



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES

PRESENTACIÓN INFORME MATRIZ DE COSTES

Estimación de los costes de inversión asociados a la rehabilitación energética de viviendas en relación a la certificación energética obtenida

María Fernández Boneta

Ingeniera Industrial

Dpto. de Energética Edificatoria - CENER

Madrid, 27 de octubre de 2015



Ciemot
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas





CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES

índice

1. Objetivo y alcance

2. Metodología

3. Resultados



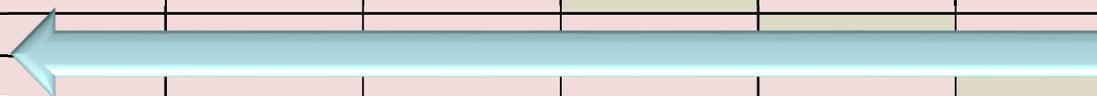
1. Objetivo y alcance

Objetivo y alcance

- A petición de FLCQA el objeto principal de este estudio fue establecer los costes de inversión en rehabilitación energética asociados a la obtención de una clase energética determinada, a partir de un edificio de referencia que a su vez cuenta con una calificación energética inicial.
- De tal forma que se obtenga una matriz de costes que cumpla un doble objetivo: alcanzar una determinada clase energética en términos de demanda y en términos de consumo (indicador global de emisiones de CO₂).

COSTES REHABILITACIÓN (€ sin impuestos/vivienda) requisito emisión+ demanda

Califi. Actual / Nueva calif.	A	B	C	D	E	F	G
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



**Gobierno
de Navarra**



2. Metodología

Esquema de la metodología

- I. Referencias
- II. Caracterización de los edificios de referencia
- III. Caracterización constructiva
- IV. Caracterización de los sistemas de referencia
- V. Selección de las zonas climáticas
- VI. Calificación energética de los casos base
- VII. Medidas de eficiencia energética
- VIII. Variantes de las medidas de eficiencia energética
- IX. Criterios de selección de las medidas de rehabilitación
- X. Resultados
 - Resultados según zona climática y edificio
 - Ponderación global por vivienda

I. Referencias

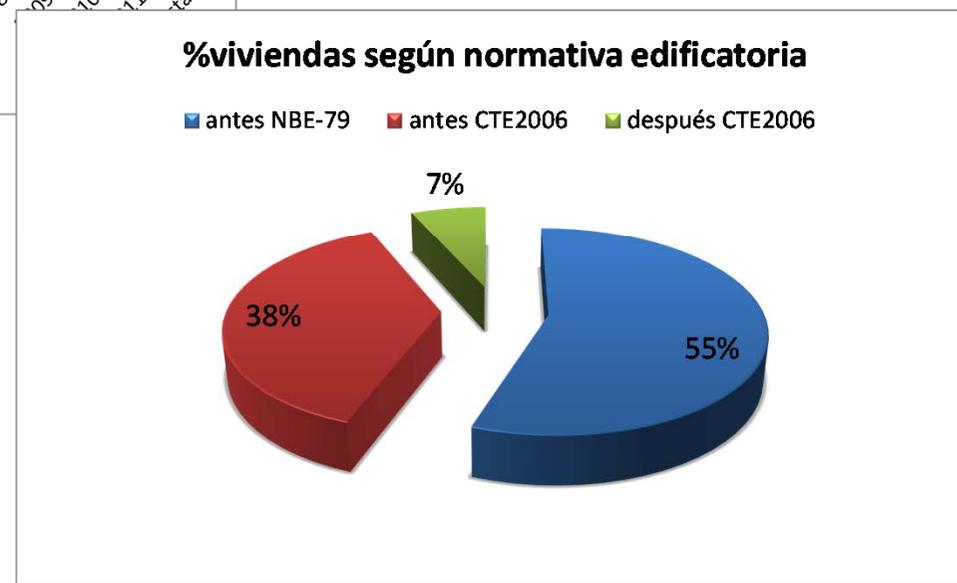
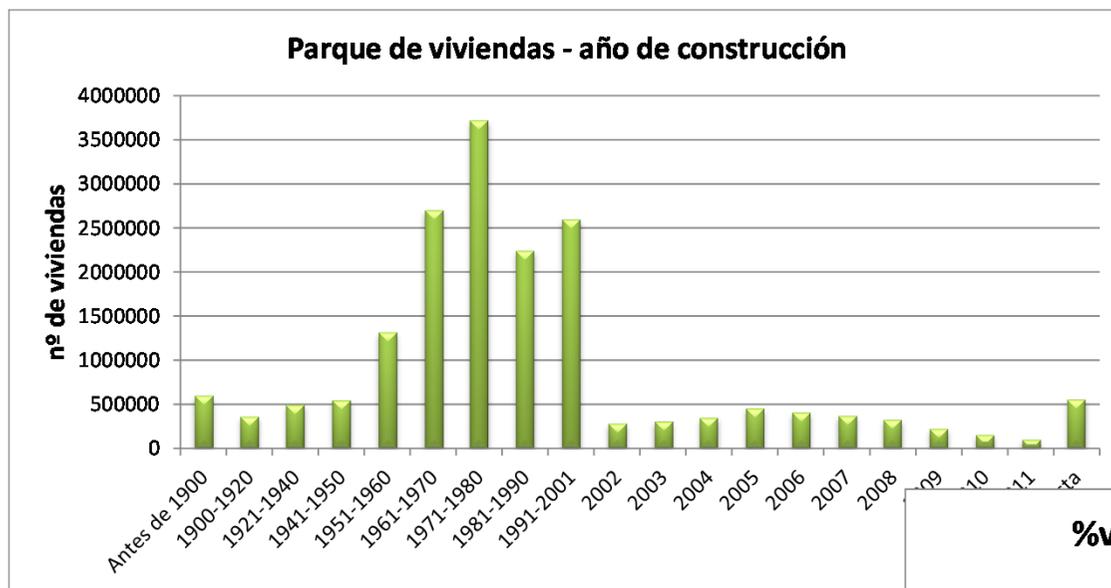


- **Proyecto ENTRANZE** (www.entranze.eu): Proyecto europeo co-financiado por Intelligent Energy Europe Programme, cuyo objetivo principal es la definición de los instrumentos políticos que aceleren la penetración de los edificios de energía casi nula (nZEB) en el parque edificatorio existente de la Unión Europea. Para ello se realizó entre otros análisis cuantitativos, el cálculo coste-optimo según metodología específica de la regulación nº244/2012 y guías que acompañan a la Directiva 2010/31/UE para lo cual se precisó de un minucioso análisis de las medidas de eficiencia energética para rehabilitación tanto desde el punto de vista energético como económico.



- **Proyecto REVILICIA** (www.revilicia.com): revilicia surge del acuerdo de colaboración suscrito por el Centro Nacional de Energías Renovables de España - CENER y la Fundación Biodiversidad, dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. A parte de la formación de 390 técnicos del sector de la construcción a través de la plataforma e-learning, el proyecto incluyó un análisis del potencial en la transformación del parque de edificios existente a edificios de energía casi nula, basándose en la metodología de trabajo desarrollada en ENTRANZE (contexto Europeo) pero con un mayor enfoque en el contexto español.

II. Caracterización de los edificios de referencia



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



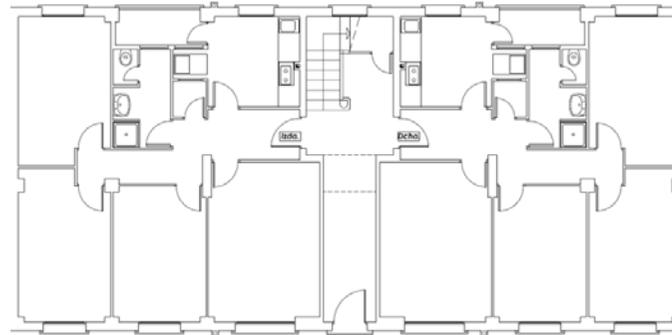
**Gobierno
de Navarra**

II. Caracterización de los edificios de referencia: tipologías

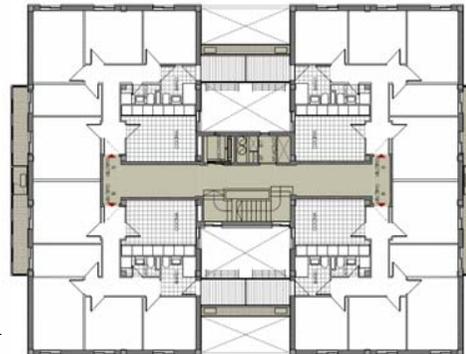
Vivienda unifamiliar semi-
adosada
2 plantas, 100m²



Bloque plurifamiliar de densidad
media-baja
2 orientaciones, 4 plantas
8 viviendas de 82m²



Bloque plurifamiliar de densidad
media-alta
4 orientaciones, 6 plantas
24 viviendas de 80m²



