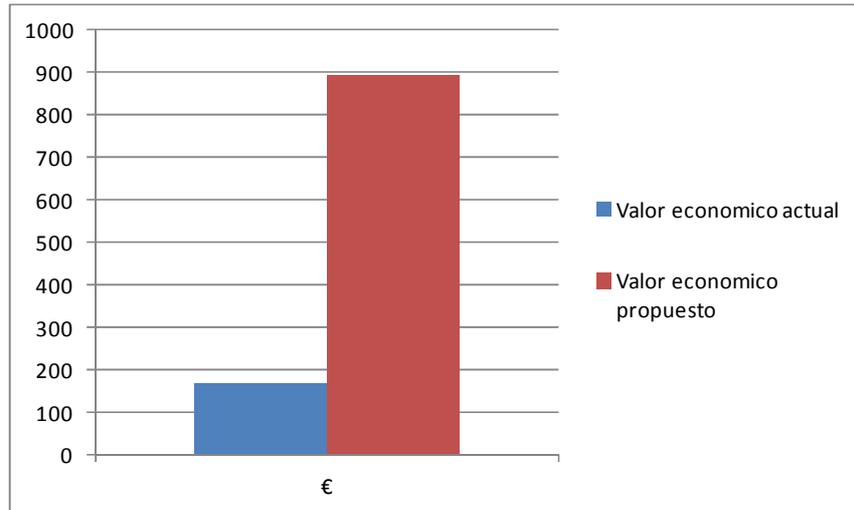


Figura 161. Comparación coste iluminación.2014. Excel.

Como podemos observar el coste de las lámparas propuestas es un 82% más caro.

7.4 Estudio económico a largo plazo

A pesar del coste superior de las lámparas debemos comprobar un coste total a largo plazo, por ejemplo de 10 años teniendo en cuenta las vidas útiles y los consumos.

Comparación tubo fluorescente y tubo LED

En primer lugar realizaremos la comparación entre tubo fluorescente y tubo LED teniendo el coste de las lámparas, las horas de uso para tener en cuenta la caducidad de su vida útil y necesidad de reposición y su consumo.

Años	Tubo fluorescente			Tubo LED		
	Vida util = 8000			Vida util = 50000		
	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo
Año 1	36,5	104	3,15	36,5	159,6	1
Año 2	73		3,15	73		1
Año 3	109,5		3,15	109,5		1
Año 4	146		3,15	146		1
Año 5	182,5		3,15	182,5		1
Año 6	219		3,15	219		1
Año 7	255,5		3,15	255,5		1
Año 8	292		3,15	292		1
Año 9	328,5		3,15	328,5		1
Año 10	365		3,15	365		1
	Total	104	31,5	Total	159,6	10
		135,5			169,6	

Figura 162. Comparación fluorescente y tubo led.2014. Excel.

Al hacer un estudio a largo plazo comprobamos que aunque el consumo es menor con tubo LED el coste de las lámparas hace que sea más rentable mantener los tubos fluorescentes ya que no tenemos mucha cantidad y su vida útil es relativamente aceptable.

Comparación halógenos y downlight LED

Años	Halógenos			Downlight LED		
	Vida util = 2000			Vida util = 50000		
	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo
Año 1	547,5	18	25,62	547,5	239,7	4,92
Año 2	1095		25,62	1095		4,92
Año 3	1642,5	18	25,62	1642,5		4,92
Año 4	2190		25,62	2190		4,92
Año 5	2737,5		25,62	2737,5		4,92
Año 6	3285		25,62	3285		4,92
Año 7	3832,5	18	25,62	3832,5		4,92
Año 8	4380		25,62	4380		4,92
Año 9	4927,5		25,62	4927,5		4,92
Año 10	5475		25,62	5475		4,92
	Total	54	256,2	Total	239,7	49,2
		310,2			288,9	

Figura 163. Comparación halógenos y downlight LED.2014. Excel.

En este caso debido a la gran diferencia de consumo y que los halógenos deben ser reemplazados cada cierto tiempo la elección propuesta de downlights LED es recomendable.

Comparación lámparas incandescentes y bombillas LED

Años	Incandescentes			Bombillas LED		
	Vida util = 1000			Vida util = 50000		
	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo	Horas de uso	Coste lamparas	Consumo
Año 1	547,5	46,5	254,58	547,5	494,45	26,6
Año 2	1095	46,5	254,58	1095		26,6
Año 3	1642,5		254,58	1642,5		26,6
Año 4	2190	46,5	254,58	2190		26,6
Año 5	2737,5		254,58	2737,5		26,6
Año 6	3285	46,5	254,58	3285		26,6
Año 7	3832,5		254,58	3832,5		26,6
Año 8	4380	46,5	254,58	4380		26,6
Año 9	4927,5		254,58	4927,5		26,6
Año 10	5475	46,5	254,58	5475		26,6
	Total	279	2545,8	Total	494,45	266
		2824,8			760,45	

Figura 164. Comparación lámparas incandescentes y bombillas LED.2014. Excel.

En este caso la propuesta de bombillas LED frente a lámparas incandescentes es muy recomendable ya que aunque la inversión inicial es mucho mayor, la vida útil es muy superior y el consumo muy inferior.

Analizando los datos anteriores llegamos a la conclusión que el sistema óptimo para iluminación consiste en mantener los tubos fluorescentes del garaje y sustituir el resto de lámparas por lámparas LED.

Capítulo 8.

8. Conclusiones

En capítulos anteriores hemos tratado el tema de la envolvente del edificio así como las distintas instalaciones existentes en la vivienda con la idea de buscar la forma de hacerla lo más energéticamente eficiente y realizando estudios económicos por separado para comprobar si además de energéticamente eficiente merecía la pena desde el punto de vista económico aplicar las distintas modificaciones.

Este apartado de conclusiones se dividirá en 2 grandes apartados. En primer lugar obtendremos la calificación energética de la vivienda actual y con modificaciones para comprobar si de verdad la hemos mejorado energéticamente.

En segundo lugar realizaremos un estudio económico comparativo teniendo en cuenta tanto la envolvente como las instalaciones y sus respectivos consumos de una forma conjunta con el fin de descubrir si todas las propuestas aplicadas llegan a ser rentables a largo plazo.

8.1 Calificación energética de la vivienda

Conociendo la envolvente de la vivienda y los distintos tipos de sistemas utilizados en las instalaciones ya podemos obtener la calificación energética de nuestra vivienda tanto en su estado actual como con las propuestas aplicadas.

Para la obtención de la calificación hemos utilizado el programa CE3X

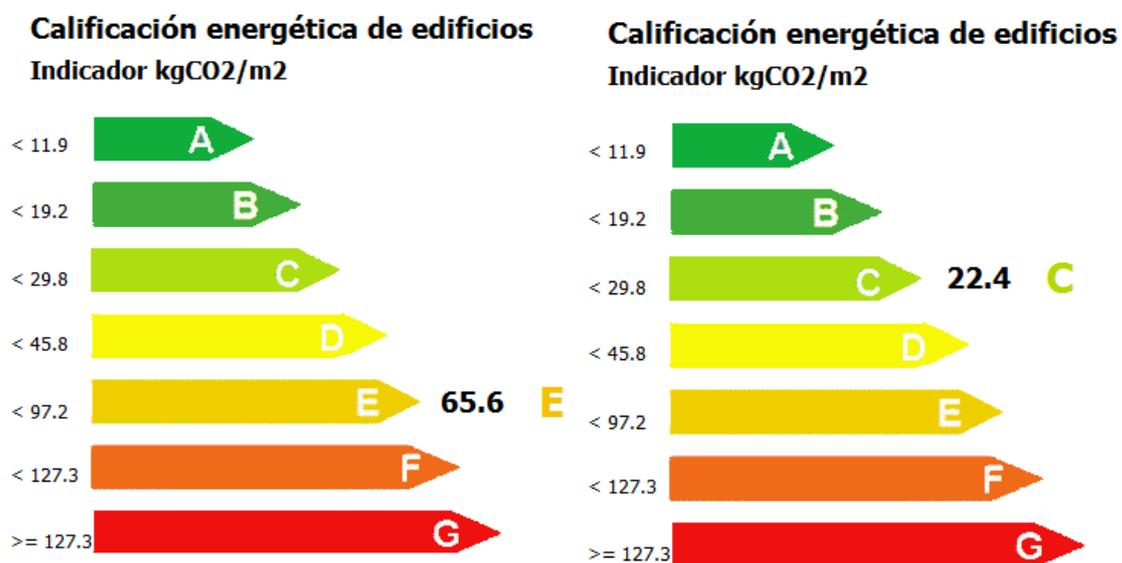


Figura 165. Calificación energética vivienda actual y propuesta.2014. CE3X.

La calificación energética de nuestra vivienda pasa a una calificación C consiguiendo una mejora respecto a la vivienda actual con una calificación de E.

Por lo tanto podemos decir que hemos mejorado nuestra vivienda energéticamente.

A continuación realizaremos una serie de comparaciones teniendo en cuenta costes de las modificaciones e inversiones iniciales en instalaciones además de los consumos que se originaran a raíz de estas para comprobar si la mejora energética de la vivienda ha resultado ser solo un gasto mayor o si en cambio a la larga también sale rentable.

Para esto además de tener en cuenta el coste de modificación de la envolvente y el cambio de sistema de ACS también debemos conocer cuál sería el gasto en calefacción y aire acondicionado si no hubiéramos modificado la envolvente, ya que estos dos sistemas no estaban definidos en la vivienda actual y el gasto inicial hubiera sido el mismo en ambos casos.

8.2 Análisis económico a largo plazo instalaciones

Instalación de ACS

Como hemos explicado en el capítulo correspondiente. La instalación actual de ACS consiste en un captador solar y un acumulador eléctrico. La instalación propuesta consiste en poner 4 captadores solares y sustituir el acumulador eléctrico por un acumulador de 500 litros sin resistencia y un apoyo mediante una caldera de condensación a gas natural. A continuación se muestra una comparación desde el punto de vista económico de los dos sistemas en un periodo de 15 años.

Año	Saunier Duval Electricidad			Saunier Duval Gas		
	Equipo	Consumo	Total año	Equipo	Consumo	Total año
Año 1	521 €	410,30 €	931,30 €	5.194 €	55,02 €	5.249,02 €
Año 2		410,30 €	1.341,60 €		55,02 €	5.304,04 €
Año 3		410,30 €	1.751,90 €		55,02 €	5.359,06 €
Año 4		410,30 €	2.162,20 €		55,02 €	5.414,08 €
Año 5		410,30 €	2.572,50 €		55,02 €	5.469,10 €
Año 6		410,30 €	2.982,80 €		55,02 €	5.524,12 €
Año 7		410,30 €	3.393,10 €		55,02 €	5.579,14 €
Año 8		410,30 €	3.803,40 €		55,02 €	5.634,16 €
Año 9		410,30 €	4.213,70 €		55,02 €	5.689,18 €
Año 10		410,30 €	4.624,00 €		55,02 €	5.744,20 €
Año 11		410,30 €	5.034,30 €		55,02 €	5.799,22 €
Año 12		410,30 €	5.444,60 €		55,02 €	5.854,24 €
Año 13		410,30 €	5.854,90 €		55,02 €	5.909,26 €
Año 14		410,30 €	6.265,20 €		55,02 €	5.964,28 €
Año 15		410,30 €	6.675,50 €		55,02 €	6.019,30 €

Figura 166. Comparación ACS actual y propuesta.2014. Excel.

Tras la comparación concluimos que en el año 14 la instalación propuesta empezaría a ser rentable frente a la actual.

Instalación de calefacción

La instalación de calefacción es la misma para la vivienda actual como para la propuesta con la diferencia de que estarán instaladas en diferentes envolventes las cuales dan diferentes necesidades energéticas. Por lo tanto vamos a comparar los consumos en un plazo de 10 años con la envolvente actual y con la propuesta.

Gasto calefacción anual		
Año	Envolvente actual	Envolvente propuesta
Año 1	2.786,96 €	1.171,94 €
Año 2	5.536,55 €	2.343,88 €
Año 3	8.286,14 €	3.515,82 €
Año 4	11.035,73 €	4.687,76 €
Año 5	13.785,32 €	5.859,70 €
Año 6	16.534,91 €	7.031,64 €
Año 7	19.284,50 €	8.203,58 €
Año 8	22.034,09 €	9.375,52 €
Año 9	24.783,68 €	10.547,46 €
Año 10	27.533,27 €	11.719,40 €
	Ahorro anual	1615,02
	Ahorro en 10 años	15813,87

Figura 167. Comparación calefacción.2014. Excel.

Al ser la instalación la misma para los dos supuestos desde el primer año el ahorro es de 1615,02 euros llegando este a ser de 15813,87 euros en 10 años. Por lo tanto la mejora de la envolvente es altamente recomendable puesto que nos permite un gran ahorro a largo plazo.

Instalación de refrigeración

Aquí tenemos el mismo caso que en la calefacción, la instalación será la misma en los dos supuestos por lo que únicamente haremos referencia a los consumos anuales según las demandas energéticas calculadas anteriormente según la envolvente.

Gasto refrigeración anual		
Año	Envolvente actual	Envolvente propuesta
Año 1	401,51	167
Año 2	700,21	291,85
Año 3	998,91	416,7
Año 4	1297,61	541,55
Año 5	1596,31	666,4
Año 6	1895,01	791,25
Año 7	2193,71	916,1
Año 8	2492,41	1040,95
Año 9	2791,11	1165,8
Año 10	3089,81	1290,65
	Ahorro anual	234,51
	Ahorro en 10 años	2345,10

Figura 168. Comparación refrigeración.2014. Excel.

El ahorro conseguido con la envolvente propuesta es de 234,51 euros al año con un total de 2345 euros en un periodo de 10 años. El ahorro en refrigeración es menos evidente que el de calefacción ya que en nuestra zona lo usamos durante muy poco tiempo.

