

BIZKAIA

Informe B2

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

Estrategia de intervención a largo plazo en
el parque de edificios de Euskadi

- Proyecto de investigación en el hábitat urbano -

Escola d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya

En colaboración con

Cíclica [space · community · ecology]

Promotor

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco

BIZKAIA

Informe B2

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

**Estrategia de intervención a largo plazo en
el parque de edificios de Euskadi**

- Proyecto de investigación en el hábitat urbano -

Escola d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya

En colaboración con

Cíclica [space · community · ecology]

Promotor

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco



NOTA PRELIMINAR

Objetivo

El sector de la edificación se encuentra frente a un reto profundamente transformador: conjugar el compromiso social de generar las condiciones de habitabilidad socialmente necesarias, con el deber de reducir el consumo de recursos y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

En este contexto de gran relevancia para el sector, el presente proyecto tiene el objetivo de establecer un diagnóstico completo del parque residencial que permita sentar las bases para la elaboración de la “*Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi*”.

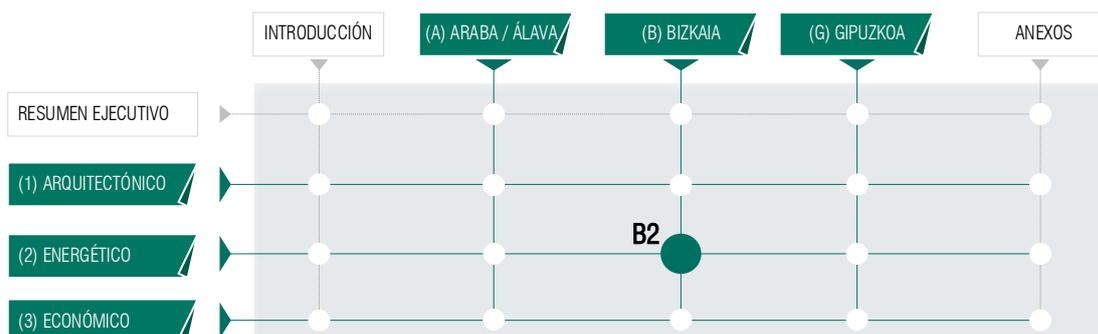
La metodología empleada permite, por primera vez a escala autonómica, el diagnóstico edificio a edificio lo que supone un avance significativo en las metodologías empleadas hasta el momento en la elaboración de estrategias a gran escala. Este proceso analítico, basado en el procesado riguroso y análisis conjunto de diferentes fuentes de información, resulta en un profundo conocimiento de cada inmueble residencial, y se materializa en una batería de indicadores sectoriales territorializados de carácter arquitectónico, energético y económico, que permiten detectar las particularidades, necesidades y potencialidades de rehabilitación del entorno construido.

En este sentido, el proyecto proporciona la primera aproximación para la elaboración de un plan de acción de rehabilitación energética del conjunto de edificios residenciales del País Vasco. De esta manera se busca alcanzar un doble objetivo: garantizar una habitabilidad socialmente aceptable reduciendo las desigualdades existentes con relación al parque residencial, y cumplir con los objetivos europeos de descarbonización del sector de la edificación para el periodo 2020-2050.

Organización documental

El proyecto se organiza atendiendo a un doble enfoque en función del público al que se dirige:

- Enfoque metodológico, dirigido al personal técnico: esta aproximación permite conocer más detalladamente los procesos internos seguidos y los resultados obtenidos para cada una de las fases que conforman el diagnóstico. Se estructura en 3 informes correspondientes a la caracterización arquitectónica, energética y económica.
- Enfoque territorial, dirigido al equipo político: esta aproximación permite acceder directamente a la síntesis de los indicadores e índices clave de diagnóstico del parque residencial para cada uno de los ámbitos territoriales de estudio. Se estructura en 3 informes correspondientes a Araba/Álava, Bizkaia y Gipuzkoa.



ÍNDICE

Informe B2: Caracterización energética Bizkaia

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN.....	9
	Visión global	9
2.1.	Temperatura interior –en régimen libre-	13
2.2.	Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre-	14
2.3.	Salto térmico –en régimen libre-	15
2.4.	Demanda energética de calefacción por superficie	16
2.5.	Calificación energética de calefacción.....	17
3.	COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA	21
	Visión global	21
3.1.	Demanda energética de calefacción por vivienda	25
3.2.	Consumo de energía final de calefacción.....	27
3.3.	Consumo de energía primaria de calefacción	28
3.4.	Consumo de energía final total.....	29
3.5.	Emisiones vinculadas al consumo de calefacción	30
4.	INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN	31
	Visión global	31
4.1.	Energía gris invertida en la intervención	34
4.2.	Emisiones generadas por la intervención	35
4.3.	Eficacia en la reducción del consumo de calefacción	36
	Nota aclaratoria sobre los resultados obtenidos.....	37

1. INTRODUCCIÓN

Objetivo

El presente documento de caracterización energética del parque residencial de Bizkaia se enmarca en la segunda fase de la *Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi*. Tiene el objetivo de definir energéticamente el parque residencial del ámbito de estudio, mediante los indicadores con mayor incidencia en el comportamiento energético de la edificación; así mismo se estudian las posibilidades que presenta para ser rehabilitado energéticamente.

Para ello, se establecen 3 objetivos específicos que definen la estructura de esta segunda fase:

- Objetivo 1: Indicadores energéticos de comportamiento de la edificación
- Objetivo 2: Indicadores energéticos de comportamiento en la vivienda
- Objetivo 3: Indicadores energéticos de intervención de rehabilitación

Metodología

A nivel metodológico, la caracterización energética se estructura en 3 subfases atendiendo a los objetivos específicos establecidos. El estudio se fundamenta en el simulador energético propio a escala urbana, desarrollado específicamente para realizar esta tarea en base a la ISO 52016-1: 2017, capaz de estimar hora a hora y a partir de un modelo térmico multi-zonal el comportamiento térmico y la demanda energética anual asociada a la calefacción y a la refrigeración de la parte residencial de cada planta de cada inmueble incluido en el ámbito de estudio.

La caracterización energética del parque residencial se establece para cada una de las opciones que resultan de la combinación de las 3 dimensiones del estudio: escenario edificatorio –actual y post-intervención-, umbral de habitabilidad –confort y salud-, e hipótesis de vector energético –electricidad y gas natural-.

1. Caracterizar el parque residencial según 5 indicadores energéticos de comportamiento de la edificación
2. Caracterizar el parque residencial según 5 indicadores energéticos de comportamiento en la vivienda
3. Caracterizar el parque residencial según 3 indicadores energéticos de intervención de rehabilitación

Organización documental



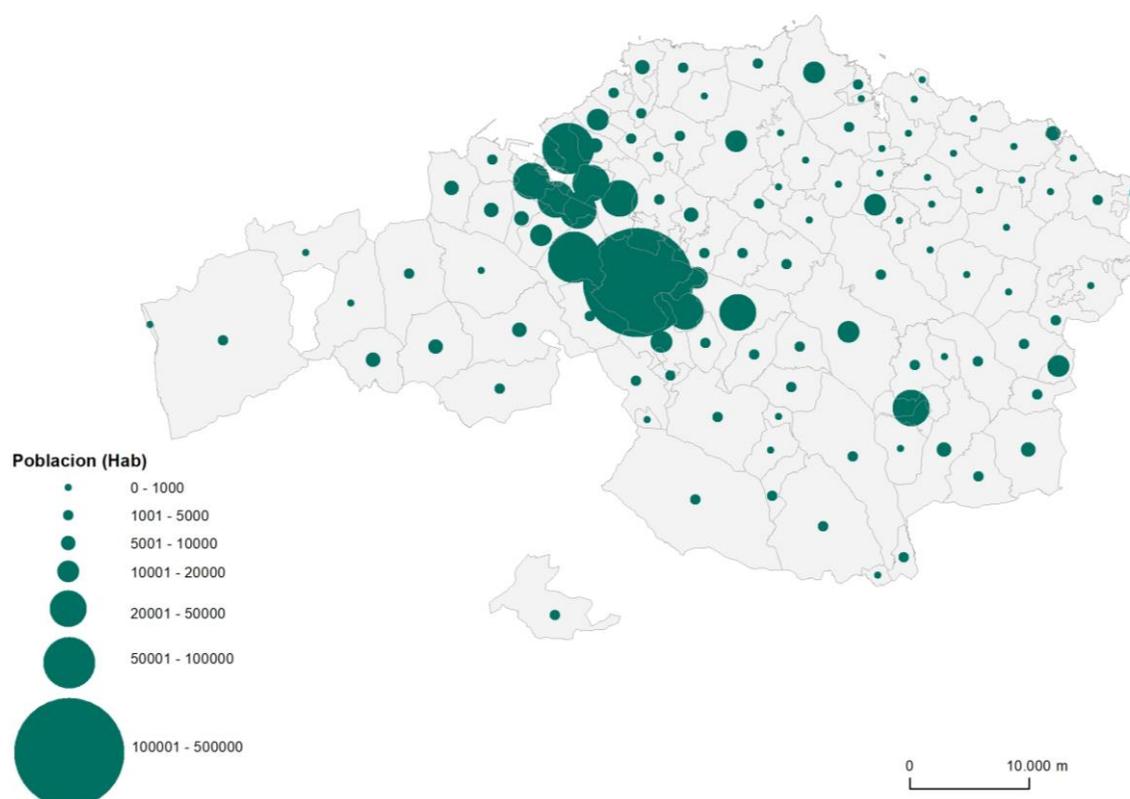
Aproximación territorial

El primer análisis territorial de los municipios bizkaínos muestra una cierta disparidad en cuanto a la distribución de la población, aunque no tan pronunciada como en el caso de Araba/Álava, con un único municipio –Bilbao- que supera los 100.000 habitantes y concentra el 30% de la población de la provincia. Así mismo, se observa como 10 municipios –entre 20.000 y 100.000 habitantes- suponen el 40% de la población bizkaína. A continuación, se encuentra un segundo grupo de 21 municipios intermedios -entre 5.000 y 20.000 habitantes que representan el 20% de la población. Por otra parte, destaca el gran número de municipios pequeños –de menos de 5.000 habitantes- que suponen el 70% del total de municipios mientras que tan solo vive el 10% de la población.