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

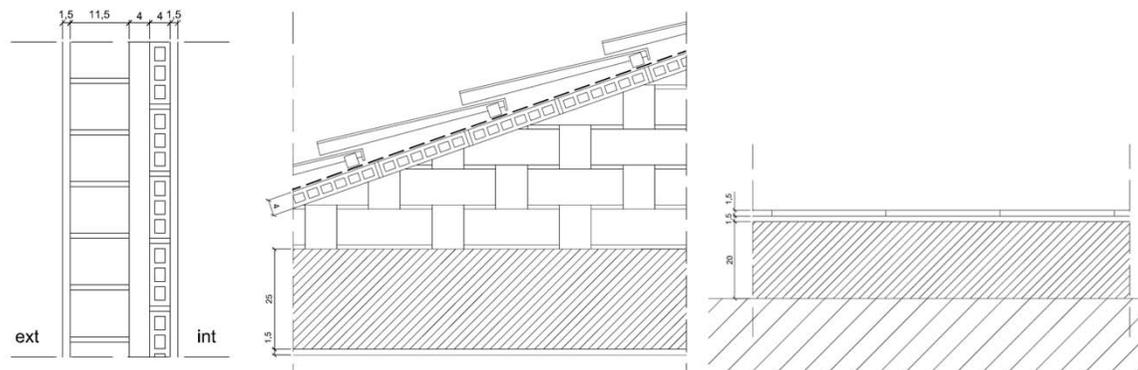
MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



**Gobierno
de Navarra**

III. Caracterización constructiva



FACHADA TIPO 01

Dos hojas con cámara de aire no ventilada

$$U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

HUECOS:
(15% de superficie de huecos por fachada)

CUBIERTA TIPO 01

Cubierta inclinada de teja, con espacio no habitable bajo cubierta

$$U = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Vidrio sencillo:
- Marco metálico sin rotura de PT:
- Fracción de marco = 25%

SUELO TIPO 01

Solera en contacto con el terreno

$$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_g = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K} / g^{\perp} = 0,85$$

$$U_i = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

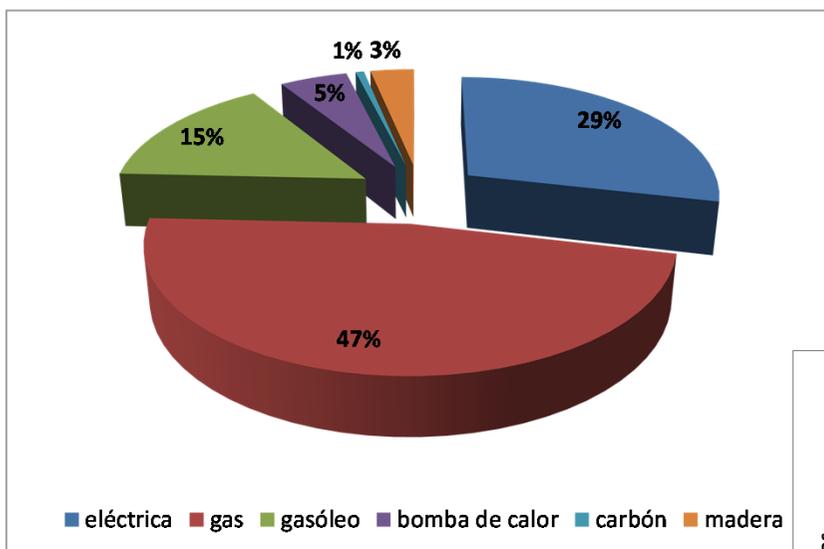
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Petroleras y Tecnológicas

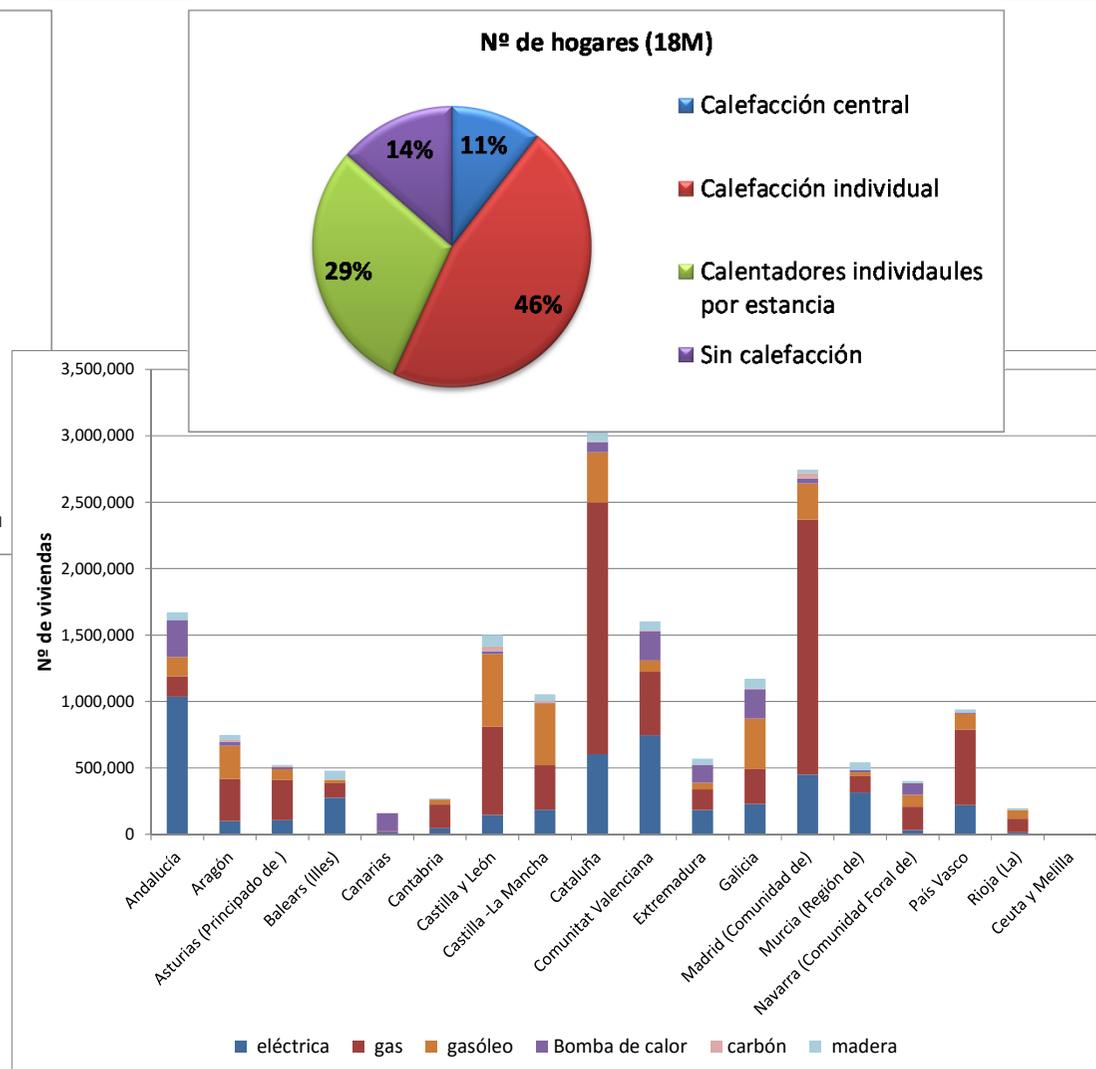


Gobierno de Navarra

IV. Caracterización de los sistemas de referencia



Los sistemas considerados en el estudio como caso base o edificio de referencia han sido seleccionados teniendo en cuenta aquellos mayoritarios y más representativos, así como el punto de partida requerido en la certificación energética.



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

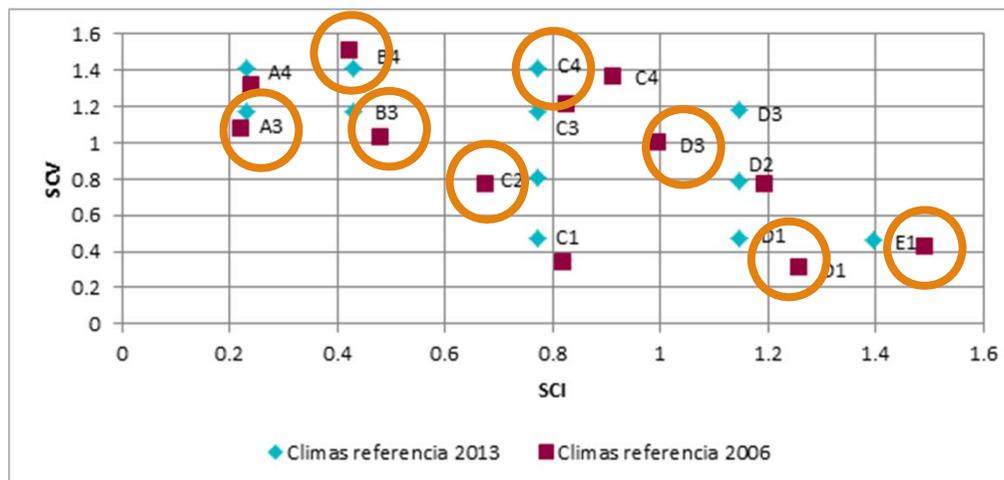
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Petroleras y Tecnológicas