Con este análisis y con el anterior de calefacción queda bastante claro que la envolvente juega un papel fundamental para conseguir una vivienda energéticamente eficiente con una reducción importante en el consumo.

Instalación de iluminación

Con todos los datos obtenidos en el capítulo correspondiente vamos a comparar el gasto total que tendríamos en 10 años con las lámparas actuales y las propuestas para tener una visión a largo plazo del total del consumo en iluminación y comprobar la rentabilidad de las modificaciones.

Actuales	
Tipo de lampara	Coste 10 años
Fluorescente	135,5
Halógenos	310,2
Incandescentes	2824,8
Total	3270,5

Figura 169. Coste en 10 años lámparas actuales.2014. Excel.

El gasto total en iluminación para un periodo de 10 años sería de 3270,5 euros.

Propuestas	
Tipo de lampara	Coste 10 años
Fluorescente	135,5
Downlight LED	288,9
Bombillas LED	760,45
Total	1184,85

Figura 170. Coste en 10 años lámparas propuestas.2014. Excel.

El gasto total en iluminación para un periodo de 10 años sería de 1184,85 euros.

Comparando los datos anteriores podemos concluir que con el sistema propuesto en un periodo de 10 años habremos ahorrado aproximadamente un 64% más que manteniendo el sistema actual.

8.3 Viabilidad económica total de la propuesta

Ya hemos obtenido las diferencias en gastos y consumos en calefacción, refrigeración, ACS e iluminación entre la vivienda actual y las soluciones propuestas, a continuación lo observaremos desde una vista general teniendo en cuenta todos estos factores para llegar a la conclusión de si es o no viable económicamente y no solo desde el punto de vista de la eficiencia energética. Para esto a las comparaciones anteriores le

añadiremos el gasto en modificar la envolvente por ser este, el que mayor diferencia tiene entre la propuesta y la actual.

Coste total primer año

El primer año tendrá unos costes distintos a los siguientes ya que tenemos que tener en cuenta los gastos iniciales en los equipos y en la envolvente además de los correspondientes consumos en instalaciones. Los costes totales tanto para la vivienda actual como para la vivienda propuesta se muestran en la siguiente tabla:

Costes totales primer año					
Vivienda actual			Vivienda propuesta		
Elemento	Gasto inicial (€)	Consumo final (€)	Elemento	Gasto inicial (€)	Consumo final (€)
Envolvente	17657,04		Envolvente	30151,49	
ACS	521	410,30	ACS	5194	55,02
Calefacción	2556	2786,96	Calefacción		1171,94
Refrigeración		401,51	Refrigeración		167
Iluminación	168,5	327,05	Iluminación	893,75	118,485
	20902,54	3925,82		36239,24	1512,445
Total año 1		24828,36	Total año 1		37751,685

Figura 171. Coste primer año actual y propuesta.2014. Excel.

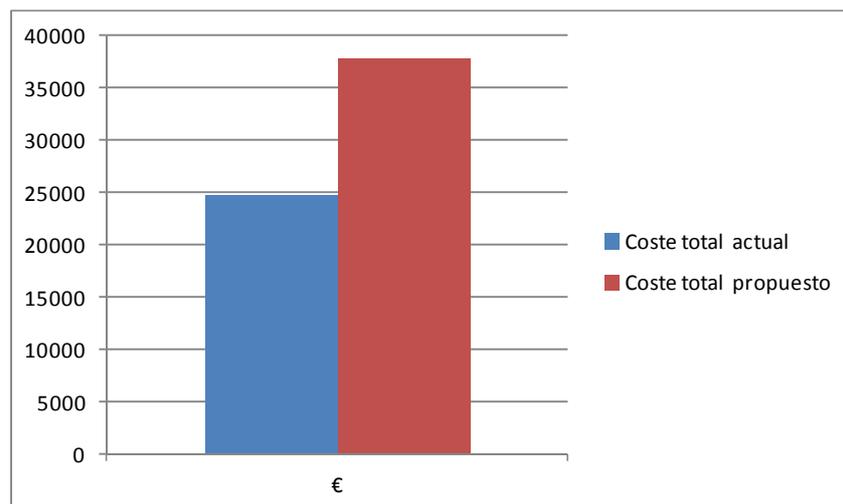


Figura 172. Costes totales. Año 1.2014. Excel.

Una vez hemos calculado los gastos totales del primer año de las dos opciones vemos que la vivienda propuesta es más cara debido al mayor precio de la envolvente aunque los consumos queden reducidos. Pero tengamos una visión más a largo plazo.

Coste total en un periodo de 10 años

Costes totales		
Año	Viv.Actual	Viv.Propuesta
1	24828,36	37751,685
2	28754,18	39264,125
3	32539,36	40734,415
4	36324,54	42204,705
5	40109,72	43674,995
6	43894,9	45145,285
7	47680,08	46615,575
8	51465,26	48085,865
9	55250,44	49556,155
10	59035,62	51026,445
11	62820,8	52496,735
12	66605,98	53967,025
13	70391,16	55437,315
14	74176,34	56907,605
15	77961,52	58377,895

Figura 173. Coste a largo plazo actual y propuesta.2014. Excel.

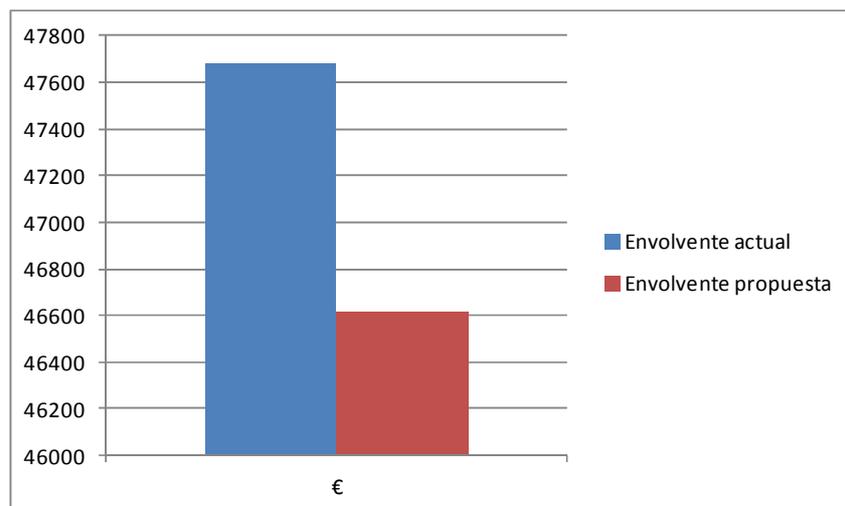


Figura 174. Costes totales. Año 7. 2014. Excel.

Vemos que en 7 años las inversiones iniciales quedarían totalmente amortizadas y todo los años siguientes estaríamos gastando más dinero con la vivienda actual. En 10 años si no aplicamos las propuestas estaríamos gastando 8000 euros más que con las propuestas y en 15 años el gasto seria de casi 20000 euros más.

En conclusión si nos preocupamos de conseguir una vivienda energéticamente eficiente además de ser respetuosos con el medio ambiente también obtendremos un gran beneficio para nuestro bolsillo a largo plazo.

Capítulo 9.

Referencias Bibliográficas

Catálogo Empoline V 4.06. 2014.

Catálogo Knauf. Tarifa general. Febrero 2014.

Catálogo Knauf Insulation. Polyfoam. Febrero 2014.

Catálogo Knauf Insulation. Tarifa general. Febrero 2014.

Catálogo Kommerling PVC. Enero 2012.

Catálogo Rockwool Peninsular. Enero 2010.

Catálogo Rockwool. Precios recomendados. Enero 2014.

Catálogo Rufino grupo Gamma de aislamientos. Enero 2014.

Catálogo Saint-Gobain Glass Climate. Enero 2012.

Catálogo Saunier Duval. Energía solar. Gama helio. Enero 2013.

Catálogo Saunier Duval. Tarifa general. Mayo 2013.

CTE DB HE. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. Documento básico Ahorro Energético. Septiembre 2013.

Guía técnica condiciones climáticas exteriores de proyecto. IDAE. 2010

Instalaciones eficientes de calefacción. Chaffoteaux. 2011

Web AEMET. Agencia Estatal de Meteorología. Url:

Url: <http://www.aemet.es/es/portada>

Web calor y frio. Url: <http://www.caloryfrio.com/>

Web eficiencia energética. Url: <http://www.eficienciaenergetica.es/>

Web efenergia. Url: <http://www.efenergia.com/efenergia/index.html>

Web enerkia. Url: <http://www.enerkia.com/>

Web Led Box. Url: <http://www.ledbox.es/>

Web LG. Url: <http://www.lg.com>

Web wikipedia. Url: <http://es.wikipedia.org/>

Capítulo 10.

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Plano de situación del edificio objeto.2014.Google Maps.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Plano de situación en la parcela.2014.Catastro.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3. Cuadro de superficies construidas.2014.Excel.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4. Cuadro de superficie útil planta baja.2014.Excel.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Cuadro de superficie útil planta primera y total.2014.Excel....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8. Variables de la ecuación y su significado.2013.CTE DB-HE1....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9. Resistencias térmicas superficiales.2013.CTE DB-HE1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 10. Detalle fachada tipo 1 zonas no húmedas.2014.CAD.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11. Cálculo U fachada 1 zonas no húmedas.2014.Excel.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 12. Detalle fachada tipo 2 zonas húmedas.2014.CAD.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 13. Cálculo U fachada tipo 2 zonas húmedas.2014.Excel.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 14. Detalle cubierta tipo 1 falso techo.2014.CAD.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 15. Cálculo U cubierta tipo 1 falso techo.2014.Excel.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 16. Detalle cubierta tipo 2 sin falso techo.2014.CAD.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 17. Cálculo U cubierta tipo 2 sin falso techo.2014.Excel.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 18. Detalle forjado planta baja.2014.CAD.....</i>	<i>23</i>

<i>Figura 19. Coeficiente reducción temperatura b.2013.CTE DB-HE1.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 20. Resistencias térmicas superficiales interiores.2013. CTE DB-HE1</i>	<i>24</i>
<i>Figura 21. Cálculo U forjado garaje.2014.Excel.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 22. Detalle tabique garaje.2014.CAD.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 23. Cálculo U partición garaje.2014.Excel.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 24. Variables de la ecuación y su significado.2013.CTE DB-HE1..</i>	<i>27</i>
<i>Figura 25. Calculo U carpintería aluminio.2014.Excel.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 26. Calculo U carpintería acero.2014.Excel.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 27. Calculo U carpintería madera.2014.Excel.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 29. Perdidas de la envolvente actual.2014.Excel.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 30. Paneles de lana de roca .2014.Web empoline.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 31. Características de los paneles .2014. Web empoline.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 32. Detalle fachada tipo 1 propuesta.2014. CAD.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 33. Calculo U fachada tipo 1.2014. Excel.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 34. Detalle fachada tipo 2 propuesta.2014. CAD.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 35. Calculo U fachada tipo 2. 2014. Excel.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 36. Poliestireno extrusionado.2014. Web Polyfoam.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 37. Características técnicas poliestireno 2014. Web Polyfoam...</i>	<i>34</i>
<i>Figura 38. Detalle cubierta tipo 1 propuesta.2014.CAD.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 39. Calculo U cubierta tipo 1.2014.Excel.....</i>	<i>35</i>

<i>Figura 40. Detalle cubierta tipo 2 propuesta.2014.CAD.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 41. Calculo U cubierta tipo 2.2014.Excel.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 42. Detalle falso techo.2014. Web de Knauf.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 43. Paneles lana de roca.2014.Web de Rockwool.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 44. Características técnicas lana de roca.2014.Web Rockwool..</i>	<i>38</i>
<i>Figura 45. Detalle forjado planta baja propuesto.2014. CAD.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 46. Cálculo U forjado planta baja propuesto.2014. CAD.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 47. Características técnicas tabique W111.es.2014. Web Kanuf.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 48. Detalle tabique W111.es.2014. CAD.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 49. Características técnicas marcos.2014. Web de Kommerling.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 50. Características técnicas vidrios.2014. Catalogo climalit.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 51. Cálculo U carpintería propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 52. Ensayo carpintería propuesta.2014. Web de Kommerling....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 53. Detalle lamas.2014. Web de Kommerling.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 54. Factor de sombra en voladizos.2013. CTE DB-HE1.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 55. Cálculo factor de sombra en voladizos.2014. Excel.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 56. Factor de sombra en retranqueos.2013. CTE DB-HE1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 57. Cálculo factor de sombra en retranqueos.2014. Excel.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 58. Factor de sombra en lamas.2013. CTE DB-HE1.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 59. Cálculo factor de sombra en lamas.2014. Excel.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 60. Variables de la ecuación y su significado.2013. CTE DB-HE1.</i>	<i>48</i>

<i>Figura 61. Valores de absortividad del marco.2013. CTE DB-HE1.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 62. Cálculo factor solar modificado.2014. Excel.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 63. Comparación fachada tipo 1.2014. Excel.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 64. Comparación fachada tipo 2.2014. Excel.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 65. Comparación cubierta tipo 1.2014. Excel.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 66. Comparación cubierta tipo 2.2014. Excel.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 67. Comparación forjado planta baja.2014. Excel.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 68. Comparación tabique garaje.2014. Excel.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 69. Comparación carpinterías.2014. Excel.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 70. Pérdidas totales envolvente propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 71. Comparación perdidas envolventes.2014. Excel.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 72. Comparación pérdidas envolvente (2).2014. Excel.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 73. Limites zona climática D2.2013. CE DB-HE1.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 74. Cumplimiento CTE fachada tipo 1.2014.Excel.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 75. Cumplimiento CTE fachada tipo 2.2014.Excel.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 76. Cumplimiento CTE cubierta tipo 1.2014.Excel.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 77. Cumplimiento CTE cubierta tipo 2.2014.Excel.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 78. Cumplimiento CTE forjado planta baja.2014.Excel.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 79. Valores climáticos según localidad.2014. Econdensa.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 80. Composición de fachada tipo 1.2014. Econdensa.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 81. Condensaciones fachada tipo 1.2014.Econdensa.....</i>	<i>56</i>