Tabla TB1-1. Clasificación de los municipios de Bizkaia según población -fuente Eustat, noviembre 2018-

Tamaño de municipios	Provincia de Bizkaia -nº municipios-	Porcentaje sobre total -%-	Provincia de Bizkaia -nº habitantes-	Porcentaje sobre total -%-
≥ 100.000 hab.	1	0,9%	342.810	30,1%
≥ 50.000 hab.	2	1,8%	175.585	15,4%
≥ 20.000 hab.	8	7,1%	273.835	24,0%
≥ 10.000 hab.	9	8,0%	133.432	11,7%
≥ 5.000 hab.	13	11,6%	98.051	8,6%
< 5.000 hab.	79	70,5%	116.949	10,3%
	112	100,0%	1.140.662	100,0%

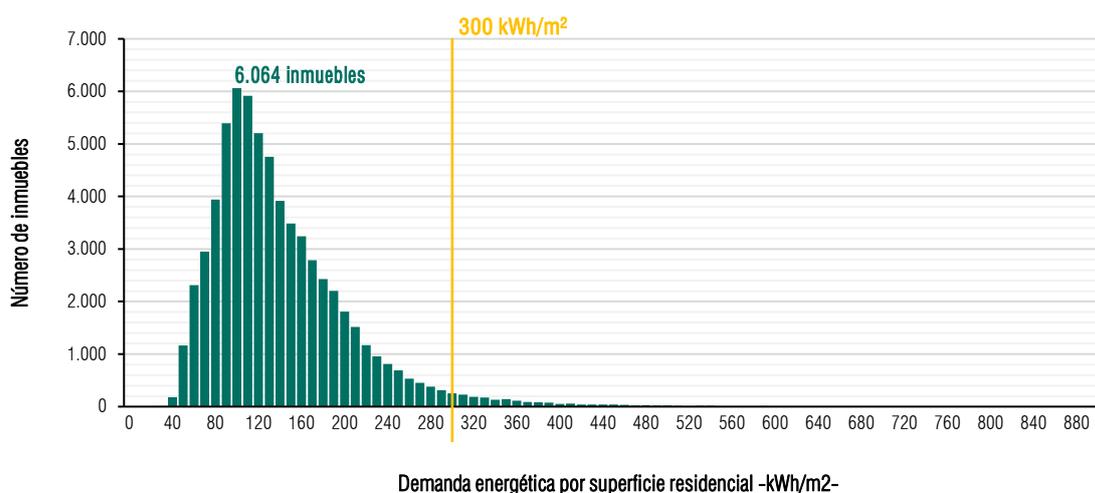
Figura FB1-1. Representación de los municipios de Bizkaia según población



Coherencia de la información obtenida

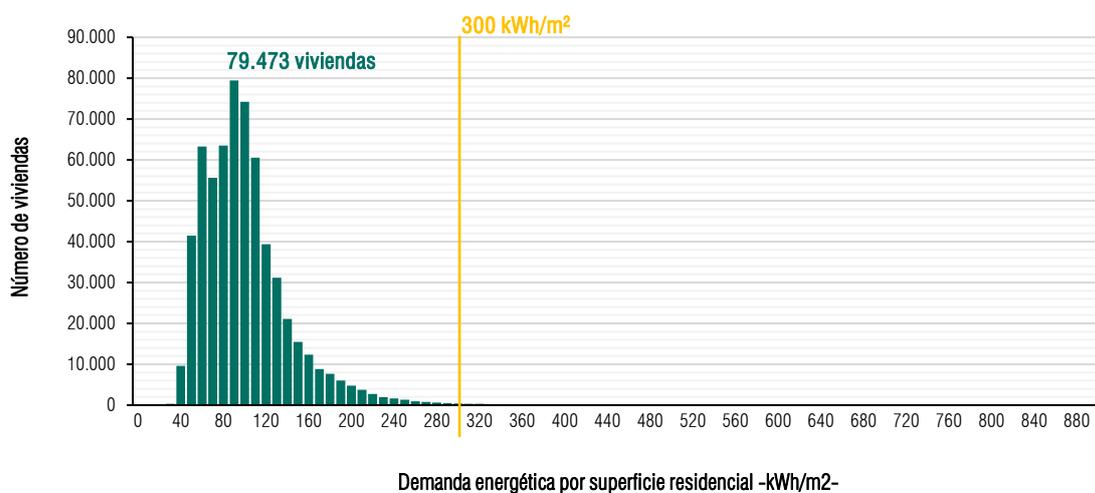
A continuación, se estudia la coherencia de los resultados obtenidos a través de la simulación de la demanda energética de calefacción, que sirve como base para el estudio de caracterización energética y económica del parque residencial de la provincia de Bizkaia. Para ello se realiza un análisis de la distribución del número de inmuebles y del número de viviendas en función de la demanda energética de calefacción por superficie residencial; el análisis se realiza para el escenario edificatorio actual y el umbral de habitabilidad confort.

Figura FB1-2. Distribución del número de inmuebles según la demanda energética por superficie -kWh/m²-año-



A partir del análisis del histograma se observa que el 97% de los inmuebles de Bizkaia tienen una demanda de calefacción inferior a 300 kWh/m²-año, con una mayor presencia de inmuebles con demanda entorno a los 100 kWh/m²-año.

Figura FB1-3. Distribución del número de viviendas según la demanda energética por superficie -kWh/m²-año-



En relación con el análisis según número de viviendas, los resultados se intensifican debido al peso de las viviendas situadas en inmuebles plurifamiliares; en este caso el 99,6% de las viviendas de Bizkaia tienen una demanda de calefacción inferior a 300 kWh/m²-año.

2. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN

Visión global

El primer objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Bizkaia consiste en evaluar el comportamiento térmico de cada edificio, mediante la definición de 5 indicadores energéticos. Estos indicadores hacen referencia a la capacidad genérica que presenta un inmueble para mantener ciertas condiciones de habitabilidad en sus espacios residenciales interiores en el periodo con mayores solicitaciones de calefacción¹; y se analizan en función del cruce de 2 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, se determinan los valores de comportamiento de la edificación relativos a la respuesta del edificio en situación de régimen libre, sin aportes energéticos de calefacción, como contenedor que modula las variaciones climáticas del exterior. En concreto se calcula la temperatura media interior, el tiempo de autonomía térmica y el salto térmico; los dos últimos bajo la perspectiva de los 2 umbrales de habitabilidad.

A continuación, se procede a analizar la demanda energética de calefacción necesaria para salvar la brecha entre las condiciones interiores conseguidas de forma pasiva por la edificación y la temperatura de consigna mínima de cada umbral de habitabilidad. A partir de este conjunto de valores se determina la calificación energética, como herramienta de comparación con amplia difusión.

Análisis integrado entre indicadores

A nivel de comportamiento en régimen libre, los resultados obtenidos ponen de relieve que actualmente la edificación ejerce su papel de generadora de espacios habitables con condiciones más favorables a las del ambiente exterior, pero sin alcanzar temperaturas de salud para sus ocupantes. En este sentido, si bien la temperatura media es de 15°C, este valor cambia sensiblemente en función del tipo de propiedad residencial, siendo las condiciones en inmuebles unifamiliares más desfavorables –pico de viviendas en torno a los 13°C- que en los inmuebles plurifamiliares –pico de viviendas entre 14 y 15°C-. En término medio, esta distancia con la temperatura de consigna mínima se traduce en que el 39% de las horas entre Octubre y Mayo el edificio se encuentra en franjas de salud –más de 16º-, y sólo el 20% alcanza el umbral de confort. La demanda energética de calefacción derivada de esta situación asciende hasta los 93 kWh/m²·año –calificación energética F- para el umbral confort y los 49 kWh/m²·año para el umbral salud.

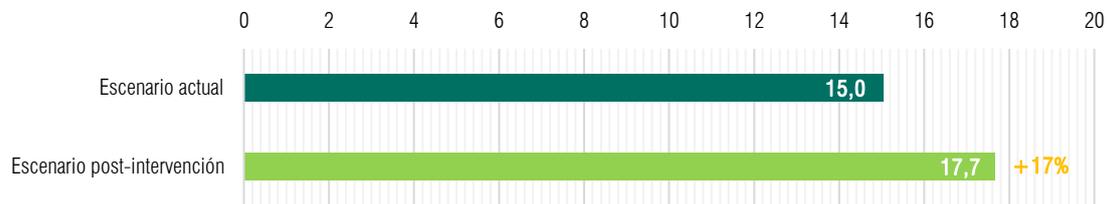
El desarrollo de las operaciones previstas en las intervenciones de rehabilitación energética mejora notablemente los valores de todos estos indicadores, pero sin subsanar las situaciones más críticas de pobreza energética. Así, aunque la temperatura media en régimen libre sube 2,7°C de promedio, en el umbral salud el 38% de las horas no se alcanzan los 16°C, siendo necesaria la aportación de 11 kWh/m²·año. En cuanto al umbral confort, los resultados de la intervención en la envolvente demuestran el amplio recorrido existente en este campo, puesto que solamente con la mejora de los cerramientos se consigue una reducción del 59% de la demanda energética de calefacción –hasta los 38 kWh/m²·año- y el descenso de 2 letras en la escala de calificación energética –hasta la letra D-.