Gobierno de Navarra

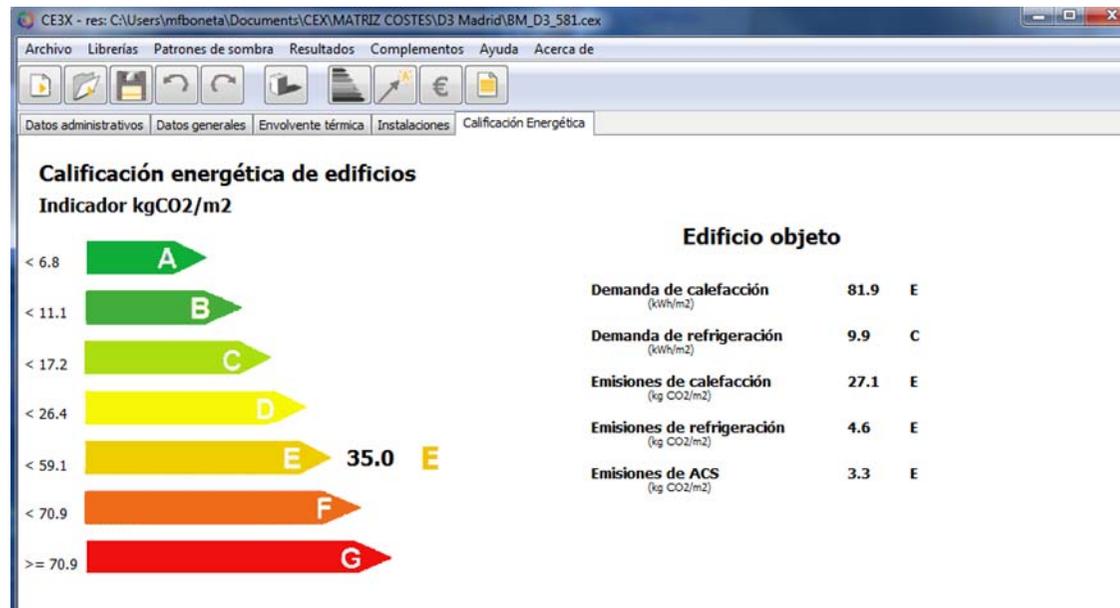
V. Selección de las zonas climáticas



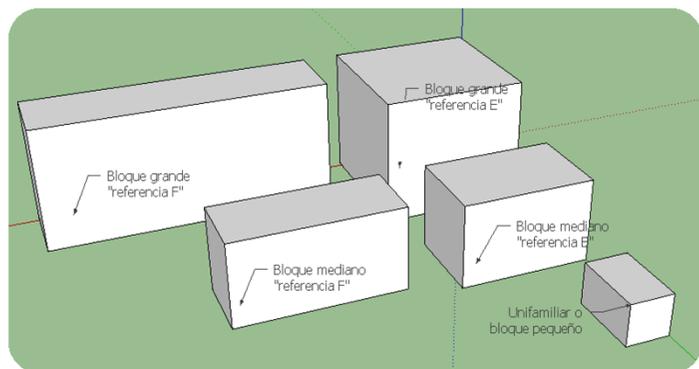
ZONAS CLIMATICAS	α3	3,73% viviendas	4,47% edificios	ANTES 1979
	A3	5,02% viviendas	4,78% edificios	
	A4	2,15% viviendas	3,19% edificios	
	B3	15,23% viviendas	15,87% edificios	
	B4	8,70% viviendas	9,51% edificios	
	C1	8,60% viviendas	7,83% edificios	
	C2	12,65% viviendas	7,08% edificios	
	C3	1,83% viviendas	2,47% edificios	
	C4	4,98% viviendas	9,12% edificios	
	D1	7,57% viviendas	6,95% edificios	
	D2	8,39% viviendas	11,84% edificios	
	D3	17,74% viviendas	11,71% edificios	
	E1	3,38% viviendas	5,16% edificios	

VI. Certificación energética de los casos base (I)

- Tanto en el proyecto revilicia centrado en el contexto español como en el proyecto ENTRANZE de ámbito Europeo, la herramienta computacional empleada para la evaluación de demandas térmicas de los casos estudiados fue el motor de cálculo EnergyPlus.
- Sin embargo, el contexto del presente estudio, fuertemente ligado a la obtención de una certificación energética específica, requería del empleo de una herramienta de certificación oficial de edificios existentes.
- La herramienta empleada ha sido Ce3X v1.3.



VI. Certificación energética de los casos base (II)



TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE [W/m²K]

	Caso base E-E	Caso Base F-F
FACHADA	1.42	3.09
CUBIERTA	1.39	1.99
SUELO	0.91	1.32

	Caso base E-E		Caso Base F-F	
	Combustible	Rendimiento medio estacional	Combustible	Rendimiento medio estacional
CALEFACCIÓN	Gas Natural	61.7%	Gasóleo-C	70%
REFRIGERACIÓN	Electricidad	138%*	Electricidad	138%*
ACS	Gas natural***	80%***	Electricidad**	100%**

*Depende de la zona climática

**En unifamiliar único sistema calefacción y ACS de gasóleo-C y 70% rendimiento

***En zonas cálidas (A3, B3 y B4) ACS por efecto joule (electricidad, rendimiento 100%)



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



**Gobierno
de Navarra**

VII. Medidas de eficiencia energética contempladas en el estudio

ENVOLVENTE	SISTEMAS
✓ Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	✓ Caldera de condensación
✓ Adición de aislamiento térmico en fachada por el interior	✓ Caldera de biomasa
✓ Adición de aislamiento térmico de cubierta por el exterior	✓ Bomba de calor aire-agua
✓ Adición de aislamiento térmico en suelo	✓ Bomba de calor geotérmica
✓ Adición de aislamiento perimetral	✓ Suelo radiante
✓ Sustitución de vidrios	✓ Control termostático
✓ Sustitución de ventanas	✓ Ventilación mecánica con recuperación de calor
✓ Instalación de toldos	✓ Sistemas solares térmicos



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



**Gobierno
de Navarra**

VIII. Variantes de las medidas de mejora (I)

Opacos

		DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	NIVEL	CM Aislamiento	CARACTERÍSTICAS
Adición de aislamiento térmico en elementos opacos de la envolvente	Fachada	Caso base: sin aislamiento térmico	0	.	U=1,41 W/m ² K
		Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior (SATE) con reducción de la transmitancia térmica y disminución sustancial del valor de puentes térmicos de fachada con un valor promedio de Lamda= 0,038 W/mK	1	5	U= 0,49 W/m ² K
			2	10	U= 0,3 W/m ² K
			3	15	U=0,21 W/m ² K
			4	20	U=0,17 W/m ² K
			5	25	U=0,14 W/m ² K
			6	.	U=1,41 W/m ² K
			7	.	U=1,41 W/m ² K
	Cubierta	Caso base: sin aislamiento térmico	0	.	U=1,38 W/m ² K
		Adición de aislamiento térmico en cubierta (ya sea por el exterior, por el interior o sobre el forjado en contacto con el espacio no habitable) con un valor promedio de Lamda= 0,038 W/mK	1	5	U=0,49 W/m ² K
			2	10	U=0,30 W/m ² K
			3	15	U=0,21 W/m ² K
			4	20	U=0,17 W/m ² K
			5	25	U=0,14 W/m ² K
			6	5	U=0,49 W/m ² K
			7	10	U=0,30 W/m ² K
	Suelo	Caso base: sin aislamiento térmico	0	.	U=0,94 W/m ² K
		Adición de aislamiento térmico por el interior en suelo en contacto con el terreno con un valor promedio de Lamda= 0,038 W/mK. Incluye, en su caso, aislamiento perimetral vertical con una profundidad aprox. de 1 m.	1	.	U=0,94 W/m ² K
			2	Perimetral	U=0,57 W/m ² K
			3	5+Perimetral	U=0,33 W/m ² K
			4	10+Perimetral	U=0,23 W/m ² K
5			15+Perimetral	U=0,18 W/m ² K	
6			.	U=0,94 W/m ² K	
7			.	U=0,94 W/m ² K	