<i>Figura 82. Composición de fachada tipo 2.2014. Econdensa.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 83. Condensaciones fachada tipo 2.2014.Econdensa.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 84. Composición de cubierta tipo 1.2014. Econdensa.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 85. Condensaciones cubierta tipo 1.2014. Econdensa.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 86. Composición de cubierta tipo 2. 2014. Econdensa.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 87. Condensaciones cubierta tipo 2.2014. Econdensa.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 88. Composición forjado planta baja.2014. Econdensa.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 89. Condensaciones forjado planta baja.2014. Econdensa.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 90. Composición tabique garaje.2014. Programa Econdensa....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 91. Condensaciones tabique garaje. 2014. Econdensa.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 92. Características lana de roca.2014. Catalogo Rockwool.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 93. Cuadro de precios poliestireno expandido.2014. Hasipor.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 94. Precio descompuesto proyección.2014. Cype.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 95. Precio descompuesto tabique garaje.2014. Cype.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 96. Precio descompuesto vidrio.2014. Cype.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 97. Precio descompuesto carpintería PB1.2014. Cype.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 98. Precio descompuesto carpintería PB2.2014 Cype.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 99. Precio descompuesto carpintería V1.2014 Cype.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 100. Precio descompuesto carpintería V1.2014 Cype.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 101. Precio descompuesto carpintería V4.2014. Cype.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 102. Coste de la envolvente actual.2014. Excel.....</i>	<i>68</i>

<i>Figura 103. Precio descompuesto tabiquería W111.2014. Cype.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 104. Coste de la envolvente propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 105. Comparación coste envolventes.2014. Excel.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 106. Demanda de ACS.2013. CTE DB-HE4.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 107. Valores mínimos de ocupación.2013. CTE DB-HE4.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 108. Contribución solar mínima anual.2013. CTE DB-HE4.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 109. Temperatura del agua.2013. CTE DB-HE4.Excel.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 110. Calculo de energía ACS.2014.Excel.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 111. Detalle soporte.2014. Catalogo Saunier Duval.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 112. Azimut.2014. Web caloryfrio.com.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 113. Pérdidas limite solar.2013. CTE DB-HE4.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 114. Contribución solar.2014.Web konstruir. Excel.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 115. Contribución solar anual.2014. Excel.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 116. Esquema instalación propuesta.2014.Saunier Duval.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 117. Contribución solar 4 captadores.2014.Web Konstruir.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 118. Precios acumuladores eléctricos.2014.Saunier Duval.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 119. Precios captadores solares.2014. Catalogo Saunier Duval..</i>	<i>80</i>
<i>Figura 120. Apoyo necesario del equipo.2014. Excel.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 121. Coste electricidad.2014. IDAE.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 122. Consumo anual electricidad.2014. Excel.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 123. Precios captadores solares.2014. Catalogo Saunier Duval..</i>	<i>82</i>

<i>Figura 124. Precios acumuladores.2014. Catalogo Saunier Duval.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 125. Precios calderas de gas natural.2014.Saunier Duval.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 126. Tarifas gas natural.2014. IDAE.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 127. Cálculo consumo gas natural.2014. Excel.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 128. Comparación consumos.2014. Excel.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 129. Cálculo masa de aire a calentar.2014. Excel.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 130. Cálculo energía necesaria para calefactar.2014. Excel.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 131. Demanda energética envolvente actual.2014. Excel.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 132. Demanda energética envolvente propuesta.2014. Excel....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 133. Comparación demandas calefacción.2014. Excel.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 134. Aporte de las placas a calefacción.2014. Excel.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 135. Gasto calefacción envolvente actual.2014. Excel.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 136. Gasto calefacción envolvente propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 137. Comparación consumo calefacción.2014. Excel.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 138. Masa de aire a enfriar.2014. Excel.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 139. Energía necesaria para enfriar.2014. Excel.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 140. Demanda energética refrigeración actual.2014. Excel.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 141. Demanda energética refrigeración propuesta.2014. Excel.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 142. Comparación demandas refrigeración.2014. Excel.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 143. Cálculo de frigorías necesarias por estancia.2014. Excel.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 144. Consumo Split según clase energética.2014. Excel.....</i>	<i>98</i>

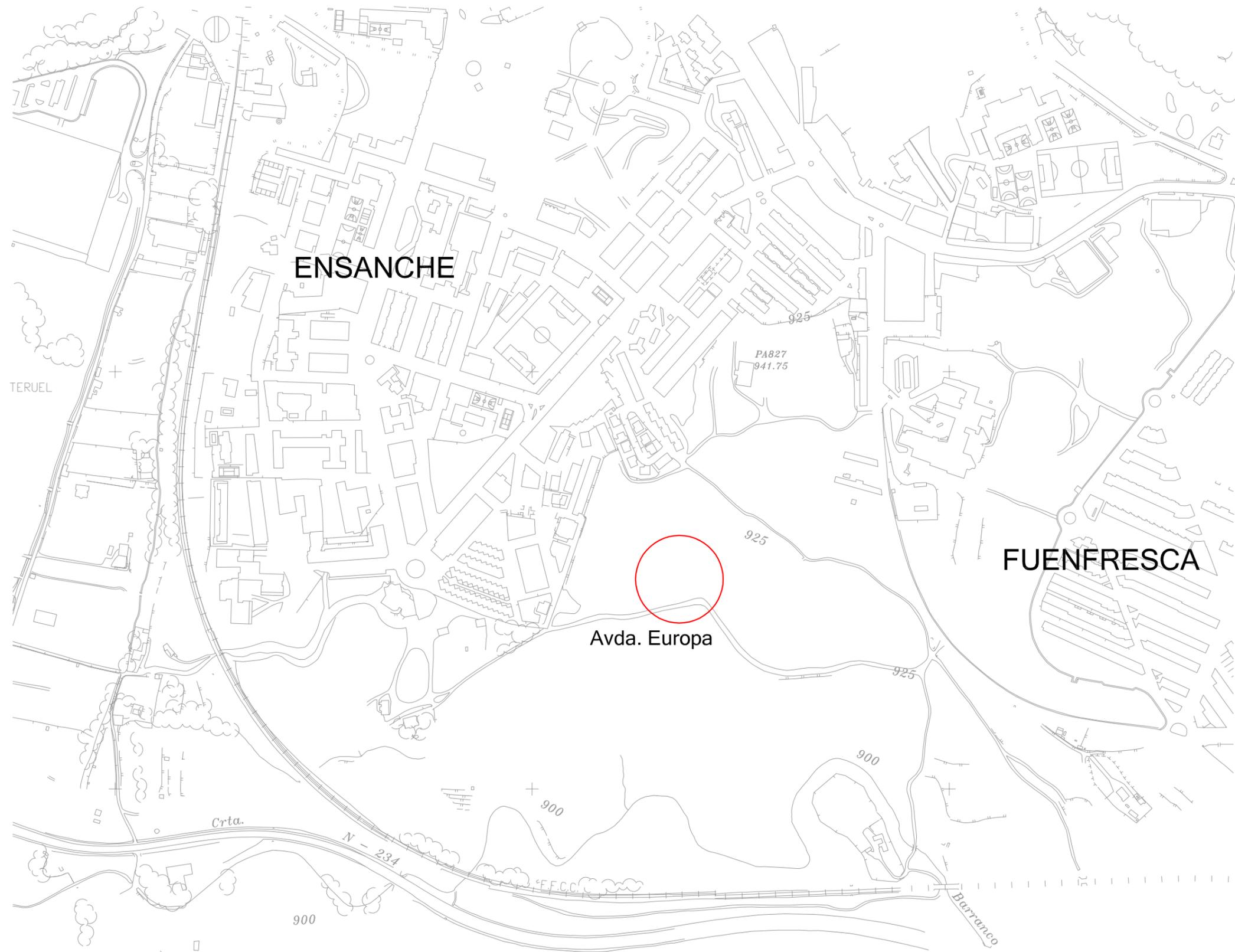
<i>Figura 145. Comparación Split clase A+++ y A++.2014. Excel.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 146. Comparación Split clase A+ y A.2014. Excel.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 147. Modelo Newlibero LG.2014. Web LG.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 148. Características técnicas modelo 09.2014. Web LG.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 149. Características técnicas modelo 12.2014. Web LG.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 150. Consumo anual envolvente actual.2014. Excel.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 151. Consumo anual envolvente propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 152. Comparación consumos refrigeración.2014. Excel.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 153. Estimación de la iluminación.2014. Excel.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 154. Consumo iluminación actual.2014. Excel.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 155. Bombilla LED.2014. Web Ledbox.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 156. Downlight LED.2014. Web Ledbox.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 157. Tubo LED. 2014.Web Ledbox.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 158. Consumo lámparas propuestas.2014. Excel.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 159. Comparación consumos iluminación.2014. Excel.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 160. Valor y vida útil lámparas actuales.2014. Excel.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 161. Valor y vida útil lámparas propuestas.2014. Excel.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 162. Comparación coste iluminación.2014. Excel.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 163. Comparación fluorescente y tubo led.2014. Excel.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 164. Comparación halógenos y downlight LED.2014. Excel.....</i>	<i>109</i>

<i>Figura 165. Comparación lámparas incandescentes y LED.2014. Excel.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 166. Calificación energética actual y propuesta.2014. CE3X.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 167. Comparación ACS actual y propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 168. Comparación calefacción.2014. Excel.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 169. Comparación refrigeración.2014. Excel.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 170. Coste en 10 años lámparas actuales.2014. Excel.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 171. Coste en 10 años lámparas propuestas.2014. Excel.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 172. Coste primer año actual y propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 173. Costes totales. Año 1.2014. Excel.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 174. Coste a largo plazo actual y propuesta.2014. Excel.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 175. Costes totales. Año 7. 2014. Excel.....</i>	<i>119</i>

Anexos

1. Planos

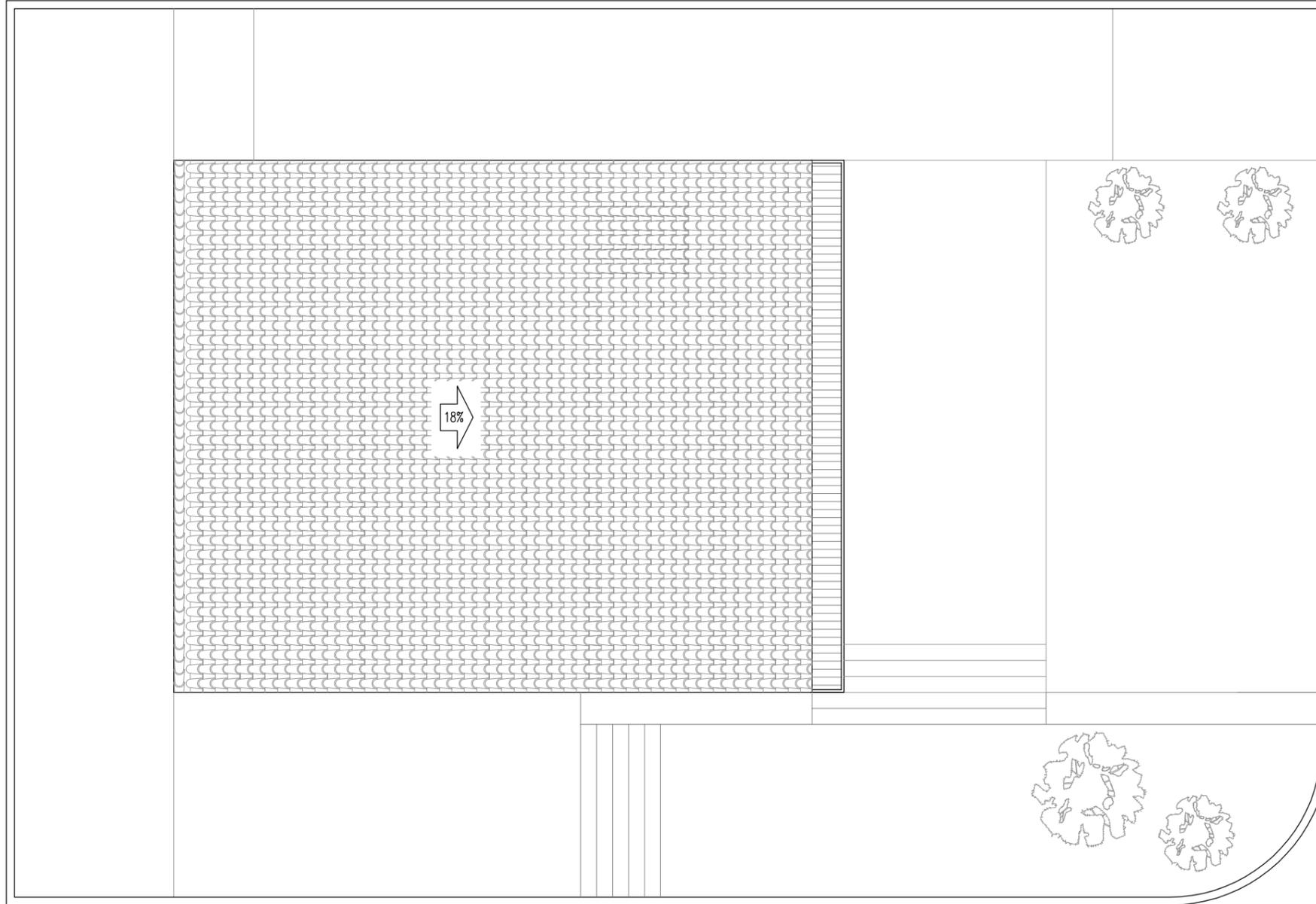
1. Plano de situación
2. Plano de la parcela
3. Alzado norte
4. Alzado sur
5. Alzado oeste
6. Alzado este
7. Sección A-A´
8. Sección B-B´
9. Distribución y superficies sótano
10. Distribución y superficies planta baja
11. Distribución y superficies planta primera
12. Distribución y superficies planta cubierta
13. Carpinterías sótano
14. Carpinterías planta baja
15. Carpinterías planta primera
16. Detalle carpinterías
17. Detalle fachada 1. Solución puentes térmicos
18. Detalle fachada 2. Solución puentes térmicos