¹ De Octubre a Mayo, según el Código Técnico de la Edificación

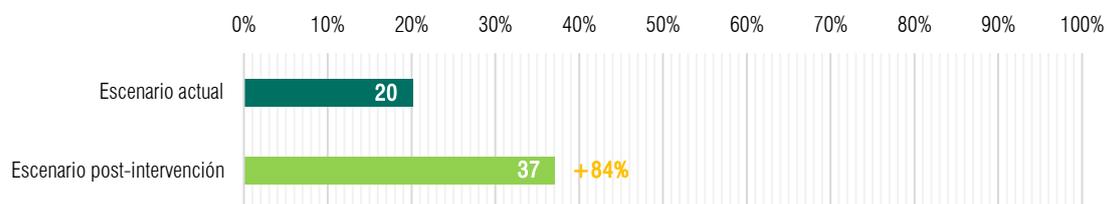
Figura
FB2-1.

COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN: principales resultados del parque residencial de Bizkaia
-umbral confort-

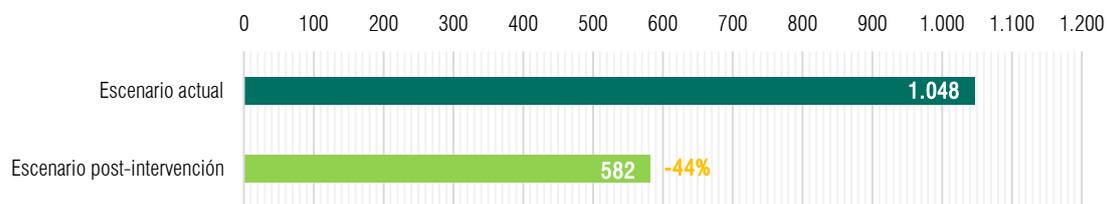
Temperatura interior, en régimen libre-°C-



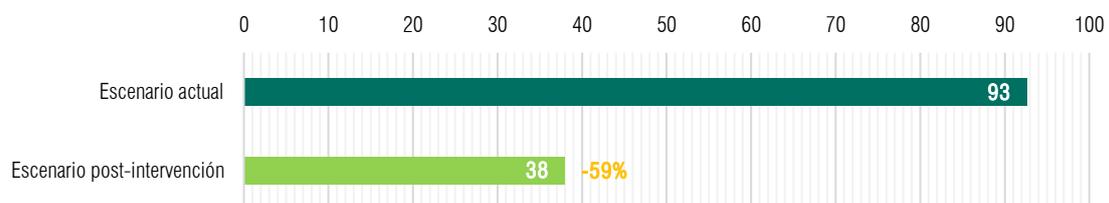
Tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-



Salto térmico, en régimen libre -°C·día-



Demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m2·año-



Calificación energética de calefacción -letras A a G-

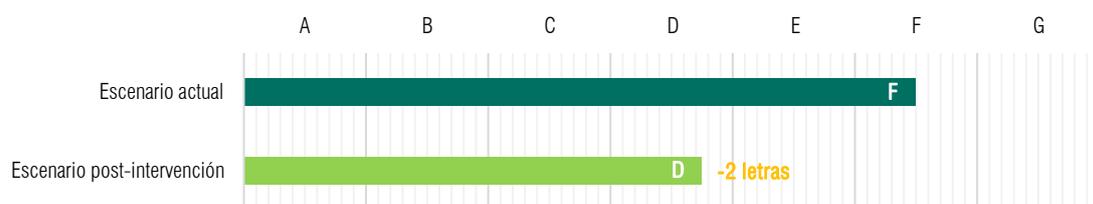


Tabla
TB2-1. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN: principales resultados del parque residencial de Bizkaia

Temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	➤	Post-intervención
Umbral	Confort	15,0 °C		17,7 °C

Tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	➤	Post-intervención
Umbral	Confort	20 %		37 %
	Salud	39 %		62 %

Salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	➤	Post-intervención
Umbral	Confort	1.048 °C·día		582 °C·día
	Salud	573 °C·día		238 °C·día

Demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m²·año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	➤	Post-intervención
Umbral	Confort	93 kWh/m ² ·año		38 kWh/m ² ·año
	Salud	49 kWh/m ² ·año		11 kWh/m ² ·año

Calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	➤	Post-intervención
Umbral	Confort	F		D

Análisis individual por indicador

Este primer grupo de indicadores energéticos se compone de 5 indicadores, analizados en función del cruce de 2 dimensiones: umbral de habitabilidad y escenario edificatorio.

1. Temperatura interior –en régimen libre-

El primer indicador energético estudia la capacidad del edificio de mantener una temperatura interior que se aproxime a las condiciones de habitabilidad. Los resultados obtenidos mediante la simulación energética evidencian la diferencia existente según el tipo de propiedad residencial. En los inmuebles unifamiliares, la temperatura interior promedio es de 13,0°C mientras que en los plurifamiliares alcanza los 15,1°C. La intervención en rehabilitación energética permitiría aumentar un 17% la temperatura interior en los inmuebles plurifamiliares y alcanzar los 17,7°C, rebasando la barrera del umbral salud.

2. Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre-

El segundo indicador relativo al comportamiento de la edificación determina el tiempo de autonomía térmica durante el cual no se requiere de aportes externos de energía para garantizar las condiciones de habitabilidad. En el umbral confort, el 93% de las viviendas necesitan aporte energético durante el 70% de las horas. La intervención aumenta la autonomía térmica y disminuye la dependencia energética activa, lo que permitiría que el 99% de las viviendas se encuentre en autonomía térmica durante el 60% del tiempo. En el umbral salud, la autonomía térmica es mayor puesto que el umbral a alcanzar es menos exigente.

3. Salto térmico –en régimen libre-

El salto térmico en régimen libre está directamente relacionado con el indicador previo, siendo la diferencia entre la temperatura alcanzada en autonomía térmica y la temperatura de consigna de cada umbral. En el caso del umbral confort, la intervención permitiría reducir un 44% el salto térmico, desde los 1.048 °C·día a 582 °C·día. En el umbral salud el salto térmico es menor, con una estimación de 573 °C·día en el escenario actual y 238 °C·día tras la intervención.

4. Demanda energética de calefacción por superficie

La demanda energética de calefacción es resultante del grupo de indicadores previos. En este sentido, se estima que el 61% de las viviendas tienen una demanda entre 60 y 120 kWh/m²-año. La intervención tiene un potencial de mejora de la demanda del 59%, lo que supondría que el 66% de las viviendas tuviesen una demanda inferior a 40 kWh/m²-año. En el umbral salud, este potencial de mejora es incluso mayor, alcanzado el 87% de las viviendas el rango de demanda inferior a 20 kWh/m²-año.

5. Calificación energética de calefacción

El estudio del indicador de calificación energética se realiza en función del tipo de propiedad residencial y la zona climática. En los inmuebles unifamiliares, el 76% de las viviendas tienen una calificación G en el escenario actual; la rehabilitación del parque residencial de Bizkaia permitiría alcanzar las letras D y E en el 85% de las viviendas. En relación a los inmuebles plurifamiliares, los resultados son más favorables, con el 87% de las viviendas en el escenario actual con una calificación E o posterior, siendo el rango de calificación más recurrente con el 51% de las viviendas. En el escenario post-intervención el 88% de las viviendas obtendrían la calificación C o D, lo que se traduciría en una mejora promedio de entre 1 y 2 letras.

2.1. Temperatura interior –en régimen libre-

Inmueble unifamiliar

Tabla TB21-1. Reparto de viviendas según la temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 12 °C	832	178
Entre 12 y 13 °C	2.216	397
Entre 13 y 14 °C	2.716	654
Entre 14 y 15 °C	828	2.217
Entre 15 y 16 °C	118	2.531
Entre 16 y 17 °C	15	529
Entre 17 y 18 °C	4	167
Entre 18 y 19 °C	1	38
Entre 19 y 20 °C	0	7
Más de 20 °C	1	13
TOTAL	6.731	6.731

Inmueble plurifamiliar

Tabla TB21-2. Reparto de viviendas según la temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 12 °C	7.974	108
Entre 12 y 13 °C	5.409	1.367
Entre 13 y 14 °C	64.810	3.800
Entre 14 y 15 °C	235.761	9.695
Entre 15 y 16 °C	169.565	40.480
Entre 16 y 17 °C	99.102	101.660
Entre 17 y 18 °C	23.208	182.748
Entre 18 y 19 °C	1.106	198.931
Entre 19 y 20 °C	137	56.140
Más de 20 °C	24	12.167
TOTAL	607.096	607.096