VIII. Variantes de las medidas de mejora (II)

Ventanas

	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	NIVEL	M Aislamiento	CARACTERÍSTICAS
Sustitución o mejora de huecos	Caso base: ventana de vidrio simple con carpintería metálica sin RPT ($U_g=5.7$, $U_f=5.7$), 25% de marco.	0	.	$U_H=5,7$ W/m ² K $F_H^*=0,68$ Clase 0**
	Sustitución de vidrios por otros más aislantes, manteniendo los marcos actuales. Vidrio doble be: $U_g=2,6$ W/m ² K ; $g_L=0,65$.	1	.	$U_H=3,4$ W/m ² K $F_H^*=0,52$ Clase 1**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble y mejor permeabilidad al aire .Características de nuevo vidrio: $U_g=2,9$ W/m ² K; $g_L=0,75$. Características del nuevo marco $U_f=3,2$ W/m ² K. 25% de marco.	2	.	$U_H=2,9$ W/m ² K $F_H^*=0,58$ Clase 1**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble bajo emisivo y mejor permeabilidad al aire.Características del nuevo vidrio: $U_g=1,8$ W/m ² K; $g_L=0,65$. Características del nuevo marco $U_f=2,2$ W/m ² K. 30% de marco.	3	.	$U_H=1,9$ W/m ² K $F_H^*=0,45$ Clase 2**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble bajo emisivo y control solar y mejor permeabilidad al aire. Características del nuevo vidrio : $U_g=1,8$ W/m ² K; $g_L=0,45$. Características del nuevo marco $U_f=2,2$ W/m ² K. 30% de marco.	4	.	$U_H=1,9$ W/m ² K $F_H^*=0,32$ Clase 2**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble bajo emisivo con cámara de argón y mejor permeabilidad al aire .Características del nuevo vidrio : control solar: $U_g=1,1$ W/m ² K; $g_L=0,65$. Características del nuevo marco $U_f=1,8$ W/m ² K. 30% de marco.	5	.	$U_H=1,3$ W/m ² K $F_H^*=0,45$ Clase 3**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble bajo emisivo con cámara de argón y control solar ; y mejor permeabilidad al aire .Características del nuevo vidrio y control solar: $U_g=1,1$ W/m ² K; $g_L=0,45$. Características del nuevo marco $U_f=1,8$ W/m ² K. 30% de marco.	6	.	$U_H=1,3$ W/m ² K $F_H^*=0,32$ Clase 3**
	Sustitución de la ventana existente por otra con vidrio doble triple emisivo con cámaras de argón, y mejor permeabilidad al aire .Características del nuevo vidrio : control solar: $U_g=0,7$ W/m ² K; $g_L=0,60$. Características del nuevo marco $U_f=0,95$ W/m ² K. 30% de marco.	7	.	$U_H=0,8$ W/m ² K $F_H^*=0,40$ Clase 4**

VIII. Variantes de las medidas de mejora (III)

Protecciones solares

	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	NIVEL	Upl Aislamiento	CARACTERÍSTICAS
Protección solar en verano	Caso base: sin elementos de protección solar	0		
	Incorporación de elementos de protección solar: toldos abatibles durante el periodo estival (de junio a septiembre)	1		Coefficiente de opacidad: 0,85

Ventilación

	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	NIVEL	Upl Aislamiento	CARACTERÍSTICAS
Recuperación de calor	Caso base: sin sistema de recuperación de calor	0		
	Implementación de un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor	1		80% de rendimiento

Sistemas

	1 - base	2	3	4	5
	Caldera de GAS o sistema eléctrico (efecto joule) + enfriadora medio EER + sin ST + radiadores/splits + control climático	Caldera de BIOMASA + enfriadora alto EER o sin sistema + solar térmica para contribución mínima ACS + radiadores + control termostático	Caldera de CONDENSACIÓN + enfriadora alto EER + solar térmica para contribución mínima ACS + suelo radiante + control termostático	Bomba de calor AIRE-AGUA alta eficiencia + solar térmica para contribución mínima ACS + suelo radiante + control termostático	Bomba de calor GEOTÉRMICA + solar térmica para contribución mínima ACS + suelo radiante + control termostático
A3	X			X	X
B3	X			X	X
B4	X			X	X
C2	X	X	X	X	X
C4	X	X	X	X	X
D1	X	X	X	X	X
D3	X	X	X	X	X
E1	X	X	X	X	X

IX. Criterios de selección de las medidas de rehabilitación (I)



Los paquetes de medidas de eficiencia energética seleccionados para el presente estudio derivan de la base de datos generada en el proyecto revilicia, dónde se evaluaron 7530 casos.

Clima	nº paquetes	BU	BM	BG	nº sistemas	total
A3	80	x	x	x	x	720
B3	100	x	x	x	x	900
B4	100	x	x	x	x	900
C2	32	x	x	x	x	480
C4	92	x	x	x	x	1380
D1	44	x	x	x	x	660
D3	116	x	x	x	x	1740
E1	50	x	x	x	x	750
7530						

Medidas para reducir la demanda energética: ZONA C2							
Combinación de variaciones	Elementos opacos				Ventanas	Recuperación de calor Sí/no	Sobreamiento en verano Sí/no
	Adición aislamient o fachada	Adición aislamient o cubierta	Adición aislamient o suelo	Mejora puentes térmicos			
Caso base_paquete 0			0		0	0	0
Paquete 3			0		0	1	0
Paquete 5			0		1	0	0
Paquete 7			0		1	1	0
Paquete 9			0		2	0	0
Paquete 11			0		2	1	0
Paquete 13			0		3	0	0
Paquete 15			0		3	1	0
Paquete 33			1		0	0	0
Paquete 35			1		0	1	0
Paquete 37			1		1	0	0
Paquete 39			1		1	1	0
Paquete 41			1		2	0	0
Paquete 43			1		2	1	0
Paquete 45			1		3	0	0
Paquete 47			1		3	1	0
Paquete 53			1		5	0	0
Paquete 55			1		5	1	0
Paquete 65			2		0	0	0
Paquete 67			2		0	1	0
Paquete 69			2		1	0	0
Paquete 71			2		1	1	0
Paquete 77			2		3	0	0
Paquete 79			2		3	1	0
Paquete 85			2		5	0	0
Paquete 87			2		5	1	0
Paquete 97			3		0	0	0
Paquete 99			3		0	1	0
Paquete 109			3		3	0	0
Paquete 111			3		3	1	0
Paquete 117			3		5	0	0
Paquete 119			3		5	1	0