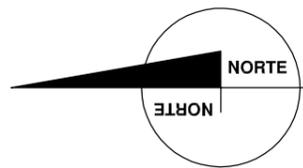
E = 1/5000

Calle Compromiso de Caspe

Calle Maria Moliner

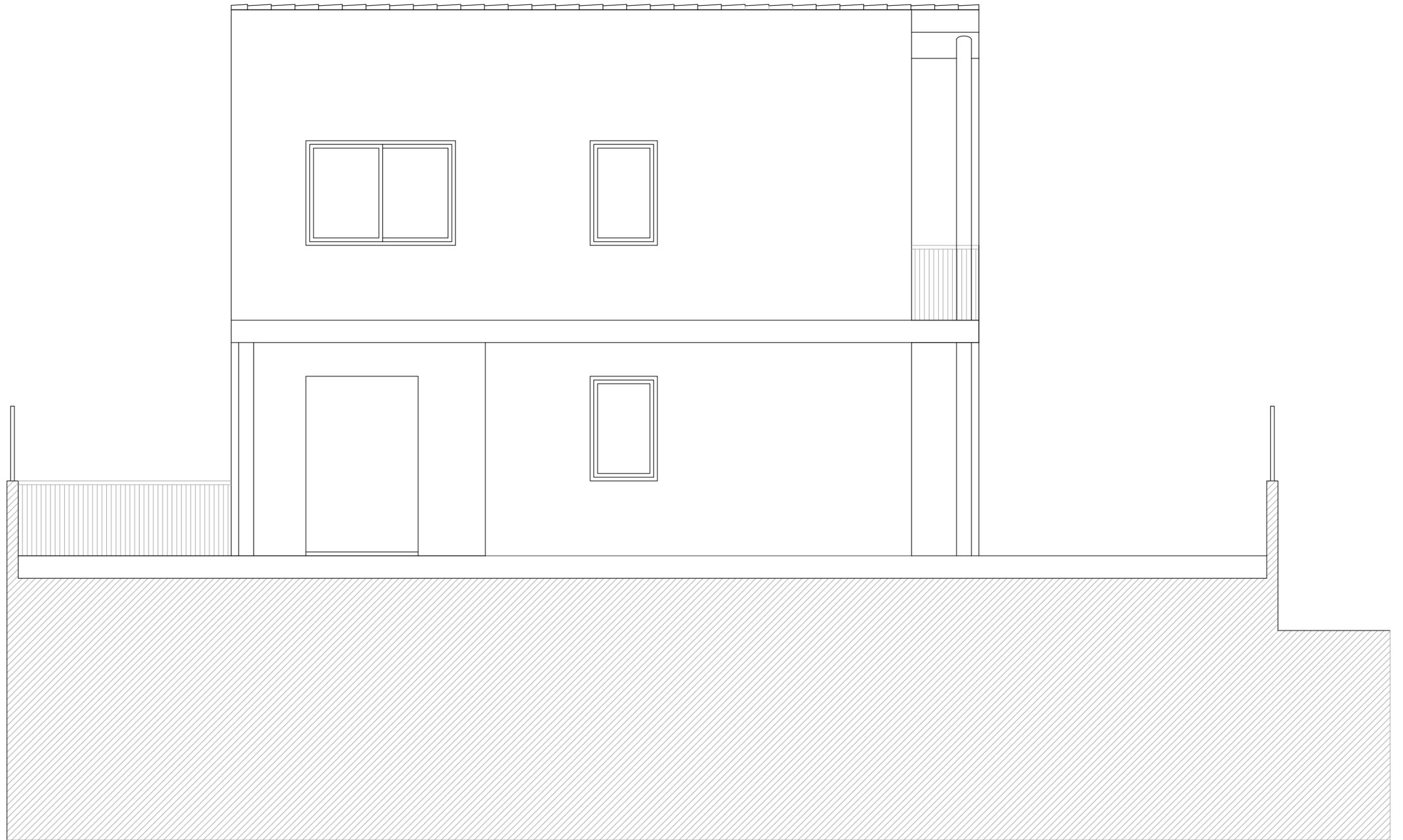


Avenida de Europa



E = 1/100

2. Parcela



E = 1/50

3. Alzado norte



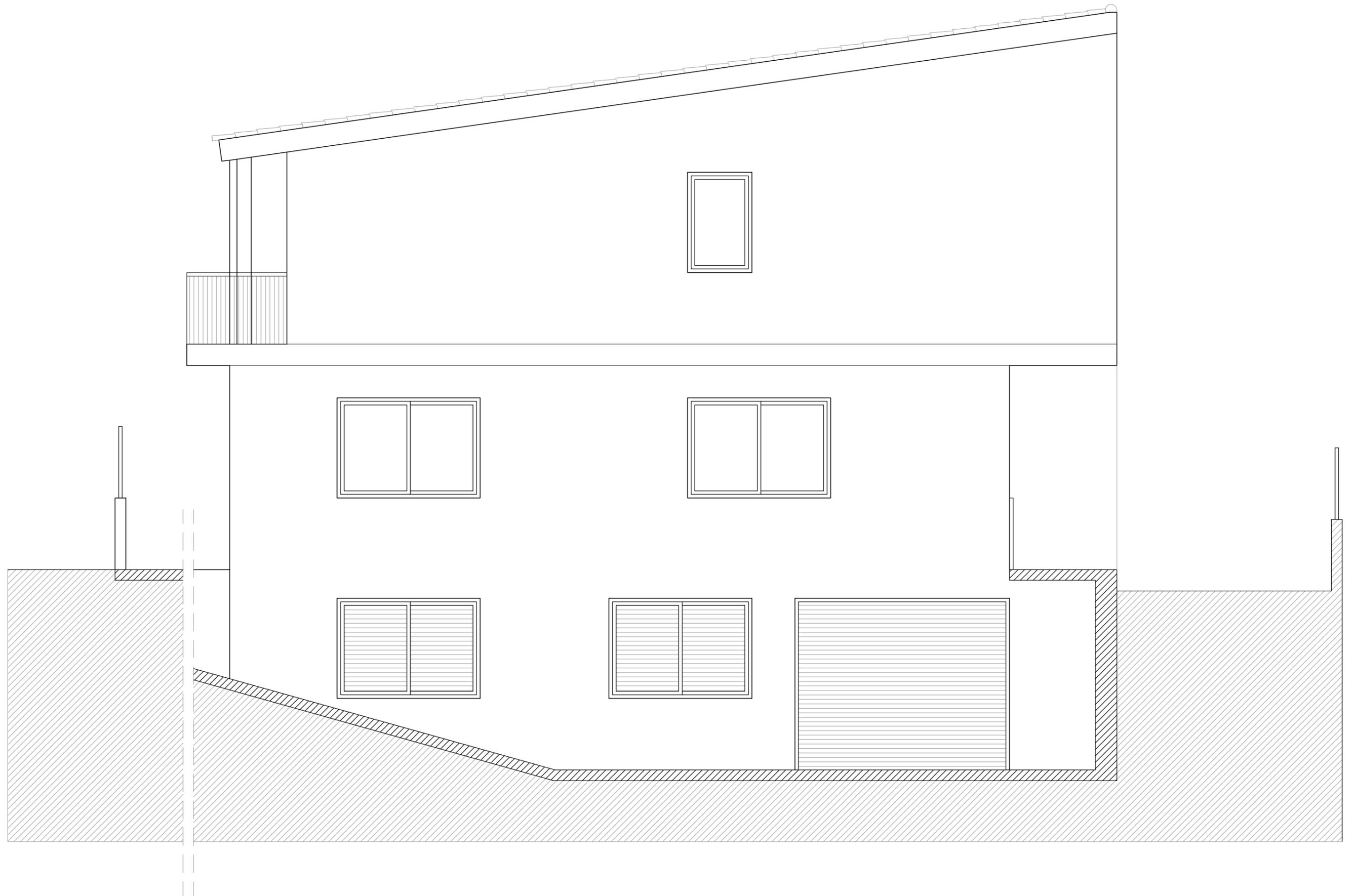
E = 1/50

4. Alzado sur



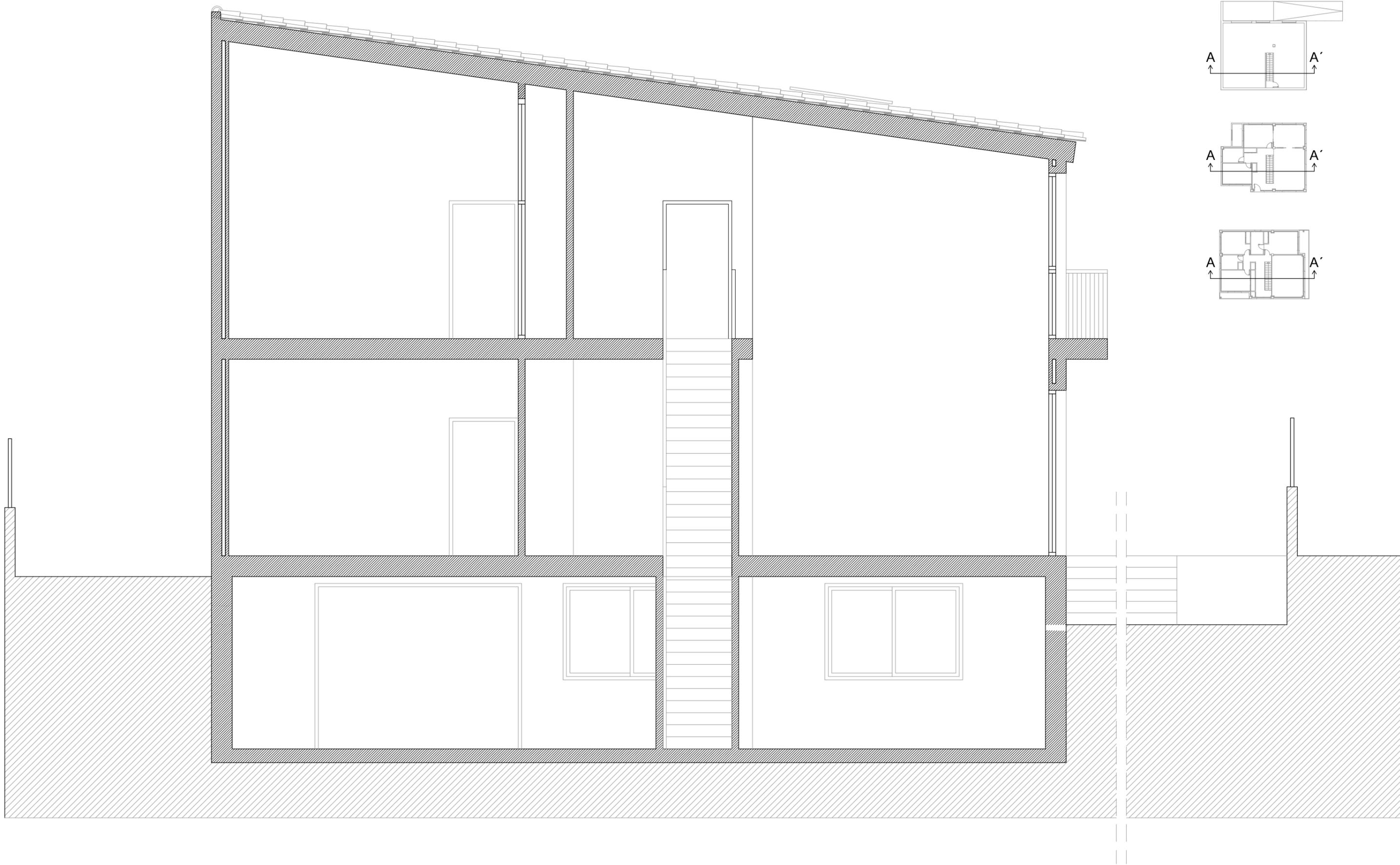
E = 1/50

5. Alzado oeste



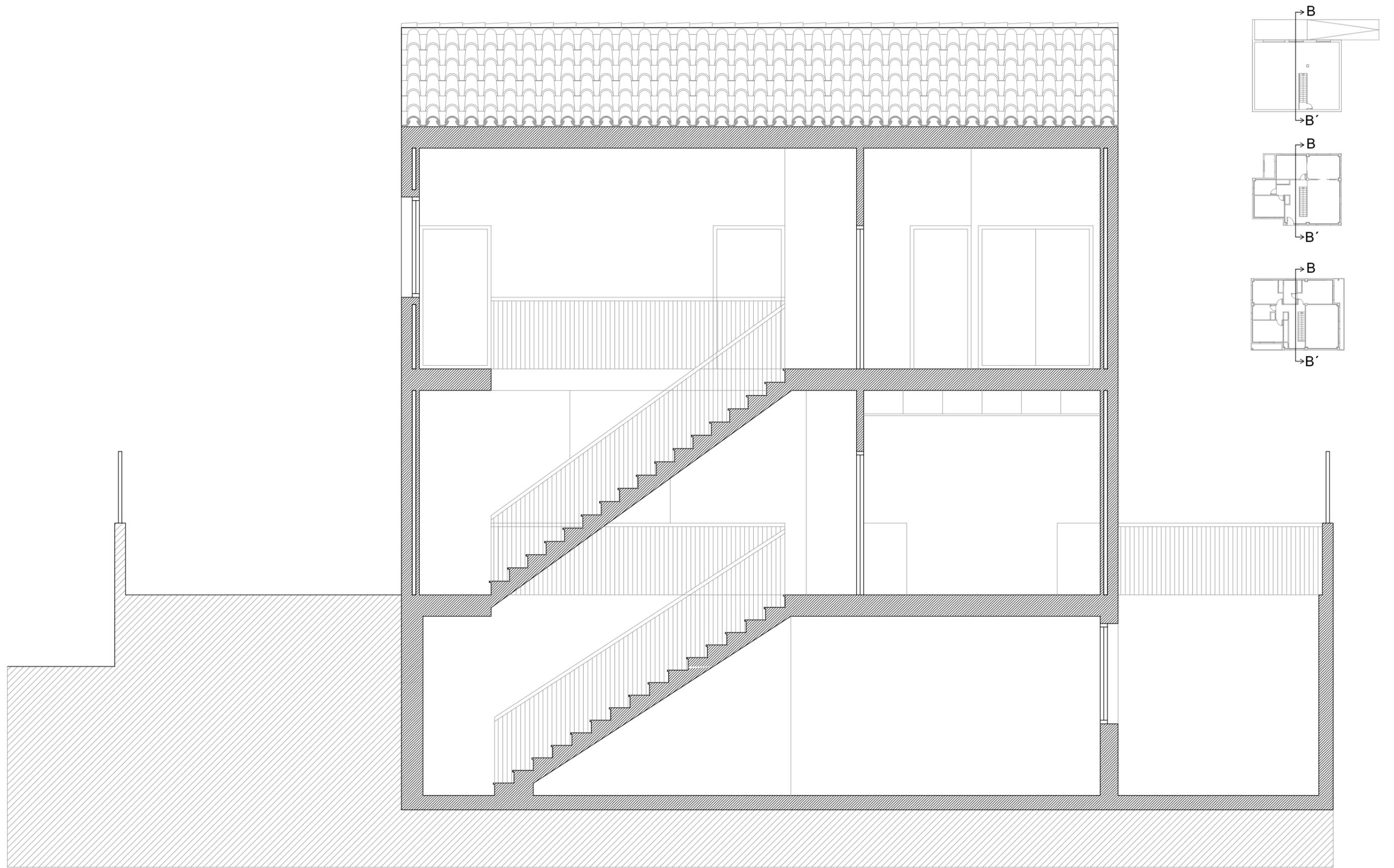
E = 1/50

6. Alzado este