2.2. Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre-

Umbral confort

Tabla TB22-1. Reparto de viviendas según el tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 9%	16.115	963
Entre 10 y 19%	315.985	31.740
Entre 20 y 29%	238.253	116.297
Entre 30 y 39%	42.181	216.565
Entre 40 y 49%	1.163	194.284
Entre 50 y 59%	127	44.793
Entre 60 y 69%	1	7.171
Entre 70 y 79%	2	1.463
Entre 80 y 89%	0	520
Más del 90%	0	31
TOTAL	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB22-2. Reparto de viviendas según el tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 9%	46	13
Entre 10 y 19%	12.296	895
Entre 20 y 29%	89.517	7.246
Entre 30 y 39%	273.160	20.341
Entre 40 y 49%	156.802	63.095
Entre 50 y 59%	74.434	135.381
Entre 60 y 69%	7.242	236.867
Entre 70 y 79%	327	123.716
Entre 80 y 89%	0	23.246
Más del 90%	3	3.027
TOTAL	613.827	613.827

2.3. Salto térmico –en régimen libre-

Umbral confort

Tabla TB23-1. Reparto de viviendas según el salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
0 °C·día	7	7
Entre 0,1 y 249 °C·día	3	9.050
Entre 250 y 499 °C·día	765	226.068
Entre 500 y 749 °C·día	49.728	270.451
Entre 750 y 999 °C·día	179.127	86.033
Entre 1.000 y 1.249 °C·día	305.523	15.628
Entre 1.250 y 1.499 °C·día	65.074	5.073
Entre 1.500 y 1.749 °C·día	6.473	1.413
Entre 1.750 y 1.999 °C·día	6.477	103
Más de 2.000 °C·día	650	1
TOTAL	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB23-2. Reparto de viviendas según el salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
0 °C·día	7	7
Entre 0,1 y 249 °C·día	5.333	378.346
Entre 250 y 499 °C·día	184.268	210.990
Entre 500 y 749 °C·día	368.191	18.753
Entre 750 y 999 °C·día	44.703	4.797
Entre 1.000 y 1.249 °C·día	7.600	912
Entre 1.250 y 1.499 °C·día	3.619	21
Entre 1.500 y 1.749 °C·día	106	1
Entre 1.750 y 1.999 °C·día	0	0
Más de 2.000 °C·día	0	0
TOTAL	613.827	613.827

2.4. Demanda energética de calefacción por superficie

Umbral confort

Tabla TB24-1. Reparto de viviendas según la demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m²·año-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Entre 0 y 20 kWh/m ²	34	8.129
Entre 20 y 40 kWh/m ²	9.873	395.610
Entre 40 y 60 kWh/m ²	105.688	154.703
Entre 60 y 80 kWh/m ²	119.788	40.615
Entre 80 y 100 kWh/m ²	154.372	10.030
Entre 100 y 120 kWh/m ²	100.136	3.139
Entre 120 y 140 kWh/m ²	52.264	977
Entre 140 y 160 kWh/m ²	27.872	357
Entre 160 y 180 kWh/m ²	16.438	161
Más de 180 kWh/m ²	27.362	106
TOTAL	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB24-2. Reparto de viviendas según la demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m²·año-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Entre 0 y 20 kWh/m ²	57.874	530.283
Entre 20 y 40 kWh/m ²	168.825	72.607
Entre 40 y 60 kWh/m ²	208.452	8.880
Entre 60 y 80 kWh/m ²	105.484	1.518
Entre 80 y 100 kWh/m ²	39.496	398
Entre 100 y 120 kWh/m ²	16.924	88
Entre 120 y 140 kWh/m ²	7.941	38
Entre 140 y 160 kWh/m ²	4.051	8
Entre 160 y 180 kWh/m ²	1.863	5
Más de 180 kWh/m ²	2.917	2
TOTAL	613.827	613.827

2.5. Calificación energética de calefacción

Inmueble unifamiliar, Zona climática C1

Tabla TB25-1. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	19,7 kWh/m ²	25	37
B	32,0 kWh/m ²	0	40
C	49,5 kWh/m ²	12	327
D	76,2 kWh/m ²	65	2.050
E	125,7 kWh/m ²	712	2.879
F	147,0 kWh/m ²	537	294
G	-	4.513	237
TOTAL		5.864	5.864

Tabla TB25-2. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	9,9 kWh/m ²	24	24
A2	19,7 kWh/m ²	1	13
B1	32,0 kWh/m ²	0	40
C1	40,8 kWh/m ²	3	129
C2	49,5 kWh/m ²	9	198
D1	62,9 kWh/m ²	21	712
D2	76,2 kWh/m ²	44	1.338
E1	86,1 kWh/m ²	66	1.009
E2	96,0 kWh/m ²	121	737
E3	105,9 kWh/m ²	131	489
E4	115,8 kWh/m ²	176	360
E5	125,7 kWh/m ²	218	284
F1	136,4 kWh/m ²	287	185
F2	147,0 kWh/m ²	250	109
G1	157,0 kWh/m ²	225	81
G2	167,0 kWh/m ²	235	59
G3	177,0 kWh/m ²	206	34
G4	187,0 kWh/m ²	218	18
G5	197,0 kWh/m ²	234	11
G6	-	3.395	34
TOTAL		5.864	5.864

Calificación energética de calefacción

Inmueble unifamiliar, Zona climática D1

Tabla TB25-3. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	28,9 kWh/m ²	5	5
B	46,8 kWh/m ²	0	4
C	72,6 kWh/m ²	0	48
D	111,6 kWh/m ²	5	436
E	178,3 kWh/m ²	146	334
F	208,6 kWh/m ²	132	26
G	-	579	14
TOTAL		867	867

Tabla TB25-4. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	9,6 kWh/m ²	5	5
A2	19,3 kWh/m ²	0	0
A3	28,9 kWh/m ²	0	0
B1	37,9 kWh/m ²	0	1
B2	46,8 kWh/m ²	0	3
C1	59,7 kWh/m ²	0	11
C2	72,6 kWh/m ²	0	37
D1	82,4 kWh/m ²	0	79
D2	92,1 kWh/m ²	2	128
D3	101,9 kWh/m ²	1	125
D4	111,6 kWh/m ²	2	104
E1	124,9 kWh/m ²	14	112
E2	138,3 kWh/m ²	19	81
E3	151,6 kWh/m ²	33	63
E4	165,0 kWh/m ²	34	49
E5	178,3 kWh/m ²	46	29
F1	188,4 kWh/m ²	48	11
F2	198,5 kWh/m ²	42	6
F3	208,6 kWh/m ²	42	9
G1	-	579	14
TOTAL		867	867

Calificación energética de calefacción

Inmueble plurifamiliar, Zona climática C1

Tabla TB25-5. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	7,7 kWh/m ²	2	2
B	17,9 kWh/m ²	2	3.547
C	32,4 kWh/m ²	853	227.576
D	54,2 kWh/m ²	78.967	295.354
E	99,8 kWh/m ²	307.002	66.291
F	108,8 kWh/m ²	54.656	1.012
G	-	152.839	539
TOTAL		594.321	594.321

Tabla TB25-6. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	7,7 kWh/m ²	2	2
B1	17,9 kWh/m ²	2	3.547
C1	32,4 kWh/m ²	853	227.576
D1	43,3 kWh/m ²	17.594	211.912
D2	54,2 kWh/m ²	61.373	83.442
E1	65,6 kWh/m ²	67.280	42.558
E2	77,0 kWh/m ²	68.008	15.986
E3	88,4 kWh/m ²	86.106	5.447
E4	99,8 kWh/m ²	85.608	2.300
F1	108,8 kWh/m ²	54.656	1.012
G1	118,8 kWh/m ²	40.758	303
G2	128,8 kWh/m ²	30.741	140
G3	138,8 kWh/m ²	21.581	58
G4	148,8 kWh/m ²	14.549	18
G5	158,8 kWh/m ²	11.689	8
G6	168,8 kWh/m ²	8.010	6
G7	178,8 kWh/m ²	6.719	4
G8	188,8 kWh/m ²	5.046	0
G9	198,8 kWh/m ²	3.874	2
G10	-	9.872	0
TOTAL		594.321	594.321

Calificación energética de calefacción

Inmueble plurifamiliar, Zona climática D1

Tabla TB25-7. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	11,7 kWh/m ²	0	0
B	27,0 kWh/m ²	0	3
C	48,7 kWh/m ²	0	963
D	81,6 kWh/m ²	334	8.533
E	144,1 kWh/m ²	4.544	3.185
F	157,1 kWh/m ²	1.167	43
G	-	6.730	48
TOTAL		12.775	12.775

Tabla TB25-8. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	11,7 kWh/m ²	0	0
B1	19,4 kWh/m ²	0	0
B2	27,0 kWh/m ²	0	3
C1	37,9 kWh/m ²	0	66
C2	48,7 kWh/m ²	0	897
D1	59,7 kWh/m ²	13	3.226
D2	70,6 kWh/m ²	38	3.189
D3	81,6 kWh/m ²	283	2.118
E1	92,0 kWh/m ²	532	1.340
E2	102,4 kWh/m ²	662	837
E3	112,9 kWh/m ²	777	453
E4	123,3 kWh/m ²	907	289
E5	133,7 kWh/m ²	796	199
E6	144,1 kWh/m ²	870	67
F1	157,1 kWh/m ²	1.167	43
G1	167,1 kWh/m ²	842	30
G2	177,1 kWh/m ²	783	7
G3	187,1 kWh/m ²	900	2
G4	197,1 kWh/m ²	883	4
G5	-	3.322	5
TOTAL		12.775	12.775

3. COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA

Visión global

El segundo objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Bizkaia es estudiar el comportamiento energético de la vivienda, mediante la definición de 5 indicadores energéticos. Estos indicadores hacen referencia al uso de la energía que se hace en la vivienda; y se analizan en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud-, hipótesis de vector energético -electricidad y gas natural- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, este proceso pasa por analizar la demanda energética de calefacción en la vivienda, es decir la energía útil que deberían aportar los sistemas de climatización para mantener las condiciones de habitabilidad en el interior de las viviendas.