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas e Industriales



Gobierno de Navarra

IX. Criterios de selección de las medidas de rehabilitación (II)

Nº	Edificio	Paquete	VARIACIONES MEDIDAS DE MEJORA					CONSUMOS DE ENERGÍA		CO2	ANÁLISIS ECONÓMICO				Sobre coste respecto a caso base de reforma	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ESTIMADA			
			Opacos	Huecos	Recuperación de calor	Protección solar verano	Sistemas térmicos	TOTAL PRIMARIA [kWh/m2 a]	Ahorro energía primaria [%]		TOTAL EMISIONES [kgCO2/m2 a]	TOTAL COSTE ENERGÍA [€/m2 a]	Ahorro económico [%]	Inversión reducción demanda [€/m2]		Inversión reducción consumo [€/m2]	TOTAL INVERSIÓN [€/m2]	Calificación DEMANDA CALEFACCIÓN	Calificación DEMANDA REFRIGERACIÓN
1	2	3	4	5	6	7	8	23	24	25	26	27	35	43	44	45	46	47	48
1	BU	Caso Base	0	0	0	0	1	249.90	-	54.15	13.45	0	90.63	65.23	155.86	0	D	G	E
2	BU	Paquete 2	0	0	0	1	1	227.20	9.1%	48.49	12.37	8.0%	106.29	53.97	160.26	2.8%	D	F	E
3	BU	Paquete 3	0	0	1	0	1	228.04	8.7%	49.99	12.16	9.6%	120.31	62.42	182.73	17.2%	D	G	E
4	BU	Paquete 4	0	0	1	1	1	205.27	17.9%	44.32	11.08	17.6%	135.97	51.16	187.13	20.1%	D	F	E
5	BU	Paquete 5	0	1	0	0	1	236.96	5.2%	51.11	12.80	4.8%	92.65	58.83	151.49	-2.8%	D	G	E
6	BU	Paquete 6	0	1	0	1	1	221.05	11.5%	47.14	12.04	10.4%	108.32	51.16	159.47	2.3%	D	F	E
7	BU	Paquete 7	0	1	1	0	1	215.14	13.9%	46.96	11.51	14.4%	122.33	56.04	178.37	14.4%	D	G	E
8	BU	Paquete 8	0	1	1	1	1	199.19	20.3%	42.99	10.75	20.0%	137.99	48.36	186.35	19.6%	D	F	E
9	BU	Paquete 9	0	2	0	0	1	234.52	6.2%	50.73	12.64	6.0%	127.33	59.69	187.02	20.0%	D	G	E
10	BU	Paquete 10	0	2	0	1	1	217.24	13.1%	46.42	11.82	12.1%	142.99	51.38	194.37	24.7%	D	F	E
11	BU	Paquete 11	0	2	1	0	1	213.07	14.7%	46.65	11.37	15.4%	157.01	56.89	213.90	37.2%	D	G	E
12	BU	Paquete 12	0	2	1	1	1	195.75	21.7%	42.34	10.55	21.6%	172.67	48.59	221.25	42.0%	D	F	E
13	BU	Paquete 13	0	3	0	0	1	229.16	8.3%	49.48	12.37	8.0%	134.48	57.15	191.63	22.9%	D	G	E
14	BU	Paquete 14	0	3	0	1	1	214.71	14.1%	45.88	11.68	13.1%	150.14	50.25	200.38	28.6%	D	F	E
15	BU	Paquete 15	0	3	1	0	1	207.75	16.9%	45.42	11.10	17.4%	164.15	54.36	218.51	40.2%	D	G	E
16	BU	Paquete 16	0	3	1	1	1	193.26	22.7%	41.80	10.41	22.6%	179.81	47.45	227.27	45.8%	D	F	E
17	BU	Paquete 17	0	4	0	0	1	231.01	7.6%	49.72	12.50	7.1%	137.02	55.97	192.99	23.8%	D	G	E
18	BU	Paquete 18	0	4	0	1	1	218.43	12.6%	46.58	11.90	11.5%	152.68	49.76	202.45	29.9%	D	F	E
19	BU	Paquete 19	0	4	1	0	1	209.19	16.3%	45.57	11.21	16.6%	166.70	53.17	219.87	41.1%	D	G	E
20	BU	Paquete 20	0	4	1	1	1	196.57	21.3%	42.42	10.61	21.1%	182.36	46.97	229.33	47.1%	D	F	E
21	BU	Paquete 33	1	0	0	0	1	164.65	34.1%	35.73	8.85	34.2%	149.13	44.81	193.94	24.4%	C	F	D
22	BU	Paquete 34	1	0	0	1	1	143.86	42.4%	30.56	7.86	41.5%	164.80	34.61	199.41	27.9%	C	D	D
23	BU	Paquete 35	1	0	1	0	1	145.98	41.6%	32.22	7.74	42.4%	178.81	42.02	220.83	41.7%	C	F	D
24	BU	Paquete 36	1	0	1	1	1	125.10	49.9%	27.02	6.75	49.8%	194.47	31.83	226.30	45.2%	C	D	D
25	BU	Paquete 37	1	1	0	0	1	150.62	39.7%	32.40	8.15	39.4%	151.16	37.24	188.39	20.9%	C	E	D
26	BU	Paquete 38	1	1	0	1	1	137.72	44.9%	29.18	7.54	43.9%	166.82	31.98	198.80	27.5%	C	D	D
27	BU	Paquete 39	1	1	1	0	1	132.20	47.1%	28.93	7.06	47.5%	180.83	34.48	215.31	38.1%	B	D	D
28	BU	Paquete 40	1	1	1	1	1	119.23	52.3%	25.70	6.44	52.1%	196.49	29.63	226.13	45.1%	B	C	D
29	BU	Paquete 41	1	2	0	0	1	147.95	40.8%	31.98	7.98	40.7%	185.83	38.17	224.00	43.7%	C	E	D
30	BU	Paquete 42	1	2	0	1	1	133.40	46.6%	28.35	7.29	45.8%	201.50	32.02	233.51	49.8%	C	D	D
31	BU	Paquete 43	1	2	1	0	1	130.28	47.9%	28.67	6.93	48.5%	215.51	35.41	250.92	61.0%	B	E	D
32	BU	Paquete 44	1	2	1	1	1	115.68	53.7%	25.03	6.23	53.7%	231.17	29.67	260.84	67.4%	B	C	C
33	BU	Paquete 45	1	3	0	0	1	142.11	43.1%	30.60	7.69	42.8%	192.98	35.23	228.21	46.4%	C	D	D
34	BU	Paquete 46	1	3	0	1	1	130.84	47.6%	27.79	7.15	46.8%	208.64	31.18	239.82	53.9%	C	D	D
35	BU	Paquete 47	1	3	1	0	1	124.72	50.1%	27.34	6.65	50.6%	222.66	32.45	255.11	63.7%	B	D	D
36	BU	Paquete 48	1	3	1	1	1	113.42	54.6%	24.53	6.11	54.5%	238.32	28.82	267.14	71.4%	B	C	C

Evaluación de costes

El coste de implementación de cada medida de forma individual se ha evaluado a través de bases de datos, consulta con fabricantes y/o proyectos recientes de ejecución, considerando su descomposición en los siguientes costes:

- ✓ Coste material
- ✓ Coste de mano de obra
- ✓ Gastos generales y beneficio industrial: % GG+BI sobre el PEM
- ✓ Honorarios profesionales: % sobre el PEM

Con la consideración de estos descompuestos, el coste final de inversión estimado por unidad característica se muestra en las siguientes tablas.

Medida	Solución Constructiva	Descripción de la Medida	Variantes	Parámetro de Coste	COSTE [€/m2]
AISLAMIENTO DE CUBIERTA	NIVEL DE RESTAURACIÓN BÁSICO DE CUBIERTA	Renovación de la capa exterior de la cubierta (teja o tela asfáltica o...) por razones estéticas/funcionales/seguridad	-	<500m ² de cubierta	101.6
				>500m ² de cubierta	85.8
	Retirada de la cubierta y reconstrucción mediante la adición de una nueva capa de aislamiento (durante los trabajos de reparación o renovación de cubiertas planas o inclinadas)	En cubiertas planas: Todas las capas de material hasta la posición del aislamiento térmico (sobre la capa de impermeabilización) serán retiradas. Además, sobre la nueva capa de aislamiento térmico, será instalada una capa de protección y acabado (grava, baldosa...) En cubiertas inclinadas: Las tejas, rastreles y capa de impermeabilización serán retiradas. Entonces, se añadirá un nuevo aislamiento sobre el forjado/estructura y se instalarán una nueva capa de impermeabilización, barrera de vapor, rastreles y tejas sobre el aislamiento.	5 cm de aislamiento térmico	<500m ² de cubierta	122.6
				>500m ² de cubierta	104.5
			10 cm de aislamiento térmico	<500m ² de cubierta	138.5
				>500m ² de cubierta	118.7
			15 cm de aislamiento térmico	<500m ² de cubierta	154.3
				>500m ² de cubierta	133.0
			20 cm de aislamiento térmico	<500m ² de cubierta	170.1
				>500m ² de cubierta	147.2
			25 cm de aislamiento térmico	<500m ² de cubierta	186.0
				>500m ² de cubierta	161.5

3. Resultados

An abstract graphic design featuring a series of overlapping, semi-transparent geometric shapes. The shapes are primarily triangular and quadrilateral, creating a dynamic, layered effect. The color palette includes various shades of blue (from deep navy to light sky blue), green (from muted sage to vibrant lime), yellow, orange, red, and purple. The shapes are arranged in a way that they appear to be part of a larger, complex structure, possibly a stylized letter or a decorative element. The background is a light, neutral color, which makes the vibrant colors of the shapes stand out.

Resultados según zona climática y edificio

✓ 3 edificios de referencia x 8 zonas climáticas x 5 saltos (E, D, C, B, A) = 120

✓ 3 edificios de referencia x 8 zonas climáticas x 6 saltos (F, E, D, C, B, A) = 144

Nº DE CASO EVALUADO		16	17	18	19	20	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio unifamiliar	Edificio unifamiliar	Edificio unifamiliar	Edificio unifamiliar	Edificio unifamiliar	
Nº DE CASO EVALUADO		21	22	23	24	25	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio	Edificio	Edificio	Edificio	Edificio	
Nº DE CASO EVALUADO		26	27	28	29	30	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	
Nº DE CASO EVALUADO		26	27	28	29	30	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	Edificio Grande	
REFERENCIA A LAS MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA LA REHABILITACIÓN	Aislamiento opacos	Fachada	0	1	1	2	2
		Puentes base	0	1	1	2	2
		Cubierta	0	1	1	2	2
	Huecos	Suelo	0	0	1	2	2
		Huecos	0	1	2	5	3
	Recuperación de calor	Recuperación de calor	0	0	0	0	1
		Protección solar	0	0	0	1	0
	Sistemas	Sistemas	1	1	1	1	4
		COSTE DE INVERSIÓN [€/m ²]	55.22	71.93	93.98	125.23	234.77
	DEMANDA DE CALEFACCIÓN	E	D	C	B	A	
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	D	C	C	A	A		
CALIFICACIÓN GLOBAL [BASADO EN ÍNDICE DE EMISIONES]	E	D	C	B	A		



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

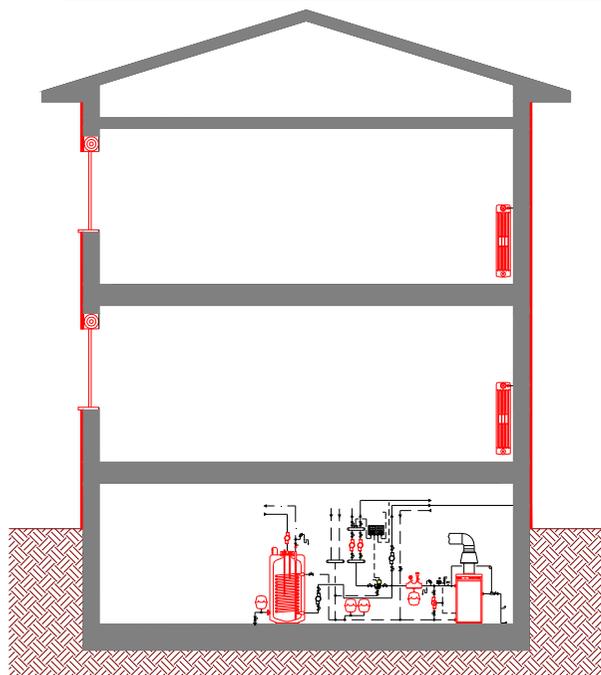
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Térmicas