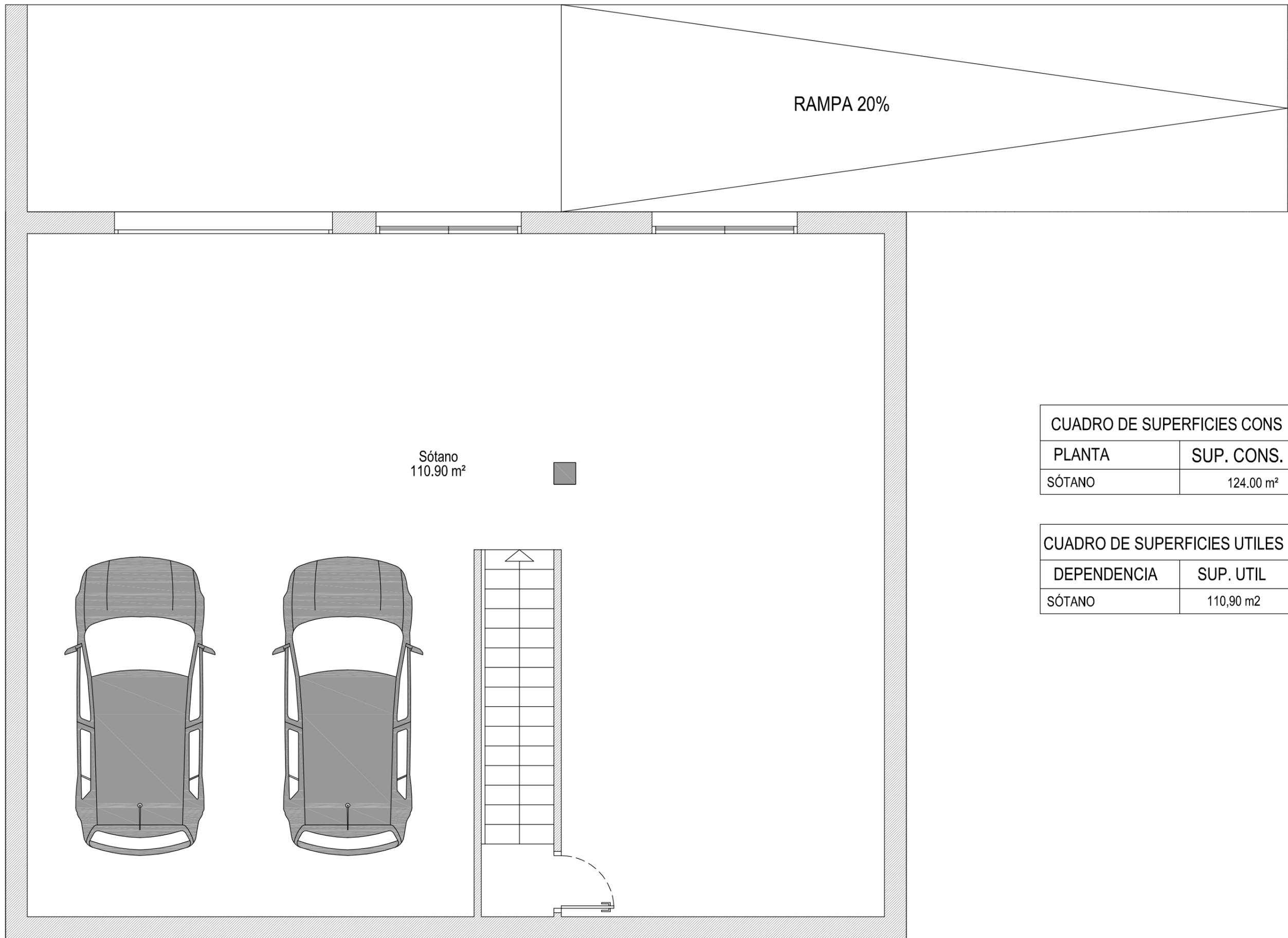
E = 1/50

7. Sección A-A'



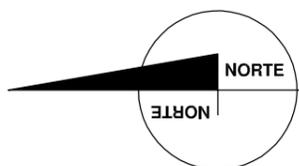
E = 1/50

8. Sección B-B'



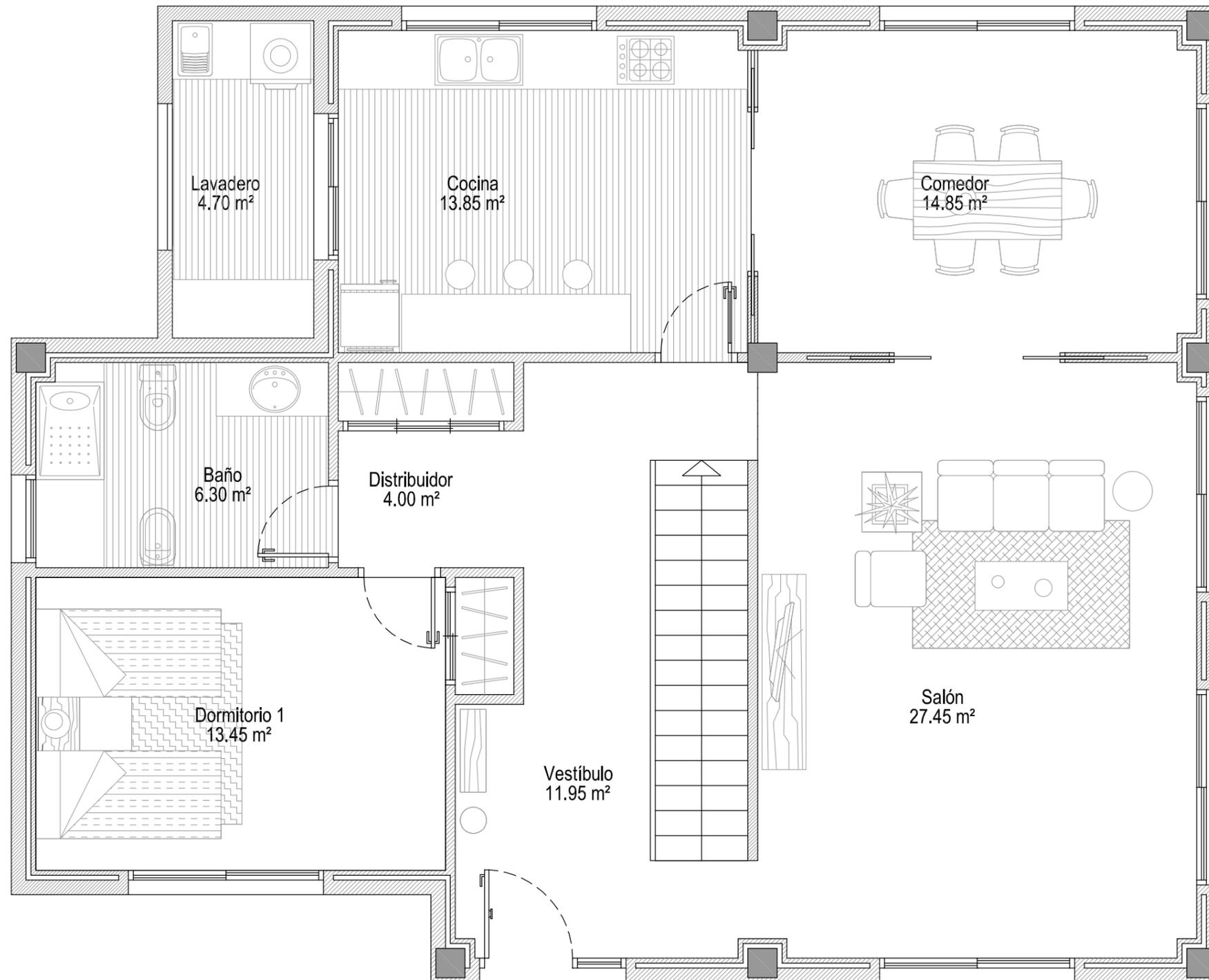
CUADRO DE SUPERFICIES CONS	
PLANTA	SUP. CONS.
SÓTANO	124.00 m ²

CUADRO DE SUPERFICIES UTILES	
DEPENDENCIA	SUP. UTIL
SÓTANO	110,90 m ²



E = 1/50

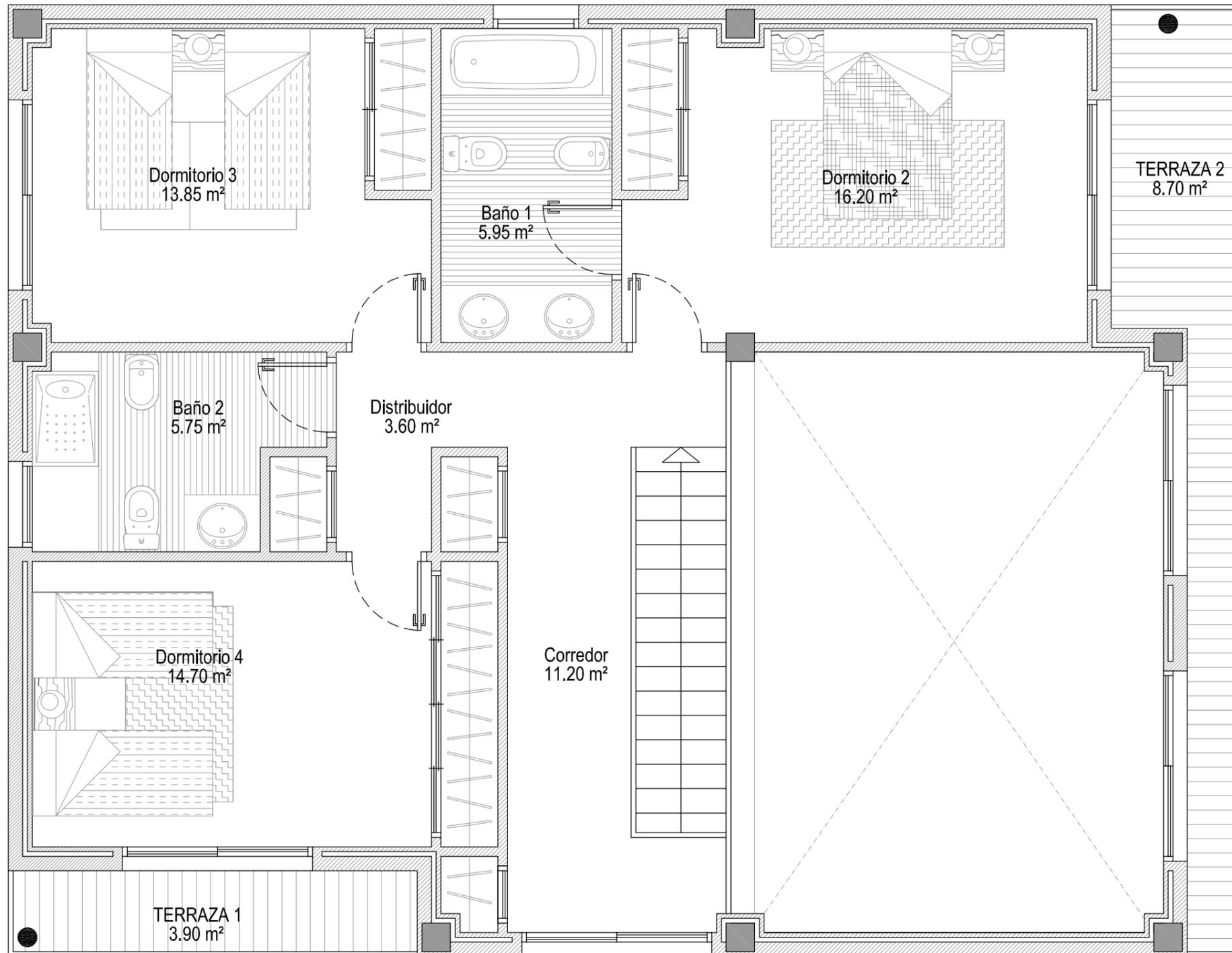
9. Distribución planta sótano y superficies