Una vez conocido este valor, el paso lógico en la metodología de caracterización energética consiste en analizar el uso que se hace de la energía para poder determinar el consumo en calefacción de cada uno de los inmuebles. El cálculo de este indicador depende, además del comportamiento térmico y la demanda de calefacción, de la elección de hipótesis de vector energético y sistema de climatización. En este caso, se establece tanto el consumo energético final como el consumo primario asociado que evidencia el impacto del sistema energético actual, de estructura centralizada. A continuación, se estudia el consumo de los llamados usos no climáticos -electrodomésticos, cocina, agua caliente sanitaria -ACS- e iluminación, cuyos valores dependen mayormente de las características de ocupación de la vivienda, número y tipo de usuario. Finalmente, se determina el impacto ambiental asociado al consumo energético de calefacción.

Análisis integrado entre indicadores

El proceso metodológico descrito permite caracterizar el comportamiento energético del parque residencial, desde la unidad básica que es la vivienda hasta el valor agregado a escala de inmueble, sección censal, municipio y provincia. La simulación energética del parque residencial de Bizkaia en el escenario actual resulta en una demanda de calefacción anual de 4.885 GWh/año para el umbral confort y de 2.589 GWh/año para el umbral salud, con un potencial de mejora tras la rehabilitación energética del 59% y 77% respectivamente. Estos potenciales de mejora evidencian el interés en la rehabilitación energética y la necesidad de impulsar políticas públicas en esta dirección.

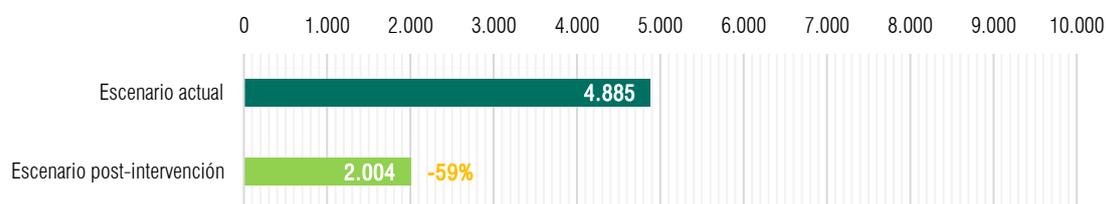
Una vez realizadas las consideraciones referentes al perfil de uso y al vector energético, se establece el consumo de energía final de calefacción. Según la simulación realizada, se destinan una media de 5.420 GWh/año para climatizar las viviendas de la provincia de Bizkaia y alcanzar una situación de confort, lo que equivale a unas emisiones de 1.553.887 toneladas de CO₂ al año. La intervención en rehabilitación energética permitiría reducir las emisiones en un 75%. Así mismo, se observa cómo el consumo en el caso del gas natural es un 28% superior al eléctrico, debido a la diferencia de rendimiento de los equipos activos considerados.

El estudio del consumo revela otra realidad: las pérdidas energéticas ocasionadas por el sistema energético centralizado. Este hecho es especialmente relevante al analizar el valor de consumo de energía primaria de calefacción, que llega a ser superior al consumo de energía total de la vivienda -en el escenario actual, según el vector electricidad-.

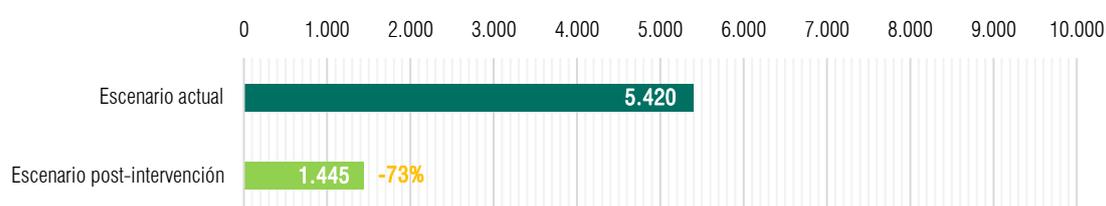
Figura
FB3-1.

COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA: principales resultados del parque residencial de Bizkaia -umbral confort, promedio vector energético-

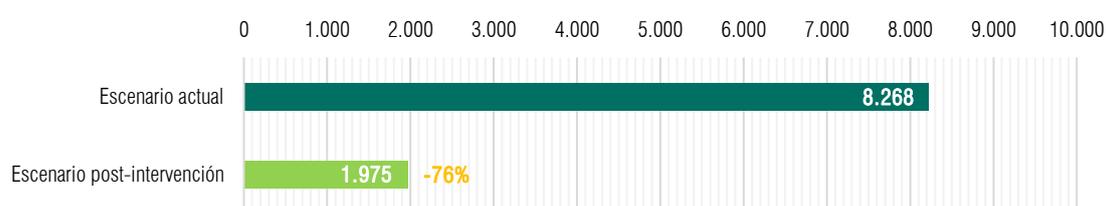
Demanda energética de calefacción -GWh/año-



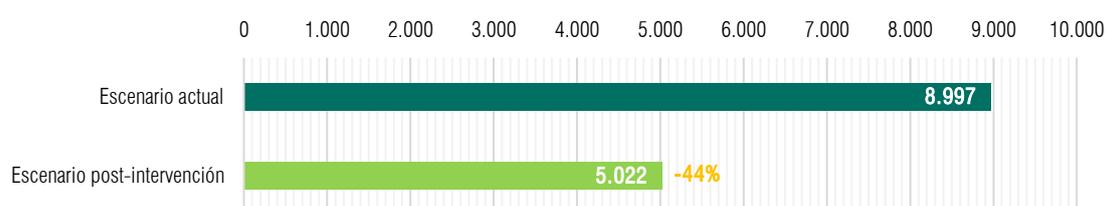
Consumo de energía final de calefacción -GWh/año-



Consumo de energía primaria de calefacción -GWh/año-



Consumo de energía final total -GWh/año-



Emisiones vinculadas al consumo de calefacción -TonCO2/año-

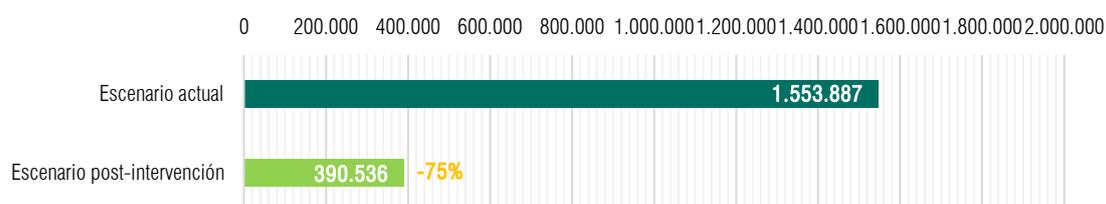


Tabla
TB3-1.

COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA: principales resultados del parque residencial de Bizkaia

Demanda energética de calefacción -GWh/año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	4.885 GWh/año	2.004 GWh/año
	Salud	2.589 GWh/año	596 GWh/año

Consumo de energía final de calefacción -GWh/año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	4.760 GWh/año	667 GWh/año
	Confort -gas natural-	6.080 GWh/año	2.224 GWh/año
	Salud -electricidad-	2.540 GWh/año	199 GWh/año
	Salud -gas natural-	3.226 GWh/año	661 GWh/año

Consumo de energía primaria de calefacción -GWh/año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	9.302 GWh/año	1.303 GWh/año
	Confort -gas natural-	7.235 GWh/año	2.646 GWh/año
	Salud -electricidad-	4.964 GWh/año	388 GWh/año
	Salud -gas natural-	3.839 GWh/año	786 GWh/año

Consumo de energía final total -GWh/año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	8.337 GWh/año	4.243 GWh/año
	Confort -gas natural-	9.656 GWh/año	5.801 GWh/año
	Salud -electricidad-	4.431 GWh/año	2.089 GWh/año
	Salud -gas natural-	5.117 GWh/año	2.551 GWh/año

Emisiones vinculadas al consumo de calefacción -TonCO2/año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	1.575.671 TonCO2/año	220.646 TonCO2/año
	Confort -gas natural-	1.532.103 TonCO2/año	560.426 TonCO2/año
	Salud -electricidad-	840.868 TonCO2/año	66.734 TonCO2/año
	Salud -gas natural-	812.999 TonCO2/año	166.473 TonCO2/año

Análisis individual por indicador

Este segundo grupo de indicadores energéticos se compone de 5 indicadores, analizados en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad, hipótesis de vector energético y escenario edificatorio.

1. Demanda energética de calefacción por vivienda

En el escenario actual, el parque residencial de Bizkaia tiene una demanda anual de calefacción promedio de 7.960 kWh/vivienda. El potencial de ahorro energético de la intervención en rehabilitación se sitúa en torno al 59% según el umbral confort, llegando a los 3.265 kWh/vivienda. En el caso del umbral salud, el potencial de ahorro energético es mayor y alcanza el 77%, pasando de una demanda de calefacción promedio de 4.200 kWh/vivienda a una demanda de 970 kWh/vivienda.