Gobierno de Navarra

D3 – bloque mediano - D



- [1] 5 cm en fachada
- [mejorados] PT mejorados
- [1] 5 cm en cubierta
- [0] sin actuación en suelo
- [0] reforma base de ventanas
- [0] sin ventilación mecánica
- [0] reforma base de protección solar
- [1] reforma base de sistemas

Nº DE CASO EVALUADO		21	22	23	24	25	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano	
REFERENCIA A LAS MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA LA REHABILITACIÓN	Aislamiento opacos	Fachada	0	1	1	3	3
		PuentesT base	mejorados	mejorados	mejorados	mejorados	mejorados
		Cubierta	0	1	1	3	3
	Huecos	Suelo	0	0	1	3	3
		Recuperación de calor	0	0	2	3	4
		Protección solar	0	0	0	1	0
		Sistemas	1	1	1	1	4
COSTE DE INVERSIÓN [€/m ²]		65.37	82.35	101.65	167.37	285.71	
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		E	D	C	B	A	
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		C	B	B	A	A	
CALIFICACIÓN GLOBAL [BASADO EN ÍNDICE DE EMISIONES]		E	D	C	B	A	



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

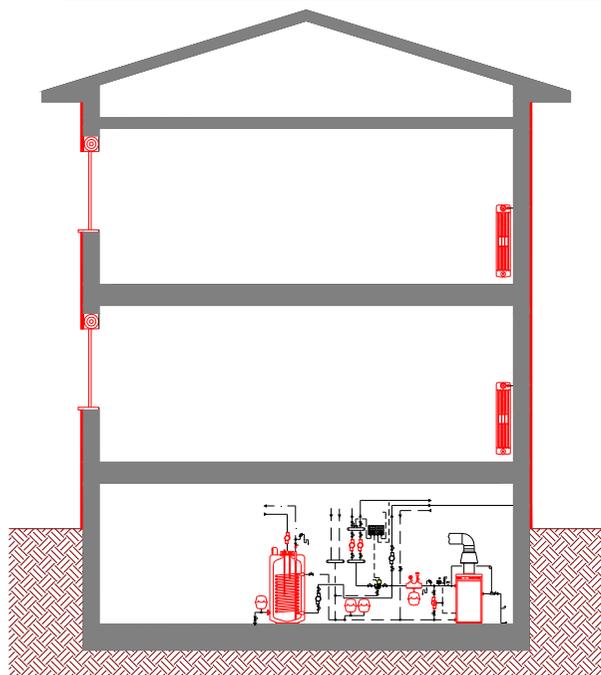
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Tecnológicas



Gobierno de Navarra

D3 – bloque mediano - C



- [1] 5 cm en fachada
- [mejorados] PT mejorados
- [1] 5 cm en cubierta
- [1] sin actuación en suelo
- [2] Ventanas con vidrio doble ($U_m = 3,2$)
- [0] sin ventilación mecánica
- [0] reforma base de protección solar
- [1] reforma base de sistemas

Nº DE CASO EVALUADO		21	22	23	24	25		
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3		
EDIFICIO		Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano	Edificio mediano		
REFERENCIA A LAS MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA LA REHABILITACIÓN	Aislamiento opacos	Fachada	0	1	1	3	3	
		PuentesT	base	mejorados	mejorados	mejorados	mejorados	
		Cubierta	0	1	1	3	3	
	Huecos	Suelo	0	0	1	3	3	
		Recuperación de calor	0	0	2	3	4	
		Protección solar	0	0	0	0	1	0
		Sistemas	1	1	1	1	4	
COSTE DE INVERSIÓN [€/m ²]		65.37	82.35	101.65	167.37	285.71		
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		E	D	C	B	A		
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		C	B	B	A	A		
CALIFICACIÓN GLOBAL [BASADO EN ÍNDICE DE EMISIONES]		E	D	C	B	A		



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

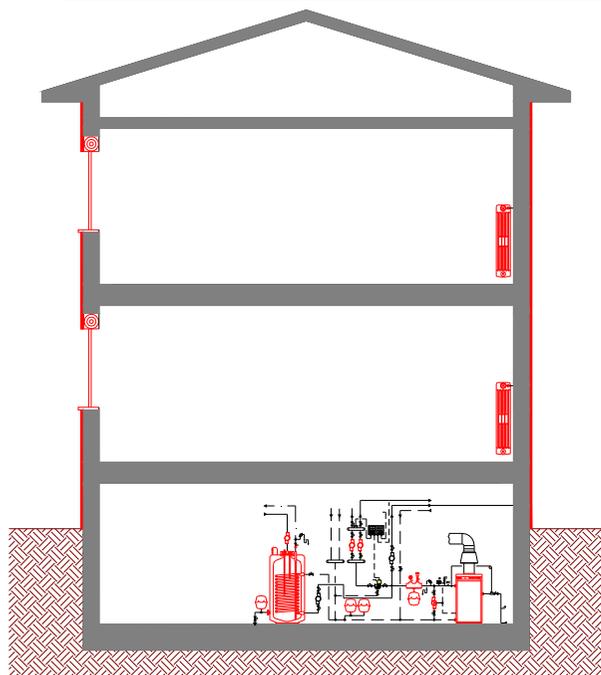
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Térmicas



Gobierno de Navarra

D3 – bloque mediano - B



- [3] 15 cm en fachada
- [mejorados] PT mejorados
- [3] 15 cm en cubierta
- [3] 5 cm en suelo y aislamiento perimetral
- [3] Ventanas con vidrio doble bajo emisivo ($U_m = 2,2$)
- [0] sin ventilación mecánica
- [1] instalación de toldos
- [1] reforma base de sistemas

Nº DE CASO EVALUADO		21	22	23	24	25	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio mediano					
REFERENCIA A LAS MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA LA REHABILITACIÓN	Aislamiento opacos	Fachada	0	1	1	3	3
		PuentesT	base	mejorados	mejorados	mejorados	mejorados
		Cubierta	0	1	1	3	3
		Suelo	0	0	1	3	3
	Huecos		0	0	2	3	4
	Recuperación de calor		0	0	0	0	1
	Protección solar		0	0	0	1	0
	Sistemas		1	1	1	1	4
COSTE DE INVERSIÓN [€/m ²]		65.37	82.35	101.65	167.37	285.71	
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		E	D	C	B	A	
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		C	B	B	A	A	
CALIFICACIÓN GLOBAL [BASADO EN ÍNDICE DE EMISIONES]		E	D	C	B	A	



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

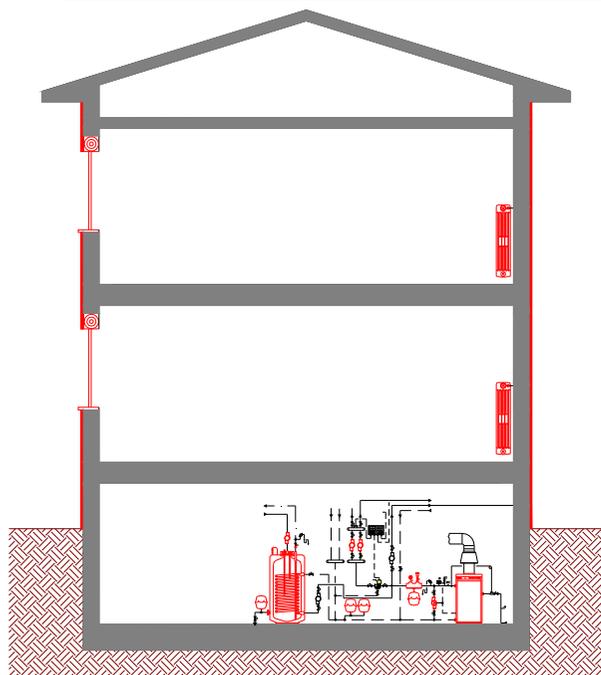
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Tecnológicas



Gobierno de Navarra

D3 – bloque mediano - A



- [3] 15 cm en fachada
- [mejorados] PT mejorados
- [3] 15 cm en cubierta
- [3] 5 cm en suelo y aislamiento perimetral
- [4] Ventanas con vidrio doble bajo emisivo y control solar ($U_m=1,8$)
- [1] Ventilación mecánica con RC
- [0] Sin protección solar
- [4] Sustitución de sistemas por BdC