CUADRO DE SUPERFICIES CONS.	
PLANTA	SUP. CONS.
Planta baja	115.05 m ²
CUADRO DE SUPERFICIES UTILES	
DEPENDENCIA	SUP. UTIL
Dormitorio 1	13,45 m ²
Vestibulo-distribuidor	15,95 m ²
Baño	6,30 m ²
Lavadero	4,70 m ²
Cocina	13,85 m ²
Comedor	14,85 m ²
Salón	6,30 m ²
Total planta baja	96,55 m ²

E = 1/50

10. Distribución planta baja y superficies

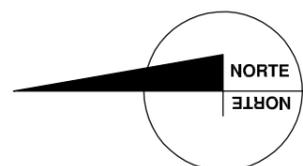
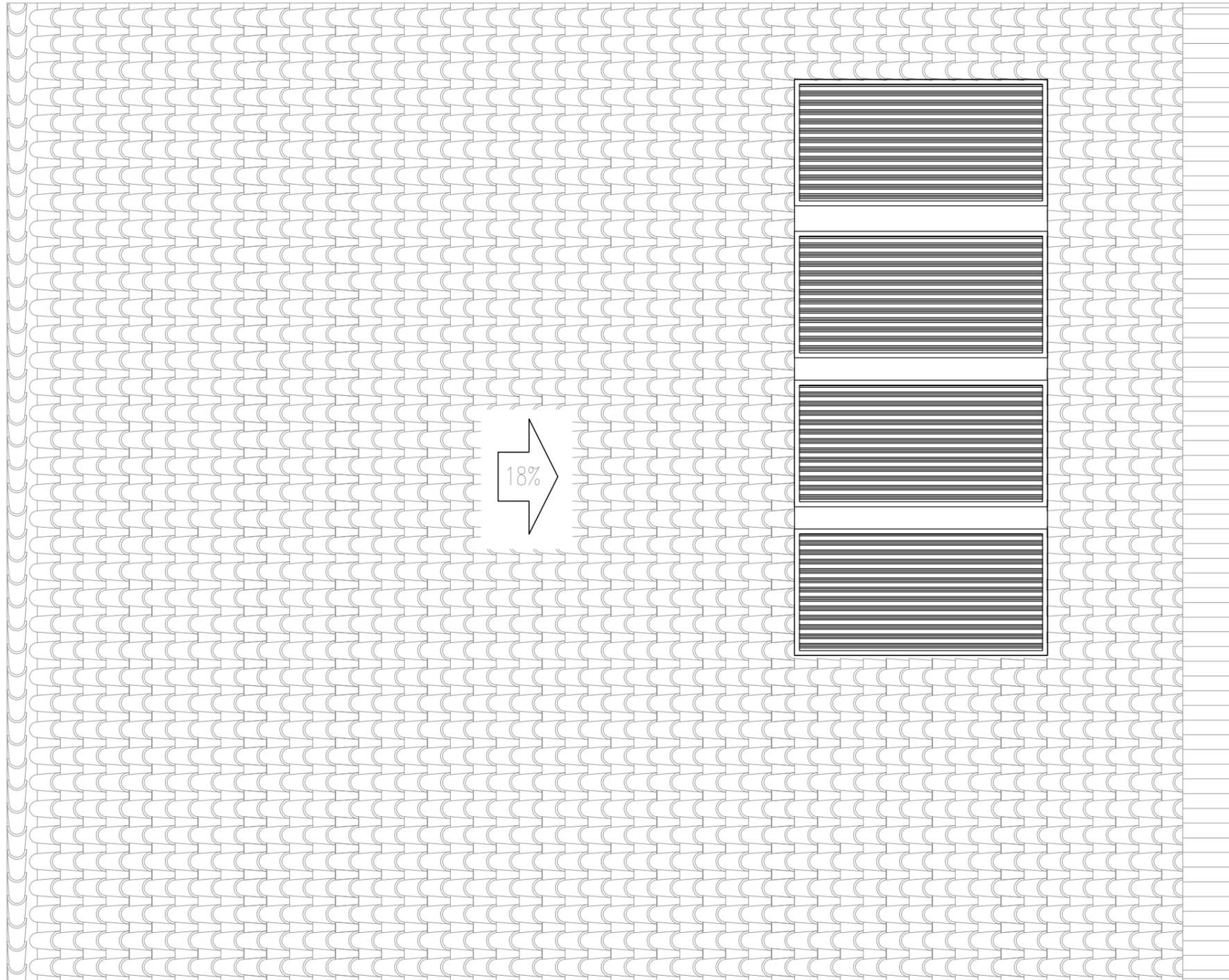


CUADRO DE SUPERFICIES CONS	
PLANTA	SUP. CONS.
Planta primera	89.95 m ²
CUADRO DE SUPERFICIES UTILES	
DEPENDENCIA	SUP. UTIL
Dormitorio 4	14,70 m2
Vestibulo-distribuidor	14,80 m2
Baño 2	5,75 m2
Dormitorio 3	13,85 m2
Baño 1	5,95 m2
Dormitorio 2	16,20 m2
Total planta primera	71,25 m2
Total vivienda	167,8 m2



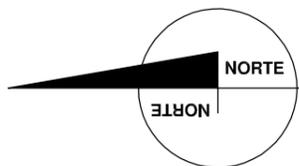
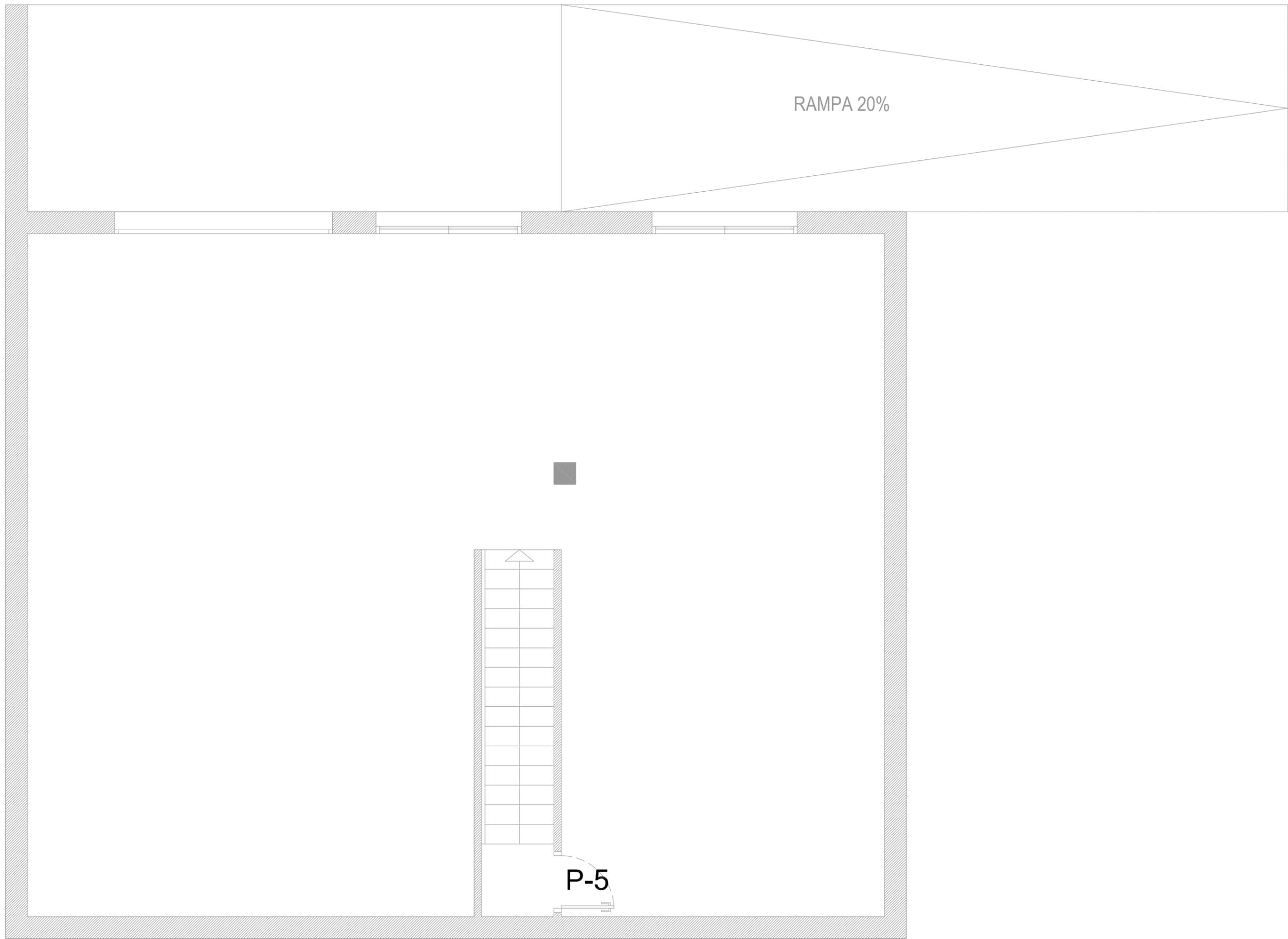
E = 1/50

11. Distribución planta primera y superficies



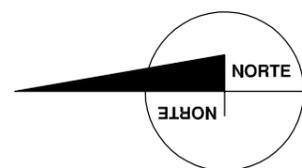
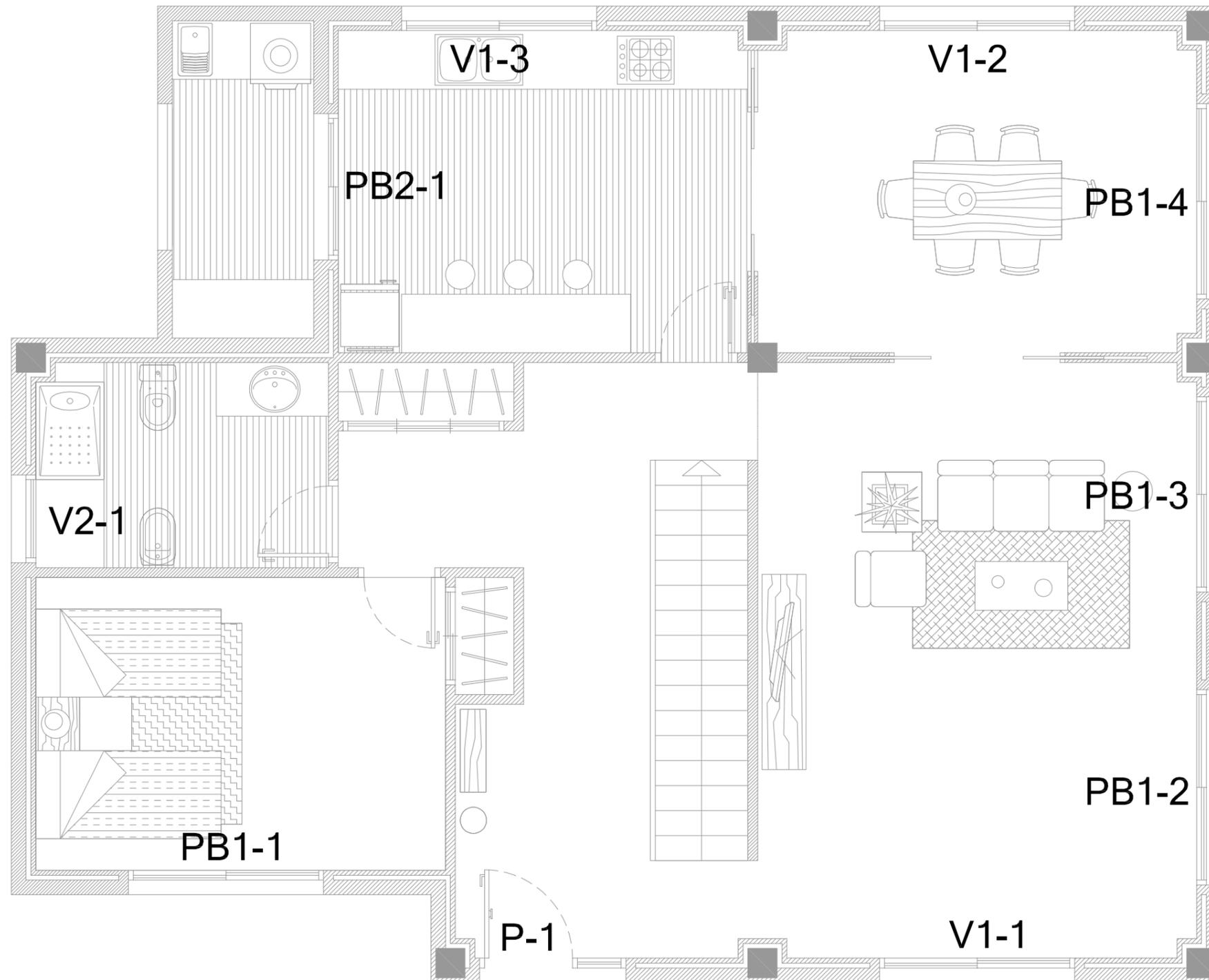
E = 1/50