2. Consumo energía final de calefacción

El paso al indicador de consumo final de calefacción pone de relieve la importancia de la elección del vector energético a causa de la diferencia de rendimiento en los sistemas de climatización. En el umbral confort, el consumo según el vector gas natural es un 28% superior en relación al vector electricidad, con un valor anual promedio de 9.900 kWh/vivienda y 7.700 kWh/vivienda respectivamente. El potencial de ahorro en el consumo de calefacción se sitúa en torno al 86% para el vector electricidad y al 63% para el gas natural.

3. Consumo energía primaria de calefacción

El indicador de consumo de energía primaria pone el acento en las pérdidas energéticas que se dan desde el punto de producción hasta el de consumo final. Estas pérdidas son mayores para el vector electricidad, con un factor de conversión de 1,954, en comparación con el gas natural, con un factor de conversión de 1,190. Este hecho se traduce en un consumo de energía primaria un 22% superior para el vector electricidad con 15.000 kWh/vivienda en el escenario actual. La intervención en rehabilitación energética, gracias al alto rendimiento de los sistemas de climatización usados, permite alcanzar un consumo anual promedio de 2.120 kWh/vivienda para el vector electricidad y 4.300 kWh/vivienda para el gas natural.

4. Consumo energía final total

El consumo de energía final total considera también los usos no climáticos de la vivienda. En el escenario actual, el consumo anual para el vector gas natural es un 16% superior con 15.700 kWh/vivienda, siendo el consumo anual en el vector eléctrico de 13.600 kWh/vivienda. En relación al potencial de ahorro de la rehabilitación energética, los valores de reducción se sitúan en torno al 49% para el vector electricidad y al 40% para el gas natural. El menor potencial de ahorro energético en este indicador se debe a que la rehabilitación energética del edificio no incide sobre los usos no climáticos de la vivienda. Por lo tanto, este indicador permite contextualizar el potencial de ahorro de las actuaciones sobre el consumo total de la vivienda.

5. Emisiones vinculadas al consumo de calefacción

En relación al indicador de emisiones de calefacción por vivienda, el valor promedio en el escenario actual es similar entre vectores energéticos con 2.550 kgCO₂ al año para el umbral confort y 1.350 kgCO₂ para el umbral salud. El equilibrio se rompe en el escenario post-intervención, con 360 kgCO₂/vivienda para el vector electricidad y 900 kgCO₂/vivienda para el vector gas natural.

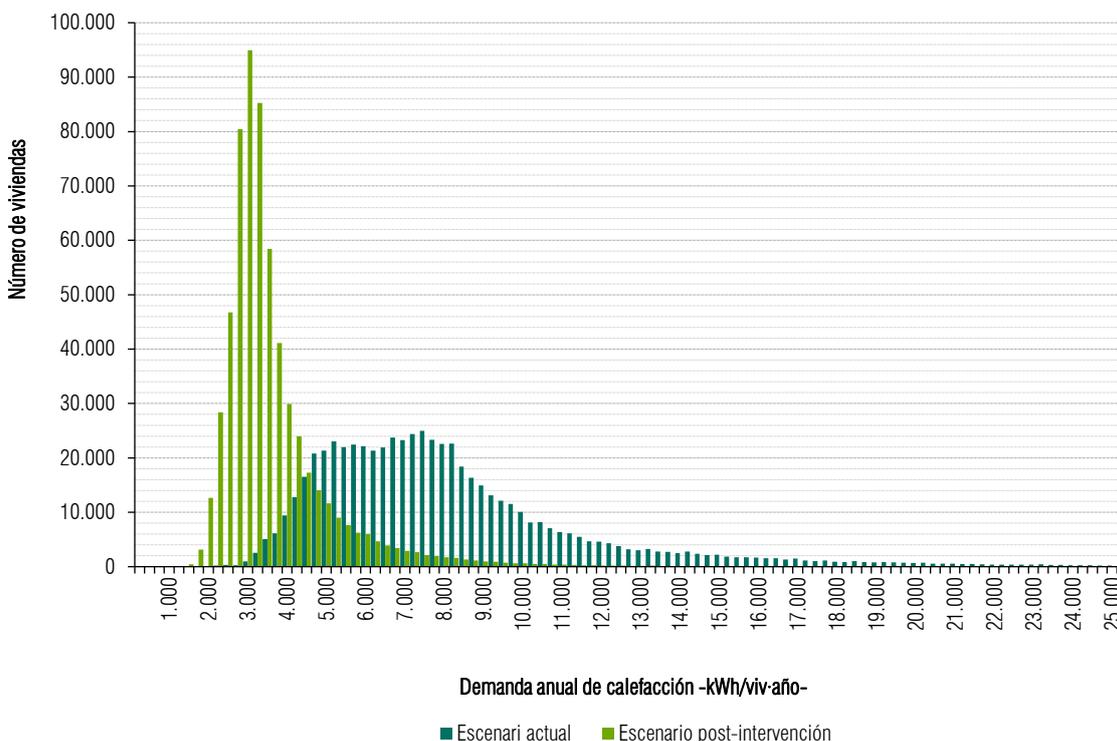
3.1. Demanda energética de calefacción por vivienda

Umbral confort

Tabla TB31-1. Reparto de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv-año-

Escenario edificatorio	Actual	Post-intervención
Menos de 1.500 kWh/viv.	35	3.724
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	4.316	348.429
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	70.736	184.781
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	132.309	45.302
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	141.608	17.075
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	107.963	7.705
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	57.151	3.384
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	31.582	1.648
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	18.762	880
Más de 13.500 kWh/viv.	49.365	899
TOTAL	613.827	613.827

Figura FB31-1. Distribución de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv-año-



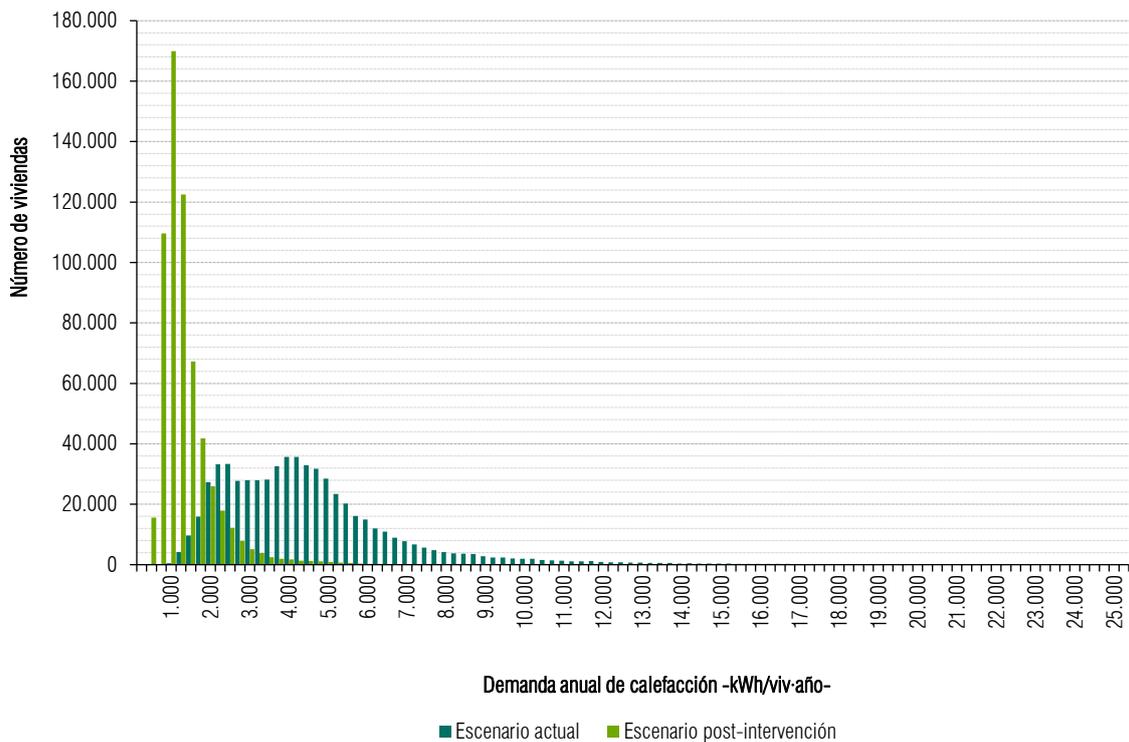
Demanda energética de calefacción por vivienda

Umbral salud

Tabla TB31-2. Reparto de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv·año-

Escenario edificatorio	Actual	Post-intervención
Menos de 1.500 kWh/viv.	30.250	526.648
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	177.413	73.003
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	196.861	9.762
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	115.285	3.144
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	44.824	759
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	20.280	317
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	11.172	118
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	6.474	45
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	3.960	14
Más de 13.500 kWh/viv.	7.308	17
TOTAL	613.827	613.827

Figura FB31-2. Distribución de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv·año-



3.2. Consumo de energía final de calefacción

Umbral confort

Tabla TB32-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	24.363	537.623	33	1.286
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	14.520	68.934	1.105	247.735
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	51.213	5.871	25.169	260.734
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	122.764	1.074	78.692	59.627
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	139.471	234	103.751	23.342
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	106.742	64	113.192	10.722
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	56.259	15	101.250	5.087
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	31.015	6	62.245	2.528
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	18.474	2	36.870	1.275
Más de 13.500 kWh/viv.	49.006	4	91.520	1.491
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB32-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	50.718	608.939	16.088	503.514
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	160.853	4.547	126.899	91.568
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	194.304	302	140.319	12.473
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	114.351	34	155.646	4.424
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	44.607	3	80.999	1.152
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	20.143	2	38.785	418
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	11.133	0	19.752	161
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	6.462	0	11.673	72
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	3.953	0	7.487	19
Más de 13.500 kWh/viv.	7.303	0	16.179	26
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