Nº DE CASO EVALUADO		21	22	23	24	25	
CLIMA		D3	D3	D3	D3	D3	
EDIFICIO		Edificio mediano					
REFERENCIA A LAS MEDIDAS A IMPLEMENTAR PARA LA REHABILITACIÓN	Aislamiento opacos	Fachada	0	1	1	3	3
		PuentesT	base	mejorados	mejorados	mejorados	mejorados
		Cubierta	0	1	1	3	3
		Suelo	0	0	1	3	3
	Huecos	0	0	2	3	4	
	Recuperación de calor	0	0	0	0	1	
	Protección solar	0	0	0	1	0	
Sistemas	1	1	1	1	4		
COSTE DE INVERSIÓN [€/m ²]		65.37	82.35	101.65	167.37	285.71	
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		E	D	C	B	A	
DEMANDA DE REFRIGERACIÓN		C	B	B	A	A	
CALIFICACIÓN GLOBAL [BASADO EN ÍNDICE DE EMISIONES]		E	D	C	B	A	



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Tecnológicas



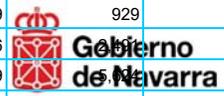
Gobierno de Navarra

Media ponderada

clima	EDIFICIOS	Destinado principal o exclusivamente a viviendas									
		Total (nº de inmu 1	2	3	4	5 a 9	10 a 19	20 a 29	30 a 39	40 o más	
	TOTAL NACIONAL	9,720,304	7,650,351	551,925	202,021	140,100	412,900	330,300	101,000	47,000	40,000
A4	Almería	198,311	171,201	9,763	2,575	1,862	5,559	4,701	1,528	552	570
A3	Cádiz	264,791	214,837	16,685	4,988	3,780	11,570	8,380	2,578	956	1,017
B4	Córdoba	204,266	164,608	17,605	4,816	2,770	7,043	5,208	1,446	481	289
C3	Granada	262,071	227,989	12,546	3,664	2,224	6,402	5,055	1,987	947	1,257
A4	Huelva	140,424	114,632	13,848	1,896	1,779	3,759	2,697	839	420	554
C4	Jaén	202,509	170,319	12,745	4,681	2,664	7,223	3,688	791	228	170
A3	Málaga	306,109	241,100	12,100	3,500	2,500	7,500	5,500	1,500	500	500
B4	Sevilla	429,601	340,000	15,000	4,000	3,000	8,000	6,000	1,500	500	500
D2	Huesca	65,836						2,070	734	245	282
D2	Teruel	74,441						895	155	58	50
D3	Zaragoza	158,612						9,029	2,815	1,485	1,454
D1	ASTURIAS, PRINCIPADO DE	196,820						13,485	4,357	1,368	952
B3	BALEARS, ILLES	255,502						7,763	1,899	614	803
α3	Palmas, Las	214,087						5,245	1,485	553	1,228
α3	Santa Cruz de Tenerife	210,388						5,324	1,521	587	989
C1	CANTABRIA	116,720						7,207	2,268	845	553
E1	Ávila	106,862						1,454	411	83	64
E1	Burgos	113,108						4,260	1,379	531	405
E1	León	171,271						4,889	1,183	304	168
D1	Palencia	57,059						1,579	542	199	110
D2	Salamanca	116,073						3,387	1,038	353	322
D2	Segovia	78,067	68,959	3,543	945	734	2,229	1,299	249	47	62
E1	Soria	45,010	39,537	1,608	559	523	1,435	1,016	235	62	35
D2	Valladolid	111,064	94,468	3,533	820	677	3,743	4,784	1,733	616	690
D2	Zamora	91,764	83,982	3,092	782	488	1,433	1,369	402	111	105
D3	Albacete	107,795	88,069	7,273	2,123	1,168	4,596	3,528	768	187	83
D3	Ciudad Real	175,200	149,675	13,851	3,080	1,347	3,264	2,608	838	281	256
D2	Cuenca	112,425	101,657	6,030	1,295	577	1,409	902	412	84	59
D3	Guadalajara	112,611	103,560	3,348	832	689	1,899	1,598	400	168	117
C4	Toledo	280,143	251,019	14,024	3,174	1,810	4,747	3,769	990	391	219
C2	Barcelona	649,606	422,169	54,587	22,921	16,528	50,831	52,075	18,982	6,635	4,878
D2	Girona	212,994	165,040	15,473	6,679	4,884	11,501	6,566	1,740	509	602
D3	Lleida	113,425	87,682	10,110	3,167	2,074	5,084	3,919	929	304	156
B3	Tarragona	200,917	155,170	16,424	5,674	3,740	8,685	6,676	1,800	922	1,132
B4	Alicante/Alacant	423,182	327,845	28,202	8,898	6,461	20,454	20,139	2,243	2,243	3,316
B3	Castellón/Castelló	170,095	133,570	11,939	4,838	2,867	6,847	6,896	1,808	610	720

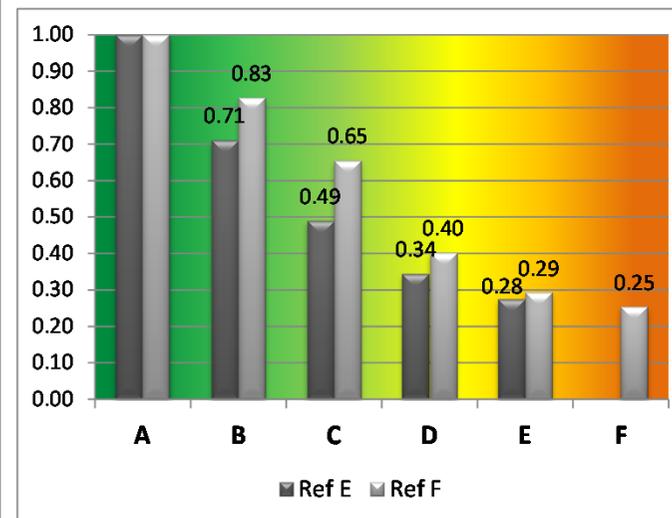
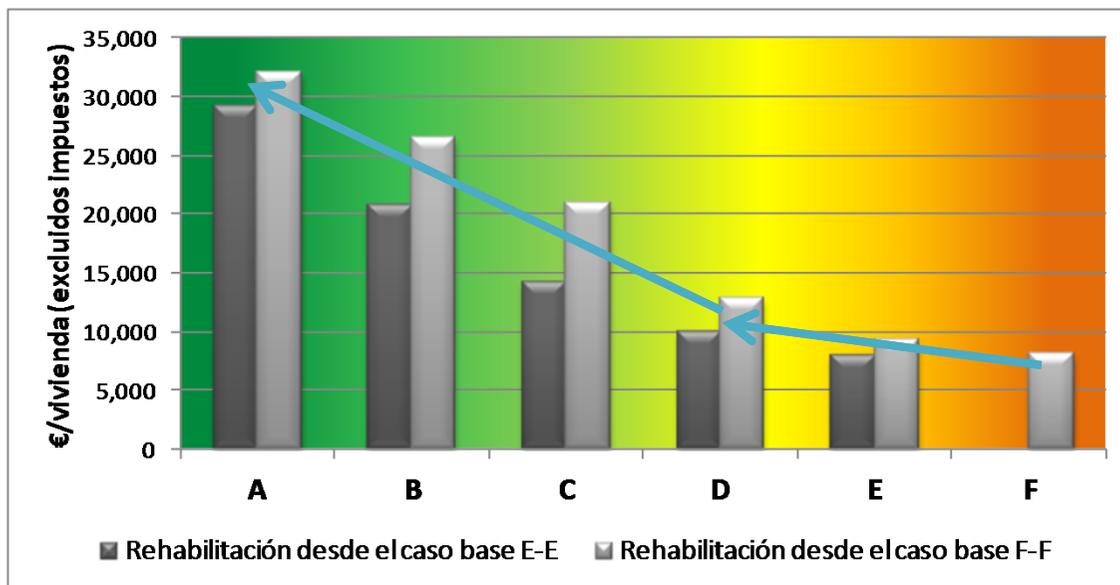


MINISTERIO DE ECONOMÍA Y TURISMO



Ponderación global por vivienda

Califi. Actual / Nueva calif.	A	B	C	D	E	F	G
A							
B							
C							
D							
E	29,206 €	20,773 €	14,308 €	10,053 €	8,032 €		
F	32,121 €	26,580 €	21,032 €	12,918 €	9,415 €	8,171 €	
G							