12. Distribución planta cubierta



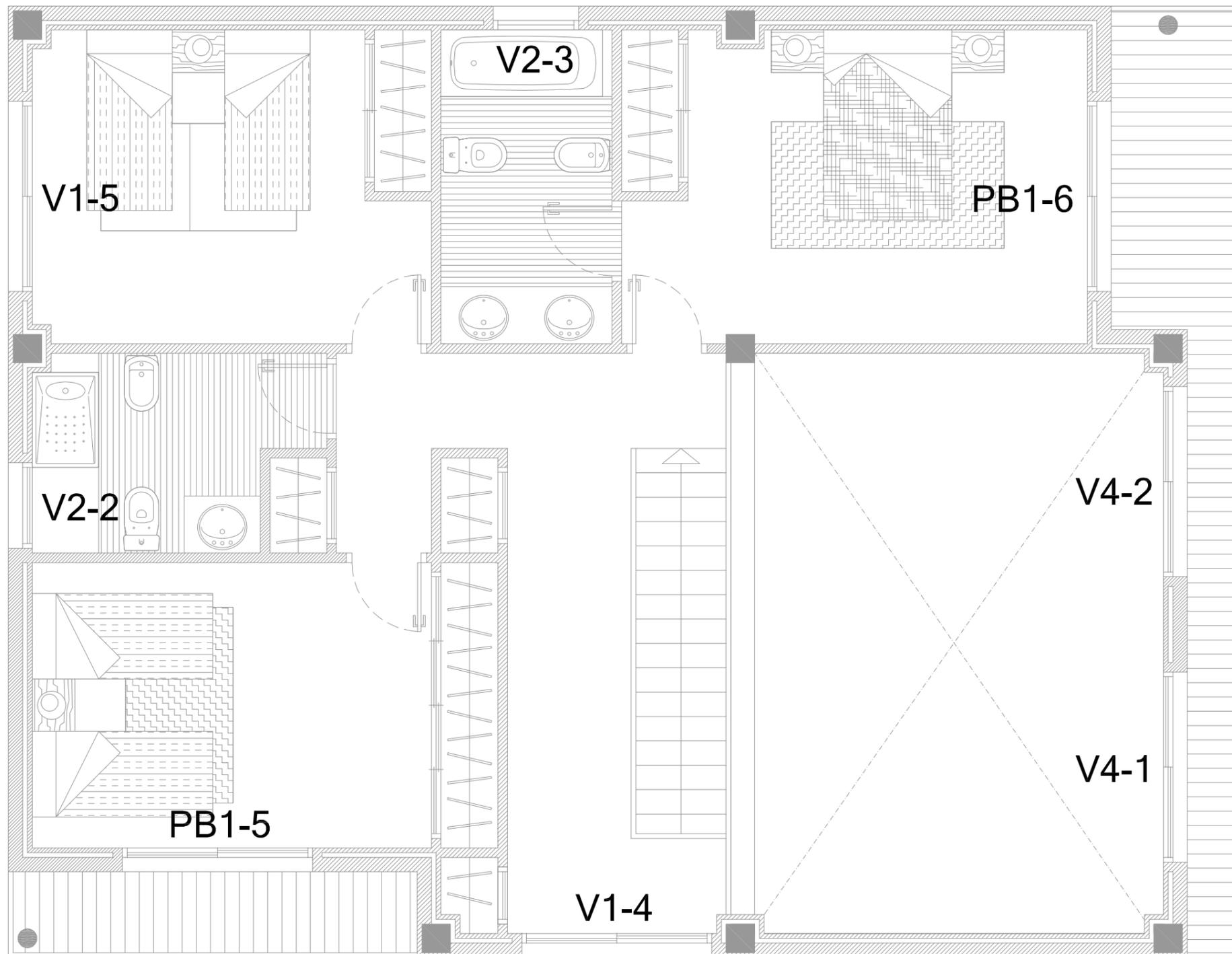
E = 1/50

13. Carpinterias sotano



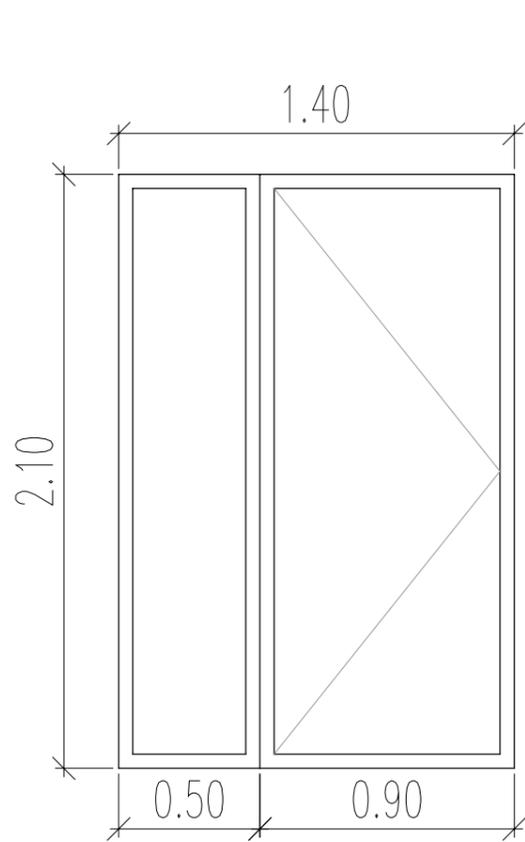
E = 1/50

14. Carpinterías planta baja

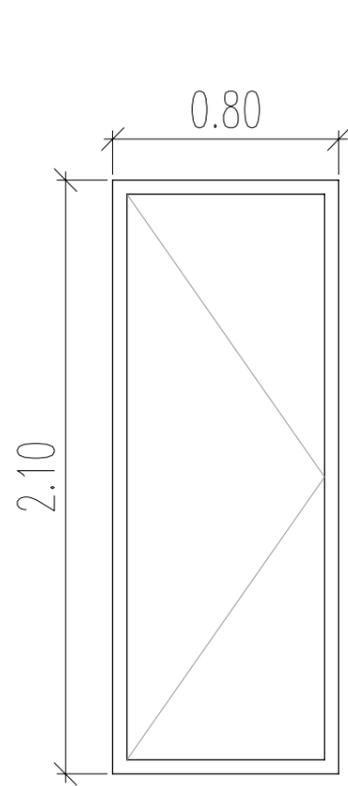


E = 1/50

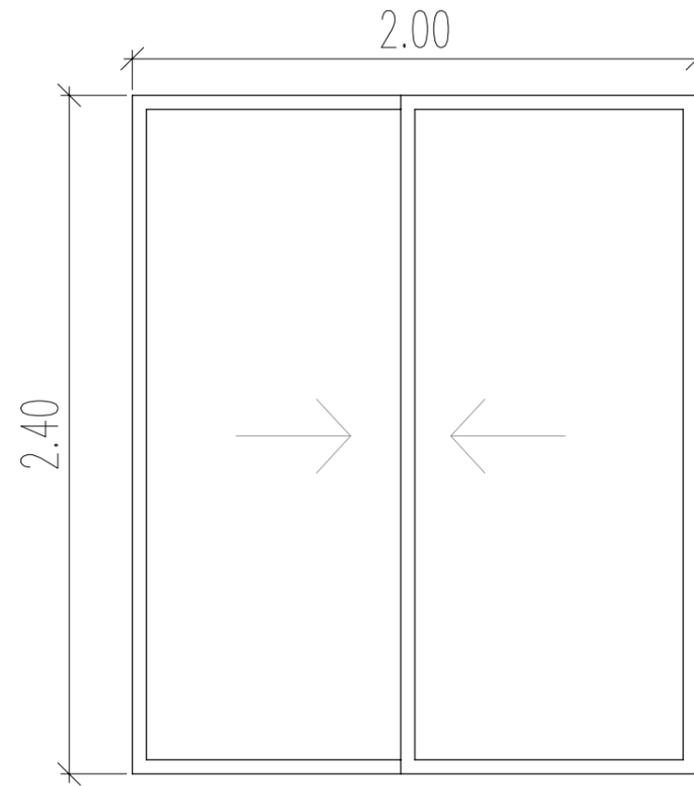
15. Carpinterias planta primera



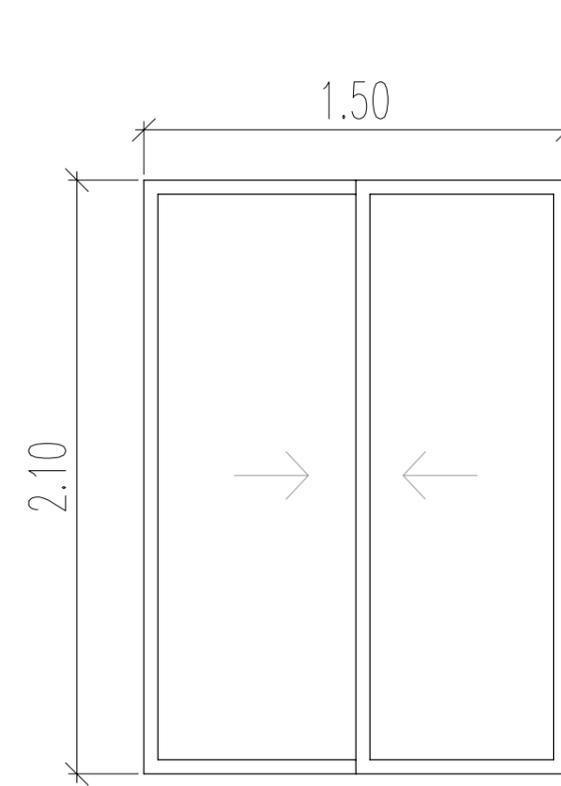
P-1



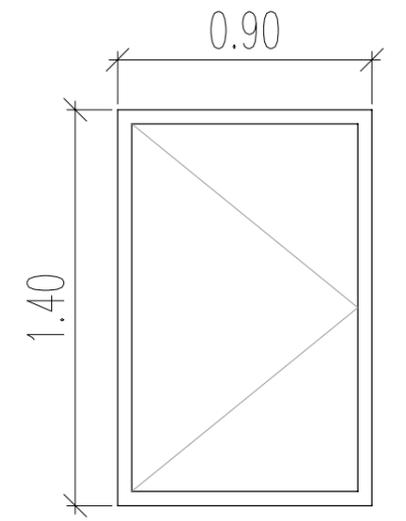
P-5



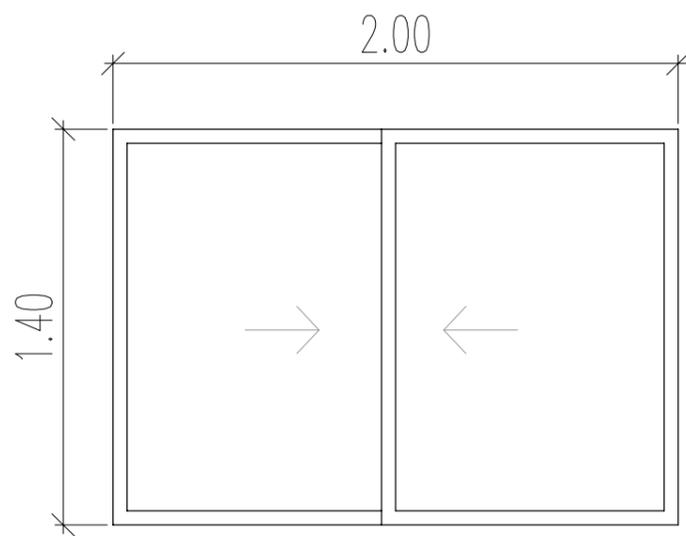
PB-1



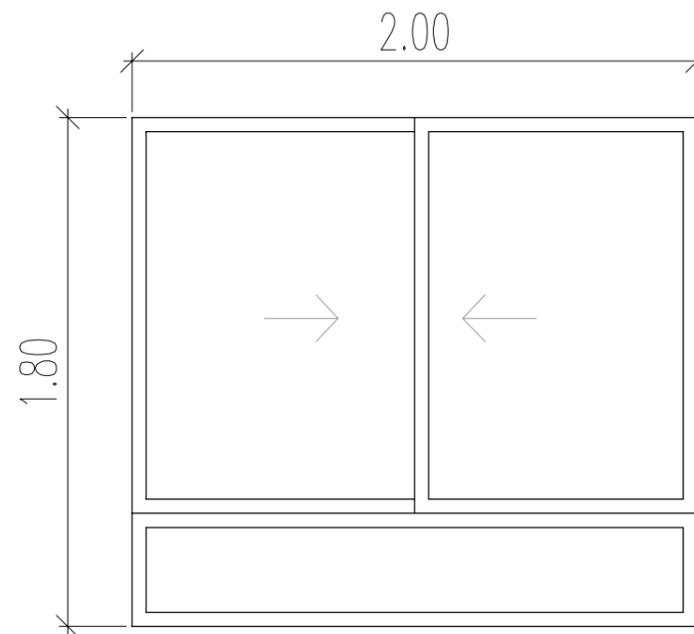
PB-2



V-2



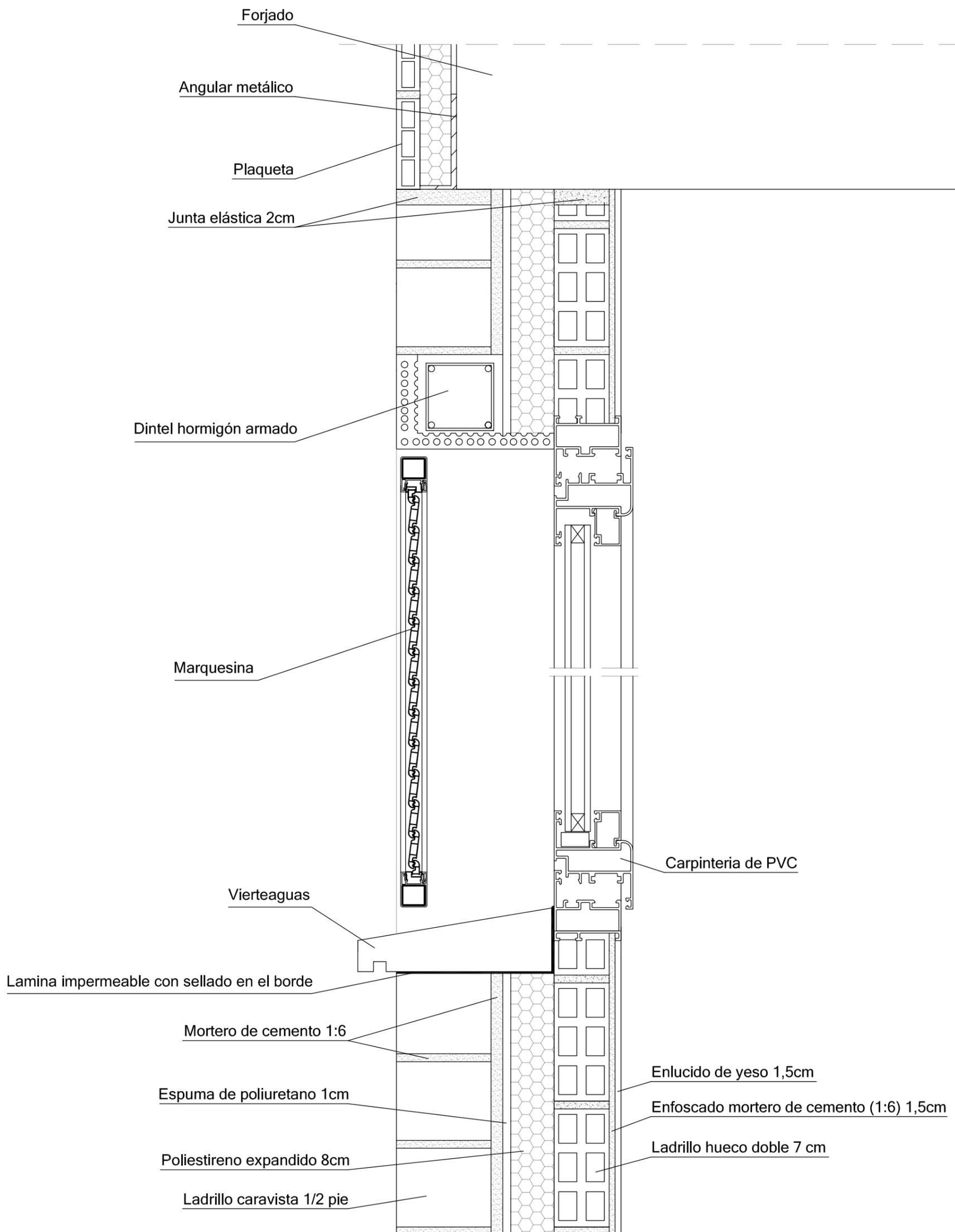
V-1



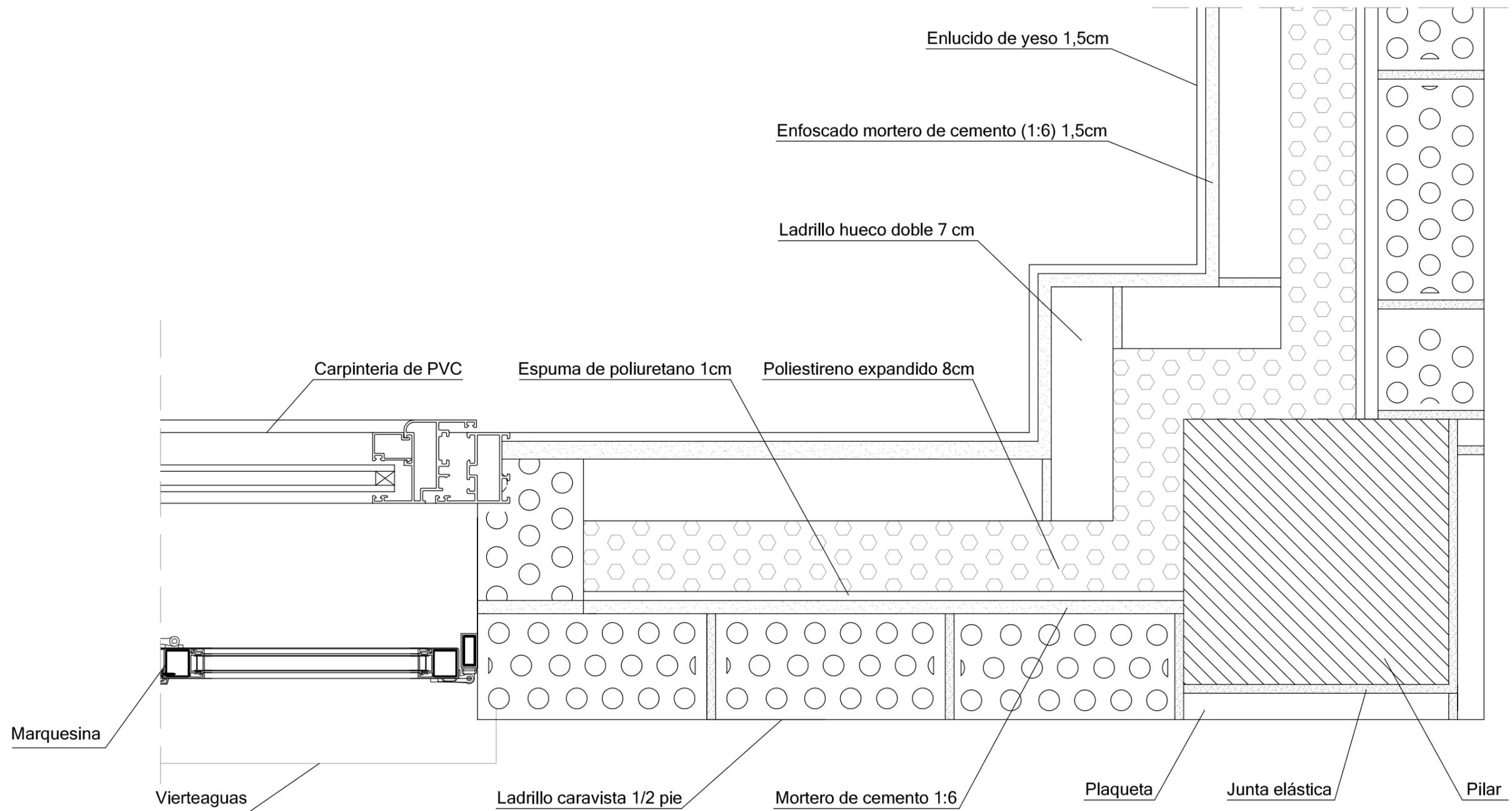
V-4

CUADRO CARPINTERIAS					
TIPO	Ud	DIMENSIONES	MATERIAL	SITUACIÓN	OSCURECIMIENTO
P-1	1	0.50+0.90x2.10	Madera	Acceso vivienda	Marquesina
P-5	1	0.80x2.10	Metálica Cortafuegos	Sótano	Marquesina
PB-1	6	2.00x2.40	Aluminio lacado	Salón, comedor y dor.	Marquesina
PB-2	1	1.50x2.10	Aluminio lacado	Galería	Marquesina
V-1	5	2.00x1.40	Aluminio lacado	Cocina, com. y dor.	Marquesina
V-2	3	0.90x1.40	Aluminio lacado	Aseo	Marquesina
V-4	2	2.00x1.40 + Fijo inferior	Aluminio lacado	Balcón planta piso 1	Marquesina

Sección por ventana. Solución puentes térmicos frente forjado



Sección por ventana. Solución puentes térmicos paso por pilar



2. Presupuesto carpintería exterior.

Reforma Particular Vivienda particular, - Tel: Valladolid

D. Luis Ramón Sola

de acuerdo con sus deseos nos es grato presentarle este presupuesto para su obra:

CARPINTERIA DE PVC (I.V.A. INCLUIDO)	11.528,34 €
<p>Carpintería de PVC Kömmerling con sistema/s Premiline de 78 mm. y Eurofutur de 70 mm. en color/es Blanco. Vidrios tipo de doble acristalamiento según el tipo indicado en cada unidad. Herrajes de corredera y de colgar GU y embellecedores de color según decoración. Capialzado tipo monoblock con lammas de aluminio térmico.</p>	

MONTAJE A HUECO LIMPIO (17 UDS.) (I.V.A. INCLUIDO)	1.215,50 €
<p>Montaje de todas las unidades de carpintería de PVC. El montaje incluye el transporte a la obra, reparto. El montaje consta del aplomado del marco, nivelación con cuñas, fijación mediante garras y/o tornillos, proyectado de espuma de poliuretano en la junta con el hueco, acristalamiento, y colocación, regulación de las hojas y mecanismos de apertura y cierre. No se incluye remate de albañilería interior (colocación de ladrillos y yeso) en ninguna de las unidades de carpintería. No incluye pintura ni ningún tipo de remate exterior.</p>	

PERFILERÍA DE REMATE (I.V.A. INCLUIDO) (ml. estimados según anexo)	NO INCLUIDOS
<p>No están incluidos en el importe del presupuesto. Estos perfiles podrán ser usados como ornamento interior de la carpintería, o como remates por el exterior de la misma. Se valorarán según la siguiente tarifa:</p>	
Tapajuntas plano de PVC en color Blanco de 40, 50 o 60mm, o similar	7,70 €/ml
Tapajuntas plano de PVC en color Blanco de 80 o 100 mm, o similar	11,00 €/ml
Angular de PVC en color blanco de 50x30 mm, o similar	11,00 €/ml
Tapeta o angular de 50x100 en color blanco, o similar	13,20 €/ml

NOTAS

Los diseños, medidas y aperturas detalladas en el anexo del presupuesto son vistas desde el interior.
La aceptación del presupuesto formaliza el pedido de los materiales y/o fabricación de la carpintería y la aceptación de las condiciones de venta detalladas al dorso.
La duración del presupuesto es de 30 días.
Forma de Pago: 40% a la firma del contrato, el resto en el momento del suministro o al día siguiente del montaje.
Plazo de suministro y/o montaje : A convenir entre las partes.

TOTAL	12.743,84 €
--------------	--------------------

Esperando que la oferta sea de su agrado:

Caydi Vall S.L. CIF: B47381751
(Este ppto. sólo será válido con la firma y el sello de la empresa)

Ejemplar para el Cliente

Este presupuesto consta de un anexo con el detalle de carpintería y/o materiales.

Presupuesto

Anexo detallado

Presupuesto: 22.103.789/1 de fecha 3/6/2014

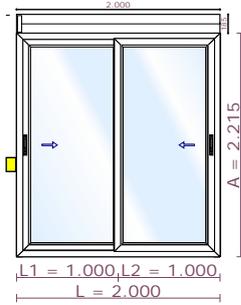
Luis Ramón Sola
Vivienda particular
Tel.:

Luis Ramón Sola
Vivienda particular
Valladolid

CONCEPTO

V1-6-Pos. 1

Serie PremiLine, Ventana de Dos Hojas con Apertura Corredera



Color: Blanco

Ancho: 2.000

Alto: 2.215

Descripción:

Guía de 60mm. para lama de 8mm.

Cierre básico,

sin bloqueo.

color según decoración

embellecedores según decoración

Anclaje tipo garras (no colocadas)

Con embalaje cartón completo

Hoja ancha.

con accionamiento tipo recogedor empotrado en perfil

Lama de Aluminio

color blanco

Vidrio 4/16/4

cajón nacional blanco de 185x185mm. con aislante

UNIDADES

IMPORTE/UD (€)

TOTAL (€)

6

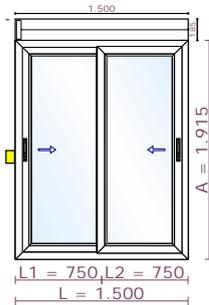
916,36

5.498,14

CONCEPTO

V7-Pos. 2

Serie PremiLine, Ventana de Dos Hojas con Apertura Corredera



Color: Blanco

Ancho: 1.500

Alto: 1.915

Descripción:

Guía de 60mm. para lama de 8mm.

Cierre básico,

sin bloqueo.

color según decoración

embellecedores según decoración

Anclaje tipo garras (no colocadas)

Con embalaje cartón completo

Hoja ancha.

con accionamiento tipo recogedor empotrado en perfil

Lama de Aluminio

color blanco

Vidrio 4/16/4

cajón nacional blanco de 185x185mm. con aislante

UNIDADES

IMPORTE/UD (€)

TOTAL (€)

1

707,71

707,71

Presupuesto

Anexo detallado

Presupuesto: 22.103.789/1 de fecha 3/6/2014

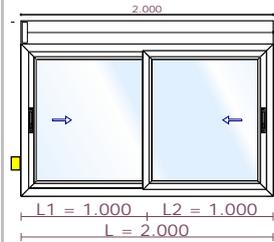
Luis Ramón Sola
Vivienda particular
Valladolid

Suma y sigue (€) : 6.205,85

CONCEPTO

V8-12-V16-V17-Pos. 3

Serie PremiLine, Ventana de Dos Hojas con Apertura Corredera



Color: Blanco

Ancho: 2.000

Alto: 1.215

Descripción:

Guía de 60mm. para lama de 8mm.

Cierre básico,

sin bloqueo.

color según decoración

embellecedores según decoración

Anclaje tipo garras (no colocadas)

Con embalaje cartón completo

Hoja estándar.

con accionamiento tipo recogedor empotrado en perfil

Lama de Aluminio

color blanco

Vidrio 4/16/4

cajón nacional blanco de 185x185mm. con aislante

UNIDADES

IMPORTE/UD (€)

TOTAL (€)

7

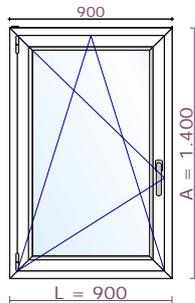
523,56

3.664,91

CONCEPTO

V13-15-Pos. 4

Serie EUROFUTUR, Ventana de Una Hoja con Apertura Oscilob



Color: Blanco

Ancho: 900

Alto: 1.400

Descripción:

Anclaje tipo garras (no colocadas)

Marco 70mm. estándar,

Con embalaje cartón completo

Hoja de 70mm. estándar,

con viertaguas de hoja.

Manilla interior,

Vidrio 4/16/4

UNIDADES

IMPORTE/UD (€)

TOTAL (€)

3

203,18

609,55

Base Carpintería/Materiales (€) 10.480,31