3.3. Consumo de energía primaria de calefacción

Umbral confort

Tabla TB33-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía primaria de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	465	109.838	33	335
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	25.322	433.113	456	95.923
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	9.819	51.128	9.286	341.167
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	4.467	13.068	37.239	101.576
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	13.370	3.859	79.843	37.124
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	44.102	1.586	86.238	17.225
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	62.976	653	94.121	9.232
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	63.987	293	93.181	4.947
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	71.749	142	60.826	2.663
Más de 13.500 kWh/viv.	317.570	147	152.604	3.635
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB33-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía primaria de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	32.620	584.380	7.219	457.590
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	20.132	24.949	88.192	125.995
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	84.826	3.479	116.102	19.994
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	80.887	716	133.603	6.214
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	100.240	199	115.299	2.549
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	99.240	70	62.311	803
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	67.590	26	33.003	361
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	41.682	3	17.746	168
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	24.865	2	12.255	86
Más de 13.500 kWh/viv.	61.745	3	28.097	67
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

3.4. Consumo de energía final total

Umbral confort

Tabla TB34-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final total -kWh/viv-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	31	34	31	31
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	29.608	558.885	3	3.797
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	11.081	49.008	2.170	302.634
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	62.330	4.748	29.619	213.715
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	124.258	868	85.281	52.870
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	140.596	211	103.288	21.329
Más de 13.500 kWh/viv.	245.923	73	393.435	19.451
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB34-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final total -kWh/viv-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	46.196	607.974	13.171	490.935
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	157.293	5.462	122.729	102.840
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	192.486	348	137.603	13.374
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	120.569	38	158.367	4.707
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	46.694	3	85.146	1.240
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	21.091	2	40.338	436
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	11.377	0	20.323	170
Más de 13.500 kWh/viv.	18.121	0	36.150	125
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

3.5. Emisiones vinculadas al consumo de calefacción

Umbral confort

Tabla TB35-1. Reparto de viviendas según las emisiones vinculadas al consumo de calefacción -kgCO₂/viv·año-

Vector energético	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
Menos de 400 kgCO ₂ /viv.	11.540	470.966	34	2.272
Entre 400 y 800 kgCO ₂ /viv.	24.568	126.173	2.202	304.501
Entre 800 y 1.200 kgCO ₂ /viv.	10.831	13.177	33.338	218.713
Entre 1.200 y 1.600 kgCO ₂ /viv.	68.068	2.517	94.354	51.550
Entre 1.600 y 2.000 kgCO ₂ /viv.	101.290	680	110.075	19.642
Entre 2.000 y 2.400 kgCO ₂ /viv.	113.091	204	120.904	8.954
Entre 2.400 y 2.800 kgCO ₂ /viv.	99.417	71	90.840	4.117
Entre 2.800 y 3.200 kgCO ₂ /viv.	60.436	18	52.945	2.019
Entre 3.200 y 3.600 kgCO ₂ /viv.	35.645	12	31.202	982
Más de 3.600 kgCO ₂ /viv.	88.941	9	77.933	1.077
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

Umbral salud

Tabla TB35-2. Reparto de viviendas según las emisiones vinculadas al consumo de calefacción -kgCO₂/viv·año-

Vector energético	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
Menos de 400 kgCO ₂ /viv.	40.182	604.421	19.612	517.354
Entre 400 y 800 kgCO ₂ /viv.	109.109	8.551	137.735	80.509
Entre 800 y 1.200 kgCO ₂ /viv.	139.114	721	155.844	10.884
Entre 1.200 y 1.600 kgCO ₂ /viv.	154.321	108	150.021	3.634
Entre 1.600 y 2.000 kgCO ₂ /viv.	79.722	21	71.384	887
Entre 2.000 y 2.400 kgCO ₂ /viv.	37.602	3	32.210	356
Entre 2.400 y 2.800 kgCO ₂ /viv.	19.242	2	17.231	126
Entre 2.800 y 3.200 kgCO ₂ /viv.	11.348	0	10.067	44
Entre 3.200 y 3.600 kgCO ₂ /viv.	7.380	0	6.495	16
Más de 3.600 kgCO ₂ /viv.	15.807	0	13.228	17
TOTAL	613.827	613.827	613.827	613.827

4. INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN

Visión global

El tercer y último objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Bizkaia es analizar la intervención de rehabilitación, mediante la definición de 3 indicadores energéticos. Estos indicadores hacen referencia al impacto ambiental de los materiales y los procesos de obra de la intervención, así como a la eficacia del conjunto de actuaciones propuestas; y se analizan en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud-, hipótesis de vector energético -electricidad y gas natural- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, el proceso metodológico pasa por determinar el coste, tanto energético como ambiental, de la intervención a partir de la información proporcionada por el grupo de investigación CAVIAR de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) relativa al impacto de cada una de las mejoras propuestas. Este proceso requiere de la definición de todas las superficies que conforman la envolvente exterior de cada edificio del parque residencial de Bizkaia, a fin de poder caracterizarlas constructivamente tanto en el escenario actual como en el escenario post-intervención.

A continuación, se estudia la relación entre el potencial de ahorro en el consumo de energía primaria de calefacción y la energía que se necesita consumir para llevar a cabo la intervención.

Análisis integrado entre indicadores

El proceso metodológico descrito permite caracterizar el impacto energético de la intervención de rehabilitación sobre el parque residencial de Bizkaia. A partir del estudio realizado, se estima que la energía gris invertida en la intervención es de 41.075 GWh para el vector electricidad y 40.180GWh para el vector gas natural, un 2% inferior debido al menor coste energético de las soluciones propuestas en el cambio de equipos activos.

El coste energético de la intervención lleva asociado un impacto ambiental directo. En este sentido, la contaminación debida a las actuaciones propuestas es de 6.818.238 toneladas de CO₂ para el vector electricidad y de 6.676.339 toneladas de CO₂ para el vector gas natural.

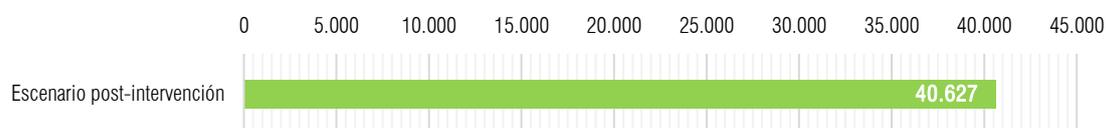
Un estudio completo del impacto de la intervención lleva a considerar que el coste ambiental se genera en el momento concreto de la intervención, aunque parece sensato repartirlo durante la vida útil del edificio. Si consideramos un periodo de vida útil del edificio tras la rehabilitación de 30 años -hasta 2050-, las emisiones generadas por la intervención serían de 224.910 toneladas de CO₂ al año. Por lo tanto, el coste ambiental de la intervención tan sólo supone un 15% del total de emisiones anuales de gases de efecto invernadero debidas al consumo de calefacción, siendo el potencial completo de reducción de la contaminación del 60%.

El estudio de la eficacia energética de la intervención permite determinar el potencial de ahorro energético, así como el periodo de amortización de la rehabilitación energética del parque residencial de Bizkaia. En este sentido, se estima el ahorro energético anual en 167 kWh/MWh invertido para el umbral confort y en 101 kWh/MWh invertido para el umbral salud. Por lo tanto, los periodos de amortización son de 6 años y 10 años respectivamente.

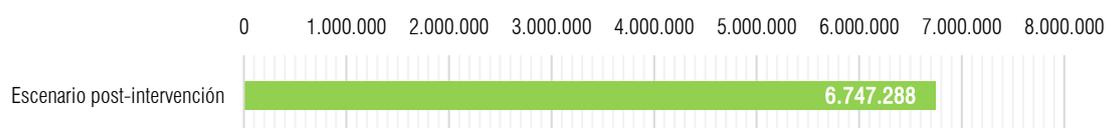
Figura
FB4-1.

INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN: principales resultados del parque residencial de Bizkaia -umbral confort, promedio vector energético-

Energía gris invertida en la intervención -GWh-



Emisiones generadas por la intervención -TonCO2-



Eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

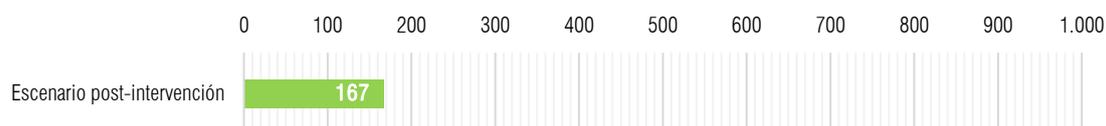


Tabla
TB4-1.

INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN: principales resultados del parque residencial de Bizkaia

Energía gris invertida en la intervención -GWh-

Escenario edificatorio		Post-intervención
Vector energético	Electricidad	41.076 GWh
	Gas natural	40.179 GWh

Emisiones generadas por la intervención -TonCO2-

Escenario edificatorio		Post-intervención
Vector energético	Electricidad	6.818.238 TonCO2
	Gas natural	6.676.339 TonCO2

Eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

Escenario edificatorio		Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	210 kWh/MWh-año
	Confort -gas natural-	124 kWh/MWh-año
	Salud -electricidad-	120 kWh/MWh-año
	Salud -gas natural-	82 kWh/MWh-año

Análisis individual por indicador

Este tercer grupo de indicadores energéticos se compone de 3 indicadores, analizados en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad, hipótesis de vector energético y escenario edificatorio.