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

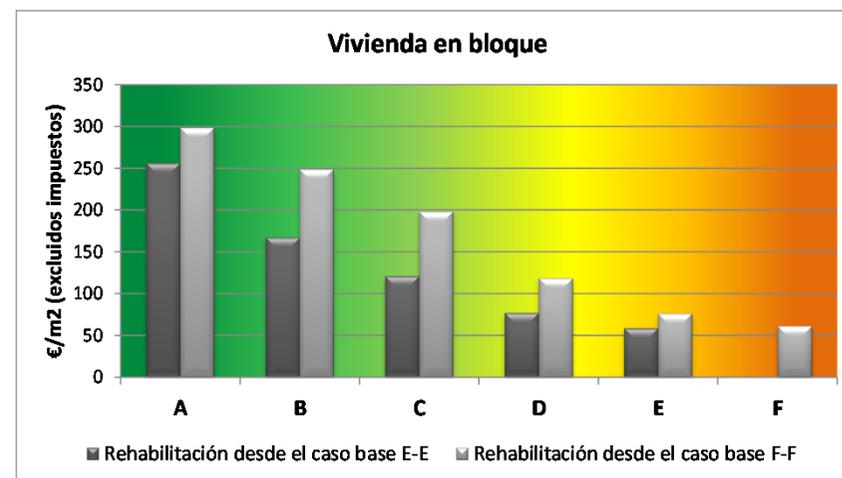
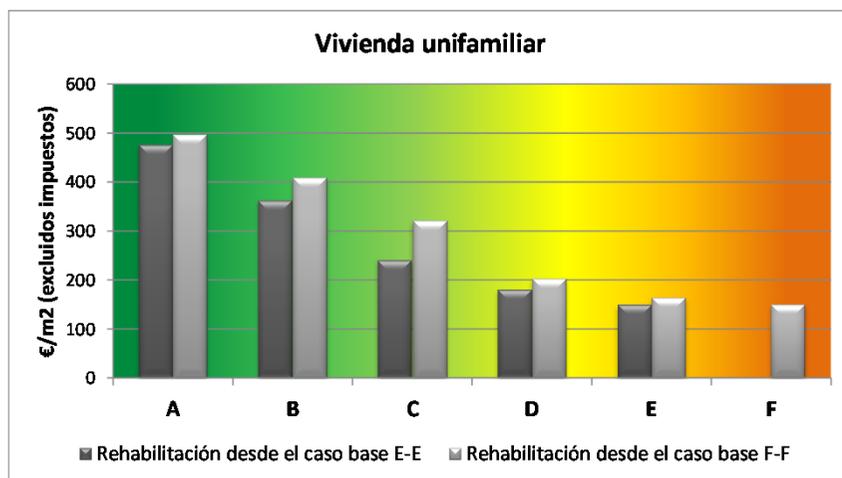
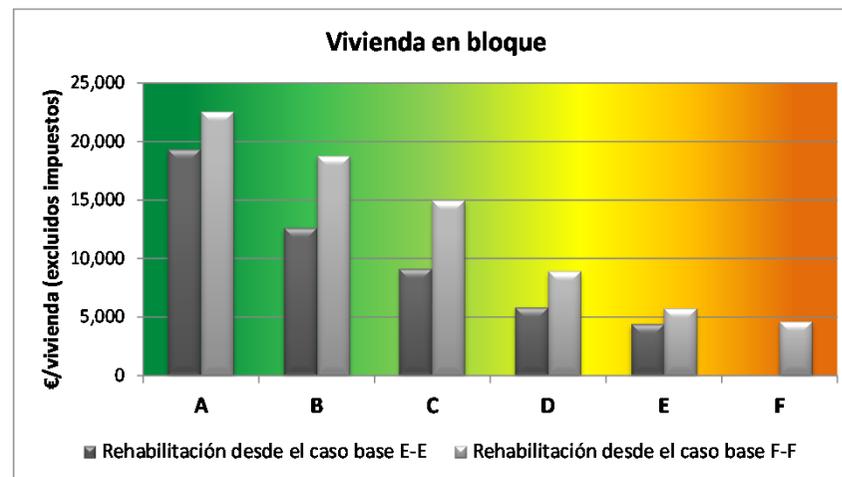
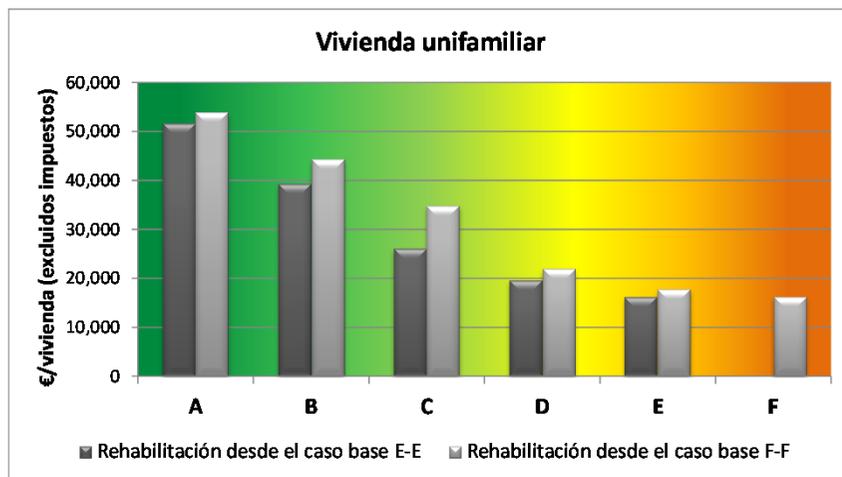
MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



Gobierno
de Navarra

Ponderación para vivienda unifamiliar vs vivienda en bloque



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE
INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

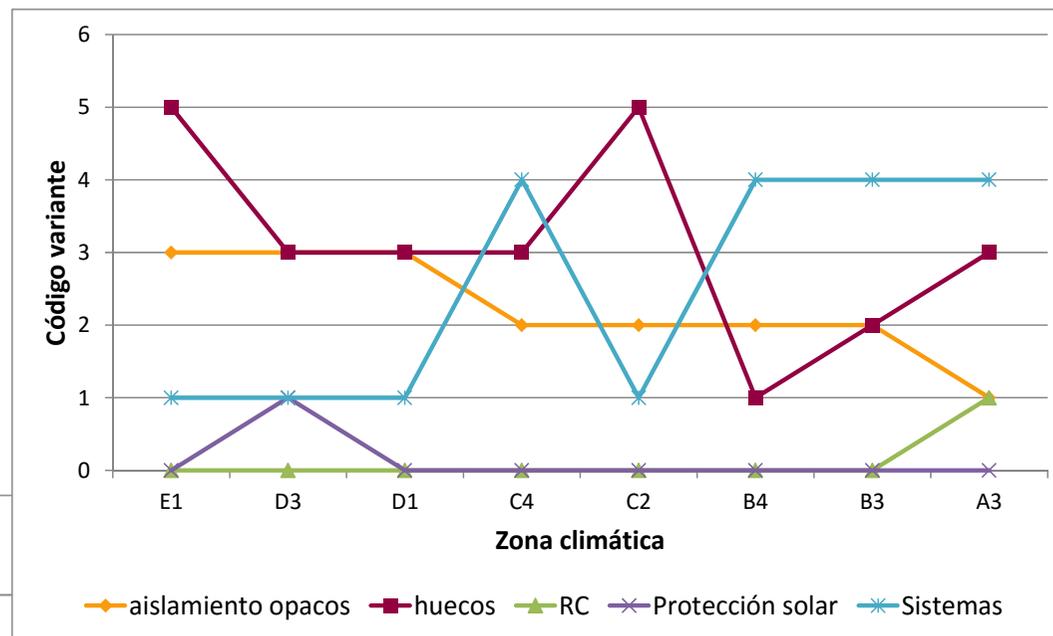
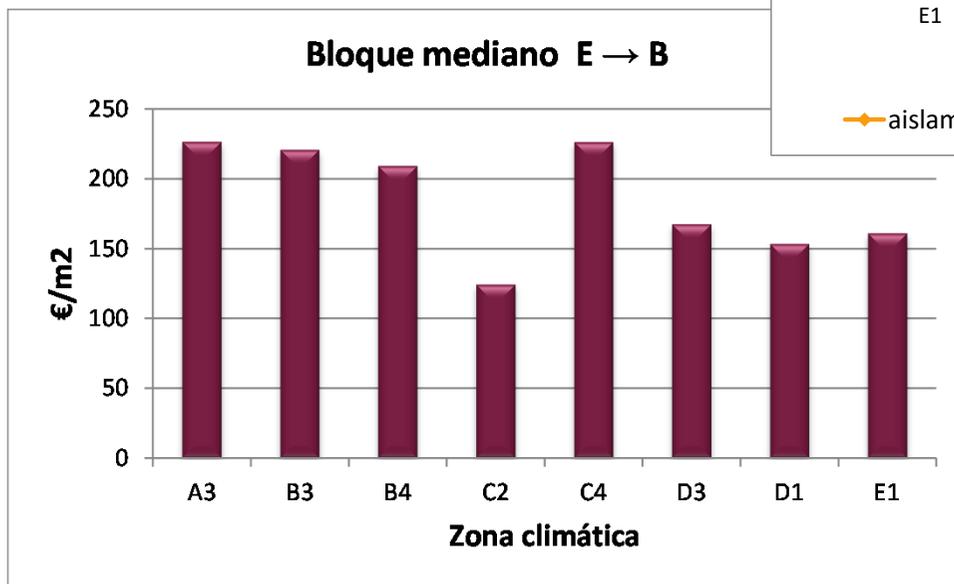
MINISTERIO DE
ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Petroleras
y Tecnológicas



**Gobierno
de Navarra**

Comparativa zonas climáticas



CENER

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemot
Centro de Investigaciones Energéticas, Mecánicas y Tecnológicas



Gobierno de Navarra

www.cener.com



Gracias por su atención!



CENER

CENTRO NACIONAL DE
ENERGÍAS RENOVABLES



mfboneta@cener.com