1. Energía gris invertida en la intervención –coste energético por superficie de vivienda-

El indicador de energía invertida en la intervención nos proporciona el primer acercamiento al impacto de la rehabilitación energética. Los resultados muestran un equilibrio en el coste según vector energético, con un valor de 780 kWh/m² para el vector electricidad y de 760 kWh/m² para el gas natural, un 2% inferior. Esta diferencia tan ajustada entre vectores se debe al hecho de que la mayor parte de la energía invertida se destina a las actuaciones pasivas relacionadas con la envolvente del edificio y comunes a ambos vectores energéticos.

El análisis del indicador por tipo de propiedad residencial revela nueva información, siendo la inversión energética por superficie de vivienda un 232% superior en inmuebles unifamiliares que en inmuebles plurifamiliares, con 1.750 kWh/m² y 760 kWh/m² respectivamente.

2. Emisiones generadas por la intervención –coste ambiental por superficie de vivienda-

El coste ambiental de la intervención confirma los resultados presentados por el indicador de energía gris invertida, siendo la relación entre ambos indicadores directa. Los resultados por superficie de vivienda tipo según el vector energético analizado son del mismo orden, con 129 kgCo₂/m² para el vector electricidad y 127 kgCo₂/m² para el gas natural.

El análisis del indicador por tipo de propiedad residencial intensifica la diferencia presentada en el indicador previo, siendo las emisiones generadas por superficie de vivienda un 319% superiores en inmuebles unifamiliares que en inmuebles plurifamiliares, con 400 kgCO₂/m² y con 125 kgCO₂/m² respectivamente.

3. Eficacia en la reducción del consumo de calefacción

En relación al indicador de eficacia en la reducción del consumo de calefacción, el valor promedio según el umbral confort es de 210 kWh/MWh·año para el vector electricidad. En relación al gas natural, la eficacia en la reducción es de 124 kWh/MWh·año, un 41% inferior, debido al menor rendimiento de los sistemas de climatización que emplean gas natural, y por lo tanto menor potencial de ahorro en el consumo de energía primaria de calefacción. Destaca el hecho que la mayoría de las viviendas, el 94% para el vector electricidad y el 67% para el vector gas natural, tienen una eficacia superior a 100 kWh/MWh·año, esto es un periodo de "amortización energética" inferior a 10 años.

El análisis del indicador para el umbral salud estima unos valores de eficacia un 38% inferiores en relación al umbral confort, debido al menor consumo de calefacción en el escenario actual. En este sentido, los valores de eficacia para el vector electricidad y gas natural son de 120 kWh/MWh·año y 82 kWh/MWh·año respectivamente.

4.1. Energía gris invertida en la intervención

Inmueble unifamiliar

Tabla TB41-1. Reparto de viviendas según la energía gris invertida en la intervención -kWh/m²-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 250 kWh/m ²	0	33
Entre 250 y 500 kWh/m ²	186	395
Entre 500 y 750 kWh/m ²	343	294
Entre 750 y 1.000 kWh/m ²	297	336
Entre 1.000 y 1.250 kWh/m ²	438	550
Entre 1.250 y 1.500 kWh/m ²	502	502
Entre 1.500 y 1.750 kWh/m ²	506	441
Entre 1.750 y 2.000 kWh/m ²	405	379
Entre 2.000 y 2.250 kWh/m ²	391	470
Más de 2.250 kWh/m ²	3.385	3.053
TOTAL	6.453	6.453

Inmueble plurifamiliar

Tabla TB41-2. Reparto de viviendas según la energía gris invertida en la intervención -kWh/m²-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 250 kWh/m ²	813	1.455
Entre 250 y 500 kWh/m ²	58.927	62.330
Entre 500 y 750 kWh/m ²	247.338	251.838
Entre 750 y 1.000 kWh/m ²	136.414	134.230
Entre 1.000 y 1.250 kWh/m ²	55.293	53.261
Entre 1.250 y 1.500 kWh/m ²	27.150	26.907
Entre 1.500 y 1.750 kWh/m ²	20.378	19.334
Entre 1.750 y 2.000 kWh/m ²	10.990	9.695
Entre 2.000 y 2.250 kWh/m ²	6.012	5.257
Más de 2.250 kWh/m ²	4.645	3.653
TOTAL	567.960	567.960

4.2. Emisiones generadas por la intervención

Inmueble unifamiliar

Tabla TB42-1. Reparto de viviendas según las emisiones generadas por la intervención -kgCO₂/m²-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 50 kgCO ₂ /m ²	303	474
Entre 50 y 100 kgCO ₂ /m ²	447	453
Entre 100 y 150 kgCO ₂ /m ²	738	780
Entre 150 y 200 kgCO ₂ /m ²	574	533
Entre 200 y 250 kgCO ₂ /m ²	404	363
Entre 250 y 300 kgCO ₂ /m ²	267	159
Entre 300 y 350 kgCO ₂ /m ²	63	48
Entre 350 y 400 kgCO ₂ /m ²	35	35
Entre 400 y 450 kgCO ₂ /m ²	36	34
Más de 450 kgCO ₂ /m ²	3.586	3.574
TOTAL	6.453	6.453

Inmueble plurifamiliar

Tabla TB42-1. Reparto de viviendas según las emisiones generadas por la intervención -kgCO₂/m²-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 50 kgCO ₂ /m ²	28.182	31.285
Entre 50 y 100 kgCO ₂ /m ²	302.429	308.294
Entre 100 y 150 kgCO ₂ /m ²	106.078	99.861
Entre 150 y 200 kgCO ₂ /m ²	33.022	32.487
Entre 200 y 250 kgCO ₂ /m ²	23.188	23.102
Entre 250 y 300 kgCO ₂ /m ²	15.730	15.141
Entre 300 y 350 kgCO ₂ /m ²	12.723	13.325
Entre 350 y 400 kgCO ₂ /m ²	15.494	15.787
Entre 400 y 450 kgCO ₂ /m ²	13.057	12.408
Más de 450 kgCO ₂ /m ²	18.057	16.270
TOTAL	567.960	567.960

4.3. Eficacia en la reducción del consumo de calefacción

Umbral confort

Tabla TB43-1. Reparto de viviendas según la eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 25 kWh/MWh-año	32	44
Entre 25 y 50 kWh/MWh-año	7	19.989
Entre 50 y 75 kWh/MWh-año	1.235	142.930
Entre 75 y 100 kWh/MWh-año	17.700	25.136
Entre 100 y 125 kWh/MWh-año	25.129	75.995
Entre 125 y 150 kWh/MWh-año	112.881	225.109
Entre 150 y 175 kWh/MWh-año	37.011	24.472
Entre 175 y 200 kWh/MWh-año	54.270	11.928
Entre 200 y 225 kWh/MWh-año	130.313	6.911
Más de 225 kWh/MWh-año	195.835	41.899
TOTAL	574.413	574.413

Umbral salud

Tabla TB43-2. Reparto de viviendas según la eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 25 kWh/MWh-año	84	5.414
Entre 25 y 50 kWh/MWh-año	19.488	155.724
Entre 50 y 75 kWh/MWh-año	127.883	56.991
Entre 75 y 100 kWh/MWh-año	52.694	250.983
Entre 100 y 125 kWh/MWh-año	85.367	56.087
Entre 125 y 150 kWh/MWh-año	205.854	16.750
Entre 150 y 175 kWh/MWh-año	30.364	13.996
Entre 175 y 200 kWh/MWh-año	10.049	5.216
Entre 200 y 225 kWh/MWh-año	12.073	4.338
Más de 225 kWh/MWh-año	30.557	8.914
TOTAL	574.413	574.413

Nota aclaratoria sobre los resultados obtenidos

El valor principal del estudio es obtener resultados comparables para todos los inmuebles del ámbito de estudio a través de un procedimiento homogeneizado que permite definir cada edificio desde un punto de vista arquitectónico y constructivo, y determinar las necesidades energéticas y económicas para satisfacer las condiciones de habitabilidad tanto en el estado actual como tras la rehabilitación energética.

En el desarrollo del proyecto, se ha detectado una baja robustez en relación con ciertos datos de entrada, como son los costes económicos de intervención o las horas trabajadas por cada operación que determinan el indicador de puestos de trabajo creados; así mismo, se ha manifestado la dificultad en la consideración de parámetros claves en el comportamiento energético como son las ganancias debidas a la radiación solar.

Por este motivo, se considera necesaria una revisión metodológica que incorpore nuevas fuentes de datos de entrada y permita actualizar los resultados obtenidos, de cara a acercarlos a la realidad del sector residencial de Euskadi.

Escola d'Arquitectura del Vallès. Universitat Politècnica de Catalunya

Albert Cuchí Burgos | Coordinador |

Anna Pagès-Ramon

Juan Pablo Arca Jaime

José Manuel Gómez Santiago

Cíclica [space · community · ecology]

Joaquim Arcas-Abella | Coordinador |

Ander Bilbao Figuero

Ariadna Conesa Buscallà

Albert Calabria Ferrer

Paul Charbonneau Cayuela

Adriana Castrillo Alvera

Teresa Monzó Fita

Laia Mojica Gasol

Proyecto elaborado en coordinación con

Grupo de investigación CAVIAR de la UPV/EHU

Rufino Hernández Minguillón | Investigador principal |

Olatz Grijalba Aseguinolaza | Investigadora coordinadora |

Proyecto promovido por

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco