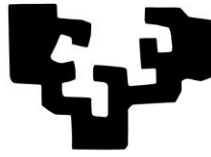


eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

**Ingeniaritza Mekanikoa Saila**  
**Bilboko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa**

## **DOKTOREGO TESIA**

**EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOAN KOKATUTA ETA EKT-A INDARREAN  
SARTU BAINO LEHEN ERAIKITAKO BIZITEGI-ERAIKINETAKO FATXADEN  
BIRGAITZE JASANGARRIRAKO METODOLOGIA**

Egilea:

**Ziortza Egiluz Ellakuria**

Tesiaren zuzendariak:

**Jesús Cuadrado Rojo dok.**

**Eduardo Rojí Chandro dok.**

Bilbon, 2017ko maiatza



## LABURPENA

Azken urteotan Europa, estatu eta Autonomia Erkidegoa mailan eraikinen efizientzia energetikoaren inguruko arauak ezarri dira, eraikinen energia-kontsumoa kontrolatzeko, aurrezte energetikoa eta efizientzia energetikoa hobetzeko eta jatorri berriztagarria duten energia iturrien erabilera bultzatzeko. Arau horiek garatu dira batez ere, energia inportazioekiko mendekotasun hazkorragatik, energia baliabideen eskasiagatik, negutegi efektuko gasak murrizteko beharragatik eta krisi ekonomikoa gainditzeko beharragatik. Halaber, Kyotoko 20-20-20 protokoloan eta beste konpromiso batzuetan energiaren eta emisioen kontsumoa murrizteko ezartzen den helburuarekin betetzeko, eraikuntzako sektorea sektore estrategikoa bihurtu da. Izan ere, sektore hau garraio eta industria sektorearekin alderatuta, aurrezte handiagoa lor daitekeen sektorea da. 2007 urtean Europako Erkidegoak energiaren urteko kontsumo 2020 urtean %20a murrizteko helburua ezarri zuen.

Europako Zuzentarauak eta estatu mailako arauak eraikin berrietan eta existitzen diren eraikinetan ere aplikatu behar dira. Baina arauetan ezartzen diren energiaren eta emisioen aurreztearen exigentziak erakinak birgaituz lortu beharko dira izan ere, eraikinen eraispentasa baxua da eta eraikin berrien hazkuntza ere baxua da.

Halaber, Euskal Autonomia Erkidegoan eraikinen birgaitzea behar beharrezkoa da, bizitegi-eraikin zaharren eta energetikoki pobreak diren bizitegi-eraikinen kopurua oso altua baita. Baina fatxada energetikoki birgaitzeko konponbiderik jasangarriena aukeratzea ez da lan erraza zeren, gaur egun merkatuan eraikuntzako konponbide eta material isolatzaile mota desberdin ugaria existitzen baitira.

Hau dela eta Doktorego Tesi honetan, Euskal Autonomia Erkidegoan dauden eta Eraikuntzaren Kode Teknikoa (EKT) indarrean sartu baino lehen eraikitako bizitegi-eraikinetako fatxaden birgaitze jasangarrirako metodologia bat ezarri da. Metodologia honek lehentasunezkoak bezala birgaitze prozesuan ezartzen diren irizpideak kontuan hartuta, fatxaden birgaitze energetikoko konponbide desberdinen lehenespena egitea baimentzen du. Irizpide horiek eraikuntzako konponbideen aspektu ekonomiko eta funtzionalez gain, birgaitzearen ingurumen aspektu eta birgaitzeak ikuspuntu sozialetik, maizterretan eta eraikinaren ingurunean sortzen duen inpaktuan ere oinarritzen dira, hots, irizpideak eraikuntzako konponbideen eta eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar erabilitako materialen jasangarritasunean oinarrituta daude.

Proposatutako metodologia ikerketa kasu batean egindako metodologiaren aplikazio praktiko batekin balioztatu da. Aplikazioa praktikoan lortutako emaitzekin metodologiaren sentsibilitate analisi bat egin da. Sentsibilitate analisi horren bitartez, proposatu den metodologiaren baliostasuna, egonkortasuna eta sendotasuna egiaztatu da.



## ESKER ONAK

Lehenik eta behin, nire tesi zuzendariei, Jesus Cuadrado eta Eduardo Roji, nire eskerrik zintzoena adieraztea gustatuko litzaidake, Doktorego Tesi hau burutzeko eskaini didaten denboragatik, pazientziagatik eta laguntzagatik.

Era berean, bai Bilboko eta Eibarko IITU Eskolako bai Bilboko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoko mekanikako saileko kideek eskaini didaten laguntza eta euskarria eskertzea gustatuko litzaidake.

Bigarrenik, Eusko Jaurlaritzaren IT 781-13 ikerketa-taldeak Doktorego Tesi hau garatu den denboran zehar eskainitako kolaborazioa eskertu nahiko nuke. Era berean, "MIVES" ikerketa-taldean parte hartu duten kideei eskainitako kolaborazioa eskertzea gustatuko litzaidake, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Tecnalía, Universidade da Coruña (UdC) eta Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) ikerlariak sortutako ikerketa-proiektua izanik hau.

Hirugarrenik, adituen lan taldea osatu duten partaideei eskainitako laguntza eta gomendioak eskertzea gustatuko litzaidake.

Gainera, Sestao Berrikoek Doktorego Tesi honen kasu praktikoa burutzeko eraikinen adibideen bilaketan eskaini didaten laguntza eskertu nahi diet.

Azkenik, Doktorego Tesi hau iraun duen denboran zehar nire ondoan egon diren pertsonei nire eskerrik zintzoena adieraztea gustatuko litzaidake, eskaini didaten laguntza eta euskarriagatik.



## AURKIBIDEA

1. Kapituluua: SARRERA.....	1
1.1.    Aurrekariak .....	2
1.2.    Helburuak.....	4
1.3.    Doktorego Tesiaren garrantzia eta erabilgarritasuna.....	6
1.4.    Doktorego tesiaren egitura.....	6
2. Kapituluua: ESTADO DEL ARTE .....	11
2.1.    Evolución histórica de las fachadas .....	12
2.2.    Evolución de las normativas en relación a la eficiencia energética.....	17
2.3.    Sistemas de certificación de los edificios.....	24
2.3.1.    Sistemas de certificación energética de los edificios .....	25
2.3.2.    Sistemas de evaluación de la sostenibilidad de los edificios .....	27
2.4.    Rehabilitación energética de los edificios .....	36
2.4.1.    Sostenibilidad .....	41
2.5.    Herramientas de evaluación multicriterio .....	42
2.5.1.    Selección de la metodología a utilizar .....	44
2.5.1.1. MIVES .....	44
2.5.1.2. Ventajas y limitaciones de la herramienta MIVES .....	45
2.5.1.3. Ejemplos de aplicación de la herramienta MIVES.....	46
2.6.    Antecedentes relacionados con la temática de la Tesis Doctoral planteada .....	47
3. Kapituluua: EKT-A INDARREAN SARTU BAINO LEHEN ERAIKITAKO ETA EAE KOKATUTA DAUDEN ERAIKINEN IKERKETA.....	53
3.1.    Sarrera.....	54
3.2.    Gaur egungo etxebizitza parkea .....	54
3.3.    Eraikuntza tipologia .....	68
3.3.1.    Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existenteak. 1,5 oindun adreilu huts bikoitza.....	69
3.3.2.    Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existenteak. 1,5 oindun adreilu zulatua. ....	70
3.3.3.    Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existenteak. Hormigoi-blokea.....	71
3.3.4.    Kanpoko estaldura bistakoa, aire-ganbera estankoa eta barneko estaldura duten bi orritako fatxada existenteak.....	72
3.3.5.    Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duten bi orritako fatxada existenteak. ....	73

3.3.6.	Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxada existentek.	74
3.3.7.	Bistako estaldura eta aireztatutako aire-ganbera duen bi orritako fatxada existentek.	75
3.4.	Zona klimatikoa	76
4.	Kapitulua: FATXADEN BIRGAITZE ENERGETIKORAKO METODOAK	83
4.1.	Sarrera	84
4.2.	Kanpotik egindako isolamendu termikoen sistemak	84
4.2.1.	Kanpoko isolamendu termikoen sistemak (SATE)	86
4.2.2.	Fatxada aireztatua	88
4.3.	Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	90
4.4.	Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	92
4.5.	Isolatzaile termikoak	95
4.5.1.	Zuntz minerala (MW)	99
4.5.2.	Poliestireno hedatua (EPS)	101
4.5.3.	Poliestireno estrumentua (XPS)	103
4.5.4.	Poliuretano proiektatuta (PUR)	104
4.5.5.	Kortxoak (ICB)	105
4.5.6.	Egurrezko zuntza (WF)	107
4.5.7.	Beste material batzuk	108
4.6.	Eraikuntzako konponbide nobedosoak	111
4.6.1.	Landare-fatxadak	111
4.6.2.	Aldamiorik gabe eta metalezko lamina bidezko fatxada aireztatua	112
4.6.3.	Hutseko isolamendu panela (VIP, Vacuum Insulation Panel)	113
4.6.4.	Fase-aldaketa duten materialak (PCM, Phase Change Materials)	114
4.6.5.	Nanozelula-aparrak	115
5.	Kapitulua: METODOLOGIAREN EZARPENA	117
5.1.	Sarrera	118
5.2.	Erabiliko den metodologiaren deskribapena	118
5.2.1.	MIVES metodologia	118
5.2.2.	MIVES metodologiaren faseak	119
5.3.	Erabaki-hartze zuhaitzaren definizioa	127
5.4.	Errekerimenduen eta haien irizpideen definizioa	129
5.4.1.	Errekerimendu ekonomikoa	129
5.4.2.	Ingurumen errekerimendua	130



5.4.3.	Errekerimendu funtzionala .....	131
5.4.4.	Errekerimendu soziala.....	131
5.5.	Adierazleen definizioa.....	132
5.5.1.	Errekerimendu ekonomikoaren adierazleak.....	132
5.5.1.1.	Materialaren kostua .....	132
5.5.1.2.	Instalazioaren kostua .....	133
5.5.1.3.	Mantenuko urteroko kostua .....	134
5.5.1.4.	Errentagarritasuna .....	138
5.5.2.	Ingurumen errekerimenduaren adierazleak .....	142
5.5.2.1.	Birziklagarritasuna.....	142
5.5.2.2.	Sortutako hondakinak .....	147
5.5.2.3.	Ingurumen-inpaktua.....	148
5.5.2.4.	CO <sub>2</sub> -aren aurreztea.....	153
5.5.3.	Errekerimendu funtzionalaren adierazleak.....	154
5.5.3.1.	Egikaritzearen konplexutasuna .....	154
5.5.3.2.	Suaren aurkako erreakzioa.....	156
5.5.3.3.	Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea .....	163
5.5.3.4.	Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera.....	164
5.5.4.	Errekerimendu sozialeko adierazleak .....	166
5.5.4.1.	Etxebizitza uzteko beharra .....	166
5.5.4.2.	Instalazioaren ondoren espazio galera .....	168
5.5.4.3.	Aldamioen beharra.....	170
5.5.4.4.	Jabeen arteko adostasunaren beharra .....	171
5.5.4.5.	Barruko konfort termikoa .....	173
5.5.4.6.	Barruko airearen kalitatea .....	179
5.5.4.7.	Barruko konfort akustikoa.....	183
5.5.4.8.	Ondare arkitektonikoa .....	184
5.5.4.9.	Ingurunera egokitzeko gradua .....	186
5.5.4.10.	Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa.....	188
5.6.	Alternatiben balorazioa .....	189
5.6.1.	Erabaki-zuhaitzaren haztapena .....	189
6.	Kapitulua: METODOLOGIAREN APLIKAZIO PRAKTIKOA .....	193
6.1.	Sarrera.....	194
6.2.	Eraikinaren deskribapena .....	194
6.2.1.	Zona klimatikoa .....	197
6.2.2.	Termografia .....	198

6.2.3.	Azterketa tekniko	199
6.2.4.	Ziurtagiri energetikoa	200
6.2.5.	Estetika auzo mailan	200
6.2.6.	Eskala soziala	201
6.3.	Alternatiben definizioa	202
6.4.	Kasu praktikoan lortutako emaitzak	206
6.4.1.	1etik 10erako alternatiben emaitzak	211
6.4.2.	11, 12 eta 13 alternatiben emaitzak	221
6.4.3.	14 eta 15 alternatiben emaitzak	224
6.5.	Emaitzen sentsibilitate analisia	227
6.5.1.	Irizpide mailan egindako sentsibilitate analisia	227
6.5.2.	Errekerimendu mailan egindako sentsibilitate analisia	235
7.	Kapitulua: ONDORIOAK ETA ETORKIZUNERAKO IKERKETA LERROAK	241
7.1.	Ondorioak	242
7.1.1.	Arrazoiari buruzko ondorioak	242
7.1.2.	Metodologiari buruzko ondorioak	244
7.1.3.	Metodologiaren aplikazioari buruzko ondorioak	245
7.1.4.	Aplikazio praktikoaren emaitzei buruzko ondorioak	245
7.2.	Etorkizunerako ikerketa lerroak	246
8.	Kapitulua: BIBLIOGRAFIA	249
	Bibliografia	250
	ERANSKINAK	259
	Eranskinak	260

# TAULEN AURKIBIDEA

## 2. Kapitulu

Tabla 2. 1: Propiedades térmicas y físicas de la piedra. (UNE-EN ISO 10456) .....	13
Tabla 2. 2: Propiedades térmicas y físicas del ladrillo. (UNE-EN ISO 10456) .....	14
Tabla 2. 3: Propiedades térmicas y físicas del hormigón. (UNE-EN ISO 10456).....	14
Tabla 2. 4: Propiedades térmicas y físicas del vidrio. (UNE-EN ISO 10456) .....	14
Tabla 2. 5: Propiedades térmicas y físicas del plástico. (UNE-EN ISO 10456).....	15
Tabla 2. 6: Consumo energético de las viviendas de Euskadi según su antigüedad.....	16
Tabla 2. 7: Calificación energética de los edificios existentes en Euskadi, según emisiones y consumo de energía en 2016.....	27
Tabla 2. 8: Principales sistemas de evaluación sostenible de edificios a nivel mundial (26).....	29
Tabla 2. 9: Principales sistemas de evaluación sostenible de edificios a nivel europeo (26) .....	30
Tabla 2. 10: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEAM según aspectos sociales (26).....	31
Tabla 2. 11: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEAM según aspectos económicos (26) .....	32
Tabla 2. 12: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEAM según aspectos medioambientales (26) .....	33
Tabla 2. 13: Ahorro de energía final, primaria y emisiones evitadas en el sector residencial a 2010 en base 2004 y 2007. (IDAE) .....	38
Tabla 2. 14: Estimación de los ahorros según las medidas propuestas en PAEE 2011-2020. (IDAE).....	39
Tabla 2. 15: Métodos para el análisis multicriterio.....	42
Tabla 2. 16: Resumen de las herramientas y metodologías para seleccionar o evaluar las intervenciones de rehabilitación en edificios .....	50

## 3. Kapitulu

3.1. Taula: NBE-CT-79 eta EKT-OD-HE1-ren arteko desberdintasunak baldintza termikoak kontuan hartuta .....	56
3.2. Taula: EKT-OD-HE 2006 eta EKT-OD-HE 2013-ren arteko desberdintasunak baldintza termikoak kontuan hartuta .....	57
3.3. Taula: EKT-OD-HE 2006 eta EKT-OD-HE 2013-ren arteko desberdintasunak zona klimatikoak kontuan hartuta .....	58
3.4. Taula: Lodiera optimoak EKT 2006 eta EKT 2013-ko exigentzia termikoak betetzeko .....	58
3.5. Taula: Fatxada-hormen transmitantzia minimoa EAE-ko probintzia hiriburuetan 2013 urteko OD-HE1-aren arabera .....	78
3.6. Taula: Fatxada-hormen transmitantzia balio orientagarriak EAE-ko probintzia hiriburuetan 2013 urteko OD-HE1-aren arabera .....	78

## 4. Kapitulu

4.1. Taula: Hormetarako eta sabaietarako Euroklasea UNE-EN13501-1 araua eta isolatzaile moten arabera.....	98
4.2. Taula: Hormetarako eta sabaietarako Euroklaseko osagarriak UNE-EN13501-1 auraren arabera .....	98
4.3. Taula: Isolatzaileen UNE arauak eta sailkapena beraien jatorria kontua izanda .....	98
4.4. Taula: Harri-zuntzaren eta beira-zuntzaren ezaugarri nagusienak (108).....	100
4.5. Taula: Zuntz mineralaren aplikazioak eta formatuak.....	100
4.6. Taula: EPS-aren ezaugarri nagusienak (108) .....	102

4.7. Taula: EPS-aren aplikazioak eta formatuak.....	102
4.8. Taula: XPS-aren ezaugarri nagusienak (108).....	104
4.9. Taula: EPS-aren aplikazioak eta formatuak.....	104
4.10. Taula: Poliuretanoaren apar zurrunaren ezaugarri nagusienak (108).....	105
4.11. Taula: PUR-aren aplikazioak eta formatuak.....	105
4.12. Taula: Kortxoaren (ICB) ezaugarriak (108).....	106
4.13. Taula: Kortxoaren aplikazioak eta formatuak.....	107
4.14. Taula: Egurrezko zuntzaren (WF) ezaugarriak (108).....	108
4.15. Taula: Egurrezko zuntzaren aplikazioak eta formatuak.....	108
4.16. Taula: Beste material isolatzaile batzuk.....	111

## 5. Kapitulu

5.1. Taula: Pare erkaketa bidez erabakitze-matrizearen kalkulatzeko.....	124
5.2. Taula: Trinkotasun indizea aleatorioa (R.I.).....	125
5.3. Taula: Erabaki-hartze zuhaitza.....	128
5.4. Taula: Bandalismoa sufritzeko posibilitatea.....	136
5.5. Taula: Bandalismoaren aurkako mantenu estetiko.....	137
5.6. Taula: Isolatzaile birziklagarria.....	143
5.7. Taula: Birziklatutako edukia duen isolatzailea.....	144
5.8. Taula: Isolatzailea ez den material birziklagarria.....	145
5.9. Taula: Birziklatutako edukia duen isolatzailea ez den material.....	146
5.10. Taula: Egikaritzearen konplexutasuna.....	155
5.11. Taula: Isolatzaileak bete beharreko exijentziak, erabilitako birgaitze sistema eta OD-SS arauaren arabera.....	157
5.12. Taula: Material isolatzaileen Euroklasea.....	158
5.13. Taula: Suaren aurkako erreakzioa erabilitako materialaren arabera.....	159
5.14. Taula: Suaren aurkako erreakzioa estaldurarako erabilitako materialaren arabera.....	160
5.15. Taula: Suaren aurkako erreakzioa isolatzailea aire-ganberaren barruan dagoenean.....	161
5.16. Taula: Suaren aurkako erreakzioa SATE eta barnetik egindako isolamendu sistemetan.....	161
5.17. Taula: Suaren aurkako erreakzioa fatxada aireztatu kasuan.....	162
5.18. Taula: Suaren aurkako erreakzioa.....	162
5.19. Taula: Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea.....	164
5.20. Taula: Etxebizitza uzteko beharra.....	168
5.21. Taula: Espazio galera etxebizitzaren barruan.....	169
5.22. Taula: Aldamioen beharra.....	171
5.23. Taula: Jabeen arteko adostasunaren beharra.....	172
5.24. Taula: Fatxadaren transmitantzia termikoa EKT-aren eta Euskadin existitzen diren zona klimatikoen arabera.....	175
5.25. Taula: Euskadin kokatutako eraikinen transmitantzia termikoa isolatzailearen lodieraren arabera.....	175
5.26. Taula: Transmitantzia termikoa eta berogailuan lortutako aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera.....	176
5.27. Taula: Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera.....	178
5.28. Taula: Iturri kutsagarria isolatzailearen posizioaren arabera.....	182
5.29. Taula: Jatorrizko inguratzailearen kontserbazioa.....	185
5.30. Taula: Ingurunera egokitzeko gradua.....	187
5.31. Taula: Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetiko.....	189
5.32. Taula: Erabaki-zuhaitzaren haztapena.....	191

## 6. Kapitularia

6.1. Taula: Birgaituko den fatxadaren transmitantzia termikoaren balioak, EKT-aren arabera .....	197
6.2. Taula: Isolatzailearen lodiera, eraikinaren zona klimatikorako EKT-an ezartzen diren transmitantzia termiko balioen arabera. (Cener) .....	204
6.3. Taula: Aukeratutako alternatibak .....	206
6.4. Taula: Funtzio lineala duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak.....	207
6.5. Taula: Funtzio parabolikoa duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak.....	208
6.6. Taula: Funtzio tabulatua duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak.....	209
6.7. Taula: Eskaloi funtzioa duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak ....	210
6.8. Taula: 1etik 10erako alternatibaren adierazleen emaitzak.....	211
6.9. Taula: 1etik 10erako alternatibaren errekerimenduen eta jasangarritasun indizearen emaitzak .....	212
6.10. Taula: 1etik 4rako alternatibetan lortutako errekerimenduen emaitzen irudikapen grafikoa.....	213
6.11. Taula: 1, 5 eta 8 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita.....	216
6.12. Taula: 2, 6 eta 9 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita.....	218
6.13. Taula: 3, 7 eta 10 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita.....	220
6.14. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako adierazleen emaitzak.....	222
6.15. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako errekerimenduen eta jasangarritasun indizearen emaitzak .....	222
6.16. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita.....	223
6.17. Taula: 14 eta 15 alternatibetan lortutako adierazleen emaitzak.....	225
6.18. Taula: 14 eta 15 alternatibetan lortutako errekerimenduen eta jasangarritasun indizearen emaitzak .....	225
6.19: 14 eta 15 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita .....	226
6.20. Taula: Irizpideen pisuetan aldaketa positiboak sortu dituen 12 eszenatokien definizioa .....	229
6.21. Taula: Irizpideen pisuetan aldaketa negatiboak sortu dituen 12 eszenatokien definizioa .....	230
6.22. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak irizpideen pisuetan aldaketa positiboak egin ondoren .....	231
6.23. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak irizpideen pisuetan aldaketa negatiboak egin ondoren .....	232
6.24. Taula: Errekerimenduen pisuak aldatzean sortzen diren 8 eszenatoki berriak.....	236
6.25. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak errekerimenduen pisuetan aldaketak egin ondoren .....	237

## GRAFIKOEN AURKIBIDEA

### 2. Kapitulu

Gráfico 2. 1: Tendencia del consumo de energía total (ktep) según sector en España. (MINETUR/ IDAE).....	18
Gráfico 2. 2: Tendencia del consumo de energía total, energía eléctrica y energías renovables (ktep) del sector residencial en España. (MINETUR/ IDAE).....	18
Gráfico 2. 3: Consumo energético anual del hogar en España. (MINETUR/ IDAE/ INE, 2014) ...	19
Gráfico 2. 4: Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero en España según sector. (MINETUR).....	19
Gráfico 2. 5: Distribución de certificaciones energéticas de los edificios existentes en Euskadi, según emisiones y consumo de energía en 2016. ....	27
Gráfico 2. 6: Edificios según año de construcción en España. (INE) .....	36
Gráfico 2. 7: Licencias municipales para edificios según tipo de obra. (Ministerio de fomento de España) .....	37

### 3. Kapitulu

3.1. Grafikoa: EAE dauden etxebizitzaren banaketa, eraikin ziren urtea kontuan hartuta.....	59
3.2. Grafikoa: Etxebizitzetarako erabiltzen diren eraikien banaketa EAE probintzien arabera .....	60
3.3. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetarako erabiltzen diren eraikien banaketa eraikin ziren urtearen arabera .....	61
3.4. Grafikoa: Obra handien lizentzia EAE-an urte bakoitzeko .....	62
3.5. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen banaketa hauen egoera kontuan hartuta .....	63
3.6. Grafikoa: Bilbon eta EAE-an etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen banaketa hauen konfort-indizea kontuan hartuta.....	64
3.7. Grafikoa: Euskadiko etxebizitzetan dauden hozte-sistemak .....	64
3.8. Grafikoa: Euskadin erabiltzen den berogailu-sistema mota erregaiaren arabera .....	65
3.9. Grafikoa: Euskadin erabiltzen den berogailu mota.....	65
3.10. Grafikoa: Bilboko eta EAE-ko etxebizitzaren edukitze-erregimena.....	66
3.11. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetara zuzendutako eraikinen banaketa sestraren gaineko solairu kopuruaren arabera .....	67
3.12. Grafikoa: Etxebizitzaren azalera erabilgarria m <sup>2</sup> tan lurralde eremuaren arabera .....	67
3.13. Grafikoa: Euskal AEn salgai dauden etxebizitzaren m <sup>2</sup> erabilgarriaren batez besteko prezioa, 2016 urteko hirugarren hiruhilekoan eta lurralde historikoari jarraiki (eurotan).....	68
3.14. Grafikoa: Temperatura (°C) eta hezetasun erlatiboaren (%) banaketa Bilbon.....	81
3.15. Grafikoa: Batezbesteko prezipitazioaren banaketa Bilbon .....	81

### 4. Kapitulu

4.1. Grafikoa: Eraikuntzako zenbait materialen eroankortasun termikoa.....	95
4.2. Grafikoa: Zenbait isolatzaileen eroankortasun termikoa.....	96
4.3. Grafikoa: $\lambda$ -ren balioak dentsitatearen funtziopean (isolatzaile apar organikoak) .....	96
4.4. Grafikoa: Zenbait isolatzaile termikoen lurrun hedapenarekiko erresistentzia .....	97

## 5. Kapituluia

5.1. Grafikoa: Materialaren kostua .....	133
5.2. Grafikoa: Instalazioaren kostuak.....	134
5.3. Grafikoa: Mantenuko urteroko kostua .....	135
5.4. Grafikoa: Bandalismoa sufritzeko posibilitatea .....	136
5.5. Grafikoa: Bandalismoaren aurkako mantenu estetikoak .....	137
5.6. Grafikoa: Inbertsioaren kostua .....	139
5.7. Grafikoa: Iortutako aurrezte energetikoa .....	140
5.8. Grafikoa: Payback.....	141
5.9. Grafikoa: Isolatzaile birziklagarria .....	143
5.10. Grafikoa: Birziklatutako edukia duen isolatzailea .....	144
5.11. Grafikoa: Isolatzailea ez den material birziklagarria .....	145
5.12. Grafikoa: Birziklatutako edukia duen isolatzailea ez den materiala .....	146
5.13. Grafikoa: sortutako hondakinak.....	148
5.14. Grafikoa: Gehitutako energia.....	151
5.15. Grafikoa: Material isolatzailearen CO <sub>2</sub> emisioak.....	152
5.16. Grafikoa: CO <sub>2</sub> -aren aurrezte.....	154
5.17. Grafikoa: Egikaritzearen konplexutasuna .....	156
5.18. Grafikoa: Suaren aurkako erreakzioa erabilitako isolatzailearen arabera .....	159
5.19. Grafikoa: Suaren aurkako erreakzioa estaldurarako erabilitako materialaren arabera ..	160
5.20. Grafikoa: Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea.....	164
5.21. Grafikoa: Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera.....	166
5.22. Grafikoa: Etxebizitza uzteko beharra .....	168
5.23. Grafikoa: Instalazioaren ondoren espazio galera.....	170
5.24. Grafikoa: Aldamioen beharra.....	171
5.25. Grafikoa: Jabeen arteko adostasunaren beharra.....	173
5.26. Grafikoa: Transmittantzia termikoaren balio-funtzioa.....	177
5.27. Grafikoa: Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera .....	178
5.28. Grafikoa: Barruko aire kalitatea .....	181
5.29. Grafikoa: Iturri kutsakorren eragina isolatzailearen posizioaren arabera .....	182
5.30. Grafikoa: Barruko konfort akustikoa.....	184
5.31. Grafikoa: Ondare arkitektonikoa.....	186
5.32. Grafikoa: Ingurunera egokitzeko gradua.....	188
5.33. Grafikoa: Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoak .....	189

## 6. Kapituluia

6.1. Grafikoa: Adin multzoa (%). Eustat 2015 .....	201
6.2. Grafikoa: Funtzio lineala duten adierazleen kalkuluaren adibide bat .....	207
6.3. Grafikoa: Funtzio parabolikoa duten adierazleen kalkuluaren adibide bat .....	208
6.4. Grafikoa: Funtzio tabulatua duten adierazleen kalkuluaren adibide bat .....	209
6.5. Grafikoa: Eskaloi funtzioa duten adierazleen kalkuluaren adibide bat.....	210
6.6. Grafikoa: 1. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren.....	233
6.7. Grafikoa: 2. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren.....	233
6.8. Grafikoa: 3. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren.....	234
6.9. Grafikoa: 4. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren.....	234

6.10. Grafikoa: 1. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren .....	238
6.11. Grafikoa: 2. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren .....	238
6.12. Grafikoa: 3. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren .....	239
6.13. Grafikoa: 4. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren .....	239



# IRUDIEN AURKIBIDEA

## 2. Kapituluua

Figura 2. 1: Diferentes tipos de fachadas.....	12
Figura 2. 2: Fachada de piedra .....	13
Figura 2. 3: Fachada de adobe .....	13
Figura 2. 4: Envoltente térmica de un edificio. (CTE) .....	15
Figura 2. 5: Esquema de pérdidas térmicas a través de la envoltente. (EVE) .....	17
Figura 2. 6: Certificación energética de los edificios. (Fenercom) .....	25
Figura 2. 7: Calificación de la eficiencia energética de un bloque de viviendas existente y ubicado en zona climática C1, según el consumo de energía primaria y emisiones .....	25
Figura 2. 8: Etiqueta energética .....	26
Figura 2. 9: Sistemas de evaluación de la sostenibilidad a nivel mundial. (IHOBE) .....	28
Figura 2. 10: Sistemas de evaluación de la sostenibilidad a nivel Europeo. (IHOBE).....	29
Figura 2. 11: Sistema de certificación VERDE. (GBC España) .....	34
Figura 2. 12: “Hoja de impactos” .(28).....	34
Figura 2. 13: Clasificación según las Guías de edificación sostenible en el País Vasco (26) .....	35
Figura 2. 14: Distribución porcentual de las viviendas según tipo. Año 2013. (Ministerio de fomento de España) .....	37
Figura 2. 15: Estimación de la creación de empleo durante el periodo 2010-2040 debido a la rehabilitación (32) .....	39
Figura 2. 16: Generación de empleo mediante las actuaciones de Plan Renove de la Rehabilitación de la vivienda 2013-2016 (33) .....	40
Figura 2. 17: Los tres pilares básicos de la sostenibilidad.....	41

## 3. Kapituluua

3.1. Irudia: Euskadiko mapa .....	54
3.2. Irudia: Europako etxebizitzaren antzinatea. (95, 96) .....	60
3.3. Irudia: Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (1,5 oindun adreilu huts bikoitza). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa.....	70
3.4. Irudia: Otxarkoaga auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina .....	70
3.5. Irudia: Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (1,5 oindun adreilu zulatua). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa .....	71
3.6. Irudia: Solokoetxe auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina .....	71
3.7. Irudia: Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (Hormigoi-blokea). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa .....	72
3.8. Irudia: Rekalde (Bilbo) auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina.....	72
3.9. Irudia: Kanpoko estaldura bistakoa, aire-ganbera estankoa eta barneko estaldura duten bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa.....	73
3.10. Irudia: J. Gayarren kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina .....	73
3.11. Irudia: Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duten bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa.....	74
3.12. Irudia: Otxarkoaga auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina ....	74
3.13. Irudia: Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa.....	75
3.14. Irudia: Belostikale kalean kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina .....	75

3.15. Irudia: Bistako estaldura eta aireztatutako aire-ganbera duen bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa.....	76
3.16. Irudia: Bilbon kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina .....	76
3.17. Irudia: Penintsula Iberiarreko zona klimatikoak .....	77
3.18. Irudia: Zona klimatikoaren banaketa.....	77
3.19. Irudia: Urteko eguzki erradiazio globalaren eguneko batezbeste balioak.....	78
3.20: Zona klimatikoaren banaketa mapa.....	79
3.21. Irudia: Batezbesteko irradiazio globala kWh/m <sup>2</sup> egun. . (1983-2005).....	79
3.22. Irudia: Eguneko batezbesteko irradiazio globala. (1983-2005) .....	80
3.23. Irudia: Urteko batezbesteko eguzki erradiazio globala Bilbon. (1983-2005).....	80

#### 4. Kapituluak

4.1. Irudia: SATE. (Rockwool) .....	84
4.2. Irudia: Fatxada aireztatua. (Rockwool) .....	84
4.3. Irudia: SATE sistemaren eskema bat. (ANFAPA) .....	86
4.4. Irudia: Isolatzailea euskarrira finkatuta. (Weber) .....	87
4.5. Irudia: Isolatzailea euskarrira itsatsita.(IDAE) .....	87
4.6. Irudia: SATE sistemetan erabilitako isolatzaile motak .....	87
4.7. Irudia: Mortero estalduraren bidez lortutako gamak eta testura mota desberdinak. (IDAE).....	87
4.8. Irudia: Bistako adreilua imitatzen duen plakazko estaldura. (IDAE) .....	88
4.9. Irudia: Fatxada aireztatu baten eskema. (IPUR).....	88
4.10. Irudia: Fatxada aireztatu baten osagaiak. (IPUR).....	89
4.11. Irudia: Fatxada aireztatu baten sekzio horizontalaren eskema. (AIPEX). .....	89
4.12. Irudia: Presio altuko plaka ijestu trinkoen bidez sortutako estaldura (HPL). (Trespa). ....	90
4.13. Irudia: Estruitutako plaka zeramikoen bidez sortutako estaldura. (Tempio). .....	90
4.14. Irudia: Harri naturalaren bidez sortutako estaldura. (Levantina). .....	90
4.15. Irudia: Trasdosatu bidezko barne sistemak. (Pladur).....	90
4.16. Irudia: Trasdosatu zuzeneko sistemen instalazioa. (Isover).....	91
4.17. Irudia: Kableatuaren ezkutatzea trasdosatu autosostengarri sistemen bidez. (Pladur).....	91
4.18. Irudia: Etxebizitzako barnealdetik Poliuretanoaren injekzioa fatxadaren aire-ganberan. (IPUR) .....	93
4.19. Irudia: Fatxadaren aire-ganberan insuflazioa. (Ecogreenhome).....	93
4.20. Irudia: Aire-ganbera isolatzeko erabiltzen diren isolatzaile motak.....	94
4.21. Irudia: Zuntz mineraleko isolatzaileak. (Kovertec).....	99
4.22. Irudia: Harri-zuntza. (Rockwool) .....	99
4.23. Irudia: Beira-zuntza. (Isover) .....	99
4.24. Irudia: Harri-zuntzaren fabrikazio prozesua. (AFELMA).....	100
4.25. Irudia: Beira-zuntzaren fabrikazio prozesua. (AFELMA).....	100
4.26. Irudia: Poliuretano zabaldua (EPS) .....	101
4.27. Irudia: EPS-aren transformazioaren eskema. (ANAPE) .....	101
4.28. Irudia: EPS-aren birziklatze prozesuaren eskema. (AIMSA).....	102
4.29. Irudia: XPS xafla eta egitura zelularra. (Aipex) .....	103
4.30. Irudia: XPS-aren fabrikazio prozesua. (URSA). .....	103
4.31. Irudia: Poliuretanoaren prozesua. (ATEPA).....	104
4.32. Irudia: Poliuretano proiektatuta. (ATEPA) .....	105
4.33. Irudia: Poliuretano injektatuta. (ATEPA) .....	105
4.34. Irudia: Poliuretano zurrunekeko panela. (IPUR) .....	105
4.35. Irudia: Artelatzen azala. (Aísala en verde) .....	106
4.36. Irudia: Kortxo panela eta kortxo aleak. (BCK) .....	106

4.37. Irudia: Egurrezko zuntz taulen fabrikazio lehorra. (Gutex) .....	107
4.38. Irudia: Egurrezko zuntz taula eta egurrezko zuntza insuflatzeko. (Gutex) .....	107
4.39. Irudia: Gasteizko Europa Biltzar Jauregiko landare-fatxada. (Gasteizko udala) .....	112
4.40. Irudia: Lorategi bertikaleko sistemaren eraikuntza-sekzioa. (Urbanarbolismo).....	112
4.41. Irudia: Eraikuntzako konponbidearen eskema eta adibide bat. (ASAKEN).....	113
4.42. Irudia: Hutseko isolamendu panela (VIP) (108) .....	113
4.43. Irudia: Ohiko eta VIP isolatzaileek duten lodieraren arteko konparaketa .....	114
4.44. Irudia: Igeltzu ijeltzuko panela PCM mikrokapsulatuarekin. (BASF) .....	115
4.45. Irudia: Existitzen diren PCM desberdinen fusio-tenperatura eta entalpia (115).....	115
4.46. Irudia: Poliestireno-apar (ezkerra) eta Poliestireno-apar nanozelularra (eskuma) (117) .....	116

## 5. Kapitulu

5.1. Irudia: MIVES metodologiaren algoritmoa .....	119
5.2. Irudia: Erabaki-hartzearen egitura orokorra .....	120
5.3. Irudia: Erabakitze-zuhaitz orokorra.....	121
5.4. Irudia: Balio-funtzioen forma desberdinak .....	122
5.5. Irudia: "A" erabakitze-matrizea .....	124
5.6. Irudia: Alternatiben balio-indizea .....	126
5.7. Irudia: Konponbidearen jasagarritasuna neurtzeko errekerimenduak. ....	129
5.8. Irudia: Eraikin baten bizitza-zikloan zehar energi kontsumoaren eta CO <sub>2</sub> emisioen metatze-fluxua (120).....	149
5.9. Irudia: Eko-adierazleen kalkulurako prozedura orokorra .....	180

## 6. Kapitulu

6.1. Irudia: Bizkaiko mapa .....	194
6.2. Irudia: Aztertuko den eraikina.....	195
6.3. Irudia: Eguzkiaren solstizio eta ekinokzio ibilbideak perspektiban 12.00 am-tan .....	195
6.4. Irudia: Eguzkiaren solstizio eta ekinokzio ibilbideak oinplanoan 12.00 am-tan .....	196
6.5. Irudia: Eraikina kokatzen den Etxe-uhartea.....	196
6.6. Irudia: Zona klimatikoen banaketa, EKT-aren arabera.....	197
6.7. Irudia: Eraikinaren fatxadaren termografia eta argazkia .....	198
6.8. Irudia: Beheko solairua eta erdisotoaren arteko topaketaren termografia eta argazkia ..	199
6.9. Irudia: Eraikinaren kalifikazio energetikoa.....	200
6.10. Irudia: Eraikinaren zona .....	201
6.11. Irudia: SATE sistemaren eskema. (Isover) .....	202
6.12. Irudia: plaka zeramikazko fatxada aireztatu sistema. (CYPE).....	203
6.13. Irudia: Trasdosatu zuzeneko barnetik egindako isolamendu sistema. (ISOVER) .....	203
6.14. Irudia: Aire-ganberaren insuflazioa Kanpotik eginda. (CYPE) .....	204
6.15. Irudia: Alternatibak definitzeko hartu diren isolatzaile motak. (Grupo Puma) .....	205
6.16. Irudia: Zeramikazko lauza txikiak. (IDAE) .....	205
6.17. Irudia: SATE sistemaren estalduran zeramikazko lauza txikien erabilera. (Condenor)....	205
6.18. Irudia: Erabakitze-zuhaitza errekerimenduekin eta irizpideekin. 5 eta 17 eszenatokien 1 kasuaren (%±30) balioak nola lortzen diren adibidea .....	228
6.19. Irudia: Erabakitze-zuhaitza errekerimenduekin. 1 eta 5 eszenatokien 1 kasuaren (%±30) balioak nola lortzen diren adibidea .....	235



# **1. Kapituluua: SARRERA**

### 1.1. Aurrekariak

Eraikinetako fatxaden tipologiak eboluzionatuz joan dira, orri bakarreko fatxadetatik multiorriko fatxadetara pasatuz. Honela, termikoki eraginkorragoak diren sistema berriak lortu dira. Baina eboluzio hau ez da bakarrik eman arauk ezartzen dituzten betebeharrak betetzeko, baizik eta gaur egungo gizarteak exijitzen duen barneko konforta ere asetzeko. Errendimendu handiagoko materialen agerpenak ere zerikusi handia izan du, fatxadetan gertatutako eboluzioan. Gainera, fatxaden prestazioak hobetzen joan dira eraginkortasun energetikoaren inguruko Europako Zuzentzarauak betetzeko.

Europako Zuzentzarauak eta beraz, hauen transposizioak estatuko mailako eta Euskal Autonomia Erkidegoko arauetara, ere eboluzionatuz joan dira, eraikinek efizientzia energetikoaren inguruan bete behar dituzten exigentzia termikoak handitu direlako. Eboluzio hau eman da gehien bat, eraikinen kontsumo energetiko altuagatik. Eraikinek Europar Erkidegoko energia totalaren %40a kontsumitzen dute (1) eta CO<sub>2</sub> emisio totalen %36a isurtzen dute (2). Halaber, Europan dagoen energia inportazioekiko mendekotasun hazkorrak, energia baliabideen eskasiak, negutegi efektuko gasak murrizteko beharrak eta krisi ekonomikoa gainditzeko beharrak, Europar Zuzentzarauak eta arau nazionalak ezartzea beharrezkoa egiten dute. Honela, kontsumo energetikoa kontrolatuko da eta aurrezte energetikoa, eraginkortasun energetikoa eta jatorri berriztagarriak dituzten energiaren erabilera bultzatuko da. Baina eraikinetan lortu nahi den eta exijitzen den energiaren eta emisioen aurreztea erakinak birgaituz lortu beharko da izan ere, eraikinen eraispen tasa baxua da eta eraikin berrien hazkuntza ere baxua da (2).

Espanian, Eraikingintzako Oinarrizko Araua (NBE-CT-79) eraikinetan isolamendu termikoa kontuan hartu zuen lehenengo eraikuntza araua izan zen eta lehenengo krisi energetikoaren ondorioz garatu zen. Baina eraginkortasun energetikoaren inguruko 2002/91/CE Europako Zuzentzarauaren transposizioak arau hau indargabetu zuen eta 2006 urtean Eraikuntzaren Kode Teknikoaren (EKT) onespena ekarri zuen. Azken arau honek eraikinaren energia eskaria mugatzen du HE1 sekzioan bere energia aurrezteari buruzko Oinarrizko Dokumentuan (OD HE). Espainiako arautegira eraikinen eraginkortasun energetikoaren inguruko 2010/31/UE Europako Zuzentzarauaren transposizioa burutzeko EKT araua eguneratu zen 2013 urtean.

Bestetik, Aurrezte energetikoaren (EKT-OD-HE) inguruan indarrean dagoen arauaren HE1 sekzioan (HE1: energia-eskaera mugatzea), existitzen diren eraikinen eskaera energetikoaren muga ezartzen da. Arau honen arabera, birgaitu den eraikinaren energia-eskaera, eraikina kokatzen den zona klimatikoaren arabera arauak definitzen duen erreferentzia erakinaren energia-eskaria baino txikiagoa izan behar da. Sekzio horren D eranskinean, eraikinaren zona klimatikoaren arabera, erreferentzi bezala erabiliko den eraikineko itxituraren parametroen ezaugarriak definitzen dira, honela birgaitu den eraikinaren energia-eskariarekin konparatu daiteke. Halaber, sekzio berdineko E eranskinean itxituraren parametroen balio orientagarri batzuk ezartzen dira, hau da, eraikina kokatzen den zona klimatikoaren arabera erreferentzia erakinaren itxiturak izan beharko duen transmitantzia termikoko balio optimoa. Balio hauen erabilerak energia-eskaeraren mugatze exigentzia betetzea ez du bermatzen baino, eraikuntzako konponbideen hasierako diseinu fasean lagun dezakete. Balio hauekin kostu optimodun konponbidea lortu nahi da, kontuan hartuta kostu globala eta energia kontsumoa, hau da, konponbiderik ekonomikoa, kontuan hartuta eraikinaren bizitzan zehar sortzen den kostua. Energia-eskaeraren mugatzearen oinarrizko exigentziak ezartzeko eraikina kokatzen den herriaren zona klimatikoa definitzea beharrezkoa da. Arau horren sekzio berdinean Espainian dauden zona klimatiko desberdinak ezartzen dira, herrien neguko eta udako gogortasun klimatikoa kontuan hartuz. Neguko gogortasun klimatikoa letra baten bidez

definitzen da (A-E) eta udako gogortasuna zenbaki baten bidez (1-4). Hortaz, arau horren arabera, EAE-n neguko hiru zona klimatiko desberdin daude, hauek C, D eta E izanik. Hau dela eta, eraikina kokatzen den herriaren arabera exijituko zaion energia-eskaera mugaketa desberdina izango da.

Halaber, eraikuntza inguruan Espainian indarrean dagoen arauak (EKT 2013), eraikin berriak zein existitzen diren eraikinak derrigorrez energetikoki kalifikatu behar direla ezartzen du. Kalifikazioa eraikinen ziurtagiri energetikoaren bidez egiten da, eraikinaren zati baten edo osoaren efizientzia energetikoa ebaluatzeko helburuarekin. Burutzen den ebaluaketan "A"-tik (eraginkorrenak diren eraikinak) "G"-ra (efizientzia gutxien duten eraikinak) doan kalifikazio energetiko bat lortzen da. Kalifikazio energetikoa burutzeko eraikinaren zona klimatikoaren, eraikin motaren eta obra berria den edo ez denaren arabera, kontuan hartuko da lehen mailako energiaren kontsumoa eta CO<sub>2</sub> emisioak. Ziurtagiri honetan eraikinaren ezaugarri energetikoen inguruko informazio objektiboa ematen da eta eraikinaren efizientzia energetikoa hobetzeko gomendioak ere ematen dira. EVE-ren (Energiaren Euskal Erakundea) datuen arabera, 2016 urtean existitzen diren eraikinen %0,08a bakarrik "A" kalifikazio maximoa lortu zuten eta eraikinen ia erdiek "E" kalifikazio lortu zuten, azken hau hirugarren sailkapenik txarrena izanik. Gainera, eraikinen jasangarritasuna ebaluatzeko ziurtagiriak existitzen dira baino, hauek ez daude araututa eta ez dira derrigorrezkoak. Ziurtagiri sistema hauek eraikin berrien eta existitzen diren eraikinen jasangarritasuna ebaluatzen dute ingurumenaren ikuspuntutik, ikuspuntu ekonomikotik eta sozialetik. Mota honetako ebaluazio bat burutu ondoren eraikin berrien balioa %11a handitzen dela eta existitzen diren eraikinen ia %7a handitzen dela uste da. Hortaz, ebaluazio sistema hauek inpaktu ekonomiko garrantzitsu bat sortzen dute (3). Mundu eta Europa mailan jasangarritasuna ebaluatzeko sistema desberdinak existitzen dira esaterako, LEED edo BREEAM. Espainian VERDE deituriko ebaluazio sistema bat dago eta Euskal Autonomi Erkidegoan "Euskadi Las Guías de edificación sostenible" deituriko beste sistema bat dago.

Bestetik, Euskal Autonomi Erkidegoko etxebizitza parkea Europa hegoko zaharrenetariko bat da (4). Etxebizitzen batezbesteko antzinatea 42 urtekoa da eta egoera onean duden arren, etxebizitzen %7a (5) bakarrik (kontuan hartu gabe jada birgaituta daudenak) EKT arauan ezartzen diren efizientzia energetikoaren inguruko exijentziak aintzat hartuta eraiki ziren, arau hau indarrean sartu ondoren eraiki baitziren. Isolamendu eskasa eta ia kasu gehienetan isolamendu gabe, duten etxebizitza kopuru handi honek zarrastelkeri energetiko oso altu bat eragiten du gure Autonomi Erkidegoan. Hala ere, zehaztu behar da azken urteetan eraikinak birgaitzeko joera handituz joan dela, eraikinen obra berriekin alderatuta (6). Etxebizitza ia gehienetan, hau da, ia %100ean berogailu sistema bat dago, hozte-sistemak aldiz oso etxebizitza gutxitan daude instalatuta, %1,7etan hain zuzen ere. Halaber, Euskadin berogailu instalazio erabilienak banakako gas berokuntza eta banakako berokuntza elektrikoak dira, beste erregaiekin eta instalazio zentralarekin alderatuta (6).

Birgaitze energetikoak eraikinen efizientzia energetikoa hobetzen du. Eraikinaren itxitura termikoki hobetzen bada, etxebizitzen batezbesteko kontsumoa %57 eta %72 artean murriztu daiteke (7). Gainera, energia gehiena fatxadatik galtzen da (8). Baino eraikin bat ez da bakarrik birgaitu behar energia kontsumoa murrizteko, baizik eta bizitza kalitatea ere hobetzeko, aldaketa klimatikoaren gaineko inpaktua ere murrizteko, etab. Eraikinak ez daude eraikita espazio huts batean, bertan lan edo bizi egiten den espazioak dira. Hau dela eta, eraikitako ingurunea eta gizakia kontuan hartu beharko da birgaitzerako orduan (9). Baino alternatiba egokiena aukeratzea ez da lan erraza, eraikinaren fatxada energetikoki hobetzeko gaur egun existitzen diren eraikuntzako konponbide eta isolatzaile mota ugariak baitira. Gainera, alternatiba egokiena aukeratzeko orduan, eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar duen aspektu ekonomikoa, ingurumen aspektua eta birgaitzeak eraikinaren ingurunean eta maizterretan

sortzen duen inpaktuarekin erlazionatuta dagoen aspektu soziala kontuan hartu behar dira. Hau dela eta, alternatiba egokiaren aukeraketan jasangarritasuna aintzat hartu beharko da. Eraikin baten jasangarritasuna ebaluatzeko ziurtagiri sistemak daude, aurretik komentatu den bezala baino, sistema hauek ez dute birgaitze konponbidearen jasangarritasuna kalkulaten. Bestetik, birgaitze konponbiderik jasangarriena kalkulatzeko orduan, hainbat irizpide kontuan hartu behar dira. Guzti honek, erabakia hartzearen zeregina zailtzen du. Horregatik, erabakia hartzearen lana edo zeregina errazteko metodologia multi-irizpide bat zehaztu beharko da.

Isolatzailerik egokiena edo eraikinaren fatxadaren konponbiderik egokiena aukeratzeko metodo desberdinak garatu dira. Horretarako, faktore desberdinak, aplikazio eremua, eraikinaren kokapena eta abar kontuan hartu dira. Adibidez, birziklatzearen ikuspuntutik Grezian (10) kokatutako bizitegi-eraikinetarako material isolatzaile optimoa aukeratzeko metodologia bat planteatu da. Aukeraketan lehen mailako energiaren kontsumoa, ingurumen-inpaktua eta kostu ekonomikoak aintzat hartu dira baino, ez dira kontuan hartu jasangarritasunaren aspektu guztiak esaterako, aspektu soziala. Antzeko metodologia bat Sarajevon (11) kokatutako eraikinentzat planteatu da baino, kasu honetan material isolatzailearen ezaugarriak kontuan hartu dira. Hala ere, aurreko kasuan bezala, ez dira ingurumen aspektuak kontuan hartu ez eta aspektu sozialak. Espainian (12) ere metodologia bat garatu da baino, kasu honetan, ikuspuntu ekonomikotik eta ingurumenaren ikuspuntutik material isolatzailearen lodiera optimoa aukeratu da. Aurreko kasuetan bezala, ez dira aspektu sozialak eta funtzionalak kontuan hartu eta ez da birgaitze konponbiderik egokiena aukeratu. Birgaitze konponbiderik edo alternatibarik egokiena aukeratzeko beste metodologia batzuk garatu dira, kontuan hartuta aspektu ekonomikoak eta funtzionalak baino, ez dira aspektu sozialak eta ingurumen aspektuak aintzat hartu. Metodologia hauek Lituanian kokatutako bizitegi-eraikinetan eta eraikin publikoetan eta eraikuntzako tipologia konkretuetan aplikatzen dira (13, 14). Lituanian (15) kokatutako eta garai konkretu batean eraikitako eraikinen efizientzia energetikoa hobetzeko eraikuntzako elementurik garrantzitsuenak aukeratzeko metodologia bat ere garatu da. Europa mailan (16) metodologia bat garatzen hasi zen. Metodologia honek birgaitzearen aspektu ekonomikoak, funtzionalak, sozialak eta ingurumen aspektuak kontuan ditu baino, ez da aukeratzeko metodologia bat, baizik eta kanpoko fatxaden birgaitze teknikak ebaluatzeko metodologia bat. Halaber, metodologiak erabiltzen duen ebaluazio prozesua ez da ezaguna eta ez da garatu erabilgarria den programa bat.

### 1.2. Helburuak

Planteatu diren arazoek argi utzi dute, EAEan kopuru oso handi batean existitzen diren energetikoki pobreak eta zaharrak diren eraikinetan esku-hartzea beharrekoa dela. Halaber, merkatuan eraikinak birgaitzeko existitzen diren eraikuntzako konponbideak eta material isolatzaileak ugariak eta honekin batera, konponbiderik egokiena aukeratzeko jasangarritasun aspektuetan oinarritzeko beharrak, multi-irizpide metodologia bat zehaztea beharrezkoa egiten dute.

Hau dela eta, Doktorego Tesi honen helburu nagusia eraikinaren fatxada energetikoki birgaitzeko konponbiderik jasangarriena identifikatzen lagunduko duen metodologia bat ezartzea da. Honela, EAE-an dauden etxebizitza zaharren eta arauak (EKT) ezartzen dituen baldintzak betetzen ez dituzten etxebizitzak kopuru handia hori birgaitzeko prozesuan baliagarria den metodo bat ezarriko da.



Ezarriko den metodologiak fatxadak birgaitzeko alternatibarik egokiena ebaluatzeko aukera emango du. Metodologia honek izaera orokor bat izango du, eraikuntzako konponbiderik eta material isolatzailerik egokiena zehaztuko duelako. Honela, eraikinen jabeek eta eraikuntzako enpresei alternatiba jasangarrienaren aukeraketan laguntzea lortuko da.

Metodologiak bizitegi-eraikinen birgaitzearen eremuan jasangarritasunaren ebaluazio orokorra baimentzen duten adierazle multzoa identifikatuko du. Hortaz, metodologia hau aukeraketa egiterako orduan, ez da bakarrik oinarrituko aspektu ekonomikoetan eta funtzionaletan baizik eta, ingurumen aspektuetan ere eta eraikin baten fatxadaren birgaitzeak maizterretan eta bere ingurunean sortzen duen inpaktu sozialean ere.

Adierazle multzoan dagoen adierazle bakoitzak pisu bat izan behar du, honela jasangarritasunean inpaktu handiena sortzen duenak garrantzia handiagoa izango du, beste adierazleekin alderatuta.

Hortaz, EAE-an dagoen bizitegi-eraikin bat energetikoki birgaitzeko dauden alternatiben jasangarritasuna ebaluatzeko, sentsibilitate indizea ebaluatuko duen modelo bat eratzea planteatzen da. Modelo hau aukeratutako adierazle guztien informazioa biltzeko gai izan behar da eta "jasangarritasun" hori neurgarria den eskala batetara transformatzeko ere gai izan behar da, eraikinek birgaitzeko dauden alternatiba desberdinak haien artean konparatu ahal izateko.

Gainera, helburu nagusi hau lortzeko aurretik hurrengo helburuak lortu beharko dira:

- Euskadin existitzen diren fatxaden tipologiaren eboluzioa zehaztu. Honela, birgaitu behar diren eraikuntzako konponbideak, eraikuntzan erabilitako materialak eta eraikinen eraikuntzako ezaugarriak identifikatu daitezke.
- EAE-an dauden fatxada konponbide desberdinak energetikoki birgaitzeko erabili daitezkeen birgaitze konponbideak definitu.
- Eraikinen eta konkretuki eraikinek energetikoki birgaitzeko prozesuen jasangarritasuna ebaluatzeko existitzen diren metodoen bilaketa eta karakterizazioa.
- Eraikinen fatxadak energetikoki birgaitzeko exijitzen diren oinarritzko errekerimenduak definitu.
- Birgaitze prozesuen Jasangarritasuna ebaluatzeko irizpide multzoaren eraketa, kontuan hartuta parametro ekonomikoak, funtzionalak, sozialak eta ingurumen parametroak.
- Irizpide bakoitzari dagokion adierazleak identifikatu, hauen ebaluazio prozesua burutu ahal izateko.
- Adituen lan talde bat eratu, erabakitze-zuhaitzaren elementu desberdinen pisu esleipena egin ahal izateko.
- Aplikazio erraz bat eratzea (Excel batean oinarrituta), planteatuko den metodologiaren aplikazioan erabiltzeko.
- Metodologiaren aplikazio praktikoa, planteatu den metodologiaren funtzionamendua egokia egiaztatzeko.
- Planteatu den metodoaren sentsibilitate analisia burutu, metodologiaren egonkortasuna eta sendotasuna konprobatzeko.

### 1.3. Doktorego Tesiaren garrantzia eta erabilgarritasuna

Doktorego Tesi hau bideratuta dago eraikinen fatxadak energetikoki birgaitzeko prozesuen jasangarritasunaren ebaluaketa orokorra burutzeko metodologia bat definitzera. Metodologian mota horretako birgaitzetan exijitzen diren oinarritzko errekerimenduak definituta egongo dira.

Ebaluaketa prozesu hau burutzeko birgaitze energetikoaren adierazgarriak diren elementu multzo bat (errekerimenduak, irizpideak eta adierazleak) definitzen da. Gainera, elementu multzo hau “kuantifikagarria” izan beharko da eta multzoa osatzen duten elementuen kopurua ezin da oso altua izan, erabilgarria eta praktikoa den tresna bat garatu ahal izateko.

Ebaluaketan zehar, haztapan koefizienteen multzo bat definitu behar da, ebaluaketa prozesuan garrantzi erlatibo handiago duten faktoreei pisu handiago bat esleitzeko. Haztapan koefiziente hauek, EAE-ko bizitegi-eraikinetako fatxaden birgaitze energetikoaren kasu konkreturako definitzen dira.

Metodologia hau beste eraikin motetan ere eraili daiteke. Horretarako, kasu konkretu horretan zeintzuk diren errekerimendu garrantzitsuenak definitu beharko dira. Gainera, errekerimendu horien barnean aukeratutako konponbide desberdinak baloratzeko irizpideak eta adierazleak ere definitu behar dira eta baita aztertuko den eraikuntza motarako propioak diren haztapan koefizienteak ere definitu beharko dira.

Planteatzen den metodologia ez da garatu erabaki-hartze teoria orokorraren ezagutzan ekarpen bat egiteko asmoz baizik eta, aplikazio praktikoa berri bat lortzeko, planteatu den arazorentzat egokien den metodologiaren bilaketa aintzat hartuta, hau da, bizitegi-eraikinetako fatxaden birgaitze energetikoaren ikerketa kasurako.

### 1.4. Doktorego tesiaren egitura

Planteatutako helburuak lortzeko doktorego tesi hau 8 kapitulu desberdinetan banatuta dago.

**1. Kapitulu**an planteatzen den arazoaren sarrera bat egingo da eta ikerketaren justifikazioa. Horretarako, orain arte eraikuntzaren jasangarritasunaren eremuan egindako jarduera orokorrak hartuko dira oinarri bezala eta baita konkretuki birgaitutako sistemetan ere egindakoak. Hemen planteatzen den arazoa EAE-an dauden eraikin kopuru handi batek duen portaera termikoarekin eta jasangarritasunarekin erlazionatuta dago. Gainera, Doktorego Tesiaren garapenean lortu nahi diren helburuak definitzen dira, Tesia berak duen garrantzia definitzen da eta Tesia osatzen duten kapitulu bakoitzean zer egin den azaltzen da.

**2. Kapitulu**an bizitegi-eraikinen efizientzia energetikoaren inguruan Europa mailan, estatu mailan eta Euskadi mailan existitzen diren arau desberdinen berrikuspen bat burutu da. Honela, arauen eboluzioak eraikinen fatxaden eboluzioan izan duten eragina ezarri da. Gainera, indarrean dauden arauak energia efizientiaren inguruan exijitzen dituzten betebeharrak zehaztu dira. Eraikinen ziurtagiri desberdinak ere berrikusi dira. Alde batetik, derrigorrezkoa eta indarrean dagoen arautegiarekin araututa dagoen eraikinen ziurtagiri

energetikoa zehaztu da. Bestetik, maila internazionalan, Europa mailan, estatu mailan eta Euskadi mailan derrigorrezkoak ez diren eta eraikinen jasangarritasuna ebaluatzen duten ziurtagiriak zehaztu dira. Era beran, Gaur egun Espainiako eta Euskadiko eraikinen birgaitze energetikoaren egoera aztertu da. Halaber, jasangarritasunaren hiru zutabeak definitu dira, ebaluatzeko existitzen diren metodo multi-irizpideak ere definitu dira eta Doktorego Tesian planteatuko gaiaren ingurukoan egindakoa aztertu da. Honela, jasangarritasuna ebaluatzeko erabiliko diren errekerimenduak aukeratu dira eta Doktorego Tesi honetan erabiltzeko multi-irizpide metodorik egokiena zein den zehaztu da. Gainera, nahiz eta eraikinen birgaitzean aukeratze metodoak garatu diren, konprobatu da momentu honetan Doktorego Tesi honetan planteatzen diren exijentziak betetzen dituen metodorik ez dela existitzen.

Bestalde, **3. Kapituluan** Euskal Autonomia Erkidegoan existitzen diren eta Eraikuntzaren Kode Teknikoa (EKT) indarrean sartu baino lehen eraikitako bizitegi-eraikinen azterketa bat burutzen da. Azterketa hau buru baino lehen, eraikuntzako garai garrantzitsuenak zehazteko, existitzen den etxebizitza parkearen eboluzioa historikoa nolako izan den aztertu da. Eraikinen eraikuntzako modeloaren eboluzioa gehien bat, eraikinen efizientzia energetikoaren inguruko arauen eboluzioagatik eman da. Hau dela eta, kapitulu honetan Espainiako eraikuntzako arauen arteko desberdintasunak zehazten dira, kontuan hartuta efizientzia energetikoa. Horretako, konparatzen dira Eraikingintzako Oinarrizko Araua (NBE-CT-79) eta 2006 urteko Eraikuntzaren Kode Teknikoa (EKT) eraikinen efizientzia energetikoa kontuan hartuta. Gainera, azken arau hau 2013 urtean izandako eguneratzearekin konparatzen da. Behin eraikuntzako garai aipagarrienak zehaztuta, existitzen den etxebizitza parkearen egoera aztertu da. Azterketa horretan zehaztu da Euskadin eta Bilbon dagoen etxebizitzaren kopurua, eraikinen egoera, eraikuntzako tipologia, etab. Bilbo hiria erreferentzi bezala hartu da zeren, Euskal Autonomia Erkidego osoan etxebizitza parkerik handiena duen probintzi hiriburua baita. Gainera, Eraikuntzaren Kode Teknikoa indarrean sartu baino lehen eraiki ziren eraikinen fatxada ohikoen tipologia katalogatu dira. Azkenik, Euskal Autonomia Erkidegoan dauden zona klimatiko desberdinak definitu dira eta EKT arauaren arabera, zona klimatiko horietan kokatuta dauden eraikinek bete behar dituzten exijentziak, eraikinen efizientzia termikoaren inguruan, zehaztu dira.

Dauden erabakitze alternatibak zehazteko helburuarekin, **4. Kapituluan** ohikoak diren fatxaden birgaitze sistemen konponbide desberdinak aztertu dira eta baita erabiltzen diren material isolatzaile ohikoenak ere aztertu dira. Fatxaden birgaitzean ohikoak diren konponbideak aukeratu dira. Gainera, efizientzia energetikoaren, materialaren kostuen, maizterrei eta eraikina kokatzen den inguruneari eragiten dieten aspektu sozialen, aspektu funtzionalen eta ingurumen aspektuaren inguruan konponbide hauek dituzten abantailak eta desabantailak zehaztu dira. Ondoren, aukeratutako konponbideetan erabilienak diren material isolatzaileak definitu eta aukeratu dira. Aukeratutako isolatzaile bakoitzaren aspektuak definitu dira esaterako, ezaugarri termikoak, suaren aurkako erreakzioa, fabrikazio prozesua eta materialaren jatorria. Baita ere zehaztu da, isolatzaile bakoitzak duen aplikazioa eraikuntzako konponbideetan eta isolatzailea erabiltzeko duden formatu desberdinak. Horretaz aparte, UNE arau baten bidez araututa ez dauden eta erabilera ohikoak ez diren baino, isolatzaile bezala eraikuntzan erabiltzen diren, beste isolatzaile batzuk definitu dira. Gainera, konponbide eta material isolatzaile nobedosoenak zeintzuk diren aztertu da. Konponbide eta isolatzaile berritzaile hauetako batzuk praktikara eraman dira eta kasu ia gehienetan ikerketa eta analisi arrazoi dira.

Fatxadaren konponbiderik jasagarriena aukeratzeko metodologiaren ezarpena **5. Kapituluian** burutzen da. Kapitulu honetan erabiltzen den aukeratze metodoa, hots, MIVES metodoa azaltzen da. Metodo honek dituen fase desberdinak deskribatu dira. Gainera, metodologia era hierarkikoan zehazteko ikertuko diren aspektuak, hemen definituko den erabakitze-zuhaitzean irudikatuta egongo dira. Erabakitze-zuhaitza osatzen duten elementuak errekerimenduetan, irizpideetan eta adierazleetan banatzen dira. Errekerimenduak definitzen dira: ekonomikoa, funtzionala, ingurumena eta soziala. Eta errekerimendu bakoitzari dagokion irizpideak ere definitzen dira. Behin irizpideak definituta dauden, irizpide bakoitzari dagokion adierazleak zehazten dira. Adierazleak kuantifikagarriak edo ez izan daitezke eta gainera unitate desberdinetan adierazita daude. Hau dela eta, adierazle bakoitza kuantifikagarri bihurtzeko eta hauen unitateak normalizatzeko, adierazle bakoitzaren balio-funtzioa definitzen da. Honela, haien artean konparatu daitezke. Balio-funtzioak adierazleen unitate desberdinak 0 eta 1 arteko balio adimentsionaletara transformatzen ditu. Azkenik, zuhaitzaren elementu guztien pisuak ezartzen dira. Pisuen esleipena egiteko lehenik eta behin, adituen lan taldea bat definitzen da. Ondoren, lan taldeko adituei elementuen pisuen inguruko kontsulta egiten zaie. Kontsulta bitan behintzat egiten da, kontsultako lehengo errondan emandako erantzuna berriro pentsa dezaten.

Aurreko kapituluian ezarritako metodologiaren aplikazio praktikoa eta sentsibilitate analisia **6. Kapituluian** egiten da. Metodologiaren aplikazio praktikoa egiteko EKT-a (Eraikuntzaren Kode Teknikoa) indarrean sartu baino lehen eraikitako eta Bilbo inguruan kokatuta dagoen eraikin bat erabiltzen da. Aplikazio praktikoa egin baino lehen, eraikinaren egoera definitzen da, eraikinaren ziurtagiri energetikoaren eta azterketa teknikoaren (EAT) bidez. Gainera, eraikina kokatzen den ingurune soziala zehazten da. Behin eraikinaren ezaugarri termikoak eta sozialak ezarri diren, eraikina birgaitzeko alternatiba desberdinak zehazten dira, fatxadaren konponbideen eta erabilitako materialen ikuspuntutik jasagarriena den birgaitze konponbidea lortzeko. Horretarako, proposatutako alternatiba bakoitzean lortutako emaitzak konparatzen dira. Konparaketa honen bidez ikusi da, eraikuntzako konponbideak, isolatzaile motak, isolatzailearen lodierak edo fatxadarako erabilitako estaldurak duen eragina metodologian definitutako jasagarritasun indizean. Hortaz, eraikuntzako konponbideak duen eragina aztertzeke erabilera ohikoa duten lau konponbide hautatu dira eta bakoitzean jasagarritasun indizea kalkulatu da. Hautatutako konponbide hauek material isolatzaile mota eta lodiera berdina izango dute. Bestalde, isolatzailearen lodierak duen eragina aztertzeke eraikuntzako konponbide eta isolatzaile berdina duten baino hiru lodiera desberdinak dituzten alternatibetan lortutako emaitzak konparatu dira. Jasagarritasun indizean isolatzaile termiko motak duen eragina aztertzeke eraikuntzako konponbide bakar bat hiru isolatzaile mota desberdinez osatua eta isolatzaileen lodiera bakarra duten hiru alternatibetan lortutako emaitzak konparatu dira. Azkenik, fatxadan erabilitako estaldura motak duen eragina aztertzeke, eraikuntzako sistema berdina, isolatzaile mota eta lodiera berdina baino estaldura desberdina duten alternatibetan lortutako emaitzak konparatu dira. Lortutako emaitza desberdinak haien artean konparatzeko armiarma erako diagramak erabili dira. Kapitulu honen bukaeran, lortutako emaitzekin ezarritako metodologiaren sentsibilitate analisi bat egin da, Doktorego Tesi honetan zehaztu den metodologiaren baliostasuna, egonkortasuna eta sendotasuna egiaztatzeke. Sentsibilitate analisia errekerimendu eta irizpide mailan burutuko da, konprobatzeko hauen pisuetan aldaketarik egin behar den edo ez.

Doktorego Tesi honen ondorioak **7. Kapituluian** zehazten dira. Lortutako ondorioak atal desberdinetan zehar garatu dira. Lehenengo atalean problemaren inguruko ondorioak definitu dira. Hurrengo atalean, metodologiaren inguruko ondorioak zehaztu dira eta beste atal batean

metodologiaren aplikazioaren inguruko ondorioak definitu dira. Azkenik, azken atalean metodologiaren aplikazio praktikoaren inguruko ondorioak zehaztu dira.

Gainera, kapitulu honetan etorkizunerako ikerketa lerro posibleak proposatzen dira, eraikin osoari eta bere instalazioen aplikatzearekin erlazionatuta daudenak. Birgaitzearen inguruan eta bere finantzaketa aukeren inguruan ere beste etorkizunerako ikerketa lerro posibleak proposatzen dira kapitulu honetan.

Azkenik, **8. Kapitulu**an Doktorego Tesi hau burutzeko erabili diren erreferentzi bibliografikoak bildu dira.



## **2. Kapituluua: ESTADO DEL ARTE**

## 2.1. Evolución histórica de las fachadas

La fachada, como elemento vertical del edificio que separa el espacio interior del exterior, ha evolucionado debido a muchos factores, tales como el clima ambiental, condiciones climáticas, la abundante precipitación y el cambio de temperatura que ocurre durante el día y la noche. Es por ello, por lo que hoy en día se eligen soluciones térmicamente aislantes, con el fin de mantener la temperatura de confort dentro de la vivienda. Además, la evolución de los materiales, la evolución tecnológica de los procesos productivos y de los montaje han influido en gran medida en la aparición de nuevos sistemas constructivos.

Las tipologías de las fachadas han ido cambiando a lo largo de los años, se ha pasado de la fachada de una sola capa u hoja de pared, a las fachadas de pared con doble capa o multicapa.

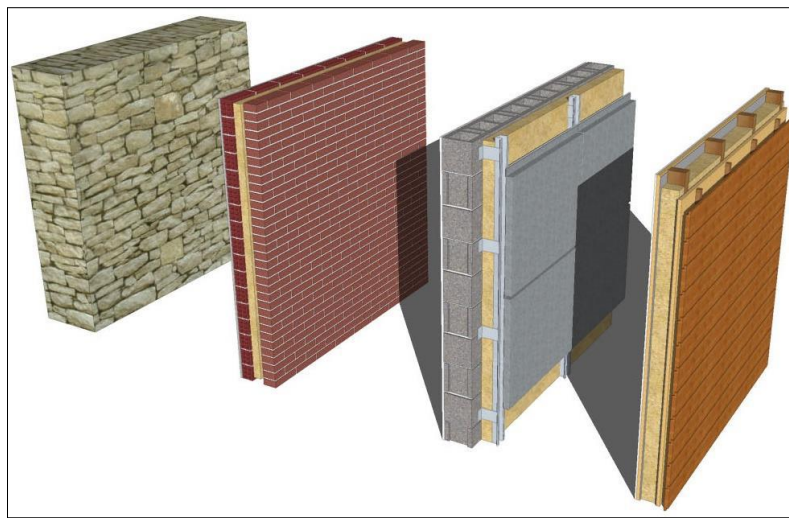


Figura 2. 1: Diferentes tipos de fachadas

Las fachadas de una sola capa o unihoja en las que el grosor de la pared coincide con el espesor del material son las primeras fachadas que se utilizaron y perduraron hasta el siglo XX. Están formadas por un único material, el cual da respuesta a las exigencias mecánicas ya que, la fachada actúa como estructura portante, protección térmica y estanquidad. El espesor del material utilizado varía en función del material utilizado y la altura de la planta del edificio siendo un valor de espesor entre 40 y 100 cm (17).

Con la aparición de las estructuras porticadas de hormigón y acero, la función portante de la fachada desaparece reduciendo así el espesor de los muros y aparecen las fachadas de doble hoja con cámara de aire para mejorar la estanquidad y protección térmica.

Pero las fachadas han seguido evolucionado para convertirse en soluciones más competitivas, en aras de conseguir nuevos sistemas más aislantes térmicos y acústicos, no solo para cumplir con los requisitos normativos, sino también para satisfacer el confort interior requerido por la sociedad actual. Además, la necesidad de conseguir edificios más sostenibles, de usar fuentes de energías renovables y de reducir el impacto ambiental generado por los edificios han dado lugar a soluciones de fachadas de un elevado rendimiento e innovadoras. Las fachadas multihoja o multicapa térmicamente aisladas son un buen ejemplo de esa evolución.



A lo largo de la historia se han utilizado diversos materiales de fachada y muchos de estos han ido evolucionando, debido a procesos industriales más eficaces que han dado como resultado materiales de mayor rendimiento.

La piedra es uno de los materiales de fachada más antiguos y se caracteriza por su alta durabilidad y gran capacidad de acumulación de calor. Se utilizaba en mampostería para construir paredes gruesas que alcanzan más de 50 cm. Además, se posee una adecuada resistencia a la compresión y una elevada inercia térmica.



Figura 2. 2: Fachada de piedra

En la siguiente Tabla 2. 1, se pueden ver las características térmicas y físicas de este material, según la norma UNE-EN ISO 10456.

Material	Densidad	Conductividad térmica	Capacidad calorífica específica	Resistencia a la difusión de vapor
	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	Cp (J/kgK)	$\mu$
Piedra natural	2.800	3,5	1.000	10.000
Granito	2.500-2.700	2,8	1.000	10.000

Tabla 2. 1: Propiedades térmicas y físicas de la piedra. (UNE-EN ISO 10456)

Las fachadas de adobe también son, junto con las de piedra, una de las más antiguas. Este material se caracteriza por su excelente comportamiento térmico y acústico.



Figura 2. 3: Fachada de adobe

El ladrillo es otro material muy utilizado en las fachadas. Los ladrillos pueden ser ladrillo macizo, ladrillo hueco o ladrillo perforado dependiendo de las características estructurales, aislamiento térmico y acústico. En la siguiente Tabla 2. 2, se pueden observar las características térmicas y físicas de los diferentes ladrillos utilizados en las fachadas, según la norma UNE-EN ISO 10456.

Material	Densidad	Conductividad térmica	Capacidad calorífica específica	Resistencia a la difusión de vapor
	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	Cp (J/kgK)	$\mu$
Ladrillo macizo	2.300	0,85	880	$\infty$
Ladrillo perforado	780	0,35	380	$\infty$

Tabla 2. 2: Propiedades térmicas y físicas del ladrillo. (UNE-EN ISO 10456)

El hormigón es un material que ha tenido una influencia permanente en la evolución de la arquitectura moderna ya que, es el primer material artificial que supuso un importante papel en la historia de la construcción. Este material es resistente, fácil de trabajar y se puede combinar con el acero, por ejemplo, para conseguir hormigón armado el cual, se utiliza para una amplia gama de elementos estructurales. Es con la incorporación del hormigón armado en la construcción cuando se empieza a liberar a las fachadas de su función portante y como consecuencia, empiezan a aparecer las fachadas de doble hoja.

El hormigón presenta estabilidad mecánica, excelente inercia térmica y durabilidad, tiene una buena resistencia frente al fuego y posee una gran versatilidad de forma. En la siguiente Tabla 2. 3, se detallan las características térmicas y físicas del hormigón, según la norma UNE-EN ISO 10456.

Material	Densidad	Conductividad térmica	Capacidad calorífica específica	Resistencia a la difusión de vapor
	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	Cp (J/kgK)	$\mu$
Hormigón de densidad media	1.800	1,15	1.000	60
Hormigón armado	2.300	2,3	1.000	80

Tabla 2. 3: Propiedades térmicas y físicas del hormigón. (UNE-EN ISO 10456)

La fachada de vidrio como revestimiento se utiliza principalmente en edificios administrativos debido en gran medida a que, permite la entrada de luz natural al interior.

El vidrio tiene buenas propiedades térmicas y buena resistencia a la compresión y a la abrasión pero, no presenta un buen comportamiento a la tracción. En la siguiente Tabla 2. 4, se muestran las propiedades térmicas y físicas del vidrio, según la norma UNE-EN ISO 10456.

Material	Densidad	Conductividad térmica	Capacidad calorífica específica	Resistencia a la difusión de vapor
	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	Cp (J/kgK)	$\mu$
Vidrio	2.500	1	750	$\infty$

Tabla 2. 4: Propiedades térmicas y físicas del vidrio. (UNE-EN ISO 10456)

Por último, los materiales plásticos son uno de los materiales avanzados que se utilizan para las fachadas. Los plásticos compuestos por polímeros tienen alta resistencia a la tracción son buenos aislantes eléctricos y poseen un módulo de elasticidad bajo, pero presentan el problema de ser inflamables. (Ver Tabla 2. 5)

Material	Densidad	Conductividad térmica	Capacidad calorífica específica	Resistencia a la difusión de vapor
	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/mK)	Cp (J/kgK)	$\mu$
PVC	1.390	0,17	900	$\infty$
Poliestireno	1.050	0,16	1.300	$\infty$
Poliuretano	1.200	0,25	1.800	$\infty$

Tabla 2. 5: Propiedades térmicas y físicas del plástico. (UNE-EN ISO 10456)

Según el código técnico de Edificación (CTE) en su documento básico de ahorro de energía (DBHE) (18), la envolvente térmica de un edificio *está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior*. A través de la envolvente térmica del edificio, se produce el intercambio del calor generado entre los espacios habitables y el ambiente exterior definiendo así el comportamiento energético del edificio. Por lo tanto, el comportamiento energético de la envolvente influye en la eficiencia energética del edificio y por lo tanto, en el consumo de la calefacción y refrigeración de las viviendas.

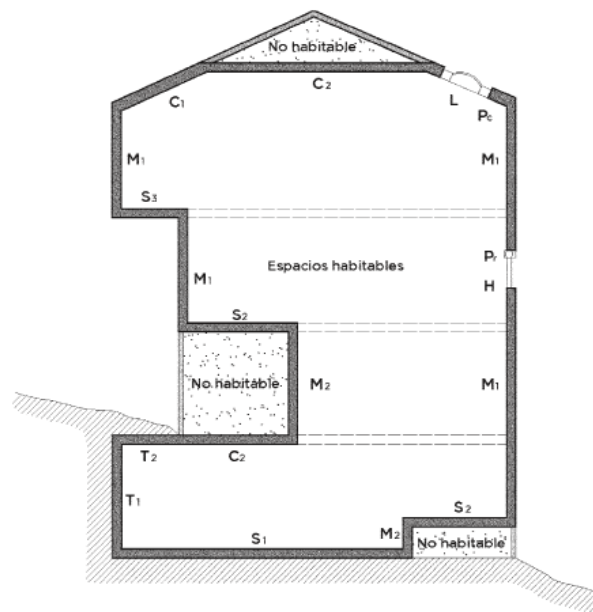


Figura 2. 4: Envolvente térmica de un edificio. (CTE)

Con el fin de mejorar la eficiencia energética de los edificios y para cumplir con las Directivas Europeas sobre eficiencia energética, la envolvente de los edificios ha ido evolucionando mejorando sus prestaciones térmicas. La primera normativa en materia de eficiencia energética entró en vigor en 1979, Normativa Básica de Edificación (NBE-CT-1979) y se desarrolló debido a la primera crisis energética. Por lo tanto, los edificios construidos antes de 1979 no estaban sujetos al cumplimiento de una normativa en lo relativo al aislamiento térmico de la envolvente. Estos edificios carecían de aislamiento en fachadas y cubiertas y habitualmente las ventanas eran de vidrio sencillo con carpintería de madera y persiana creando todo ello grandes pérdidas térmicas en la envolvente del edificio.

A partir de la aprobación de la NBE-CT, se instala aislamiento térmico en las fachadas aunque, en ocasiones al colocarse mal el aislante seguían existiendo puentes térmicos los cuales originaban condensaciones. Las ventanas también fueron sustituidas por ventanas de doble vidrio y carpintería de aluminio (8). Pero con la evolución de los materiales y las soluciones constructivas, la eficiencia energética de los edificios mejoró. Las ventanas de doble vidrio fueron mejoradas por ventanas con rotura de puente térmico y con marcos de PVC mejorando así la eficiencia energética de las ventanas.

Pero no es hasta la entrada en vigor del actual Código técnico de Edificación (CTE) en 2006 y modificada en 2013, cuando se establece una normativa más exigente en materia de eficiencia energética, tanto para los edificios de nueva construcción como para los edificios existentes. En dicha normativa se establecen los requisitos mínimos a cumplir por la envolvente térmica de un edificio, teniendo en cuenta el clima donde se ubique, con el fin de mejorar su eficiencia energética.

Según los datos de sector doméstico publicados por la Entidad Vasca de Energía (EVE) en 2013 (8), la demanda energética de un edificio construido antes de la entrada en vigor NBE-CT 79 es 2,8 veces superior comparado con un edificio construido después de la entrada en vigor del CTE-2006. Para un edificio construido después de la entrada en vigor NBE-CTE 79 la demanda energética es 2 veces mayor que un edificio construido a partir del 2007 (Ver Tabla 2. 6). Esto es debido a las pérdidas de calor originadas a través de las envolventes térmicas de estos edificios.

<b>Año de construcción</b>	<b>Consumo energético Zona costera</b>	<b>Consumo energético Zona interior</b>
Antes 1979	178	201
1979-1985	139	159
1985-2007	118	135
A partir del 2007	64	73

**Tabla 2. 6: Consumo energético de las viviendas de Euskadi según su antigüedad**  
Fuente: Propia a partir de EVE

Asimismo, las pérdidas de calor se producen a través de los componentes de la envolvente térmica de un edificio, la fachada, cubierta, suelo y puertas y ventanas. Según los datos aportados por EVE(8), el 40% de las pérdidas térmicas se producen por la fachada de ahí la necesidad de mejorar energéticamente esta parte de la envolvente, tal y como se puede observar en la Figura 2. 5.



Figura 2. 5: Esquema de pérdidas térmicas a través de la envolvente. (EVE)

## 2.2. Evolución de las normativas en relación a la eficiencia energética

En aras de establecer la evolución que han sufrido las fachadas de los edificios como consecuencia de las normativas a continuación, se va a proceder a la descripción de la evolución que han sufrido las normativas a nivel europeo, estatal y en Euskadi en lo relativo a la eficiencia energética de los edificios.

La evolución en las normativas en lo relativo a la eficiencia energética de los edificios, se ha producido debido al elevado consumo energético de los edificios. La demanda energética del sector residencial en términos de consumo total y consumo eléctrico asciende en España un 17% y 25% y a nivel Europeo (UE27) a un 25% y 29% (19). Asimismo, más del 40% del consumo total de energía de la Comunidad Europea es absorbida por el sector de la vivienda y servicios, compuesto en su mayoría por edificios (1). A nivel nacional factores como los hábitos de consumo, el equipamiento progresivo de los hogares, hace prever una subida de la demanda energética en el sector residencial (19).

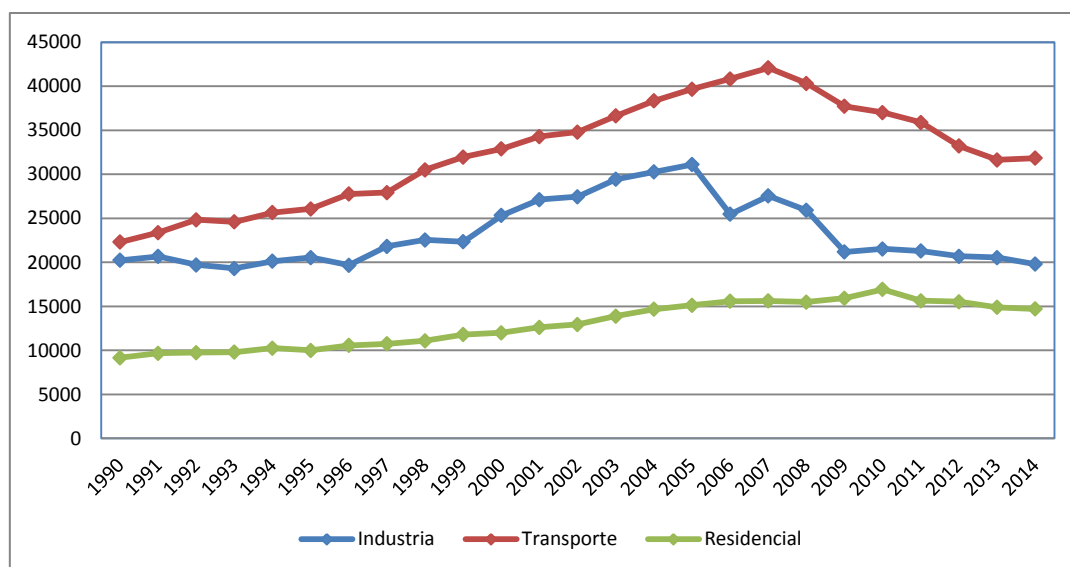


Gráfico 2. 1: Tendencia del consumo de energía total (ktep) según sector en España. (MINETUR/ IDAE)

En el siguiente Gráfico 2. 2, se puede observar la tendencia del consumo de energía en los últimos años en el sector residencial en España. El consumo de energía total en los hogares ha aumentado y el consumo de energía proveniente de fuentes renovables también pero en menor medida frente al aumento de la energía eléctrica.

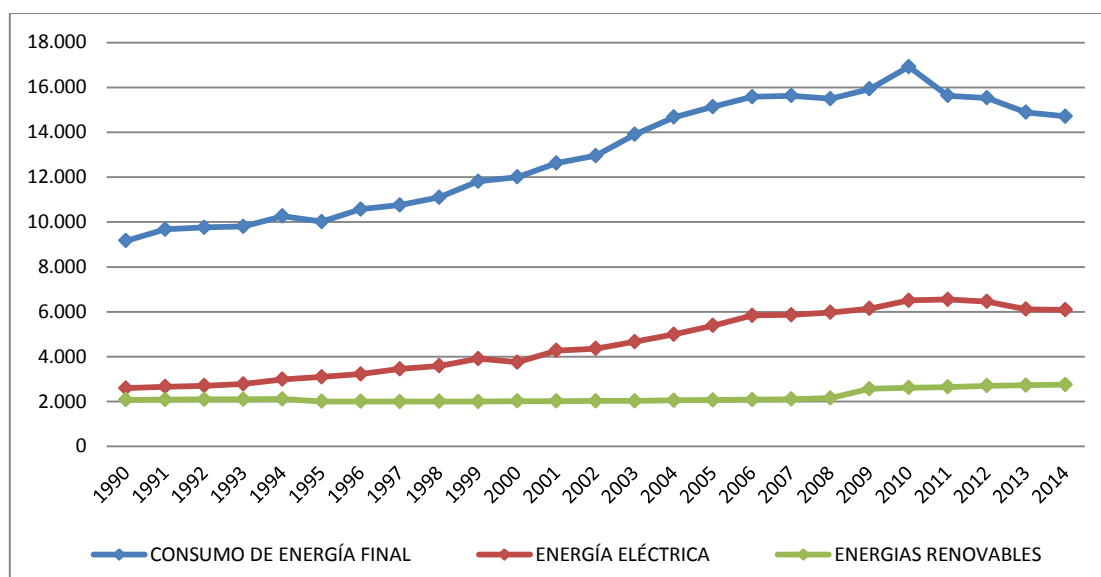


Gráfico 2. 2: Tendencia del consumo de energía total, energía eléctrica y energías renovables (ktep) del sector residencial en España. (MINETUR/ IDAE)

Asimismo, el consumo energético de la calefacción representa un 43% de la energía total anual consumida en los hogares de España (Ver Gráfico 2. 3). Por lo tanto, el consumo final de energía de los hogares lo determina la demanda de calefacción.

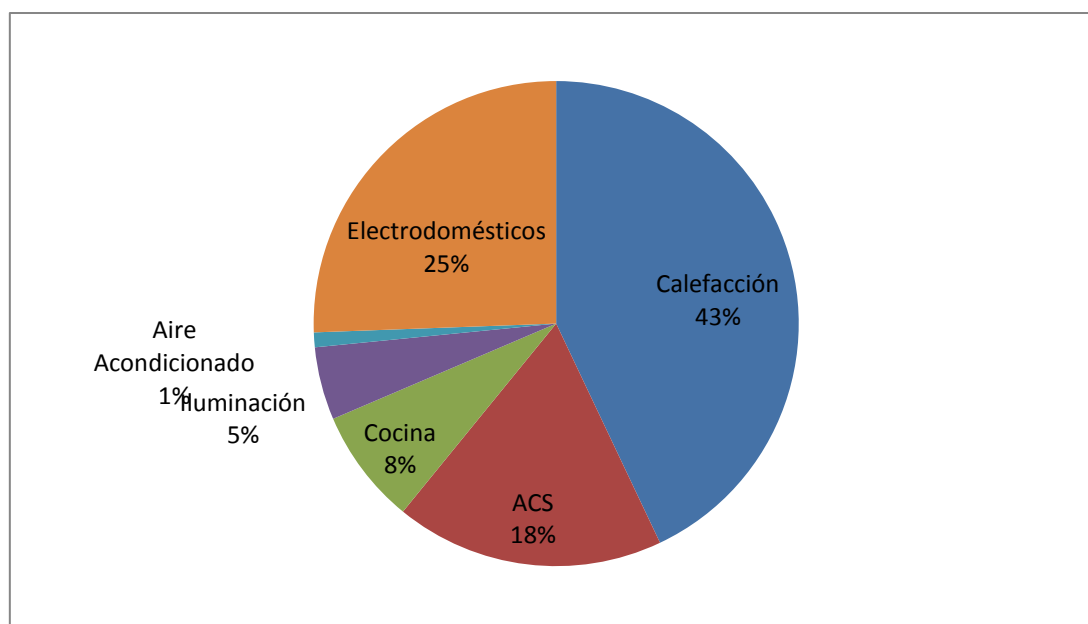


Gráfico 2. 3: Consumo energético anual del hogar en España. (MINETUR/ IDAE/ INE, 2014)

Por su parte, los edificios son responsables del 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Comunidad Europea. Las emisiones emitidas por el sector residencial en la Unión Europea es de 59 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y en España es de 32 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> (2). En el siguiente gráfico se puede observar la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España según el sector (20).

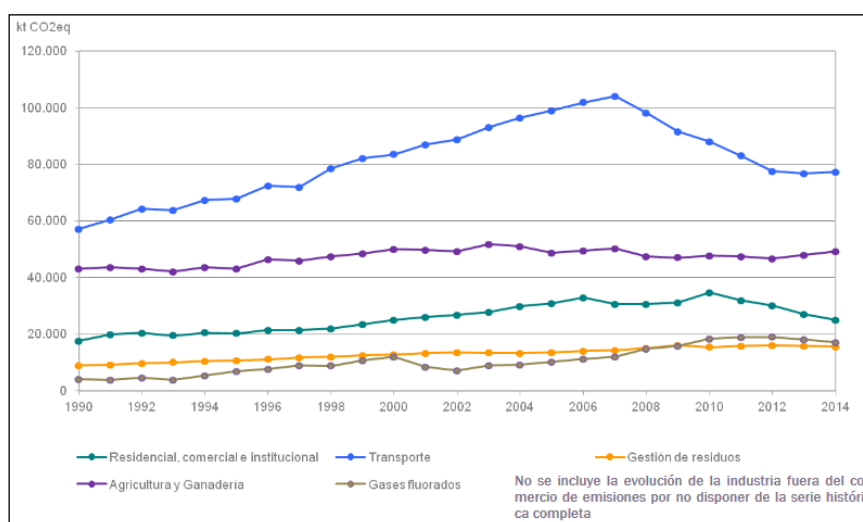


Gráfico 2. 4: Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero en España según sector. (MINETUR)

A nivel de Comunidad Autónoma, aproximadamente 3,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera provienen del consumo energético asociado al uso residencial en la Comunidad Autónoma de Euskadi (CAE). De ese consumo únicamente el 6% provienen de una fuente de energías renovables (21).

Por lo tanto, el sector residencial constituye un importante consumidor de energía tanto a nivel europeo como a nivel nacional. Asimismo, la creciente dependencia de las importaciones

de energía, la escasez de recursos energéticos, la necesidad de limitar los gases de efecto invernadero y la necesidad de superar la crisis económica, hacen necesario establecer Directivas Europeas y normativas nacionales para controlar el consumo de energía, el ahorro energético, la eficiencia energética y la utilización de energía procedentes de fuentes renovables. Las Directivas Europeas y normativas nacionales se deben aplicar a edificios nuevos y también a edificios existentes. Pero la baja tasa de demolición y un bajo crecimiento de edificación nueva, hacen que recaiga en la rehabilitación el mayor potencial de ahorro energético y emisiones (2). Asimismo, para cumplir con los objetivos del protocolo de Kyoto del 20-20-20<sup>1</sup> y otros compromisos de reducir los consumos energéticos y emisiones, el sector de la edificación se ha convertido en un sector estratégico ya que, es el sector que mayor potencial de ahorro representa frente al sector transporte y industria (22). En 2007 la Comunidad Europea estableció como objetivo reducir el consumo anual de energía de la Unión en un 20% en 2020.

Las Directivas a nivel europeo han ido cambiando según se han planteado mayores exigencias en materia de eficiencia energética, con el fin de lograr reducir el consumo energético y las emisiones. Estas Directivas se deberán transponer a los marcos particulares de cada estado miembro que compone la Unión Europea, por medio de normativas que permitan su cumplimiento. Es por ello que, los estados miembros están obligados a establecer requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios y sus instalaciones aunque estos pueden decidir cuáles son y las metodologías de cálculo a aplicar adaptadas a las condiciones climáticas y las particularidades locales.

A continuación, se resumen las Directivas Europeas en lo relativo a la eficiencia energética de los edificios:

- **Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.** El objetivo de esta Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios considerando para ello, las condiciones climáticas externas, las particularidades locales, los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. Se establecen requisitos a la metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios, a la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética a edificios nuevos y edificios existentes (cuando se renueva más del 25% del cerramiento exterior del edificio), a la certificación energética de edificios y a la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios (23).

- **Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).** Esta Directiva incorpora algunas modificaciones respecto a la anterior Directiva 2002/91/CE con el fin de centrar y ampliar. Amplía la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de elementos de construcción de la envolvente que repercuten sobre la eficiencia energética, de instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren. Asimismo, establece requisitos en relación con el aumento del número de edificios de consumo energético casi nulo

---

<sup>1</sup> El protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático (CMNUCC) tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. En este protocolo se establece el objetivo 20-20-20% de cara al 2020, de reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a las cifras de 1990, ahorrar el 20% del consumo de energía por medio de la eficiencia energética y el 20% de la energía provenga de fuentes renovables.



y en relación con los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección (24).

- **Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE<sup>2</sup> y 2010/30/UE<sup>3</sup>, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE<sup>4</sup> y 2006/32/CE<sup>5</sup>.** Debido a la constatación por parte de la Unión Europea que la Unión no va a alcanzar el objetivo de aumentar un 20% la eficiencia energética en 2020 surge esta Directiva. Por ello, es necesario actualizar el marco legal en materia de eficiencia energética para poder perseguir el objetivo de llegar a 2020 a un ahorro del 20% en el consumo de energía primaria y en conseguir más allá de 2020 mejoras en la eficiencia energética. Asimismo, esta Directiva hace hincapié en que se debe aumentar el ritmo de renovación de los edificios debido a que, el sector con mayor potencial de ahorro energético es el parque de viviendas existente. De esta manera, se podrá alcanzar el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 80% y un 95% para 2050 respecto a 1990 (25). Además, en esta Directiva se establecen normas para eliminar barreras en el mercado de la energía y para movilizar inversión en el parque de viviendas existente obligando a los estados miembros a implantar una estrategia a largo plazo.

- **Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del consejo, de 30 de noviembre de 2016, por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética.** Esta propuesta de Directiva viene dada debido a la actualización de los objetivos dentro del marco sobre cambio climático y energía para 2030<sup>6</sup>. Los objetivos relativos a la eficiencia energética establecidos en ese marco son actualizar del 20% para 2020 al 27% para 2030, con miras a fijarlo en un 30%. Este objetivo, un 30% de eficiencia energética para 2030, pretende reducir el consumo de energía final del 17% respecto a 2005 además, impulsará el crecimiento

---

<sup>2</sup> **Directiva 2009/125/CE del parlamento europeo y del consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (refundido).** La Directiva *dispone de un marco para el establecimiento de los requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía, con el fin de garantizar su libre circulación en el mercado interior.*

<sup>3</sup> **Directiva 2010/30/UE del parlamento europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada (refundido).** La Directiva *establece un marco para la armonización de las medidas nacionales por medio del etiquetado y la información normalizada sobre el consumo de energías.*

<sup>4</sup> **Directiva 2004/8/CE del parlamento europeo y del consejo de 11 de febrero de 2004 relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE.** El objetivo de esta Directiva *es incrementar la eficiencia energética y mejorar la seguridad de abastecimiento mediante la cogeneración de alta eficiencia de calor y electricidad.*

<sup>5</sup> **Directiva 2006/32/CE del parlamento europeo y del consejo de 5 de abril de 2006 sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y por la que se deroga la Directiva 93/76/CEE del Consejo.** La finalidad de esta Directiva *es fomentar la mejora rentable de la eficiencia del uso final de la energía.*

<sup>6</sup> El marco de clima y energía para 2030 fue adoptado por los dirigentes de la UE en octubre de 2014. Los objetivos fundamentales para 2030 son reducir al menos el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación a los niveles de 1990), reducir al menos el 27% de la cuota de energías renovables y mejorar al menos el 27% la eficiencia energética.

económico en un aumento del PIB del 0,4%. Por tanto, mediante esta propuesta se prolonga la obligación de ahorro energético más allá de 2020.

La transposición de las dos primeras Directivas Europeas comentadas, Directiva 2002/91/CE y Directiva 2010/31/UE, trajeron consigo cambios en las normativas sobre edificación de los estados miembros. En Chipre, por ejemplo, no existía ningún marco legislativo para regular los requisitos mínimos de eficiencia energética antes la de entrar en vigor de la Directiva 2002/91/CE (22). Por lo tanto, en este país se creó la Ley Nacional para la regularización de la eficiencia energética de edificios. En la mayoría de los estados miembros, incluido España, ya existía un marco legislativo al respecto por tanto, la transposición se realizó por enmiendas y ordenes de ejecución sobre el marco existente. Asimismo, la transposición de dichas Directivas puede ser nacional o regional y queda en manos de los estados miembros la decisión. De esta manera, países como España, Reino Unido e Italia, entre otros, han desarrollado normativas específicas a nivel regional.

En España, la normativa en materia de eficiencia energética ha ido evolucionando para cumplir con los compromisos adquiridos en la Comunidad Europea y transponer así las Directivas Europeas sobre eficiencia energética. En España ya existía un marco legislativo que regulaba los requisitos mínimos de eficiencia energética en la edificación, la Norma Básica de Edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. Esta normativa se aprobó mediante el Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio. Es por ello que, la transposición de la Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios, se realiza mediante el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo en el que se aprueba el Código Técnico de Edificación (CTE). Asimismo, mediante el Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento Básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, se transpone parte de lo referido en la Directiva 2002/91/CE sobre certificación energética de edificios. Posteriormente, la Directiva 2010/31/UE queda transpuesta por la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación y por el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Por último, mediante el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero se transpone la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

Por lo tanto, el marco legislativo relativo a la eficiencia energética ha evolucionado de la siguiente manera en España:

- **NBE-CT-79 (Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas de los edificios):** Con el fin de hacer frente a la primera crisis energética se desarrolló esta normativa en la cual se adoptaron las primeras medidas para conseguir un ahorro energético, a través de una adecuada construcción de los edificios nuevos. Además, se incluyen aspectos térmicos o higrotérmicos que afectan a la edificación y a sus condiciones de habitabilidad. Los edificios se definen térmicamente mediante la transmisión global de calor, a través del conjunto de cerramiento ( $K_G$ ), la transmitancia de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento ( $K$ ), el comportamiento higrotérmico de los cerramientos y la permeabilidad al aire de los cerramientos. Asimismo, se establecen cinco zonificaciones climáticas basadas en los datos de grados/día y otras cinco basadas en valores de las temperaturas mínimas medias del mes de enero, con el fin de fijar las condiciones térmicas y predecir condensaciones en los edificios.

- **CTE (Código técnico de la Edificación):** Esta normativa se aprobó en 2006 para mejorar la calidad de la edificación y promover la innovación y la sostenibilidad. Además, en él se incorporaron las exigencias establecidas en la Directiva 2002/91/CE relativas a los requisitos de eficiencia energética de los edificios, los cuales se establecen en los artículos 4, 5 y 6 de dicha Directiva. La normativa está dividida en dos partes, una contiene las disposiciones de carácter general y la otra está formada por Documentos Básicos que contienen las exigencias básicas que deben cumplir los edificios, con el fin de satisfacer requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación. En estos Documentos básicos también, se encuentran procedimientos, reglas técnicas y ejemplos de soluciones. Entre estos documentos básicos está el Documento Básico de Ahorro de energía (DB HE) en el que en su sección HE1 se establece la limitación de la demanda energética del edificio. A diferencia de las antiguas normas el CTE es prestacional, esto quiere decir que se pueden colocar soluciones no estandarizadas siempre que estén contrastadas sus prestaciones.

- **Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción:** Este Real Decreto transpone la directiva 2002/91/CE en la que se establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios de nueva construcción un certificado de eficiencia energética. El certificado servirá para poder valorar el edificio en materia de eficiencia energética, mediante la información objetiva sobre las características energéticas de los edificios incluidos en dicha certificación.

- **Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios:** Este Real decreto refunde el anterior Real Decreto 47/2007 y transpone la Directiva 2010/31/UE en lo relativo a la certificación energética. Se incorpora el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes. Pero no se incluyen los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios puesto que, ya están establecidos en el CTE.

- **CTE (Código técnico de la Edificación) actualizado:** El Código Técnico de la Edificación se actualiza en 2013 para entre otros aspectos transponer la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios, incluyendo así los artículos 3, 4, 5, 6 y 7 de esa Directiva. La actualización se materializa en el Documento Básico de Ahorro de energía (DB HE). En este documento se introduce una nueva sección, HE0, en la que se establece la limitación del consumo energético.

- **Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía:** Mediante este Real Decreto se transpone la Directiva 2012/27/UE y se promueve y se impulsan un conjunto de actuaciones para contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida.

En el siguiente capítulo, capítulo 3, se describen las diferencias relativas a la eficiencia energética existentes entre estas tres normativas; NBE-CTE-79, CTE y CTE actualizado.

A nivel de Comunidad Autónoma, siempre y cuando se cumpla con las exigencias mínimas estatales, las Comunidades Autónomas pueden establecer su propio marco normativo. Es por ello que, Euskadi cuenta con un marco normativo propio. A continuación, se detalla la

evolución del marco normativo en lo relativo a eficiencia energética y a la certificación energética en Euskadi:

- **Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo:** En la Disposición Final segunda de esta ley se establece que se elaborará un modelo básico de **ordenanzas municipales de edificación**, donde se establecen condiciones básicas respecto habitabilidad de edificios y se introducen pautas, con el fin de reducir el consumo energético de los edificios, sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y ecoeficiencia. El cumplimiento de esta ordenanza no es obligatoria para los ayuntamientos y el ámbito de aplicación es en obras de nueva planta, división de viviendas, reedificación y reforma o rehabilitación.

- **Decreto 240/2011, de 22 de noviembre, por el que se regula la certificación de la eficiencia energética de los edificios de nueva construcción.** El decreto *regula la recepción, registro, renovación, actualización, inspección y control externo de los Certificados de Eficiencia Energética, tanto de los proyectos como de los edificios terminados, su reflejo en las Etiquetas de Eficiencia Energética, el uso de éstas y la información que, en esta materia, la persona vendedora debe suministrar al comprador o compradora, a los efectos de la protección de los derechos de las personas consumidoras y usuarias.*

- **Decreto 226/2014, de 9 de diciembre, de certificación de la eficiencia energética de los edificios.** El Decreto *tiene por objeto la adaptación de la normativa autonómica vigente en materia de certificación energética de edificios de nueva construcción, contenida en el Decreto 240/2011, de 22 de noviembre, a las exigencias de la nueva Directiva 2010/31/UE desarrollada por el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios. Regula la recepción, registro, actualización, inspección y control de los Certificados de Eficiencia Energética de los edificios, su reflejo en las Etiquetas de Eficiencia Energética, el uso de éstas y la información que, en esta materia, la persona vendedora debe suministrar a la compradora y la arrendadora a la arrendataria, a los efectos de la protección de los derechos de las personas consumidoras y usuarias.*

- **Orden de 16 de marzo de 2015, de la Consejera de Desarrollo Económico y Competitividad, por la que se regula el control y el registro de los Certificados de Eficiencia Energética.** *De conformidad con lo previsto en el Decreto 226/2014, de 9 de diciembre, de certificación de la eficiencia energética de los edificios, la Orden regula el control de los Certificados de Eficiencia Energética, en los supuestos en que sea exigible, así como la inscripción de éstos en el Registro.*

### 2.3. Sistemas de certificación de los edificios

Como se ha comentado en el anterior apartado, mediante la transposición de las Directivas Europeas en la normativa estatal y en Euskadi se ha desarrollado un marco legal en lo relativo a la certificación energética de los edificios. Además, en la actualidad existen sistemas de evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios, pero este certificado no es de carácter obligatorio como el certificado energético.

### 2.3.1. Sistemas de certificación energética de los edificios

La certificación energética de los edificios evalúa la eficiencia energética del inmueble (edificio entero o parte) otorgando una clase de calificación de eficiencia, que varía de la "A" a la "G", siendo la clase "A" los edificios energéticamente más eficientes y "G" los menos (Ver Figura 2. 7). Este documento será exigible por parte de los compradores o arrendatarios para los contratos de compraventa o arrendamiento, tanto para edificios nuevos como edificios existentes y tiene una validez de diez años. En él se incluye información objetiva sobre las características energéticas del edificio total o parte para que, se pueda valorar y comparar su eficiencia energética. Además, en el certificado se incluyen recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética del inmueble. Por lo tanto, mediante este certificado se favorece a promocionar edificios de alta eficiencia energética e inversiones en ahorro de energía (24).



Figura 2. 6: Certificación energética de los edificios. (Fenercom)

Tal y como se ha comentado, el procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética está establecida por normativa. Para el cálculo de la calificación energética global se tendrá en cuenta el consumo de energía primaria ( $\text{KWh/m}^2\text{año}$ ) y las emisiones ( $\text{KgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$ ). Además, la escala de referencia para determinar la clase de calificación depende de la zona climática (ubicación del edificio según lo establecido en CTE), el tipo de edificio (unifamiliar o bloque) y si es de obra nueva o existente. (Ver Figura 2. 7).

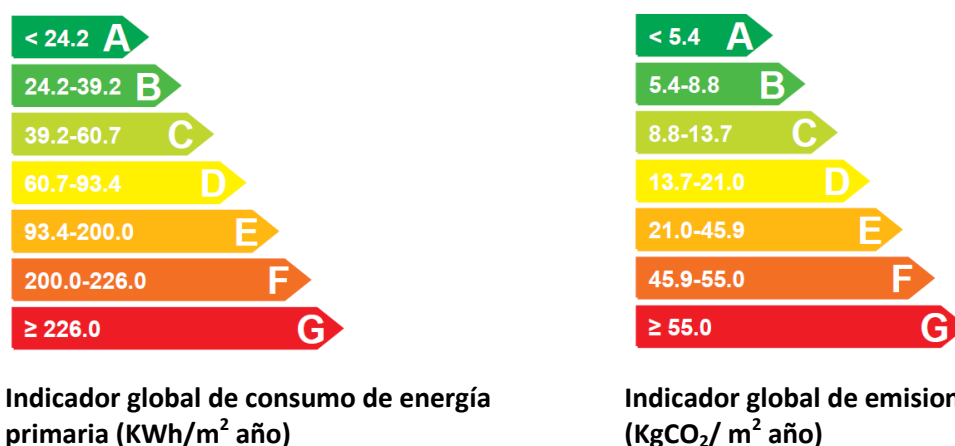


Figura 2. 7: Calificación de la eficiencia energética de un bloque de viviendas existente y ubicado en zona climática C1, según el consumo de energía primaria y emisiones

Asimismo, el certificado debe ser realizado por un técnico competente mediante los programas reconocidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la certificación.

Según este ministerio, a partir del 14 de enero de 2016 sólo serán admitidos los certificados de eficiencia energética realizados mediante la herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC), la herramienta CE3, CE3X o CERMA. Una vez realizados los certificados deben registrarse en el registro general para obtener la etiqueta energética (Ver Figura 2. 8).

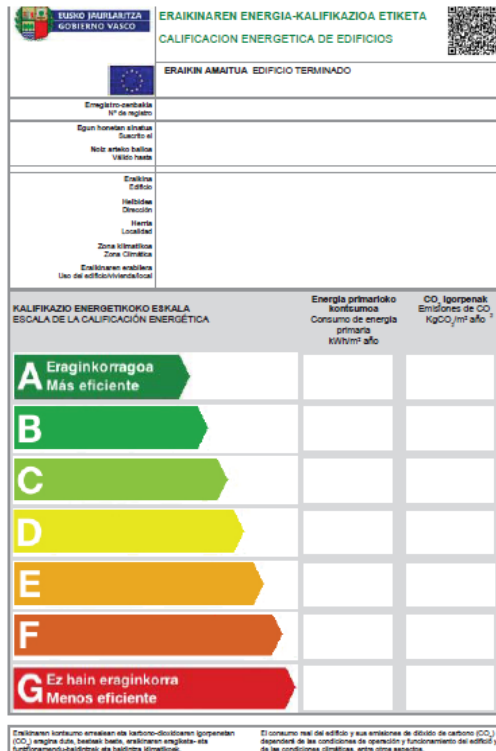
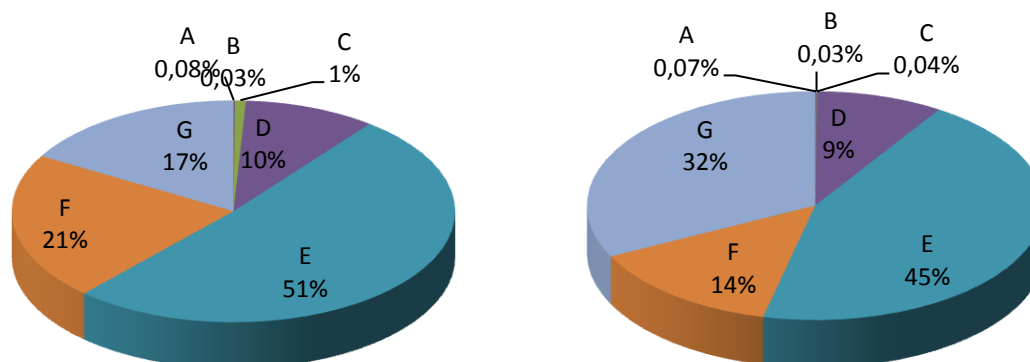


Figura 2. 8: Etiqueta energética

En Euskadi, según los datos proporcionados por EVE (Entidad Vasca de la energía), en el año 2016 se registraron 22.107 certificaciones realizadas a viviendas existentes y solo 49 viviendas obtuvieron una calificación “A”, es decir, un 0,08% frente al 16,7% que obtuvieron una calificación “G” teniendo en cuenta las emisiones. Según el consumo de energía las viviendas que obtuvieron una calificación “G” aumentaron a un valor de 32,35%. Casi la mitad de las viviendas certificadas obtuvieron una calificación “E”, tanto en el consumo de energía como en emisiones (Ver Tabla 2. 7 y Gráfico 2. 5).

Calificación Energética	Emisiones		Consumo de energía	
	Nº de viviendas	m <sup>2</sup>	Nº de viviendas	m <sup>2</sup>
<b>A</b> Eraginkorragoa Mas eficiente	49	7.692	43	5.952
<b>B</b>	19	2.074	18	1.882
<b>C</b>	501	62.242	24	1.891
<b>D</b>	6.069	726.005	5.669	692.365
<b>E</b>	32.265	2.693.426	28.056	2.459.944
<b>F</b>	13.585	975.155	8.818	638.446
<b>G</b> Ez hain eraginkorra Menos eficiente	10.520	598.194	20.380	1.264.308

Tabla 2. 7: Calificación energética de los edificios existentes en Euskadi, según emisiones y consumo de energía en 2016.



Certificaciones según emisiones

Certificaciones según consumo de energía

Gráfico 2. 5: Distribución de certificaciones energéticas de los edificios existentes en Euskadi, según emisiones y consumo de energía en 2016.

### 2.3.2. Sistemas de evaluación de la sostenibilidad de los edificios

Por otro lado, existen certificados que evalúan la sostenibilidad de los edificios, tanto de los existentes como de los de obra nueva aunque, la mayoría de ellos se centran en evaluar los edificios de nueva construcción. Estos certificados no son de carácter obligatorio como el certificado de eficiencia energética por lo que, no están sujetos a un marco legal. No obstante, en algunos países como en Italia es necesario obtener una correcta clasificación para solicitar ayudas económicas. Por medio de estos sistemas de evaluación se expone de manera sencilla y visual a los usuarios las razones que convierten al edificio en sostenible, comparando con otros. Estos sistemas se basan generalmente en evaluar la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental realizando un análisis de ciclo de vida, económico y social. Aunque, en la mayoría de los casos los sistemas se centran en los aspectos ambientales, más concretamente

en el análisis y baremación debido a que, son más fáciles de cuantificar que los aspectos sociales y económicos.

Por su parte, los sistemas de evaluación traen consigo un impacto económico importante puesto que se estima que, el valor del edificio aumenta un 11% en los edificios nuevos y casi un 7% en los renovables (3).

Hoy en día, existen prácticamente en todos los países sistemas de evaluación de la sostenibilidad de los edificios, siendo algunos sistemas de evaluación de carácter nacional como el sistema VERDE en España o regional como “las Guías de edificación sostenible” en Euskadi y otros sistemas de referencia mundial como LEED o BREEAM.

En la siguiente Figura 2. 9 y Tabla 2. 8 se detallan los principales sistemas de evaluación sostenible de edificios a nivel mundial.



Figura 2. 9: Sistemas de evaluación de la sostenibilidad a nivel mundial. (IHOBE)



Denominación	Institución	País	Página web
LEED	U.S. GBC (Green Building Council)	EEUU	<a href="http://www.usgbc.org/LEED">http://www.usgbc.org/LEED</a>
Casbee	Japan GreenBuild Council (JaGBC) / Japan Sustainable Building Consortium (JSBC)	Japón	<a href="http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english">http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english</a>
Green Star	Green Building Council of Australia (GBCA)	Australia	<a href="http://www.gbca.org.au">http://www.gbca.org.au</a>
Green Globes	BOMA Canada; The Green Building Initiative (GBI)	Canadá/USA	<a href="http://www.greenglobes.com">http://www.greenglobes.com</a>
SB Tool	iisBE (International Initiative for a Sustainable Building Environment)	Internacional	<a href="http://iisbe.org/">http://iisbe.org/</a>
HK BEAM	BEAM Society	Hong-Kong	<a href="http://www.hk-beam.org.hk">http://www.hk-beam.org.hk</a>
EEWH	Taiwan Green Building Council	Taiwan	<a href="http://www.taiwangbc.org.tw">http://www.taiwangbc.org.tw</a>
Green Mark	BCA (Building and Construction Authority)	Singapur	<a href="http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_buildings.html">http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_buildings.html</a>
NABERS	NSW (New South Wales Government)	Australia	<a href="http://www.nabers.com.au">http://www.nabers.com.au</a>
SBAT	Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Sudáfrica	<a href="http://www.csir.co.za/Built_environment/Architectural_sciences/sbat.html">http://www.csir.co.za/Built_environment/Architectural_sciences/sbat.html</a>
Minergie	Minergie Building Agency	Suiza	<a href="http://www.minergie.com">http://www.minergie.com</a>

Tabla 2. 8: Principales sistemas de evaluación sostenible de edificios a nivel mundial (26)

A nivel europeo, los principales sistemas de evaluación sostenible de edificios se detallan en la siguiente Figura 2. 10 y Tabla 2. 9.

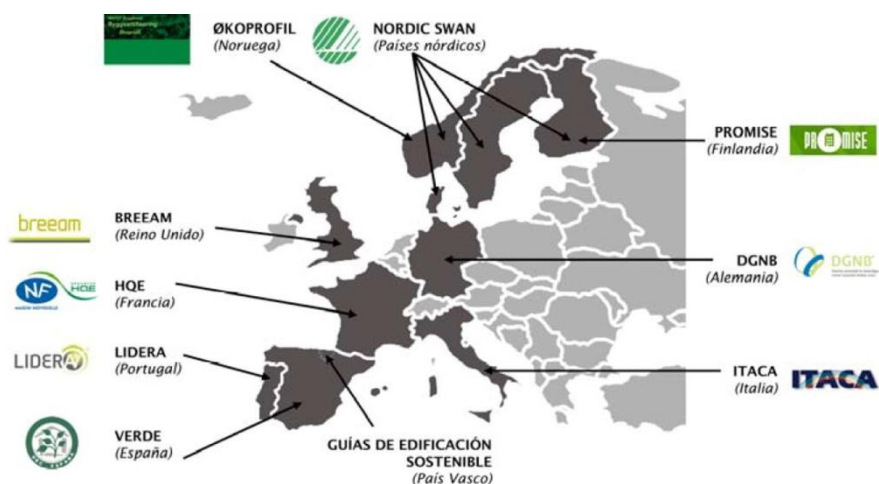


Figura 2. 10: Sistemas de evaluación de la sostenibilidad a nivel Europeo. (IHOBE)

Denominación	Institución	País	Página web
BREAM	BRE Trust	Reino Unido	<a href="http://www.breeam.org">http://www.breeam.org</a>
HQE	Association pour la Haute Qualité Environnementale	Francia	<a href="http://www.assoHQE.org">http://www.assoHQE.org</a>
Verde	GBC España	España	<a href="http://www.gbce.es/herramientas/informacion-general">http://www.gbce.es/herramientas/informacion-general</a>
Protocollo ITACA	Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la compatibilità ambientale	Italia	<a href="http://www.itaca.org/">http://www.itaca.org/</a>
Guía Edificación Sostenible	Gobierno Vasco	País Vasco	<a href="http://www.ihobe.net/">http://www.ihobe.net/</a> <a href="http://www.garraioak.eigv.euskadi.net">http://www.garraioak.eigv.euskadi.net</a>
PromisE	Ministerio de Medioambiente (con soporte de VTT y otros)	Finlandia	<a href="http://www.promiseweb.net">http://www.promiseweb.net</a>
Økoprofil	Byggforsk - Norwegian Building Research Institute	Noruega	<a href="http://www.byggsertifisering.no">http://www.byggsertifisering.no</a>
Nordic Swan	Nordic Council of Ministers	Países nórdicos	<a href="http://www.svanen.nu/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&amp;pgr=89">http://www.svanen.nu/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&amp;pgr=89</a>
Lider A	-	Portugal	<a href="http://www.lidera.info">http://www.lidera.info</a>
DGNB	(DGNB) Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen	Alemania	<a href="http://www.dgnb.de">http://www.dgnb.de</a>

**Tabla 2. 9: Principales sistemas de evaluación sostenible de edificios a nivel europeo (26)**

Los sistemas de evaluación, cualificación y certificación de la sostenibilidad de las edificaciones han experimentado un rápido incremento desde el nacimiento de BREEAM (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method), en Reino Unido en 1992 o el LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) en Estado Unidos (26). Estos dos sistemas de certificación de edificios son los más relevantes a nivel mundial (27). Ambos sistemas, se basan en un sistema de calificación de créditos teniendo en cuenta aspectos medioambientales, tales como la energía, los materiales, el agua, la contaminación y la calidad ambiental siendo el más relevante de los créditos el consumo de energía de los edificios. Pero se diferencian significativamente en el método de evaluación utilizado, el alcance y los criterios usados para calificar el rendimiento energético (27). En las siguientes Tabla 2. 10, Tabla 2. 11 y Tabla 2. 12 se pueden observar algunas de las principales diferencias entre ambos sistemas según factores sociales, ambientales y económicos:

Categoría		Tema	Subtema	Propósito	LEED	BREEM
Social	Accesibilidad	Red de caminos para peatones accesibles	Provisión de caminos para peatones seguros y adecuados.	Considera la existencia de rutas adecuadas y seguras para peatones, que otorguen prioridad a los peatones y que conecten el edificio con las instalaciones próximas.	No	Si
		Servicios públicos e instalaciones accesibles	Principales instalaciones públicas: existencia y proximidad.	Considera la provisión de instalaciones y servicios en los alrededores del edificio, como ambulatorios, tiendas, espacios recreativos exteriores, ...	Si	Si
	Bienestar de los usuarios y ocupantes	Confort del usuario del edificio	Confort acústico.	Considera la acústica en la creación de un entorno interior confortable y productivo.	Si	Si
			Confort visual y lumínico.	Considera la contribución de la luz solar y una iluminación artificial adecuada para la creación de un ambiente interior confortable y productivo para el usuario del edificio.	Si	Si
			Satisfacción del usuario.	Tiene en cuenta la experiencia del usuario del edificio para la creación o mejora de un ambiente interior productivo y confortable.	Si	Si
			Confort térmico.	Considera la integración y consideración global de los aspectos que proporcionan ambientes interiores térmicamente confortables y productivos.	Si	Si
			Condiciones de ventilación.	Considera el establecimiento de niveles de ventilación adecuados para la creación de un ambiente interior confortable y productivo.	Si	Si
	Salud y seguridad personal	Calidad del aire interior.	Tiene en cuenta e intenta prevenir altos niveles de contaminantes interiores y contaminación microbiana.	Si	Si	
		Exclusión de materiales o sustancias.	Considera las características ambientales de materiales y la minimización o exclusión de materiales que puedan resultar potencialmente dañinos para la salud (p. ej., niveles de COVs, ecoetiquetado, etc.)	No	Si	
	Valores sociales y culturales.	Sensibilidad a la comunidad local.	Impactos sobre los vecinos.	Considera los impactos de la edificación que podrían causar molestias a los edificios de alrededor, como ruido, sombras proyectadas, falta de privacidad, contaminación local, etc.	Si	Si

Tabla 2. 10: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEAM según aspectos sociales (26)

Categoría		Tema	Subtema	Propósito	LEED	BREEM	
Económico	Efectos colaterales, externalidades	Impactos locales y regionales.	Oportunidades de empleo de mano de obra local o servicios locales.	Considera el coste económico y los beneficios que proporcionará a la región y su contribución a la sostenibilidad de la economía de la misma	No	No	
			Especificaciones y uso de materiales de producción local.		Si	No	
	Valor del ciclo de vida	Valor patrimonial.	Valor añadido.	Considera el valor de uso para el propietario del edificio u ocupante del mismo, que surge del proceso para el que se construye el edificio y su contribución.	No	No	
			Adaptación del edificio al cambio.	Tiene en cuenta la flexibilidad y facilidad de montaje de las instalaciones (y sistemas) del edificio (servicios, tecnologías de la información, diseño espacial) que garanticen la conectividad y calidad ambiental. Engloba también conceptos como la construcción modular o la accesibilidad.	No	No	
		Mantenimiento	Diseño de edificios de fácil mantenimiento.	Tiene en cuenta los requisitos de mantenimiento que habrán de considerar a corto y largo plazo los edificios.	No	No	
		Coste de ciclo de vida	Valoración del coste de ciclo de vida - a nivel de componentes	Valoración del coste de ciclo de vida - a nivel estratégico	Considera los costes de ciclo de vida de un edificio de una manera coordinada y estandarizada, de tal manera que la información obtenida pueda ser empleada para ayudar a decidir entre distintas opciones de diseño de alto nivel.	No	No
						No	No

Tabla 2. 11: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEM según aspectos económicos (26)

Categoría		Tema	Subtema	Propósito	LEED	BREEM
Ambiental	Biodiversidad	Mejora del ecosistema local.	Mejora en las especies animales y vegetales autóctonas.	Considera e impulsa la mejora del ecosistema local como resultado de la intervención.	Si	Si
		Eutrofización	Minimizar puntos que sean fuente de eutrofización.	Tiene en cuenta aquellos puntos del proyecto que contribuyan al proceso de eutrofización.	Si	Si
	Cambio climático	Emisión de gases de efecto invernadero.	Monitorización de la energía (en el edificio).	Considera la necesidad de monitorizar los consumos de energía y publicitarlos como manera de reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Si	Si
			Uso de energía primaria procedente de fuentes renovables.	Considera la demanda de energía primaria que es satisfecha mediante fuentes de energía renovable.	Si	Si
	Riesgos en la gestión ambiental y riesgos geofísicos.	Gestión ambiental	Políticas ambientales y sistemas de gestión ambiental	Considera que los promotores, constructores y propietarios de edificios tengan un apropiado plan de mantenimiento con el fin de mitigar los impactos ambientales de su organización.	No	Si
	Consumo de recursos	Uso del suelo / consumo de suelo	Suelos contaminados, remediación y reutilización del suelo.	Considera los beneficios derivados de la remediación de suelos contaminados.	No	Si
		Consumo de materiales	Origen responsable de ciertos elementos de la edificación y materiales de mantenimiento.	Considera el origen de materiales como la madera, el cemento, los áridos, los metales, etc.	Si	Si
		Prevención de la generación de residuos	Tratamiento de residuos peligrosos.	Considera el tratamiento que tendrán los residuos peligrosos generados.	No	No
			Tratamiento de residuos no peligrosos.	Considera el tratamiento que tendrán los residuos no peligrosos generados.	Si	Si
		Consumo de agua	Monitorización del consumo de agua	Considera la necesidad de monitorizar los consumos de agua (y publicitarlos) como manera de reducir el consumo de agua.	No	Si
			Consumo de recursos de agua potable	Considera el consumo de agua potable que realizan los ocupantes del edificio.	Si	Si

**Tabla 2. 12: Diferencias entre los sistemas LEED y BREEM según aspectos medioambientales (26)**

Tal y como se puede observar en la Figura 2. 10 y Tabla 2. 9, en España existe un sistema de certificación llamado VERDE y en Euskadi existe otro sistema llamado “las Guías de edificación sostenible”.

El sistema de certificación existente en España, VERDE, está regulado por GBC (Green Building Council) España.



Figura 2. 11: Sistema de certificación VERDE. (GBC España)

La metodología de certificación VERDE se basa en una aproximación al análisis de ciclo de vida y evalúa la reducción de los impactos del edificio y emplazamiento al implantar mediadas agrupadas en una lista de criterios de sostenibilidad. Estos criterios permiten caracterizar el edificio, teniendo en cuenta aspectos de consumo de energía primaria, emisiones de CO<sub>2</sub>, etc. (28). Los criterios se agrupan en dos grupos, uno está relacionado con la parcela y el otro con el edificio:

1. Parcela
  - A. Parcela y emplazamiento
2. Edificio
  - B. Energía y atmósfera
  - C. Recursos naturales
  - D. Calidad del ambiente interior
  - E. Calidad del servicio
  - F. Aspectos sociales y económicos

Cada criterio tiene una puntuación de referencia que va de 0 a 5, teniendo en cuenta la normativa aplicable y el análisis de los valores de rendimiento de edificios de la zona. Siendo 0 el valor de referencia que corresponde al cumplimiento de la normativa, práctica habitual o valor medio, 3 el valor que define la calificación de una buena práctica y 5 el valor correspondiente a la mejor práctica posible con coste aceptable (26). En el resultado final se tiene en cuenta la reducción de impacto por aplicar medidas reductoras y el peso asociado a cada impacto puntuado de 0 a 5 mediante la “hoja de impactos” (Ver Figura 2. 12).

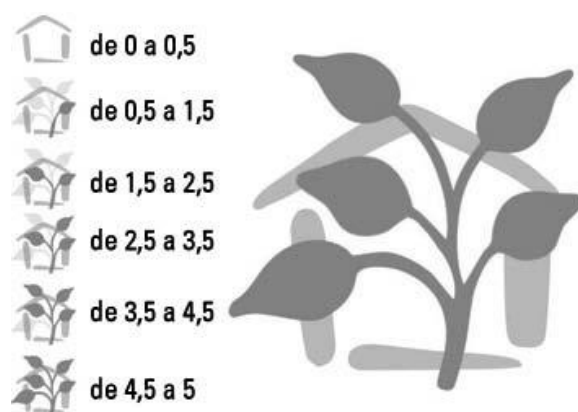


Figura 2. 12: “Hoja de impactos”.(28).

Además, este sistema de certificación permite tener en cuenta los impactos regionales y locales, frente a otros sistemas que no consideran los impactos locales. Asimismo, permite extrapolar la metodología a cualquier región puesto que, solo hay que cambiar los valores de referencia y máximos (28).

En Euskadi, también existe un sistema de evaluación de la sostenibilidad de edificios, “Las guías de edificación sostenible en el País Vasco”. Este sistema fue lanzado en 2005 por el gobierno Vasco a través de IHOBE (sociedad pública de gestión ambiental del gobierno Vasco) con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad ambiental de los edificios comerciales, administrativos, industriales, residenciales y obras de urbanización. Estas guías recogen una relación de buenas prácticas aplicables a lo largo de todo el ciclo de vida. La metodología utilizada en estas guías permite cuantificar el grado de sostenibilidad de los diferentes tipos de edificios (26).

Las guías establecen distintas áreas de actuación y las más habituales son las siguientes, variando según tipología de edificio y Guía aplicable (29):

- Materiales: consumo de materia prima no renovables.
- Energía: consumo de energía y/o generación de energía a partir de fuentes renovables o no renovables.
- Agua potable: Consumo.
- Aguas grises: generación y vertido.
- Atmósfera: emisiones.
- Calidad interior: calidad del aire interior, del confort y salud.
- Residuos: generación.
- Uso del suelo.
- Movilidad y transporte.
- Ecosistemas.
- Paisaje.
- Riesgos y seguridad.
- Cambio climático.

En las guías se incluyen unas fichas en las cuales se especifican las medidas para mejorar la sostenibilidad. De esta manera, se obtendrá un valor ambiental asociado a cada área de actuación teniendo en cuenta las medidas aplicadas. El valor obtenido es multiplicado por un factor obteniendo así un valor ponderado. La suma de los valores ponderados será la puntuación obtenida por el edificio (26). Para obtener el diploma el mínimo de puntos alcanzados debe ser 57 puntos. Los valores situados entre 57-70,99 corresponden a la Excelencia con nivel III y así sucesivamente hasta alcanzar la Excelencia de nivel I (Ver Figura 2.13).

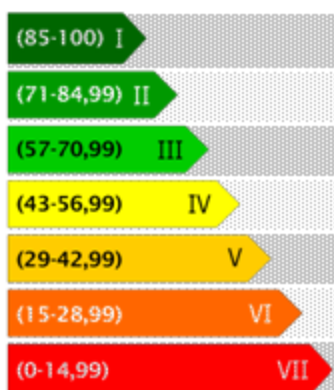


Figura 2. 13: Clasificación según las Guías de edificación sostenible en el País Vasco (26)

## 2.4. Rehabilitación energética de los edificios

La necesidad de cumplir con las Directivas Europeas y con los compromisos europeos adquiridos en lo relativo a la eficiencia energética en los edificios, hace necesario una intervención en los edificios. Además, un bajo crecimiento de edificios nuevos (ver Gráfico 2. 7) y el gran volumen de edificios existentes, hace que sea necesario intervenir mediante medidas de mejora relativas a la eficiencia energética en los edificios existentes. Según la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, si la demanda se mantiene, España posee suelo capaz de acoger nuevos crecimientos urbanísticos para los próximos cuarenta y cinco años pero, en parte de estos suelos no es previsible que se incremente la demanda en los próximos años. Además, existe una gran cantidad de viviendas nuevas vacías, alrededor de 723.043 viviendas.

Asimismo, según los datos del censo de Población y viviendas en 2011 elaborado por INE (instituto nacional de estadística), 8.914.346 edificios se construyeron antes de la entrada en vigor del CTE-2006 (Código Técnico de Edificación) en el que se exigían mínimos sobre eficiencia energética en los edificios (Ver Gráfico 2. 6). Por lo tanto, casi un 92%, sin tener en cuenta las viviendas ya rehabilitadas, no cumplen con las exigencias mínimas en lo relativo a la eficiencia energética de los edificios y por tanto, son susceptibles de ser rehabilitadas. Es por ello que, para cumplir con las exigencias Europeas en lo relativo a eficiencia energética se debe intervenir en el parque de viviendas que existen en España. Pero el porcentaje de rehabilitación en España, considerando el total construido, es uno de los más bajos de la Unión Europea, se sitúa trece puntos por debajo de la media Europea (30).

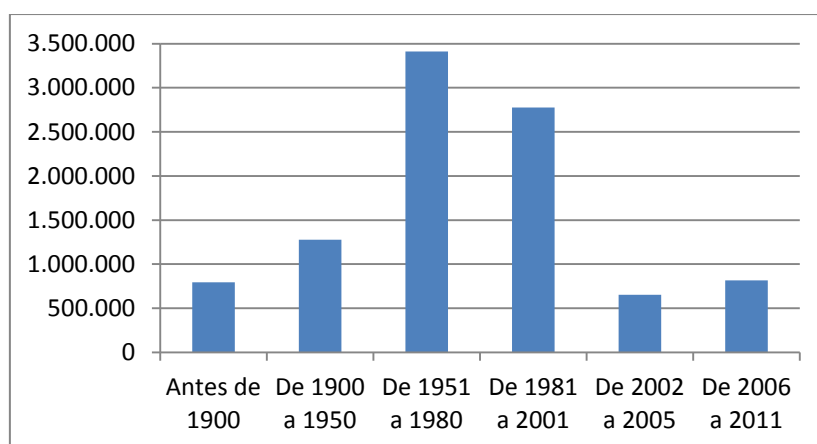


Gráfico 2. 6: Edificios según año de construcción en España. (INE)

En el siguiente Gráfico 2. 7 se puede observar el desplome de edificios residenciales de nueva planta desde 2006 hasta el 2015 en España debido principalmente, a la crisis económica del sector de la construcción. Además, las licencias de obra para rehabilitar han experimentado un descenso desde el años 2006 de casi un 28% como consecuencia de la crisis. Aun así, en los últimos años la rehabilitación realizada en los edificios es mayor que los edificios de nueva planta. Por su parte, los edificios demolidos desde la entrada de la crisis económica han disminuido más de un 80%.



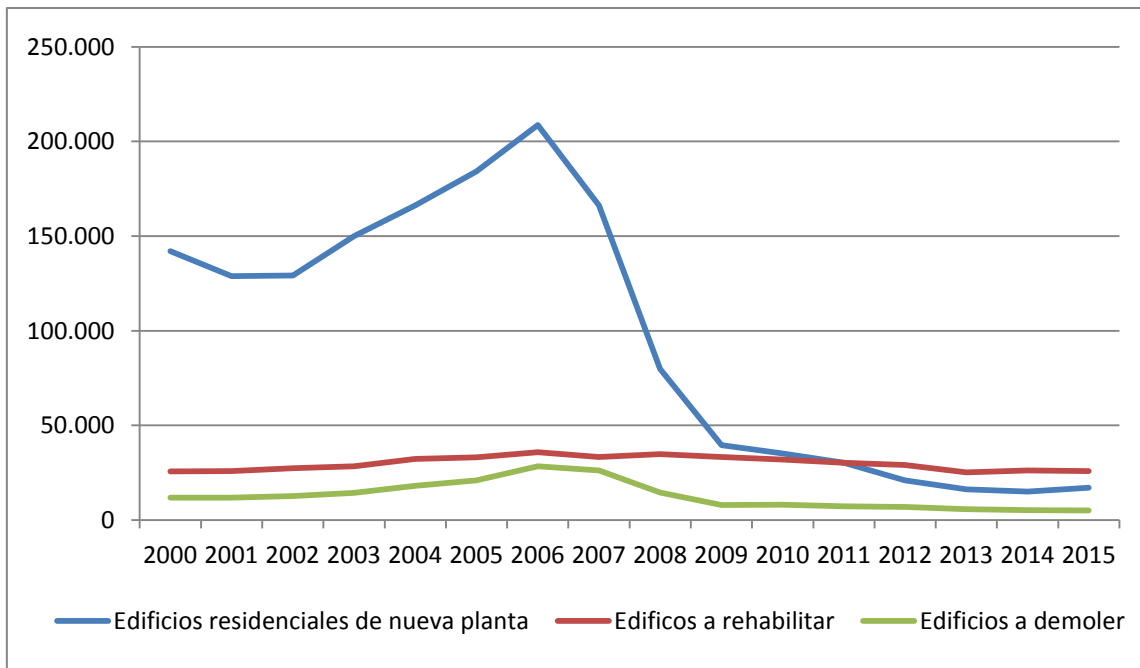


Gráfico 2. 7: Licencias municipales para edificios según tipo de obra. (Ministerio de fomento de España)

Si se tiene en cuenta las licencias de obra otorgadas en todas las Comunidades Autónomas de España en el 2013, se constata que la Comunidad Autónoma de Euskadi junto con la Comunidad de Madrid fueron donde más edificios se reformaron y menos edificios de nueva planta se construyeron, comparando con el resto de comunidades, tal y como se observa en la siguiente Figura 2. 14.

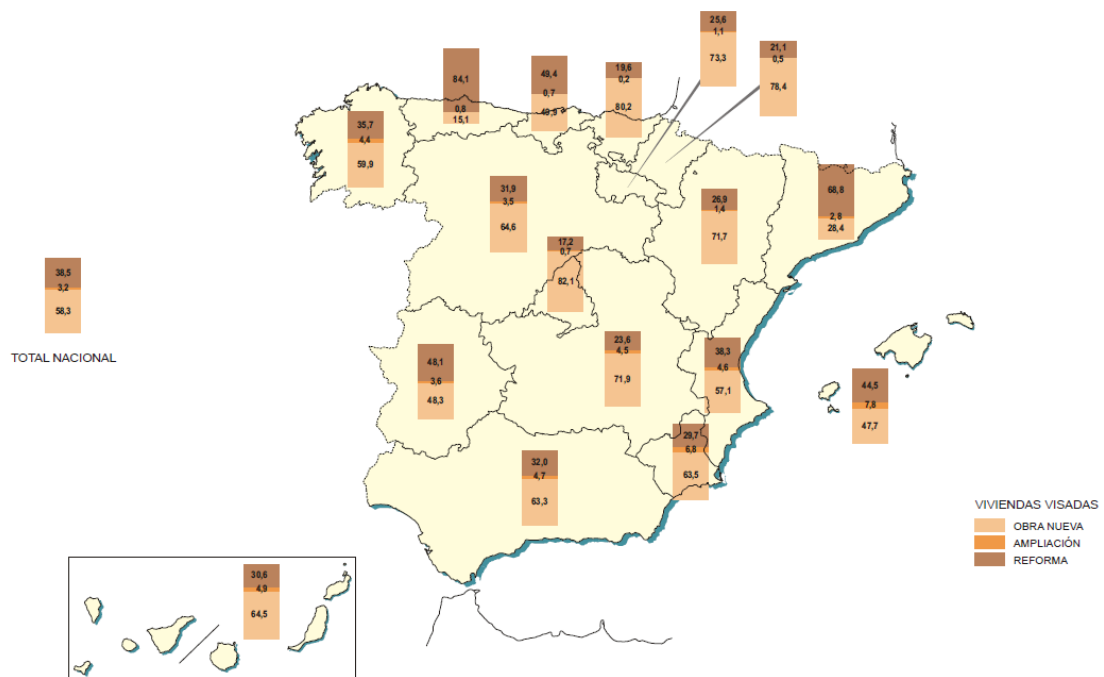


Figura 2. 14: Distribución porcentual de las viviendas según tipo. Año 2013. (Ministerio de fomento de España)

Para rehabilitar energéticamente los edificios existentes se pueden tomar diferentes medidas de mejora, algunas medidas son pasivas y otras activas.

- Medidas de mejora pasivas: No precisan de una puesta en marcha.
  - Aislamiento térmico de la envolvente térmica del edificio en su conjunto o en algunos de los elementos.
  - Mejora de los huecos de la envolvente: mejora de ventanas y marcos, mejora de la caja de persianas, etc.
  - Instalación de protección solar bien sea fija o móvil que impida total o parcialmente el paso de la radiación solar al interior.
  - Modificación del caudal de aire exterior/infiltración.
- Medidas de mejora activas: Precisan de una puesta en marcha.
  - Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas existentes en el edificio reduciendo así el consumo de energía de calefacción, refrigeración y ACS (Agua Caliente Sanitaria).
  - Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes.

Las medidas de mejora que mayor reducción de emisiones por euro de inversión tienen son las siguientes (ordenadas de mayor a menor): mejorar la eficiencia térmica de la envolvente del edificio, la mejora del comportamiento térmico de las ventanas y las calderas de biomasa u otra fuente de energías renovable (31). Si se mejoran únicamente los equipos térmicos y las instalaciones mediante sistemas de energía solar, el consumo medio de las viviendas se puede llegar a reducir un 12,4% y un 23,2% respectivamente. Pero si se mejora la envolvente térmica del edificio aislándola, la reducción alcanzada en el consumo medio de las viviendas es mayor, entre un 57% y un 72% (7).

Asimismo, con el fin de promover la rehabilitación energética de los edificios existentes, España dispone de diferentes planes de acción y programas de ayudas. Además, estos planes de acción se han desarrollado para cumplir con las Directivas Europeas en lo relativo a eficiencia energética. Es por ello que, mediante el Plan de Acción 2008-2012, primer Plan de Acción a efectos de la Directiva 2006/32/CE, se obtuvieron ahorros de energía importantes en 2010 respecto a los años de referencia 2007 y 2004 en el sector residencial (Ver Tabla 2. 13).

Sector residencial	Ahorro de energía final 2010 (ktep)		Ahorro de energía primaria 2010 (ktep)		Emisiones evitadas de CO <sub>2</sub> 2010 (Kt CO <sub>2</sub> )	
	Base 2004	Base 2007	Base 2004	Base 2007	Base 2004	Base 2007
<b>Envolvente y equipamientos térmicos</b>	273,9	698,6	521,8	1.034,5	1.094,3	2.318,6
<b>Iluminación</b>	81,0	53,3	202,6	125,7	409,6	269,2

Tabla 2. 13: Ahorro de energía final, primaria y emisiones evitadas en el sector residencial a 2010 en base 2004 y 2007. (IDAE)

Además, mediante en segundo plan de acción nacional de eficiencia energética en España, Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (PAEE 2011-2020), se estima un ahorro importante respecto al año 2007 en el sector edificación tanto residencial como terciario si se aplican las medidas de mejora planteadas en dicho plan (Ver Tabla 2. 14). Las medidas de

mejoras consisten en mejorar la envolvente térmica del edificio, las instalaciones térmicas y las instalaciones de iluminación.

	Ahorro de energía final (ktep)		Ahorro de energía primaria (ktep)		Emisiones evitadas de CO <sub>2</sub> (Kt CO <sub>2</sub> )	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020
<b>Edificación y equipamiento.</b>	2.674	2.867	5.096	5.567	11.116	12.120
<b>Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes.</b>	775	775	1.319	1.319	2.941	2.941
<b>Mejora de la eficiencia térmica de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.</b>	908	908	1.546	1.558	3.424	3.449
<b>Mejora de la eficiencia térmica de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes.</b>	674	842	1.588	1.986	3.400	4.251

Tabla 2. 14: Estimación de los ahorros según las medidas propuestas en PAEE 2011-2020. (IDAE)

Desde el punto socioeconómico, según diferentes estudios (32), implantando medidas prioritarias de aislamiento e incorporando energías renovables para la rehabilitación energética de los edificios existentes en España, se pueden generar puestos de trabajo tanto de empleo directo como indirecto (Ver Figura 2. 15).

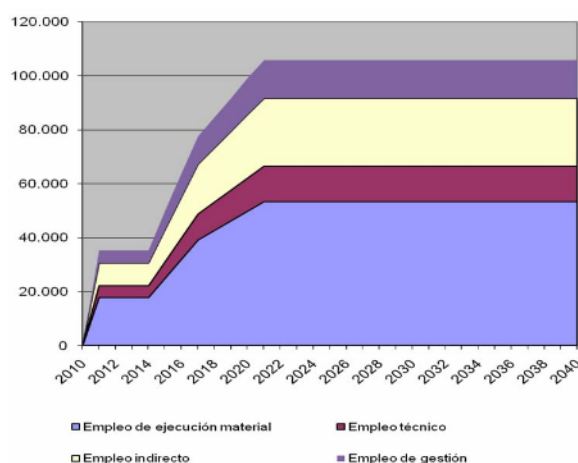


Figura 2. 15: Estimación de la creación de empleo durante el periodo 2010-2040 debido a la rehabilitación (32)

Por su parte, en Euskadi el 70% de la inversión total de las ayudas del Plan Renove de la Rehabilitación de la Vivienda concebidas durante el periodo 2013-2016, han sido para mejorar la eficiencia energética de los edificios. Por lo que, se estima una reducción del 60% en las emisiones de CO<sub>2</sub> (33). Además, el impacto en materia de empleo generado por el programa

de ayudas ha sido de un total de 13.551 empleos y en las actuaciones de rehabilitación de 8.945 empleos un 66%, empleo equivalente anual a jornada completa. (Ver Figura 2. 16).

ACTUACIONES POR TIPOLOGÍA DE OBRA	GENERACIÓN DE EMPLEO (empleo equivalente anual a jornada completa)				TOTAL 2013-2016
	2013	2014	2015	2016	
Actuaciones en elementos privativos de viviendas	523	460	462	529	1.974
Actuaciones de rehabilitación integral en edificios (adecuación estructural, fachadas, cubiertas, mejora de eficiencia energética, etc.)	2.306	2.135	2.063	2.441	8.945
Accesibilidad en edificios (ascensores, adecuación portales) y en espacios y equipamientos públicos	628	660	493	666	2.446
Regeneración urbana	31	30	62	63	186
<b>TOTAL</b>	<b>3.489</b>	<b>3.284</b>	<b>3.079</b>	<b>3.699</b>	<b>13.551</b>

**Figura 2. 16: Generación de empleo mediante las actuaciones de Plan Renove de la Rehabilitación de la vivienda 2013-2016 (33)**

Para la rehabilitación energética de un edificio existen diferentes medidas de mejoras, no obstante, son con las medidas de mejora térmica de la envolvente del edificio con las que mayor reducción de energía y de emisiones se obtiene, tal y como se ha comentado en el apartado anterior. Además, las mayores pérdidas de energía se producen por la fachada del edificio (Ver Figura 2. 5). Por lo que, para mejorar la eficiencia energética de los edificios existentes será necesario actuar sobre la fachada del edificio aislándola. Pero en el mercado existen una gran variedad de soluciones constructivas y tipos de aislamientos con los cuales se puede mejorar térmicamente la fachada, en el capítulo 4 se describen las soluciones constructivas y materiales aislantes convencionales y los novedosos, lo que dificulta la elección de la solución más idónea para rehabilitar la fachada del edificio. Además, la elección de la solución se debe basar no solo en aspectos económicos, sino también en aspectos medioambientales de la rehabilitación y en el impacto que la rehabilitación genera en los inquilinos y en su entorno, es decir, basar la decisión teniendo en cuenta la solución más sostenible. Esto hace que, la toma de decisión no sea una tarea sencilla puesto que, existe más de un criterio para evaluar la sostenibilidad además de la gran variación de soluciones y tipos de aislamientos. Es por ello que, para la toma de decisión se utilizará una metodología multicriterio (MCDM, Multiple criteria decision making), con el fin de lograr una solución multidimensional y facilitar así la elección de la solución de rehabilitación más sostenible.

Además, la rehabilitación de los edificios es de vital importancia no sólo por las consecuencias inmediatas como son la reducción del consumo de energía, la mejora del estado de los edificios, etc. sino también por los efectos externos positivos, como el aumento de la calidad de vida, la reducción del cambio climático, etc. Los edificios no están construidos en un espacio vacío, son espacios humanos en los que viven y trabajan. Es por ello, que debe ser considerada la renovación del entorno construido y humano (9).

### 2.4.1. Sostenibilidad

El parlamento europeo en su estrategia temática sobre el medio ambiente urbano establece que, la construcción sostenible es un proceso que integra consideraciones funcionales, económicas, medioambientales y de calidad en aras de, construir y rehabilitar los edificios de manera que estos sean (34):

- Funcionales, accesibles, atractivos, confortables y saludables fomentado así, el bienestar de los ocupantes y entorno.
- Eficientes en el consumo de energía, materiales y agua.
- Respetuosos con el entorno.
- Competitivos económicamente durante todo su ciclo de vida.

Estas condiciones exigibles a un proceso de rehabilitación sostenible de edificios se engloban dentro de los tres pilares básicos de la sostenibilidad; pilar social, pilar medioambiental y pilar económico (ver Figura 2. 17).

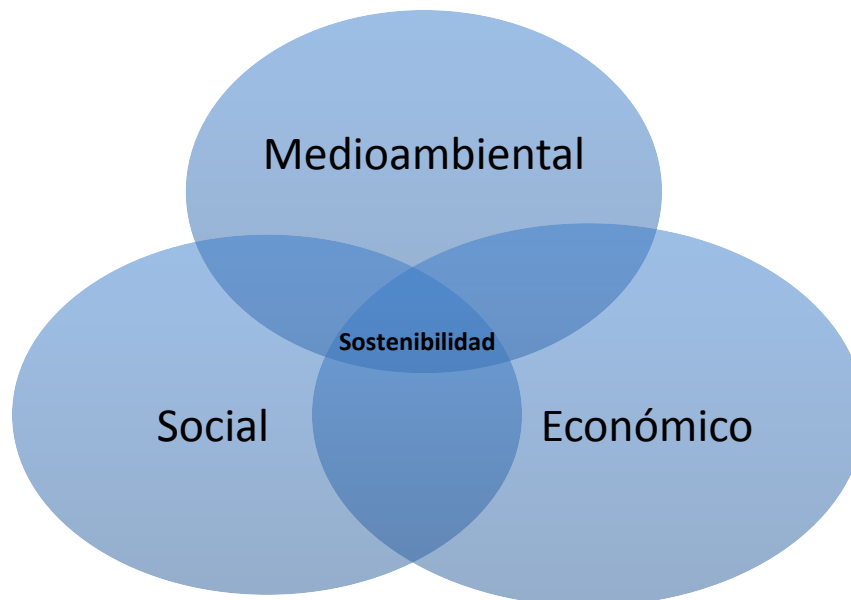


Figura 2. 17: Los tres pilares básicos de la sostenibilidad

El pilar Económico representa la competitividad económica del edificio durante todo su ciclo de vida. Esto implica tener en cuenta aspectos como los costes de mantenimiento del edificio, la durabilidad y precios de reventa del edificio.

Por su parte, el pilar medioambiental representa la eficiencia del edificio en el consumo de los recursos durante el ciclo de vida del edificio. Especialmente en el consumo de energía de ahí, la necesidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios y aumentar el uso de fuentes de energías renovables. Además de en el consumo de materiales, haciendo uso de materiales respetuosos con el medioambiente siendo reciclables o con contenido de materiales reciclados en otros subproductos industriales. Así como, en el consumo de agua aprovechando el agua de la lluvia, aguas subterráneas y tratando de una manera correcta las aguas residuales.

Por último, el pilar social representa el impacto que genera el edificio en los ocupantes y en el entorno del mismo durante todo su ciclo de vida. Por tanto, hay que tener en cuenta aspectos de accesibilidad al edificio, de bienestar como el confort y la salud dentro del mismo, el grado de adaptación al entorno siendo respetuosos con el entorno considerando la cultura y el patrimonio local.

Considerando estos pilares básicos de la sostenibilidad, la rehabilitación sostenible de los edificios permite establecer durante todo su ciclo de vida una mejora en aspectos medioambientales, económicos y sociales del entorno y la calidad de vida de los ocupantes del mismo. Es por todo ello por lo que, a la hora de establecer una metodología de selección se considere evaluar la sostenibilidad de las soluciones de rehabilitación de edificios. Pero la evaluación de la sostenibilidad de todas las soluciones conlleva analizar aspectos económicos, medioambientales y sociales en todo su ciclo de vida. Además, en este caso también, se pretende incorporar un aspecto el cual evaluará la funcionalidad de las soluciones de rehabilitación durante todo su ciclo de vida. Para ello, habrá que comparar parámetros difícilmente expresables en las mismas unidades y en ocasiones difícilmente cuantificables. Esto y el hecho de la existencia de más de un criterio pueden dificultar extremadamente la toma de decisión. Es por ello que, para poder elegir la solución de rehabilitación más sostenible se tenga que hacer uso de herramientas multicriterio.

## 2.5. Herramientas de evaluación multicriterio

Las herramientas multicriterio, basados en la metodología multicriterio (MCDM), proporcionan medios para resolver los problemas de toma de decisión complejos permitiendo la incorporación de criterios. Estas herramientas se pueden clasificar según el número de alternativas que posee el problema (35) (Ver Tabla 2. 15).

Técnicas	Metodologías
Continuo	Programación por metas y programación por compromiso
Discreto	Métodos de Decisión Multicriterio Discretos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A.H.P.</li> <li>• MIVES</li> <li>• ELECTRE</li> <li>• TOPSIS</li> <li>• VIKOR</li> <li>• SAW</li> <li>• COPRAS</li> </ul>

Tabla 2. 15: Métodos para el análisis multicriterio

Tal y como se puede observar en la Tabla 2. 15, las metodologías se pueden dividir en dos grupos dependiendo de si el conjunto de la alternativa es continuo o discreto. Se considera el conjunto discreto cuando es factible enumerar y tratar explícitamente cada uno de las alternativas posibles. Por el contrario, el conjunto de alternativas es continuo cuando no es factible enumerar y conocer de manera explícita cada una de las alternativas.

**Los métodos de programación por metas y programación por compromiso** se utilizan cuando el conjunto de las alternativas es continuo y existen varios criterios. Estos métodos buscan optimizar los objetivos satisfaciendo unas restricciones por tanto, se aplican aproximaciones que se basan en optimización.

Por el contrario, cuando el conjunto de las alternativas es factible numerar (factible finita), en un número no muy elevado y se conoce de manera explícita cada uno de las alternativas posibles y existen varios criterios se utilizan los **métodos de decisión multicriterio discretos**. Las técnicas utilizadas en estos métodos son técnicas de decisiones con multiatributo. Como punto de partida de estas técnicas se utiliza una matriz la cual representa las valoraciones de la decisión. A continuación, se detallan las herramientas multicriterio más habituales utilizadas en estos dos grupos en edificación (36) y en rehabilitación de edificios (37-40):

- **A.H.P. (Analytical Hierarchy Process)**. Es un método jerárquico que sintetiza los valores obtenidos mediante procedimientos matemáticos y fue desarrollada por Saaty en 1985. Este método analiza el problema a través de una estructura jerárquica y establece prioridades basadas en la preferencia de un elemento sobre otro.
- **MIVES (Modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad)**. Esta metodología evalúa cada alternativa a través de un índice de valor el cual mide el grado de sostenibilidad de cada alternativa. Sintetiza los valores obtenidos por cada alternativa respecto a todos los criterios mediante la aplicación de procedimientos matemáticos. La asignación de pesos se realiza mediante la herramienta A.H.P para evitar subjetividad. Asimismo, Para obtener el índice de valor utiliza la **Teoría de utilidad Multiatributo (MAUT)**, es decir, realiza la suma ponderada de los diferentes criterios (41).
- **ELECTRE**. Este método está dentro de los métodos basado en relaciones superiores. Compara dos alternativas respecto a todos los criterios utilizando relaciones binarias. Requiere una entrada de evaluaciones de criterios para las alternativas, información de preferencia, expresada con pesos, umbrales y otros parámetros. Si no existe información de peso precisa y completa, este método no se puede usar sin algún método externo para transformar las preferencias a valores de peso determinados (37).
- **TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution)**. Es una metodología que se usa con frecuencia para identificar soluciones las cuales se encuentran lo más cerca posible a una solución ideal puesto que es un método el cual compara dos alternativas respecto a todos los criterios utilizando relaciones binarias, como el anterior. Para esto se aplica alguna medida de distancia, primero se mide la distancia de las alternativas a los puntos ideales y anti-ideales predefinidos y luego se agrega la información de la distancia separada para alcanzar los resultados globales de la evaluación por lo que, la idea base de esta metodología es simple e intuitiva (37). Pero el punto débil de este método es el no proporcionar la asignación de pesos y la consistencia de verificación de los juicios (42).
- **VIKOR**. Es una metodología para sistemas complejos basados en el método de punto ideal. Mediante esta metodología se identifica la solución ideal positiva la cual es el mejor valor de las alternativas bajo criterios de evaluación y la solución ideal negativa siendo esta el peor valor. Es un método de fácil entendimiento ya que, tiene menos factores a considerar y el cálculo es simple (37).

- **SAW (Simple Additive Weighting)**. Esta metodología consiste en agregar valores de criterios para cada alternativa y aplicar pesos a los criterios individuales. Para que esto sea posible los criterios deben mantenerse utilizando la misma escala. Una vez agregados los valores de todas las alternativas, se obtiene la solución comparativamente óptima teniendo en cuenta el valor más alto o más bajo (9).
- **COPRAS (COmplex PROportional ASsessment)**. Este método supone una dependencia directa y proporcional de significación relativa y prioridad de las alternativas basándose en un sistema de valores y pesos de los criterios (9). La significación (eficiencia) de las alternativas comparativas se determina sobre la base de describir las características positivas ("pluses") y negativas ("minuses").

### 2.5.1. Selección de la metodología a utilizar

Las alternativas del problema de elección del sistema de rehabilitación de edificios son discretas y además existen varios criterios por lo que, se seleccionará un método de técnicas de decisión con multiatributo. De las metodologías comentadas dentro de este grupo, todas podrían ser utilizadas para seleccionar el sistema de rehabilitación de edificios y así han sido utilizadas en la mayoría de los casos. Pero seleccionar la alternativa más sostenible, considerando los tres pilares de la sostenibilidad, entre dos alternativas no es tarea sencilla puesto que, hay que evaluar múltiples indicadores correspondientes a cada pilar. Es por ello que, el sistema de ponderación de indicadores podría ayudar a evitar seleccionar las alternativas inadecuadas así como la teoría de utilidad multiatributo que podría ayudar a evitar soluciones equivocadas. MIVES es el único método que tiene en cuenta las funciones de valor basadas en la teoría de la utilidad multiatributo.

Por otro lado, en el problema planteado no se fácil identificar el valor de la solución ideal desde todos los puntos de vista así que, se descartan las metodologías basadas en métodos de punto ideal o solución ideal.

Por lo que, teniendo en cuenta todo lo comentado, se seleccionará la metodología MIVES para obtener el sistema de rehabilitación de edificios más sostenible.

A continuación, se detallan algunos aspectos de la metodología seleccionada.

#### 2.5.1.1. MIVES

MIVES es un modelo y herramienta de toma de decisión desarrollado por investigadores de tres universidades e instituto españoles (Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Tecnalia, Universidade da Coruña (UdC) y Universidad del País Vasco (UPV/EHU)), dentro de un proyecto de I + D (Investigación y desarrollo) del Ministerio que ha tenido continuidad durante 9 años en sucesivas convocatorias. Este método se aplicó inicialmente en el campo de la sostenibilidad y los edificios industriales (43). La metodología MIVES consiste en un método de toma de decisiones multicriterio que evalúa cada alternativa del problema mediante un índice



de valor. El indicador de valor permite evaluar el grado de satisfacción de los indicadores involucrados pudiendo tener éstos unidades diferentes. Para la obtención del índice de valor se realiza una suma ponderada de los valores de los criterios considerados, admitiendo que existe certidumbre. Por lo que, esta metodología está dentro de la Teoría de Utilidad Multiatributo (41).

Además, la metodología utiliza en la fase de asignación de pesos la teoría A.H.P (44) para tratar de reducir la subjetividad a la hora de establecer los pesos.

Los indicadores involucrados en la toma de decisión habitualmente están expresados en unidades diferentes por lo que, para homogenizar las unidades y poder comparar MIVES utiliza funciones de valor. Mediante estas funciones de valor se transformarán las unidades de medida de los indicadores en unidades adimensionales comprendidas entre 0 y 1.

Esta metodología considera los principales requisitos de la sostenibilidad, requisito económico, medioambiental y social midiendo así, el índice de valor el grado de sostenibilidad de las alternativas. Asimismo, ofrece la opción de poder incorporar más requisitos pudiendo ser uno de ello el requisito de la funcionalidad.

A continuación, se muestran las ventajas y limitaciones y ejemplos de aplicación de la herramienta MIVES

### **2.5.1.2. Ventajas y limitaciones de la herramienta MIVES**

En la metodología MIVES el planteamiento de todo el modelo de valoración es anterior a la creación de las alternativas. Esto hace que la metodología sea diferente de otras, siendo una de las características más importantes de la metodología. La toma de decisiones se hace al inicio, a la hora de definir y valorar los aspectos a tener en cuenta. Este planteamiento es una ventaja puesto que, al no estar definidas las alternativas no existen influencia de las valoraciones de las alternativas y por tanto, se evita cierta subjetividad (41). Permite valorar variables cualitativas mediante puntuaciones reduciendo así, la subjetividad. Además, se puede generar un criterio de comparación con los resultados logrados respecto a las variables ya que, permite hacer un análisis de sensibilidad (45).

Otra ventaja es la posibilidad de poder valorar las diferentes soluciones de rehabilitación desde la sostenibilidad y no solo desde el ámbito económico. Por lo que, mediante esta metodología se abordan los principales pilares, tales como el medioambiental y social valorando así, la interacción que presentan los edificios con el entorno.

Las limitaciones de esta herramienta aparecen cuando se aplica fuera del contexto para el que fue evaluada. Para poder evaluar en un contexto concreto y lograr una evaluación homogénea es necesario modificar las bases de datos con que se trabajan. Asimismo, la herramienta presenta limitaciones en el número de indicadores que se pueden utilizar (46).

### 2.5.1.3. Ejemplos de aplicación de la herramienta MIVES

Debido a su carácter versátil, la herramienta puede evaluar diferentes campos en la toma de decisiones. Por tanto, son varios los ámbitos de aplicación de la herramienta; académico e institucional, contratación de personal, costes, presas, edificación, etc. (46)

A continuación, se exponen varios ejemplos de aplicación de la herramienta MIVES recogidos en tesis doctorales y en artículos:

- Una nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos. (Manga Conte, Resmundo. 2005) (47)
- Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles. (Alarcón, Bibiana. 2006) (35, 43)
- Desarrollo de una metodología para el proceso de diseño sostenible de edificaciones industriales bajo requerimientos medioambientales. (Garrucho Aprea, Issac. 2006) (48-52)
- Nueva metodología para la evaluación de la sostenibilidad respecto al requerimiento de seguridad y salud en proyectos de edificación. (Reyes Pérez, Juan Pedro. 2008) (53, 54)
- Un nuevo sistema integrado de gestión de costes en proyectos de Obra Civil y Edificación. (Azuola Quirós, Luis Diego. 2008) (55)
- Optimización de los pavimentos industriales desde una perspectiva sostenible y aplicación de la herramienta MIVES. (Pulido, A. 2008) (56)
- Establecimiento de una metodología general para la medida de la sostenibilidad en el ciclo de vida de los edificios industriales. (Cuadrado Rojo, Jesús. 2009) (36, 57-63)
- Análisis de valor en la toma de decisiones aplicado a carreteras. (Villegas Flores, Noé. 2009) (45)
- Aplicaciones y avances de la metodología MIVES en valoraciones multicriterio. (Viñolas Prat, Bernat. 2011) (64, 65)
- Base para un índice de calidad acústica global de la arquitectura interior. Aplicación a los espacios comerciales urbanos. (D'Aula, Enrica. 2012) (66)
- Proyecto sostenible de estructuras de hormigón. Evaluación de la sostenibilidad teniendo en cuenta la incertidumbre. (Gómez López, Diego. 2012) (67-72)
- Metodología para priorizar y planificar, de manera sostenible, la rehabilitación de estructuras degradadas. Caso extremo del Centro Histórico de la Habana. (Piñero Santiago, Ignacio. 2013) (73)
- Gestión Sostenible de Presas de Hormigón: del diagnóstico a la inversión. (Pardo, Francesc. 2014) (74-76)
- Metodología para la evaluación y seguimiento de procedimientos constructivos de forma sostenible e integrada. (Casanovas Rubio, Maria del Mar. 2015) (77, 78)
- Estrategias en la localización de espacios para actividades productivas y económicas con un enfoque integrador: Economía, sostenibilidad y planeamiento. (Larrauri, Marcos. 2015) (79, 80)
- Sostenibilidad en el sector de la construcción. Sostenibilidad en estructuras y puentes ferroviarios. (Valdivieso, Raquel. 2016) (81)
- Mechanical Performance and Sustainability Assessment of Reinforced Soil Walls. (Bathurst, Richard John. 2016) (82)
- Sustainability in the Post-Disaster Temporary Housing Management for Urban Areas. (Seyed M.A. Hosseini. 2016) (83-85)
- Desarrollo de un modelo de evaluación de la innovación para las empresas del sector de la construcción (Zubizarreta Irure, Mikel. 2017) (86)

- Development and characterization of exterior Radiata-pine cladding for more sustainable and energy efficient façades in the Basque Country (Pelaz Sánchez, Belinda. 2017) (87)

## **2.6. Antecedentes relacionados con la temática de la Tesis Doctoral planteada**

Se han desarrollado diferentes métodos para seleccionar el material aislante más adecuado o la solución de fachada de edificio más adecuada. A continuación, se detallan algunos de estos métodos de selección.

1) Metodología para seleccionar el material aislante óptimo desde el punto de vista del reciclaje (10). Para ello, se tienen en cuenta tres factores: el consumo de energía primaria, el impacto medioambiental y los costes económicos durante todo el ciclo de vida del material aislante. Pero no se tienen en cuenta todos los aspectos de la sostenibilidad, tales como el aspecto social, ni el aspecto funcional que se quiere tener en cuenta en la metodología a plantear. Además, solo se considera la elección del material y no del conjunto de la solución constructiva. La herramienta planteada puede ser utilizada para seleccionar el material aislante para edificios nuevos, en la fase de diseño, o en edificios existentes a rehabilitar. La aplicación práctica de esta herramienta se ha realizado en un edificio multifamiliar ubicado en Grecia.

2) Método de selección del material aislante óptimo para mejorar la eficiencia energética de los edificios (11). Los criterios de selección utilizados son: el coste, la densidad, la capacidad calorífica específica, conductividad térmica, factor de resistencia al vapor de agua y las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la fabricación del material aislante. Al igual que el anterior, no se considera el aspecto social y medioambiental, aunque en este caso si se han tenido en cuenta las propiedades térmicas y físicas del material aislante. Pero tal y como ocurría con el caso anterior, esta metodología solo se centra en la selección del material aislante y no en el conjunto. La metodología tienen como ámbito de aplicación los edificios existentes ubicados en Sarajevo.

3) Metodología para determinar el espesor óptimo del material aislante para la envolvente exterior de los edificios (12). La selección se realiza desde el punto de vista del impacto económico e impacto ambiental del material aislante. El impacto ambiental se ha calculado mediante la metodología de análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales aislantes utilizados. En esta metodología no se consideran aspectos, tales como sociales para evaluar el impacto que genera la selección del espesor óptimo en los inquilinos o en entorno del edificio, ni aspectos funcionales teniendo en cuenta el material aislante durante todo su ciclo de vida. Además, solo se evalúa el material aislante utilizado en el edificio por lo que, no se tiene en cuenta todo el conjunto de sistema de rehabilitación. En ámbito de aplicación de esta metodología son edificios ubicados en España puesto que se, tiene en cuenta la normativa española en lo relativo a eficiencia energética de los edificios.

4) Selección del material aislante óptimo aplicado en edificios históricos ubicados en la región del Mar Báltico (40). El problema que se intenta cubrir en este estudio es el tema de la rehabilitación de los edificios históricos ya que, debido a los requisitos de preservación del patrimonio de las fachadas solo es posible aislar por el interior de los edificios. Para ello, se tendrán en cuenta los problemas de humedad en las construcciones de fachadas de ladrillo, la pérdida de espacio en el interior, etc. Por tanto, los factores que se ha tenido en cuenta para seleccionar el material aislante en este tipo concreto de edificios son: coste del material, la complejidad de la instalación, el coeficiente de transferencia de calor, la pérdida de espacio después de la instalación y las propiedades hidrofóbicas/humedad de los materiales. Esta metodología es de aplicación muy particular puesto que, se centra en una región y un tipo de edificios concretos (edificios históricos). Es por ello que, de primeras ya se descartan sistemas de rehabilitación que alteran la fachada del edificio por la protección que tiene la fachada. Además, aunque se tienen en aspectos económicos, sociales y funcionales no se ha considerado el impacto ambiental que la rehabilitación genera.

5) Metodología para seleccionar la alternativa de rehabilitación más idónea utilizando herramientas multicriterio. El objetivo de esta herramienta es crear una técnica para la elección y selección de versiones diferentes y efectivas de la construcción de muros exteriores (13). Para ello se ha tenido en cuenta la durabilidad de la fachada, la transmitancia térmica, la estimación del coste de la fachada en  $m^2$ , el peso de la fachada y el tiempo de ejecución. Pero en esta metodología no se han considerado aspectos sociales con los que evaluar el impacto que la rehabilitación genera en los inquilinos y en el entorno del edificio. Además, tampoco se ha tenido en cuenta el impacto ambiental que genera la rehabilitación ya que, solo se centra en factores económicos y funcionales de la rehabilitación. La metodología se ha aplicado a edificios residenciales ubicados en Lituania.

6) Elección de la alternativa de rehabilitación de edificios, utilizando para ello diversos métodos de evaluación multicriterio (14). Los criterios que se han tenido en cuenta en este caso son el coste del aislamiento, la transmitancia térmica del aislamiento, resistencia de las juntas adhesivas, coeficiente a absorción de agua del acabado, el periodo de garantía, tiempo de ejecución, etc. Como en la metodología anterior, esta herramienta solo considera aspectos económicos y funcionales de la rehabilitación y no tiene en cuenta los aspectos ambientales y sociales que generan la rehabilitación. Se aplicada en edificios residenciales y públicos construidos durante los años de la Unión Soviética en Lituania. Por lo que, la metodología se centra en un tipo constructivo concreto de edificios construidos en un periodo de tipo concreto y un país concreto.

7) Metodología para seleccionar los elementos de construcción para la rehabilitación con el fin de mejorar el ahorro de energía en los edificios (88). Mediante esta metodología se pretende ayudar a seleccionar el aislamiento térmico para todo el edificio consiguiendo así, mejorar la durabilidad y disminuir las pérdidas de calor. El aislamiento de la envolvente se selecciona dependiendo de la estructura, materiales y particiones del edificio. A la hora de seleccionar los elementos de construcción más adecuados solo se han considerado aspectos económicos y funcionales. No se han tenido en cuenta, por ejemplo el impacto ambiental que la fabricación de los elementos de construcción generan en el medioambiente, ni el impacto social que puede generar la rehabilitación en los inquilinos ni en el entorno. La metodología se ha aplicado en edificios de mampostería sin aislamiento térmico construidos durante la Unión Soviética en Lituania. Asimismo, tal y como ocurría en la metodología anterior, esta herramienta se centra en un tipo constructivo concreto de edificios.

8) Metodología para establecer el proceso de selección efectiva de elementos de construcción para rehabilitación más importante para mejorar la eficiencia energética de los edificios utilizando para ello herramientas multicriterio (15). Principalmente se ha analizado la fachada como elemento constructivo además de otros elementos tales como el tejado, las ventanas y los techos. Los criterios analizados para seleccionar la fachada más idónea han sido la resistencia térmica, el precio de la estructura, ahorro de la energía después de la rehabilitación y el payback (el tiempo de retorno de la inversión). En esta metodología se han tenido en cuenta factores económicos y algunos funcionales, pero no se ha considerado el impacto ambiental que, por ejemplo se genera en la producción de los materiales utilizados, ni se ha tenido en cuenta el impacto social de la rehabilitación. La metodología se aplica a edificios “Panel buildings” construidos durante los últimos 40 años en Lituania. Como en las dos metodologías anteriores, esta herramienta de selección se centra en un tipo constructivo concreto de edificios.

9) Herramienta para seleccionar la estrategia de rehabilitación más adecuada para la rehabilitación de edificios de oficinas (89). Las estrategias se basan en la intervención de la fachada original de edificio ya que son las más significativas. Se han tenido en cuenta simultáneamente los tres pilares de la sostenibilidad: medioambiental, sociocultural y económico para determinar la estrategia de rehabilitación más adecuada en su totalidad. Pero no se ha considerado el aspecto funcional de la rehabilitación durante todo su ciclo de vida. El ámbito de aplicación es la rehabilitación de edificios de oficinas en Suiza. Por lo que, esta metodología se centra en edificio de uso no residencial y ubicados en Suiza.

10) Modelo para ayudar a seleccionar las acciones de rehabilitación de los edificios en la fase conceptual del proyecto para mejorar la sostenibilidad del edificio (90). Las acciones que se tiene en cuenta para la rehabilitación son, entre otras: añadir aislamiento de diferente espesor en la fachada y en el tejado, instalación de ventanas nuevas, instalación de iluminación adecuada, etc. La evaluación de las acciones se realiza teniendo en cuenta factores de funcionalidad y medioambientales. Pero no se han tenido en cuenta factores sociales. Además, no se selecciona la solución de rehabilitación de fachada más sostenible sino la acción de rehabilitación más adecuada. Se ha aplicado en un edificio residencial en Finlandia.

11) A nivel Europeo se inició una metodología, con el fin de evaluar las tecnologías de rehabilitación de las fachadas exteriores tanto tecnologías innovadoras como convencionales. El método sistemático incluye una lista de criterios y directrices detalladas para la evaluación teniendo en cuenta aspectos técnicos, funcionales, aspectos relacionados con el proceso tales como los impactos causados a los edificios vecinos y a sus usuarios y aspectos del ciclo de vida tanto medioambientales como financieros (16). De esta manera, se desea ayudar especialmente a las pequeñas y medianas empresas (PYME) a la hora de mejorar y desarrollar conceptos para la renovación de la fachada exterior del edificio. Pero con este método no se desea seleccionar la solución de fachada más idónea, sino ofrecer una herramienta para evaluar las técnicas de rehabilitación de fachadas exteriores. Además, se desconoce la metodología de evaluación y no se ha desarrollado una herramienta al uso.

En la siguiente Tabla 2. 16, se resumen las herramientas y metodologías comentadas en este apartado.

	<b>Objetivo</b>	<b>Ámbito de aplicación</b>	<b>Ref.</b>
1	Seleccionar el material aislante óptimo desde el punto de vista del reciclaje.	Edificios nuevos y existentes. Aplicado en un edificio multifamiliar ubicado en Grecia.	(10)
2	Seleccionar el material aislante óptimo para mejorar la eficiencia energética de los edificios.	Edificios existentes ubicados en Sarajevo.	(11)
3	Determinar el espesor óptimo del material aislante para la envolvente exterior de los edificios.	Edificios ubicados en España.	(12)
4	Seleccionar el material aislante óptimo para aislar por el interior edificios históricos.	Edificios históricos ubicados en la región del Mar Báltico.	(40)
5	Crear una técnica para la elección y selección de versiones diferentes y efectivas de la construcción de muros exteriores.	Edificios residenciales ubicados en Lituania.	(13)
6	Elección de la alternativa de rehabilitación de edificios utilizando para ello diversos métodos de evaluación multicriterio.	Edificios residenciales y públicos construidos durante los años de la Unión Soviética en Lituania.	(14)
7	Seleccionar el aislamiento térmico para todo el edificio, con el fin de mejorar el ahorro de energía en los edificios.	Edificios de masonería construidos durante la Unión Soviética en Lituania.	(88)
8	Establecer los procesos de elementos de construcción para rehabilitación más importantes para mejorar la eficiencia energética de los edificios.	“Panel buildings” construidos durante los últimos 40 años en Lituania.	(15)
9	Seleccionar la estrategia de rehabilitación más adecuada.	Edificios de oficinas en Suiza.	(89)
10	Modelo para ayudar a seleccionar las acciones de rehabilitación de los edificios en la fase conceptual del proyecto para mejorar la sostenibilidad del edificio.	Edificios residenciales en Finlandia.	(90)
11	Evaluar las tecnologías de rehabilitación de las fachadas exteriores tanto innovadoras como convencionales.	Edificios residenciales en toda Europa.	(16)

**Tabla 2. 16: Resumen de las herramientas y metodologías para seleccionar o evaluar las intervenciones de rehabilitación en edificios**

Considerando las herramientas y metodologías de selección vistas en este apartado, se puede afirmar que se han desarrollado una amplia gama de metodologías para ayudar en el proceso de rehabilitación de los edificios, tanto para seleccionar el material aislante como para seleccionar la alternativa de rehabilitación de fachada o la estrategia de rehabilitación más idónea. Para ayudar en la selección se han utilizado diferentes criterios y factores. Además, el ámbito de aplicación es diverso.

En el caso de esta Tesis Doctoral, la novedad radica en establecer una metodología de selección del sistema de rehabilitación de edificios residenciales que engloba tanto, la selección del material aislante más idóneo como la solución de rehabilitación de fachada desde el punto de vista de la sostenibilidad. Para realizar el análisis desde el punto de vista de la sostenibilidad, se tendrán en cuenta los tres pilares y un requerimiento más es decir,

considerarán como requerimientos el requerimiento económico, el medioambiental, el social y el funcional. Se ha introducido un requerimiento más puesto que, se ve necesario considerar la funcionalidad de las diferentes alternativas para comparar la complejidad de la instalación de éstas durante el proceso de ejecución. Además, se quiere aplicar a una Comunidad Autónoma caracterizada por una tipología constructiva y a un periodo de construcción concreto en el que no se tienen en cuenta las características térmicas de la envolvente y que se corresponden con un elevado número de edificios dentro de CAE. Este es un factor a tener en cuenta puesto que la normativa vigente en lo relativo a eficiencia energética en España establece diferentes exigencias dependiendo de la ubicación de los edificios a rehabilitar. Asimismo, el entorno sociocultural y económico de Euskadi difiere del resto de las comunidades autónomas de España. Aunque la metodología a establecer se desea aplicar en una región concreta y para un periodo de construcción concreto la metodología seleccionada, MIVES, permite ampliar el ámbito de aplicación modificando el entorno seleccionado en la metodología.

Es por todo ello por lo que, se ha llegado a la conclusión de que en la actualidad no existe una herramienta de selección del material aislante y de la solución de fachada más idónea desde el punto de vista de la sostenibilidad global para edificios ubicados en la Comunidad Autónoma de Euskadi y construidos antes de la entrada en vigor del CTE.

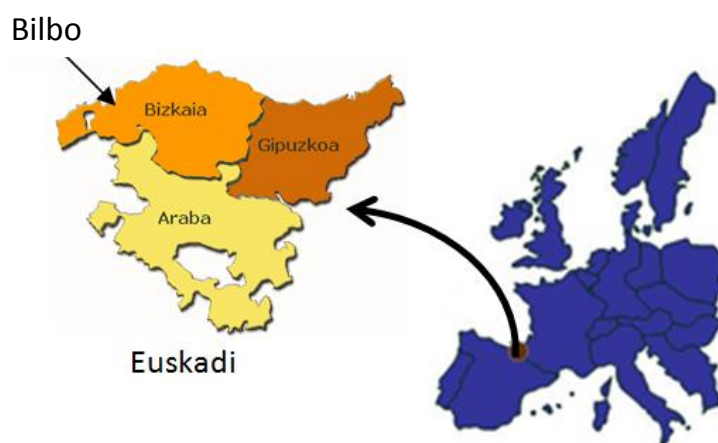




### **3. Kapituluua: EKT-A INDARREAN SARTU BAINO LEHEN ERAIKITAKO ETA EAE KOKATUTA DAUDEN ERAIKINEN IKERKETA**

#### 3.1. Sarrera

Euskal Autonomia Erkidegoan (EAE) kokatutako eraikinen eraikuntza tipologia ikertzeko Bilbo hiria hartuko da erreferentzi bezala. Izan ere, Bilbo EAE-an etxebizitza parkerik handiena duen probintzi hiriburua da. Hiri hau Espainiako iparraldean kokatuta dago eta EAE-ko Bizkaia probintziaren hiriburua da.



3.1. Irudia: Euskadiko mapa

Erreferentzi bezala EKT-a (Eraikuntzaren kode teknikoa, 2006) indarrean sartu baino lehenago eraikitako eraikinak hartuko dira kontuan. Izan ere, kode tekniko honek eraikinen eraikuntzan efizientzia energetiko minimo bat betetzera behartzen baitu. Hau dela eta, EKT indarrean sartu ondoren eraikitako eraikinak ikuspegi termiko batetatik, kodeak ezartzen dituen betebeharrak minimoak betetzen dituela baieztatu daiteke. Hala ere, denbora pasa ahala eta kontsumo energetiko ia zero eraikinen inguruko Europako zuzentzura egokitzeko, gaur egungo eraikinen inguruko araua aldatuz joango da gogortuz energia-efizientziaren inguruko betebeharrak. Azken hau, 2013 urtean EKT-an egindako aldaketetan ikus daiteke.

EKT-a (2006) indarrean sartu baino lehenago dauden eraikuntza tipologiak zehazteko Bilbon erregistratuta duden eraikinak hartuko dira abiapuntu bezala. Horretarako, bi datu base erabiliko dira: INE (Estatistika institutu nazionala) eta EUSTAT (Euskal estatistika erakundea).

#### 3.2. Gaur egungo etxebizitza parkea

Bilbon dauden eraikuntza tipologiak zehazteko, hirian historian zehar eman diren aldaketak kontuan hartuko dira. Honela, erlazioatuko dira eraikuntza tipologiak gaur egun hirian dagoen eraikinen bolumenarekin.

Bilbo hirian historikoki eman den eraldaketa aipagarriena hiria portu-hiritik industria-hirira pasa zenean gertatu zen. XX. mendearen lehen erdian hiriaren populazioa nabarmenki handitu zen industriak izandako goren unearen ondorioz. Hortaz, lan egitera etortzen ziren

etorkientzat eta haien familientzat etxebizitzak eraikitzen hasi ziren, Etxe Merken legean (1991 eta 1921) islatzen den moduan (91).

Baino industriaren ondorioz hiriaren demografiaren igoerarik handiena ez zen izan XX. mendearen erdialdera arte, 50 eta 60. hamarkadan. Demografiaren igoera Espainiako beste lurraldetik etorritako etorkinen ondorioz eman zen eta hau etxebizitza berrien eraikuntzan islatu zen. Etxebizitza hauek langileentzat eraikin ziren batez ere, denbora labur batean eta inolako isolamendu termikorik gabe eraikitako eraikinak ziren. Bilbon gaur egun dauden eraikin kopuru handi bat garai horretan eraikin ziren.

70. urtearen erdian, industri sektorean eragin nabarmena izan zuen krisi ekonomiko handi bat eman zen. Horren ondorioz, hiriak populazio kopuru handia galdu zuen beste lekuetara emigratu baituten etorritako langileek. Hiria momentu horretan zerbitzu hiria bilakatu zen. 1995-eko Hirigintza Antolamenduko Plan Orokorra (HAPO) (92) garai horretan eman zen aldaketaren isla da. HAPO-ean islatzen da hiriak egin zuen apustua zerbitzu jarduera bultzatzeko industriaren gainbehera dela eta.

Espainiako eta Europako Araudiek eraikinen ingurutzaila zehazteko orduan, eragin handia izan dute baitit bat ingurutzailak eraikitzeke eran. NBE-CT-79 Eraikingintzako Oinarrizko Araua, eraikinen isolamendu termikoa kontuan hartzen zuen lehen eraikuntza araua izan zen. Arau hau lehenengo krisi energetikoaren eraginez garatu zen. Hortaz, arau hau indarrean sartu zen unetik aurrera eraikitako eraikuntzek arau honetan ezartzen den isolamendu termikoaren eskakizuna betetzen dute. Baina 2006eko EKT-a indarrean sartzearekin batera eraikinekin energia-efizientziaren funtsezko hobekuntza jasango dute gehien bat, arau honetan erakinetan energia aurrezteko oinarrizko eskakizunak betetzeko erregelak eta prozedurak ezartzen baitira.

Eraikingintzako Oinarrizko Araua (NBE-CT-79), eraikinen baldintza termikoak kontuan hartzen bada, gaur egungo EKT-an energiaren aurrezpen eta efizientzia neurriak jasotzen dituen Energiaren aurrezpenari buruzko Oinarrizko Dokumentuaren HE1 sekzioaren (OD-HE1) aurretik da. NBE-CT-79 arauaren arabera eraikina termikoki egokia zen ondorengo neurriak muga batzuen barnean baldin bazeuden: eraikinaren itxituraren multzoan zehar transmititzen den bero transferentzia globala (KG), itxitura osatzen duten elementu bakoitzean zehar transmititzen den beroa (K), itxituraren portaera hidrotermikoa eta itxiturak airerako duen iragazkortasuna.

EKT eta NBE-CT-79 arauen arteko desberdintasun handienak EKT-ren OD-HE-ean eguzkiaren erradiazioa maila kontuan hartzen duela eta udako gogortasuna<sup>7</sup> zona klimatikoak ezartzeko erabiltzen duela dira. Azken honek, eraikinen berogailu eta hozte sisteman eragiten du. Gainera, EKT-ak erakinen barneko karga ere kontuan hartzen du, eraikinaren ingurutzailak izan behar dituen ezaugarriak ezartzeko (93).

Hurrengo 3.1. Taulan eraikingintzako oinarrizko araua (NBE-CT-79) eta gaur egungo Eraikuntzaren Kode Teknikoaren Oinarrizko dokumentuaren (EKT-OD-HE1) arteko desberdintasunak erreparatu daitezke, eraikin bati baldintza termikoen inguruan exijitu behar zaiona kontuan hartuta.

---

<sup>7</sup> Gogortasun klimatikoa aldagai meteorologikoa bat da non, eguzki erradiazioa eta kanpoko tenperaturaren eragin bateratua konbinatzen dituen.

	NBE-CT-79		EKT-OD-HE
Arauaren aplikazio eremua	Eraikin berriak		Eraikin berriak eta eraikin birgaituak
Eraikinaren baldintza termikoak ezartzeko irizpideak	<p><math>K_G</math>: eraikinaren itxituraren multzoan zehar transmititzen den bero transferentzia globala.</p> <p><math>K_G</math>-ak neguan eraikin baten bero galerak mugatzen ditu.</p> <p>Mugatuta geratzen dira ere, neurri batean, udan ematen diren bero irabaziak.</p>	Eraikinaren forma faktorearen (f) arabera, zona klimatikoa eta berogailuan erabilitako energia mota.	Ez da existitzen transmisio globalik. Eraikinaren inguratzaile osoa osatzen duten elementu guztien transferentzia koefizientea zehazten da.
	<p>K: Itxitura osatzen duten elementu bakoitzaren zehar transmititzen den beroa.</p>	Itxituraren eta zona klimatikoaren arabera.	U: itxitura osatzen duten elementu desberdinen transmitatza termikoa, zona klimatikoaren arabera. U-ren kalkuluan, CT-79 ez bezala, ez ditu bakarrik kanpoko airearekin kontaktuan dauden zoruak kontuan hartzen baizik eta bizigarriak ez diren lekuekin kontaktuan dagoen zoru ere, hauek ere isolatu beharko baitira.
Zonabanatzea	Urteko gradu/eguna berogailuaren erabiltzen den aldia (A-tik E-era, eraikinaren eta bere itxituren baldintza termikoak ezartzeko) eta urtarrileko batez besteko tenperatura minimoa (V-tik Z-ra, kondentsazioak kalkulatzeko)		Neguko gogortasuna (A-tik E-era) eta udakoa (1-etik 4-ra) erabiltzen du itxituraren baldintza termikoak ezartzeko
	Ez da zonabanatzean gogortasun klimatikoa kontuan hartzen ez eta berogailua erabiltzen den aldia edo uda.		Plano horizontalaren gainean dagoen eguzkiaren eguneko batezbesteko erradiazio globalak (I-etik V-era) erabakitzen du ur beroaren gutxieneko eguzki-ekarpen minimoa eta energia elektrikoaren gutxiengo energia fotovoltaikoaren ekarpen minimoa ezartzeko.
	<p>Bilbo: C W</p> <p><math>K</math> (fatxada arinak, <math>\leq 200\text{kg/m}^2</math>) = <math>1,20\text{ w/m}^2\text{K}</math></p> <p><math>K</math> (fatxada astunak <math>&gt;200\text{kg/m}^2</math>) = <math>1,80\text{w/m}^2\text{K}</math></p>		<p>Bilbo: C1, I</p> <p><math>U_{\text{lim}}=0,73\text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p>Fatxada hormetan eta lurzoruarekin kontaktuan dauden itxituretan</p>

3.1. Taula: NBE-CT-79 eta EKT-OD-HE1-ren arteko desberdintasunak baldintza termikoak kontuan hartuta

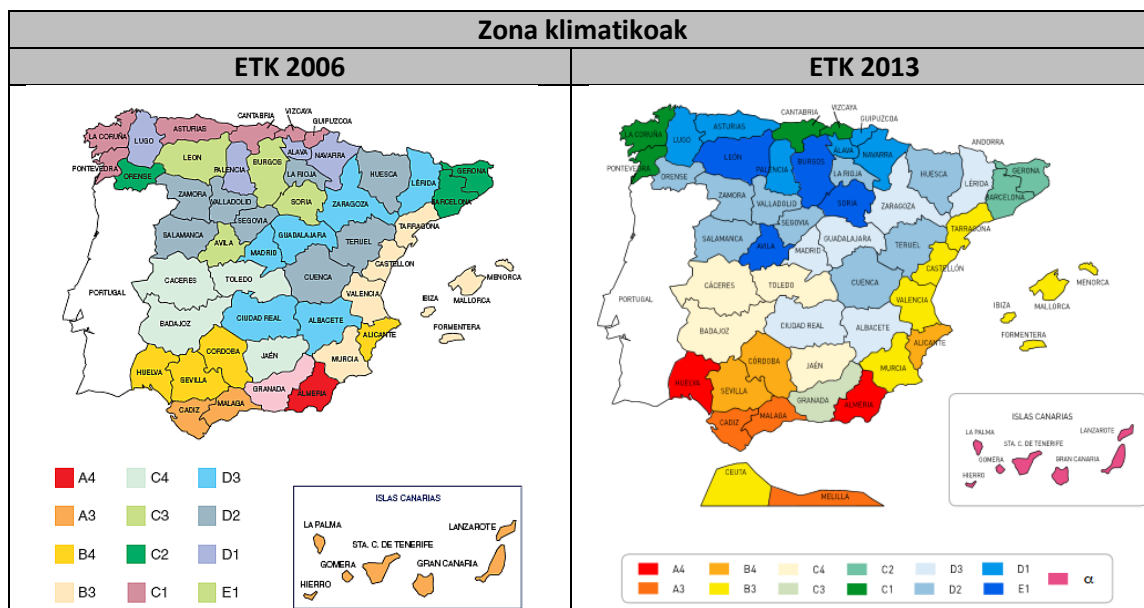
Aurreko 3.1. Taulan ikus daitekeen bezala, gaur egungo EKT-aren Oinarrizko Dokumentua aurreko araua, Eraikingintzako Oinarrizko araua, baino zorrotzagoa da eraikinen baldintza termikoak kontuan hartzen badira. Gaur egungo arauak eraikinen eskari energetikoa murrizten du.

Halaber, 2013. urtean EKT-aren Energia Aurrezpenaren buruzko Oinarrizko Dokumentuak (OD-HE) aldaketak jaso zituen Europar Zuzentarauaren transposizio partziala Espainiako ordenantza juridikoan eman zedin. Batik bat 2010/31/UE Europar Zuzentaraua eraikinen energia-efizientziaren betekizunen inguruan eta 2009/28/CE Europar Zuzentaraua eraikinetan exijitu beharreko iturri berriztagarrietatik datorren energia eskaera maila minimoaren inguruan. Energia Aurrezpenaren buruzko Oinarrizko Dokumentuan emandako aldaketa abenduaren 2020an kontsumo energetiko ia zeroa eraikinetan lortzeko helburuaren lehenengo fasea da. Hala ere, helburu hori lortzeko, epe labur batean OD-HE-an aldaketa berriak aurreikusten dira, Espainiako ordenantza juridikoan exijentzia berri zorrotzagoak gehitzeko (94).

Hurrengo 3.2. Taulan eta 3.3. Taulan ikus daitezke CTE 2006 eta CTE 2013 arauen arteko desberdintasunak, baldintza termikoak kontuan hartuta.

	<b>EKT 2006</b>	<b>EKT modifikatua 2013an</b>
DB-HE		Energia Aurrezpenari buruzko Oinarrizko Dokumentu berri bat eranstean da, HE0: Kontsumo energetikoa mugatzea.
DB-HE-aren aplikazio eremua	Eraikin berriak eta existitzen diren eraikinetan aldaketak, erreformak edo eraikinen birgaitzea baldin eta, eraikinaren azalera erabilgarria 1000 m <sup>2</sup> baino handiagoetan eraikinaren itxitura totalaren %25-a baino gehiago birgaitzen bada.	Eraikin berriak eta existitzen diren eraikinen handitzeak (eraikinaren azalera edo eraiki bolumena handitzen denean), erreformak (mantentze lanak edo obrak kenduta) eta eraikinen erabileraren aldaketak.
Zona klimatikoa		Probintzi hiriburu batzuen neguko zona klimatikoan aldaketak

**3.2. Taula: EKT-OD-HE 2006 eta EKT-OD-HE 2013-ren arteko desberdintasunak baldintza termikoak kontuan hartuta**



3.3. Taula: EKT-OD-HE 2006 eta EKT-OD-HE 2013-ren arteko desberdintasunak zona klimatikoak kontuan hartuta

ETK-an 2013 urtean egindako aldaketa garrantzitsu bat inguratzaile termikoaren berezko parametroaren balio orientagarriak ezartzea da. Balio hauek OD-HE1 dokumentuaren eranskinean daude. Eranskin horretan etxebizitzetako eraikuntzako konponbideak aurrebideratzeko balio orientagarriak eskaintzen dira. Balio hauen erabilerak ez du bermatzen eskari energetikoko muga eskaera betetzea baina eraikuntzako konponbideen diseinuko hasierako fasean orientatzeko erabil daitezke. Balio honen erabilerarekin kostu optimodun eraikuntza konponbidea lortu nahi da kontuan hartuta kostu globala eta kontsumo energetikoa, hots, kontuan hartuta eraikinaren bizi-zikloan zehar ekonomikoagoa den eraikuntza konponbidea. Balio horiekin isolatzailearen lodiera berriak kalkulatu daitezke, EKT 2013-an ezarrita dauden exijentzia berriak lortzeko.

Hurrengo 3.4. Taulan ikus daiteke, nola aldatzen den poliuretano hedatuaren lodiera ( $\lambda = 0,028$  W/mK) fatxada aireztatu batean zona klimatikoa kontuan hartuta, eraikina non kokatzen denaren arabera, eta 2006 eta 2013-ko EKT-etan exijentzia termikoak kontuan hartuta. Taulan erreparatu daiteke, isolatzailearen lodiera handitzea beharrezkoa dela gaur egungo ETK-an ezartzen diren exijentzia termikoak betetzeko.

Zona klimatikoa	EKT 2006	EKT modifikatua 2013an
$\alpha$	-	30
A	30-35	35-50
B	30-40	50-65
C	35-45	75-90
D	40-50	80-95
E	40-55	90-105

3.4. Taula: Lodiera optimoak EKT 2006 eta EKT 2013-ko exijentzia termikoak betetzeko  
Iturria: Propioa, IPUR-ek (asociación de la Industria del Poliuretano rígido de España) eskaintako datuak erabiliz

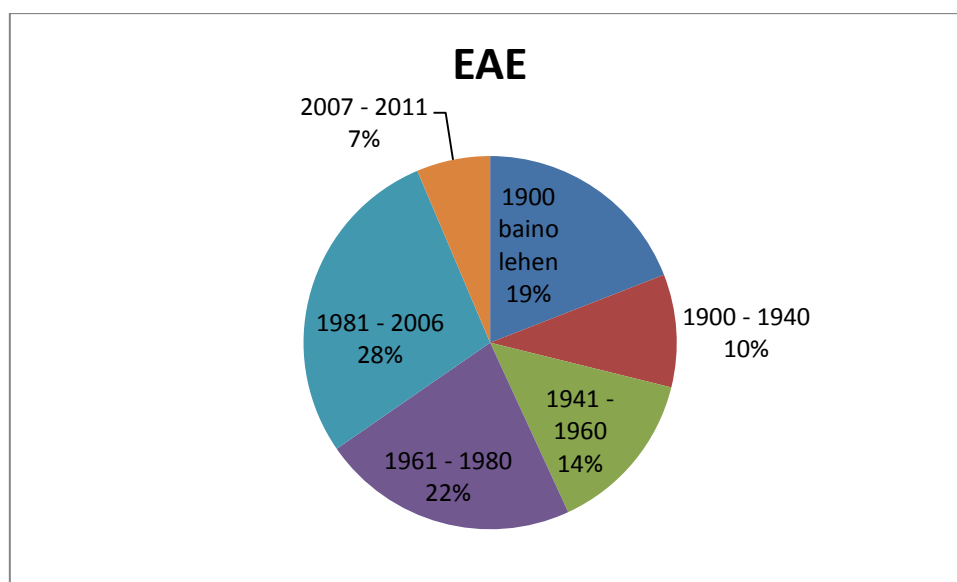
Kontuan hartuta aurretik komentatutako garai historikoak eta Espainian urteetan zehar garatutako eraikuntza arauak, hurrengo garai desberdinak zehaztu daitezke. Sailkapen honen

bidez zehaztu daiteke, gaur egun eraikita duden eraikinek duten birgaitze energetikoaren beharra:

- 1900 urtea baino lehen: XIX mendea eta aurrekoak
- 1900-1936: Gerra baino lehen
- 1936-1960: Gerra eta gerra ondoren
- 1960-1980: Desarrollismo garaia
- 1980-2006: CT-79 indarrean
- 2006 urtea ondoren: EKT indarrean

Gaur egun dagoen etxebizitza parkea zehazteko, INE-ek eskainitako estatistikak hartu dira oinarri bezala. Dagoen zentsu berriena 2011 urteko populazio eta etxebizitzaren zentsua (5) da 10 urtero behin egiten delako zentsua.

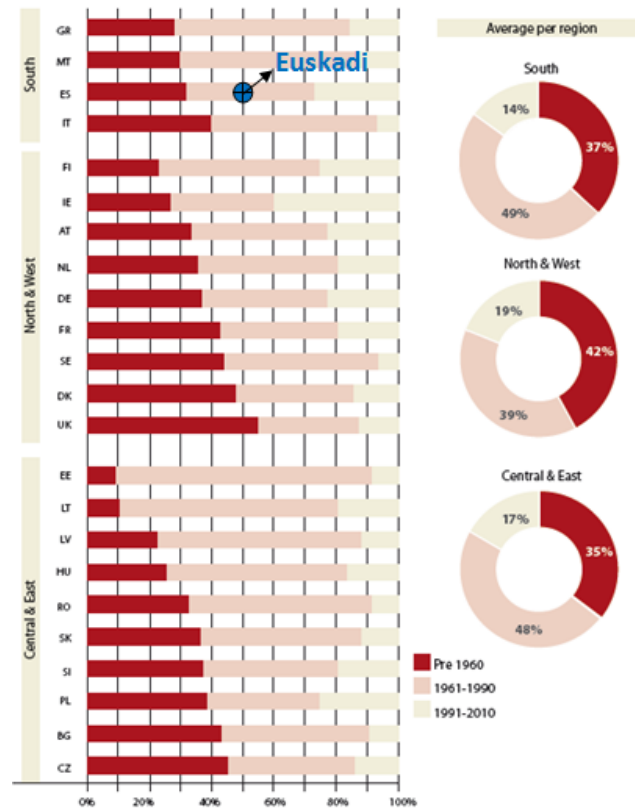
3.1. Grafikoan ikus daitekeen bezala, EAE-an dauden eta etxebizitzetarako nagusiki edo bakarrik erabiltzen diren eraikinen %43a 1961 urtea baino lehen eraikin ziren. Hortaz, gaur egun dauden eraikinen ia erdiek 50 urte baino gehiagoko antzinatea dute.



**3.1. Grafikoa: EAE dauden etxebizitzaren banaketa, eraikin ziren urtea kontuan hartuta**  
Iturria: Propioa, INE-ren datuak erabiliz. "Edificios destinados principal o exclusivamente a viviendas según año de construcción". 2011

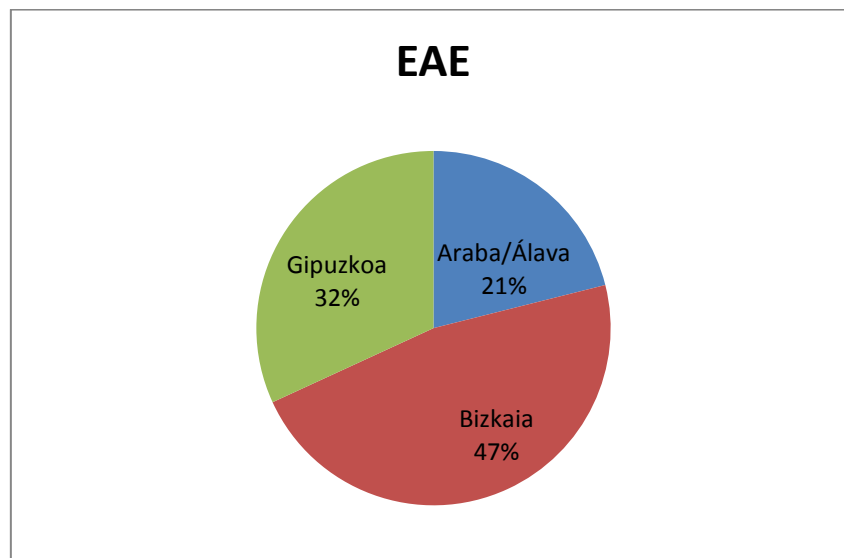
Bestalde, etxebizitza parkeko eraikinen %65a, gutxi gorabehera, 1980a urtea baino lehen eraiki ziren hortaz, ez dute inolako isolamendu termikorik. Izan ere, eraiki zirenean Espainia mailan ez zen isolamendu termikoaren inguruko betebeharrak ezartzen zuen inolako araurik existitzen (NBE-CT-79 araudia 1980 sartu zen indarrean). Halaber, kontuan hartuta energia-efizientziaren inguruko betebeharrak ezartzen dituen araudia 2006an indarrean sartu zela (EKT araudia), etxebizitzetarako nagusiki edo bakarrik erabiltzen diren eraikinen %90a energetikoki pobreak dira eta hortaz, energetikoki birgaitu beharko dira.

Gogoan izan behar da, "Europe's Buildings under the microscope" BPIE-ak (Buildings Performance Institute Europe) egindako txostenaren arabera, Euskadiko etxebizitza parkea Europa hegoko zaharrenetariko bat dela (4) eta Europar Batasun guztiaren barruan ere zaharrenetariko bat da, Erresuma Batuen atzetik (95) (Ikusi 3.2. Irudia).



3.2. Irudia: Europako etxebizitzaren antzinatea. (95, 96)

Bizkaian eman zen industrializazioagatik, EAE-ko probintzietatik eraikin gehien duen probintzia da. EAE-an dauden eraikinen ia erdiak Bizkaia probintzian kokatzen dira, 3.2. Grafikoan ikus daitekeen bezala. Bilbo Bizkaiko hiriburua izanda etxebizitza parke handiena duen hiria da EAE-ren barruan.

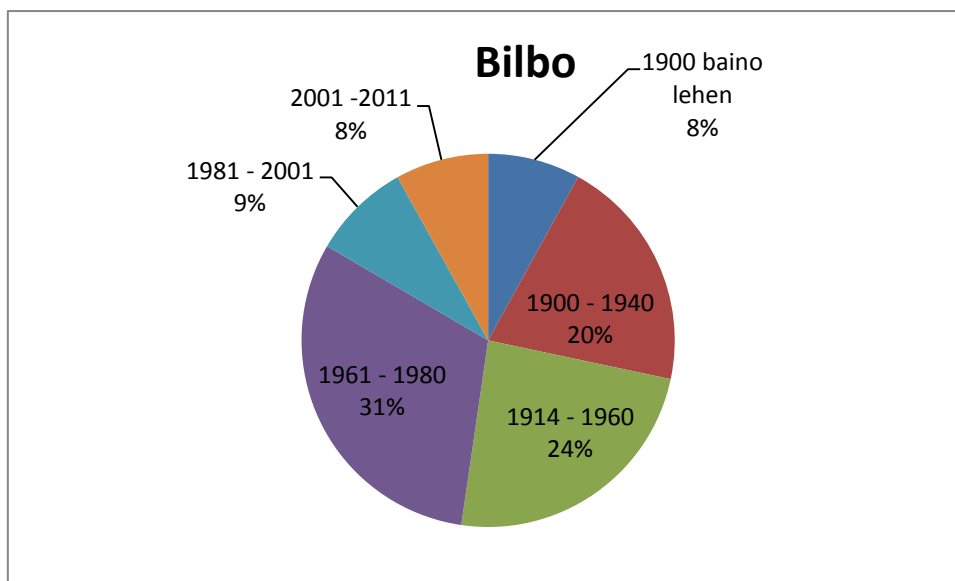


3.2. Grafikoa: Etxebizitzetarako erabiltzen diren eraikinen banaketa EAE probintzien arabera  
Iturria: Propioa, INE-ren datuak erabiliz. "Edificios destinados principal o exclusivamente a viviendas según año de construcción". 2011



INE-ren arabera, Bilbon dauden etxebizitzetarako nagusiki edo bakarrik erabiltzen diren eraikinen erdiak baino gehiagok 1960 urtea baino lehenago eraikin ziren, EAE-an gertatzen den bezala. Hortaz, Bilbon dauden eraikinen erdiek baino gehiagok 50 urte edo gehiagoko antzinatea dute.

Halaber, 3.3. Grafikoari erreparaturaz, aurretik Bilbo hiriaren inguruan esandako baieztatzen da. Izan ere, Bilbon dauden eraikin kopuru handi bat industria garikoak dira hau da, 50 eta 60. Urtekoak, garai horretan eman baitzen leherketa demografiko handiena.



**3.3. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetarako erabiltzen diren eraikien banaketa eraikin ziren urtearen arabera**  
Iturria: Propioa, INE-ren datuak erabiliz. "Edificios destinados principal o exclusivamente a viviendas según año de construcción". 2011

Bilbon dauden eraikin kopuru handi batek energia-efizientzia hobetzeko neurrien faltan daude. Izan ere, eraiki zirenean ez zegoen inolako araudirik energiaren aurrezte eta efizientziaren inguruan. INE-ren (2011) datuen arabera, etxebizitzetarako nagusiki edo bakarrik erabiltzen diren 8.681 eraikin 1980 urtea baino lehen eraiki ziren. Hortaz, eraikin hauek ez daukate inolako isolamendu termikorik, NBE-CT-79 araudia indarrean sartu baino lehenago eraiki baitziren. Halaber, 1980 urtetik aurrera eraikitako eraikinen %8a baino gutxiagok EKT araudian ezartzen ziren energia-efizientziaren inguruko neurriak betetzen dituzte, arau hau 2006 urtean indarrean sartu baitzen. Hau dela eta, gaur egun etxebizitzetarako nagusiki edo bakarrik erabiltzen diren 9.000 eraikin baino gehiagok ez dute energia-efizientziaren inguruko inolako neurririk, kontuan hartu gabe jada birgaituta dauden eraikinak. Hortaz, eraikin guzti hauek birgaitu beharko dira EKT araudiak ezartzen dituen exijentzi termikoak betetzeko eta hortaz, eraikinen energia-efizientzia hobetzeko.

Kontuan hartuta 1998etik 2015era EAE-ko obra handiko lizentziak, batik bat obra berriko lizentziak eta birgaitzeko lizentziak ikusten da, eraikin berriak eraikitzeko joera gutxituz joan dela azken urteotan. Eraikinen birgaitzea aldiz, handituz joan da urteotan eta birgaitzeak eraikin berrien eraikuntza joera gaituztu du tarte handi batean. (Ikusi 3.4. Grafikoa).

### 3. Kapituluua

EUSTAT-en arabera, Birgaitzeko lizentzia honetan datza: *Obra handia da, baina aurrekoak ez bezala, ez dakar eraikin berria eraikitzea, baizik eta eraikitako eraikinen gainean jarduten da, aldeztatik zatizko eraispenak eginda edo egin gabe. Bi motakoa izan daiteke:*

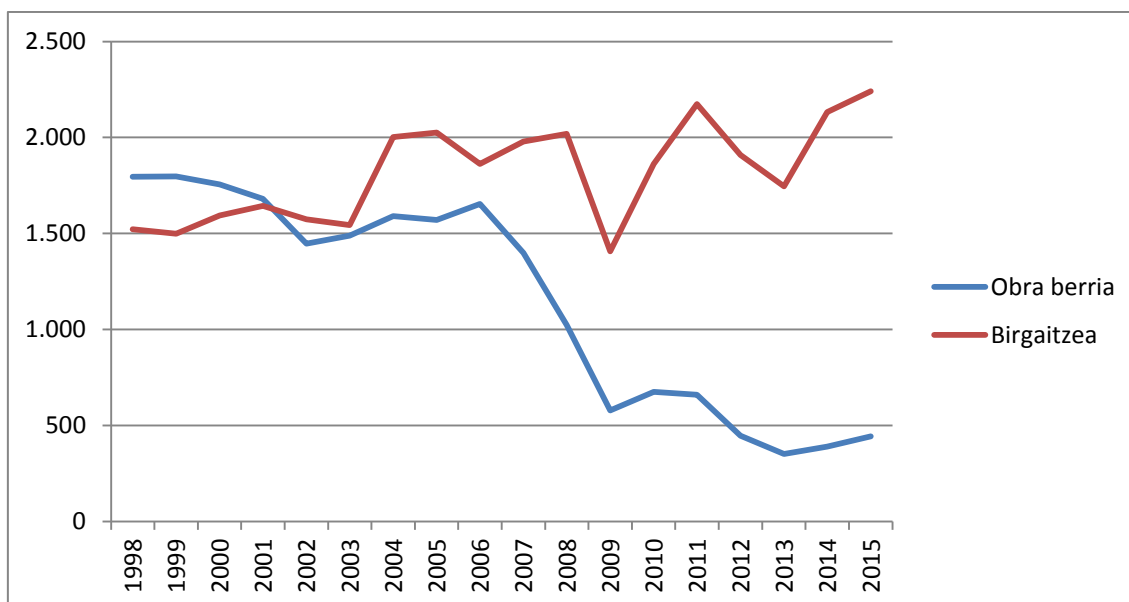
- *Handitzeko obra:*

*Eraikitako azalera handitzen denean, egiturazko elementu berriak erantsita. Handitze hori bertikalean egin daiteke, lurzorua gainean okupatutako azalera areagotu gabe (adibidez, beste solairu bat erantsita), edo horizontalean, eta kasu horretan, lurzoruan azalera gehiago eranstean da.*

- *Erreforma- eta/edo zaharberritze-obra:*

*Eraikinaren azalera eraikia aldatu gabe, eraikinaren egiturazko elementuren bat aldatzen denean edo lehendik ez zegoen hornidura berriren bat ezartzen denean.*

Birgaitzeko lizentziaren definizioa aintzat hartuta, ezin da zehaztu azken urteotan aurrera eramane diren eraikinen birgaitze guztiak hauen energia-efizientzia hobetzeko izan denik. Hala ere, EKT-an 2013an eman den azkenengo moldaketan batik bat, energiaren aurrezpenari buruzko Oinarrizko Dokumentuan (OD-HE), aplikazio eremua handitu da aurretik ikusi den bezala. Aplikazio eremuaren handitze honek eraikin berriak eta existitzen diren eraikinen handitzeak, erreformak eta eraikinen erabileraren aldaketak ematen diren eraikinetan eskari energetikoa murriztea beharrezkoa da. Hortaz, 2013 urtetik aurrera emandako birgaitzeko lizentziek eraikinen energia-efizientzia hobekuntza bat ekarri dute. Halaber, 2006 urteko EKT arauaren aplikazio eremua ere aintzat hartuta, esan daiteke 2006tik 2013ra emandako obren lizentzien kopuru handi batek eraikinen energia-efizientzia hobekuntza bat ekarri duela. Hurrengo 3.4. Grafikoan 2013 urtetik aurrera birgaitze lizentzien handitzea ikus daiteke eraikin berrien eraikuntzarekin alderatuta. Gainera, datu hauei erreparaturik baiezta daiteke urteetan zehar eraikin berrien eraikitze joera nabarmenki gutxitu dela, eraikinen birgaitzearekin konparatuta.

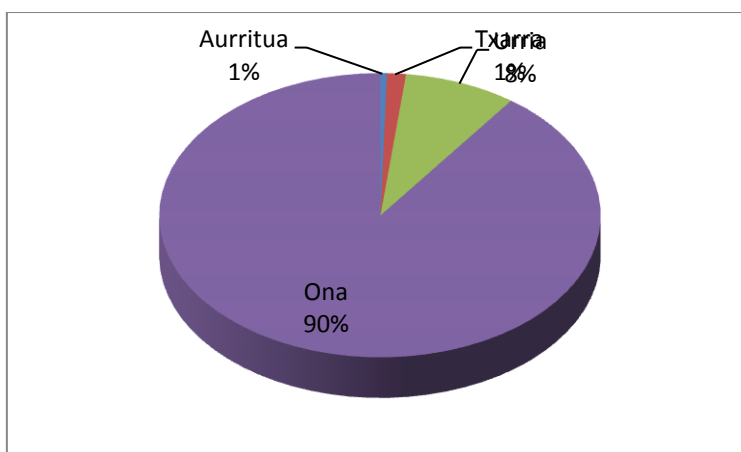


3.4. Grafikoa: Obra handien lizentzia EAE-an urte bakoitzeko

Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Obra handiko lizentziak Euskal AEn urtearen eta hiruhilekoaren arabera lurralde historikoari eta obra-motari jarraiki. 1998-2016

Hurrengo 3.5. Grafikoan, Bilbon dauden etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen egoera ikus daiteke. INE-k eraikinen egoeren inguruan hurrengo sailkapena ezartzen du:

- Aurrítua: Eraikina ondorengo egoera batean aurkitzen denean: eskoratuta dagoenean, aurri-deklarazio ofiziala tramitatzen ari denean edo aurri-deklarazio ofiziala existitzen denean. Bakarrik kontuan hartu dira bizigarriak diren eraikinak edo lokalen bat aktibo badin badu eraikinak.
- Txarra: Eraikina ondorengo egoera batean edo batzuetan aurkitzen denean: pitsadura nabarmenak edo bere itxitura batean sabeltzeak existitzen direnean, behe-jotzeak daudenean edo teilatuetan edo zoruan horizontaltasun falta dagoenena edo eraikinaren eustea utzi egin duela estimatzen denean (adibidez, eskaileraren mailek inklinazio susmagarri bat dutelako)
- Urria: Eraikina honelako egoera batean aurkitzen denean: euri-jaitsierak edo hondakin-uren ebakuazioa egoera txarrean dituenean, eraikinaren beheko partean hezetasunak daudenean edo teilatuan edo estalkian iragazketak daudenean.
- Ona: Eraikinak egoera aurrítuan, txarrean eta urrian aipatutako baldintzak betetzen ez dituenean.

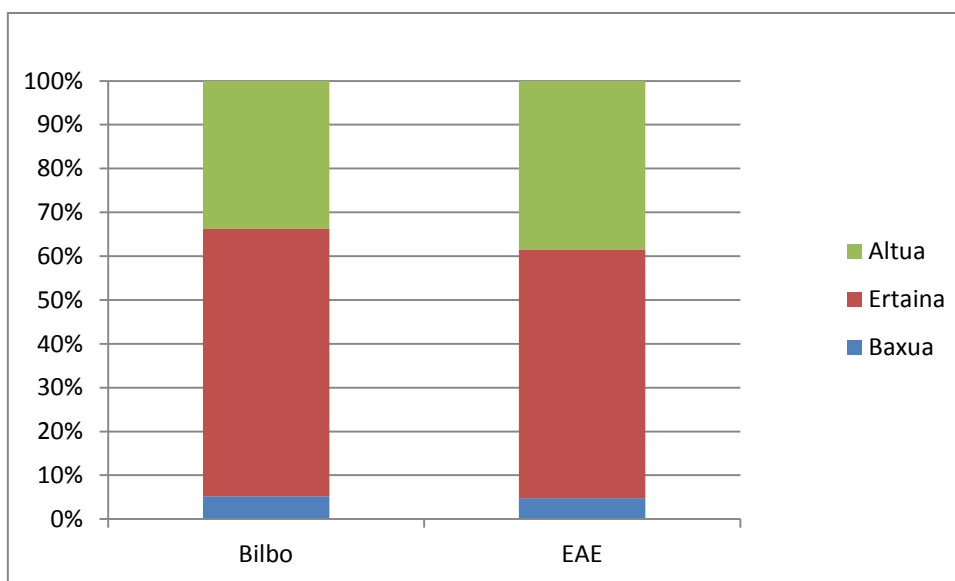


**3.5. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen banaketa hauen egoera kontuan hartuta**  
Iturria: Propioa, INE-ren datuak erabiliz. "Edificios destinados principal o exclusivamente a viviendas según año de construcción". 2011

3.5. Grafikoari erreparatuz, adieraz daiteke Bilbon dauden etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen egoera ona dela, kontuan hartu gabe eraikinen efizientzia energetikoa. Nahiz eta, Bilboko etxebizitza parkea zaharra izan eraikinen %10a bakarrik dago egoera aurrítuan, txarrean edo urrian.

Halaber, EUSTAT-ek etxebizitzaren konfort-indizearen kalkulu estatistikoa bat egiten du hurrengo eran: *Etxebizitzaren ezaugarri nagusiak eta instalazio eta zerbitzuak laburbiltzeko, instalazio edo zerbitzu bakoitza eta hautatutako ezaugarriak 3 kategoriatan sailkatu dira: oinarritzko maila, maila ertaina eta maila altua.*

3.6. Grafikoan ikus daitekeen bezala, EAE-n kokatzen diren etxebizitzaren konfort-indizea Bilbon dauden etxebizitzaren antzekoa da. Bilbon dauden etxebizitzaren erdia baino gehiagok konfort-indize ertaina daukate eta %5ak bakarrik indize baxu, kontuan hartuta etxebizitza familiar batek izan dezakeen erosotasuna edo ongizatea, etxebizitzaren antzinatea, instalazioak eta etxebizitzako hornikuntzen arabera. Gainera, Bilbon kokatzen diren etxebizitzaren batezbesteko konfort-indizearen balioa 70,8koa da, 100eko oinarria hartuta.

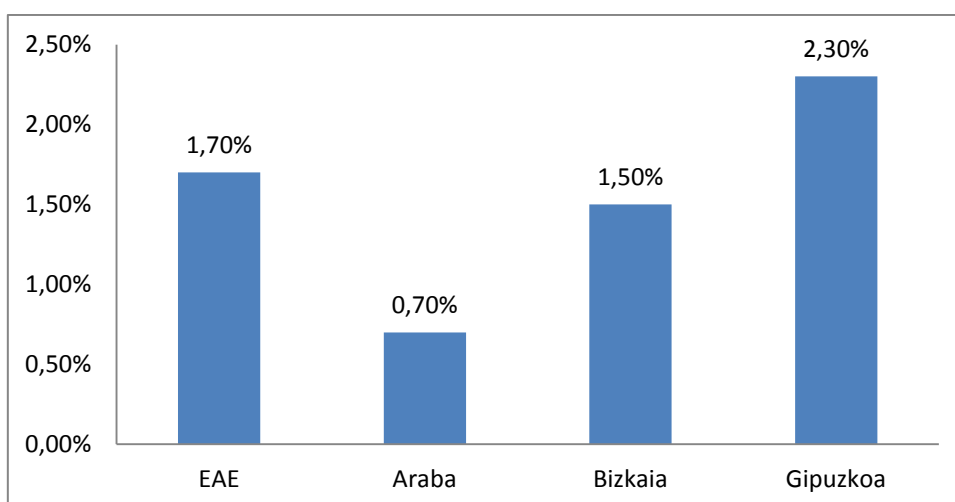


**3.6. Grafikoa: Bilbon eta EAE-an etxebizitzetarako zuzendutako eraikinen banaketa hauen konfort-indizea kontuan hartuta**

**Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko familia etxebizitza nagusiak, lurraldeen arabera, edukitze-erregimenari jarraiki. 2011**

Etxebizitzaren birgaitze energetikoak sortzen dituen energia-aurrezpenak zehazteko, etxebizitzetan dauden berogailu eta hozte-sistemen kontsumo energetikoen datuak kontuan hartu beharreko hasierako datuak dira.

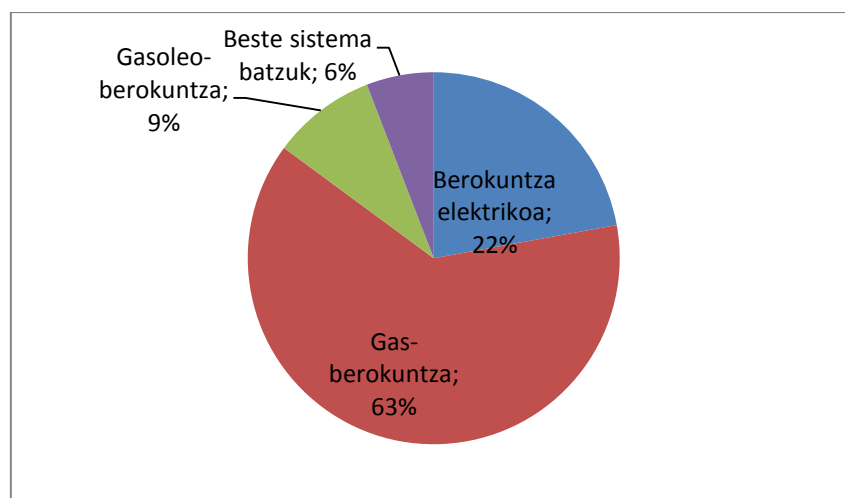
Euskadin, kontuan hartuta baldintza klimatikoak eta lurraldearen kokapena, ez da beharrezkoa hozte-sistemen erabilera. Udan lurraldearen batezbesteko tenperatura 21,3 °C-koa da, EUSTAT-ek 2015an Ingurumena eta familiak datu estatistikoen arabera (97). Halaber, inkesta horren arabera, Euskadiko etxebizitzaren %1,7a baino ez dauka aire giroturik instalatuta, 3.7. Grafikoan ikus daitekeen bezala. Hau dela eta, ez da kontuan hartuko etxebizitzetako hozte-sistemen kontsumoa.



**3.7. Grafikoa: Euskadiko etxebizitzetan dauden hozte-sistemak**

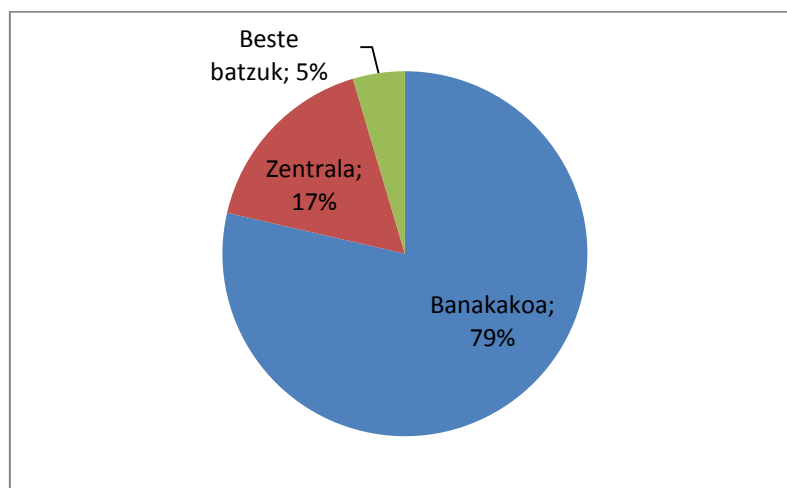
**Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko etxebizitzak, egunez duten tenperatura graduen arabera (%). 2015**

Euskadiko ia etxebizitza guztietan hots, %100ean, berogailu sistema bat dago. Sistema hauetan erabiltzen den erregairik erabiliena gasa da eta ondoren elektrizitatea, hurrengo 3.8. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



**3.8. Grafikoa: Euskadin erabiltzen den berogailu-sistema mota erregaiaren arabera**  
Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko etxebizitzak, berogailu motaren arabera (%). 2015

Halaber, Euskadin banakako sistemak dira gehien erabiltzen diren sistemak etxebizitzak berotzeko sistema zentralekin alderatuta, hurrengo 3.9. Grafikoan konprobatu daitekeen bezala.



**3.9. Grafikoa: Euskadin erabiltzen den berogailu mota**  
Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko etxebizitzak, berogailu motaren arabera (%). 2015

Etxebizitzaren birgaitzean eraikuntzako konponbiderik egokiena aukeratzeko orduan, edukitze erregimena kontuan hartu beharreko datu bat da. Izan ere, Eraikinean birgaitze obra bat egin ahal izateko jabeen adostasuna beharrezkoa da, beraiek baitira egingo den obra ordainduko dutenak.

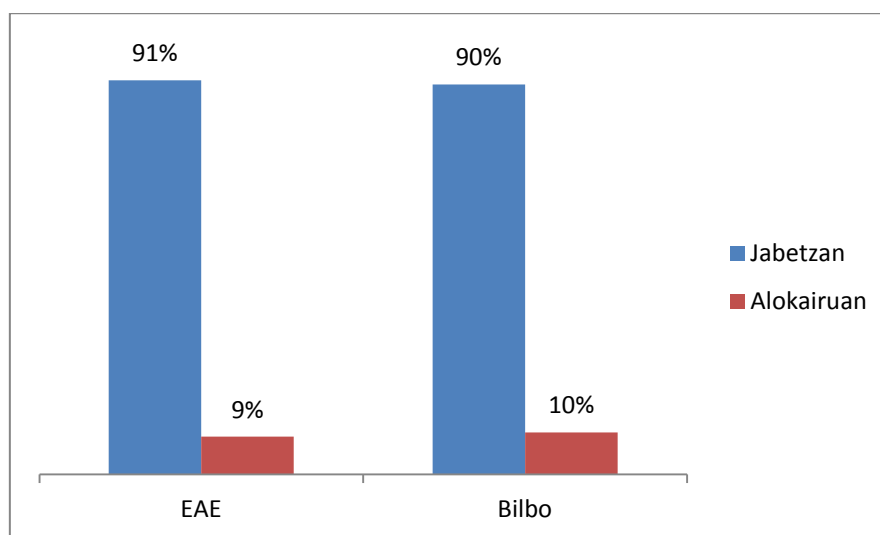
Uztailaren 21eko 49/1960 Legean, Jabetza Horizontalarena, 2015eko urriaren 6an aldatua (98), ezartzen den arabera, eraikinean bere egituraren eta kanpoko egoeran edozein alterazio egin ahal izateko komunitatearen kideen ahobatezotasuna behar da nahiz eta, juntara joan edo ez.

### 3. Kapitulu

---

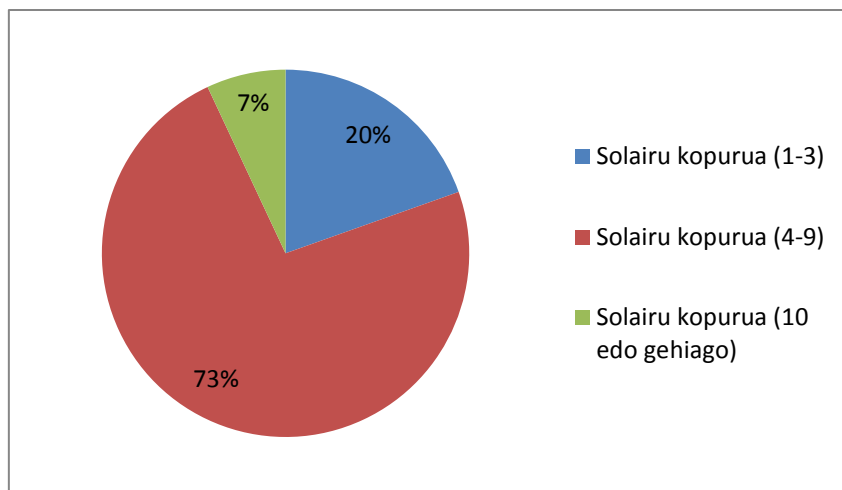
Hau dela eta, aukeratu den birgaitze konponbideak eraikinaren kanpoko egoeran alterazioak sortzen baditu, eraikinaren jabeen arteko adostasun beharra nahitaezkoa da, aipatutako legean ezartzen den bezala.

Hurrengo 3.10. Grafikoan, Bilboko eta EAEko etxebizitzaren edukitze erregimenaren datuak ikus daitezke. Bi kasuetan edukitze erregimenaren arabera, etxebizitza jabetzan izatea da. Bilbon 2011 urtean jabetzan zeuden etxebizitzaren %34a oraindik ordaintzeaz zeuden, hau da, hipotekatuta zeuden.



**3.10. Grafikoa: Bilboko eta EAE-ko etxebizitzaren edukitze-erregimena**  
Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko familia etxebizitza nagusiak, lurraldeen arabera, edukitze-erregimenari jarraiki. 2011

3.11. Grafikoan, Bilbon dauden etxebizitzek duten solairu kopurua adierazten da. Eraikinen eraikigintzari dagokionez ikusten da Bilbo hiri bat dela non, etxebizitza altuen bolumena askoz handiago dela familia bakarreko etxebizitzekin alderatuta. Hiri honetan eraikitako eraikinen %73ek 4tik 9rako solairu dituzte. Hortaz, Bilbon kokatutako eraikinen ia gehienak etxebizitza-blokeak dira. Eraikuntzako tipologia mota hauetan fatxada eraikinaren inguratzailerean elementu oso garrantzitsua da izan ere, eraikinak kanpoaldearekin edo beste eraikinekin duen kontaktuzko azalaren portzentajea oso handia da.

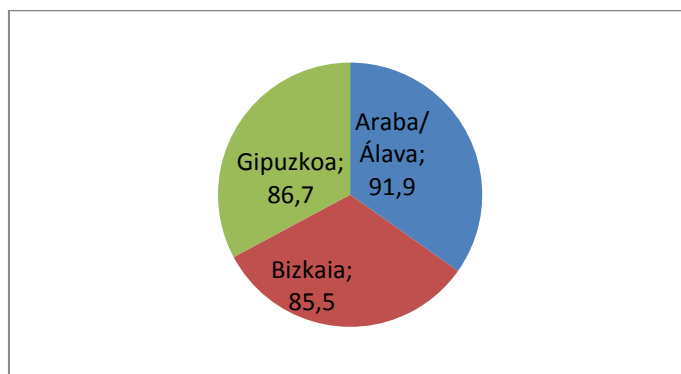


**3.11. Grafikoa: Bilbon etxebizitzetara zuzendutako eraikinen banaketa sestraren gaineko solairu kopuruaren arabera**

**Iturria: Propioa, INE-en datuak erabiliz. "Edificios destinados principal o exclusivamente a viviendas y nº de inmuebles por municipios, nº de plantas sobre rasante y año de construcción". 2011**

2015 urtean lurralde-eremuetatik EAE-ko familiaren etxebizitzaren gaineko EUSTAT-aren datuen arabera (6), EAE osoan dauden etxebizitzetako batezbesteko antzinatea 42 urtekoa da eta Bilbon kokatutako etxebizitzaren batezbesteko antzinatea 50 urtekoa da. Hortaz, Bilbon dauden eraikinen batezbesteko antzinate tasa, EAE-an dauden etxebizitzena baino zertxobait altuagoa da.

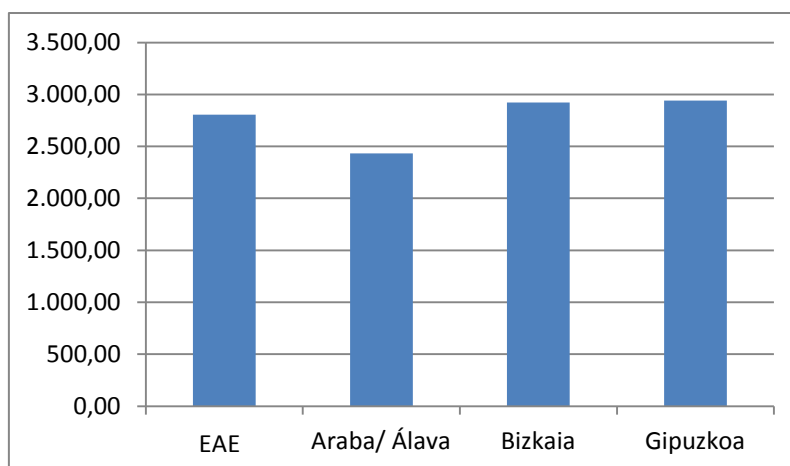
Gainera, EAE-an kokatuta dauden etxebizitzaren azalera erabilgarria 86,9 m<sup>2</sup>-koa da eta Bilbo hirian 82,1 m<sup>2</sup>-koa da azalera erabilgarria. Hurrengo 3.12. Grafikoan, EAE-ko lurraldeetan kokatutako etxebizitzaren azalera erabilgarria zein den ikus daiteke.



**3.12. Grafikoa: Etxebizitzaren azalera erabilgarria m<sup>2</sup>tan lurralde eremuaren arabera**

**Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Euskal AEko etxebizitza familiarrak, lurralde-eremuaren arabera egitura-ezaugarriek jarraiki. 2015**

Hurrengo 3.13. Grafikoan ikus daiteke, EAE-an kokatutako eta salgai dauden bigarren eskuko etxebizitzaren batezbesteko prezioa 2.800 eurokoa izan zela 2016ko hirugarren hiruhilabetekoan, etxebizitzaren m<sup>2</sup>-ko azalera erabilgarria kontuan izanda.



**3.13. Grafikoa: Euskal AEn salgai dauden etxebizitzaren m<sup>2</sup> erabilgarriaren batez besteko prezioa, 2016 urteko hirugarren hiruhilekoan eta lurralde historikoari jarraiki (eurotan)  
Iturria: Propioa, EUSTAT-en datuak erabiliz. Etxebizitzaren prezioa eta beharra. 2016**

Etxebizitzaren azalera erabilgarria m<sup>2</sup>-tan adierazita eta batezbesteko prezioa m<sup>2</sup>-ko datuak garrantzitsuak izango dira birgaitze metodologia egokiena aukeratzeko orduan. Izan ere, birgaitze jarduera etxebizitzaren barrutik egiten bada espazio galerak ekar ditzake etxebizitzak daukan azalera erabilgarrian m<sup>2</sup>-ko.

### 3.3. Eraikuntza tipologia

Eraikinen fatxadek aurreko atalean komentatutako eraikuntza garaietan zehar eboluzionatu dute.

EAE-aren kasuan, eraikinen ingurutzaleek neurri handi batean, bere jatorria dute herri-arkitekturan, hau da, baserrietan, dorretzetan eta euskal herriko jauregietan (99). Baserrien itxitura batez ere argamasaz eta egurrezko emokadura zuen harri-harlangaitz-hormetakoak ziren, leku bakoitzeko materialen eta kanpoko giroaren arabera. Eraikuntza tipologia honen adibide bat Bilboko ensantsean (100) ikus daiteke eta alde zaharreko eraikinetan, harri-hormazkoak eta barneko egitura egurrezkoa duten harlanduzkoa fatxadak dira.

XIX. Mendearen amaieran frantziarren eraginez hormigoi armatua eraikinetan erabiltzen hasi ziren. Bilbon hormigoi armatuarekin eraiki zen lehen eraikin publikoa “La fábrica de Ceres” izan zen 1899 eta 1900 urteetan zehar (101). Eraikin hau oraindik zutik dago eta etxebizitzetako eraikin bihurtu da.

Hormigoi armatuaren erabilera fatxaden eraikitzean aldaketak ekarri zituen izan ere, honela ingurutzaleak ez ditu forjatuak eta estalkia eutsi behar. Hau dela eta, fatxadak jada ez du egitura funtzioa bete behar eraikinetan beraz, orri bakarreko eta material pisutsuko fatxadak eraikitzeak barnean aire-ganbera duten orri bikoitzeko fatxadak eraikitzean pasatzen da. Orri bikoitzeko fatxadak transformazio garrantzitsu bat izan zen eta desarrollismo garaian (1960-1980) burutu zen, parte handi batean fatxada eraikinaren sostengu-funtziotik askatu zelako. Fatxada eratzen duten bi orriak banatzen dituen aire-ganberak fatxadaren erresistentzia termikoa hobetzen du, orri bakarreko fatxadekin alderatuta. Hasiera baten aire-ganbera eraiki



zen barrualdean ur-iragazteak ekiditeko baino hasieran estankoa zenez, honek kondentsazioak sortzen zituen.

Hala ere, eraikinetan isolamendu termikoa ez da erabiltzen hirurogei urteen amaieratara arte, petrolioaren munduko krisiaren ondorioz Eraikingintzako Oinarrizko Araua, CT-79, indarrean sartu zenean. Hau dela eta, arau hau indarrean sartuz geroztik eraikinen aire-ganberan isolamendu termikoa sartzen hasi zen.

EAE-an existitzen diren eraikinen eraikuntza tipologia ezartzeko Eusko Jaurlaritzak 2014ko uztailan eratu zuen birgaitze energetikoko katalogoa (102) erabiliko da erreferentzi bezala. Izan ere, katalogo honetan dauden itxiturak EAE-an kokatutako eraikin errealeko erreproduzioak dira.

Aipatutako katalogoan EAE-an dauden itxituren eraikuntza tipologiak fitxa tekniko desberdinetan adierazten dira. Tipologiak sailkatzeko orduan orri kopurua, aire-ganbera mota eta estaldura mota kontuan hartu da. Fitxa teknikoetan agertzen diren itxiduren ezaugarri teknikoak Eusko Jaurlaritzak daukan Eraikuntza Kalitatearen Kontrolerako Laborategian egindako saiakuntzan lortutako datuen bidez eratu dira.

Jarraian, eraikuntza tipologiaren azterketa bat egingo da.

### **3.3.1. Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existentek. 1,5 oindun adreilu huts bikoitza.**

Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada, Bilboko Otxarkoaga auzoan kokatutako eraikin batean. Eraikina desarrollismo garaian eraiki zen (1960-1980).

Fatxada hau 1,5 oindun adreilu huts bikoitzeko orri bakar batez osatuta dago gainera, kanpoko estaldura zementuzko morteroz eginda dago eta barneko estaldura zarpiatuta eta luzituta dago.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 14 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,24 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 2,43 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,11 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.3. Irudia: Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (1,5 oindun adreilu huts bikoitza). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.4. Irudia: Otxarkoaga auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

#### **3.3.2. Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existentek. 1,5 oindun adreilu zulatua.**

Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada, Bilboko Solokoetxe auzoan kokatutako eraikin batean. Eraikina 1936 urtea baino lehen eraiki zen.

Fatxada hau 1,5 oindun adreilu zulatuko orri bakar batez osatuta dago gainera, kanpoko estaldura zementuzko morteroz eginda dago eta barneko estaldura zarpiatuta eta luzituta dago.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 43 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,49 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 1,52 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,47 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.5. Irudia: Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (1,5 oindun adreilu zulatua). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.6. Irudia: Solokoetxe auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

### **3.3.3. Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada existentek. Hormigoi-blokea.**

Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxada. Eraikina 1980-2006 garaikoa da, NBE\_CT\_79 araua indarrean sartu zeneko garaikoa.

Fatxada hau hormigoi-blokeko orri bakar batez osatuta dago. Zementuzko morteroko emokadura dauka kanpoan eta barneko estaldura zarpiatuta eta luzituta dago.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 18 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,25 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 2,39 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,19 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.7. Irudia:** Bi aldeetan estaldutako orri bakarreko fatxadaren eraikuntza-sekzioa (Hormigoi-blokea). Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa



**3.8. Irudia:** Rekalde (Bilbo) auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina

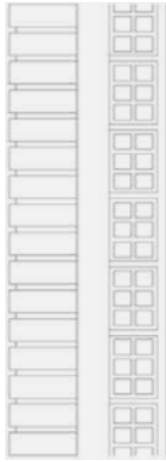
### **3.3.4. Kanpoko estaldura bistakoa, aire-ganbera estankoa eta barneko estaldura duten bi orritako fatxada existentek.**

Kanpoko estaldura bistakoa, aire-ganbera estankoa eta barneko estaldura duten bi orritako fatxadak. Eraikina Bilboko J. Gayarre etorbidean kokatuta dago. Eraikina desarrollista garaian (1960-1980) eraiki zen.

Eraikinak 5 cm-ko aireztatu gabeko bitarteko ganbera duen bi orritako fatxada du. Barneko orria 9 cm-ko adreilu huts bikoitzeko trenkada bat da eta barnetik zarpiatuta eta luzituta dago. Kanpoko orria bistako adreilu zulatuzkoa da.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 31 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,56 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 1,36 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,20 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.9. Irudia: Kanpoko estaldura bistakoa, aire-ganbera estankoa eta barneko estaldura duten bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.10. Irudia: J. Gayarren kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

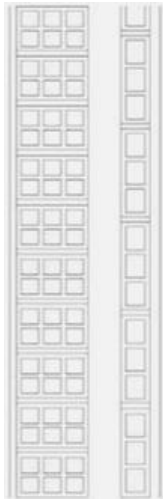
### **3.3.5. Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duten bi orritako fatxada existentekak.**

Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxada duen eraikina Bilboko Otxarkoaga auzoan kokatuta dago. Eraikina desarrollista garaian (1960-1980) eraiki zen

Eraikinak 5 cm-ko aireztatu gabeko bitarteko aire-ganbera duen bi orritako fatxada du. Barneko orria adreilu huts bakuneko trenkada bat da eta barnetik zementuzko edo karezko morteroz zapituta dago eta luzituta. Kanpoko orria adreilu huts bikoitzarekin estalduta dago eta fatxadak kanpotik zementuzko morterozko emokadura du.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 23 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,54 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 1,42 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,14 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.11. Irudia: Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duten bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.12. Irudia: Otxarkoaga auzoan kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

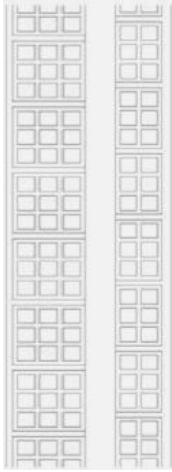
#### **3.3.6. Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxada existentek.**

Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxada duen eraikina Bilboko Belostikale kalean kokatuta dago. Eraikina desarrollista garaian (1960-1980) eraiki zen

Eraikina 5 cm-ko aireztatu gabeko bitarteko aire-ganbera duen bi orritako fatxada batez osatuta dago. Barneko orria adreilu huts bakuneko trenkada bat da eta barnetik zementuzko edo karezko morteroz zapituta dago eta luzituta. Kanpoko orria adreilu huts hirukoitzarekin estalduta dago eta fatxadak kanpotik zementuzko morterozko emokadura du.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 26 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,58 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 1,33 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,169349 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.13. Irudia: Bi aldeetan estaldura eta aire-ganbera estankoa duen bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.14. Irudia: Belostikale kalean kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

### **3.3.7. Bistako estaldura eta aireztatutako aire-ganbera duen bi orritako fatxada existentekak.**

Bistako estaldura eta aireztatutako aire-ganbera duen bi orritako fatxada. Eraikina desarrollista garaian (1960-1980) eraiki zen.

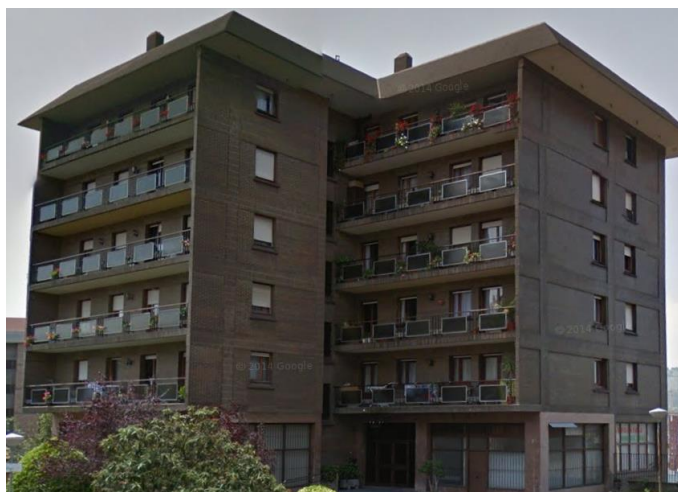
Eraikinak 5 cm-ko arinki aireztatutako bitarteko aire-ganbera duen bi orritako fatxada bat du. Barneko orria 7,5 cm-ko adreilu huts bikoitzeko trenkada bat da eta barnetik zapiuta eta luzituta dago. Kanpoko orria bistako adreilu trinkozkoa da.

Fatxadaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Itxituraren lodiera: 24,5 cm
- Erresistentzia termikoa: 0,58 m<sup>2</sup>K/W
- Transmitantzia termikoa: 1,34 W/m<sup>2</sup>K
- Gaitasun termikoa: 0,19 MJ/m<sup>2</sup>K



**3.15. Irudia: Bistako estaldura eta aireztatutako aire-ganbera duen bi orritako fatxadaren eraikuntza-sekzioa. Eusko Jaurlaritzako birgaitze energetikoko katalogoa**



**3.16. Irudia: Bilbon kokatuta eta eraikuntza tipologia horri dagokion eraikina**

#### 3.4. Zona klimatikoa

Eraikinen kokapenari dagokionez, Doktorego Tesi EAE-an kokatutako eraikinen portaera aztertzen du. Zona horretan EKT-aren Oinarrizko Dokumentuak (OD) eraikinetan energia aurrezteko oinarrizko baldintzak betetzeko erregelak eta prozedurak ezartzen ditu (94). EKT-aren Oinarrizko Dokumentuaren energia aurrezteko sekzioetan (EKT-OD-HE) eraikinen energia kontsumoaren mugaketaren inguruan bete beharreko oinarrizko betebeharrak ezartzen dira, eraikina kokatzen den lekuaren zona klimatikoaren arabera. Ezarritako betebeharrak eraikitako eraikin berriek eta existitzen eta esku-hartu diren eraikinek bete behar dituzte.

OD-aren HE sekzioen barruan eraikinak kokatuta dauden lekuen zona klimatikoa ezartzen da, lekuaren neguko eta udako gogortasun klimatikoaren arabera. Hortaz, kontuan hartzen dira eraikinen kokalekuen erregistro klimatikoak: temperatura lehorra (%), hezetasun erlatiboa (%) eta plano horizontalaren gaineko urteroko eguzki erradiazio globalaren eguneko batezbesteko ( $W/m^2$ ).

Temperatura lehorreko eta hezetasun erlatiboko erregistro klimatikoak eraikinen kokalekua zonabanzatzeko erabiltzen dira. Horrela, OD-aren HE1 (energia-eskaera mugatzea) sekzioaren arabera, kanpoko eskaera komun batzuk definitzen dira eraikinen eskari energetikoaren kalkulurako. Neguko gogortasuna kontuan hartuta zona klimatikoa letra baten bidez (A-E) definitzen da eta udako gogortasun klimatikoaren arabera zenbaki baten bidez (1-4) definitzen da eraikinaren kokalekuaren zona klimatikoa.

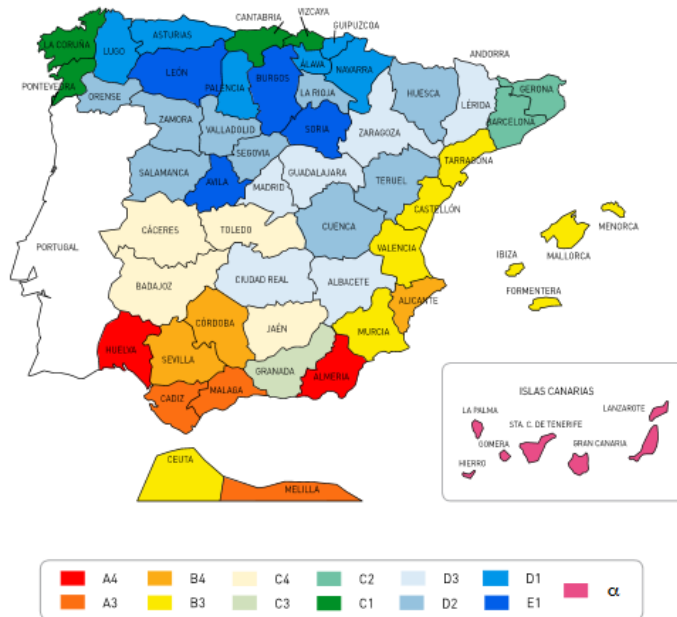
Halaber, OD-aren sekzio bereko B eranskinean (OD-HE1-ko B eranskinean) dauden tabulatutako balioen bidez, eraikinaren energia eskaeraren kalkulua burutzeko eraikina kokatzen den herriaren zona klimatikoa ezartzen da, bere erreferentzi klimatikoaz gain. Eraikina kokatzen den herriaren Autonomia Erkidegoak onartutako dokumentuak ere erabil daitezke. Eranskinetan agertzen diren taulak osatzeko lekuaren temperatura lehorra (%) eta



hezetasun erlatiboa (%) erabili dira kontuan hartuta herriaren probintziako hiriburuaren eta honen altitudea itsas mailarekiko. Hortaz, taula hauekin herriaren zona klimatikoa lor daiteke bere probintziako hiriburuaren eta honen altitudea itsas mailarekiko kontuan izanda.

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h > 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700						h ≥ 700
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800						h ≥ 800
Ávila	E1	1054																h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h > 450			
Barcelona	C2	1										h < 250			h < 450	h < 750		h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214											h < 250					h ≥ 250
Burgos	E1	861																h < 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0	h < 150					h < 450				h < 600	h < 850			h > 850		
Castellón/Castello	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	690									h < 450	h < 500						h ≥ 500
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h > 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200				h ≥ 200
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708										h < 950			h < 1000			h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h > 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
J León	E1	346													h < 100			h > 100
Lérida/Lleida	D3	131													h < 600			h > 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 600	h < 700		h > 700
Lugo	D1	412													h < 500	h < 700		h ≥ 700
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300							h < 700			h > 700
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h > 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h > 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h > 550
Palencia	D1	722															h < 800	h > 800
Palma de Mallorca	B3	1						h < 250				h > 250						
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100		h < 300	h < 600		h > 600
Pontevedra	C1	77												h < 350				h > 350
Salamanca	D2	770													h < 800			h > 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h > 400
Santander	C1	1													h < 150			h > 150
Segovia	D2	1013														h < 1000		h > 1000
Sevilla	B4	9					h < 200					h > 200						
Soria	E1	964														h < 750	h < 800	h > 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h > 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500		h < 1000			h > 1000
Toledo	C4	445													h < 500			h > 500
Valencia/Valencia	B3	8						h < 50				h < 500			h < 950			h > 950
Valladolid	D2	704													h < 800			h > 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512														h < 500		h > 500
Zamora	D2	617														h < 800		h > 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h > 650

3.17. Irdia: Penintsula Iberiarreko zona klimatikoak  
Iturria: OD-HE1. B eranskina



3.18. Irdia: Zona klimatikoen banaketa

Iturria: “Nuevo código técnico de Edificación DB-HE. Guía de los principales cambios”. ROCKWOLL

### 3. Kapituluia

Kontuan izanda 3.17. Irudia, Bilboko zona klimatikoa C1 dela ezar daiteke, OD-HE1-aren arabera.

EKT-ren OD-HE1-ean eraikina kokatzen den herriaren zona klimatikoa kontuan izanda, erreferentziako eraikin bat ezartzen da. Erreferentziako eraikin honekin birgaitutako eraikinaren eskaera energetikoa zehaztu daiteke zeren, HE1 sekzioaren arabera eskaera hau erreferentziako eraikinak duenak baino txikoagoa izan behar baita. Eraikinarekin konparatuko den erreferentziako erakinaren ingurutzailaren transmitantzia termikoa sekzio bereko D eranskinean ezartzen da, zona klimatikoaren arabera. Hurrengo taulan, Euskadin dauden zona klimatiko desberdinek bete behar dituzten transmitantzia termikoko balioak ikus daitezke.

EAE-ko probintzietako hiriburuak	Zona klimatikoa	Fatxada-hormen eta lursailarekin kontaktuan dauden itxituren transmitantzia termikoko balio minimoak ( $U_{Mlim}$ )
Bilbo	C1	0,73 W/m <sup>2</sup> K
Donostia	D1	0,66 W/m <sup>2</sup> K
Gasteiz	D1	0,66 W/m <sup>2</sup> K

3.5. Taula: Fatxada-hormen transmitantzia minimoa EAE-ko probintzia hiriburuetan 2013 urteko OD-HE1-aren arabera

Halaber, sekzio horretako D eranskinean transmitantzia termikoko balio orientagarriak ezartzen dira. Balio hauek ez dute bete beharrezko izaera eta erabilgarriak dira konponbidearen kostu optimoa lortzeko, kontuan izanda kostu globala eta energia kontsumoa.

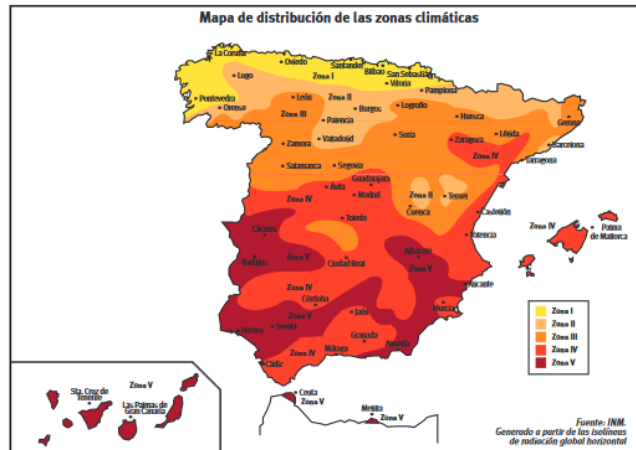
EAE-ko probintzietako hiriburuak	Zona klimatikoa	Fatxada-hormen eta lursailarekin kontaktuan dauden itxituren transmitantzia termikoko balio orientagarriak ( $U_M$ )
Bilbao	C1	0,29 W/ m <sup>2</sup> K
Donostia	D1	0,27 W/ m <sup>2</sup> K
Gasteiz	D1	0,27 W/ m <sup>2</sup> K

3.6. Taula: Fatxada-hormen transmitantzia balio orientagarriak EAE-ko probintzia hiriburuetan 2013 urteko OD-HE1-aren arabera

Bestalde, plano horizontalaren gaineko urteroko eguzki erradiazio globalaren eguneko batezbeste (W/m<sup>2</sup>) balioen arabera zonabanatzeko, oinarrizko dokumentuen HE4 (ur beroaren gutxieneko eguzki-ekarpen) eta HE5 (energia elektrikoaren gutxiengo energia fotovoltaikoaren ekarpena) sekzioak hartzen dira erreferentzi bezala (OD-HE4 eta OD-HE5).

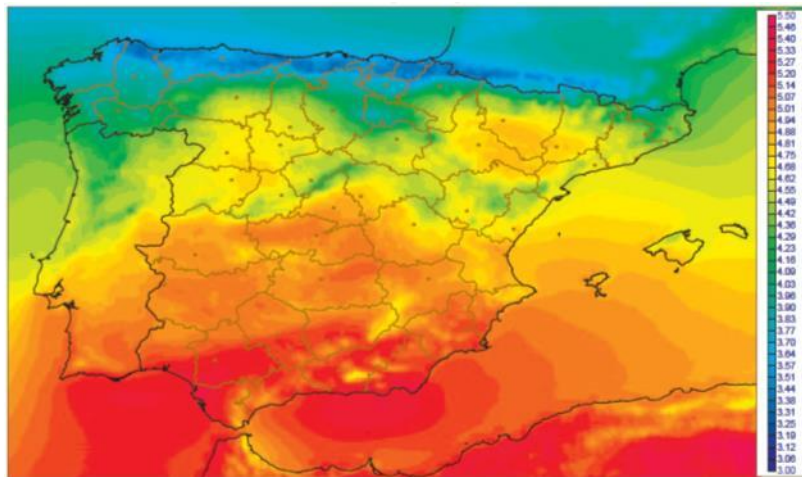
Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

3.19. Irudia: Urteko eguzki erradiazio globalaren eguneko batezbeste balioak  
Iturria: OD-HE4

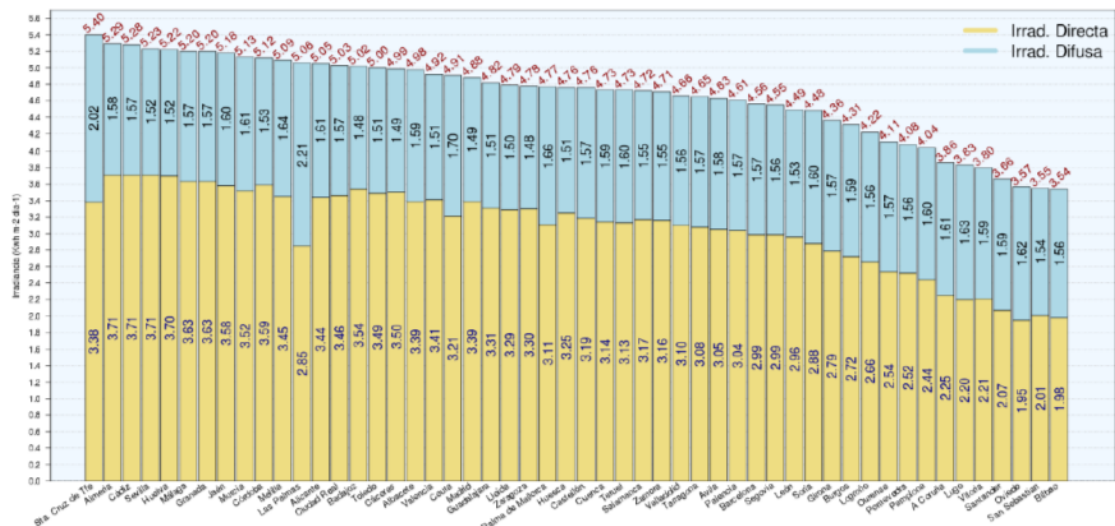


3.20: Zona klimatikoien banaketa mapa  
Iturria: IDEA (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía)

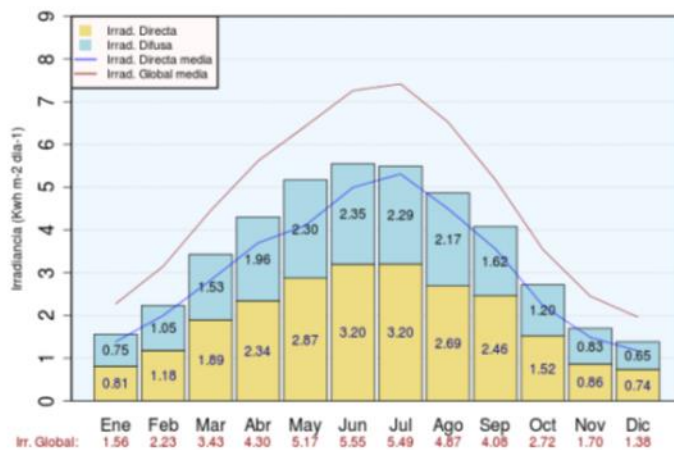
Probintziako hiriburuaren urteroko eguzki erradiazio globalaren eguneko batezbesteko datuak “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF (Climate Satellite Application Facilities) de Clima de EUMETSAT (Organización Europea para la Explotación de Satélites)” (94) dokumentuan batzen dira.



3.21. Irudia: Batezbesteko irradiazio globala kWh/m<sup>2</sup> egun. (1983-2005)  
Iturria: “Atlas de Radiación Solar en España”. Espainiako Meteorologiako Estatu Agentziak. 2012



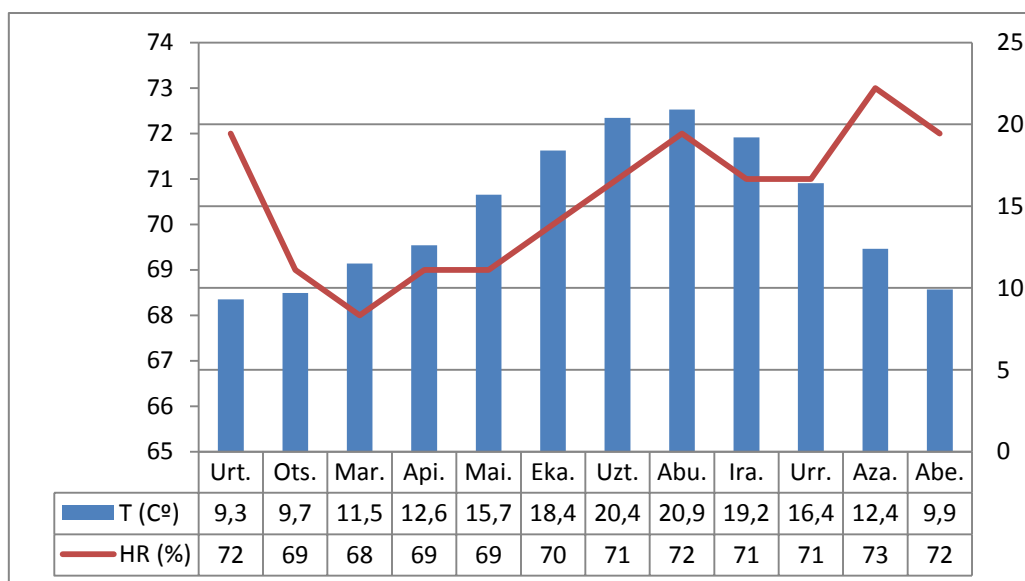
**3.22. Irudia: Eguneko batezbesteko irradiazio globala. (1983-2005)**  
 Iturria: "Atlas de Radiación Solar en España". Espainiako Meteorologiako Estatu Agentziak. 2012.



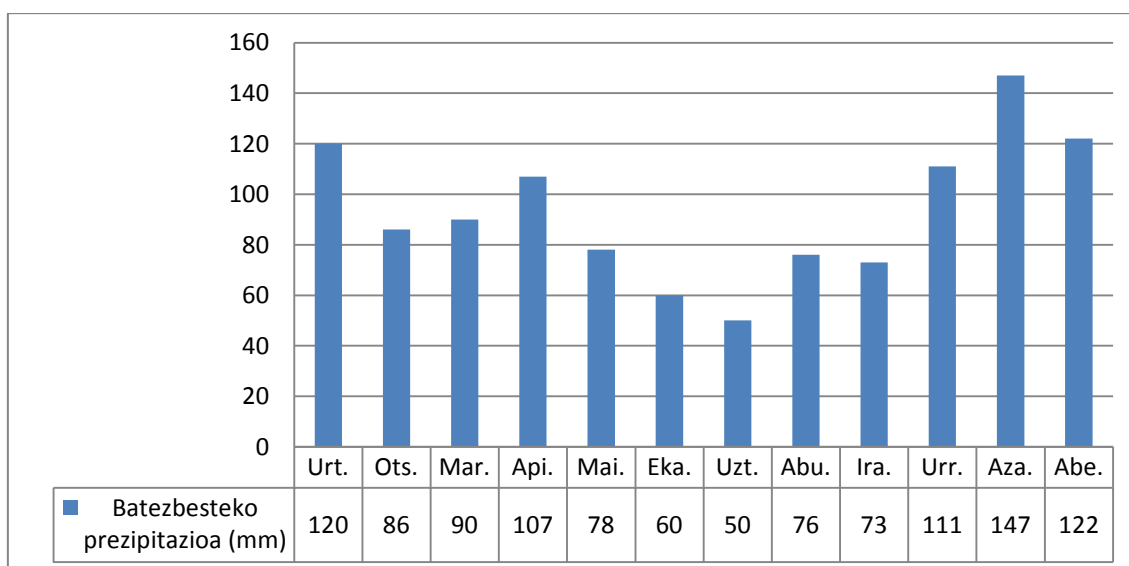
**3.23. Irudia: Urteko batezbesteko eguzki erradiazio globala Bilbon. (1983-2005)**  
 Iturria: "Atlas de Radiación Solar en España". Espainiako Meteorologiako Estatu Agentziak. 2012.

3.21. Irudian eta 3.22. Irudian Espainiako penintsulan eguneko batezbesteko irradiazio globalaren banaketa ikus daiteke. EAE-ko zonan irradiazioa penintsulako gainerako herrialdeetan baino txikiagoa da. Bilbon, konkretuki, 3,54 KWh/m<sup>2</sup> eguneko batezbesteko irradiazio globala izan zen 1983 eta 2005 urteetan zehar. Hortaz, OD-aren HE4 sekzioaren arabera Bilbo eta EAE I zona klimatikoan kokatuta daude.

1981-2010 urteetan zehar Bilboko datu klimatikoak ezartzeko Espainiako Meteorologiako Estatu Agentziak (AEMET) Bilboko aireportuan kokatzen den estazio meteorologikoa (altitua: 42 cm, Latitudea: 43º 17' 53" N, longitudea: 2º 54' 23" O) erabiltzen du erreferentzi bezala. (Ikusi 3.14. Grafikoa eta 3.15. Grafikoa).



**3.14. Grafikoa: Temperatura (°C) eta hezetasun erlatiboaren (%) banaketa Bilbon**  
 Iturria: Propioa, AEMET-en datuak erabiliz. "Valores climáticos normales, Aeropuerto de Bilbao". 1981-2010



**3.15. Grafikoa: Batezbesteko prezipitazioaren banaketa Bilbon**  
 Iturria: Propioa, AEMET-en datuak erabiliz. "Valores climáticos normales, Aeropuerto de Bilbao". 1981-2010

Azkenik, esan beharra dago 3.17. Irudian adierazita duden probintziako<sup>8</sup> hiriburuen arabera, EAE neguko hiru zona klimatiko desberdinetan banatzen dela (C, D eta E). Hala ere, zona honetan dagoen klima leuna da Espainiako beste zona klimatikoekin dituzten baldintza klimatikoekin alderatuta. Izan ere, EAE-an hezetasunaren balio erlatiboak %65-76 tartean daude eta temperatura 8 eta 22°C tartean.

<sup>8</sup> EAE hiru probintzietan banatzen da. Hortaz, hiru probintzia hiriburu daude: Bilbo, Donostia eta Gasteiz.



## **4. Kapituluua: FATXADEN BIRGAIITZE ENERGETIKORAKO METODOAK**





bero honek neguan, gehien bat, barneko berotze-sistemetan dauka bere jatorria eta udan, gehien bat, kanpoko eguzki erradiazioan. Hortaz, eraikinaren barnean konfort egoera bat mantentzeko funtsezkoa da neguan berogailuetatik datorren beroa azkar galtzea ekiditea eta udan erradiazioetatik metatzen den beroa murriztea.

Sistema hauen bidez, eraikinaren barneko konfort baldintzak hobetzen dira eta azken honek negutegi-efektuko gas-emisioen murrizketan laguntzen du, ingurumena babestuz. Gas hauen murrizketa, batez ere CO<sub>2</sub> gasak, sistema hauek erabiltzean eraikinaren inertzi termikoa hobetzen delako ematen da. Izan ere, sistema hauek neguan berotze-sistemen erabilera eta udan hozte-sistemen erabilera murrizten laguntzen dute.

Halaber, kanpoko isolamendu termikoen sistemek, sistema zuzenki sortuta eta jarrita badago, eraikinean dauden zubi-termiko ia guztiak errazki ebaztea baimentzen dute. Izan ere, eraikinaren kanpoaldea estaltzen eta isolatzen da etenik gabe, eraikinaren inguratzailearen geometriara moldatuz. Fatxadaren kanpotik isolatzen denean gainazaleko eta interstizialeko kondentsazioen agerpena ekiditen da, fatxadaren hormaren ia parte gehiena partzialki bero dagoelako izan ere, isolatzailearekin babestuta dago. Honela, euskarriko barne gainazalak barruko giroaren ihintz puntua baino gehiagoko tenperatura izango du eta horrela, kondentsazioak ekiditen dira.

Ondoren, fatxadaren kanpoko isolamendu termikoen sistemen abantaila garrantzitsuenak laburtzen dira (103):

- Birgaitze lanek irauten duten bitartean etxebizitza uztea ez da beharrezkoa esku-hartzea kanpotik egiten baita.
- Etxebizitzaren barrutik ez da espaziorik galtzen esku-hartzea kanpotik egiten baita.
- Zubi-termiko guztiak zuzentzen direnez, etxebizitzako barruko konfort termikoa hobetzen da. Honela, horma "hotzak" eta gainazaleko kondentsazioen eratzearen arriskua ekiditen dira.
- Etxebizitzaren barruko konfort akustikoa hobetzen da.
- Berotze eta hozte sistemetan aurrezte energetiko handiagoa lortzen da. Konponbidea eraikinaren inguratzailean zehar jarraia denez zubi termikoak zuzentzen dira, aurretik komentatu den bezala.
- Jatorrizko fatxadaren estetika hobetzen da. Honela, eraikina errebalorizatzea eta honen eta kokatzen den ingurunearen itxura estetikoa gaztetzea lortzen da.

Kanpoko isolamendu sistema hauek desabantaila batzuk dituzte (103):

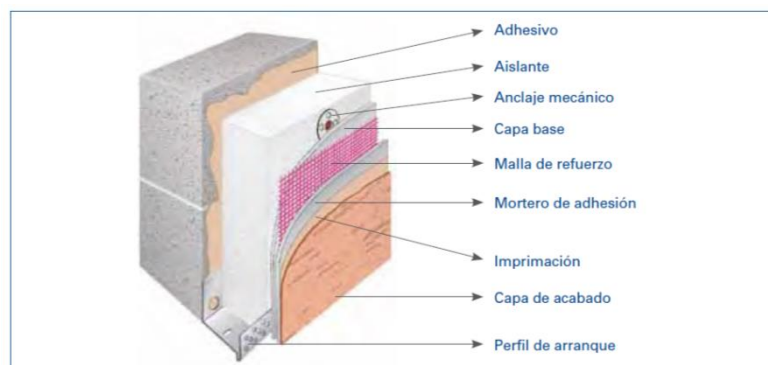
- Esku-hartzearen kostu totala barneko isolamendu eta aire-ganberaren barruan isolamendu sistemekin konparatuta askoz handiagoa da. Baina berotze eta hozte sistemetan lortzen den aurrezte energetikoa handiago denez kostu totala erraz amortizatu daiteke azken bi sistema hauekin alderatuz.

- Kasu ia gehienetan, aldamioren erabilera beharrezkoa da esku-hartzea eraikinaren kanpotik egiten baita. Honek eragozpenak sortzen ditu maizterrentzat eta oinezkoentzat.
- Esku-hartzea burutzeko jabeen arteko adostasuna beharrezkoa da.
- Ondare arkitektoniko bezala katalogatutako eraikinetan sistema mota hauek ezin dira erabili, eraikinaren fatxada babestuta baitago.

#### 4.2.1. Kanpoko isolamendu termikoen sistemak (SATE)

SATE sistemetan esku-hartzea edo interbentzioa fatxadaren kanpotik egiten da eta sistema hau eraikinaren inguratzailea termikoki isolatzeko erabiltzen da. Sistema integral bat da, hau da, osagai bakoitza multzo baten zati bat da. Hortaz, osagai guztiek baterako eran sortuta eta entseatuta egon behar dute. Sistema huen erresistentzia termikoa  $1 \text{ m}^2\text{K/w}$  balioa edo gehiagokoa izan behar da, ETAG 004 gidan eta UNE-EN 13499 eta UNE-EN13500 (104, 105) arauetan adierazten den bezala.

Hormara edo paretara mekanikoki edo itsasgarriarekin finkatutako panel isolatzaile batean datza sistema. Isolatzaile panela isolatzailean ezartzen den estaldura baten bidez babestuta egon behar da. Estaldura morterozko kapa bat edo gehiagotan datza non, beira-zuntzeko maia bat jartzen ohi den. Estalduraren akabera morterozkoa izan daiteke edo adreilu akrilikoko, buztinezko zeramikako edo harri plakazkoa estaldurakoa.



4.3. Irudia: SATE sistemaren eskema bat. (ANFAPA)

Isolatzailea jatorrizko fatxadara finkatzen denez, batzuetan beharrezkoa izaten da isolatzailea finkatu baino lehen euskarria aurretik tratatzea. Horretarako, finkatu aurretiko akzioak egin behar dira euskarrian. Erabiliko den finkapen mota euskarriaren lautasunaren eta bertikaltasunaren menpe egongo da.



4.4. Irudia: Isolatzailea euskarrira finkatuta. (Weber)



4.5. Irudia: Isolatzailea euskarrira itsatsita.(IDAE)

SATE sistemetako isolatzaile edo isolamendu plaka ohikoenak, EPS (Poliestireno hedatua), XPS (poliestireno estruitua), zuntz mineral (MW), kortxoa (ICB) eta egurrezko zuntzezko (WF) taulak dira. Hurrengo 4.6. Irudian, isolatzaile plaka eta taula ohikoenak ikus daitezke.



EPS



XPS



Zuntz minerala (MW)



Kortxoa (ICB)

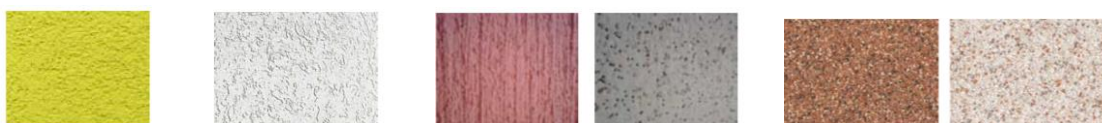


Egurrezko zuntza (WF)

4.6. Irudia: SATE sistemetan erabiltako isolatzaile motak

Isolamendu plaka hauen gainean akabera kapa bat jartzen da sistema kanpotik babesteko. Akabera kapa edo estaldura kanpotik ikusten dena denez, honek birgaitu ondoren eraikinaren estetika zehaztuko du. Estaldura morterozko kapa bat edo gehiagoz osatzen da edo plakazko estaldurak erabil daitezke.

Estalduran morteroa erabiltzen bada kolore eta testura desberdinak lor daitezke (Ikusi 4.7. Irudia). Hau konponbiderik merkeena da, plakazko estaldurarekin alderatuta.



4.7. Irudia: Mortero estalduraren bidez lortutako gamak eta testura mota desberdinak. (IDAE)

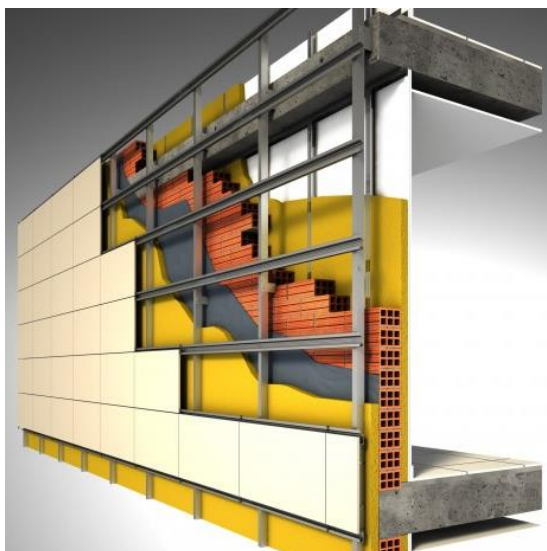
Adreilu akrilikoko, buztinezko zeramikako edo harri plakazkoa estaldurak erabiltzen badira estaldura osatzeko, eraikina kokatzen den ingurunera egokitzeko gradua handitzen da kontuan hartzen baita fatxadaren jatorrizko estetika edo itxura. Honela, jatorrizko fatxadaren kanpoko estaldura bistako adreiluzkoa bada, kanpoko estetika edo itxura mantendu daiteke bistako adreilua imitatzen duen plakazko estaldura bat erabiliz, hurrengo 4.8. Irudian ikus daitekeen bezala.



4.8. Irudia: Bistako adreilua imitatzen duen plakazko estaldura. (IDAE)

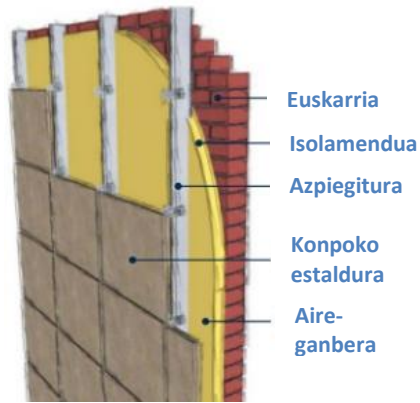
### 4.2.2. Fatxada aireztatua

Isolamendu sistema hauetan esku-hartzea eraikinaren itxuraren kanpotik izaten da eta eraikin berriak eta birgaitu beharreko eraikinak termikoki isolatzeko erabiltzen da. Fatxada aireztatuetan aire-zirkulazioa baimentzeko ganbera bat eratzen da.

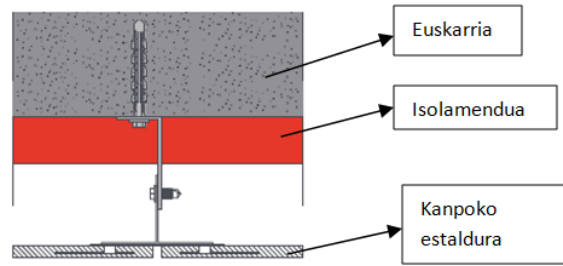


4.9. Irudia: Fatxada aireztatu baten eskema. (IPUR)

Sistema hauetan isolatzailea mekanikoki finkatzen da eraikinaren euskarrira. Ondoren isolatzailearen gainean azpiegitura bat finkatzen da. Azpiegitura honetan kanpo akaberako elementuak instalatzen dira honela, isolatzaile eta estalduraren artean aire-ganbera bat sortzen da.



4.10. Irudia: Fatxada aireztatu baten osagaiak. (IPUR).



4.11. Irudia: Fatxada aireztatu baten sekzio horizontalaren eskema. (AIPEX).

Aire-ganberak aireztapen natural bat eratzen du, isolamendua lehor mantenduz. Honela, bero eta hozte-sistemen energi kontsumoan aurreztea lortzen da. Gainera, sortzen den aire-ganberagatik hozte-sistemetan lortzen den energia kontsumoaren aurreztea, SATE sistemetan lortzen dena baino handiagoa da baino, fatxada aireztatuen inbertsioko kostua azken sistema hauetan baino askoz handiagoa da. Halaber, fatxada aireztatuen instalazioa SATE sistemena baino askoz konplexuagoa da izan ere, SATE sistemak sistema integratuak dira eta ez da behar inolako bilbadurarik kanpoko akabera instalatzeko.

Fatxada aireztatuetan erabiltzen diren isolatzaile ohikoenak SATE sistemetan erabiltzen diren ia isolatzaile berak dira.

SATE sistemetan gertatzen den bezala, kanpoko estaldurak edo akaberak eraikinaren bukaerako estetika edo itxura zehaztuko du. Baina SATE sistemetan ez bezala, fatxada aireztatuetan kanpoko estaldura eratzeko aukera zabalagoa da. Izan ere, estaldura azpiegituraren gain instalatzen denez, material desberdinez fabrikatutako plakak erabiltzeko aukera dago. Aldiz, SATE sistemetan ez da aukera hori ematen, estaldura isolatzailearen gain instalatzen baita.

Fatxada aireztatuetan erabiltzen diren estaldura motak sistemaren prezio finala zehaztuko du eta baita ingurunera egokitzeko gradua ere. Estalduran erabiltzen diren plakak ondorengokoak izan daitezke: mortero akrilikoa, metala, HPL plaka finkoak, igeltsu ijeztatua, zeramika, marmol aglomeratua, harri naturala edo artifiziala, etab. Hurrengo 4.13. Irudian, 4.14. Irudian eta 4.15. Irudian estaldurarako erabiltzen diren plaken adibide batzuk ikus daitezke.



4.12. Irudia: Presio altuko plaka ijestu trinkoen bidez sortutako estaldura (HPL). (Trespa).



4.13. Irudia: Estruitutako plaka zeramikoen bidez sortutako estaldura. (Tempio).



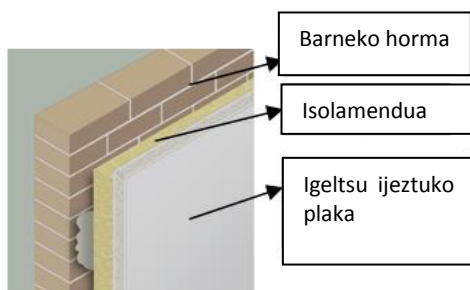
4.14. Irudia: Harri naturalaren bidez sortutako estaldura. (Levantina).

### 4.3. Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak

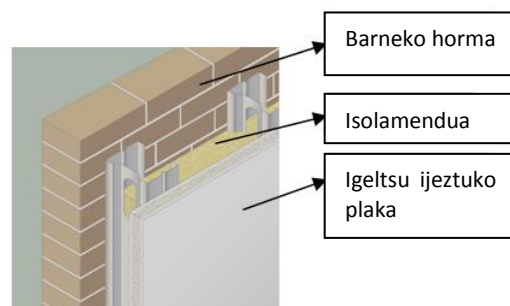
Sistema hauek etxebizitza termikoki isolatzeko erabiltzen dira. Honela, eraikinaren efizientzia termikoa eta barneko konfort termikoa eta akustikoa hobetzen da.

Sistema hauetan isolatzailea etxebizitzako barneko paretetan instalatzen da eta ondoren igeltsu ijeltuko plaken (PYL, placas de yeso laminado) bitartez estaltzen da, kasu ia gehienetan. Azkenik barneko akabera eratzeko pintura kapa bat aplikatzen da.

Etxebizitza barnetik termikoki isolatzeko sistema ohikoenak trasdosatu zuzeneko sistemak eta trasdosatu autosostengagarriko sistemak dira. Trasdosoatu zuzeneko sisteman isolatzaileak eta igeltsu ijeltuko plakak etxebizitzaren barneko hormetan zuzenean instalatzen den multzo bat osatzen dute. Trasdosoatu autosostengagarriko sistemetan aldiz, sostengu-egitura baten gainean finkatzen dira igeltsu ijeltuko plakak eta isolatzailea, plaka hauen eta etxebizitzaren barneko hormen artean instalatzen da (Ikusi 4.15. Irudia).



Trasdosoatu zuzeneko barne sistema.



Trasdosoatu autosostengagarriko barne sistema.

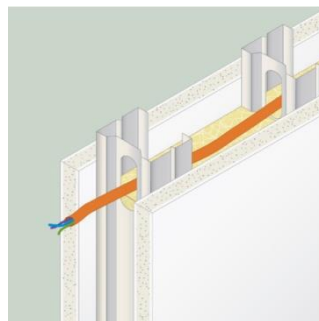
4.15. Irudia: Trasdosoatu bidezko barne sistemak. (Pladur)

Trasdosatu zuzeneko sistemen instalazioa, trasdosatu autosostengagarriko sistemekin alderatuta, askoz errazagoa da ez baita, esperientziarik behar sistema hauek egikaritzeko orduan (Ikusi 4.16. Irudia). Isolatzaileak eta igeltsu ijeltatu plakak osatzen duten multzoa zuzenean itsasten da etxebizitzaren barneko hormara. Gainera, sistema hauek trasdosatu autosostengagarriak baino merkeagoak dira.



4.16. Irudia: Trasdosatu zuzeneko sistemen instalazioa. (Isover)

Trasdosatu autosostengagarriko sistemak edozein euskarrian instalatu daitezke trasdosatu zuzeneko sistemak ez bezala. Trasdosatu autosostengagarriko sistemetan sostengu-egiturak ematen dio egonkortasun sistemari. Izan ere, sostengu-egitura hau barneko zein kanpoko forjatura finkatzen da. Halaber, sistema hauek kableatuaren ezkutatzea ahalbidetzen dute (Ikusi 4.17. Irudia).



4.17. Irudia: Kableatuaren ezkutatzea trasdosatu autosostengagarri sistemen bidez. (Pladur)

Bi sistemetan erabiltzen diren isolatzaile ohikoena poliuiretano hedatua (EPS), zuntz minerala (MW), poliuiretano estruitua (XPS) eta poliuiretano (PUR) proiektatuta edo xafalak dira. Erabiltzen den estaldura ohikoena igeltsu ijeltzuko plakak dira nahiez eta, batzuetan igeltsu "in situ" erabiltzen den. Azkenik, igeltsu ijeltzuen edo igeltsuaren gainean pintura kapa bat aplikatzen da, lehen komentatu den bezala.

Barneko isolamendu termikoen sistemek ondorengo abantailak dituzte (106):

- Edozein fatxadetan instalatu daiteke. Fatxadaren kanpoaldea ez da aldatzen hortaz, babestuta dauden eraikinen fatxadetan erabil daiteke sistema hau.
- Obraren egikaritzea ez da konplexua etxebizitzaren barnetik egiten baita. Hortaz, grabitate-istripuak egoteko arriskua baxua da. Gainera bakarrik behar da halako esperientzia edo ia inolakoa, erabiltzen den sistemaren arabera.

- Aldamioen erabilera ez da beharrezkoa, esku-hartzea etxebizitzaren barnetik egiten baita.
- Etxebizitzako barruko konfort akustikoa hobetzen da.
- Eraikinaren egituraren eta kanpoko fatxadaren aldaketarik ematen ez denez, ez da behar eraikinaren auzotar komunitatearen adostasuna esku-hartzea burutzeko.

Sistema huen desabantailak ondorengoak dira (106):

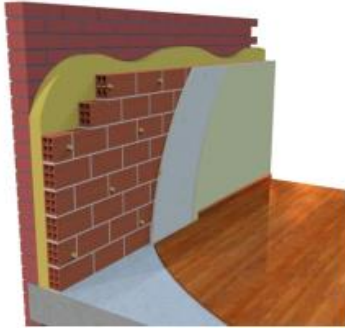
- Etxebizitzaren barruan espazio erabilgarria galtzen da, isolatzailea etxebizitzaren barneko hormetan instalatzen baita. Galtzen den espazio erabilgarria birgaitzean erabili den isolatzailearen lodieraren menpe dago.
- Obra etxebizitzaren barnean egiten da beraz, etxebizitza uztea era total edo partzialean beharrezkoa da, obra irauten duen bitartean. Gainera, etxebizitzako hormetara heltzeko oztopatzen duten altzariak mugitzea beharrezkoa da.
- Konponbide ez jarraia denez, isolamendua ez dago era jarrai batean jarrita itxituraren gainean, ez dira zubi-termikoak ekiditen. Hau dela eta, SATE eta fatxada aireztatuetan lortzen den aurrezte energetikoa eta konfort termikoa baino txikiagoa da.
- Nahiz eta konponbide merke bat izan, obraren amortizazio denbora kanpoko isolamendu termikoen sistema baino askoz handiagoa da. Izan ere, sistema hauekin Berogailu eta hotz-sistemen fakturan lortzen den aurrezpena gutxiago da.
- Ez da jatorrizko fatxadaren estetika edo itxura hobetzen, kanpoko fatxada aldatzen ez delako.
- Berogailu sistema eta sistema elektrikoaren birkonexioa.

Isolamendu sistema honen desabantailak kontuan izanda, sistema hau eraikinaren kanpoko itxura aldatu ezin denean, esku-hartzearekin lortzen den konfort termikoa eta energiaren aurrezte galtzen den espazio erabilgarriarekin konpentsatzen denean, bestelako lanak egingo direnean etxebizitzaren barnean edo erabilera ez iraunkorreko etxebizitzetan erabiltzea gomendatzen da.

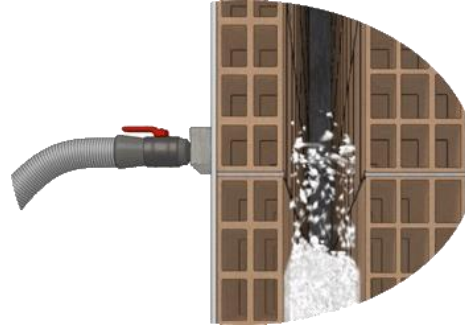
#### **4.4. Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak**

Aire-ganberaren barnetik isolatzeko sistema hauetan material isolatzaile bat injektatzen edo insuflatzen da eraikinaren aire-ganberaren barnean, honen efizientzia energetikoa hobetzeko helburuarekin. Injekzio prozesua isolatzaile aparra aire-ganberan injektatzean datza eta insuflazio prozesuan isolatzaile pikortatua injektatzen da. Eraikinak aire-ganbera bat bada eta hau eskuragarria bada, bi prozesuen esku-hartzea etxebizitzaren barnetik edo eraikinaren kanpotik egin daiteke.





**4.18. Irudia: Etxebizitzako barnealdetik Poliuretanoaren injekzioa fatxadaren aire-ganberan. (IPUR)**



**4.19. Irudia: Fatxadaren aire-ganberan insuflazioa. (Ecogreenhome)**

Isolamendu sistema hau kanpotik egiten diren isolamendu termikoen sistemak ezin direnean, erabili fatxada babestua dagoelako edo eraikinaren jabeen artean adostasun batera heldu ez denean erabiltzea gomendatzen da. Gainera, bakarrik gomendatzen da erabiltzea sistema hau etxebizitzaren barneko espazio erabilgarria galdu nahi ez denean, barnetik egindako isolamendu termikoen sistemen ondorioz. Hortaz, beste birgaitze konponbideak baztertu direnean aire-ganberan isolatzailea injektatzea edo insuflatzea burutzea baloratu daiteke.

Sistema honek arreta berezi bat behar du, bere egokitasunaren balorazioagatik eta bere egikaritzeagatik. Izan ere, bere egikaritzean zehar kontrol desberdinak egin behar dira. Egikaritzean zehar bete behar diren kontrol posibleak hauek dira (107):

- ✓ Aztertu eta konpondu beharrezkoa bada, barneko eta kanpoko hormak pitzadurak ekiditeko, junturretan akatsak edo hezetasunak izan ere, isolatzailearen injekzio prozesuan zehar erresistentzia murriztu dezakete.
- ✓ Existitzen den aire-ganberaren jarraipenaren egiaztapena eta honek injekzio prozesuan behar den lodiera minimoa duen egiaztatzea.
- ✓ Aire-ganberan kableatuak dauden begiratzea.

Hau dela eta, sistema hau orain arte ikusi diren sistemetatik doitasun eta espezializazio gehien behar duena da (107).

Sistema honen abantailak ondorengoak dira (107):

- Ez da kanpoko fatxada aldatzen hortaz, ez da jabeen arteko adostasunik behar.
- Isolatzailea aire-ganbararen barrutik injektatu edo insuflatzen denez, ez da espazio erabilgarririk galtzen etxebizitzaren barnetik.
- Esku-hartzea eraikinaren kanpotik egiten bada, ez da beharrezkoa etxebizitza uztea ez eta altzariak mugitzea hormetara heltzeko.
- Aipatutako sistema termikoetatik merkeena da.
- Ez dira ia hondakinik sortzen eta bakarrik beharrezkoa da isolatzeko materiala.

Sistemak hurrengo desabantailak ditu (107):

- Ez da bermatzen Itxituraren iragazgaitasuna.
- Konponbide ez jarraia denez, ez dira zubi-termikoak ekiditen, barnetik egindako isolamendu termikoen sistemetan gertatzen den bezala. Halaber, isolatzailearen lodiera aire-ganberaren lodieraren menpe dago. Hortaz, lortutako aurrezte energetikoa eta barneko konfort termikoa konponbide jarraietan lortzen dena baino askoz txikiagoa izango da. Izan ere, SATE eta fatxada aireztatuetan konponbide jarraiak izateaz gain isolatzailearen lodiera alda daiteke beharren arabera. Aire-ganberaren lodieraren arabera lortzen den aurrezte energetikoa barnetik egindako sistema termikoen sistemekin lortzen dena baino txikiagoa izan daiteke.
- Esku-hartzea eraikinaren kanpotik denean, aldamioren erabilera beharrezkoa da.
- Ez da jatorrizko fatxadaren estetika edo itxura hobetzen.
- Eroankortasun termikoaren eta hezetasunaren inguruan ezagutzak dituen lanesku kualifikatua behar da, instalazio zuzen bat burutzeko.
- Obraren amortizazio denbora altua da izan ere, nahiz eta konponbiderik merkeenatariko bat izan, berogailu eta hozte-sistemen fakturretan aurreztea lortzen den baxua da.
- Esku-hartzea barnetik denean, etxebizitza egonaldi labur batez utzi beharko da eta etxebizitzaren hormetara heltzeko altzariak mugitu beharko dira.

Sistema honen injekzio prozesuan erabiltzen den isolatzaile ohikoena poliuretano aparra (PUR) da. Insufrazio prozesuan aldiz, erabiltzen dituen isolatzaile ohikoek zuntz mineraleko noduluak (beira-zuntza edo harri-zuntza), EPS-a aleetan, zelulosa eta kortxoa dira.



Poliuretano-aparra  
(PUR)



Zuntz mineraleko  
noduluak



Zelulosa



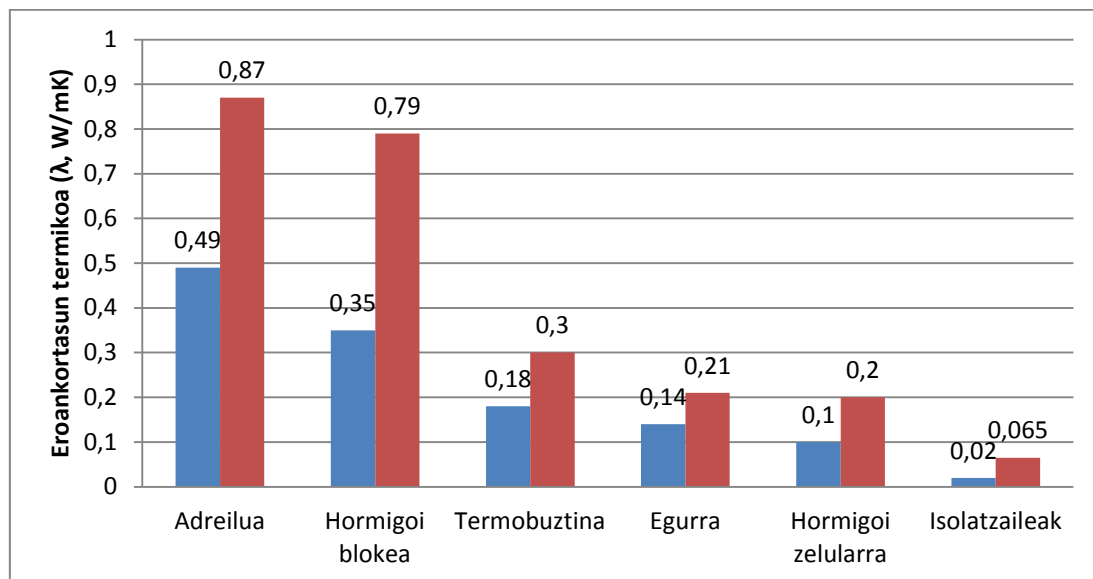
Kortxoa

**4.20. Irudia: Aire-ganbera isolatzeko erabiltzen diren isolatzaile motak**

#### 4.5. Isolatzaile termikoak

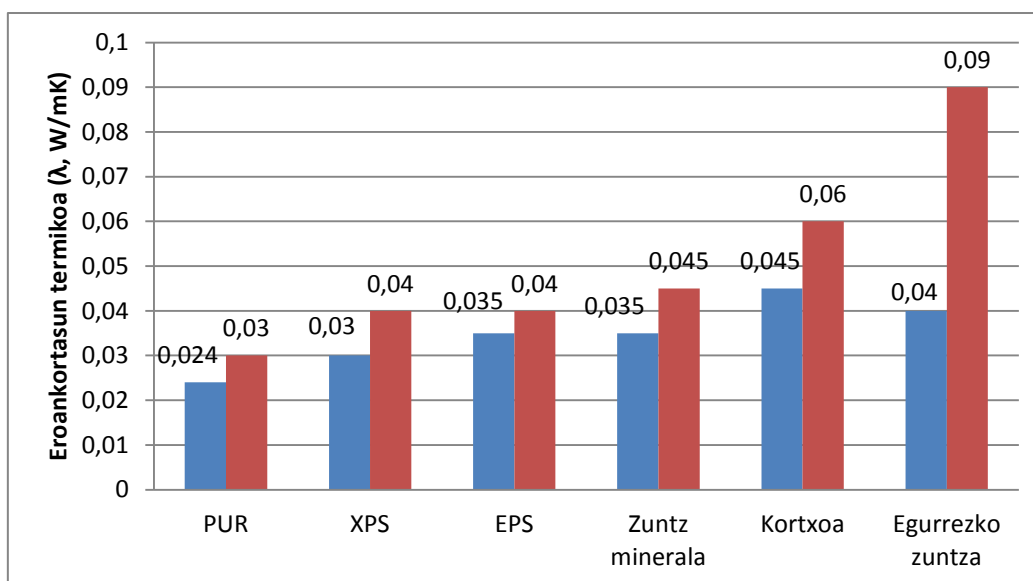
Planteatu diren eraikuntzako konponbide guztietan funtsezko elementuetako bat isolatzaile termikoa da izan ere, hauek dituzten ezaugarri termikoek, lodiera txikietan, hotz edo bero galerak murrizten laguntzen dute. Hortaz, zalantzarik gabe isolatzaileen ezaugarri garrantzitsuenetako bat beraien eroankortasun termikoa baxua dela da. Ezaugarri horretaz aparte, isolatzaile bat aukeratzeko orduan beste irizpide batzuk izango dira kontuan: hezetasunaren aurkako portaera edo suaren aurkako erreakzioa, beste batzuen artean. Nahiz eta egoera konkretu batzuetan portaera hobea duten isolatzaileak existitu, ez da existitzen errekerimendu guztiak era zorrotzean betetzen dituen isolatzailearik. Oro har, irizpide batzuk haien artean baliogabetzen dira, konpresiorako erresistentzia altua eta zarataren aurkako isolamendu akustiko ona edo hedapenarekiko erresistentzia baxua eta hezetasunaren aurkako erresistentzia (108) adibidez.

Isolatzaile termikoek transmitantzia termikoa ( $U$ ) murrizten dute eraikinaren itxituren gainazalean zehar, eroankortasun termikoko ( $\lambda$ ) balio oso txikiak izanik. Hurrengo 4.1. Grafikoan eraikuntzan erabiltzen diren zenbait materialen eroankortasun termikoko balio maximoak eta minimoak ikus daitezke. Isolatzaileen eroankortasun termikoa beste materialena baino askoz txikiagoa da (109).



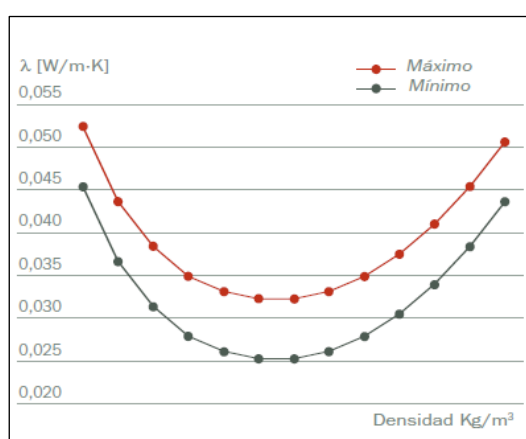
4.1. Grafikoa: Eraikuntzako zenbait materialen eroankortasun termikoa  
Iturria: Propioa, AIPEX-en datuen bidez

Hurrengo 4.2. Grafikoan, merkatuan erabiltzen diren isolatzaileen eroankortasun termikoen balio maximo eta minimoak adierazita daude. Grafiko horretan ikus daitezke isolatzaileen eroankortasun termikoko balio minimoa 0,02 eta 0,05 W/mK balioen artean dagoela. Hortaz, honek adierazi nahi du isolatzaile batekin edo beste batekin portaera termiko berdina izateko isolatzailearen plakaren lodiera aldatu behar dela.



**4.2. Grafikoa: Zenbait isolatzaileen eroankortasun termikoa**  
Iturria: Propioa, "Insulating Materials"(108) datuen bidez

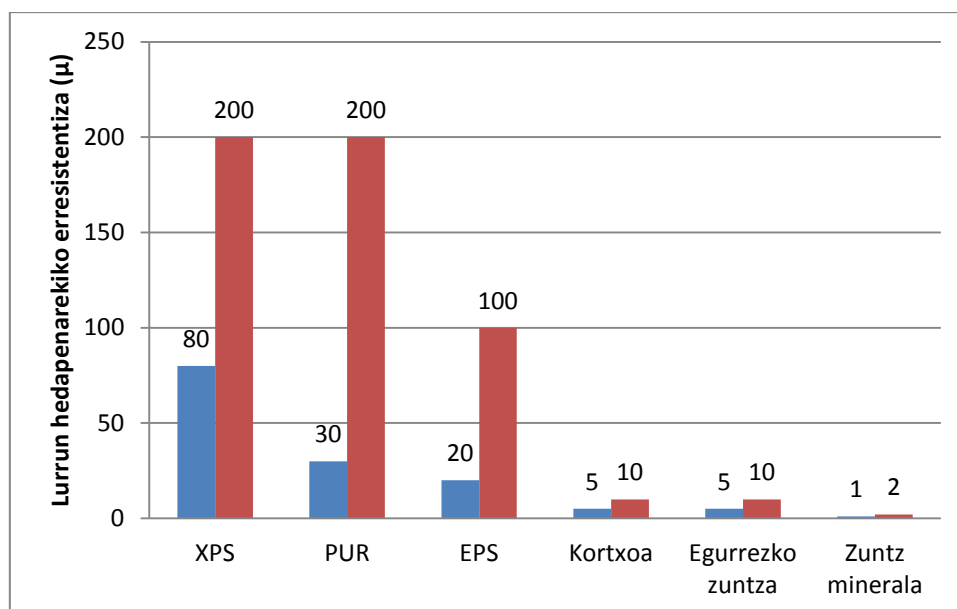
Halaber, zelulazko apar organikoak osatutako isolatzailek beraien egituraren barruan aire edo beste eroankortasun baxuko gasak gordetzen dituzte. Hortaz, isolatzaile mota hauetan bero-transferentzia konbekzio, kondukzio eta erradiazio bidez izan daitekeela kontuan hartu behar da. Aparra osatzen duten zelulen tamaina minimoa denez, konbekzioa ez da antzematen. Zenbat eta plastikozko materia gutxiago izan aparrean, orduan eta txikiagoa izango da kondukzioz ematen den beroa baina, erradiazioa handituko da xurgatuko duen materia txikitzen bada. Baina kontrako kasua gerta daiteke hau da, zenbat eta materia gehiago, orduan eta kondukzio gehiago eta erradiazio gutxiago. Mota honetako isolatzaileentzako konponbidea eroankortasun minimo bat zehaztea da, hurrengo 4.3. Grafikoan ikus daitekeen bezala. Grafiko honetan eroankortasun termikoaren balioa adierazita dago dentsitatearen arabera. Dentsitate baxua  $25 \text{ Kg/m}^3$  balioak baino txikiagoak izango da eta dentsitate altua  $50 \text{ Kg/m}^3$  baliotik aurrera.



**4.3. Grafikoa: λ-ren balioak dentsitatearen funtziopean (isolatzaile apar organikoak)**  
Iturria: Propioa, AIPEx-en datuen bidez

Isolatzailen ezaugarri termikoez gain, hezetasunaren aurrean daukaten portaera ere kontuan hartu behar da. Portaera hau zehazteko saiakuntza desberdinak egin daitezke hala nola, UNE EN 12088 (lurrun hedapena bidezko xurgapena), UNE EN 12091 (izotz-urtze zikloetan xurgapena) edo UNE EN 12086 (lurrun hedapenarekiko erresistentzia). Saiakuntza guzti hauetan ondorioztatu da lortutako emaitzak produktuaren prestazioen iraupena eta isolatzaileetan ur xurgapenak dakarren zahartze azkarra zehazteko erabili daitezkeela, isolatzailearen baldintza errealak kuantifikatzeko baino (109).

Lurrun hedapenarekiko erresistentzia ( $\mu$ ) isolatzaile batek bere ezaugarri termikoak galdu gabe eta kondentsazio interstizialak agertu arte xurga dezakeen hezetasun kantitatea adierazten du. Hurrengo 4.4. Grafikoan, zenbait isolatzaile termikoen lurrun hedapenarekiko erresistentziaren balioak ikus daitezke. Grafikoari erreparatuz, zuntz minerala beste isolatzaileekin alderatuz lurrun hedapenarekiko erresistentzia baxuen duen isolatzailea da. Hortaz, zuntz mineralaren portaera hezetasunaren aurrean bestea baino txarragoa izango da.



4.4. Grafikoa: Zenbait isolatzaile termikoen lurrun hedapenarekiko erresistentzia  
Iturria: Propioa, "Insulating Materials"(108) datuen bidez

Isolatzailak aukeratzeko orduan, isolatzaileek suarekiko duten erreakzio kontuan hartu beharreko beste faktore bat da. Erreakzio hau isolatzaile bakoitzak daukan Euroklasearen bidez zehazten da. Euroklaseak eraikuntzako produktuak eta elementuak sailkatzen ditu UNE-EN 13501-1 (110) arauan zehazten diren saiakuntzetatik lortutako suaren aurkako portaerako emaitzen funtziopean. Arau horren arabera, hormetarako eta sabaietarako Euroklasearen sailkapena hurrengo da:

#### 4. Kapitulu

Euroklasea		Isolatzaile mota
A1	Erregaitza. Ez du suan ekarpenik.	Isolatzaile inorganikoak
A2	Erregaitza. Ez du suan ekarpenik.	
B	Erregaia. Suan daukan ekarpena oso mugatua da.	Isolatzaile organikoak
C	Erregaia. Suan daukan ekarpena mugatua da..	
D	Erregaia. Suan daukan ekarpena ertaina da.	
E	Erregaia. Suan daukan ekarpena altua da.	
F	Sailkatu gabe. Portaera ez zehaztuta.	

4.1. Taula: Hormetarako eta sabaietarako Euroklasea UNE-EN13501-1 araua eta isolatzaile moten arabera

Euroklasearen bidez kearen opakutasuna eta tanten/partikulen erortzea ere zehaztu daiteke.

Kearen opakutasunaren adierazlea	
Euroklase	
s1	Ke-kantitate txikia sortzen da.
s2	Ke-kantitate ertaina sortzen da
s3	Ke-kantitate altua sortzen da
Tanten/partikulen erortzearen adierazlea	
Euroklase	
d0	Ez dira sortzen tantak/partikulak.
d1	Tanta/partikula ez sukoi erorketa
d2	Tanta/partikula sukoi erorketa.

4.2. Taula: Hormetarako eta sabaietarako Euroklaseko osagarriak UNE-EN13501-1 auraren arabera

Isolatzaileak haien jatorriaren arabera sailkatu daitezke. Gainera, UNE arauen bidez eraikuntzan isolamendu termikorako erabiltzen diren isolatzaile desberdinek bete behar dituzten zehaztasunak zehazten dira (ikusi 4.3. Taula). Arau hauetan produktuaren ezaugarriak deskribatzen dira eta saiakuntza metodoak, adostasuna ebaluazioko metodoak, markaketa metodoak eta etiketatze metodoak zehazten dira.

Isolatzaile motak		UNE araua	
Inorganikoa	Sintetikoa	Zuntz minerala (MW)	UNE EN 13162: 2013
		Beira zelularra (CG)	UNE EN 13167: 2013
	Naturala	Perlita hedatua (EPB)	UNE EN 13169:2013
Organikoa	Sintetikoa	Poliestireno hedatua (EPS)	UNE EN 13163: 2013
		Poliestireno estructuretua (XPS)	UNE EN 13164: 2014
		Poliuretanozko apar zurruna (PUR)	UNE EN 13165: 2013
		Apar fenolika (PF).	UNE EN 13166: 2013
	Naturala	Kortxo (ICB)	UNE EN 13170: 2013
		Egurrezko zuntza (WF)	UNE EN 13171: 2013
		Egur-ilea (WW)	UNE EN 13168: 2013

4.3. Taula: Isolatzaileen UNE arauak eta sailkapena beraien jatorria kontua izanda

Kontuan hartuta kapitulu honetan komentatu diren birgaitze sistemetan ikusi diren isolatzaile desberdinak, jarraian hauetako bakoitza laburki deskribatuko da.

#### 4.5.1. Zuntz minerala (MW)

Zuntz minerala material inorganikoa eta sintetikoa da izan ere, bere fabrikazioan erabiltzen diren zuntzak lortzeko mineral inorganikoak urtzen dira. Zuntz hauek norabide desberdinetan lotzen dira elkarrekin egitura malgu eta ireki bat sortuz. Egitura horrek bere barnean geldirik dagoen airea dauka.



4.21. Irudia: Zuntz mineraleko isolatzaileak. (Kovertec)

Material honek kalitate termiko altua eskaintzen du, bere barneko egiturak airea geldirik mantentzen baitu. Ezaugarri akustiko onak ditu, egituraren malgutasunaren ondorioz eta suaren aurka daukan portaera oso ona da, jatorri inorganikoko materiala delako. Baina lurrun hedapenarekiko duen erresistentzia oso baxua da, porositate irekia duen material bat delako eta hortaz, bere barnean ur likidua gorde dezake (111).

Zuntz minerala fabrikatzerako orduan, erabiltzen den mineral organikoa kontuan izanda bi zuntz mineral mota existitzen dira: Harri-zuntza eta beira-zuntza. Harri-zuntzaren lehengaia harri basaltikoa da eta beira-zuntzean aldiz, silize-harea eta beira birziklatua.



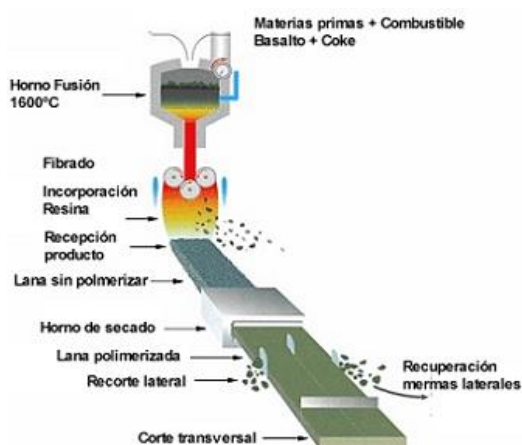
4.22. Irudia: Harri-zuntza. (Rockwool)



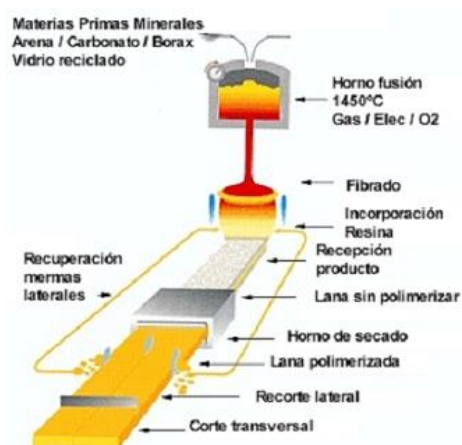
4.23. Irudia: Beira-zuntza. (Isover)

Harri-zuntzaren eta beira-zuntzaren fabrikazio prozesuak ia berdinak dira, salbu fabrikazio prozesuan erabiltzen diren lehengaiak desberdinak direla, hurrengo 4.24. Irudian eta 4.25. Irudian konprobatu daitekeen bezala.

#### 4. Kapituluua



4.24. Irudia: Harri-zuntzaren fabrikazio prozesua. (AFELMA).



4.25. Irudia: Beira-zuntzaren fabrikazio prozesua. (AFELMA).

Ikuspuntu ekologikotik, zuntz mineralaren abantaila bat lehengai eskuratzeko dagoen erraztasuna da, eta beste bat lehengaiaren garraiorako dagoen distantzia motza dela. 1 m<sup>3</sup>-ko lehengai kantitatearekin gutxi gorabehera 100 m<sup>3</sup>-ko harri-zuntza fabrikatu daiteke (108). Halaber, zuntz minerala kasik berriztagarria da edo berrerabili daiteke. Zuntz mineralaren fabrikazioan sortutako hondakinak berrerabili daitezke fabrikazio prozesuan edo adreilu edo buztinezko teilak fabrikatzeko behar diren gehigarri bezala erabili daitezke (108).

Hurrengo 4.4. Taulan, zuntz mineralaren ezaugarri nagusienak ikus daitezke:

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrun hedapenarekiko erresistentzia (μ)
Harri-zuntza	15-150	0,035-0,045	A1, A2	1-2
Beira-zuntza	20-200	0,035-0,045	A1	1-2

4.4. Taula: Harri-zuntzaren eta beira-zuntzaren ezaugarri nagusienak (108)

Aurretik komentatu den bezala, zuntz mineralak eraikinen birgaitzean erabilera desberdinak ditu. Isolatzaile hau kanpotik egindako isolamendu termikoen sistemetan erabili daiteke bai SATE sistemetan eta bai fatxada aireztatuetan, ere erabili daiteke barnetik egindako isolamendu termikoen sistemetan eta aire-ganberan insuflatutako sistemetan. (Ikusi 4.5. Taula).

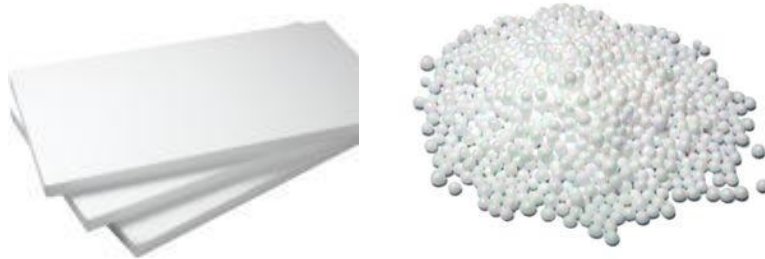
Aplikazioak	Formatua
SATE sistemak	Panela
Fatxada aireztatutako sistemak	Panela
Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	Erroiua/panela
Aire-ganberan insuflatutako	Soltean (noduluak)

4.5. Taula: Zuntz mineralaren aplikazioak eta formatuak



#### 4.5.2. Poliestireno hedatua (EPS)

Poliestireno hedatua (EPS) material organiko eta sintetikoa da eta hedagarria den poliestireno erabiliz fabrikatzen da. Lehengai hau aleetan dagoen material bat da eta bere barnean hedatzen den agente bat du.

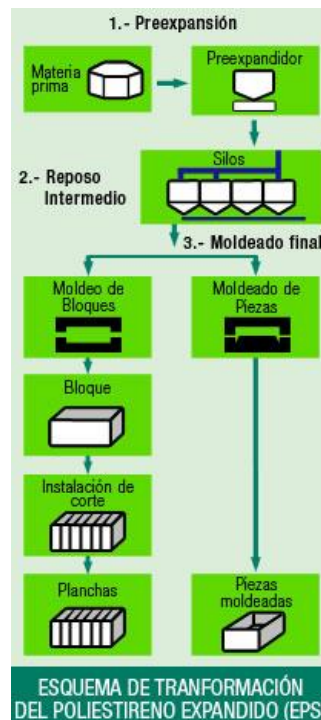


4.26. Irudia: Poliestireno zabaldua (EPS)

EPS-a era honetan definitzen da: material plastiko zelularra eta zurruna non, aurretik hedatuta dagoen poliestireno hedagagarrri, edo bere kopolimero bat, perlen moldekatzetik fabrikatua eta bere barnean airez beteta dagoen egitura zelular itxia bat daukan (111).

Material arina da eta ezaugarri termiko onak ditu, bere egitura zelularra delako. Baina material organiko bat denez, suaren aurkako erreakzioa ez da ona.

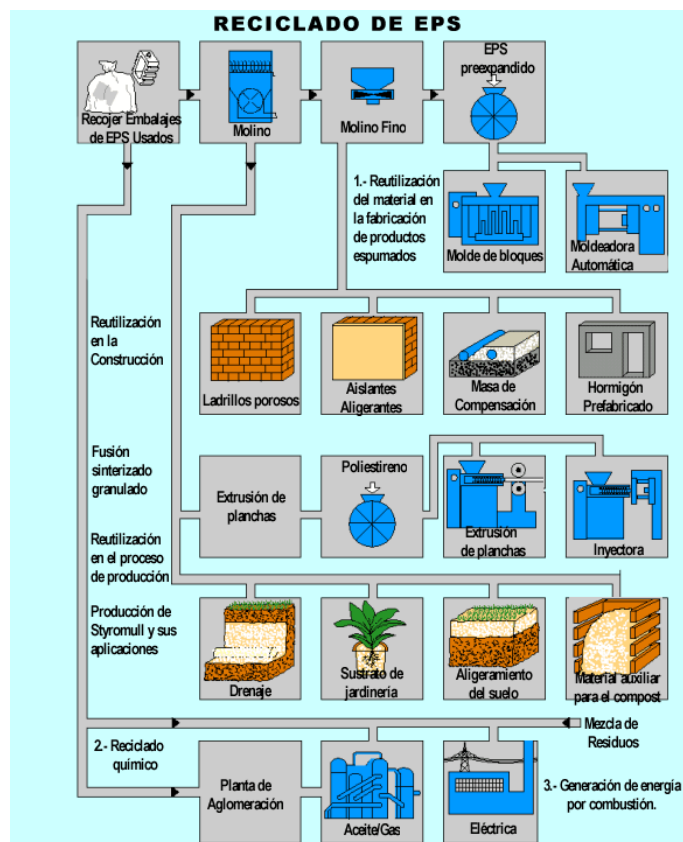
Hurrengo 4.27. Irudian, EPS-aren fabrikazio prozesua zein den ikus daiteke. Fabrikazio prozesua hiru etapetan egiten da: aurretiko hedapena, tarteko geldialdia eta egonkortzea eta azkenengo etapan hedapena eta bukaerako moldekatzea.



4.27. Irudia: EPS-aren transformazioaren eskema. (ANAPE)

#### 4. Kapituluia

EPS-a %100ena birziklatu daiteken material bat da eta bere aplikazioaren arabera erraz berreskuratu daiteke. Material honek sortzen dituen hondakinekin aprobetxamendu energetikoa lortu daiteke.



4.28. Irudia: EPS-aren birziklatze prozesuaren eskema. (AIMSA)

Ondoren EPS-aren ezaugarri nagusienak, hurrengo 4.6. Taulan laburtuak ikus daitezke.

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrun hedapenarekiko erresistentzia (μ)
EPS	15-30	0,032-0,040	E	20-100

4.6. Taula: EPS-aren ezaugarri nagusienak (108)

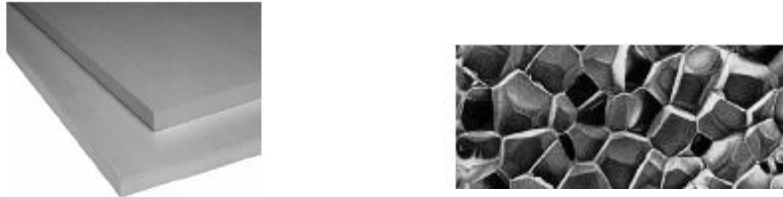
Eraikinen birgaitzearen inguruan material isolatzaile honek dituen aplikazioak oparoak dira, hurrengo 4.7. Taulan ikus daitezkeen bezala.

Aplikazioak	Formatua
SATE sistemak	Panela
Fatxada aireztatutako sistemak	Panela
Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	Panela
Aire-ganberan insuflatutako	Soltean

4.7. Taula: EPS-aren aplikazioak eta formatuak

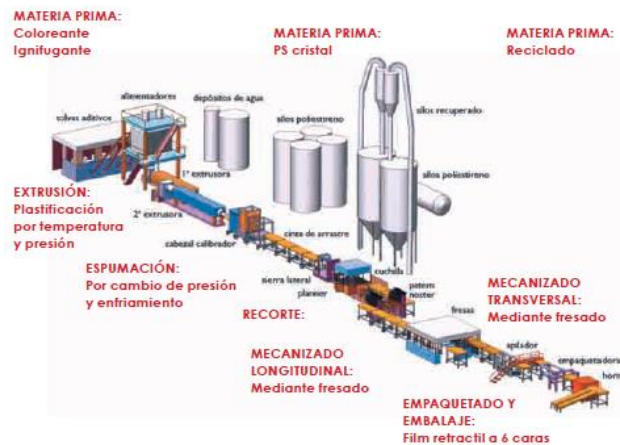
### 4.5.3. Poliestireno estructuretua (XPS)

Poliestireno estructuretua jatorri organiko eta sintetikoaren duen aparturaren bat da. Material hau termo-plastikoa da eta bere barneko egitura zelularra eta itxia da (Ikusi 4.29. Irudia). Bere egitura itxia denez, ezaugarri termiko onak dituen material bat da. Material honek ezaugarri mekanikoak ere onak ditu, bere egituraren duen zurruntasun altuagatik. Lurraren hedapenarekiko duen erresistentzia ere ona da. Baina jatorri organikoaren duen material bat denez, ez du suaren aurkako erreakzio ona.



4.29. Irudia: XPS xafla eta egitura zelularra. (Aipex)

XPS-aren fabrikazio prozesua lau etapetan banatzen da, hurrengo 4.30. Irudian ikus daitezkeen bezala.



4.30. Irudia: XPS-aren fabrikazio prozesua. (URSA).

Ikuspuntu ekologikotik, hedapen agente bezala CO<sub>2</sub>-a bakarrik erabiltzea gomendatzen da HFC-aren (hidrofluorokarburuak) ordez izan ere, XPS-a fabrikatzeko behar den CO<sub>2</sub> kantitatea ia gehienetan, sei hilabeteetan berogailu eskarian aurrezten den CO<sub>2</sub>-aren baliokidea da (108). Halaber, XPS-a %100an berrerabilgarria da. Gainera, material honen errekuntzaren bidez hondakinen errausketa plantetan energia sortu daiteke.

Komentatu diren ezaugarriez gain, XPS material isolatzailearen ezaugarri nagusienak ondorengoak dira:

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrun hedapenarekiko erresistentzia (μ)
XPS	25-45	0,030-0,040	E	80-200

4.8. Taula: XPS-aren ezaugarri nagusienak (108)

Hurrengo 4.9. Taulan, eraikinen birgaitzeen inguruan material honek dituen aplikazioak ikus daitezke.

Aplikazioak	Formatua
SATE sistemak	Panela
Fatxada aireztatutako sistemak	Panela
Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	Panela

4.9. Taula: EPS-aren aplikazioak eta formatuak

#### 4.5.4. Poliuretano proiektatuta (PUR)

Poliuretanoa jatorri organikoa eta sintetikoa duen material bata da eta material plastiko batez osatua dago. Aire burbuila baten bidez eratzen denez, material porotsua da. Poliuretano apar zurruna (PUR) bi osagaien erreakzioaren bidez fabrikatzen da (Ikusi 4.31. Irudia). Apar zurrun honek ezaugarri termiko, akustiko eta ezaugarri iragazgaitza onak ditu.



4.31. Irudia: Poliuretanoaren prozesua. (ATEPA)

Poliuretanoaren fabrikazio prozesuaren arabera, hiru produktu existitzen dira (108):

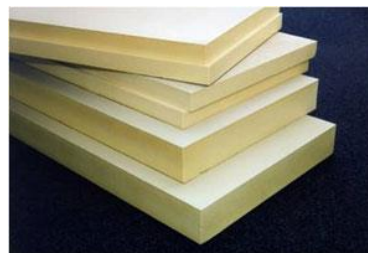
- Poliuretano proiektatuta. "In situ" aplikatzen da proiektatuz.
- Poliuretano injektatuta. "In situ" aplikatzen da injektatuz.
- Poliuretano zurrunekeo panela. Espumazio kontrolatu prozesu baten bidez fabrikatzen da.



4.32. Irudia: Poliuretano proiektatuta. (ATEPA)



4.33. Irudia: Poliuretano injektatuta. (ATEPA)



4.34. Irudia: Poliuretano zurruneko panela. (IPUR)

Hondatuta ez dauden poliuretano panelak berrerabili daitezke, gainera produktu berriak eratzeko birziklatu daiteke. Poliuretano proiektatuta edo injektatuta kasuetan aparra kentzea lan neketsua eta garestia da hau dela eta, kasu hauetan aukerarik onena erraustea da energia sortzeko (108).

Poliuretanoaren apar zurrunak (PUR) ondorengo ezaugarriak ditu:

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrun hedapenarekiko erresistentzia (μ)
Panela (PUR)	30-100	0,024-0,030	C, s3-d0	30-200
Proiektatuta/injektatuta (PUR)	35-65	0,030	C, s3-d0	60-110

4.10. Taula: Poliuretanoaren apar zurrunaren ezaugarri nagusienak (108)

Apar zurrun (PUR) honek eraikinen birgaitzean aplikazio desberdinak ditu, hurrengo 4.11. Taulan ikus daitekeen bezala.

Aplikazioak	Formatua
SATE sistemak	Proiektatuta/Panela
Fatxada aireztatutako sistemak	Proiektatuta/Panela
Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	Proiektatuta/Panela
Aire-ganberan insuflatutako	Injektatuta

4.11. Taula: PUR-aren aplikazioak eta formatuak

#### 4.5.5. Kortxoa (ICB)

Kortxoa jatorri organiko eta naturala duen material bat da. Material honen lehengai artelatzen azala da, baliabide natural eta berriztagarria delarik.



4.35. Irudia: Artelatzaren azala. (Aísla en verde)

Kortxoaren (ICB, insulation cork board) egitura zelularra eta porotsua denez, isolatzaile akustiko eta termiko ona da. Baina bere jatorria organikoa denez, ez du portaera ona suaren aurrean.

Kortxoak eraikinen birgaitzeen metodoetan duen aplikazioa kontuan hartuta, bi formatu izan ditzake, bata panela eta bestea alea.



4.36. Irudia: Kortxo panela eta kortxo aleak. (BCK)

Material biodegradagarria da eta %100ean birziklagarria. Tratamendurik gabeko kortxoak kortxo aleak edo panel berri bat eratzeko erabil daitezke.

Kortxoaren (ICB) ezaugarri nagusienak hurrengo 4.12. Taulan ikus daitezke.

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrun hedapenarekiko erresistentzia (μ)
Panela	100-220	0,045-0,060	E	5-10
Alea	60-76			2-8

4.12. Taula: Kortxoaren (ICB) ezaugarriak (108)

Hurrengo 4.13. Taulan, fatxaden birgaitze metodoetan kortxoak dituen aplikazioak ikus daitezke.



#### 4. Kapitula

Hurrengo 4.14. Taulan, egurrezko zuntzaren ezaugarri nagusienak zeintzuk diren adierazten dira.

Mota	Dentsitatea (Kg/m <sup>3</sup> )	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Euroklasea	Lurrin hedapenarekiko erresistentzia (μ)
Taula	40-270	0,040-0,090	E	5-10
Insuflatzeko	30-60			1-2

4.14. Taula: Egurrezko zuntzaren (WF) ezaugarriak (108)

Fatxaden birgaitze sistemetan egurrezko zuntz isolatzaileak aplikazio desberdinak ditu eta aplikazioaren arabera formatu desberdinetan fabrikatuko da, hurrengo ikus daitezkeen bezala.

Aplikazioak	Formatua
SATE sistemak	Taula
Fatxada aireztatutako sistemak	Taula
Barnetik egindako isolamendu termikoen sistemak	Taula
Aire-ganberan insuflatutako	Aleak

4.15. Taula: Egurrezko zuntzaren aplikazioak eta formatuak

#### 4.5.7. Beste material batzuk

Merkatuan eraikinen birgaitzean erabili daitezkeen eta aurretik ikusi ez diren beste material isolatzaile termiko batzuk existitzen dira baina, material hauek ez daude UNE arau baten bidez arautuak.

Hurrengo 4.16. Taulan<sup>9</sup>, araututa ez dauden baina eraikuntzan isolatzaile termiko bezala erabili daitezkeen materialen laburpen bat ikus daitezke.

Isolatzailea	Dentsitatea [Kg/m <sup>3</sup> ]	Eroankortasun termikoa λ [w/mK]	Aplikazioa	Beste ezaugarri batzuk
Zelulosa zuntzak	30-80	0.04-0.045	Aire-ganberan insuflatuta.	Material organiko naturala. Euroklasea: E Hezetasunaren aurka babestu behar da. Azido eta alkalinoei ez da erresistentea. Lehengaia garraiatzeko ibilbide laburrak.

<sup>9</sup> Taula hau eratzeko "Insulating materials. Principles, materials, applications"(108) liburuan dauden datu teknikoak erabili dira.



Aerogel	60-80	0.017-0.021	Kanpotik isolatzeko.	Material inorganiko sintetikoa. Isolatzaile akustiko bikaina. Denbora luzeetan zehar ezaugarriak egonkor mantentzen dira. Material garestia.
Kotoia	20-60	0.040	Kanpotik isolatzeko.	Material organiko naturala. Isolatzaile akustiko ona. Ez da lizunarekiko erresistentea.
Apar-harria	150-230	0.060-0.080	Kanpotik isolatzeko.	Material inorganiko naturala. Euroklasea: A1 Ez da aritzen isolatzaile tekniko bezala paper adierazgarrian.
Beira-aparra	150-230	0.07-0.093	Aire-ganberaren barnean.	Material inorganiko sintetikoa. Euroklasea: A1 Birziklatutako materiala eta berriro erabil daitekeena. Ekoizpeneko energia-kontsumo altua da baina konpentsatzen du garraioan dauden aurrezkiekin.
Buztin hedatua	260-500	0.085-0.1	Barnetik isolatzeko.	Material inorganiko naturala. Euroklasea: A1 Hezetasun kantitate handia xurga dezake.
Lihoa	20-80	0.037-0.045	Barnetik isolatzeko.	Material organiko naturala. Euroklasea: B-C Ez dauka substantzia arriskutsurik eta birziklagarria da konpostajearen edo zuzeneko berrerabilpenaren bitartez.
Kalamua	20-68	0.04-0.05	Barnetik isolatzeko.	Material organiko naturala. Euroklasea: E Egonkortasun dimentsionala eta filtroaren malgutasuna eta erresilientzia hobetzeko poliesterreko zuntzak gehitu ohi dira. Isolatzaile akustiko ona. Lizunarekiko erresistentzia saiakuntza bidez frogatua.

#### 4. Kapituluia

Kaltzio silikatoaren aparra	115-300	0.045-0.065	Barnetik eta kanpotik isolatzeko.	Material inorganiko sintetikoa. Euroklasea: A1,A2 Plaketan hornitzen da eta hezetasuna xurgatzen du. Gainera, lizunaren hazkundera eragozten du. Ekoizpenak energia-kantitate nahiko altua eskatzen du. Materiala berrerabiltzea erraza da.
Koko-zuntza	70-120	0.04-0.05	Barnetik, kanpotik eta aire-ganberaren barnetik isolatzeko.	Material organiko naturala. Isolatzaile akustiko ona. Lehengai berriztagarri honen onura ekologikoak, distantzia luzeekin kontrajartzen dira Asiako Hego-Ekialdetik garraiatu behar baita.
Melanina-aparra (MF)	8-11	0.035	Barnetik isolatzeko.	Material organiko sintetikoa. Soinua moteltzeko ahalmen handia.
Fenol-aparra (PF)	40	0.022-0.04	Barnetik, kanpotik eta aire-ganberaren barnetik isolatzeko.	Material organiko sintetikoa. Euroklasea: C Produktu kimikoen, intsektuen edo karraskarien aurkako erresistentzia ona. Sandwich motatako elementuetan erabilia.
Poliester-zuntzak	15-20	0.035-0.045	Aire-ganberaren barnean.	Material organiko sintetikoa. Gutxitan isolatzaile termiko bezala erabilia. Ez da toxikoa eta ez du alergia-eragiten. Produktu kimikoen, intsektuen edo karraskarien aurkako erresistentzia ona. Ikatzak baino berotze-ahalmen handiagoa du hortaz, errausteko egokia da.
Ardi-artilea	25-30	0.04-0.06	Barnetik eta kanpotik isolatzeko.	Material organiko naturala. Euroklasea: E Produktu natural honen onura ekologikoak kontrajartzen dira, ekoizpenean erabilitako garbiketa-agenteetako kantitate handiarekin.
Kanabera	120-225	0.055-0.09	Kanpotik isolatzeko.	Material organiko naturala. Ekoizpenerako behar den energia baxua da. Konposta edo berrerabil daiteke.

Buztin-adreilu isolatzailea	500-750	0.08-0.14	Kanpotik isolatzeko.	Material inorganiko naturala. Euroklasea: A1 Betegarri-material bezala hedatutako perlita erabiltzen da.
Bernikulita esfoliatua (EV) eta mika hedatua	70-160	0.046-0.07	Barnetik, kanpotik eta aire-ganberaren barnetik isolatzeko.	Material inorganiko sintetikoak. Euroklasea: A1 Isolatzaile akustiko ona. Ez dira material ustel bat, azido eta alkalinoei erresistenteak dira. Ez dute osasunerako arriskurik sortzen.

4.16. Taula: Beste material isolatzaile batzuk

## 4.6. Eraikuntzako konponbide nobedosoenak

Ondoren, eraikinaren isolamendu termikoa hobetzeko eraikuntza konponbide batzuk aurkeztuko dira. Konponbide hauek ohiko eta erabilera orokorreko konponbideetatik bereizten dira. Eraikuntzako konponbide berritzaile hauetako batzuk praktikara eraman dira eta kasu ia gehienetan, ikerketa eta analisi arrazoi dira. Halaber, material nobedoso batzuk zehaztuko dira non, dituzten ezaugarri termiko altuengatik eraikinen birgaitzean edo obra berrietan isolatzaile termiko bezala erabil daitezkeela.

### 4.6.1. Landare-fatxadak

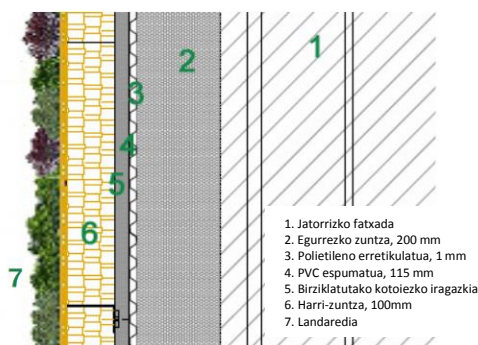
Landare-fatxada edo fatxada berdea landare-estaldura bat duen fatxada aireztatu bat da. Eraikinaren inguratzaileko erabiltzen den landarediak isolamendu organiko eraginkorra bat bezala jokatzeko du, konfort termikoa hobetuz. Gainera, gainberotzearen kontra babesten du inguratzailea, hozte-sistemen eskarian aurrezteko lortuz (112). Fatxada aireztatu bat denez, fatxada hauen abantaila berak ditu baina desberdintasun batekin, landare-fatxaden bitartez airearen kalitatea hobentzen dela. Hobekuntza hau lortzen da fotosintesi-prozesuaren ondorio bezala eta airean dauden substantzia kutsatzaile batzuk bere sustraietan finkatzeko ahalmenengatik (113).

Espanian oso ohiko ez den praktika bat da, bakarrik jasagarritasun-irizpideen azpian diseinatutako eraikin berezietan erabiltzen delarik. Gasteizko Europa Biltzar Jauregiaren kasuan bezala (ikus 4.39. Irudia). Eraikin hau 1988 urtean eraiki zen eta hiri horretako udalak birgaitu zuen 2010/31 EU Zuzentarau Europarrarekin betetzeko. Zuzentarau honek 2019 urterako udal-eraikin guztiak "Energia-kontsumo ia nuluko eraikinak" izan behar dutela zehazten du.



4.39. Irudia: Gasteizko Europa Biltzar Jauregiko landare-fatxada. (Gasteizko udala)

Sistema 200 mm-ko lodiera duen egurrezko zuntz isolatzailea eta landare-estaldura duen fatxada aireztatu bat da (ikusi 4.40. Irudia). Honela, eraikinaren eraginkortasun energetikoa eta akustikoa hobetu da. Transmitantzia termikoa  $0,45 \text{ W/m}^2\text{C}$ -tik  $0,13 \text{ W/m}^2\text{C}$ -ra murriztu da. Honek fatxadaren inguratzailetik galtzen den bero kantitatearen heren bat baino gehiagoko jaistea ekarri du eta bero eta hozte sistemen eskaeran %60ko aurreztea (114).



4.40. Irudia: Lorategi bertikaleko sistemaren eraikuntza-sekzioa. (Urbanarbolismo)

### 4.6.2. Aldamiorik gabe eta metalezko lamen bidezko fatxada aireztatu

Eraikuntzako sistema hau lan bertikalak egiten dituen ASAKEN enpresak eta BAT arkitektura estudioak garatu dute. Eraikuntzako konponbide hau 2014 urtean Bizkaiko Foru Aldundiak finantzatutako berrikuntza-proiektuaren eremuan garatu da.

Sistema hau fatxada aireztatu bat da. Baina kasu honetan, errezel-hormetan erabilitako antzeko perfil bertikalen luzetarako arteketan aluminiozko lamak sartzeko dira, sartze hau pertsiana eran egiten delarik. Lama hauek isolatzaile bat izan dezakete bere barnean, isolamendu multzoa hobetuz. Duten geometriaren ondorioz, haien artean lotuta daude horrela lotuta eta biribilduta eraman daitezke obra burutzen ari den lekura. Sistema honetako lamak perfilen arteketatik sartzeko dira eraikinaren estalkiaren zona hurbil batean jartzen den trakzio sistema bat erabiliz. Trakzio sistema honek minutu gutxitan itxitura jarraituaren zatiak igotzen ditu lurretik teilatu-hegalera (ikusi 4.41. Irudia).



4.41. Irudia: Eraikuntzako konponbidearen eskema eta adibide bat. (ASAKEN)

Eraikuntzako konponbide honen bidez, fatxada mota honetako egikaritze denbora eta eraikinaren erabiltzaileei edo maizterrei sortutako eragozpenak era nabarmenean murriztu daitezke. Izan ere, sistema honetan beti eraikinaren kanpotik eta kanpotik aldamiarik jarri gabe lan egiten da. Aldamioak eraikinaren kanpotik jartzeak, ez jartzek baino segurtasun-gabezia handiagoa sortzen du eraikineko erabiltzaileentzat, eragozpen handiagoak eta bere muntaketan eta desmuntatzean zarata gehiago sortzen du.

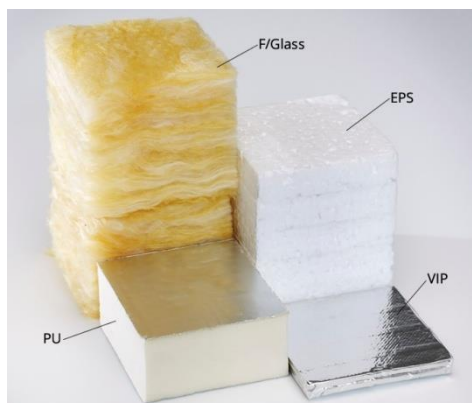
#### 4.6.3. Hutseko isolamendu panela (VIP, Vacuum Insulation Panel)

Hutseko isolamendu panelak (VIP) gasei hermetikoa den karkasa bat eta nukleo zurruna bat, nondik airea kanporatu den panelaren barnean hutsa sortuz, dauka. Panelak barnera airea sar ez dadin mintz-hormez, oso porotsua den barne panel zurrun batez, eta hutsa sortzeko eta handitzeko produktu kimiko (aerogel) batez osatuta daude.



4.42. Irudia: Hutseko isolamendu panela (VIP) (108)

Panel hauek izugarri efikazak diren elementu prefabrikatuak dira hau dela eta, isolatzaile termikoak bezala erabiltzen dira. Ikaragarri baxua den eroankortasun termikoa  $0,002-0,008 \text{ W/mK}$  dute, ohiko isolatzaileak baino 5 edo 10 aldiz txikiagoa. Baina eroankortasun termikoko balio hauek urteak pasatu ahala handituz doaz, panelean ezin baita hutsa iraunkorki mantendu. Honen ondorioz, teorikoki 25 urte pasa ondoren eroankortasun termikoaren gutxi gorabeherako balioak  $0,008-0,014 \text{ W/mK}$  izatera pasa daitezke (108). Hala ere, balio hauek ohiko isolatzaileenak baino askoz txikiago izaten jarraitzen dute.



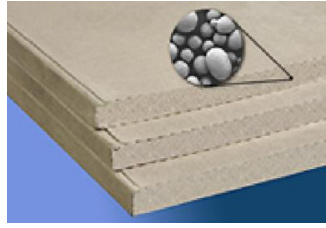
**4.43. Irudia: Ohiko eta VIP isolatzaileek duten lodieraren arteko konparaketa**

Material honen prezioa altua da baina, ohiko isolatzaileak baino lodiera askoz txikiagoa dutenez, isolatzailearen kapa lodietarako beharrezkoa den espaziorik ez dagoenen erabiltzeko aproposak dira (108).

#### **4.6.4. Fase-aldaketa duten materialak (PCM, Phase Change Materials)**

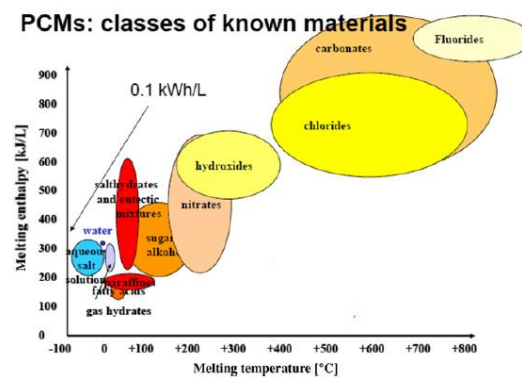
Fase-aldaketa duten materialak (PCM) bero sor eran termikoki biltegitzeko duten ahalmenagatik bereizten dira. Honek, eraikinaren termikoki biltegitzeko duen ahalmenaren handitzea dakar, panelaren bolumena edo pisua ia aldatu gabe. Azken honen ondorioz, eraikuntza arinak lor daitezke. Halaber, eraikinen birgaitzean erabil daitezke nahi den edo zehaztu den konfort termikoa eta kontsumo energetikoaren murrizketa lortzeko.

Hiru taldeetan sailkatu daitezke fase-aldaketaren egoeraren arabera: Solido-solido, solido-likido eta likido-gasa. Energia termikoa biltegitzeko solido-likido PCM-ko fase-aldaketakoak dira egokienak (115). Tenperatura jaistean PCM-a egoera likidotik egoera solidora pasatzen da ingurura energia bueltatuz eta tenperatura igotzean energia xurgatzen du pasatzean egoera solidotik likidora, bere bolumena aldatu gabe. Material hauek parafina bezalako material organikoz, metala bezalako material inorganikoz edo material eutektikoez osa daitezke.



4.44. Irudia: Igeltsu ijertuko panela PCM mikro kapsulatuarekin. (BASF)

Fusio-tenperatura eta fase aldaketako entalpia kontuan hartuta, PCM desberdinak existitzen dira, hurrengo 4.45. Irudian adierazten den bezala. Fusio-tenperaturaren ikuspuntutik, eraikuntzan aplikatzeko PCM material onenak parafina, azido koipetsuak, gatz hidratatuak eta eutektiko nahasketak dira (115).

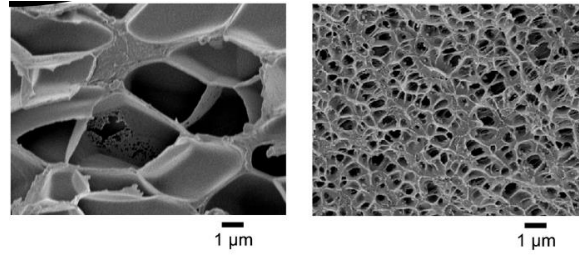


4.45. Irudia: Existitzen diren PCM desberdinen fusio-tenperatura eta entalpia (115)

Nahastutako parafina batek 23°C-tan aldatzen du fasez eta fase aldaketako bero sorra 188KJ/kg-koa da, adreilu trinkoko horma batean biltegitratutakoa baino sei aldiz eraginkorragoa izanik. Gainera, adreilu trinkoko horman biltegitratzen den bero sentikorra tenperatura aldakorrean deskargatzen da (116).

#### 4.6.5. Nanozelula-aparrak

Apar isolatzaile baten ezaugarri termikoak osatzen duten zelulen tamainarekin erlazionatuta daude. Honen egitura zelularra zenbat eta txikiago eta meheago izan, orduan eta zelulen arteko konbektzio bidezko bero transferentzia txikiagoa izango da. Hau dela eta, eskala nanometrikoa duten zelula-aparrak garatzen ari dira.



**4.46. Irudia: Poliestireno-apar (ezkerra) eta Poliestireno-apar nanozelularra (eskuma) (117)**

Nanozelula-aparraren (nanocellular foams) eroankortasun termikoa %50 baino gehiagoan hobetu daiteke ohiko isolatzaileekin alderatuz. Hortaz, ohiko isolatzaileek dute eroankortasun termikoko balioetara heltzeko apar hauen lodiera ohiko isolatzaileen lodieraren erdia baino gutxiago izan beharko zen, ohiko lodierekin konparatuta (108).

Material hau garapenean dago baino, merkatutik bultzatutako eskaera dela eta lehengo nanozelular-aparrak hurbileko etorkizunean merkatura daitezela espero da. Izan ere, aerogeekin edo VIP materialekin konparatuta apar hauek aukera merkeago bat da (117).



## **5. Kapituluua: METODOLOGIAREN EZARPENA**

### 5.1. Sarrera

3. Kapitulan komentatu den bezala, EAE-ko etxebizitza parkea zaharra da. Etxebizitza kopuru handi bat energetikoki pobreak dira. Izan ere, etxebizitza hauek ez dute inolako isolamendurik edo zenbait isolamendua dute, baina etxebizitzek ez dute efizientzia energetikoaren inguruan EKT-an ezartzen diren exijentzia minimoak betetzen. Efizientzia energetikoaren inguruko exijentziak aldatuz joan dira geroz eta zorrotzagoak diren Europako Zuzentarauekin betetzeko. Hortaz, gaur egungo exijentziak betetzeko eta kontsumo energetiko ia nuluko eraikinen inguruko etorkizuneko Zuzentarauekin betetzeko, beharrezkoa izango da Euskadiko etxebizitza parkea energetikoki hobetzea.

Kontuan hartuta azken urteetan birgaitze lizentzietan eman den hazkundera, obra berrien lizentziekin alderatuta Euskadiko etxebizitza parkea hobetzen hasi dela esan daiteke. Etxebizitzaren hobekuntza energetikoa izan dadin, birgaitze energetikoko konponbide ugari existitzen dira. Gainera, birgaitze energetiko batean erabiltzeko dauden isolatzaile mota kopurua handia da, 4. Kapitulan ikusi den bezala.

Etxebizitza parkea hobetzearen beharrak, birgaitze lizentzien gorakada eta merkatuan dauden birgaitze energetikoko konponbide kopuru ugariak, metodo multi-irizpide bat erabiltzeko beharra sortzen dute. Horretarako, MIVES metodologia erabiliko da. 2. Kapitulan komentatu den bezala, multi-irizpide metodo honen bidez, dauden birgaitze energetikoko konponbideen jasagarritasuna ebaluatzen da, jasagarritasunaren aspektuak kontuan hartuta esaterako, ingurumen aspektua, aspektu ekonomikoa eta soziala konponbidearen bitzita ziklo osoan zehar. Horrela, birgaitze energetikoko konponbiderik jasagarriena zein den aukeratu ahalko da.

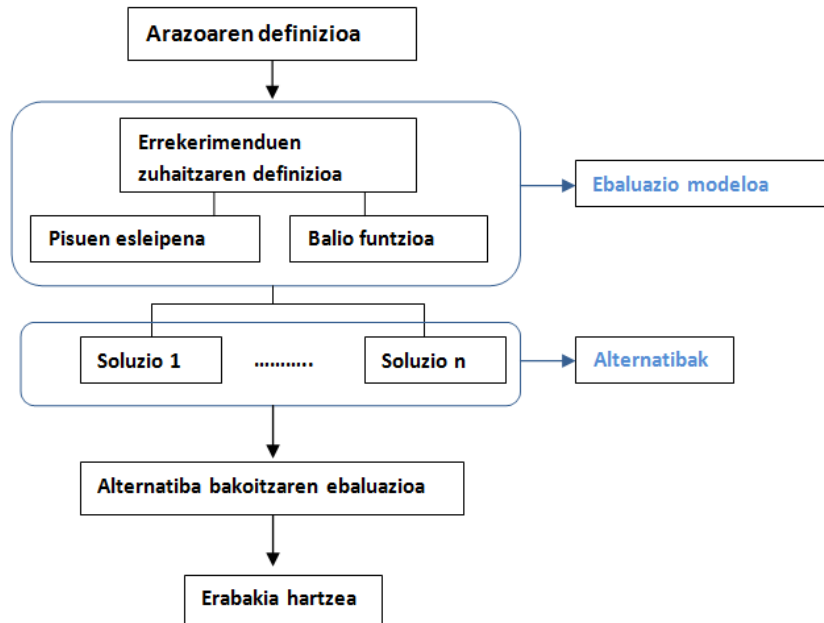
### 5.2. Erabiliko den metologiaren deskribapena

#### 5.2.1. MIVES metologia

Erabiliko den metodologia MIVES (Modelo Integrado de valor de Edificios Sostenibles). Metodologia hau erabaki-hartze multi-irizpidea metodologia bat da eta balio indize baten bidez ebaluatu dezake definitutako arazo orokor bat erabaki dezaketen alternatiba. Balio analisi honen bitartez, aldagai desberdinak unitate berera transformatzen dira eta bere garrantzi erlatiboa ponderatzen da. Alternatiba bakoitzaren balio indizea lortzeko irizpide desberdinen balioztapenak ponderatuki gehitzen dira.

Alternatiba desberdinak ebaluatzeko lehenik eta behin, ebaluazio modeloa definitu behar da. Ebaluazio modelo hau errekerimenduen zuhaitza definitzean, zuhaitzaren osagai bakoitzeko pisua esleitzean eta zuhaitzeko adierazleen funtzio balioa zehaztean datza. Modelo hau alternatiba eratu baino lehen zehazten da. Hortaz, erabakia hartzea hasieran egiten da, kontutan hartuko diren aspektuak eta hauen balioztapenak definitzen diren momentuan. Ondorioz, erabakia hartzean subjektibitate puntu bat ekiditen da, alternatiben baliospeenean eragin gabe egiten baita.

Hurrengo 5.1. Irudian MIVES metodologiak erabiltzen duen algoritmoa ikus daiteke.



5.1. Irudia: MIVES metodologiaren algoritmoa

### 5.2.2. MIVES metodologiaren faseak

MIVES metodologiaren faseak hurrengoak dira (41):

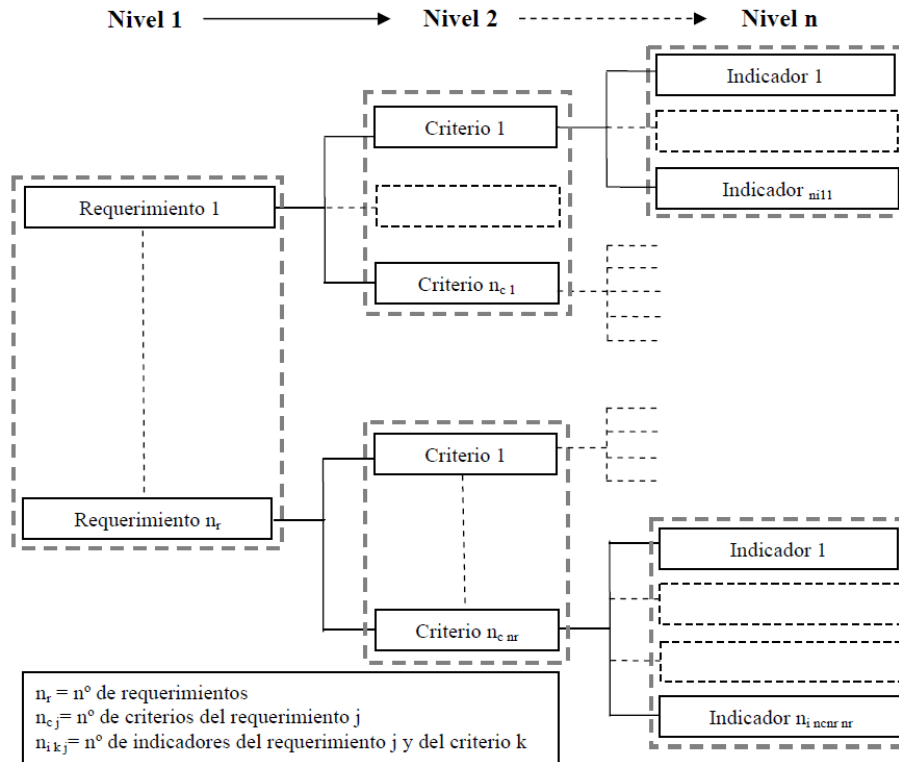
#### 1) Erabakiaren mugaketa

Lehengo fase honetan nork hartuko duen erabakia definitzen da, sistemaren mugak finkatzen dira eta mugaldeko baldintzak ezartzen dira.

Erabakia hartzean ikuspuntu desberdineko agente desberdinek parte hartzen dute. Dauden alternatiba guztietatik alternatiba onena aukeratzea, erabakia hartzen duenaren menpe dago, kontuan hartuta hasieratik argi definituta dauden bere interesak.

Fase honetan sistemaren mugak edo ebaluazioaren garrantziak finkatu behar dira ere, erabakia hartzea identifikatzeko. Horretarako, hiru ardatzetan egituratzen da: bizitza zikloa, errekerimenduak eta osagaiak, 5.2. Irudian ikus daitekeen bezala. Ardatz hauek ebaluatuko den sistemaren arabera alda daitezke.





5.3. Irudia: Erabakitze-zuhaitz orokorra

Erabakitze-zuhaitzaren parametroak era egokian hautatzea oso garrantzitsua da; errekerimenduak, irizpideak eta adierazleak. Horretarako, alternatiben aspektu garrantzitsuenak definitu behar dira, pisuz edo bakoitzak duen garrantziaz gain.

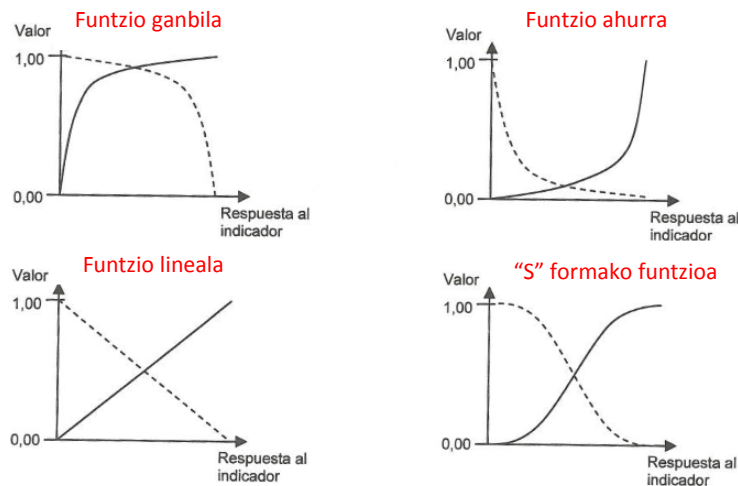
Adierazleen ezaugarri nagusienak honakoak izan behar dira: kuantifikagarriak, erlatiboak, zehatzak, diskriminatzaileak, trazagarriak, osagarriak eta adierazgarriak (41).

### 3) Balio-funtzioen definizioa

Fase honetan balio-funtzioak definituko dira, unitate desberdinak dituzten adierazleak haien artean konparatu ahal izateko. Horrela, aldagai desberdinak haien artean konparatu daitezke eta adierazle bakoitzaren balioztapen desberdinen haztatutako batuketa bat egin daiteke.

Balio-funtzio desberdinak definitzen dira adierazle bakoitzarentzat bat, 0 eta 1 arteko balorazioak lortuz. Horretarako, balio-funtzioaren joera definitzen da, asetze puntu maximoak eta minimoak zehazten dira, balio-funtzioaren forma definitzen da eta azkenik, balio-funtzioa matematikoki definitzen da.

Balio-funtzioen formak  $S$  formakoak, linealak, ahurrak edo ganbilak izan daitezke, hurrengo 5.4. Irudian ikus daitezkeen bezala.



**5.4. Irudia: Balio-funtzioen forma desberdinak**

Funtzio ganbilek adierazlearen erantzun minimorako balioaren gorakada handia adierazten dute. Funtzio mota hau, oso zehaztuta dagoen arau bat existitzen denean erabili behar da (118).

Funtzio ahurrek aldiz, adierazlearen erantzun altuetan balioaren gorakada handia adierazten dute. Era honetan, alternatibak asetze maximoko puntuaren inguruan egon daitezten lortzen da. Funtzio mota hauek adierazle ekonomikoetan edo ingurumen adierazleetan erabiltzen da.

Funtzio linealek balio gorakada konstante bat adierazten dute, erantzunaren eremu osoan zehar. Konfort termiko edo akustikoaren hobekuntza adierazteko erabili daiteke funtzio mota hau.

“S” formako funtzioetan balio maximoaren gorakada-erantzuna eremuaren erdiko partean lortzen da eta maximo eta minimo balioen inguruan balioa txikiagoa da.

Funtzio hauek bost parametroen bidez definitzen dira:  $K_i$ ,  $C_i$ ,  $X_{max}$ ,  $X_{min}$  y  $P_i$ . Hurrengo ekuazioaren (funtzio hazkorrentzako ekuazioa) [5. 1] bidez adierazlearen balioa zehazten da,  $V_{ind}$ .

$$V_{ind} = B \left[ 1 - e^{-K_i \left( \frac{|X - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right] \quad [5. 1]$$

Non:

$X_{min}$ : Zero balioa hartzen du ordenatu-ardatzean.

X: Ebaluatutako adierazlearen abzisa-ardatza

$P_i$ : Forma faktorea. Kurbaren forma definitzen du eta era hurbilean koordinatuen inflexio puntuan kurbaren malda zehazten du ( $C_i$ ,  $K_i$ )

- $P_i < 1 \rightarrow$  Kurbadura ahurra
- $P_i > 1 \rightarrow$  Kurbadura ganbila edo “S” formakoa
- $P_i = 1 \rightarrow$  Lineala

$C_i$ : Inflexio puntuaren abzisaren balio hurbildua definitzen du.

$K_i$ : Inflexio puntuaren ordenatu-ardatzean balio hurbildua definitzen du

B: funtzioaren balioa 0 eta 1 artean mantentzeko faktorea. Hurrengo ekuazioaren bidez definitzen da [5. 2]:

$$B = \left[ 1 - e^{-K_i \left( \frac{|X_{\max} - X_{\min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right]^{-1} \quad [5. 2]$$

Non  $X_{\max}$ : 1 balioa hartzen du ordenatu-ardatzean.

Funtzio beherakorrak ere erabili daitezke balio-funtzio definitzeko. Kasu honetan, hazkorrekin alderatuta balio maximoa  $X_{\min}$ -an ematen da.

Erabiltzailearen asetze puntu maximoak eta minimoak zehazteko hurrengoa erabili daiteke:

- Indarrean dagoen araudia erabili. Asetze puntu maximoa eta minimoa definitzeko indarrean dagoen arauak exijitzen dituen balioak erabili daitezke. Izan ere, adierazle batzuk arauen menpean daude.
- Adierazleak arauen menpe ez daudenean, asetze puntu maximoa eta minimoa definitzeko dauden baldintzak edo beharrak kontuan har daitezke gehien bat, adierazle ekonomikoetan edo denbora adierazleetan.
- Puntu balioak zehazteko erabakia hartzen duenak esperientzia edo gaitasun teknikoa ez duen kasuetan, alternatiba desberdinak haien artean konpara daitezke. Honela, alternatiba desagokiena asetze puntu minimokoa izango da eta egokiena aldiz, asetze puntu maximoa.

#### 4) Pisuen esleipena

Eta honetan aspektu bakoitzaren garrantzi erlatiboa esleitzen da, kontuan hartuta aspektuak daukan garrantzia adar berdinean dauden aspektuekiko. Honela, irizpide berdinari dagokion adierazle guztien pisu erlatiboa kalkulatu da. Irizpideekin gauza bera egiten da, errekerimendu berdineko irizpide guztien pisua kalkulatu da.

Errekerimenduen, irizpideen eta adierazleen pisuak zehazteko zuzenean egin daitezke elementu gutxi daudenean edo AHP (Analytical Hierarchy Process- Proceso Analítico Jerárquico) metodologia erabiliz egin daitezke (119).

AHP erabiliz gero, erabaki-matrize bat eraiki behar da, pisu bektorea kalkulatu behar da eta matrizearen trinkotasuna ebaluatu behar da.

AHP metodologiaren erabaki-matrizearen elementuak kalkulatzeko elementu guztiak bikoteka konparatzen dira. Horretarako, Saaty-k erabiltzen duen eskala erabiltzen da (119). Konparaketan bitarteko egoerak eta kontrako egoerak onartzen dira hurrengo 5.1. Irudian ikus daitezkeen bezala

Garrantzia erlatiboa	Esanahia (i j-rekiko)	Matrizearen elementua	
		$a_{ij}$	$a_{ji}$
1/9	Erabat edo oso gutxiago nahiago	1/9	9
1/7	Askoz garrantzia edo nahiago gutxiago	1/7	7
1/5	Garrantzia edo nahiago gutxiago	1/5	5
1/3	Garrantzia edo nahiago arinki gutxiago	1/3	3
1	Garrantzia berdina	1	1
3	Garrantzia edo nahiago arinki gehiago	3	1/3
5	Garrantzia edo nahiago gehiago	5	1/5
7	Askoz garrantzia edo nahiago gehiago	7	1/7
9	Erabat edo oso nahiago	9	1/9

5.1. Taula: Pare erkaketa bidez erabakitze-matrizearen kalkulatzeko

Erabakitze-matrizea hortaz,  $n \times n$  matrize karratu bat izango da,  $n$  adierazle edo irizpideen kopurua izanik. Matrize hau beti izango da karratua, bere elementuak kalkulatzeko pare erkaketa bidez egin baita, komentatu den bezala.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

5.5. Irudia: "A" erabakitze-matrizea

Pisu bektorea "A" erabakitze-matrizearen elementuak [5. 3] ekuazioaren bidez normalizatzu kalkulatu da. Horrela "B" matrizea lortzen da. "B" matrizeko elementu bakoitza dagokion "A" matrizearen elementua zati kokatzen den zutabearen elementuen batuketara izango da.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad [5. 3]$$

Behin "B" matrizea lortuta, [5. 4] ekuazioaren bidez pisu bektorea kalkulatu da. "B" matrizearen osagaiak definituta daudenez, pisu bektorea kalkulatu daiteke. Bektorearen elementu bakoitza, "B" matrizearen zutabe bakoitzaren batuketari zatitzean errekerimenduen, irizpideen edo adierazleen kopurua lortzen den emaitzarekin osatzen da. Pisu bektoreko elementu bakoitza ebaluatu den errekerimenduaren, irizpidearen edo adierazlearen pisuari dagokio, "A" matrizearen kokapen-ordenaren arabera.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad [5. 4]$$

Azkenik, matrizearen trinkotasuna aztertu behar da. Horrela neurtzen da nola ebaluatzen duen ebaluatzaileak "A" matrizea, erreferentzien proportzionaltasuna kontuan hartuta. Adibidez, "A" irizpideak "B" baino garrantzi bikoitza badu eta "B"-k "C" baino garrantzi bikoitza badu orduan "A" "C" baino lau aldiz garrantzitsuagoa izango da. "A" eta "C"-ren arteko konparaketak lautik asko urruntzen bada, egindako judizioak oso sendoak ez direla adierazten du.



Trinkotasuna ebaluatzeko, Saaty-k trinkotasun erlazioaren (C.R., consistency ratio) bidez ebaluatzea proposatzen du, ondorengo ekuazioaren bidez [5. 5]:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0,1 \quad [5. 5]$$

Non:

C.R. = Trinkotasun erlazioa (Consistency ratio)

C.I. = Trinkotasun indizea (Consistency index)

R.I. = Trinkotasun indizea aleatorioa (Random index)

Baldin C.R. > 0,1, ebaluatzaileak "A" matrizeko pare erkaketan esleitutako balioak ikuskatu beharko ditu

Trinkotasun indizea (C.I.) hurrengo ekuazioaren [5. 6] bidez kalkulatzen da:

$$C.I. = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad [5. 6]$$

Non  $\lambda_{m\acute{a}x}$  konparaketa matrizearen auto-balio maximoa den. Egindako juizio guztien trinkotasun neurri bat da. Hortaz, bektore hau  $a_{ij}$  matrizearen zutabeak batuz eta biderkatuz lehenetsun bektorearen osagaiari  $w_i$ , hurrengo ekuazioa [5. 7] erabiliz lortzen da:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) * w_j \quad [5. 7]$$

Trinkotasun indizea aleatorioa (R.I.), aleatorioki lortutako erabakitze-matrizearen trinkotasun indize (C.I.) guztien neurria da. Matrizearen tamaina eta hurrengo taulan agertzen diren balioen menpe dago bakarrik.

Matrizearen tamaina (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trinkotasun indizea aleatorioa (R.I.)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

5.2. Taula: Trinkotasun indizea aleatorioa (R.I.)

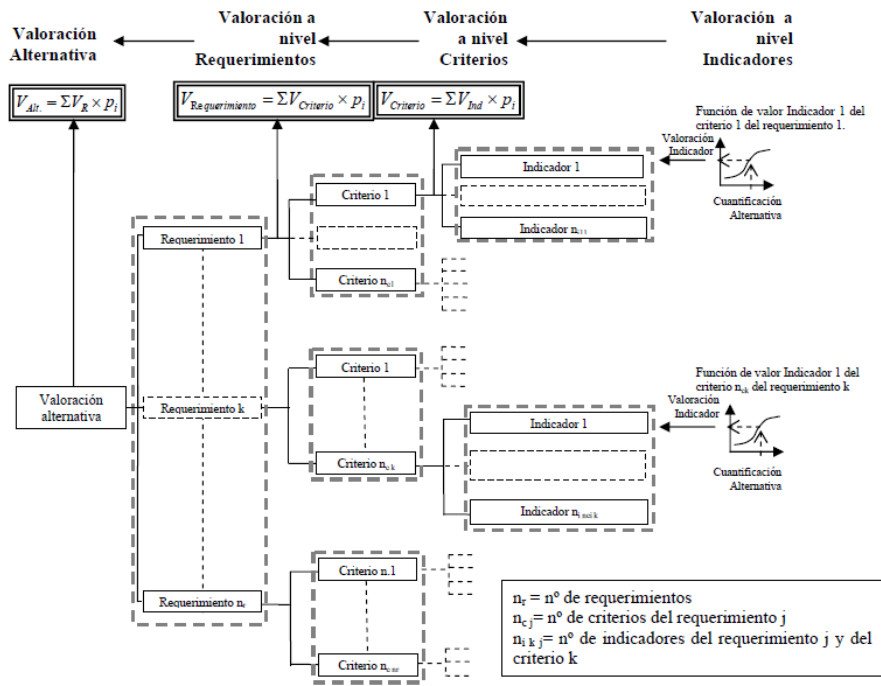
Matrizea  $n \leq 2$  bada, trinkotasuna aztertzea ez da beharrekoa, C.I. beti zero izango baita. Izan ere, bi elementu konparatzean beste hirugarren batekin ez da proportzionaltasuna mantentzen eta hortaz, trinkotasunik eza agertzen da. Baina bi elementu bakarrik existitzen badira, konparatzean ez da beharrekoa proportzionaltasuna aztertzea.

## 5) Alternatiben definizioa

Fase honetan, planteatutako erabaki-hartze arazoaren alternatiba egingarri desberdinak definitzen dira. Kasu batzuetan, alternatibak finkatzen dira erabakia hartzearen hasierako momentuan. Beharrekoa den informazioa lortu behar da ondoren balorazio prozesuan sartu ahal izateko.

6) Alternatiben balioespena

Planteatu den alternatiba bakoitzeko balio-indizea bat lortzen da. Baina lehenago adierazleak, irizpideak eta errekerimenduak baloratu beharko dira aurreko fasean. Zuzenean balioetsi diren elementu bakarrak adierazleak dira. Hurrengo 5.6 .Irudian alternatiba desberdinak baloratzeko era adierazten da.



5.6. Irudia: Alternatiben balio-indizea

Adierazleen balioespena balio-funtzioaren eta aztertutako adierazleko alternatiba bakoitzaren kuantifikazioaren bidez lortzen da. Alternatibaren kuantifikazioa balio-funtzioaren abzisaren puntua da, zeinen ordenatua adierazlearen balorazioa da alternatiba horretarako.

Irizpideak baloratzeko hurrengo ekuazioa erabiltzen da [5. 8]. Baloratuko den Irizpideari dagokion adierazleen balioztapena erabiltzen da eta azken hau adierazle bakoitzari dagokion pisuarekin biderkatzen da.

$$V_{irizpidea} = \sum_{i=1}^n V_{ind} \times P_{eso\ adierazlea} \quad [5. 8]$$

Bestetik, errekerimenduak baloratzeko irizpideekin egin den antzera egiten da

$$V_{errekerimendua} = \sum_{i=1}^n V_{irizpidea} \times P_{eso\ irizpidea} \quad [5. 9]$$

Alternatiben balio-indizea errekerimenduen balorazioak haien pisuekin biderkatuz lortzen da.

$$V_{Alternatiba} = \sum_{i=1}^n V_{errekerimendua} \times P_{eso\ errekerimendua} \quad [5. 10]$$

## **7) Sentsibilitate analisia burutzea**

Azkenik, hasierako faseetan definitutako errekerimenduen, irizpideen edo adierazleen pisuak aldatuz, alternatiba bakoitzaren balio-indizearen aldaketa aztertzen da. Honela, planteatutako metodologiaren baliagarritasuna, egonkortasuna eta sendotasuna frogatu daiteke. Fase hau burutzea ez da derrigorrezkoa MIVES metodologian.

Behin MIVES metodologiaren faseak ezarri diren, jarraian birgaitze energetikoko konponbiderik jasagarriena zehazteko erabaki-hartze metodoa zehazteari ekingo zaio.

### **5.3. Erabaki-hartze zuhaitzaren definizioa**

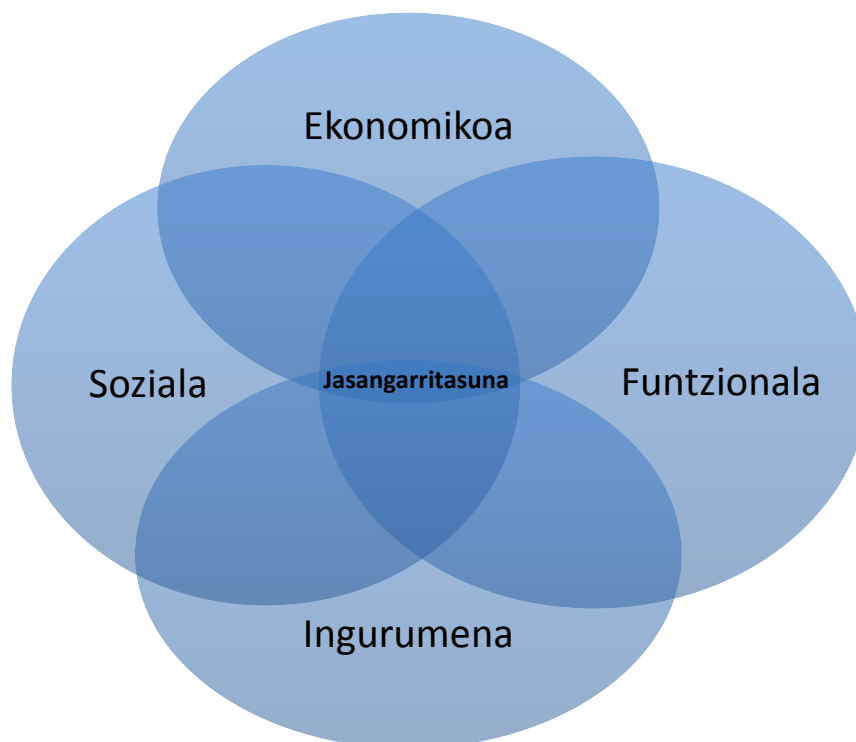
Aztertuko diren aspektuak hau da, errekerimenduak, irizpideak eta adierazleak erabaki-hartze zuhaitzean definitzen dira. Hurrengo 5.3. Taulan birgaitze energetikoko konponbiderik jasagarriena zehazteko erabaki-hartze zuhaitza definitzen da.

ERREKERIMENDUAK	IRIZPIDEAK	ADIERAZLEAK
<b>Ekonomikoa (E)</b>	<b>Kostuak (E1)</b>	Materialaren kostua (E1.1)
		Instalazioaren kostua (E1.2)
		Mantenuko urteroko kostua (E1.3)
	<b>Inbertsioaren errentagarritasuna (E2)</b>	Errentagarritasuna (E2.1)
<b>Ingurumena (I)</b>	<b>Erabilitako materialak (I1)</b>	Birziklagarritasuna (I1.1)
		Sortutako hondakinak (I1.2)
		Ingurumen-inpaktua (I1.3)
	<b>Emisioak (I2)</b>	CO <sub>2</sub> -aren aurreztea (I2.1)
<b>Funtzionala (F)</b>	<b>Eraikuntzako konponbideak (F1)</b>	Egikaritzearen konplexutasuna (F1.1)
	<b>Segurtasuna (F2)</b>	Suaren aurkako erreakzioa (F2.1)
		Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea (F2.2)
	<b>Kondentsazioak (F3)</b>	Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera (F3.1)
<b>Soziala (S)</b>	<b>Sortutako eragozpenak (S1)</b>	Etxebizitza uzteko beharra (S1.1)
		Instalazioaren ondoren espazio galera (S1.2)
		Aldamioen beharra (S1.3)
	<b>Jabeentzako desegokitasuna (S2)</b>	Jabeen arteko adostasunaren beharra (S2.1)
	<b>Konfort eta osasuna (S3)</b>	Barruko konfort termikoa (S3.1)
		Barruko konfort termikoa (S3.2)
		Barruko konfort akustikoa (S3.3)
	<b>Ondare arkitektonikoa (S4)</b>	Ondare arkitektonikoa (S4.1)
	<b>Estetikoa (S5)</b>	Ingurunera egokitzeko gradua (S5.1)
		Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa (S5.2)

5.3. Taula: Erabaki-hartze zuhaitza

## 5.4. Errekerimenduen eta haien irizpideen definizioa

Existitzen diren birgaitze konponbide desberdinen jasagarritasuna ebaluatzeko orduan, errekerimenduak dira ezaugarririk garrantzitsuenak. Konponbidearen jasagarritasuna errekerimendu ekonomikoaren, funtzionalarekin, sozialarekin eta ingurumen errekerimenduaren bidez neurtuko da. (Ikusi 5.7. Irudia).



5.7. Irudia: Konponbidearen jasagarritasuna neurtzeko errekerimenduak.

Errekerimendu bakoitza bat edo hainbat irizpideetan banatzen da. Irizpide bakoitza planteatu diren alternatiba desberdinak konparatzeko erabiltzen da. Halaber, irizpideak ebaluatzeko eta konparatu ahal izateko, irizpide bakoitza bat edo hainbat adierazleetan banatzen dira. Irizpideak ez dira neurgarriak diren parametroak baino hauek neurgarriak diren parametroak multzokatzen dituzte, hau da, adierazleak multzokatzen dituzte. Hortaz, adierazleak irizpide desberdinen parametro kuantifikagarriak dira eta horrela, alternatiba desberdinak konparatu daitezke jasagarritasunaren ikuspuntutik.

### 5.4.1. Errekerimendu ekonomikoa

Alternatiba guztietatik jasagarriena den alternatiba zein den erabakitze orduan, kostu ekonomikoa kontuan hartu beharko da. Izan ere, birgaitze energetikoan hasierako gastuak handiak dira eta gainera, eraikinaren bizitza-zikloan zehar dauden mantenu gastuak ere kontuan hartu behar dira. Kostu hauek jabeek ordaintze dituzte eta kontuan hartuta EAE-ko

etxebizitzaren %90a jabetzan daudela, errekerimendu ekonomikoak garrantzi handia izango du erabakia hartzerako orduan.

Halaber, kontuan hartu behar da hasierako kostuak errentagarri bihurtzeko, fatxadaren birgaitze energetikoaren ondorioz energia aurrezten delako.

Alternatiba desberdinak konparatuko dira haien artean kontuan hartuta eraikinaren bizitza-zikloko fase guztietan sortzen den kostua eta lortzen den errentagarritasuna aurrezten den energiaren ondorioz

Errekerimendu honen barruan hurrengo irizpideak zehaztu dira: kostuak eta inbertsioaren errentagarritasuna.

- **Kostuak:** Birgaitze proiektua burutzeko beharrezkoak diren gastu-multzoa. Gastu hauen barruan hasierako gastuak eta lehenengo 10 urteetako mantenuko urteroko gastuak kontuan hartu beharko dira.
- **Inbertsioaren errentagarritasuna:** Egindako inbertsioa urte jakin batzuetan zehar errentagarri egin daiteke, kontuan hartuta aukeratu den konponbidearekin aurrezten den energia. Hortaz, irizpide honek egindako inbertsioaren itzulera ebaluatzen du.

### 5.4.2. Ingurumen errekerimendua

Kontuan hartuko den beste errekerimendu bat ingurumen errekerimendua izango da. Errekerimendu honekin alternatiba desberdinak konparatuko dira haien artean kontuan hartuta sortu den ingurumen-inpaktua eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar. Era honetan, fatxaden birgaitzean bizitza-zikloko fase guztietan zehar sortzen den ingurumen-inpaktua gutxitu daiteke.

Fatxada bat birgaitzerako orduan materialak gehitzen dira hortaz, material berri horiek sortzen duten ingurumen-inpaktua kontuan hartu beharko da. Birziklagarriak diren materialak erabiltzea edo birziklatutako material bat jatorri bezala izatea ingurumen-inpaktua gutxitzea dakar.

Halaber, eraikin bat energetikoki birgaitzean energia aurrezten da eta hortaz, atmosferara isurtzen diren CO<sub>2</sub> emisioak murrizten dira.

Errekerimendu honen barnean ondorengo irizpideak definitu dira:

- **Erabilitako materialak:** Erabilitako materialek sortzen duten ingurumen-inpaktua neurtzen da. Horretarako, isolatzaileen eta estaldurarako erabiliko diren materialen birziklagarritasuna kontuan hartuko da. Materialak birziklagarriak diren edo ez kontuan hartuko da eta baita ere, birziklatu den material bat erabili den edo ez haien fabrikazioan. Gainera, alternatibek ingurumenean sortzen duten inpaktua neurtzeko egikaritzean sortu diren hondakinak kontuan hartuko dira. Isolatzailearen erauzetan eta fabrikazioan zehar sortzen den ingurumen-inpaktua ere ebaluatuko da.
- **Emisioak:** Eraikina birgaitu ondoren lortu den aurrezte energetikoaren ondorioz, bizitza-ziklo osoan zehar isuri ez diren CO<sub>2</sub> emisioak kontuan hartuz, ingurumenean sortzen den inpaktua ebaluatuko da.

### 5.4.3. Errekerimendu funtzionala

Errekerimendu honekin alternatiba desberdinek duten funtzionaltasuna kontuan hartuta konparatu nahi dira alternatibak. Horretarako, egikaritze prozesuan zehar alternatiben instalazioaren konplexutasuna kontuan hartuko da.

Material eta egitura berriak gehitzen zaizkionez birgaituko den eraikinari, birgaitze prozesu honek eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar eraikinak duen egonkortasunean eta/edo suaren aurkako duen segurtasunean aldaketak ekar ditzake.

Errekerimendu honen barruan ondorengo irizpideak definitu dira:

- **Eraikuntzako konponbideak:** Alternatiben funtzionaltasuna planteatutako birgaitzearen bideragarritasuna kontuan hartuz kuantifikatzen da. Horretarako, alternatiba bakoitzaren konplexutasuna bere gauzatze ikuspuntutik ebaluatzen da.
- **Segurtasuna:** segurtasunaren ikuspuntutik neurtzen da funtzionaltasuna, kontuan hartuta gehitutako material berriek duten eragina eraikinak daukan suaren aurkako erreakzioan. Gainera, esku-hartzea burutzeko, jatorrizko fatxadako euskarriaren egoera egokia ez izatea gerta daiteke edo birgaitze obrak egiteko aurretik euskarria egokitu behar izatea gerta daiteke. Hortaz, eraikinaren segurtasuna kontuan hartzeko eraikinean esku-hartu baino lehen jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea aintzat hartuko da.
- **Kondentsazioak:** alternatiba desberdinen funtzionaltasuna zehazteko kondentsazioak agertzeko arriskua kontuan hartuko da alternatibak ebaluatzeko orduan.

### 5.4.4. Errekerimendu soziala

Jasangarritasunaren errekerimendu soziala, birgaituko den eraikina kokatzen den ingurunearekin eta eraikinean bizi direnekin erlazionatuta dago. Hortaz, alternatiba desberdinak konparatu nahi dira kontuan hartuta alternatibak sortzen duen inpaktua eraikina kokatzen den ingurunean eta eraikinean bizi diren pertsonetan.

Ez da ahaztu behar eraikina, kasu ia gehienetan, egikaritze prozesu osoan zehar eta bere bizitza-ziklo osoan zehar beteta egongo dela. Beraz, egikaritze prozesuan zehar eraikinaren ingurunean dauden pertsonen eta maizterrei sortutako eragozpenak murriztu behar dira. Gainera, birgaitze prozesuak etxebizitzetako maizterrei eragozpenak sor ditzake esaterako, egikaritze prozesu batzuk bukatu ondoren etxebizitzaren barruan sortzen diren espazio galerak. Hortaz, honek ekartzen dituen inpaktu soziala murrizteko, alternatiba desberdinek etxebizitza barruan sortzen duten espazio galera murriztu beharko da.

Halaber, alternatiba desberdinek sortzen duten inpaktu estetikoa minimoa izan behar da, eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar eraikinaren ikuste-itxuran aldaketa desiraezinak ez sortzeko maizterrei. Ahaztu gabe, babestuta dauden eraikinetan ezin dela haien kanpoko itxura aldatu.

Errekerimendu honen barruan ondorengo irizpideak daude:

- **Sortutako eragozpenak:** Alternatiba desberdinek sortzen duten inpaktu soziala neurtzeko maizterrei eta eraikinaren inguruneari sortutako eragozpenak kontuan hartuko dira. Horretarako, kontuan hartuko da egikaritze prozesuaren iraupena,

etxebizitza uzteko beharra edo ez birgaitzearen egikaritze prozesuan zehar eta aldamioen beharra dela eta inguruneari eta oinezkoiei sortutako eragozpenak.

- **Jabeentzako desegokitasunak:** birgaitzearen egikaritze prozesuan zehar etxebizitzetako jabeek sortutako desegokitasunak neurtzen dira.
- **Konfort eta osasuna:** Alternatiba desberdinek birgaitzearen bizitza-ziklo osoan zehar konfortean eta osasunean sortutako hobekuntzek maizterrengan sortzen duten onurak neurtzen da.
- **Ondare arkitektonikoa:** babestuta dauden eraikinetan ezin da fatxada aldatu beraz, esku-hartzea eraikinaren kanpotik egiten ez duten alternatibak aukeratu beharko dira.
- **Estetikoa:** kanpotik egindako birgaitze baten begi-inpaktua kuantifikatzeko eta murrizteko, eraikinaren ingurunean birgaitzeak daukan egokitzeko gradua kontuan hartzen da. Halaber, birgaitzearen ondorioz jatorrizko fatxadan sortutako hobekuntza estetikoa era kontuan hartuko da.

### 5.5. Adierazleen definizioa

Adierazleak erabaki-hartze zehatzaren aspektu zehatzak dira, zuzenean ebaluatuko baitira. Hauek kuantifikatuko diren ezaugarri ukigaiak dira.

Adierazle bakoitzaren balioa zehatzeko balio-funtzioa erabiltzen da horrela, neurtzeko unitate desberdinak dituzten adierazgarrien balorazioak konparatuko dira.

Jarrain, errekerimendu zehatzaren adierazleak definitzen dira eta hauetako bakoitzak kalkulatzeko balio-funtzioak ere.

#### 5.5.1. Errekerimendu ekonomikoaren adierazleak

Errekerimendu ekonomikoa kontuan hartuta, alternatiba desberdinen jasagarritasuna konparatzeko hurrengo adierazleak zehatzu dira:

##### 5.5.1.1. Materialaren kostua

- Definizioa

Adierazle honek birgaitzean gehitu den materialaren kostu ekonomikoa, €/m<sup>2</sup>, neurtzen du.

- Balioztatzeko era

“CYPE ingenieros<sup>10</sup>”-eko eraikuntzako prezio-basea aintzat hartuta, adierazle honek zehatzten du zein alternatiba den garestiena eta zein merkeena kontuan hartuta erabili den materialaren kostua €/m<sup>2</sup>-tan neurtuta.

---

<sup>10</sup> “CYPE ingenieros, S.A.”-k sortutako prezio sorgailua, merkatura egokitzen diren prezioak erabiltzen dituen programa informatiko bat da. Fabrikatzaile-produktuak eta produktu generikoak ditu.

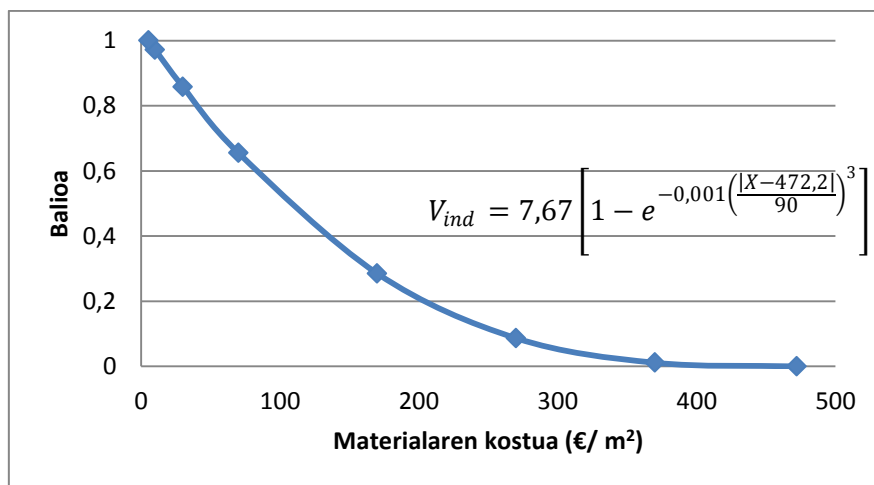


Asetze maximoko balioa: erabilitako materialen kostua kontuan hartuta, preziorik merkeena.  
 $X_{\min} = 5,22 \text{ €/m}^2$ .

Asetze minimoko balioa: erabilitako materialen kostua kontuan hartuta, preziorik garestiena.  
 $X_{\max} = 472,2 \text{ €/m}^2$ .

- Balio-funtzioa

Proposatzen den balio-funtzioa beherakorra da izan ere, zenbat eta prezioa txikiagoa izan, orduan eta jabeen asetzea handiagoa izango da. Kurbaduraren forma ahurra izatea proposatzen da, asetze maximoko baliotik urrutzten den heinean balioaren maila nabarmen txikitzen baita, hurrengo 5.1. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



5.1. Grafikoa: Materialaren kostua

Adierazle mota honi adierazle kuantitatiboa deitzen zaio, zenbakizko balioen bidez jakinarazten baitu aldagaiaren portaera egoera emandako une batean (118).

### 5.5.1.2. Instalazioaren kostua

- Definizioa

Adierazle honen bidez alternatiba desberdinen instalazioen kostua, €/m<sup>2</sup>-tan, kuantifikatzen da.

- Balioztatzeko era

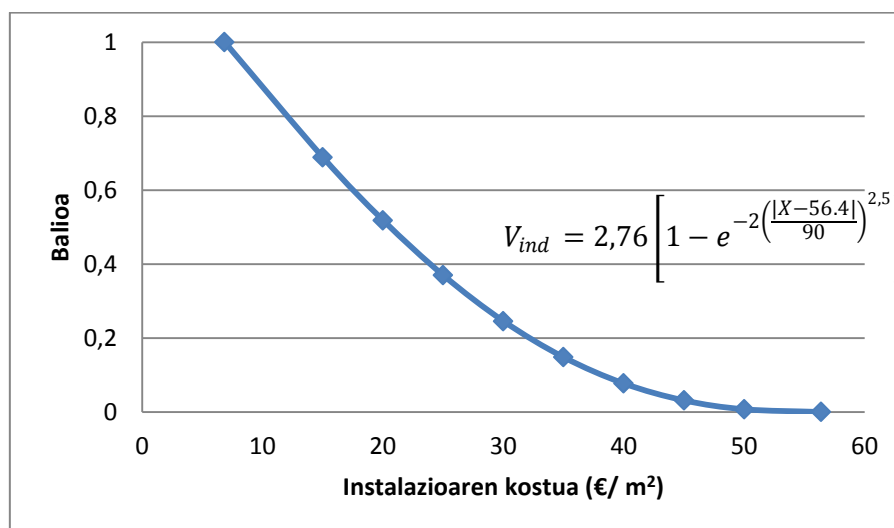
Prezio sorgailua erabiliz lortutako instalazio kostua, €/m<sup>2</sup>-tan neurtuta, kontuan hartuta, adierazle honek zein alternatiba den garestien eta zein merkeen zehazten du.

Asetze maximoko balioa: Instalazio kosturik merkeena.  $X_{\min} = 6,84 \text{ €/m}^2$ .

Asetze minimoko balioa: Instalazio kosturik garestiena.  $X_{\max} = 56,40 \text{ €/m}^2$ .

- Balio-funtzioa

Proposatutako balio-funtzioa beherakorra da, zenbat eta merkeago, orduan eta handiagoa izango baita asetzea. Kurbaduraren forma aurreko adierazlean planteatu denaren antzekoa da, hau da, forma ahurra, asetze maximoko baliotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmen txikitzen baita. (ikusi 5.2. Grafikoa).



5.2. Grafikoa: Instalazioaren kostuak

### 5.5.1.3. Mantenuko urteroko kostua

- Definizioa

Kanpotik zein barnetik egindako esku-hartzeetan eraikinaren bizitza-zikloko fase guztietan zehar dagoen mantenuko urteroko kostua neurtzen da.

Mantenuko urteroko kostua zehazteko alternatiba bakoitzaren iraunkortasuna kontuan hartu beharko da, bai kanpotik egindako esku-hartzetan bai barnetik egindakoetan. Izan ere, zenbat eta iraunkorragoa izan alternatiba, orduan eta mantenuko urteroko kostua txikiagoak izango dira. Mantenuko urteroko kostuak aurreko adierazleetan erabili den prezio sorgailuaren bidez lortzen da.

Halaber, kanpotik egindako esku-hartzeetan fatxadaren estaldura hobetzen da. Baina kanpotik aldatzean fatxadaren estaldura, bandalismoa sufritzeko aukerak edo posibilitateak handitzen dira, fatxadaren begi-estetika maskalduz eta beraz, mantenuko urteroko kostuak handituz. Hortaz, kanpoko estalduran erabiltzen diren material desberdinetatik bandalismoaren aurka mantenu errazena duenak, bandalismoaren ondoriozko mantenuko urteroko kostuak txikitzea lortuko du. Gainera, bandalismoagatik gerta daitezkeen kalteak ebaluatzeke eraikineko fatxadaren irisgarritasuna edo eskuragarritasuna kontuan hartu beharko da. Irisgarria den fatxada batek bandalismoa sufritzeko aukera gehiago ditu, irisgarria ez den batekin alderatuta.

Hau dela eta, adierazle hau definitzeko kontuan hartu beharko da alternatiba bakoitzak duen iraunkortasuna. Horretarako, alternatiba bakoitzak duen mantenuko urteroko kostua eta esku-hartzea kanpotik den kasuetan mantenu estetikoaren kostua ere aintzat hartuko da.

- Balioztatzeko era

Adierazle honek alternatiba garestiena edo merkeena zein den zehaztuko du, kontuan hartuta iraunkortasuna eta bandalismoagatik sortutako gastuak.

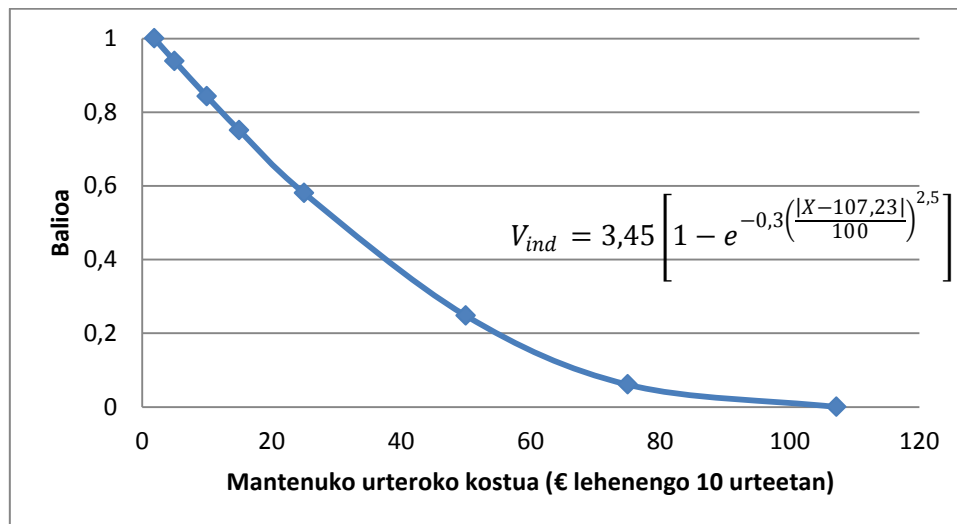
Hortaz, adierazle hau hiru parametro desberdinetan banatzen da:

**1) Iraunkortasuna:** Lehenengo 10 urteetan alternatiba bakoitzak duen mantenuko urteroko gastua aurreko adierazleetan erabilitako prezio sorgailua erabiliz kalkulatu da. Horrela, alternatiba bakoitzaren asetze balioa lortuko da.

Asetze maximoko balioa: Mantenuko urteroko preziorik merkeena.  $X_{\min} = 1,86$  € lehenengo 10 urteetan.

Asetze minimoko balioa: Mantenuko urteroko preziorik garestiena.  $X_{\max} = 107,23$  € lehenengo 10 urteetan.

Parametro honen balio-funtzioa beherakorra izango da, zenbat eta gutxiago kostatu orduan eta asetze handiagoa lortzen baita. Kurbaduraren forma ahurra izango da, asetze maximoko baliotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmen txikitzen baita. (Ikusi 5.3. Grafikoa).



**2) Bandalismoa sufritzeko posibilitatea:** Eraikinaren fatxadaren irisgarritasuna kontuan hartuko da, oinezko-igarotze zonaren arabera.

Asetze maximoko balioa: Bandalismo ekintzak burutzeko irisgarritasun txikiena edo nulua duen fatxadaren bidez definitzen da.

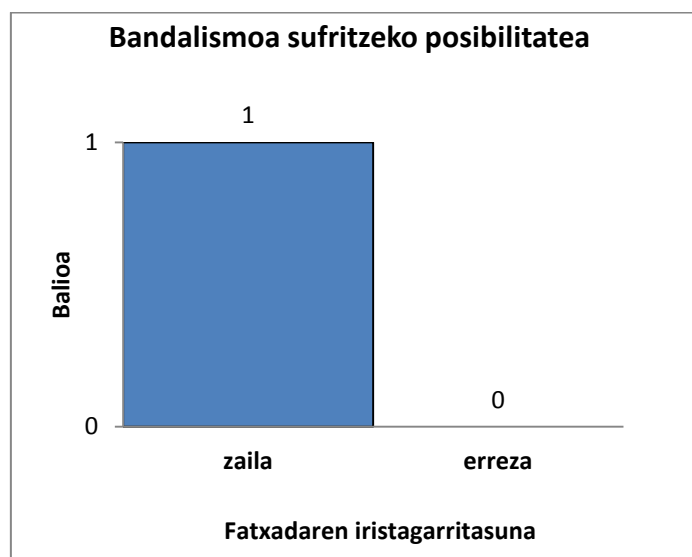
Asetze minimoko balioa: Bandalismo ekintzak burutzeko irisgarritasun handiena duen fatxadaren bidez definitzen da.

Parametro honen balio-funtzioak dikotomikoa izatera izango du, erantzun ebaluatzailea dena edo ezer baita (bai edo ez). Hortaz, hurrengo balio-funtzio tabulatuaren bidez definituko da parametro hau. (Ikusi 5.4. Taula).

Bandalismoa sufritzeko posibilitatea		
X	Fatxadara iristea zaila da	Fatxadara iristea erreza da
Y	1	0

5.4. Taula: Bandalismoa sufritzeko posibilitatea

Parametro honen balio-funtzioaren forma eskaloit funtzioaren formakoa izango da, asetze balioa 1 edo 0 bakarrik izan baitaiteke, hurrengo 5.4. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



5.4. Grafikoa: Bandalismoa sufritzeko posibilitatea

**3) Bandalismoaren aurkako mantenua:** Bandalismo ekintzen ondorioz fatxadaren kanpoko estetika mantentzeko erraztasuna edo zailtasuna kontuan hartuko da, alternatiba bakoitzak fatxadaren kanpoko estaldurarako erabiltzen duen material motaren arabera. Izan ere, estalduran erabili den materiala kanpotik garbitzen erreza bada, fatxadaren estetika mantentzeko gutxiago gastatu beharko da, garbitzen erreza ez den beste estaldurako material batekin alderatuta.

Asetze maximoko balioa: Bandalismoen ekintza posibleen aurka fatxadaren estetika mantentzeko mantenu gutxi behar duen materiala.

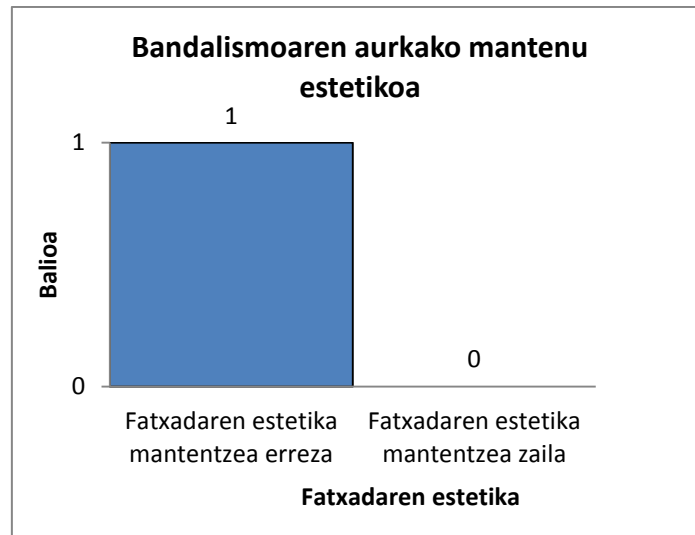
Asetze minimoko balioa: Bandalismoen ekintza posibleen aurka fatxadaren estetika mantentzeko mantenu gehien behar duen materiala.

Aurreko parametroan bezala, parametro hau eskaloit funtzio bat izango da eta hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da (ikusi 5.5. Taula).

Bandalismoaren aurkako mantenu estetikoa		
X	Fatxadaren estetika mantentzea erreza	Fatxadaren estetika mantentzea zaila
Y	1	0

5.5. Taula: Bandalismoaren aurkako mantenu estetikoa

Balio-funtzioa hurrengo 5.5. Grafikoaren bidez adierazten da:



5.5. Grafikoa: Bandalismoaren aurkako mantenu estetikoa

Ikusitako hiru parametroak kontuan hartuta, mantenuko urteroko kostuaren adierazlea zehazten da. Adierazlea ez dago baldintzatua modu berdinean hiru parametroengatik. Hortaz, Parametro bakoitzak adierazlean daukan eragina zehazteko adituen talde bati galdetu zaio. Adituen talde honen arabera, adierazlearen %56a alternatiba bakoitzak duen iraunkortasunagatik baldintzatua dago, hau da, alternatiba bakoitzak duen mantenuko urteroko kostuagatik. Izan ere, parametro honek alternatiba bakoitzaren iraunkortasuna zehazten du, urtero mantenuko ordaindu beharreko urteroko kostuarekin definitzen delarik. Hortaz, adierazlearen %44a fatxadaren mantenu estetikoagatik baldintzatua dago. Fatxadaren mantenu estetikoa bi parametroen bidez definitzen da: bandalismoa sufritzeko posibilitatea eta bandalismoaren aurkako mantenu estetikoa.

Barnetik egindako esku-hartzeetan, hau da, barnetik egindako isolamendu sistemetan eta aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemetan, ez da bandalismoa kontuan hartuko, eraikinaren fatxada aldatzen ez delako. Eraikinak bandalismoa sufritzeko posibilitatea ez da handitzen eraikinaren gaur egongo egoerarekin alderatuta. Hau dela eta, bi kasu hauetan mantenu estetikoaren balioa 1 izango da.

Ikusitako hiru parametroak kontuan hartuta, adierazlea era honetan definituta geratuko da:

$$V_{ind} = 0,56 * Y_{mantenuko\ kostua} + 0,22 * Y_{irisgarritasuna} + 0,22 * Y_{estetika} \quad [5.11]$$

Non:

- $Y_{\text{mantenuko kostua}} = \text{Alternatiba bakoitzaren asetze balioa, kontuan hartuta mantenuko urteroko kostuak.}$
- $Y_{\text{irigarritasuna}} = \text{Alternatiba bakoitzaren asetze balioa, kontuan hartuta fatxadaren irigarritasuna.}$
- $Y_{\text{estetika}} = \text{Alternatiba bakoitzaren asetze balioa, kontuan hartuta bandalismoaren aurkako fatxadaren mantenu estetikoak.}$

Adierazlearen balio 0 eta 1 balioen artean egon beharko da.

Asetze maximoko balioa: [5. 11] ekuazioa erabiliz lortutako balio maximoak definituko du. Mantenuko urteroko kostu baxuen duen, bandalismoa sufritzeko posibilitate gutxien duen eta kanpoko estaldura, ikuspuntu estetikoak, erraz mantentzen duen alternatibak definituko du balio hau.

Asetze minimoko balioa: [5. 11] ekuazioa erabiliz lortutako balio minimok definituko du. Mantenuko urteroko kostu altuen duen, bandalismoa sufritzeko posibilitate handia duen eta kanpoko estaldura, ikuspuntu estetikoak, mantentzeko mantenu zaila duen alternatibak definituko du balio hau.

### 5.5.1.4. Errentagarritasuna

- Definizioa

Adierazle honekin alternatiba baten inbertsioaren itzultza neurtzen da, beste alternatiba batekin alderatua. Inbertsioaren itzulera urteetan neurtuta egongo da. Horretarako, eraikina birgaitu ondoren lortutako aurrezte energetikoa eta inbertsioaren kostu totala kontuan hartuko da.

Inbertsioaren itzulera egindako inbertsioa amortizatzeko behar den denbora, urteetan adierazita, izango da.

Inbertsioaren itzulera kalkulatzeko lehenago kalkulatu behar da: alternatiba bakoitzaren inbertsio kostua (€), alternatiba bakoitzarekin urtero aurrezten den energia (KWh/urte) eta energiaren batezbesteko prezioa (€/KWh), hurrengo [5. 12] ekuazioan ikus daitekeen bezala.

$$\text{Payback (urte)} = \frac{\text{Kostu}_{\text{inbertsioa}} (\text{€})}{\text{Aurrezte}_{\text{energetikoa}} \left( \frac{\text{KWh}}{\text{año}} \right) \times \text{Prezioa}_{\text{energia}} \left( \frac{\text{€}}{\text{KWh}} \right)} \quad [5. 12]$$

Energiaren batezbesteko prezioa prezio-datua erabiliz zehazten da eta alternatiba guztientzat balio berdina izango da. Energiaren prezioa urtero gehikuntzak sufritzen ditu hau dela eta, prezioaren estimazio bat egingo da kontuan hartzeko gehikuntzak.

- Balioztatzeko era

[5. 12] ekuazioa kontuan hartuta, gerta daiteke bi alternatiba desberdinek payback balio berdina lortzea. Adibidez, alternatiba baten inbertsio kostuak altuak direnean eta aurreztutako energia ere altua denean alternatiba honek lortuko duen payback balioa, inbertsio kostuak baxuak eta aurreztutako energia baxua duen alternatiba batek lortuko duen balioaren berdina izan daiteke.

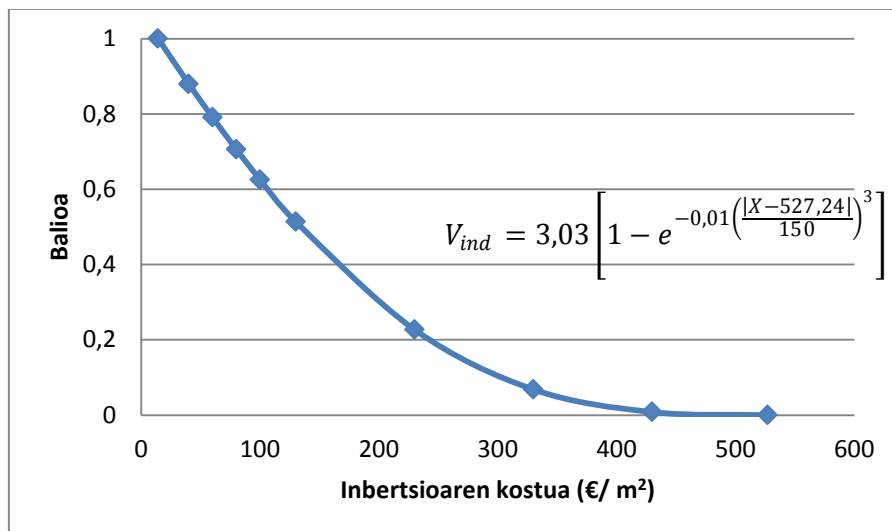
Hau dela eta, adierazle hau baloratzeko hurrengo hiru parametro hauek kontuan hartuko dira:

**1) Inbertsioaren kostua:** Inbertsioaren kostu totala kalkulatzeko beste adierazleetan erabilitako prezio sorgailua erabiliko da. Parametro honen bitartez alternatiba garestiena edo merkeena zein den zehazten da, kontuan izanda haien kostu totala, €/m<sup>2</sup>-tan neurtuta.

Asetze maximoko balioa: Balio hau lortu den preziorik merkeena izango da, alternatiba bakoitzaren kostu totalaren arabera.  $X_{\min} = 14,1 \text{ €/m}^2$ .

Asetze minimoko balioa: Balio hau lortu den preziorik garestiena izango da, alternatiba bakoitzaren kostu totalaren arabera.  $X_{\max} = 527,24 \text{ €/m}^2$ .

Parametro honen balio-funtzioa beherakorra izango da, zenbat eta merkeago, orduan eta asetze handiagoa lortzen baita. Proposatzen den kurbaduraren forma ahurra izango da, asetze maximoko baliotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmen txikitzen baita. (Ikusi 5.6. Grafikoa).



5.6. Grafikoa: Inbertsioaren kostua

**2) Lortutako aurrezte energetikoa:** Alternatiba baten bizitza-ziklo osoan zehar lortzen den aurrezte energetikoa zehazten da, beste alternatibekin alderatuta.

Alternatiba batekin eraikinaren fatxadan egindako hobekuntza energetikoen ondorioz, etxebizitzan energia aurreztuko da. Hortaz, egindako hobekuntza energetikoekin berogailuaren eta hozte-sistemen kontsumoan aurrezte lortuko da.

3. Kapituluuan komentatu den bezala, Euskadiko etxebizitzetan ez da ia hozte-sistematik erabiltzen hortaz, ez da kontuan hartuko hozte-sistemen kontsumo energetikoa.

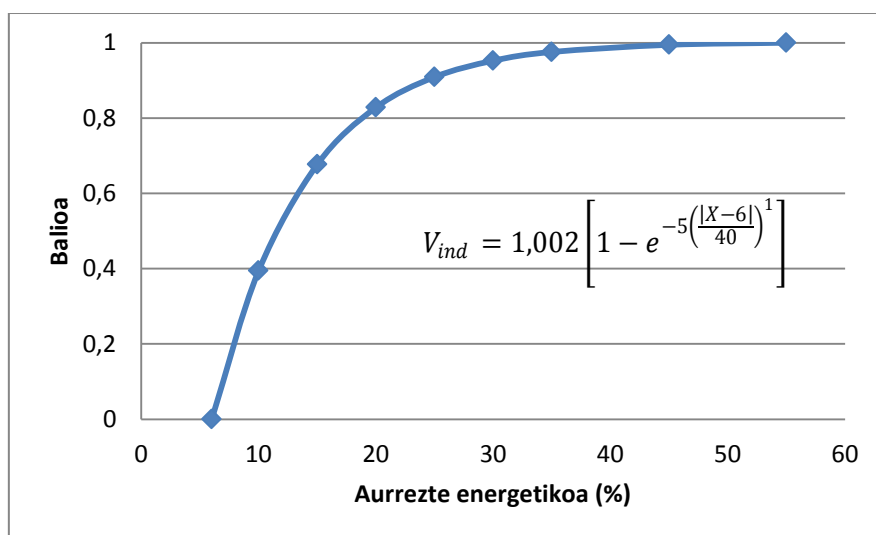
Esandakoari arreta jarriz, fatxadan egindako hobekuntza energetikoekin berogailuan energia aurreztea lortuko da. Hortaz, erregaien kontsumoa edo kontsumo elektrikoa, etxebizitzan erabiltzen den berogailu sistemaren arabera, murrizten da eta lehengaien kontsumoa ekiditen da. Halaber, eraikina birgaitu ondoren, maizterren urteko faktura elektrikoak edo gasaren faktura murrizten da.

Alternatiba bakoitzarekin aurrezten den energia-eskaera kalkulatzeko, CEX v2.3<sup>11</sup> programa informatikoa erabiliko da. Programa honen bidez, oraindik birgaitu gabeko eraikinarekin alderatuta, alternatiba bakoitzarekin lortzen den aurrezte energetikoa kalkula daiteke.

Asetze maximoko balioa: Lortzen den aurrezte energetiko handiena, jatorrizko eraikinarekin alderatuta.  $X_{\max} = \%55$

Asetze minimoko balioa: Lortzen den aurrezte energetiko txikiena, jatorrizko eraikinarekin alderatuta.  $X_{\min} = \%6$

Parametro honen balio-funtzioa goranzkoa izango da izan ere, zenbat eta aurrezte energetiko handiagoa izan, orduan eta eraikinaren berogailuaren urteroko kostua txikiagoa izango da eta hortaz, asetzea handiagoa izango da. Bestetik, balio-funtzioaren forma ganbila izatea proposatzen da zeren, asetze balio minimotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmenki handitzen baita (Ikusi 5.7 . Grafikoa). Honela, etxebizitzetan edo eraikinetan aurrezte energetikoa sustatzen da. Energetikoki aurrezten den heinena balioa positiboki handitzen da.



5.7. Grafikoa: lortutako aurrezte energetikoa

<sup>11</sup> Espainiako Energia, Turismoa eta Agenda Digitalaren ministerioak, IDAE-ren bidez, eta sustapen ministerioak bultzatutako programa da. Progama hau eraikinen ziurtagiri energetikoa lortzeko erabiltzen da.



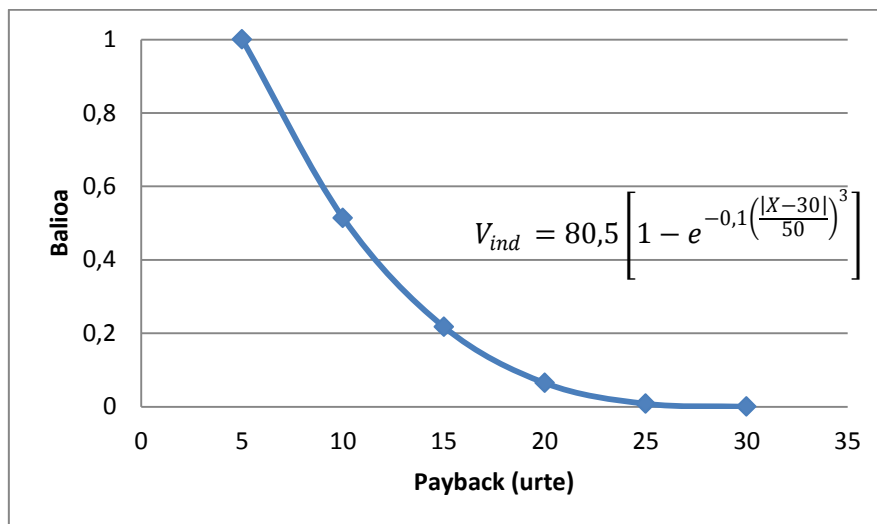
**3) Payback:** Alternatiba batek duen inbertsioaren itzulera bere bizitza-ziklo osoan zehar, urteetan kalkulatu eta beste alternatibekin alderatuta.

Aurretik komentatu den bezala, parametro hau [5. 12] ekuazioren bidez kalkulatzen da.

Asetze maximoko balioa: Payback-a kalkulatzean lortu den urte kopuru minimoena.  $X_{\min} = 5$  urte.

Asetze minimoko balioa: Payback-a kalkulatzean lortu den urte kopuru maximoena.  $X_{\max} = 30$  urte.

Payback parametroa baloratzeko balio-funtzio beherakor bat proposatzen da izan ere, zenbat eta txikiagoa izan inbertsioa itzultzeko denbora orduan eta asetze handiagoa lortzen da. Kurbaduraren forma ahurra izatea proposatzen da, asetze balio maximitik urruntzea penalizatzen baita (Ikusi 5.8 . Grafikoa). Honela, aurrezte energetikoaren hobekuntza sustatzen da.



5.8. Grafikoa: Payback

Adierazlea hau kontuan hartuta definitu diren hiru parametro hauek zehazten da. Parametro bakoitzak pisua bat izango du adierazlearen barruan, parametro guztiek era berdinean ez baitute adierazlea baldintzatzen. Parametro bakoitzak duen pisua zehazteko adituen talde bati kontsultatu zaio, aurreko adierazlean egin den bezala. Hortaz, kontsulta honen bidez zehaztu da alternatibak lortutako aurrezte energetikoak %41eko pisua duela adierazlearen barruan eta %32ko pisua payback parametroak. Bestalde, gelditzen den %27a inbertsioaren kostu totalaren parametroaren pisuari dagokio. Izan ere, birgaitze energetiko batean lortzen den eskariaren aurrezte energetikoa eta beraz, inbertsioaren itzulera garrantzitsuagoa da birgaitzea burutzeko behar den inbertsio totala baino.

Hau dela eta, adierazlea hurrengo eran definituko da:

$$V_{ind} = 0,27 * Y_{inbertsioa} + 0,41 * Y_{aurrezte\ energetikoa} + 0,32 * Y_{payback} \quad [5. 13]$$

Non:

- $Y_{\text{inbertsioa}}$  = Alternatiba bakoitzak duen asetze balioa, inbertsioaren kostua aintzat hartuta.
- $Y_{\text{aurrezte energetikoa}}$  = Alternatiba bakoitzak duen asetze balioa, birgaitzearen ondorioz lortzen den aurrezte energetikoa aintzat hartuta.
- $Y_{\text{payback}}$  = Alternatiba bakoitzak duen asetze balioa, inbertsioaren itzulera kontuan hartuta.

Adierazlearen balio 0 eta 1 artean egon beharko da.

Asetze maximoko balioa: [5. 13] ekuazioa erabiliz lortutako balio maximoak definituko du. Alternatibaren inbertsio kosturik merkeenak, alternatibarekin lortu den aurrezte energetiko maximoak eta payback balio txikienak definituko dute balio hau.

Asetze minimoko balioa: [5. 13] ekuazioa erabiliz lortutako balio minimoak definituko du. Alternatibaren inbertsio kosturik garestienak, alternatibarekin lortu den aurrezte energetiko minimoak eta payback balio handienak definituko dute balio hau.

### 5.5.2. Ingurumen errekerimenduaren adierazleak

Ingurumen errekerimendua kontuan hartuta alternatiba desberdinen jasangarritasuna konparatzeko hurrengo adierazleak zehaztu dira:

#### 5.5.2.1. Birziklagarritasuna

- Definizioa

Adierazle honek birgaitze sistemetan erabilitako materialen birziklagarritasuna neurtzen du. Horretarako, material birziklagarrien erabilera kontuan hartuko da, ingurumenean sortzen den inpaktua murrizteko asmoz izan ere, material hauek berrerabiliak edo birmoldatuak izan daitezke. Gainera, eduki birziklagarria duten, hau da, materiala fabrikatzean birziklatu den material bat erabiltzen duten materialen erabilera ere kontua hartuko da. Horrela, material berrien erauzketan ingurumenean sortzen den inpaktua murrizten da.

Kontsideratuko diren materialak, bai isolatzailea bai, estalduran erabilitako materialak izango dira.

- Balioztatzeko era

Alde batetik, konparatuko da material isolatzaile birziklagarria erabiltzen duen alternatiba, birziklagarria ez den isolatzailea erabiltzen duen beste alternatibarekin. Eta bestetik, alternatibak konparatuko dira kontuan izanda erabiltzen duten isolatzaileak eduki birziklagarria duen edo ez. Gerta daiteke material batek eduki birziklagarria izatea eta gainera birziklagarria ere izatea.

Planteatu den berdina estalduran erabiltzen diren materialekin egingo da izan ere, isolamenduan erabiltzen diren material isolatzaileak eta estalduran erabiltzen diren materialak ez dira berdinak.

Hortaz, adierazle hau ebaluatzerako orduan, kontuan hartuko da material isolatzaileen eta estaldurarako erabiltzen diren materialen birziklatzea eta materialen edukiera edo jatorria.

Merkatuan ezaugarri termiko eta akustiko desberdinak dituzten material isolatzaile desberdinak existitzen dira. Baina material hauek ingurumenean sortzen duten inpaktua zein den ebaluatzeko hauen birziklagarritasuna kontuan hartuko da. Horretarako, bi parametro aintzat hartuko dira. Parametro hauek ebaluatuko dute materiala birziklagarria den edo ez eta eduki birziklagarria duten edo ez.

**1) Isolatzaile birziklagarria:** parametro hau ebaluatzeko erabiliko den isolatzailearen birziklatzearen inguruko informazioa behar da.

Asetze maximoko balioa: Isolatzaile birziklagarria erabiltzen duen alternatiba.

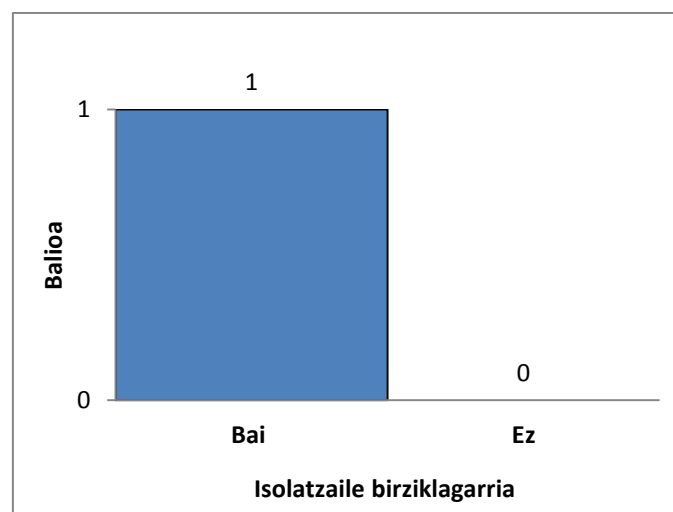
Asetze minimoko balioa: Isolatzaile ez birziklagarria erabiltzen duen alternatiba.

Parametro honen balio-funtzioa, hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, ikusi 5.6. Taula

Isolatzaile birziklagarria		
X	Ez	Bai
Y	0	1

5.6. Taula: Isolatzaile birziklagarria

Proposatzen den balio-funtzioaren forma eskaloit funtzioa izango da, asetze balioa 1 edo 0 izan daitekeelako bakarrik eta 5.9. Grafikoaren bidez adierazten da.



5.9. Grafikoa: Isolatzaile birziklagarria

**2) Birziklatutako edukia duen isolatzailea:** birziklatutako edukia duen isolatzailearen erabilera ebaluatuko da. Konparatuko da birziklatutako edukia duen isolatzailea erabiltzen duen alternatibak erabiltzen ez duenarekin.

Asetze maximoko balioa: birziklatutako edukia duen isolatzailea erabiltzen duen alternatibaren bidez definituko da balio hau.

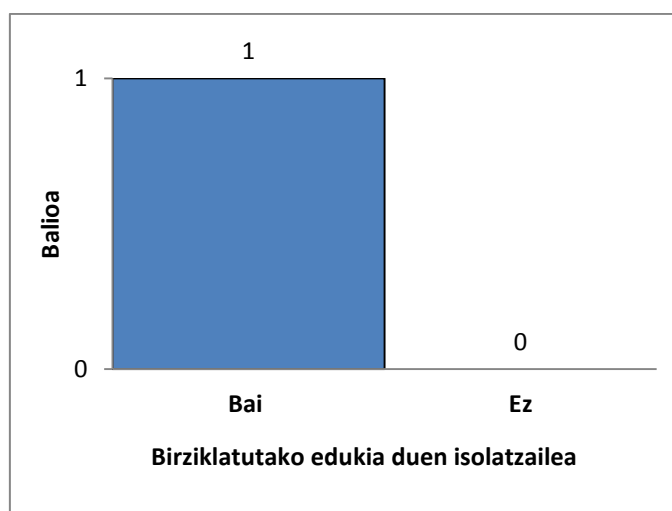
Asetze minimoko balioa: birziklatutako edukia ez duen isolatzailea erabiltzen duen alternatibaren bidez definituko da balio hau.

Parametro honen balio-funtzioa, hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, ikusi 5.7. Taula.

Birziklatutako edukia duen isolatzailea		
X	Ez	Bai
Y	0	1

5.7. Taula: Birziklatutako edukia duen isolatzailea

Proposatzen den funtzioaren forma eskaloi funtzioa izango da, aurreko parametroan bezala eta hurrengo 5.10. Grafikoaren bidez adierazten da.



5.10. Grafikoa: Birziklatutako edukia duen isolatzailea

Kontuan hartuta isolatzaileez gain estaldurarako beste material batzuk erabiltzen direla alternatibetan jarraian, isolatzaileekin planteatu den gauza bera planteatuko da baino kasu honetan estaldurarako materialentzat. Hortaz, aurretik ezarritako bi parametroak erabiliko dira estaldurarako erabiltzen den materialaren birziklagarritasuna neurtzeko. Izan ere, isolatzaileekin gertatzen den bezala birziklagarriak eta birziklatutako edukia duten materialak existitzen dira.

**3) Isolatzailea ez den material birziklagarria:** Materiala birziklagarria den edo ez ebaluatzeko material isolatzaileekin erabili den planteamendu berdina erabiliko da.

Parametro hau baloratzeko, estaldurarako erabiltzen den material birziklagarria erabiltzen duen alternatiba konparatuko da, birziklagarria ez den materiala erabiltzen duen beste batekin.

Asetze maximoko balioa: estaldurarako erabiltzen den material birziklagarria erabiltzen duen alternatiba.

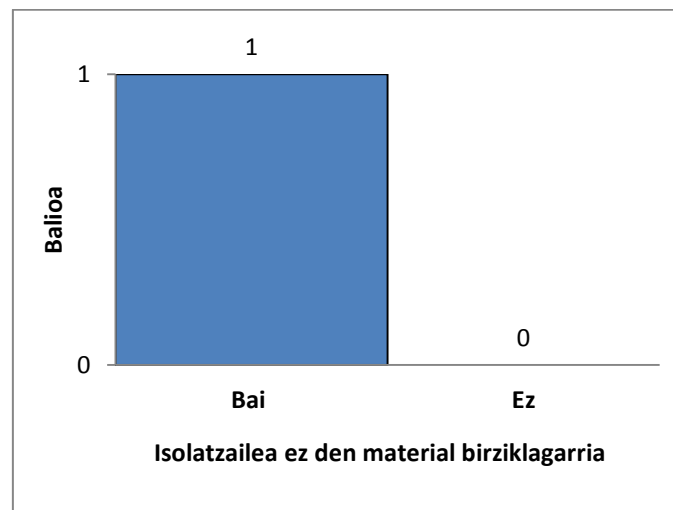
Asetze minimoko balioa: estaldurarako erabiltzen den material ez birziklagarria erabiltzen duen alternatiba

Parametro honen balio-funtzio hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, ikusi 5.8. Taula.

Isolatzailerik ez den material birziklagarria		
X	Ez	Bai
Y	0	1

5.8. Taula: Isolatzailerik ez den material birziklagarria

Balio-funtzioaren forma eskaloitako funtzio izango da ere, hurrengo 5.11. Grafikoa adierazten den bezala.



5.11. Grafikoa: Isolatzailerik ez den material birziklagarria

**4) Birziklatutako edukia duen isolatzailerik ez den materiala:** birziklatutako edukia duen material ez isolatzailerik ez den materialaren erabilera neurtuko da. Konparatuko da birziklatutako edukia duen material ez isolatzailerik ez den materiala erabiltzen duen alternatiba, birziklatutako edukia ez duen material ez isolatzailerik ez den materiala erabiltzen duen alternatibarekin.

Asetze maximoko balioa: birziklatutako edukia duen material ez isolatzailerik ez den materialaren bidez definituko da balio hau.

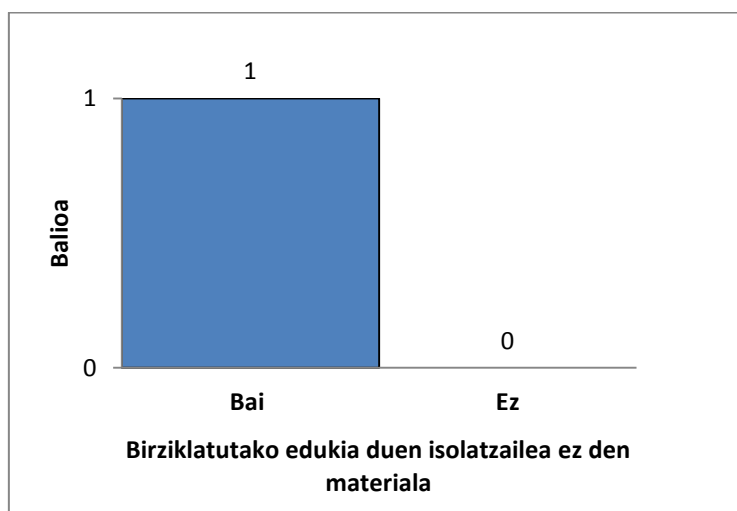
Asetze minimoko balioa: birziklatutako edukia ez duen material ez isolatzailerik ez den materialaren bidez definituko da balio hau.

Aurreko kasuetan bezala, parametro honen balio-funtzioa, hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, ikusi 5.9. Taula.

Birziklatutako edukia duen isolatzailea ez den materiala		
X	Ez	Bai
Y	0	1

5.9. Taula: Birziklatutako edukia duen isolatzailea ez den material

Funtzioaren forma ere eskaloi funtzioa izango da eta hurrengo 5.12. Grafikoaren bidez adierazita dago.



5.12. Grafikoa: Birziklatutako edukia duen isolatzailea ez den materiala

Isolatzailea ez den materialen kasuan, existitzen diren esku-hartze desberdinak kontuan hartu beharko dira, hauetan erabiltzen den estaldura edo akabera desberdina baita.

Aire-ganbera injektatzean edo insuflatzean ez da inolako materialerik erabiltzen estaldurarako bai esku-hartzea barnetik denean bai kanpotik denean. Hortaz, kasu honetan, definitu diren azken bi parametro hauen asetze balioa maximoa izango da, hau da, 1-eko balioa.

Barnetik egindako isolamendu sistemetan estaldurarako erabiltzen den materiala igeltsua da, 4. Kapitulan ikusi den bezala. Igeltsuzko plaka hauek igeltsuz osatuta daude eta hau mineral naturala eta igeltsu birziklatua nahastuz lortzen da. Halaber, material hau ez da birziklagarria, material honen birziklatzea European nahiko berria baita.

Esku-hartzea kanpotik egiten den sistemetan, orokorrean, bi material mota erabiltzen dira estaldurarako bata morteroa eta bestea plakazko estaldura. Hortaz, material hauek birziklagarriak diren edo birziklatutako edukia duten ebaluatu beharko da.

Kasu honetan, definitutako lau parametroak kontuan hartuta zehaztuko da adierazlea. Aurreko adierazleetan bezala, oraingoan ere adituen talde bat erabiliko da parametro bakoitzak adierazlearen barruan duen pisua zehazteko. Adituen arabera, birziklagarria parametroak eta birziklatutako edukia parametroak %43ko eta %57ko pisua dute, hurrenez hurren. Hortaz, bi

parametro hauek ez dute era berean baldintzatzen adierazlea. Dauden alternatiba guztiak aintzat hartuz, esan daiteke, erabiltzen den isolatzailearen lodiera minimoa 40 mm-koa dela, gutxi gorabehera, eta akaberarako erabiltzen den materialaren lodiera maximoa 15 mm-koa da, gutxi gorabehera. Hortaz, birgaitze sistemetan erabiltzen den isolatzailearen bolumena edo kantitatea handiagoa da, estaldurarako erabiltzen den materialarena baino. Horregatik, isolatzailearen materialek eta estaldurarako erabiltzen diren materialek ez dute era berdinean baldintzatuko adierazlea. Isolatzaileak, gehitzen den material kantitate handiena izanik, duen pisua edo garrantzia adierazlearen barruan handiagoa izango da, estaldurarako erabiltzen den materialak duena baino. Bi material hauek duten pisua zehazteko adituei kontsultatu zaie.

Ondorioz, adierazlea hurrengo ekuazioaren bidez definituko da:

$$V_{ind} = 0,58 * (0,43 * Y_{isol\ birz} + 0,57 * Y_{isol\ eduk}) + 0,42 * (0,43 * Y_{ez\ isol\ birz} + 0,57 * Y_{ez\ isol\ eduk}) \quad [5. 14]$$

Non:

- $Y_{isol\ birz}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balio kontuan hartuta material isolatzailea birziklagarria den edo ez.
- $Y_{isol\ eduk}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balio kontuan hartuta material isolatzailea birziklatutako edukia duen edo ez.
- $Y_{ez\ isol\ birz}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balio kontuan hartuta material ez isolatzailea birziklagarria den edo ez.
- $Y_{ez\ isol\ eduk}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balio kontuan hartuta material ez isolatzailea birziklatutako edukia duen edo ez.

Adierazlearen balio 0 eta 1 artean egon behar du.

Asetze maximoko balioa: [5. 14] ekuazioa erabiliz lortutako balio maximoak definituko du.

Asetze minimoko balioa: [5. 14] ekuazioa erabiliz lortutako balio minimoak definituko du.

### 5.5.2.2. Sortutako hondakinak

- Definizioa

Hondakinak eraikinaren bizitza-ziklo osoan zehar sortu daitezke, hau da, egikaritze prozesuan zehar, erabileran edo eraispenean zehar sortu daitezke hondakinak. Kasu honetan, birgaitzearen egikaritze prozesuan sortzen diren hondakinak aztertuko dira. Horrela, egikaritze prozesuan sortutako hondakinak ingurumenean inpaktu gutxien eragiten duen alternatiba ebaluatu daiteke, beste alternatiba batekin alderatuta.

Egikaritze prozesuan zehar sortzen diren hondakinek ingurumenean sortzen duten inpaktua murrizteko hauen kudeaketa egoki bat egin behar da. Horretarako, birgaitze prozesuan sortzen diren hondakinen bolumena kontuan hartuko da izan ere, zen bat eta bolumen edo kantitate handiagoa sortu, orduan eta konplikatuagoa izango da huen kudeaketa.

- Balioztatzeko era

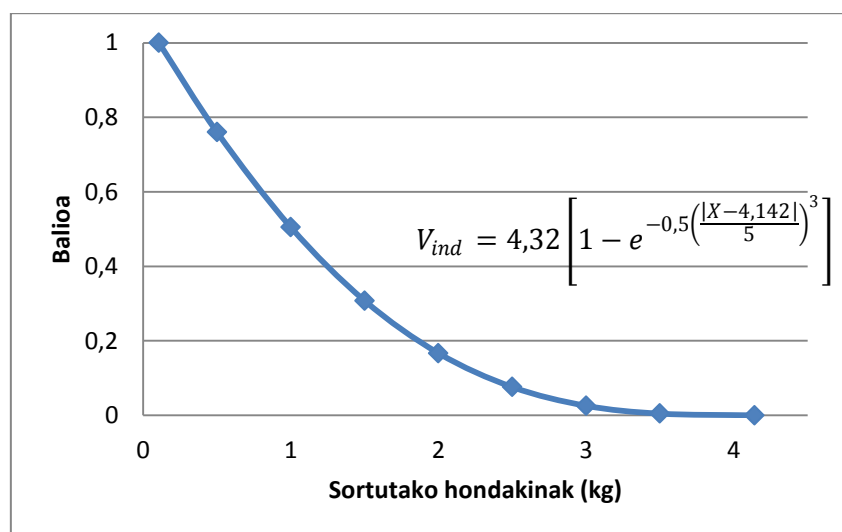
Alternatiba batek beste batekin alderatuta sortzen dituen hondakinak baloratzeko, aurretik komentatu den prezio sorgailua erabiliko da. Programa honen bidez, alternatibaren egikaritzean zehar sortzen den hondakin bolumena edo kantitatea zehaztu daiteke.

Asetze maximoko balioa: Egikaritzean zehar hondakin bolumen txikiena sortzen duen alternatibaren bidez definitzen da.  $X_{\min} = 0,106$  kg.

Asetze minimoko balioa: Egikaritzean zehar hondakin bolumen handiena sortzen duen alternatibaren bidez definitzen da.  $X_{\max} = 4,142$  kg.

- Balio-funtzioa

Adierazle honentzat proposatzen den balio-funtzioa funtzio beherakor bat da izan ere, zenbat eta sortzen den hondakin bolumena handiagoa izan, orduan eta txikiagoa izango da asetzaren balio. Balio-funtzio honen forma ahurra izango da zeren, balioa asetzeko balio maximoetik urruntzen doan heinean balioaren maila nabarmenki txikitzen baita (Ikusi 5.13. Grafikoa). Horrela, hondakin gutxi sortzen duten materialen erabilera sustatzen da.



5.13. Grafikoa: sortutako hondakinak

### 5.5.2.3. Ingurumen-inpaktua

- Definizioa

Eraikinek, era batean edo bestean, inpaktu bat sortzen dute ingurumenean. Inpaktu hau sortzen da erabiliko diren materialen lehengaiak eraztean, materialak fabrikatzean, erabileran eta eraispenean, hau da, eraikinetan, era batean edo bestea, bere bizitza-ziklo osoan zehar ingurumenean kalteak sortzen dituelako. Hau batez ere, bizitza-ziklo osoan zehar kontsumitzen den energiaren eta isurtzen diren CO<sub>2</sub> emisioen ondorioz gertatzen da. Kontsumitzen den energiaren eta isurtzen diren CO<sub>2</sub> emisioen %90a materialaren erazte eta fabrikazio fasean





da. Izan ere, gaur egun produktuen ingurumen-aitorpenak (declaraciones ambientales de los productos, DAP<sup>12</sup>) hautakoak dira. Gainera, existitzen diren produktuen ingurumen-aitorpenek ez dute modelo bakar bat jarraitzen, herrialdearen arabera inpaktu batzuk edo beste batzuk aintzat hartzen baitira eta ez baitira era berdinean kalkulatu. Hau dela eta, orokorrean informazioa hori eskuratzeko estatu mailan dauden datu-baseak erabiltzen dira.

- Balioztatzeko era

Adierazle hau ebaluatzeko ITeC-k (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña) garatutako BEDEC<sup>13</sup> datu-bankua (Banco Estructurado De Datos de Elementos Constructivos) erabiliko da. Datu-banku honetan material kantitatearen arabera eta unitate neurrian kalkulatuak CO<sub>2</sub> emisioak eta kostu energetikoak eskuragarri daude.

Hortaz, adierazle hau kalkulatzeko bi parametro kontuan hartuko dira:

**1) Gehitutako energia:** BEDEC datu-bankua erabiliz alternatiba bakoitzak erabili duen isolatzailearen kostu energetikoa kalkulatu da. Kostu energetikoa kontuan hartzen da: erauzketa prozesua, jatorritik fabrikarainoko garraioa eta materialaren fabrikazio prozesua.

Asetze maximoko balioa: Materialaren erauzketa prozesuan, jatorritik fabrikarainoko garraioan eta fabrikazio prozesuan gehitu behar den energia kantitate, MJ-tan neurtuta, txikienarekin zehazten da balio hau.  $X_{\min} = 21,67$  MJ.

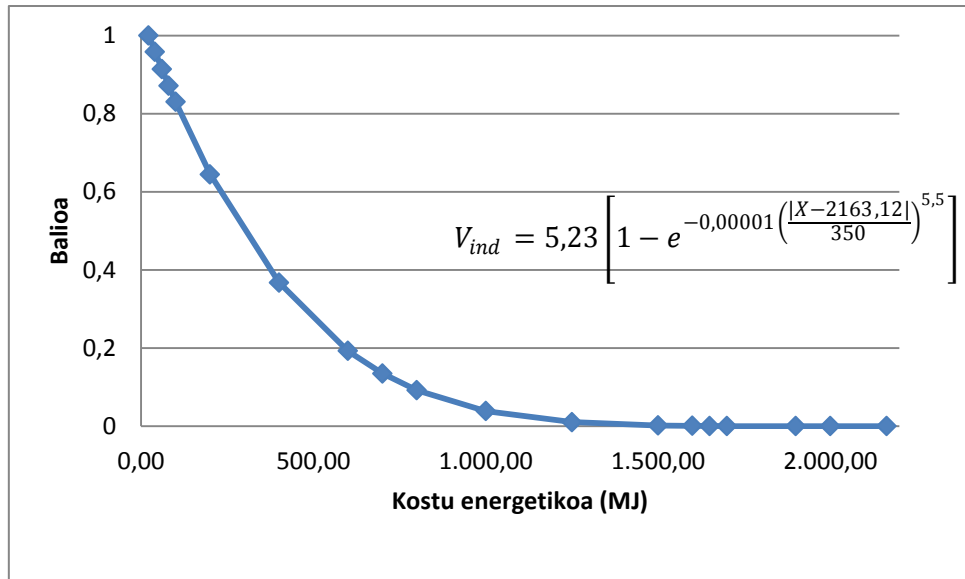
Asetze minimoko balioa: Materialaren erauzketa prozesuan, jatorritik fabrikarainoko garraioan eta fabrikazio prozesuan gehitu behar den energia kantitate, MJ-tan neurtuta, handienarekin zehazten da balio hau.  $X_{\max} = 2163,12$  MJ.

Parametro honen balio-funtzioa beherakorra izango da izan ere, zenbat eta energi gutxiago gehitu materiala produzitzeko, orduan eta asetze handiagoa lortzen da. Kurbaduraren forma funtzioa ahurra izango da, balioaren maila nabarmenki txikitzen baita asetze maximoko baliotik urruntzen den heinean. (Ikusi 5.14. Grafikoa). Honela, isolatzaileen fabrikazioan energi gutxi behar duten material isolatzaileen erabilera sustatzen da.

---

<sup>12</sup> Produktu baten Ingurumen-Aitorpena (Environmental Product Declaration, EPD) dokumentu bat da non, ISO arauetan oinarrituta dagoen. Bere helburua produktu batek bizitza-ziklo osoan zehar sortzen duen ingurumen-inpaktuaren informazio kuantifikatzailea eskaitzea da.

<sup>13</sup> BEDEC bankua Espainia osoan zehar aplikatzen den banku parametrikoa da. Eraikuntzako elementuen ingurumen-datuak (obren eta enbalajearen hondakinak, kostu energetikoa, CO<sub>2</sub> emisioak, lehengaiaren %, birziklatutako materialaren % eta kostu totala ) ditu.



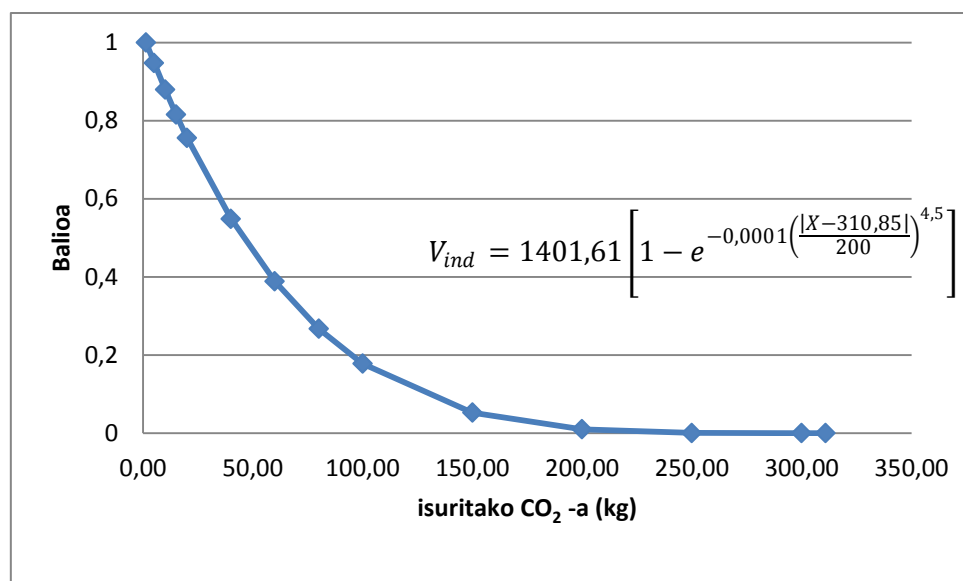
5.14. Grafikoa: Gehitutako energia

2) **CO<sub>2</sub> emisioak:** Alternatiba bakoitzak erabilitako isolatzaileak isuritako CO<sub>2</sub> emisioak kalkulatzeko BEDEC banku-basea erabiliko da.

Asetze maximoko balioa: Isolatzaile batek isurtzen dituen CO<sub>2</sub> emisio kantitate, Kg-tan neurtuta, txikiaren bidez zehazten da.  $X_{min} = 1,32$  Kg.

Asetze minimoko balioa: Isolatzaile batek isurtzen dituen CO<sub>2</sub> emisio kantitate, Kg-tan neurtuta, handieraren bidez zehazten da.  $X_{max} = 310,85$  Kg.

Parametro honentzat proposatzen den funtzioa funtzio beherakor bat da, zenbat eta CO<sub>2</sub> emisio gehiago isuri material isolatzaileak, orduan eta txikiagoa izango baita asetze balioa. Funtzioaren forma funtzio ahurra izango da izan ere, asetze maximoko baliotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmenki txikitzen da (Ikusi 5.15. Grafikoa). Era honetan, CO<sub>2</sub> gutxi isurtzen duten isolatzaileen erabilera sustatzen da, aurreko parametroan bezala.

5.15. Grafikoa: Material isolatzailearen CO<sub>2</sub> emisioak

Bi parametro hauek aintzat hartuta, ingurumen-inpaktu adierazlea zehazten da. Aurreko kasuetan bezala, parametroek adierazlearen barruan duten pisua zein den jakiteko adituen taldeari galdetu zaio. Kontsultatutako adituen taldearen arabera, bi parametroek balio berdinarekin baldintzatzen dute adierazlea. Hortaz, alternatiba baten isolatzailearen fabrikazio prozesuan gehitzen den energiaren pisua %50a da, adierazlearen barruan eta isurtzen diren CO<sub>2</sub> emisioen pisua beste %50a izango, da adierazlearen barruan.

Adierazlea hurrengo eran definituta egongo da, kontuan hartuta ikusitako bi parametroak:

$$V_{ind} = 0,5 * Y_{gehitutako energia} + 0,5 * Y_{CO_2 emisioak} \quad [5. 15]$$

Non:

- $Y_{gehitutako energia}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balioa kontuan izanda, erabiltzen den isolatzailean gehitu den energia.
- $Y_{CO_2 emisioak}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balioa kontuan izanda, erabiltzen den isolatzaileak isurtzen dituen CO<sub>2</sub> emisioak.

Adierazlearen balioa 0 eta 1 artean egon beharko da.

Asetze maximoko balioa: [5. 15] ekuazioa erabiliz lortutako balio maximoak definituko du. Gehitutako energia gutxien eta isuritako CO<sub>2</sub> emisio kantitate gutxien duen material isolatzailearen bidez definitzen da.

Asetze minimoko balioa: [5. 15] ekuazioa erabiliz lortutako balio minimoak definituko du. Gehitutako energia gehien eta isuritako CO<sub>2</sub> emisio kantitate gehien duen material isolatzailearen bidez definitzen da.

#### 5.5.2.4. CO<sub>2</sub>-aren aurreztea

- Definizioa

Adierazle honen bidez ebaluatuko da jatorrizko eraikinarekin konparatuta, alternatiba batek lortzen duen CO<sub>2</sub> emisioen aurreztea, beste alternatiba batekin alderatuta.

Alternatiba bakoitzak eraikinaren fatxadan egiten dituen hobekuntza energetikoen bidez berogailuaren eta hozte-sistemetan kontsumoa murriztea lortzen da. Aurretik komentatu den bezala, bakarrik kontuan hartuko da berogailuaren kontsumoa izan ere, Euskadiko etxebizitzetan dauden hozte-sistemen kantitatea oso urria da. Berogailuan lortzen den murrizketa kuantifikatu daiteke kontuan hartuta lortzen den CO<sub>2</sub>-aren aurreztearekin. Berogailuaren kontsumoa murriztean, lehengaien kontsumoa ekiditen edo murrizten da eta era berean, CO<sub>2</sub>-aren emisioak murrizten dira (erregai-kontsumoaren eta/edo kontsumo elektrikoaren ondorioz isuritakoak, etxebizitzan erabiltzen den berogailu sistemaren arabera). Honela, ingurumenean sortzen den inpaktua murrizten da izan ere, negutegi efektuko gasen (ekosisteman eta gizakian kalteak sortzen dituzten gasak) isuriak murrizten dira.

Halaber, eraikinaren erabilera eta mantenu fasea CO<sub>2</sub> emisio kantitate handiena isurtzen diren fasea da, aurreko adierazlean komentatu den bezala. Hortaz, fase honetan isuri egiten diren emisioak murrizten badira, eraikinak ingurumenean sortzen duen inpaktua nabarmenki murriztuko da.

- Balioztatzeko era

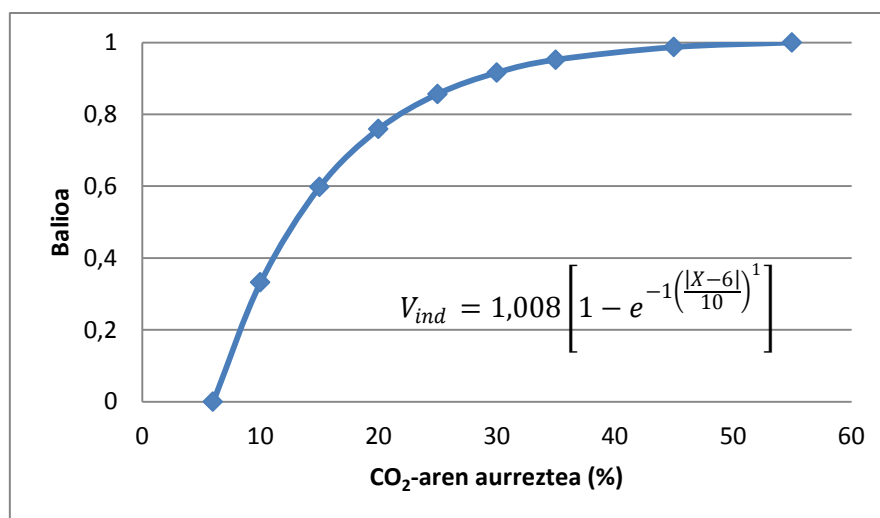
Berogailu kontsumoaren aurreztearen ondorioz, CO<sub>2</sub>-aren aurreztea kalkulatzeko eraikinaren ziurtagiri energetikoa kalkulatzeko erabiltzen den programa informatikoa erabiliko da, CEX v2.3. Programa honek jatorrizko eraikinarekin (birgaitu gabeko eraikina) konparatuta alternatiba bakoitzak lortzen duen CO<sub>2</sub>-aren aurreztea kalkulatu du, ehunekotan adierazita.

Asetze maximoko balioa: Jatorrizko eraikinarekin alderatuta lortzen den CO<sub>2</sub>-aren aurrezte kantitate handienak zehaztuko du balio hau.  $X_{\max} = \%55$ .

Asetze minimoko balioa: Jatorrizko eraikinarekin alderatuta lortzen den CO<sub>2</sub>-aren aurrezte kantitate txikienak zehaztuko du balio hau.  $X_{\min} = \%6$ .

- Balio-funtzioa

Adierazle honentzako proposatzen den funtzioa, funtzio goranzkoa izango da izan ere, zenbat eta CO<sub>2</sub>-aren aurrezte handiagoa, orduan eta txikiagoak izango dira isuritako CO<sub>2</sub> emisioak eta beraz, asetzea handiagoa izango da. Bestetik, proposatzen den kurbaduraren forma, funtzio ganbila izango da, asetze minimoko baliotik urruntzen den heinean balioaren maila nabarmenki handitzen baita (Ikusi 5.16. Grafikoa). Honela, etxebizitzetan CO<sub>2</sub>-aren aurreztea sustatzen da. CO<sub>2</sub> emisioetan aurrezten den heinean balioa positiboki hazten da.

5.16. Grafikoa: CO<sub>2</sub>-aren aurreztea

### 5.5.3. Errekerimendu funtzionalaren adierazleak

Errekerimendu funtzionala kontuan hartuta, alternatiba desberdinen jasagarritasuna konparatzeko hurrengo adierazleak ezarri dira:

#### 5.5.3.1. Egikaritzearen konplexutasuna

- Definizioa

Alternatiba baten eraikuntzako konponbideak, beste alternatibak duenarekin alderatua, egikaritzerako orduan sor daitezkeen arriskuak eta egikaritzeak duen konplexutasuna neurtuko da adierazle honen bidez. Honela, alternatibaren edo birgaitze sistemaren egingarritasuna neurtuko da.

- Balioztatzeko era

Eraikuntzako konponbideen egikaritzeak duen konplexutasuna neurtzeko, alternatiba bakoitzean egikaritzeko orduan beharrezkoa den lan-eskua kontuan hartuko da. Egikaritze konplexua duen alternatiba bat burutzeko lan-esku gehiago, langile kualifikatuak, obran kontrol handiagoa, etab beharko da. Honek alternatibaren kostuan eragina dauka, egikaritze denbora handitzen delako eta beraz, alternatiba ez egingarri bihur daiteke.

Balorazioa hurrengo aukerak kontuan hartuta egingo da horretarako, alternatiba bakoitzaren egikaritze prozesuak aintzat hartuko dira, 4. Kapituluian ikusitakoak hain zuzen era:

- **Konplexutasun sinplea:** Alternatiba instalatzeko behar diren langileek ez dute esperientziarik behar, instalazio sinple bat baita. Hau trasdosatu zuzeneko barrutik egindako isolamendu termikoko sistemetan ematen da eta hauetan ez dago grabitateko istripuen arriskurik.

- **Konplexutasun normala:** Zenbait esperientzia duten langileen beharra. Kasu hau trasdosatu autosostengagarriko barrutik egindako isolamendu termikoko sistemetan ematen da eta hauetan ez dago grabitateko istripuen arriskurik.

- **Konplexutasun ertaina:** lan-esku trebea eta adituaren beharra. Kasu hau SATE sistemetan ematen da, esku-hartzea kanpotik egiten denez grabitateko istripuak agertzeko arriskua handitzen baita.

- **konplexua:** Arriskuen, hezetasun erregimenen teoriaren eta eroankortasun termikoaren inguruan aditua den lan-eskua behar da. Kasu hau fatxada aireztatuko sistemetan ematen da Izan ere, esku-hartzea kanpotik denez grabitateko istripuak agertzeko arriskua handitzen da eta isolatzailearen eta estalduraren instalazioa SATE sistemetan baino konplexuago da. Halaber, talde honen barruan etxebizitzetako barnetik egindako injekzio edo insuflazio sistemak daude, hezetasun erregimen inguruan eta eroankortasun termikoaren inguruan behar diren ezagutzengatik.

- **Oso konplexua:** Esku-hartze zaila, etorkizunean kaltetzeko arrisku altua delarik. Kasu hau fatxadaren kanpotik egindako injekzio edo insuflazio sistemetan ematen da, istripuak agertzeko arriskua baitago kanpotik eta altueran lan egiten delako.

Asetze maximoko balioa: Instalatzen errazena den alternatibak definitzen du.

Asetze minimoko balioa: Instalatzen konplexuena den alternatibak definitzen du.

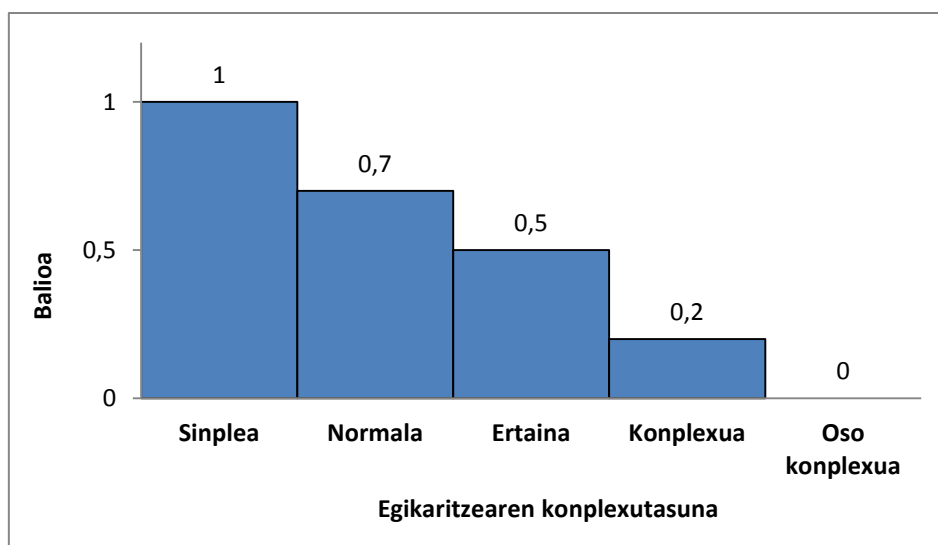
- Balio-funtzioa

Funtzio tabulatu bat proposatzen da, goian aipatutako aukerak bakarrik existitzen direlako eta balio-funtzioa antzekoa baita aukera guztientzat. (Ikusi 5.10.Taula).

Egikaritzearen konplexutasuna					
x	Sinplea	Normala	Ertaina	Konplexua	Oso konplexua
y	1	0,7	0,5	0,2	0

5.10. Taula: Egikaritzearen konplexutasuna

Funtzio beherakor bat proposatzen da izan ere, zenbat eta alternatibaren instalazioa konplexuagoa izan, orduan eta asetze balioa txikiago izango da. Funtzioa, hurrengo 5.17. Grafikoaren bidez adierazten da.



5.17. Grafikoa: Egikaritzearen konplexutasuna

Hortaz, ebaluatzeko era kualitatiboa izango da izan ere, balio-funtzioa zehazteko momentu konkretu batean duen joera egoera kontuan hartzen da. Funtzioa prozesuan parte hartzen duten pertsonen pertzepzioen, usteen edo juizioen bidez eraikitzen da. Hauek baloratuko dute alternatiba bakoitzak duten egikaritzearen konplexutasuna kasu bakoitzean behar den lan-eskuaren arabera. Hau 5.10. Taulan adierazi da.

Mota honetako adierazleei kualitatiboa deitzen zaio, aldagai baten joera egoerari buruzko informazioa ematen baitu momentu konkretu batean. Funtzio hau prozesu konkretu baten esku-hartzean parte hartzen duten pertsonen pertzepzioekin, usteekin edo juizioekin eraikitzen da (118).

### 5.5.3.2. Suaren aurkako erreakzioa

- Definizioa

Alternatiba batek daukan suaren aurkako erreakzio neurtuko da, beste alternatiba batek duenarekin alderatuta.

Eraikinaren barruan dauden pertsonentzat beharrezkoa den segurtasuna lortzeko hauek, planifikatu eta eraiki behar dira kontuan hartuta suaren aurkako segurtasuna.

Eraikin baten fatxada birgaitzerako orduan, eraikinaren suaren aurkako segurtasuna aldatu daiteke, produktu berriak instalatzen baitira fatxadan. Hortaz, suaren aurkako segurtasuna ebaluatu behar da. Fatxadan instalatuko diren material berriek EKT-aren Sutetik Babesteko Segurtasun Oinarrizko Dokumentuetan (OD-SS) exijitzen dena bete behar dute (123). Dokumentu horretako 2. Eranskinean (suaren kanpoko hedapena) fatxadan instalatzen diren materialek bete behar dituzten exijentzia minimoak ezartzen dira. Fatxadaren kanpoko estalduraren edo aireztatutako aire-ganbereren barneko gainazalaren %10 baino gehiago betetzen duten materialek eranskin horretan ezartzen dena bete behar dute. Materialaren



Euroklasea<sup>14</sup> kontuan hartuta zehazten da materialak bete behar dituen exigentzia minimoak. (Ikusi hurrengo 5.11 . Taula)

Birgaitze mota		Isolatzailerearen betebeharrak minimoak, EKT-OD-SS-ren arabera
<b>Esku-hartzea kanpotik</b>	<b>18 m baino altuera txikiko fatxada aireztatua</b> abioarekin edo estalki eskuragarriarekin, fatxadaren hasierako 3,5 mm-entzat exijitzen dena.	<b>B-s3,d2</b>
	<b>18 m baino altuera handiko fatxada aireztatua</b> , exigentzia fatxada guztiarentzat da.	<b>B-s3,d2</b>
	<b>18 m baino altuera handiko fatxada aireztatua</b> , E30 suhesiekin 10 m-ko altuerarekiko edo hiru solairurekiko, exigentzia fatxada guztiarentzat da.	<b>C-s3,d2</b>
	<b>SATE fatxada.</b>	<b>B-s3,d2</b>
<b>Esku-hartzea barrutik</b>	Igeltsu ijaztatu plakez osatutako <b>barruko trasdosatu</b> bidezko fatxada.	<b>Exijentziarik gabe</b>
<b>Esku-hartzea aire-ganberatik</b>	Aire-ganberan <b>insuflatutako edo injektatutako</b> fatxada.	<b>Exijentziarik gabe</b>

5.11. Taula: Isolatzailereak bete beharreko exigentziak, erabilitako birgaitze sistema eta OD-SS arauaren arabera. Iturria: Propioa, Andimat-ek (asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes) fatxaden inguruan eta isolatzailereen suaren erreakzioaren inguruan garatutako txostena erabiliz. 2016

Material isolatzailereak suaren aurkako duten portaeraren arabera Euroklaseetan sailkatu daitezke baino, portaera hau ez da bakarra izan ere, lodieraren, dentsitatearen, akabera motaren, itsasgarrien presentzia, azken erabilera-baldintza, eta abarren menpe egongo da. Azken erabilera-baldintza kontuan hartu beharreko faktore garrantzitsu bat da, kontuan hartzen direlako instalatzeko era, muntaia, juntak, etab. Hau dela eta, UNE-EN 15715 (124) arauaren bidez material isolatzailereen portaera entseatzeko da azken erabilera-baldintza desberdinak simulatzen dira. Honela, materialek suaren aurkako duten portaeraren inguruko informazioa handitzen da.

Hurrengo 5.12. Taulan birgaitze sistemetan erabilitako materialen portaera ikus daiteke, kontuan hartuta komentatutako haien azken erabilera-baldintza.

<sup>14</sup> Euroklasea eraikuntzako produktuak eta elementuak suaren aurkako duten portararen arabera sailkatzeko era bat da. Horretarako, UNE-EN 13501-1 (110) arauaren arabera egindako saiakuntzetan lortutako datuak erabiltzen dira. Euroklasearekin materialak letrekin sailkatzen dira suan duten ekarpenaren arabera, A1, A2, B, C, D, E, F letren bidez. A1 letra erregaitza eta suan ekarpenik ez duen material bati dagokio. E letra aldiz, erregaia eta suan erakarpen altua duen material bati dagokio eta F letra sailkatu gabeko eta portaera zehaztu gabeko material bati dagokio. Halaber, Euroklaseak ere zehazten du kearen opakutasuna S1, S2, S3 adierazle bidez, S1 ke kantitate gutxi sortzen duen material bat izanik eta S3 kantitate handia sortzen duen materiala. Gainera, tanten/partikulen erortzea ezartzen da d0, d1, d2 adierazle bidez, d0 tantarik/partikularik sortzen ez denean izanik, d1 tanta/partikula ez sukoiaren erorketa ematen denean eta d2 tanta/partikula sukoiaren erorketa ematen denean.

Material isolatzaileak	Euroklasea
Buztin hedatua	A1
Zuntz minerala estaldurarik gabe	A1, A2-s1d0
Zuntz minerala estaldurarekin	A1, A2-s1d0, B-s1d0, E, F
Zuntz mineraleko sandwich metalikoko panela	A2-s1d0
Poliestireno estructuretua (XPS) estaldurarik gabe	E, F
Poliestireno estructuretua (XPS) zarpiatuarekin	B-s1d0, E
Poliestireno estructuretua (XPS) igeltsu ijeztatu plakarekin	B-s1d0, E
Poliestireno hedatua (EPS) estaldurarik gabe	E, F
Poliestireno hedatua (EPS) igeltsu ijeztatu plakarekin	B-s1d0, E
Poliestireno hedatua (EPS) zarpiatuarekin	B-s1d0, E
Poliestireno proiektatua (PUR) estaldurarik gabe	C-s3d0, D-s3d0, E
Poliuretano konformatuko xaflak (PUR) estaldurarekin	B-s1d0, C-s2d0, D-s2d0, E, F
Poliuretano sandwicheko metalikoko panela (PUR)	B-s2d0, D-s3d0
Apar elastomerikoko xaflak estaldurarik gabe	B-s2d0, C-s3d0, D-s3d0, F
Egurrezko zuntz xaflak	A-s1d0, B-s1d0

#### 5.12. Taula: Material isolatzaileen Euroklasea

Iturria: Propioa Andimat-ek (asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes) fatxadaren inguruan eta isolatzaileen suaren erreakzioaren inguruan garatutako txostena erabiliz. 2016

Hortaz, material isolatzailearen Euroklasea eta erabilitako birgaitze mota kontuan hartu beharko da. Erabilitako birgaitze sistemetan kontuan hartu beharko da isolatzailearen kokalekua, hau da, fatxadaren kanpotik instalatzen bada edo barnetik edo aire-ganberaren barruan. Halaber, birgaitze sistema bakoitzean erabilitako estaldura kontuan hartu beharko da izan ere, komentatu den bezala, isolatzaileak duen suaren aurkako portaera aldatzen da erabilitako estalduraren arabera.

- Balioztatze era

Komentatutako guztia aintzat hartuta, adierazlea ebaluatuko da kontuan hartuta birgaitze sistema, erabilitako estaldura mota eta isolatzailearen Euroklasea.

**1) Isolatzaile mota:** Erabiltzen dituen isolatzaileak erregaiak edo erregaitzak izan daitezke. Material erregaitzek ez dute suan ekarpenik eta A1 eta A2 Euroklasearen bidez sailkatzen dira. Orokorrean, jatorri inorganikoa duten material isolatzaile guztiak erregaitzak dira, zuntz minerala bezala. Material erregaiak aldiz, B-tik E-ra doan Euroklasearen bidez sailkatzen dira suaren erakarpenaren arabera. Material hauek jatorri organikoa dute esaterako, poliestireno hedatua (EPS) edo egurrezko zuntza. Hortaz, isolatzaileek duten suaren aurkako erreakzioa ebaluatze hauen Euroklaseak erabiliko dira.

Parametro honen funtzioa eskaloi funtzio baten bidez definitzen da, hurrengo funtzio tabulatuaren arabera, 5.13. Taula:

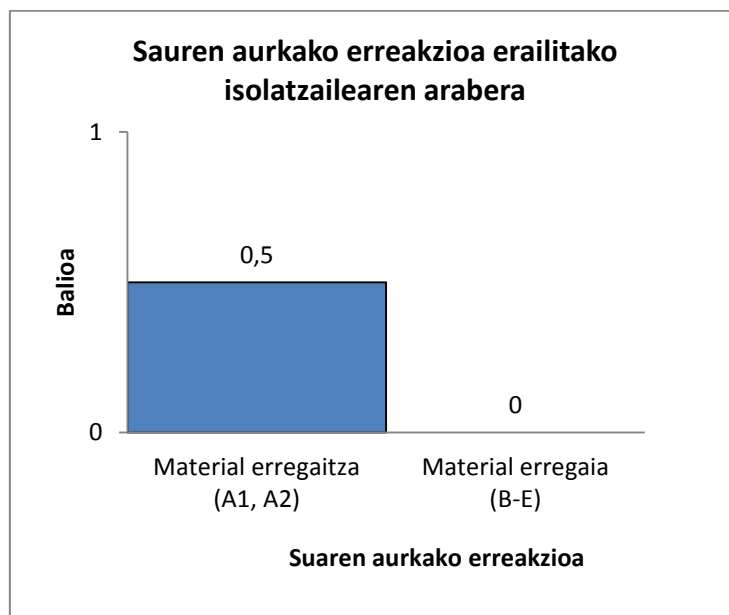
Suaren aurkako erreakzioa erabilitako materialaren arabera		
x	Material erregaitza (A1, A2)	Material erregaia (B-E)
y	0,5	0

5.13. Taula: Suaren aurkako erreakzioa erabilitako materialaren arabera

Asetze maximoko balioa: Erregaitza den isolatzaileak definitzen du, A1 edo A2 Euroklasea duen isolatzailea.

Asetze minimoko balioa: Erregaia den isolatzaileak definitzen du, B-tik E-ra Euroklasea duen isolatzailea.

Parametro honen eskaloi funtzioa hurrengo 5.18 . Grafikoaren bidez adierazten da.



5.18. Grafikoa: Suaren aurkako erreakzioa erabilitako isolatzailearen arabera

**2) Estaldurarako materiala:** Halaber, alternatiba batek, beste batekin alderatuta, duen suaren aurkako erreakzioan estaldurarako erabili den materialak eragina dauka, aipatu den bezala. Hortaz, estaldurarako erabili diren materialak erregaitzak edo erregaiak diren kontuan hartu beharko da. Adibidez, kanpoko esku-hartzetan erabiltzen diren plakazko estaldura gehienak eta barruko esku-hartzetan erabiltzen den igeltsu ijeztatu plakak erregaitzak dira. Aitzitik, egurrezko edo PVC-zkoak estaldurak erregaiak dira.

Parametro honen funtzioa aurrekoaren berdina izango da, eskaloi funtzio bat. Hurrengo 5.14. Taulan parametro honen balio-funtzioa erabilitako estaldura motaren arabera adierazten da.

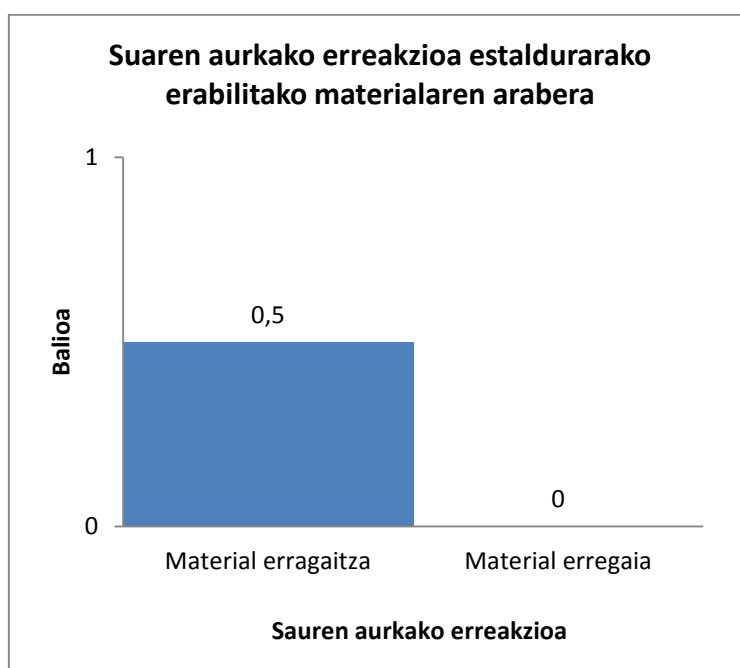
Suaren aurkako erreakzioa estaldurarako erabilitako materialaren arabera		
x	Material erregaitza	Material erregaia
y	0,5	0

5.14. Taula: Suaren aurkako erreakzioa estaldurarako erabilitako materialaren arabera

Asetze maximoko balioa: Erregaitza den estaldurarako erabilitako materialak definitzen du.

Asetze minimoko balioa: Erregaia den estaldurarako erabilitako materialak definitzen du.

Proposatutako eskaloi funtzioa, hurrengo 5.19. Grafikoan irudikatuta dago.



5.19. Grafikoa: Suaren aurkako erreakzioa estaldurarako erabilitako materialaren arabera

**3) Isolatzailearen kokapena:** Isolatzailearen kokapena kontuan hartu beharko da alternatiba batek, beste batekin alderatuta, duen suaren aurkako erreakzioa ebaluatzeko.

Isolatzailea fatxadaren aire-ganberan kokatuta badago ez da estaldurarako materialerik gehitu behar. Kasu honetan, balio-funtzioa ere eskaloi funtzio bat izango da eta hurrengo 5.15. Taularen bidez adierazten da.

Suaren aurkako erreakzioa isolatzailea aire-ganberaren barruan dagoenean				
x	Isolatzaile mota		Estaldura mota	
	Material erregaitza (A1, A2)	Material erregaia (B-E)	Material erregaitza	Material erregaia
y	1	0	Ez dago estaldurarik	

5.15. Taula: Suaren aurkako erreakzioa isolatzailea aire-ganberaren barruan dagoenean

Asetze maximoko balioa: Erregaitza den isolatzaileak definitzen du, A1 edo A2 Euroklasea duen isolatzailea.

Asetze minimoko balioa: Erregaia den isolatzaileak definitzen du, B-tik E-ra Euroklasea duen isolatzailea.

SATE sistemetan edo fatxadaren barnetik instalatzen denean isolatzailea, hau erabiltzen den estaldurarekin babestuta dago. Kasu honetan, isolatzailearen suaren aurkako erreakzioa erabilitako estalduraren menpe dago hortaz, suaren aurkako erreakzioa erabilitako estaldurarako materialak zehaztuko du. Bi isolamendurako sistema hauetan edozein isolatzaile erabilgarria da suaren aurka. Kasu honetan ere, funtzioa eskaloi funtzio bat izango da eta hurrengo 5.16. Taulan definitzen da.

Suaren aurkako erreakzioa SATE eta barnetik egindako isolamendu sistemetan				
x	Isolatzaile mota		Estaldura mota	
	Material erregaitza (A1, A2)	Material erregaia (B-E)	Material erregaitza	Material erregaia
y	0,5		0,5	0

5.16. Taula: Suaren aurkako erreakzioa SATE eta barnetik egindako isolamendu sistemetan

Asetze maximoko balioa: Erregaitza den estalduran erabilitako materialak definitzen du.

Asetze minimoko balioa: Erregaia den estalduran erabilitako materialak definitzen du

Azkenik, gogoratu behar da fatxada aireztatuetan isolatzailearen eta estalduraren artean aire-ganbera bat existitzen dela hortaz, kasu hauetan isolatzailea ez dago estaldurarekin babestua. Ondorioz, isolamendu sistema hauetan isolatzailearen Euroklasea eta erabilitako estaldura mota kontuan hartu beharko da, suaren aurkako erreakzioa zehazteko. Kasu honetan funtzio ere eskaloi funtzio bat izango da, aurreko kasuetan bezala eta hurrengo 5.17. Taularen bidez adieraziko da.

Suaren aurkako erreakzioa fatxada aireztatuen kasuan				
x	Isolatzaille mota		Estaldura mota	
	Material erregaitza (A1, A2)	Material erregaia (B-E)	Material erregaitza	Material erregaia
y	0,5	0	0,5	0

5.17. Taula: Suaren aurkako erreakzioa fatxada aireztatuen kasuan

Asetze maximoko balioa: Erregaitza den isolatzaillea eta estalduran erabilitako materialak definitzen du.

Asetze minimoko balioa: Erregaia den isolatzaillea eta estalduran erabilitako materialak definitzen du

Aipaturako hiru parametro hauek aintzat hartuta, asetze maximoko eta minimoko balioa hurrengo eran definitzen dira:

Asetze maximoko balioa: balio hau definitzen da isolatzaille erregaitzaren eta estalduran erabilitako material erregaitzaren bidez. Estaldurarik ez dagoen kasuan hau da, aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemen kasuan, balioa isolatzailleari ezarritako balioaren menpe egongo da bakarrik. SATE eta barnetik egindako isolamendu sistemetan isolatzaillearen balio maximoa izango da beti.

Asetze minimoko balioa: balio hau definitzen da isolatzaille erregaiaren eta estalduran erabilitako material erregaiaren bidez. Kasu honetan, balio hau fatxada aireztatuen bidez eta aire-ganberaren barnetik egindako sistemen bidez definitzen da bakarrik.

Adierazle hau baloratzeko proposatzen dena hurrengo 5.18. Taulan adierazten da izan ere, goian aipaturako aukerak bakarrik existitzen dira eta hauen balio-funtzioa antzekoa da.

Suaren aurkako erreakzioa					
Sistema mota	Funtzioaren balioa	Isolatzaille mota		Estaldura mota	
		Erregaitza (A1, A2)	Erregaia (B-E)	Erregaitza	Erregaia
Fatxada aireztatua	y	0,5	0	0,5	0
SATE	y	0,5		0,5	0
Barnetik	y	0,5		0,5	0
Aire-ganbera	y	1	0	Ez dago	

5.18. Taula: Suaren aurkako erreakzioa

### 5.5.3.3. Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea

- Definizioa

Adierazle honen bidez eraikinaren birgaitze prozesua hasi baino lehen jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea ebaluatu nahi da.

Esku-hartzea kanpotik egiten den alternatibetan instalazioa jatorrizko fatxadako euskarrian egiten da. Alternatiba hauek fatxadaren egonkortasunean eragin dezakete beti ere, fatxadako jatorrizko euskarria egokia ez denean izan ere, birgaitze prozesuan material bolumen eta pisu gehiago gehitzen zaio euskarriari.

Hortaz, alternatiba baten erabilera beste betekin alderatzeko, energetikoki birgaituko den eraikinaren jatorrizko fatxadako euskarriaren egoera zehaztu behar da. Fatxadaren egokitzeak edo ez erabili daitekeen alternatibarik onena zehaztuko du. Fatxadako euskarria ez bada gai birgaitze prozesuan gehitzen zaion pisua jasateko, prozesua hasi baino lehen prestatu beharko da euskarria, inbertsioaren kostua handituz. Halaber, jatorrizko fatxadako euskarria ezegonkorra bada, ezin izango da egin obrarik fatxadan hortaz, esku-hartzea kanpotik egiten duten alternatibak ezin dira erabili.

- Balioztatzeko era

Adierazle hau ebaluatzeko hurrengo aukerak zehazten dira, kontuan hartuta 4. Kapituluaren komentatutako egikaritze prozesuak:

- **Ona:** Jatorrizko fatxadako euskarria egonkorra da eta ez da behar inolako aurretiko jarduketarik birgaitze prozesua egikaritzeko. Egoera honetan edozein birgaitze alternatiba instalatu daiteke eraikinaren fatxadan.

- **Erregularra:** Jatorrizko fatxadako euskarria egonkorra da baino aurretiko jarduketak behar ditu. Gainera, fatxadaren birgaitzearen egikaritzearekin hasi baino lehen konponketak egitea beharrezkoa da adibidez, fatxadan pitzadurak agertu direlako. Kasu honetan, ezingo da SATE sistema instalatu aurretik fatxadan konponketak ez badira egiten.

- **Ezegonkorra:** Jatorrizko fatxadako euskarria ezegonkorra da. Kasu honetan, esku-hartzea kanpotik egiten duten alternatibak ezin dira erabili.

Asetze maximoko balioa: zehazten da jatorrizko fatxadako euskarria ona dela definitzen denean.

Asetze minimoko balioa: zehazten da jatorrizko fatxadako euskarria ezegonkorra dela definitzen denean

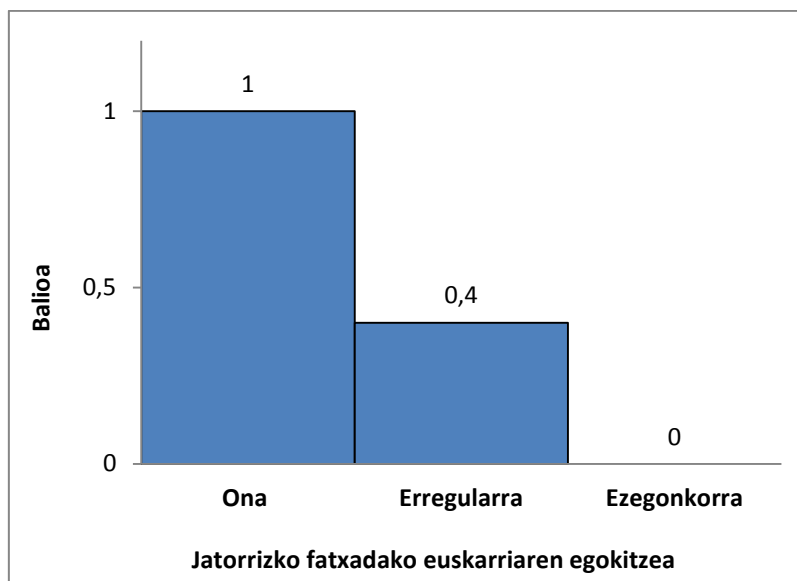
- Balio-funtzioa

Adierazle honentzat proposatzen den funtzioa, funtzio tabulatu bat da, 5.19. Taula, izan ere, goian aipatutako aukerak bakarrik existitzen dira eta funtzio antzekoa da guztientzat.

Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea			
x	Ona	Erregularra	Ezegonkorra
y	1	0,4	0

5.19. Taula: Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea

Halaber, proposatzen den funtzioa, funtzio beherakorra da izan era, zenbat eta handiagoak izan fatxadako euskarriak dituen arazoak, orduan eta asetze balioa txikiagoa izango da. Funtzio hurrengo 5.20. Grafikoaren bidez irudikatuta dago



5.20. Grafikoa: Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea

#### 5.5.3.4. Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera

- Definizioa

Adierazle honek alternatiba batean, beste batekin alderatuta, erabiltzen den isolatzaileak temperatuta eta hezetasun baldintza konkretuetan kondentsazioen aurrean duen portaera ebaluatzen du.

Ingurumeneko hezetasun erlatibo baxuko baldintzetan, lurrunaren transmisioa materialen poroen bitartez ematen den lurrun hedapenarekin garraiatzen da. Hezetasun erlatiboa igotzen den heinean, materialaren poroetan betetzen den ur likidoaren kopurua handitzen da. Hortaz, hezetasun erlatiboa handitzen den heinean, lurrun hedapenarekiko materialak duen erresistentzia txikitzen da (124).

Material isolatzaile batek xurgatu dezakeen hezetasun kantitatea espezifiko da material isolatzaile bakoitzarentzat, hau da, isolatzaileek duten propietate bat da. Porotsuak diren materialak egurra esaterako, narriatu gabe hezetasun kantitate handia xurgatu dezakete, zuntz mineraleko materialekin alderatuta.



Isolatzailerik duen hezetasunarekiko erresistentziak edo ur lurrunarekiko erresistentziak eraikin baten egonkortasun dimentsionalean eragiten du. Izan ere, zenbat eta hezetasunarekiko erresistentzia txikiago, orduan eta kondentsazio interstizialak eratzeko aukera gehiago. Honek nabarmenki eragin dezake eraikuntzako konponbidearen iraunkortasunean.

Halaber, EKT-aren energiaren aurrezteari buruzko bere Oinarrizko Dokumentuan (EKT-OD-HE1) kondentsazioak mugatzen dira existitzen diren eraikinetan esku-hartzen denean. Eraikinaren ingurutzailerik duen sortzen diren kondentsazio interstizialek, kasua ematen baldin bada, ezin izango dute murrizketa nabarmen bat sortu bere prestazio termikoetan edo kondentsazio interstizialak ezingo dira degradazio arrisku bat izan. Urtero lurruntzen den kantitate posiblea denbora horretan metatzen den kondentsazio maximoa izango da (18).

- Balioztatzeko era

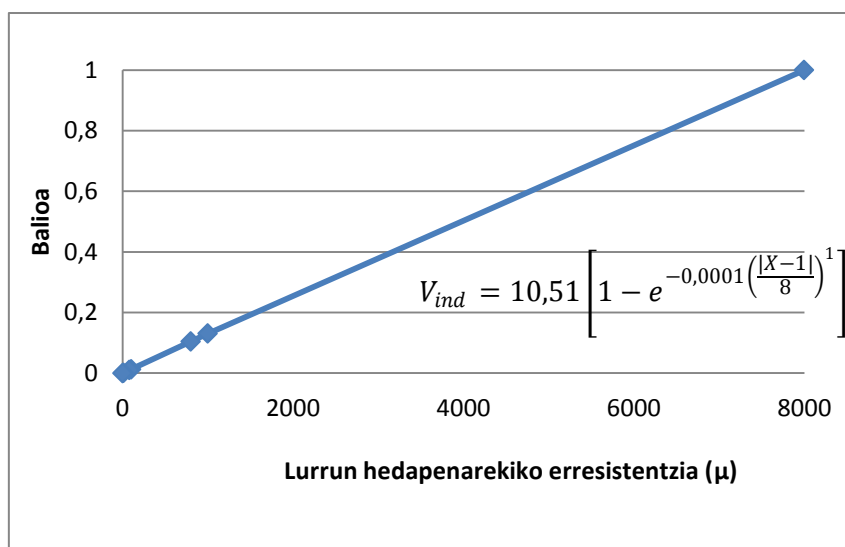
Adierazle hau ebaluatzeko alternatiba bakoitzaren isolatzaileak duen lurrun hedapenarekiko erresistentzi kontuan hartuko da (UNE EN 12086 saiakuntza (125)). Erresistentzia hau balio adimentsional ( $\mu$ ) baten bidez definitzen da eta honek isolatzaile termiko bat erabiltzerako garaian kondentsazioen arrisku posibleak identifikatzen laguntzen du.

Asetze maximoko balioa: Alternatiba baten isolatzaileak, beste alternatiba baten isolatzailearekin alderatuta, duen lurrun hedapenarekiko erresistentzia maximoko balioarekin definitzen da.  $X_{\max} = \infty$  (Adierazle hau kalkulatzeko 8000 balioa hartuko da erreferentzia bezala).

Asetze minimoko balioa: Alternatiba baten isolatzaileak, beste alternatiba baten isolatzailearekin alderatuta, duen lurrun hedapenarekiko erresistentzia minimoko balioarekin definitzen da.  $X_{\min} = 1$ .

- Balio-funtzioa

Adierazle honentzat proposatzen den funtzioa, funtzio goranzko bat da asetze balioa handitzen baita isolatzaileak hezetasunarekiko duen erresistentzia handitzean. Balio-funtzioaren forma lineala izango da asetze balioa proportzionalki handitzen delako hezetasunarekiko erresistentzia handitzean. (Ikusi 5.21 . Grafikoa).



5.21. Grafikoa: Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera

#### 5.5.4. Errekerimendu sozialeko adierazleak

Errekerimendu soziala kontuan hartuta alternatiba desberdinen jasagarritasuna konparatzeko hurrengo adierazleak zehaztu dira:

##### 5.5.4.1. Etxebizitza uzteko beharra

- Definizioa

Adierazle honen bidez ebaluatuko da etxebizitza uzteko beharra alternatiba baten, beste alternatiba batekin alderatuta, birgaitze prozesua irauten duen denboran zehar, kontuan hartuta uzte honek etxebizitzako maizterretan eragozpenak sortzen dituela.

Fatxadaren kanpotik edo barnetik egindako birgaitze prozesu batek, eraikitako eraikin batean egindako edozein obra bezala, eragozpenak eta asaldurak sortzen ditu etxebizitzetako maizterrei. Eragozpen horietako bat obra egikaritzen den bitartean etxebizitza uztea da. Etxebizitza uzteko beharra jabearentzat gastu ekonomiko bat izan daiteke izan ere, maizterrei ostatu eman behar zaie beste etxebizitza batzuetan edo kasu batzuetan hoteletan obra irauten duen bitartean.

Hortaz, oso kasu gutxitan gomendatzen da obra irauten duen bitartean maizterrari ostatu ematera behartzen duen alternatiba erabiltzea. Salbu etxebizitzaren okupazioa iraunkorra den kasuetan, obra etxebizitza okupatuta ez dagoen garaian egin daitekeelako. Azken honen adibide bat, udan edo neguan bakarrik erabiltzen diren etxebizitzak edo alokairuan dauden etxebizitzak izan daitezke. Baina Euskadiko kasuan, 3. Kapitularian ikusi den bezala, etxebizitzaren %10a bakarrik daude alokatuta hortaz, Euskadin dauden etxebizitzaren okupazioa iraunkorra da.

Alternatibaren birgaitzen prozesuan emango den esku-hartzearen arabera hau da, kanpotik, barrutik edo aire-ganberaren barrutik, etxebizitzaren uzteko beharra nulua, partziala edo totala izan daiteke. Hortaz, etxebizitza uzteko beharrak sortzen dituen eragozpenak ebaluatzeko eta neurtzeko kontuan hartuko da alternatiba bakoitzaren esku-hartze mota eta egikaritzaren konplexutasuna.

Esku-hartzea kanpotik egiten denean, etxebizitza uzteko beharra nulua izango da baina esku-hartzea barnetik egiten denean, egikaritzaren konplexutasuna kontuan hartu beharko da uzteko beharra neurtzeko. Aire-ganberaren barnetik egiten denean esku-hartzea etxebizitza uzteko beharra nulua edo partziala izan daiteke esku-hartzea etxebizitzaren barrutik edo kanpotik egiten denaren arabera.

- Balioztatzeko era

Adierazle hau era kualitatibo batean neurtuko da izan ere, balio-funtzioa zehazten da kontuan hartuta momentu konkretu batean duen portaera egoera. Funtzioa prozesuan parte hartzen duten pertsonen pertzepzioen, usteen edo juizioen bidez eraikitzen da. Hauek baloratuko dute etxebizitza uztearen beharra maizterretan sortzen dituzten eragozpenak.

Balorazioa hurrengo aukeren bidez egingo da:

- **Etxebizitza uzteko beharra nulua denean:** Birgaitze prozesu osoan zehar maizterrak ez du etxebizitza utzi behar. Hau emango da esku-hartzea fatxadaren kanpotik ematen denean eta aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemaren esku-hartzea fatxadaren kanpotik egiten denean.

- **Etxebizitza uzteko beharra denbora tarte labur batean zehar denean:** Denbora tarte labur batean maizterrak etxebizitza utzi beharko du. Eragozpenak sortuko dira etxebizitzaren barrura sartu behar delako eta paretetara heltzeko altzariak mugitu behar direlako. Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemaren esku-hartzea fatxadaren barnetik egiten denean etxebizitza uzteko beharra, barnetik egindako isolamendu sistemetan baino denbora tarte laburragoa da. Izan ere, aire-ganberako sistemetan bakarrik utzi behar da etxebizitza isolatzailea injektatu edo insuflatzen den momentuan.

- **Etxebizitza uzteko beharra obra irauten duen deboran zehar denean:** Obra irauten duen tarte osoan zehar maizterrak etxebizitza uzten behartuta dago. Kasu honetan ere eragozpenak sortuko dira etxebizitzaren barrura sartu behar delako eta paretetara heltzeko altzariak mugitu behar direlako. Hau gertatuko da fatxadaren barnetik egindako isolamendu termikoko sistemetan.

Asetze maximoko balioa: Etxebizitza uzteko behar nulua definituko du balio hau.

Asetze minimoko balioa: Obra irauten duen tarte osoan zehar etxebizitza uzteko beharrak definituko du balio hau.

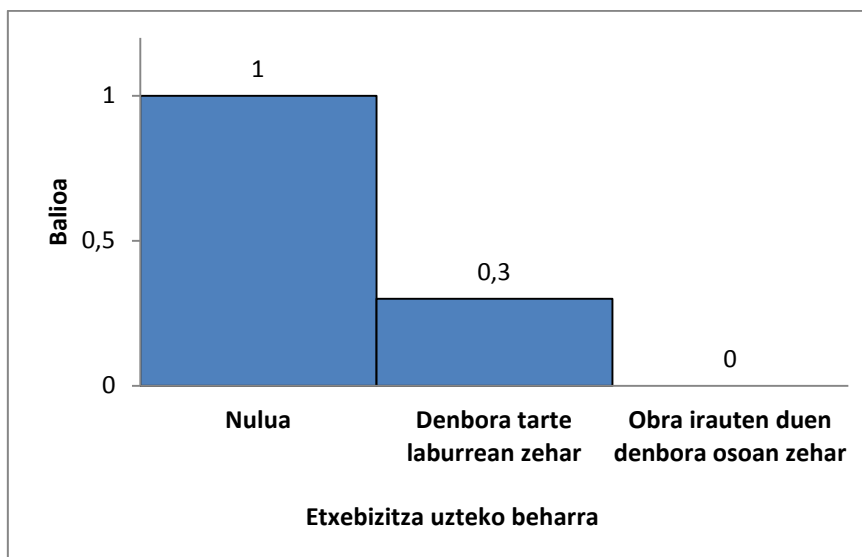
- Balio-funtzioa

Adierazle honentzat proposatzen den balio-funtzioa funtzio tabulatua, 5.20 . Taula, izango da, goian aipatutako aukerak bakarrik existitzen direlako eta balio-funtzio antzekoa delako guztientzat.

Etxebizitza uzteko beharra			
X	Nulua	Denbora tarte labur batean zehar	Obra irauten duen denbora osoan zehar
Y	1	0,3	0

5.20. Taula: Etxebizitza uzteko beharra

Hortaz, proposatutako funtzioaren forma beherakorra izango da eta hurrengo 5.22. Grafikoaren bidez adierazita dago.



5.22. Grafikoa: Etxebizitza uzteko beharra

#### 5.5.4.2. Instalazioaren ondoren espazio galera

- Definizioa

Adierazle honek alternatiba bat instalatu ondoren, beste alternatiba batekin alderatuta, etxebizitzaren barruan sortuko den espazio galera neurtuko du. Horretarako kontuan hartuko ditu etxebizitzaren maizterrei sortutako eragozpenak.

Esku-hartzea etxebizitzaren barnetik egiten denean, etxebizitzan espazio galera bat sortzen da. Izan ere, esku-hartze hauetan isolatzailea etxebizitzetako paretetara finkatzen da. Honen ondorioz etxebizitzaren barruan sortzen den espazio galerak eragozpenak sortzen ditu, bai maizterrei, bai jabeei etxebizitzako gainazal erabilgarria murrizten delako.

Isolatzaile optimoa aukeratzeko orduan, etxebizitzan galtzen den espazioa askoz garrantzitsuagoa da, dakarren ondorio ekonomikoengatik, isolatzailearen kostua eta instalazioaren konplexutasuna baino eta isolatzailearen bero transferentzia baino garrantzitsuagoa da (40).

Esku-hartzea eraikinaren kanpotik edo aire-ganberaren barnetik egiten denean aldiz, etxebizitzaren barnean ez da espazioa galtzen, isolatzailea fatxadaren kanpotik finkatzen delako eta aire-ganberaren barnetik.

Halaber, 3. Kapituluaren komentatu den bezala, 2015 urtean Euskadiko etxebizitzaren batezbesteko gainazal erabilgarria  $86,9 \text{ m}^2$  izan zen eta bigarren eskuko etxebizitzaren batezbesteko prezioa  $2.805,2 \text{ euro/m}^2$ -koa izan zen, 2016 urteko hirugarren hiruhilabetekoan. Kontuan hartuta batezbesteko gainazal erabilgarria hau eta bigarren eskuko etxebizitzaren prezioa, etxebizitza barruan sor daitekeen espazio galerak, galera ekonomikoak sor ditzake eta maizterrak edo/eta jabeak haserretu daitezke. Aintza hartuta etxebizitzaren barnetik egindako birgaitze sistema bat igeltsu plaka batez eta lodiera minimoa  $60 \text{ mm}$  duen isolatzaile batez osatua dagoela, %2,8ko gainazal erabilgarria galtzen da instalazioaren ondoren. Eta bigarren eskuko etxebizitzaren batezbesteko prezioa eta espazio erabilgarriaren galera hori kontuan izanda, birgaitutako etxebizitzaren prezioa %2,75a murriztuko da. Balio hauek handitzen dira birgaitzean erabilitako igeltsuko plakaren eta isolatzailearen lodiera handitzen den heinean.

- Balioztatze era

Adierazle hau ebaluatuko da kontuan izanda alternatiba baten, beste batekin alderatuta, birgaitze prozesuaren ondoren etxebizitza barruan espazioa galtzen den edo ez.

Asetze maximoko balioa: Instalazioaren ondoren, etxebizitzan espazio galerak sortzen ez dituen alternatibak definitzen du balio hau.

Asetze minimoko balioa: Instalazioaren ondoren, etxebizitzan espazio galerak sortzen dituen alternatibak definitzen du balio hau.

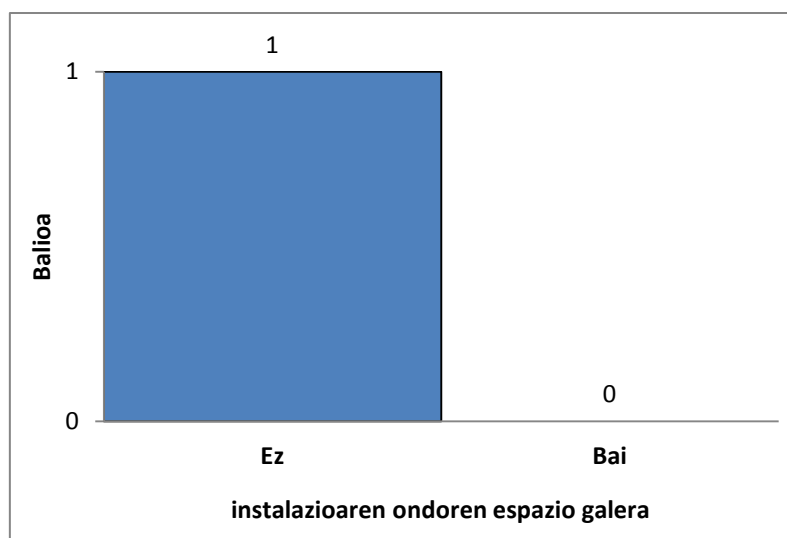
- Balio-funtzioa

Balio-funtzioa kasu honetan, hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, 5.21. Taula:

Espazio galera etxebizitzaren barruan		
X	Ez	Bai
Y	1	0

5.21. Taula: Espazio galera etxebizitzaren barruan

Proposatutako funtzioaren forma eskaloari funtzioa izango da eta hurrengo 5.23. Grafikoaren bidez irudikatzen da.



5.23. Grafikoa: Instalazioaren ondoren espazio galera

Adierazle honek dikotomikoa izatera izango du, erantzun ebaluatzailea dena edo ezer baita (bai edo ez). Adierazle mota honi normatiboa deritzo eta adierazleen barruan dago izan ere, honek existitzen den edo ez den erreferentea edo aurrekaria baten egoera espezifiko bati esaterako, bete beharreko arautegi bati, praktika onen kodigoei, etab, buruzko informazioa ematen du (118).

### 5.5.4.3. Aldamioen beharra

- Definizioa

Alternatiba baten, beste batekin alderatuta, birgaitze obraren egikaritzean zehar aldamioen beharra ebaluatuko du adierazle honek. Horretarako, adierazle honek kontuan hartuko du aldamioen beharrak eraikinen maizterretan eta ingurunean esaterako, oinezkoetan sortzen dituen eragozpenak.

Esku-hartzea fatxadaren kanpotik egiten denean edo aire-ganberaren isolamendua fatxadaren kanpotik egiten denean, aldamioen edo eskalatzailen beharra beharrezkoa da nahiz eta, azken kasu honetan prezioa handiagoa izango da eta lan egiteko erraztasuna aldamioen plataforma bat erabiltzea baino txarragoa izango da.

Aldamioen erabilerak maizterretan eta eraikinaren ingurunean eragozpenak sortzen ditu. Sortutako eragozpenak hauek izan daitezke: etxebizitzetan lapurretak kanpotik sartzeko erraztasuna handitzen delako, maizterren eguneroko bizitzan asaldurak, alerta meteorologikoaren kasuetako arriskua, bide publikoaren okupazioa, zarata muntaketan eta desmuntatzean, etab.

- Balioztatzeko era

Adierazle hau ebaluatzeko era dikotomikoa da, bi aukera bakarrik existitzen direlako: aldamioen beharra bai edo ez.

Asetze maximoko balioa: Aldamioen beharra ez duen alternatibaren bidez definitzen da.

Asetze minimoko balioa: Aldamioen beharra duen alternatibaren bidez definitzen da.

- Balio-funtzioa

Kasu honetan balio-funtzioa hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da. (Ikusi 5.22. Taula)

Aldamioen beharra		
X	Ez	Bai
Y	1	0

5.22. Taula: Aldamioen beharra

Proposatzen den funtzioaren forma eskaloi funtzioa izango da, 1 edo 0 balioak bakarrik existitzen direlako, 5.24. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



5.24. Grafikoa: Aldamioen beharra

#### 5.5.4.4. Jabeen arteko adostasunaren beharra

- Definizioa

Eraikin baten birgaitze obra bat burutzerako orduan, jabeen arteko adostasunaren beharra ebaluatzen da adierazle honen bidez, adostasun beharrik ez duen beste alternatiba batekin alderatuta.

3. Kapituluaren komentatu den bezala, eraikinean bere egituraren eta bere kanpoko itxituren edozein aldaketa egin ahal izateko, komunitatearen kideen ahobatezkotasuna behar da batzordera joan edo ez, uztailaren 21eko 49/1960 Legearen arabera, Jabetza Horizontalarena, 2015eko urriaren 6an aldatua (98). Aukeratutako alternatibaren eskua-hartzea kanpotik bada

eta itxituraren kanpoko egoera aldatzen bada, orduan jabeen arteko adostasuna beharrezkoa da.

Halaber, auzotar-komunitate bezala euskal administrazioaren aldetik diru-laguntza bat lortzeko nahitaezkoa da eraikinean egiteko lanak onartzen diren komunitatearen akta aurkeztea.

Eraikinaren barnetik egindako birgaitze obretan aldiz, auzotar-komunitatearen arteko adostasuna ez da beharrezkoa obra mota hau egiteko.

Komunitate batean, jabeen arteko adostasun batetara heltzea ez da lan erreza kasu ia gehienetan, beti birgaitze bateko alderdi desberdinei buruz edo egingo den obrari buruz desadostasunak daudelako auzotarren arteko.

- Balioztatzeko era

Bi aukera bakarrik existitzen direnez, adierazle hau balioztatzeko era sinplea da.

Asetze maximoko balioa: Jabeen arteko adostasunaren beharrik ez duen alternatibak definitzen du balio hau.

Asetze maximoko balioa: Jabeen arteko adostasunaren beharra duen alternatibak definitzen du balio hau..

- Balio-funtzioa

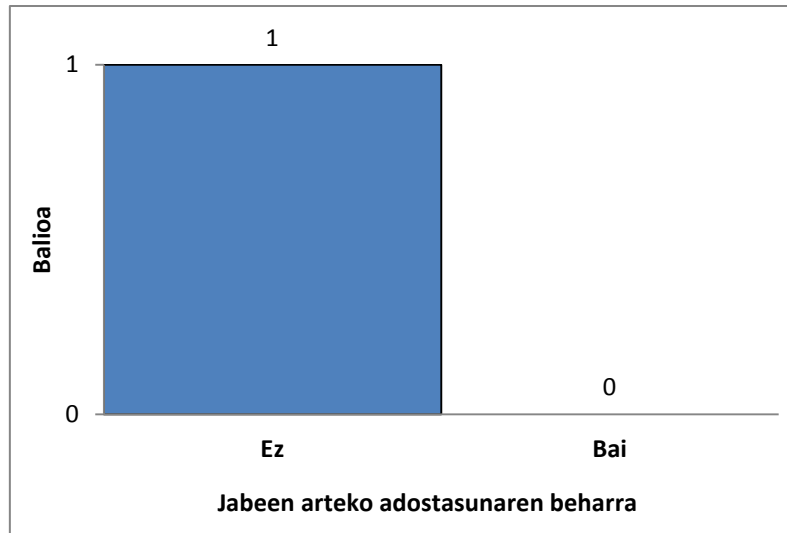
Adierazle honen balio-funtzioa hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, 5.23. Taula.

Jabeen arteko adostasunaren beharra		
X	Ez	Bai
Y	1	0

5.23. Taula: Jabeen arteko adostasunaren beharra

Aurreko adierazlea bezala, proposatzen den funtzioa eskaloit funtzio da, bi balio bakarrik existitzen baitira, 1 edo 0 balioak, hurrengo 5.25. Grafikoan ikus daitekeen bezala.





5.25. Grafikoa: Jabeen arteko adostasunaren beharra

#### 5.5.4.5. Barruko konfort termikoa

- Definizioa

Alternatiba batekin, beste batekin alderatuta, etxebizitzaren barruan lor daiteken konfort termikoa ebaluatuko da adierazle honen bidez.

Barruko giroaren kontzeptuaren barruan konfort termikoa dago. Barruko giroa pertsona batek espazio batean duen pertzepzioan eragiten duten faktoreak sartzen diren termino zabala da, faktoreak fisikoki neurgarriak izan daitezke edo ez. Eraikin bateko barruko giroaren barruan pertsonen eraikin barruan eragiten dieten faktore estrintseko fisikoki neurgarriak biltzen dira. Neurgarriak diren faktore hauek sailkatu daitezke era honetan: termikoak, kimikoak, aktinikoak (efektu fotokimikoak sortzeko gai den erradiazioa), akustikoak eta mekanikoak. Faktore psiko-sozial eta estetikoak sailkapen honetatik kanpo uzten dira. EN 1525:2007 (124) arauak eraikinen kalkulu energetikorako eta barruko giroaren epe luzerako ebaluaziorako abiapuntu datu bezala kontuan hartu beharreko barruko giroaren parametroak definitu eta zehazten ditu. Parametro edo faktore horiek hurrengoak dira: barruko aire kalitatea, baldintza termikoak (konfort termikoa), iluminazioa eta zarata.

Arau horren arabera, eraikinen kontsumo energetikoa barruko girorako (tenperatura, aireztapen eta iluminazioa) eta diseinurako erabilitako irizpideen eta eraikinaren funtzionamenduaren (sistemak kontuan hartuz) nabarmen mende dago. Barruko giroak osasunean, produktibitatean eta barruan dauden pertsonen ongizatean ere eragiten du. Hortaz, kalitate txarreko barruko giroak eraikinean erabilitako energiako kostua baino kostu handiagoak sortzen ditu maizterrentzako eta gizartearentzako. Gainera, eraikinaren barruan daudenentzat barruko giro kalitatea desigarriena ez bada, eraikinaren ohiko kontsumoa handituko da, desiratua den barruko giro kalitatea hori lortzeko edo barruko giro kalitatea hobetzeko. Hortaz, eraikinen efizientzia energetikoa hobetzeko barruko giroko parametroak kontuan hartu beharko dira.

Eraikinetako hobekuntza energetikoa barruko giroa kontuan hartu gabe bultzatzeak osasun-arazoak sor diezazkieke bertan dauden pertsonen. Aitzitik, barruko giroko hobekuntza bultzatzen bada eraginkortasun energetikoa kontuan hartu gabe, kostu energetikoa eta

negutegi efektuko gas emisioak areagotu daitezke. Hortaz, barruko giroa eta eraginkortasun energetikoa batera kontuan hartu behar dira.

Eraikinen birgaitzean ebaluatu eta kontuan hartu beharreko faktore estrintsekoak hurrengoak izan ohi dira: baldintza termikoak (barruko konfort termikoa), barruko aire kalitatea eta barruko zarata.

Adierazle honek etxebizitza barruan dagoen konfort termikoa neurtuko du, hau da, gizaki batek espermentatutako sentsazio termikoa. Sentsazio hau gizakiaren gorputzaren oreka termiko globalarekin erlazionatuta dago, gehien bat. Oreka termikoa jarduera fisikoaren, pertsonak jantzita daraman arroparen eta ingurumen parametroen (airearen tenperatura, batezbesteko irradiazio tenperatura, airearen abiadura eta airearen hezetasuna) menpe dago. Ezinezkoa da eraikinaren barruan dauden pertsona guztiak asetzen dituen giro termiko bat ezartzea, gehien bat existitzen diren bakarkako desberdintasunengatik. Baina barruan dauden pertsonen ehuneko zehatz batentzat onargarria den giro bat ezartzea posiblea da. Honela, eraikinaren energia kontsumoa murriztuko da.

Hezetasuna eraikinetan kontuan hartu beharreko arazo bat da, barruan dauden pertsonen gain osasun arriskuak eta eraikinean arazoak (kondentsazioak, lizuna) sortzen dituelako. Hezetasun maila baxuak (< %15-20) begietan eta arnasbideetan lehortasuna eta narritadura sortzen du. Aitzitik, hezetasun maila altuetako aldi luzeetan zeharreko esposizioak mikrobio-hazkundera eragin dezake. Hortaz, hezetasun maila egokian mantentzeak ongizate termikoan eta barruko aire kalitatean eragiten du, eta baita eraikinaren kontsumo energetikoan ere. Eraikin bat energetikoki birgaitzean zubi-termikoak ekiditen dira eta hortaz, hezetasun maila baxuak eta altuak ekiditen dira (124).

Etxebizitzaren barruan hezetasuneko eta tenperaturako giro egokiak mantentzeko birgaitutako itxitura termikoaren transmitantzia termikoa ( $U$ ,  $W/m^2K$ ) kontuan hartu beharko da. Transmitantzia termikoa elementu batetatik beste batetara beroa transmititzeko gaitasuna denez, eraikinaren itxitura termikoan zehar kondukzio bidez sortutako irabaziak edo galerak zehaztu daitezke. Zenbat eta transmitantzia termikoaren balio txikiago izan, orduan eta berogalera txikiagoak egongo dira etxebizitzaren barruan. Hortaz, Euskadin kokatutako eraikinen berogailuaren kontsumoa txikiagoa izango da.

Fatxadaren birgaitzearen kasuan, bakarrik aldatzen da eraikinaren fatxada hortaz, fatxada-hormen eta lursailarekin kontaktuan dauden itxituren transmitantzia termikoa kontuan hartuko da bakarrik.

Aurrezte energetikoaren inguruan Espainian indarrean dagoen araudiak (EKT-OD HE1: Energia-eskaera mugatzea) existitzen diren eraikinen energia-eskaeraren muga zehazten du. Honen arabera, birgaitutako eraikinaren energia-eskaera eraikina kokatzen den zona klimatikoaren arabera zehazten den erreferentzia eraikinak duena baino txikiagoa izan behar da (erreforma obretarako non itxitura termikoaren gainazal totalaren %25a baino gehiago erreformatzen denean) (18). Arau horren D eranskinean birgaitutako eraikinaren eskaera energetikoa konparatzeko erreferentzia eraikineko itxituren berezko parametroak definitzen dira, birgaitutako eraikina kokatzen den zona klimatikoaren arabera. Hor dauden balioek ez dute nahitaezko karaktererik zentzu zehatzean, erreferentzia eraikin bat sortzeko bakarrik balio dutelako eta birgaitutako eraikinaren eskaera energetikoarekin konparatzeko. Honela, arauan ezarritako eskari energetikoko muga betetzea lor daiteke.

Halaber, arau horren E eranskinean, itxitura termikoaren berezko parametroen balio orientagarriak ezartzen dira, hau da, itxitura termikoko transmitantzia termikoko balio

optimoak eraikina kokatzen den zona klimatikoaren arabera. Balio hauen erabilerak ez du bermatzen eskari energetikoko muga eskaera betetzea baina, eraikuntzako konponbideen hasierako diseinu-fasean orientatzeko erabili daitezke. Balio orientagarri hauen bidez, kostu optimodun konponbidea lortu nahi da kontuan hartuta kostu globala eta kontsumo energetikoa, hau da, konponbide ekonomikoena kontuan hartuta eraikinaren bizitza-zikloan zehar sortutako kostuak.

Hurrengo 5.24. Taulan, fatxadaren transmitantzia termikoak EKT-aren eta Euskadin existitzen diren zona klimatikoen arabera ikus daitezke.

Transmitantzia termikoa ( $W/m^2K$ )	C1 zona klimatikoa		D1 zona klimatikoa		E1 zona klimatikoa	
	$U_{Mlim}$ (limitea)	$U_M$ (optimoa)	$U_{Mlim}$ (limitea)	$U_M$ (optimoa)	$U_{Mlim}$ (limitea)	$U_M$ (optimoa)
Fatxada-hormen eta lursailarekin kontaktuan dauden itxiturak	0,73	0,29	0,66	0,27	0,57	0,25

5.24. Taula: Fatxadaren transmitantzia termikoa EKT-aren eta Euskadin existitzen diren zona klimatikoen arabera

Alternatiba bakoitzaren eraikuntzako konponbideak fatxadaren transmitantzia termikoa zehaztuko du. Isolatzailearen ezaugarri termikoak kontuan hartu beharko dira, hau da, isolatzailearen eroankortasun termikoa ( $\lambda$ ,  $W/mK$ ) eta honen lodiera. Fatxadaren transmitantzia termikoa murrizteko eta arauak ezarritako exijentziak betetzeko, isolatzailearen lodiera handitu beharko da. Hurrengo 5.25. Taulan, ikus daiteke EKT-ak ezarritako transmitantzia termikoko balio orientagarri edo optimoak betetzeko isolatzailearen lodiera handitu behar dela, Euskadin kokatutako eraikinetan “informe potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 en viviendas mediante incremento del aislante” energia berriztagarrien zentro nazionalak (Cener) eraturako txostenaren arabera (126).

Zona klimatikoak	Transmitantzia termikoa (U) ( $W/m^2K$ )	Isolatzailearen lodiera (mm)
C1	$U_{limitea} = 0,73$	43
	$U_{optimoa} = 0,29$	133
D1	$U_{limitea} = 0,66$	47
	$U_{optimoa} = 0,28$	137
E1	$U_{limitea} = 0,57$	58
	$U_{optimoa} = 0,25$	158

5.25. Taula: Euskadin kokatutako eraikinen transmitantzia termikoa isolatzailearen lodieraren arabera  
Iturria: Propioa, “el potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 en viviendas mediante incremento del aislante” txostenaren balioak erabiliz. Energia berriztagarrien zentro nazionala (Cener). 2005-2012

Halaber, etxebizitzaren barruko konfort termikoa hobetzeko zubi-termikoak<sup>15</sup> ekidin beharko dira, energia termikoaren parte garrantzitsu bat zubi-termikoetatik galtzen baita. Zubi-termikoak orokorrean zutabeetan eta forjatu-aurpegietan eratzen dira. Eraikinaren itxituren zehar konponbide jarraia duen birgaitze sistema batek eraikinaren zubi-termikoak ekidindo ditu, itxituren zona guztiak uniformeak izango direlako. Aitzitik, konponbide ez jarrai batek ez ditu konponduko eraikinean dauden zubi-termikoak, eraikuntzako uniformetasun aldaketak daudelako. Konponbide jarrai bat lortzen da fatxadaren kanpotik esku-hartzen denean SATE sistemen eta fatxada aireztatu bidez izan ere, kasu hauetan isolatzailea era uniformean banatzen da fatxada osoan zehar. Bestalde, konponbide ez jarrai bat barrutik egindako isolamendu termikoko sistema bati eta aire-ganberan egindako isolamendu termikoko sistema bati dagokio. Hau dela eta, isolatzailearen posizioak zubi-termikoaren agerpena eta hortaz, eraikinaren konfort termikoa baldintzatuko du.

CEX V2.3 programa informatikoaren bidez lortutako datuekin, zubi-termikoengatik sortutako galerak ikus daiteke izan ere, berogailuan lortzen den energia aurrezte konponbide jarrai batekin eta konponbide ez jarrai batekin konparatu daitezke (Ikusi 5.26. Taula).

	Isolatzailearen posizioa	
	Konponbide jarraia	Konponbide ez jarraia
<b>Transmitantzia termikoa (U, W/m<sup>2</sup>K)</b>	0,43	0,43
<b>Berogailuan lortutako aurrezte energetikoa (%)</b>	%47,5	%6,4

5.26. Taula: Transmitantzia termikoa eta berogailuan lortutako aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera

- Balioztatzeko era

Behin birgaitu ondoren etxebizitza barruko konforta ebaluatzeko alternatiba batekin, beste batekin alderatuta, lortzen den fatxadaren transmitantzia termikoa eta isolatzailearen posizioaren arabera lortzen den aurrezte energetikoa kontuan hartu beharko dira.

**1) Fatxadaren transmitantzia termikoa:** Alternatiba baten, beste alternatiba batekin alderatuta, transmitantzia termikoa. Transmitantzia termiko hau kalkulatzeko CEX v2.3 programa informatikoa erabiliko da.

Komentatu den bezala, kontutan hartu beharreko transmitantzia termikoko bi balio existitzen dira, bata arauak exijitutakoa eta bestea optimoa edo orientagarria.

Hortaz, parametro honen balorazioa hurrengo eran egingo da:

- $U_{\text{alternatiba}} \geq U_{\text{limite}}$  = Alternatibaren transmitantzia termikoa arauak exijitzen duena baino handiagoa edo berdina da.

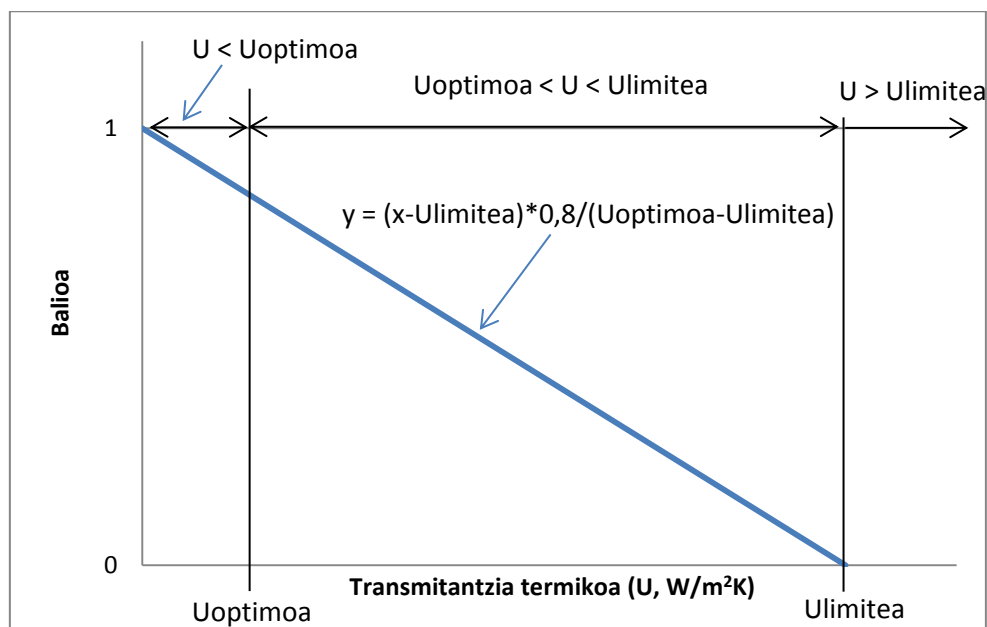
<sup>15</sup> EKT-aren arabera zubi-termikoak eraikuntzako uniformetasunaren aldaketa, estalduraren edo erabilitako materialen lodiera aldaketagatik, eroankortasun desberdina duten eraikuntzako elementuen barneratze osoagatik edo partzialagatik, elementuaren kanpoko eta barruko azaleraren arteko desberdintasunagatik eta abarregatik, nabarmentzen den itxitura termikoaren zonak dira eta hauek erresistentzia termikoaren murrizketa eragiten dute, gainerako itxiturekin alderatuz.

- $U_{\text{limite}} > U_{\text{alternatiba}} > U_{\text{optimoa}}$  = Alternatibaren transmitantzia termikoa arauak proposatzen duen balio optimoa baino handiagoa da eta arauak exijitzen duena baino txikiagoa da.
- $U_{\text{alternatiba}} \leq U_{\text{optimoa}}$  = Alternatibaren transmitantzia termikoa arauak proposatzen duen transmitantzia balio optimoa baino txikiagoa edo berdina da.

Asetze maximoko balioa: Alternatibaren transmitantzia termikoko balio txikienarekin definitzen da.  $X_{\text{min}} < U_{\text{optimoa}}$ .

Asetze minimoko balioa: Alternatibaren transmitantzia termikoko balio handienarekin definitzen da.  $X_{\text{max}} = U_{\text{limite}}$ .

Parametro honen balio-funtzioa hurrengo 5.26. Grafikoan definituta dagoen funtzio lineal beharakor bat da.



5.26. Grafikoa: Transmitantzia termikoaren balio-funtzioa

**2) Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera:** Alternatiba batekin, beste batekin alderatuta, lortu den aurrezte energetikoa kontuan hartuta isolatzailearen posizioa.

Komentatu den bezala, konponbide jarraietan aurrezte energetiko handiago bat lortuko da, zubi-termikoak ekiditen baitira.

Asetze maximoko balioa: Konponbide jarraia duen alternatibak definitzen du balio hau. SATE sistema eta fatxada aireztatutako sistema.

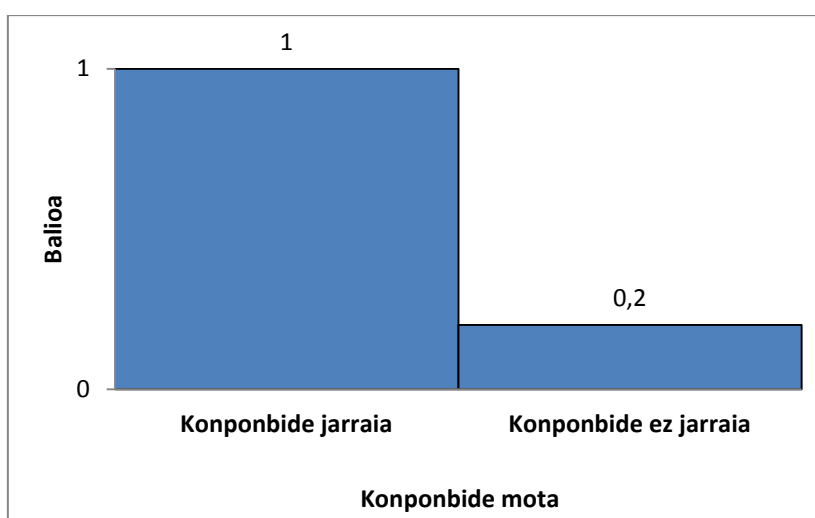
Asetze minimoko balioa: Konponbide ez jarraia duen alternatibak definitzen du balio hau. Isolatzailea fatxadaren barruan edo aire-ganberan kokatzen den sistemenetan.

Kontuan izanda 5.26. Taulan lortutako balioak, parametro honen balio-funtzioa funtzio tabulatu bat izango da, ikusi 5.27. Taula.

Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera		
X	<b>Konponbide jarraia:</b> SATE, fatxada aireztatua	<b>Konponbide ez jarraia:</b> Barnetik egindako isolamendu sistema, aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema
Y	1	0,2

5.27. Taula: Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera

Parametro honen balio-funtzioaren forma eskaloi funtzio bat izango da, hurrengo 5.27. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



5.27. Grafikoa: Aurrezte energetikoa isolatzailearen posizioaren arabera

Adierazlea aipatutako bi parametro horien aldaketa kontuan hartuta zehazten da: Transmittantzia termikoa eta isolatzailearen posizioa. Parametro bakoitzaren pisua zehazteko adituen talde bati kontsultatu zaio, aurreko adierazleetan bezala. Kontsulta horretatik lortutako emaitzek zehazten dute adierazlea ez dagoela baldintzatua modu berean bi parametro hauengatik. Transmittantzia termikoko parametroak %47ko pisua dauka adierazlearen barruan eta hortaz, zubi-termikoko parametroak %53ko pisua dauka.

Hortaz, adierazlea hurrengo ekuazioaren bidez definitzen da:

$$V_{ind} = 0,47 * Y_u + 0,53 * Y_{isolatzailearen\ posizioa} \quad [5.16]$$

Non:

- $Y_u$  = Alternatibaren asetze balioa kontuan hartuta fatxadaren transmittantzia termikoa.
- $Y_{isolatzailearen\ posizioa}$  = Alternatibaren asetze balioa kontuan hartuta isolatzailearen posizioa.

Adierazlearen balioa 0 eta 1 balioen artean egon behar da.

Asetze maximoko balioa: [5. 16] ekuazioaren bidez kalkulaturako balio maximoak definituko du balio hau. Transmittantzia termikoko balio baxuena eta birgaitze konponbide jarraia.

Asetze minimoko balioa: [5. 16] ekuazioaren bidez kalkulaturako balio minimoak definituko du balio hau. Arauak definitutako transmittantzia termikoko balioa ( $U_{\text{limite}}$ ) eta birgaitze konponbide ez jarraia.

#### 5.5.4.6. Barruko airearen kalitatea

- Definizioa

Adierazle honen bidez alternatiba batekin, beste batekin alderatuta, lortzen den barruko airearen kalitatea ebaluatuko da.

Komentatu den bezala, barruko airearen kalitatea eraikinen kalkulu energetikoan kontuan hartu beharreko barruko giroa osatzen duten faktore estrintseko bat da.

Barruko airearen kalitatea barruko airean dagoen kutsadurarekin erlazionatuta dago (124). Pertsonen emisioak eta haien jarduerak (bioefluentea, kea), eraikina eta altzariak eta HVAC (berogailua, aireztapena eta aire girotua) sistemak berak eraikinaren barruko airearen kalitatean eragina duten kutsadura iturriak dira.

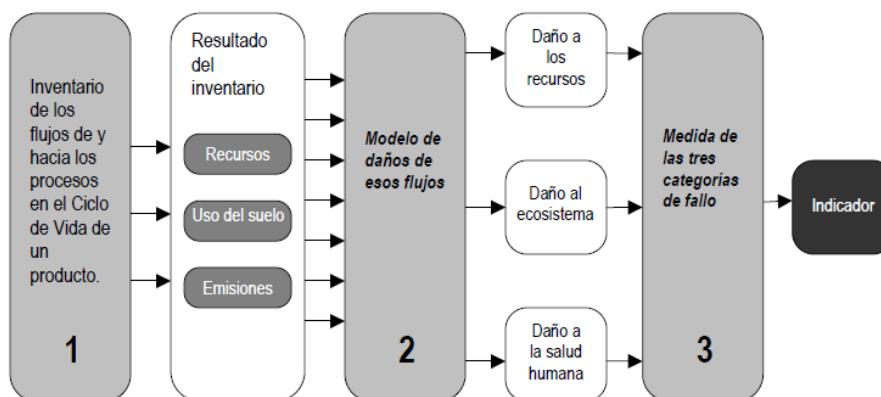
Hortaz, barruko airearen kalitatea kutsadura-iturriak eta erakinak duen aireztapenaren efizientzia kontuan hartuta zehazten da. Eraikinean birgaitze sistema bat gehitzean ez da eraikinaren aireztapenaren efizientzia aldatzen hortaz, adierazle hau ebaluatzeko ez da parametro hau kontuan hartuko. Aldiz, birgaituko diren eraikinetan kontuan hartu beharko da gehitzen den material berria kutsadura iturri berri bat izan daitekeela.

Eraikin bat behin birgaitua, etxebizitza barruan dagoen airearen kalitatea baloratzeko orduan, aintzat hartu beharko da alternatiba desberdinek erabilitako isolatzailea eraikinean gehitutako kutsadura iturri berri bat izan daitekeela. Aurretik komentatu den bezala, isolatzailearen bolumena erabiltzen den beste materialena baino askoz handiagoa denez, bakarrik kontuan hartuko da material mota hau.

Halaber, kutsadura iturrien efektuak giza osasunean duen eragina neurtzeko eko-adierazlea'99 datu-basea erabiliko da, unibertsitatean eskuragarri dagoen datu-basea izanik. Eko-adierazle honen bidez ingurunean sortzen diren hiru kalte desberdin definitzen dira: giza osasunari eragindako kalteak (adierazle honetan eko-adierazle hau erabiliko da), ingurumenari eragindako kalteak eta baliabideetan eragindako kalteak (127). Giza osasunari eragindako kalteen barruan gaixotasunen kopurua eta iraupena eta ingurune-kausengatik heriotz goiztiarragatik galdutako bizitza-urteak kontuan hartzen dira. Gainera, produktuaren eraginez giza osasunean sortutako arnasketa efektuak kontuan hartuko dira (127).

Eko-adierazleak produktuaren Bizitza-Zikloaren Analisisian (ACV: Análisis del Ciclo de Vida edo LCA: Life Cycle Assessment) lortutako datuak kontuan hartuta, produktuaren inpaktua zein den adierazten duten sistema kuantitatiboak dira. Bizitza-zikloaren analisisian lortutako emaitzak konplexuak eta interpretatzeko zailak dira. Hau dela eta, eko-adierazleak erabiltzen dira, hauekin lortutako emaitzak, erabilera errazak diren zenbakiak baitira. Eko-adierazleak

produktuaren kilogramo batek eragindako inpaktua puntuetan neurtzen dute. Zenbat eta adierazlean lortutako puntuen kopurua handiagoa izan, orduan eta eragindako inpaktua handiagoa izango da.



5.9. Irudia: Eko-adierazleen kalkulurako prozedura orokorra  
Iturria: "Manual práctico de Ecodiseño". IHOBE (Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa)

Eko-adierazle honen bidez isolatzaile kilogramo batek giza osasunean eragindako kalteak neurtuko dira.

Isolatzailearen posizioa kontuan hartuko den beste parametro bat izango da, adierazle hau neurtzerako orduan. Isolatzailea etxebizitzaren barruan kokatzen bada hau, ia kasu gehienetan, bakarrik egongo da babestua igeltsuko plaka baten bidez. Hortaz, isolatzailea ez da ia babestuta egongo eta horrek, barruko airearen kalitatean inpaktu handiagoa sor dezake. Aitzitik, isolatzailea fatxadaren kanpotik kokatuta badago, sortzen den inpaktua txikiago izango da.

- Balioztatzeko era

Aintzat hartuta aipatutako, adierazle hau ebaluatzeko bi parametro kontuan hartuko dira: isolatzaileak giza osasunari eragindako kalteak eta isolatzailearen posizioa.

**1) Giza osasunari eragindako kalteak isolatzailearen arabera:** parametro hau neurtzeko eko-adierazle'99-aren barruan dagoen giza osasunari eragindako kalteak deituriko adierazlea erabiliko da. Inpaktua kuantifikatzeko Eco-it<sup>16</sup> programa informatikoa erabiliko da. Programa honek bakarkako puntuazioen bidez prozesu edo material batek giza osasunean sortutako inpaktua neurtzen du. Halaber, isolatzailearen dentsitatea eta lodiera kontuan hartu beharko da izan ere, puntuak isolatzailearen kilogramo bat aintzat hartuta kalkulatzen dira. Zenbat eta puntuazio handiago lortu, orduan eta larriago izango da isolatzaileak eragindako inpaktua giza osasunean.

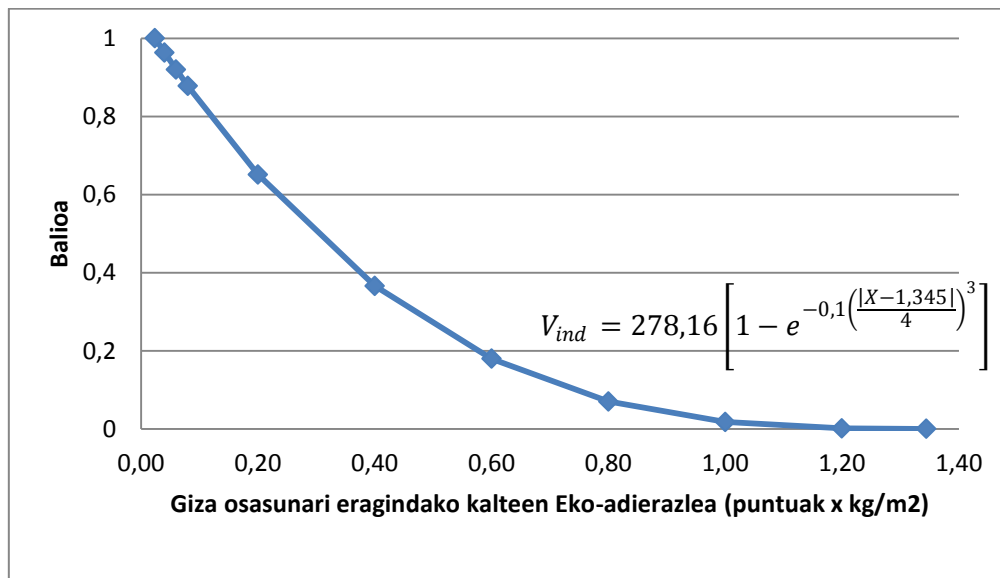
<sup>16</sup> IHOBE-k (Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa) bultzatutako tresna informatikoa da. Honekin prozesu batek edo material batek ingurumenean sortutako inpaktua kalkulatu daiteke. Horretarako, bakarkako puntuazioen bidez ingurumenean sortutako inpaktua adierazten duten adierazle ekologikoak erabiltzen ditu.



Asetze maximoko balioa: eko-adierazlean puntu gutxien lortutako isolatzailearen bidez eta gehitutako isolatzaile kantitate (kilogramo metro karratutan neurtuta) txikiaren bidez definitzen da balio hau.  $X_{\min} = 0,024$  puntuak.kg/m<sup>2</sup>.

Asetze minimoko balioa: eko-adierazlean puntu gehien lortutako isolatzailearen bidez eta gehitutako isolatzaile kantitate (kilogramo metro karratutan neurtuta) handienaren bidez definitzen da balio hau.  $X_{\max} = 1,345$  puntuak.kg/m<sup>2</sup>.

Parametro honen balio-funtzioa ahurra eta beherakorra izango da izan ere, zenbat eta puntuazio handiagoa lortu eko-adierazlean, orduan eta larriagoa izango da giza osasunean eragindako kaltea eta hortaz, asetze balioa txikiagoa izango da. (Ikusi 5.28. Grafikoa).



5.28. Grafikoa: Barruko aire kalitatea

**2) Isolatzailearen posizioa:** Alternatiba bakoitzean isolatzaileak duen posizioak etxebizitzaren barruko airearen kalitatea baldintzatuko du. Etxebizitzaren barruan kokatutako material kutsakor batek aire kalitate txarrago bat sortuko du, fatxadaren kanpoan dagoena baino, azken kasu honetan material honekiko kontaktua txikiagoa izango baita. Hortaz, adierazle hau ebaluatzeko orduan isolatzailearen posizioa aintzat hartuko da:

- **Fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sistema. SATE sistema:** material isolatzaileko iturri kutsatzaile posibleak oso efektu txikiak ditu, isolatzailea fatxadaren kanpoan dagoelako eta estalduragatik kapsulatuta baitago. Kasu honetan balio-funtzioaren balioa maximoa izango da.

- **Fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sistema. Fatxada aireztatua:** Isolatzailea fatxadaren kanpoan dago baina, estalduraren eta isolatzailearen artean aire-ganbera bat existitzen da. Isolatzailea atmosferarekin kontaktuan dago eta ez dago estaldurarekin babestuta. Hortaz, aurreko kasuan baino barruko airearen kalitatean arazo gehiago sor daitezke.

- **Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema:** Isolatzailea aire-ganberaren barruan dago, fatxadaren bi orrien artean. Isolatzailea orri baten bidez bakarrik babestuta

dago, barruko orria hain zuzen ere. Hortaz, isolatzailea iturri kutsakor posible bat bezala kontuan hartuko da.

- **Fatxadaren barnetik egindako isolamendu sistema:** Isolatzailea fatxadaren barrutik dago hau da, etxebizitzaren barruan. Isolatzailea bakarrik babestua dago igeltsuzko plaka baten bidez, kasu ia gehienetan. Hau dela eta, isolatzailea iturri kutsakor posible bat bezala kontuan hartuko da.

Asetze maximoko balioa: Isolatzailea fatxadaren kanpotik kokatzen denean definitzen da balio hau, SATE sistemaren bidez hain zuzen ere.

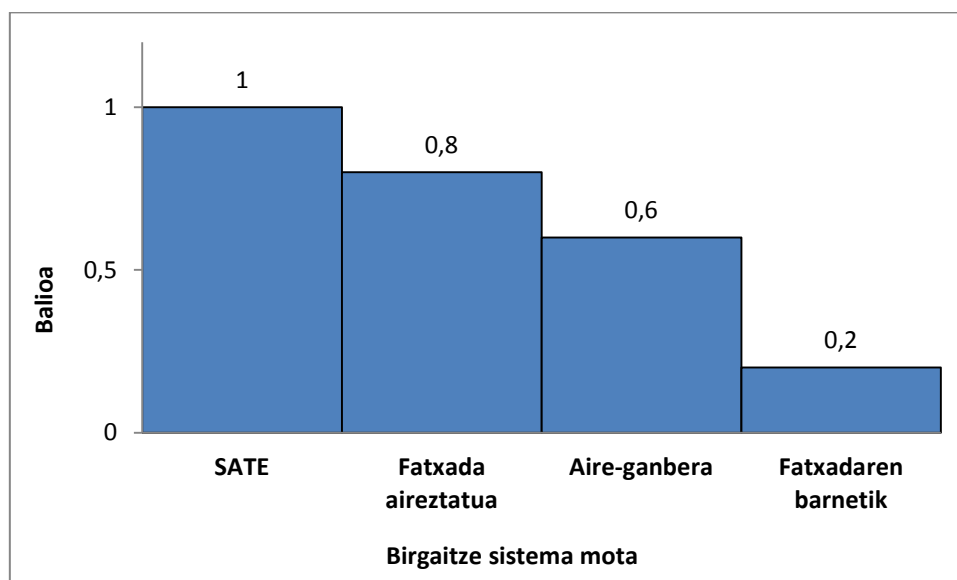
Asetze minimoko balioa: Isolatzailea etxebizitzaren barrutik kokatzen denean definitzen da balio hau, fatxadaren barnetik egindako isolamendu termikoko sistemaren bidez hain zuzen ere.

Parametro honen funtzioa hurrengo funtzio tabulatuaren bidez zehazten da, 5.28. Taula:

Isolatzailearen posizioa				
X	SATE	Fatxada aireztatua	Aire-ganbera	Fatxadaren barnetik
Y	1	0,8	0,6	0,2

5.28. Taula: Iturri kutsagarria isolatzailearen posizioaren arabera

Balio-funtzioaren forma funtzio tabulatu bat izango da eta hurrengo 5.29. Grafikoaren bidez adierazten da:



5.29. Grafikoa: Iturri kutsakorren eragina isolatzailearen posizioaren arabera

Adierazle hau aipatutako bi parametroak kontuan hartuta zehazten da. Adierazlea ez dago era berdinean baldintzatua bi parametro hauekiko beraz, parametro bakoitzak pisu bat izango du. Aurreko adierazleetan egin den bezala, parametro bakoitzaren pisua ezartzeko adituen talde

bati kontsultatu zaio. Hortaz, adierazlearen %54ko pisua baldintzatuta dagoela isolatzailearen motarekin zehaztu da hau da, iturri kutsakorrarekin. Bestea, %46a, isolatzailearen posizioak baldintzatzen du.

Aipatutako bi parametroak aintzat hartuta, adierazlea hurrengo ekuazioaren bidez definituko da:

$$V_{ind} = 0,54 * Y_{isolatzailea} + 0,46 * Y_{isolatzailearen\ posizioa} \quad [5. 17]$$

Non:

- $Y_{isolatzailea}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balioa kontuan hartuta, erabilitako isolatzaile mota.
- $Y_{isolatzailearen\ posizioa}$  = Alternatiba bakoitzaren asetze balioa kontuan hartuta, erabilitako isolatzailearen posizioa fatxadan.

Adierazlearen balioa 0 eta 1 artean egon beharko da.

Asetze maximoko balioa: [5. 17] ekuazioaren bidez kalkulaturako balio maximoaren bidez definituko da. Gutxien kutsatzen duen isolatzailea (eko-adierazlearen arabera puntu gutxien lortutakoa) eta isolatzailea fatxadaren kanpotik dagoenean (SATE sistema erabiltzean).

Asetze minimoko balioa: [5. 17] ekuazioaren bidez kalkulaturako balio minimoaren bidez definituko da. Gehien kutsatzen duen isolatzailea (eko-adierazlearen arabera puntu gehien lortutakoa) eta isolatzailea fatxadaren barnetik dagoenean (barnetik egindako isolamendu termikoko sistema).

#### 5.5.4.7. Barruko konfort akustikoa

- Definizioa

Alternatiba bat instalatzean, beste alternatiba batekin alderatuta, etxebizitzaren barruan lortzen den konfort akustikoa ebaluatuko du adierazle honek.

Etxebizitza barruan existitzen den zarataren jatorria ondorengo izan daiteke: kanpotik barrurako transmisioa, aparatuen arteko transmisioa, barneko gainazalen zaraten absortzioa/erreflexioa edo/eta HVAC sistema. Zarata honek eragozpenak sor ditzake eraikinaren barruan dauden pertsonen.

Eraikina isolatzaile baten bidez isolatzean, kasu ia gehienetan, etxebizitza barruko konfort akustikoa hobetzen da, existitzen den zarata murrizten baita. Gainera, isolatzaileaz gain material gehiago gehitzen zaio fatxadari kanpotik edo barrutik, konfort akustiko handiago bat lortuz zenbat eta, material kantitate gehiago gehitzean.

Hau dela eta, bukaeran gehitzen den materialaren kantitateak inpaktu akustikoan eragina dauka. Zenbat eta material kantitate gehiago gehitu eraikinari, orduan eta konfort akustiko handiagoa izango da etxebizitzaren barruan. Aire-ganberan injektatzean edo insuflatzean gehitzen den materiala isolatzailearena izango da bakarrik hortaz, alternatiba honek asetze minimoko balio zehaztuko du. Esku-hartzea etxebizitzaren barrutik denean erabiltzen den material kantitatea etxebizitza barruan sortzen diren espazio galerekin erlazionatuta dago,

honen inguruan komentatu den adierazlean aipatu den bezala. Asetzeko maximoko balioa aldiz, material kantitate gehien gehitzen duen alternatibaren bidez definituko da.

- Balioztatzeko era

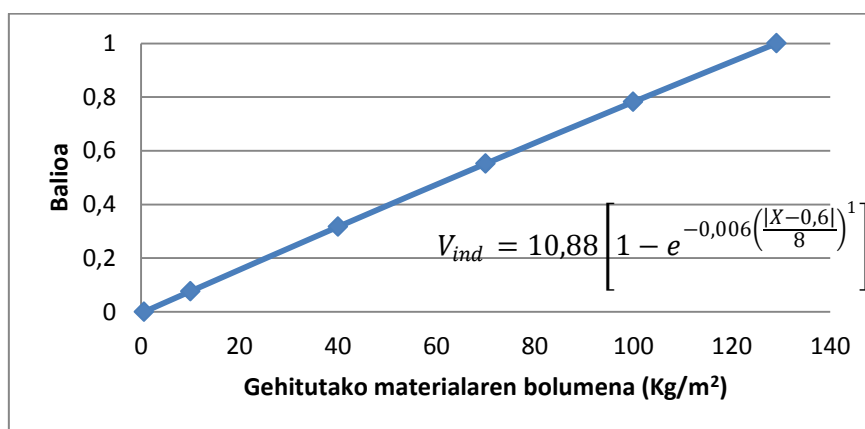
Alternatiba batekin, beste batekin alderatuta, fatxadan gehitzen den material kantitate totala kontuan hartuta, adierazle honek etxebizitzaren barruan lortzen den konfort akustikoaren hobekuntza ebaluatuko du.

Asetze maximoko balioa: Gehitu den material kantitate handienaren bidez definitzen da balio hau. Hartzeko plakazko estaldura batez osatua dagoen fatxada aireztatu baten kasua izango da.  $X_{\max} = 129,1 \text{ kg/m}^2$ .

Asetze minimoko balioa: Gehitu den material kantitate txikienaren bidez definitzen da balio hau. Kasu hau aire-ganberaren barnetik isolamendu sistema da.  $X_{\min} = 0,6 \text{ kg/m}^2$ .

- Balio-funtzioa

Proposatzen den balio-funtzioa funtzio hazkorra izango da izan ere, zenbat eta gehitu den material kantitate handiagoa izan, orduan eta zarataren aurrean sortutako asetzea handiagoa izango da. Funtzioaren forma lineala izango da, funtzioa proportzionalki aldatzen baita. (Ikusi 5.30. Grafikoa).



5.30. Grafikoa: Barruko konfort akustikoa

### 5.5.4.8. Ondare arkitektonikoa

- Definizioa

Adierazle honek erabiliko den alternatiba ebaluatuko du, kontuan hartuta eraikinak daukan babes gradua, hau da, eraikina ondare arkitektonikoa den edo ez kontuan hartuta.

Eraikin bat ondare arkitektonikoa bada, eraikina babestuta dago eta hortaz, ezin da eraikinaren itxitura aldatu.

Esku-hartzea kanpotik den alternatibetan eraikinaren itxitura aldatzen denez, ezin dira babestuta dauden eraikinetan erabili.

Aire-ganberaren barrutik isolamenduko sistemetan esku-hartzea kanpotik denean, ez da eraikinaren itxitura aldatzen hau dela eta, eraikin mota hauetan erabili daitezke sistema hauek.

- Balioztatzeko era

Bi aukera bakarrik daudenez, hau da, eraikina babestua egotea edo ez, asetze balioa baldintza horren bidez definituta egongo da.

Asetze maximoko balioa: birgaituko den eraikinaren fatxada mantentzen duen alternatibaren bidez definitzen da balio hau. Esku-hartzea etxebizitzaren barnetik edo aire-ganberaren barnetik egingo den sistemen kasua izango da.

Asetze minimoko balioa: birgaituko den eraikinaren fatxada mantentzen ez duen alternatibaren bidez definitzen da balio hau. Isolatzailea fatxadaren kanpotik kokatzen den sistema guztien kasua izango da.

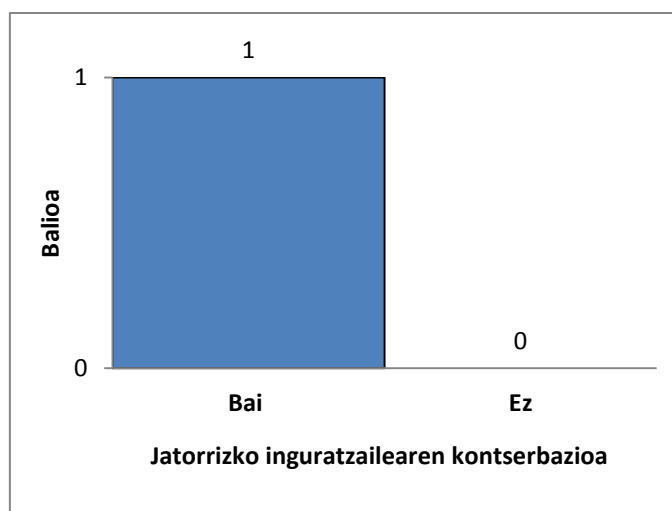
- Balio-funtzioa

Adierazle honen balio-funtzioa, hurrengo funtzio tabulatuaren bidez definitzen da, ikusi 5.29. Taula:

Jatorrizko ingurutzaileraren kontserbazioa		
X	Bai	Ez
Y	1	0

5.29. Taula: Jatorrizko ingurutzaileraren kontserbazioa

Proposatzen den balio-funtzioaren forma eskaloi funtzio bat da, asetze balioa 1 edo 0 bakarrik izan daitekeelako, hurrengo 5.31. Grafikoa ikus daiteken bezala.



5.31. Grafikoa: Ondare arkitektonikoa

#### 5.5.4.9. Ingurunera egokitzeko gradua

- Definizioa

Adierazle honek alternatiba batek, beste batekin alderatuta, eraikinaren ingurunera egokitzeko duen gradua ebaluatuko du, eraikina kokatzen den ingurunearen arabera.

Birgaitzea eraikinaren kanpotik egiten bada, eraikinaren jatorrizko estaldura aldatzen da eta honekin batera eraikinak duen estetika. Hau dela eta, isolatzailea fatxadaren kanpotik instalatzen den alternatibetan egindako birgaitzearen inpaktu estetikoak ebaluatu beharko da.

Eraikinaren estetikak eraikinaren kanpoko fatxadak duen ikuste-itxura definitzen du, hau da, kontuan hartuta kanpoko fatxadaren kolorea, testura, forma, etab. Kasu gehienetan, eraikina bakarrik egiten duen berezko ezaugarri bat da estetika, beste erakinetatik bereiztuz edo auzoaren, hiriaren edo herriaren izaera definituz. Halaber, fatxada baten kolorea, beste aspektuen artean, eraikina kokatzen den lekuaren historiarekin erlazionatuta dago, eraikuntzan erabilitako bertako materialengatik, bertako eraikuntzako konponbideengatik eta bertako eskulanagatik. Azken finean, eraikinaren estetika, ia kasu gehienetan, eraikina eraiki zen momentuan zegoen eraikuntzako kultura lokalarekin erlazionatuta dago.

Eraikinaren ikuste-itxuran aldaketa drastiko bat maizterren artean desadostasunak ekar ditzake, auzoaren estetika eta batzuetan eraikinaren izaera bera aldatzen direlako.

- Balioztatzeko era

Ingurunera egokitzeko gradua ebaluatzeko alternatiba bakoitzaren inpaktu estetikoak neurtuko dira, kontuan izanda erabilitako estaldurarako edo itxiturarako materialak.

Alternatiba bakoitzean erabilitako estaldurarako materialarekin lortzen den egokitze gradua ebaluatzeko, hurrengo aspektuak kontuan hartuko dira: kolorea eta testura. Kolore eta testura gama handietan fabrikatu daitezkeen materialak existitzen dira. Honela, jatorrizko fatxadaren ia berdina den kolore eta testura lor daiteke, esku-hartzearen inpaktu estetikoak murriztuz.

Adierazle hau kualitatiboa izango da, balio-funtzioa zehazten baita, kontuan hartuta momentu konkretu bateko portaera egoera. Funtzioa eraikitzen da prozesuan parte hartzen duten pertsonen pertzepzioen, usteen edo juizioen bidez. Hauek baloratuko dute alternatiba bakoitzak duten ingurunera egokitzeko gradua, kontuan hartuta erabilitako estaldurarako materiala. Balorazioa hurrengo aukeren bidez zehazten da:

- **Oso ona:** Ingurunearekin ematen den egokitzea oso ona da, jatorrizko eraikinaren fatxada ez baita aldatu. Kasu hau emango da fatxadaren barnetik eta aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemetan.
- **Ona:** Fatxadan erabilitako estalduraren materialaren kolorea eta testura jatorrizko fatxadaren ia berdina da. Jatorrizko fatxada imitatzen duen plakazko estaldura erabiltzen denean kanpoko estaldurako.
- **Erregularra:** Fatxadaren estaldurarako erabiltzen den materialak bakarrik jatorrizko fatxadaren kolorea imitatzen duenean. Erabilitako estaldurarako materiala morteroa denean.
- **Nulua:** Fatxadaren estaldurarako erabiltzen den materialak jatorrizko eraikinaren estetika guztiz aldatzen duenean.

Asetze maximoko balioa: jatorrizko fatxada mantentzen duen alternatibaren bidez definitzen da balio hau.

Asetze minimoko balioa: jatorrizko fatxada mantentzen ez duen alternatibaren bidez definitzen da balio hau.

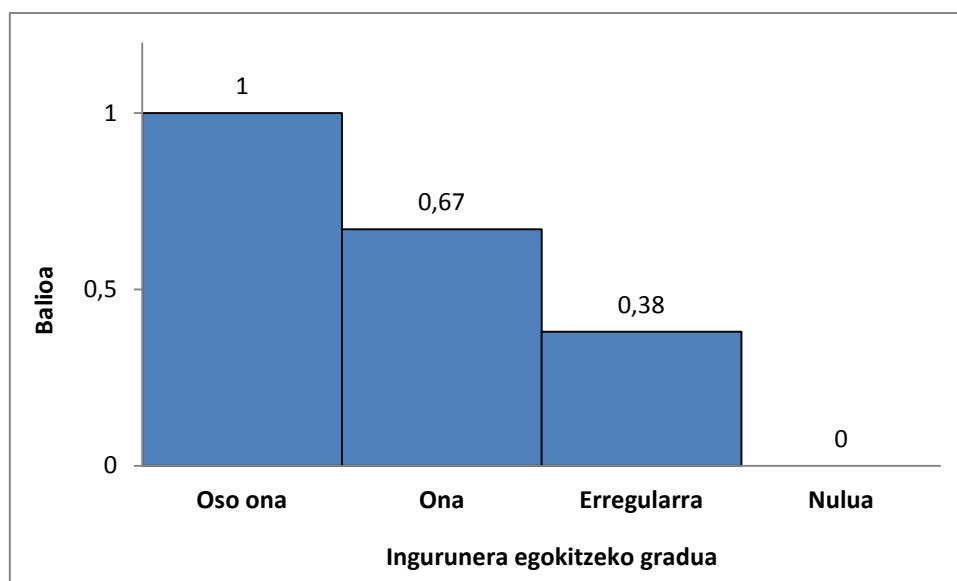
- Balio-funtzioa

Funtzio tabulatu bat proposatu da adierazle honentzat (Ikusi 5.30. Taula), goian aipatutako aukerak bakarrik existitzen direlako eta balio-funtzioa antzekoa delako guztientzat.

Ingurunera egokitzeko gradua				
X	Oso ona	Ona	Erregularra	Nulua
Y	1	0,67	0,38	0

5.30. Taula: Ingurunera egokitzeko gradua

Hau dela eta, proposatzen den balio-funtzioa funtzio tabulatu bat izango da, hurrengo 5.32. Grafikoa ikus daitekeen bezala.



5.32. Grafikoa: Ingurunera egokitze gradua

#### 5.5.4.10. Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa

- Definizioa

Adierazle honen bidez, alternatiba batekin beste batekin alderatuta, jatorrizko fatxadaren lortzen den hobekuntza estetikoa ebaluatzen da.

Birgaituko diren eraikin ia gehienetan, fatxada ez da aldatu eraikina eraiki zenetik. Fatxadak patologia izaten ditu, esaterako zikinkeria eta estaldura osatzen duen materialaren jaulkitzea. Halaber, kasu batzuetan eraikinaren instalazio nagusien harguneak (gas hodiak edo kableatu elektrikoak) fatxadaren zehar gaude eta erraz ikus daitezke.

Eraikinaren jatorrizko fatxada aldatzen den birgaitze sistemetan patologia horiek hobetzen dira eta kableatua edo gas hodiak ezkutatzea lortzen da. Honela, fatxadaren estetika hobetzen da, bere itxura gaztetuz jatorrizko fatxadarekin konparatuta. Hortaz, jatorrizko fatxadaren hobetze estetiko batek eraikina eta bere ingurunea errebalorizatzen du.

- Balioztatzeko era

Asetze balioa baldintzatuta egongo da jatorrizko fatxadaren aldaketarekin.

Asetze maximoko balioa: Birgaituko den eraikinaren fatxada aldatuko duen alternatibak zehazten du balio hau. SATE sistema eta fatxada aireztatua hain zuzen ere.

Asetze minimoko balioa: Birgaituko den eraikinaren fatxada aldatuko ez duen alternatibak zehazten du balio hau. Isolatzailea etxebizitzaren barruan edo aire-ganberaren barruan kokatuta dagoen alternatiba guztiak hain zuzen ere.



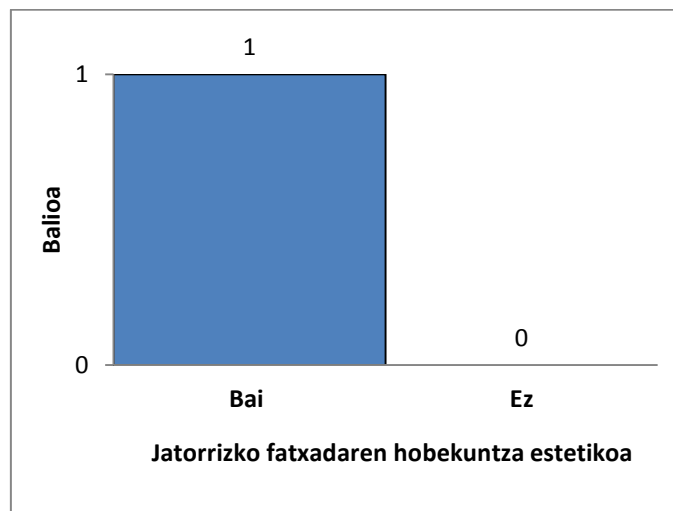
- Balio-funtzioa

Adierazle honen balio-funtzioa, hurrengo 5.31. Taula bidez definitzen da:

Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa		
X	Bai	Ez
Y	1	0

5.31. Taula: Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa

Proposatzen den balio-funtzioa eskaloi funtzio bat izango da, asetze balio 1 edo 0 bakarrik izan daitekeelako, hurrengo 5.33. Grafikoan ikus daitekeen bezala.



5.33. Grafikoa: Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa

## 5.6. Alternatiben balorazioa

### 5.6.1. Erabaki-zuhaitzaren haztapena

Erabaki-zuhaitzaren haztapena egin ahal izateko, multzo berdinari dagokion aldagai desberdinei pisuak esleitzen zaizkie. Haztapena erabaki-zuhaitzaren maila hierarkikoa kontuan hartuta burutzen da. Honela, errekerimendu, irizpide eta adierazle bakoitzaren garrantzi maila zehazten da.

Kasu honetan, pisuen esleipena egiteko Delphi metodoaren bidez egindako esleipen zuzena erabiliko da, adituen lan talde batekin burutu daitekeelako eta aplikazioa erreza delako. Metodo hau ikerkuntza teknika bat da, adituen panel baten bidez iritzi bat lor daitekeelarik (128). Kasu honetan, adituen panela osatuta egon daiteke tekniko preskriptoreen bidez, birgaitze enpresen bidea eta etxebizitzetako jabeen bidez. Adituei kontsultatzen zaie gutxienez kontu beraren gain bi aldiz, emandako erantzunean berriro pentsa dezaten. Hortaz, prozesu

iteratibo bat da. Eraitza ona lortzeko galderak era egokian egin behar dira erantzunen tratamendu kuantitatibo eta estatistikoa egin ahal izateko.

Jarrian, hurrengo 5.32. Taulan erabaki-zuhaitzaren elementu guztietan esleitutako pisua ikus daiteke, kontuan hartuta adituek emandako garrantzi gradua.

ERREK.	Pisua	IRIZPIDEAK	Pisua	ADIERAZLEAK	Pisua
Ekonomikoa (E)	%26	Kostuak (E1)	%56	Materialaren kostua (E1.1)	%28
				Instalazioaren kostua (E1.2)	%37
				Mantenuko urteroko kostua (E1.3)	%35
		Inbertsioaren errentagarritasuna (E2)	%44	Errentagarritasuna (E2.1)	%100
Ingurumena (I)	%18	Erabilitako materialak (I1)	%55	Birziklagarritasuna (I1.1)	%35
				Sortutako hondakinak (I1.2)	%32
				Ingurumen-inpaktua (I1.3)	%33
		Emisioak (I2)	%44	CO <sub>2</sub> -aren aurreztea (I2.1)	%100
Funtzionala (F)	%30	Eraikuntzako konponbideak (F1)	%37	Egikaritzearen konplexutasuna (F1.1)	%100
		Segurtasuna (F2)	%33	Suaren aurkako erreakzioa (F2.1)	%52
				Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea (F2.2)	%48
		Kondentsazioak (F3)	%30	Kondentsazioen aurkako isolatzailearen portaera (F3.1)	%100
Soziala (S)	%26	Sortutako eragozpenak (S1)	%27	Etxebizitza uzteko beharra (S1.1)	%47
				Instalazioaren ondoren espazio galera (S1.2)	%34
				Aldamioen beharra (S1.3)	%19
		Jabeentzako desegokitasuna (S2)	%17	Jabeen arteko adostasunaren beharra (S2.1)	%100
		Konfort eta osasuna (S3)	%27	Barruko konfort termikoa (S3.1)	%39
				Barruko aire kalitatea (S3.2)	%29
				Barruko konfort akustikoa (S3.3)	%32
		Ondare arkitektonikoa (S4)	%12	Ondare arkitektonikoa (S4.1)	%100
		Estetikoa (S5)	%17	Ingurunera egokitzeko gradua (S5.1)	%45
				Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa (S5.2)	%55

5.32. Taula: Erabaki-zuhaitzaren haztapena



## **6. Kapituluua: METODOLOGIAREN APLIKAZIO PRAKTIKOA**

## 6.1. Sarrera

Ezari den metodologia egiaztatzeko, eraikinen eraginkortasun energetikoaren inguruan lehen eraikuntza araua (NBE-CT-79) indarrean sartu baino lehen eraikitako eraikin bat erabiliko da. Ikertuko den eraikinak ez du inolako isolamendu termikorik eta eraikina energetikoki pobrea da. Hortaz, eraikinaren eraginkortasun energetikoa hobetzeko eraikina birgaitzea beharrezkoa da. Honela, eraikinak aurrezte energetiko kontuetan Eraikuntzaren Kode Tekniko (EKT) berriak ezartzen dituen exijentziak beteko ditu birgaitu ondoren.

## 6.2. Eraikinaren deskribapena

Aztertuko den eraikina tradizionalki ezkerraldea<sup>17</sup> deituriko eremuan kokatuta dago. Bizkaia probintziako Bilboko metropolialdearen edo Bilboaldearen barruan.



6.1. Irudia: Bizkaiko mapa

Eraikina 1967 urtean eraiki zen eta eraikinaren modelo arkitektonikoa garai horretako berezko etxebizitza-bloke motakoa da. Etxebizitza-blokearen 60 m<sup>2</sup>-ak bi logeletan eta bainugela, egongela eta sukalde batean banatuta daude. Etxebizitzaren orientazio nagusia mendebaldetik ekialdera da, aireztapen gurutzatua eta argiztapen naturala lortuz ia egun osoan zehar. Eraikinaren altuera zortzi metrokoa da, gutxi gorabehera.

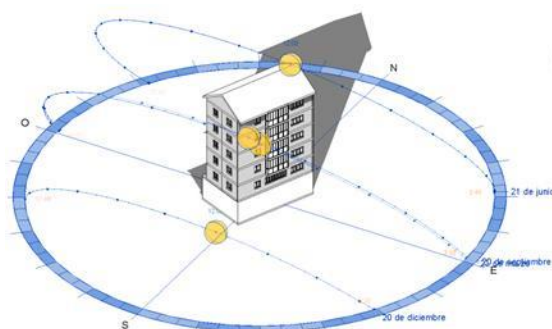
<sup>17</sup> Bilboko metropolialdea edo Bilboaldea Nerbioi ibaiaren ibilbidearen zehar (ibaiaren bokaleraino) dauden udalerriek osatzen duten zonalde bat da. Zonalde hau hainbat eskualdetan banatzen da, horietariko bat tradizionalki Ezkerraldea deiturikoa izanik. Eskualde hau, bere izenak adierazten duen bezala, Bilboko itsasadarraren ezkerraldean kokatuta dauden herrialdeek osatzen dute. Zonalde hau historikoki industrialekin lotuta egon da.



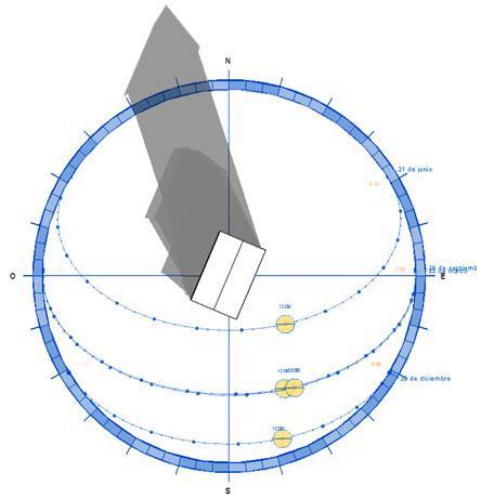
6.2. Irudia: Aztertuko den eraikina

Eraikinaren fatxada nagusiak ipar-mendebalderantz eta hego-ekialderantz orientatzen dira. Azken orientazio horretan etxebizitzetako begiratokiak kokatzen dira. Eraikinaren sarrera nagusiak ipar-mendebaldean daude. Ipar-mendebaldeko fatxada urtean zehar eguzki-erradiazio gutxien jasaten duena da, gehien bat neguan. Hego-ekialdeko eta hego-mendebaldeko fatxadak aldiz, eguzki-erradiazio gehien jasaten dutenak dira.

6.3. Irudian eta 6.4. Irudian eguzkiaren solstizio eta ekinokzio ibilbideak adierazten dira. Lau kasuetan eguzkiaren intzidentzia handiagoa den orduan (12:00 am) proiektatzen diren itzalak ere adierazten dira. Ikus daitekeen bezala, eguzki-erradiazioa handiagoa den orduetan hego-mendebaldeko eta ipar-ekialdeko fatxadak itzalpean daude, orientazio hauek izanik eguzki-erradiazioa gutxien aprobetxatzen dutenak. Gainera, ordu horietan eguzki izpiek plano horizontalarekiko duten inklinazio handiak ekiditen du bere ibilbidea oztopatua izan dadin hala nola, alboko eraikinengatik eta zonaren desnibel topografikoagatik.



6.3. Irudia: Eguzkiaren solstizio eta ekinokzio ibilbideak perspektiban 12.00 am-tan



**6.4. Irudia: Eguzkiaren solstizio eta ekinokzio ibilbideak oinplanoan 12.00 am-tan**

Erakina hiri-lurzoru finkatuan dagoen eta beste eraikinak dauden etxe-uhartearen barnean dago. Etxebizitza-blokeko hiru ilarak garai eta eraikuntzako tipologia berekoak dira, etxe-uharte horretan dauden eta auzoaren irudia itxuratzen duten eraikinak bezala. Oinplanoan banaketa antzekoa da, baina aldaketa txiki batzuekin, hurrengo 6.5. Irudian ikus daitekeen bezala. Irudi honetan ikusten da leihoen banaketa desberdina dela buruhormetan.



**6.5. Irudia: Eraikina kokatzen den Etxe-uhartea.**

Eraikina bizitegi-erabilerakoa da eta goiko solairuetan zein beheko solairuetan (kale mailan) etxebizitzak ditu. Eraikinak bi ezkaratzetan banatzen diren 20 etxebizitza ditu, solairu bakoitzeko bi etxebizitza daudelarik.

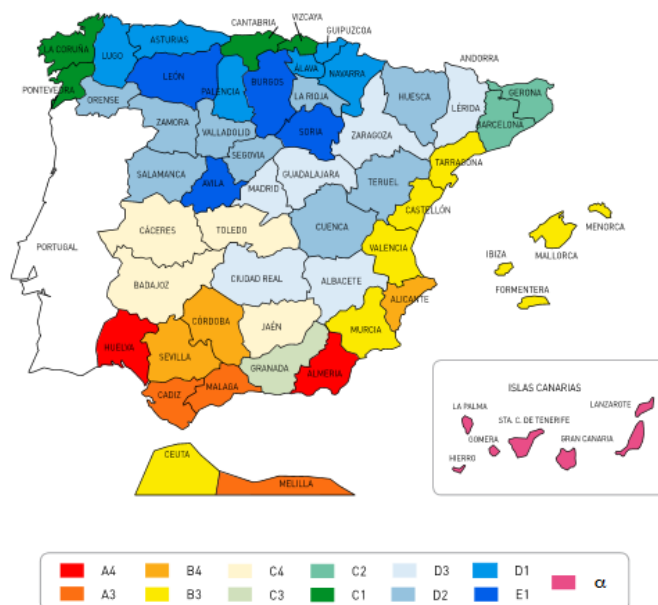
Zonaren topografia dela eta, eraikinaren parte bat partzialki lurperatuta dago. Honek sotorako lekua existitzea baimentzen du. Kasu honetan, erdisotoaren eremua bizitegi-zatiarekin bisualki bereizten da, zonalde honen itxitura harrizko plakazko estaldurazkoa baita. Eraikina eraiki zen garaian oso ohikoa zen merkataritza-erabilera edo bizitegi-erabilera ez zen beste erabilera zuten solairuen kanpoko hormak harrizkoak egitea. Horma hauetatik gora bistako adreiluzkoa zen fatxada nagusia altxatzen zen nahiz eta, kasu batzuetan fatxada estaldu ere egiten zen. Aztertzen ari garen kasuan, altuera desberdinetan dauden forjatuen gainean ezartzen da bistako adreiluzko fatxada, bere jarraitasuna bertikalki apurtuz eta lerro horizontal batzuk agertuz.



### 6.2.1. Zona klimatikoa

Eraikuntzaren Kode Teknikoaren Oinarrizko Dokumentuetan Energia eskaera mugatzen duen sekzioan (EKT-OD-HE1), eraikinen zona klimatikoa ezartzen da, eraikina kokatzen den lekuaren neguko eta udako gogortasuna kontuan izanda. Honela, eraikinaren ingurutzalearen ezaugarri termikoak ezar daitezke. Eraikinak daukan zona klimatikoaren arabera, arauaren sekzio horretan transmitantzia termikoaren mugak eta orientagarria den transmitantzia termiko bat ezartzen dira energia eskaera mugatzeko (18).

Eraikina Bilbo ondoan kokatuta dago, Bizkaia probintzian hortaz, eraikinaren zona klimatikoa C1 da, hurrengo 6.6. Irudian ikus daiteken bezala.



6.6. Irudia: Zona klimatikoen banaketa, EKT-aren arabera

Hurrengo 6.1. Taulan, aipatu den EKT sekzioan zehazten diren transmitantzia termikoko balio limiteak eta orientagarriak adierazten dira. Ezarri den metodologiarekin bakarrik aztertuko dira fatxada birgaitzeko konponbideak beraz, bakarrik kontuan hartuko da fatxaden transmitantzia termikoa.

Transmitantzia termikoa (W/m <sup>2</sup> K)	Zona klimatikoa C1	
	U <sub>Mlim</sub> (limitea)	U <sub>M</sub> (orientagarria)
Fatxada-hormak eta lursailarekin kontaktuan dauden itxiturak	0.73	0.29

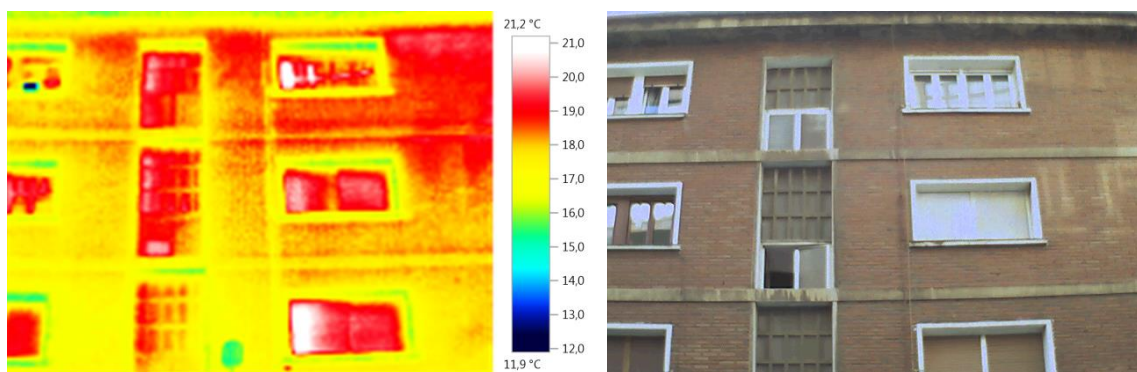
6.1. Taula: Birgaitzeko den fatxadaren transmitantzia termikoaren balioak, EKT-aren arabera

### 6.2.2. Termografia

Termografia infragorria kaltegarria ez den teknika bat da. Teknika honen bidez bat-batean edozein objektuko gainazal-tenperatura neurtu daiteke, bere emisibilitatearen funtziopean. Eraikinak izan ditzakeen zubi-termikoak eta ur-iragazketak antzemateko oso baliagarria den tresna bat da. Gainera, teknika honekin lortzen diren irudien interpretazioak birgaitzeko eraikuntzako konponbiderik egokienak balioestea laguntzen du. Izan ere, konponbideak neurri handi batean eta estandar ekonomiko batzuen barruan, inguratzaileren eraginkortasun energetikoaren hobekuntzan eragin dezake.

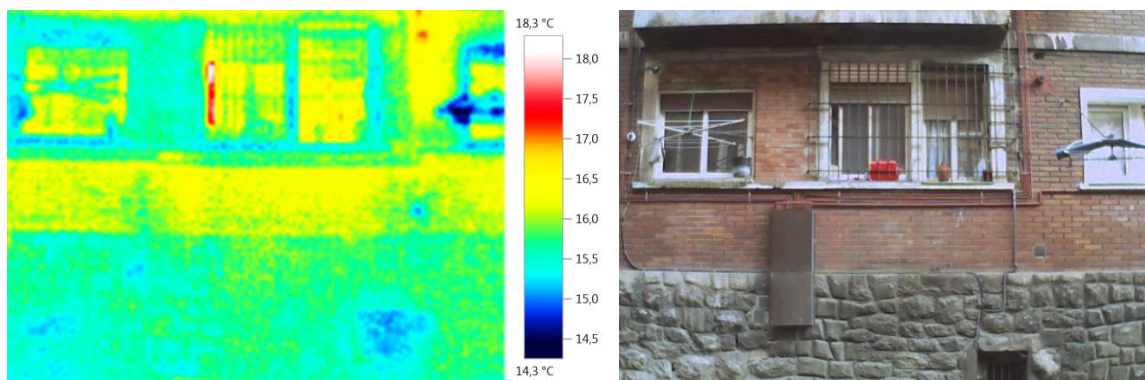
Hurrengo 6.7. Irudian, aztertzen ari den eraikinaren fatxadari egindako termografia ikus daiteke. Honetan tenperatura desberdinetan dauden gainazalak ikus daitezke eta hortaz, zubi-termikoak daudela ikusten da. Antzeman daitezke forjatuaren lerroak, leihoen inguruak eta gehien bat leihoen beirak nondik bero gehien galtzen den.

Eraikinaren alderik altuenean, azken solairuan, paramentoaren tenperaturaren handitzen graduala ere antzeman daiteke. Hemen biltzen baita neurri handi batean beroa, beste zonetan baino eguzki-erradiazio gehiago jasaten duelako eta solairu baxuetatik altuetara igotzeko beroak duen joeragatik.



6.7. Irudia: Eraikinaren fatxadaren termografia eta argazkia

Zubi-termikoez gain, bizigarriak ez diren espazioak ere antzeman daitezke, erdisotoa bezalako espazioa. Erdisotoa etxebizitzako espazio erabilgarriak baino tenperatura txikiagoan dago, hurrengo 6.8. Irudian ikus daitezkeen bezala. Honek bero galeretan eragina du eta horregatik, beheko solairuetako bero galerak handiagoak izango dira.



6.8. Irudia: Beheko solairua eta erdisotoaren arteko topaketaren termografia eta argazkia

### 6.2.3. Azterketa teknikoa

Kontuan hartuta egindako EAT (Eraikinen Azterketa Teknikoa), eraikinaren estalkiak ez du inolako patologiarik eta antza denez duela ez asko birgaitua izan da. (Ikusi eranskinak)

Egituraren azterketa bisualaren arabera, estalkian gertatzen den bezala, ez da inolako patologiarik antzematen.

Fatxadak ordea bai ditu patologiak esaterako, zikinkeria eta estaldura osatzen duen materialaren jaulkitzea eta pitzadurak. Ikuspegi termikotik, etxebizitza batzuetan kondentsazioak daude. Kondentsazio hauek itxurako euskarriko materialaren narriadura sor dezakete eta hortaz, energia galerak sortu. Gainera, barneko konfortean eta maizterren osasunean eragin dezakete.

Eraikinera doazen harguneko instalazio orokorren parte bat, kableatu elektrikoa edo gas-hodiak adibidez, kanpoko aurpegitik zeharkatzen dute fatxada eta erraz ikus daitezke. Bere baldintzari dagokionez, nahiz eta gaur egun itxurazko arriskurik ez aurkeztu, hondatzeari oso erakutsita daude.

Euri-urak husteko instalazioak (zorrotan) ere fatxadaren kanpotik doaz, baina kasu honetan onuragarria izan daiteke izan ere, instalazio mota hauetan ager daitezkeen ur-ihesak eta iragazketak arrisku larriak sor ditzake. Ur-ihesi hauek hodietan egon daitezkeen oztopoen ondorioz sor daitezke eta zorrotan ezkutatuta daudenean konpontzea zaila da.

Leihoen kasuan, etxebizitza batzuek bero kantitate handia galtzen den beira sinpleko jatorrizko egur leihoak dituzte. Gainera, hauen mantentzerik ezak eta narriadurak, bero galerak handitzen dituzten pitzaduren eta lasaiaren agertzea dakar

Eraikinen eraginkortasun energetiko kontuetan, lehen eraikuntza araua (NBE-CT-79) indarrean sartu baino lehen eraiki zen eraikina. Gainera, EAT-ak adierazten du urteetan zehar ez dela aldatu eraikinaren fatxada. Hortaz, aztertuko den eraikinak ez dauka inolako isolamendu termikorik bere ingurutzailan hau dela eta, energetikoki pobrea da.

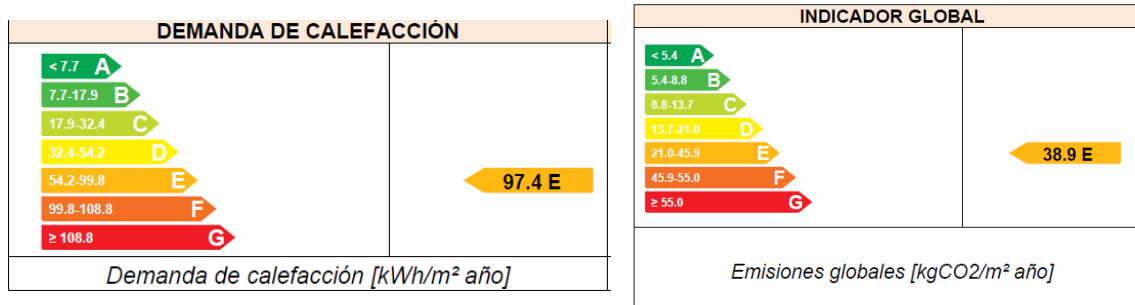
### 6.2.4. Ziurtagiri energetikoa

Eraikin baten edo bere parte baten ziurtagiri energetikoa, lehen mailako energiaren kontsumoen, eskari energetikoen eta karbonoaren emisioen balio batzuk definitzen ditu, ingurutzalearen ezaugarrien (bere instalazio termikoak eta energia aprobetxatzeko baliabideak) eta eraikinaren erabileraren funtziopean. Ziurtagiri hauen helburua eraikinaren eraginkortasun energetiko definitzea da, etorkizunean egin beharreko hobekuntza energetikoa zeintzuk izan daitezkeen ezartzeko. Ezartzen diren hobekuntza energetikoa hauek izan daitezke: fatxadan ezartzea isolamendu termikoko sistema pasiboak, etekin handiagoa duten energia-sorkuntzako sistema aktiboak esaterako, berokuntza zentrala eta kondentsaziozkoa, ekologikoa den erregaia erabiltzea esterako, biomasa edo energia berriztagarriak erabiltzea esaterako eguzki-panel termikoa eta panel fotovoltaikoa.

Eraikinaren kalifikazio energetikoa egiteko CEX v2.3 programa informatikoa erabili da.

Bero eta etxeko ur beroko instalazioak banakakoak dira eta erregai bezala, gas naturala eta elektrizitatea erabiltzen da. Eraikinaren etxebizitzetan ez dago inolako hozte-sistematik.

Eraikinak lortu duen kalifikazio energetikoa "E" izan da. Kontsumo energetikoen eraginez eraikinaren metro karratuko isuritako batezbesteko emisioak 21 eta 45,9 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>urte artean daude. Eta eraikinaren metro karratuko berogailuaren eskariaren batezbesteko balioa 54,2 eta 99,8 kWh/ m<sup>2</sup>urte artean dago (Ikusi eranskinak). Hurrengo 6.9. Irudian balio hauek ikus daitezke.



6.9. Irudia: Eraikinaren kalifikazio energetikoa

### 6.2.5. Estetika auzo mailan

Eraikinaren inguruan dauden eraikinetan etxebizitza-blokeen bizitegi-arkitektura nabarmentzen da, etxebizitza-bloke gehienak altura ertainekoak (5 solairu) dira nahiz eta, ondoren eraikitako 7 solairu baino gehiagoko eraikin batzuk ere dauden. Bistako adreiluzko fatxadak nagusitzen dira gehien bat eta kasu batzuetan, kapa bakarreko fatxadak edo zeramikazko plakazko estaldura duten eraikinak daude.

Aspaldiko langile-izaera definitzen duten etxebizitza-blokeen ugaritasuna ere nabarmena da. Hau 60 urtearen ondoren garapen industrialaren azkartasunak ekarri zituen etxebizitza beharren eraginez denbora labur batean langileentzat eraiki ziren auzoen adierazle da.

Eraikuntza hauek gehienbat, bere morfologiagatik nabarmentzen dira, hau da, ilaran hiri-ehun barruan dagoelako eta eraikinen sakonera estua delako, 10 metro baino gutxiagokoa.



6.10. Irudia: Eraikinaren zona

### 6.2.6. Eskala soziala

2015-eko Euskal Estatistika Erakundearen (Eustat) datuen (97) arabera, eraikina kokatzen den auzoan hurrengo banaketa soziala dago: %51a emakumeak dira, %7a etorkinak eta %20a langabezian dago. Gainera, auzoan bizi diren ia %30a 65 urte baino zaharragoak dira.



6.1. Grafikoa: Adin multzoa (%). Eustat 2015

Auzoren egoera soziala baliabide ekonomiko eskasak duen langile-auzo bat dela nabarmendu daiteke. Izan ere, langabezian dauden pertsona kopuru handia da eta mugikortasun urriko eta baliabide ekonomiko eskasak dituzten eraikinaren jatorrizko jabe zahartuak bizi dira. Azken hau egiaztatu daiteke, urteetan eraikinean egin den mantenua eskasa izan delako.

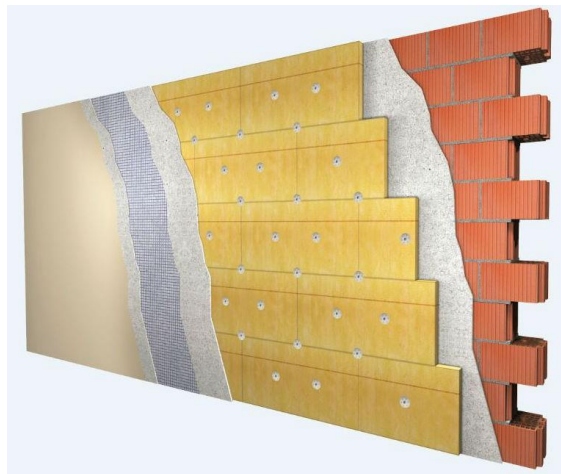
### 6.3. Alternatiben definizioa

Alternatibak definitzerako orduan, existitzen diren birgaitze sistema desberdinak, isolatzaile motak eta huen lodiera kontuan hartu beharko da. Honela, 5. Kapitulu definitu diren adierazleen erantzuna aztertu daiteke.

Gau egun erabiltzen diren birgaitze sistema ohikoenak lau dira: SATE sistemak, Fatxada aireztatutako sistemak, barnetik egindako isolamendu sistemak eta aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemak, 4. Kapitulu ikusi zen bezala. Beraz, sistema hauek kontuan hartuko dira alternatibak definitzerako orduan. Planteatutako lau sistema hauetan erabiliko den isolatzailea zuntz minerala (MW) da. 4. Kapitulu komentatu zen bezala, zuntz minerala gaur egun eraikuntzan gehien erabiltzen den materialetariko bat da, dituen ezaugarri termiko, akustiko eta suaren aurkako erresistentziagatik eta bere aldakortasunagatik, isolatzaile hau lau sistemetan erabili baitaiteke. Gainera, EPS eta Poliuretanoarekin batera zuntz minerala Espainian gehien erabiltzen den isolatzailea da (129).

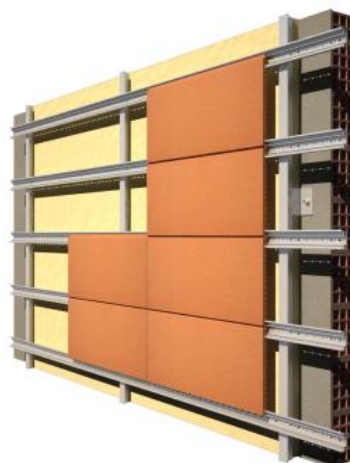
Hortaz, aukeratutako birgaitze sistemak hurrengo eran definituko dira:

**1) SATE bidez Fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sistema:** euskarrira morteroz eta lotura mekanikoz finkatutako zuntz mineraleko panel zurrun batez osatuta dago. Estaldura mortero dekoratzailez osatuta dago. Estaldurako morteroa jatorrizko fatxadaren kolore berekoa izango da hau da, adreilu gorria.



6.11. Irudia: SATE sistemaren eskema. (Isover)

**2) Fatxada aireztatu bidezko kanpotik egindako isolamendu sistema:** Fatxadaren euskarran mekanikoki finkatuta dauden zuntz mineraleko panelez eta kanpotik belo natural beltz batez estalduta, isolatzailea fatxada aireztatua egikaritzen den bitartean eguraldi txarretik babesteko. Kanpoko estaldura edo akabera jatorrizko fatxadaren kolore bereko estruitutako plaka zeramikoaz osatuta dago.



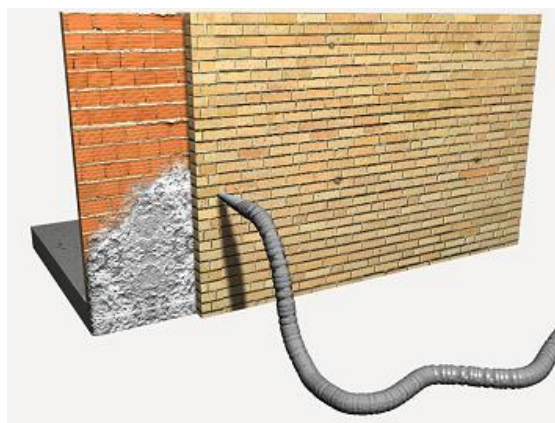
6.12. Irudia: plaka zeramikazko fatxada aireztatu sistema. (CYPE)

**3) Barnetik egindako isolamenduko sistema:** igeltsu ijestuko plakaz eta plakei gehitutako zuntz mineral isolatzailez osatutako trasdosatu zuzeneko sistema da.



6.13. Irudia: Trasdosatu zuzeneko barnetik egindako isolamendu sistema. (ISOVER)

**4) Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema:** aire-ganberaren barnetik zuntza mineral noduluen insulazioa fatxadaren kanpotik egiten da. Honela, isolatzailea eraikinaren inguratzailea osoan aplikatzen da.



6.14. Irudia: Aire-ganberaren insulazioa Kanpotik eginda. (CYPE)

Alternatiba egokiena aukeratzeko orduan isolatzaileak duen lodiera kontuan hartu beharreko faktore garrantzitsu bat ere da. Izan ere, lodierak fatxadaren transmitantzia termikoa zehaztuko du, aurreko kapituluan komentatu den bezala. Eraikinen aurrezte energetikoaren inguruan indarrean dagoen arauak (EKT-OD-HE) eraikinen eskakizun energetikoa mugatzeko bi transmitantzia termiko ezartzen ditu, bat transmitantzia limitea eta bestea orientagarria eraikina kokatzen den lekuaren zona klimatikoaren arabera, 5. Kapitulu

Zona klimatikoa	Transmitantzia termikoa (U) (W/m <sup>2</sup> K)	Isolatzailearen lodiera (mm)
C1	$U_{\text{limite}} = 0,73$	43
	$U_{\text{optimoa}} = 0,29$	133

6.2. Taula: Isolatzailearen lodiera, eraikinaren zona klimatikorako EKT-an ezartzen diren transmitantzia termiko balioen arabera. (Cener)

6.2. Taula kontuan izanda, EKT-ak ezartzen dituen transmitantzia termikoko balioak betetzeko, isolatzailearen lodiera 43 mm-koa izan beharko zen. Kostu globala eta kontsumo energetikoa kontuan hartuta kostu optimoa duen konponbidea lortu ahal izateko arauak ezartzen duen transmitantzia termikoko balio optimo edo orientagarria bete behar da. Transmitantzia balio hau lortzeko isolatzailearen lodiera 133 mm-koa izan beharko da. Existitzen diren merkataritza-lodierak kontuan hartuta eta transmitantzia termikoko balio horiekin betetzeko, aukeratu diren lodierak 50 mm eta 140 mm baliokoak izan dira. Halaber, 80 mm-ko bitarteko lodiera bat ere aukeratuko da.

Aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemen kasuan aukeratu den isolatzailearen lodiera aire-ganberak daukan lodieraren berdina izango da. Aztertzen ari den eraikinaren kasuan, aire-ganberaren lodiera zenbatekoa den ezaguna ez denez, 3. Kapitulu



Isolatzailen moten aurrean adierazleen erantzuna zein den aztertzeko, beste bi isolatzaile mota aukeratuko dira. Horietako bat Poliestireno hedatua (EPS) izango da izan ere, dituen ezaugarri termikoen ondorioz birgaitze sistemetan oso erabilgarria den material bat da. Aukeratuko den beste isolatzailea kortxo naturala (ICB) izango da, ekologikoa eta bere bizitza-ziklo osoan jasagarria den isolatzaile bat baita. Bi isolatzaile mota hauek bakarrik erabiliko dira SATE sistemen bidez fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sisteman. Fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sistemak eraikinak termikoki birgaitzeko sistema erabilienak dira, hauekin erakinean dauden zubi-termikoak kentzen baitira eraikinaren efizientzi energetikoa handituz. Dauden fatxadaren kanpotik egindako isolamendu sistemetatik ekonomikoa dena hartuko da, aztertuko den eraikina kokatzen den auzoaren egoera sozioekonomikoa kontuan hartu baita. Halaber, isolatzaile mota hauetarako aukeratu den lodiera 80 mm-koa da, lodiera limite eta optimoaren artean dagoen lodiera izanik.



**Zuntz minerala**



**EPS**



**Kotxo naturala**

**6.15. Irudia: Alternatibak definitzeko hartu diren isolatzaile motak. (Grupo Puma)**

Birgaitzeko sistemetan isolatzaile motaz gain, kanpotik egindako isolamendu sistemetan erabiltzen den kanpoko estaldura kontuan hartu beharreko faktore bat da, 5. Kapituluan ikusi zen bezala. Hortaz, adierazleak duen erantzuna ebaluatzeko, alternatiba bezala lauza txiki bidezko estaldura zeramiko bat planteatzen da. Zeramikazko lauza txikiak bistakoak izango dira horrela, eraikina birgaitu ondoren estetika ikuspuntutik fatxadak ez du jasango aldaketa handirik, jatorrizko fatxadaren kanpoko estetikarekin alderatuta. Isolatzaile moten arabera definitu diren alternatibetan erabili den irizpide berdinarekin jarraituz, planteatuko den alternatiba 80 mm-ko lodiera duen zuntz mineral isolatzailez eta zeramikazko lauza txikiko estalduraz osatutako SATE sistema bat izango da.



**6.16. Irudia: Zeramikazko lauza txikiak. (IDAE)**



**Jatorrizko egoera**



**Birgaitu ondoren**

**6.17. Irudia: SATE sistemaren estalduran zeramikazko lauza txikien erabilera. (Condenor)**

Hurrengo 6.3. Taulan, metodologiaren aplikazio praktikoan aukeratu diren alternatibak laburtzen dira.

Alternatiba	Birgaitze sistema	Isolatzailer mota	Isolatzaileraren lodiera
1	Barnetik	Zuntz minerala	50 mm
2	Fatxada aireztatua		
3	SATE mortero dekoratiboarekin		
4	Aire-ganberaren barnetik		
5	Barnetik	Zuntz minerala	80 mm
6	Fatxada aireztatua		
7	SATE mortero dekoratiboarekin		
8	Barnetik	Zuntz minerala	140 mm
9	Fatxada aireztatua		
10	SATE mortero dekoratiboarekin		
11	SATE mortero dekoratiboarekin	Zuntz minerala	80 mm
12		EPS	
13		Kortxoa	
14	SATE mortero dekoratiboarekin	Zuntz minerala	80 mm
15	SATE zeramikazko lauza txikiekin		

6.3. Taula: Aukeratutako alternatibak

#### 6.4. Kasu praktikoan lortutako emaitzak

Planteatu den alternatiba bakoitzerako erabaki-zuhaitzean definitu diren adierazleen balioak kalkulatu behar dira. Horretako, 5. Kapituluaren deskribatu diren adierazleen funtzioak erabiliko dira. Kapitulu horretan funtzioek lau forma desberdin izango zituztela ezarri zen: lineala, parabolikoa, tabulatua eta eskaloitua.

Jarraian, adierazleen balioak lortzeko prozedura deskribatzen da adierazleak balioztatzeko lau forma hauen arabera.

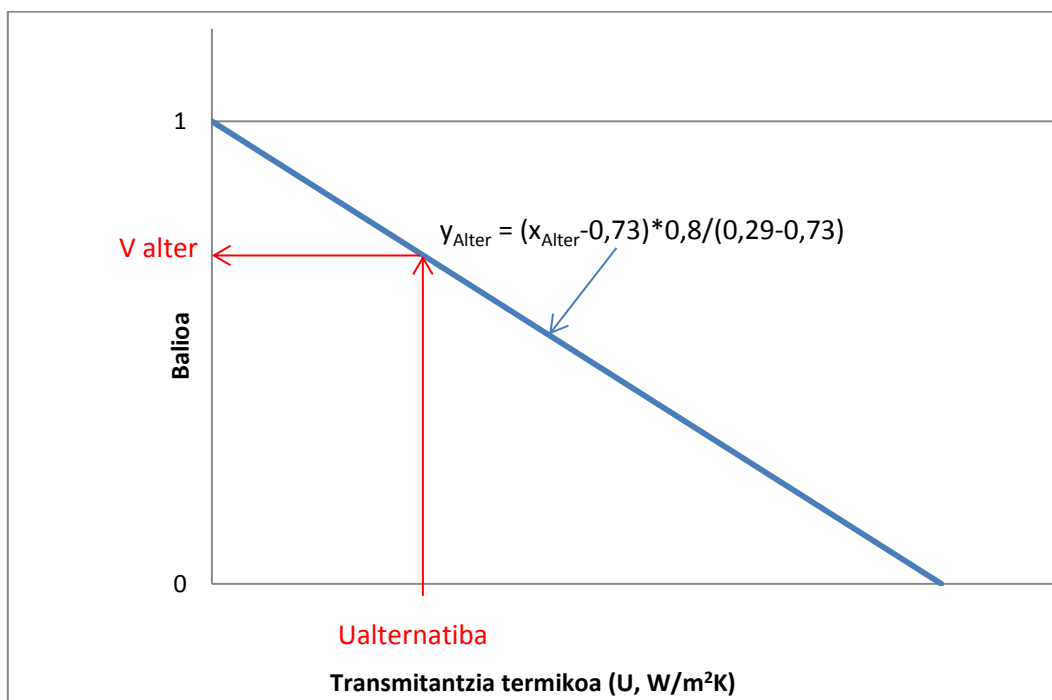
##### 1) Funtzio lineala

Funtzio honen bidez definituta dauden adierazleak eta hauek kalkulatzeko beharrezkoak diren alternatiben datuak hurrengo 6.4. Taulan adierazten dira:

Adierazlea	Parametroa	Altenatibaren datuak (X)	
		Kontzeptua	Unitateak
Kondentsazioen kontrako Isolatzailearen portaera (F2.2)		Isolatzaileak duen lurrunaren hedapenarekiko erresistentzia ( $\mu$ )	-
Barruko konfort termikoa (S3.1)	Transmitantzia termikoa	Transmitantzia Termikoa (U)	W/m <sup>2</sup> K
Konfort akustikoa (S3.3)		Gehitu den material kantitatea	Kg

6.4. Taula: Funtzio lineala duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak

Hurrengo 6.2 Grafikoan S3.1 alternatibaren datuak kontuan hartuta adierazlearen parametroaren balioa grafikoki nola kalkulaten den ikus daiteke, adibide bezala.



6.2. Grafikoa: Funtzio lineala duten adierazleen kalkuluaren adibide bat

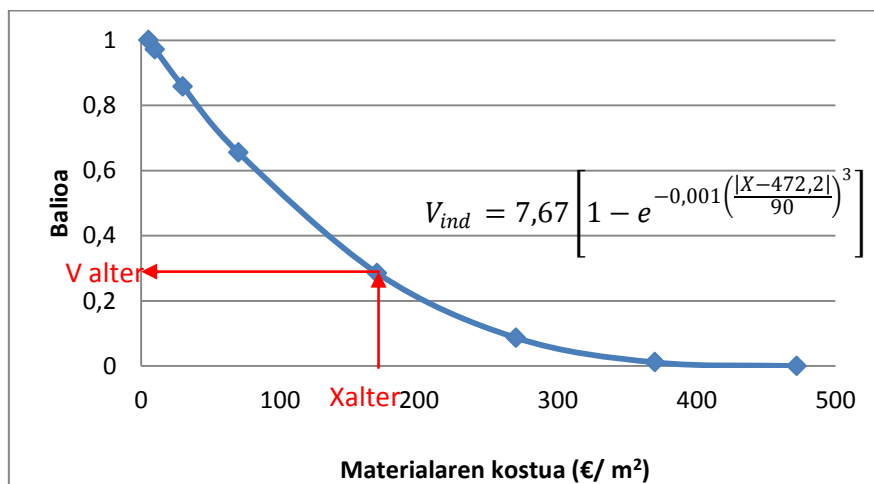
## 2) Funtzio parabolikoa

Funtzio honekin irudikatuta dauden adierazleak eta adierazle hauek lortzeko beharrezkoak diren alternatiben datuak hurrengo 6.5. Taulan ikus daitezke:

Adierazlea	Parametroa	Alternatibaren datuak (X)	
		Kontzeptua	Unitateak
Materialaren kostua (E1.1)		Materialaren kostua	€/m <sup>2</sup>
Instalazioaren kostua (E1.2)		Instalazioaren kostua	€/m <sup>2</sup>
Mantenuko urteroko kostua (E1.3)	Iraunkortasuna	Mantenuko urteroko kostua	€ lehenengo 10 urteetan
Errentagarritasuna (E2.1)	Kostu totala	Kostu totala	€/m <sup>2</sup>
	Lortutako aurrezte energetikoa	Berogailuan aurrezte lortu dena	%
	Payback	payback	urteak
Sortutako hondakinak (I1.2)		Sortutako hondakinak	Kg
Ingurumen-inpaktua (I1.3)	Gehitutako energia	Erabili den isolatzailearen kostu energetikoa	MJ
	CO <sub>2</sub> emisioak	Erabili den isolatzailearen CO <sub>2</sub> emisioak	Kg
CO <sub>2</sub> -aren aurreztea (I2.1)		Lortu diren CO <sub>2</sub> -aren aurrezpena	%
Barruko airearen kalitatea (S3.2)	Giza osasunari eragindako kalteak	Eko-adierazlea eta isolatzailearen kantitatea	puntuak.kg/m <sup>2</sup>

6.5. Taula: Funtzio parabolikoa duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak

Grafikoki funtzio parabolikoa duten adierazleen kalkularen adibide bat ikus daiteke. Hurrengo 6.3. Grafikoa ikus daiteke adibide bat.



6.3. Grafikoa: Funtzio parabolikoa duten adierazleen kalkularen adibide bat

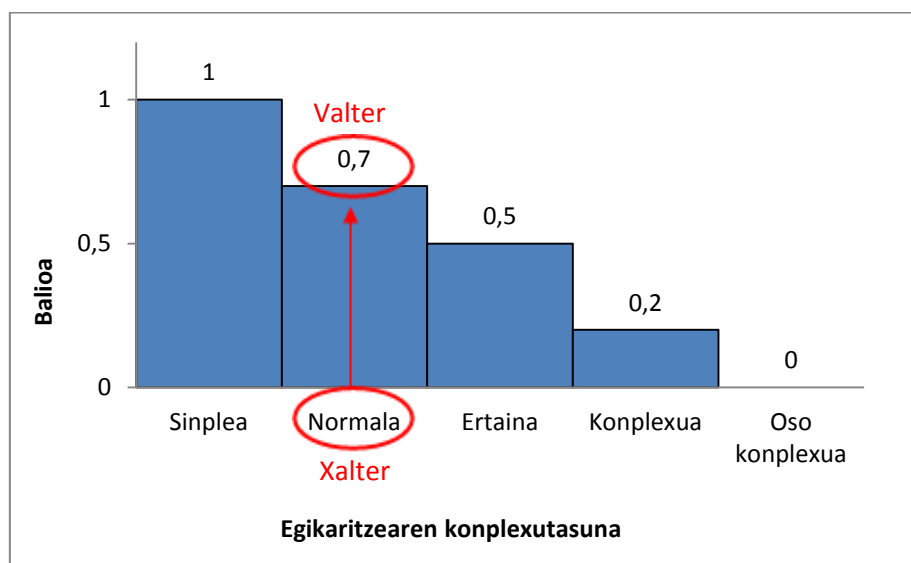
### 3) Funtzio tabulatua

Hurrengo 6.6. Taulan funtzio tabulatua duten adierazleak eta huen kalkulurako behar diren alternatibeen datuak zehazten dira.

Adierazlea	Parametroa	Alternatibaren datuak (X)
Egikaritzearen konplexutasuna (F1.1)		Eraikuntzako konponbide
Jatorrizko fatxadako euskarriaren egokitzea (F2.2)		Eraikuntzako konponbide
Etxebizitza uzteko beharra (S1.1)		Eraikuntzako konponbide
Barruko airearen kalitatea (S3.2)	Isolatzaileren posizioa	Eraikuntzako konponbide
Ingurunera egokitzeko gradua (S5.1)		Eraikuntzako konponbide

6.6. Taula: Funtzio tabulatua duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak

Funtzio tabulatua duten adierazleen kalkulu grafikoaren adibide bat irudikatua dago hurrengo 6.4. Grafikoan.



6.4. Grafikoa: Funtzio tabulatua duten adierazleen kalkularen adibide bat

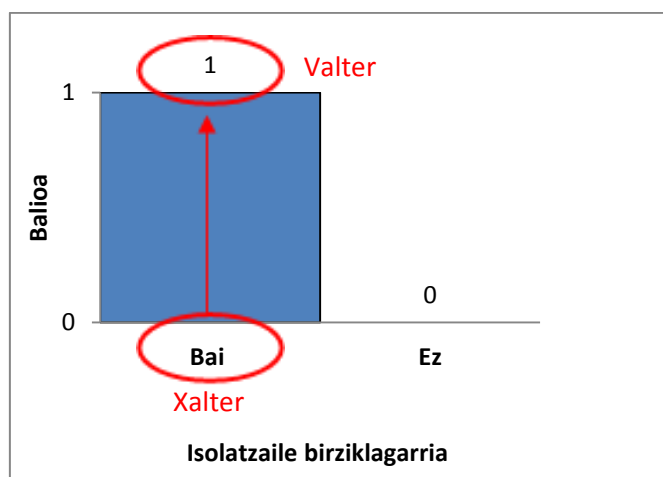
#### 4) Eskaloi funtzioa

Eskaloi funtzioa duten adierazleak hurrengo 6.7. Taulan irudikatuta daude. Halaber, taula horretan adierazle hauek kalkulatzeko beharrezkoak diren alternatibaren datuak ikus daitezke.

Adierazlea	Parametroa	Alternatibaren datuak (X)
Mantenuko urteroko kostua (E1.3)	Bandalismoa sufritzeko posibilitatea	Eraikuntzako konponbide
	Bandalismoaren aurkako mantenua	Eraikuntzako konponbide
Birziklagarritasuna (I1.1)	Isolatzailer birziklagarria	Isolatzailer mota
	Birziklatutako edukia duen isolatzailer	Isolatzailer mota
	Isolatzailer ez den material birziklagarria	Isolatzailer mota
	Birziklatutako edukia duen isolatzailer ez den material	Isolatzailer mota
Suaren aurkako erreakzioa (F2.1)	Isolatzailer mota	Isolatzaileraren suaren aurkako erreakzioa
	Estaldurako materiala	Estalduraren suaren aurkako erreakzioa
Instalazioaren ondoren espazio galera (S1.2)		Eraikuntzako konponbide
Aldamioen beharra (S1.3).		Eraikuntzako konponbide
Jabeen arteko adostasunaren beharra (S2.1)		Eraikuntzako konponbide
Barruko konfort termikoa (S3.1)	Aurreztutako energia isolatzaileraren posizioaren arabera	Eraikuntzako konponbide
Ondare arkitektonikoa (S4.1)		Eraikuntzako konponbide
Jatorrizko fatxadaren hobekuntza estetikoa (S5.2)		Eraikuntzako konponbide

6.7. Taula: Eskaloi funtzioa duten adierazleak eta hauek kalkulatzeko behar diren datuak

Hurrengo 6.5. Grafikoan eskaloi funtzioa duten adierazleen kalkulu grafikoaren adibide bat irudikatzen da.



6.5. Grafikoa: Eskaloi funtzioa duten adierazleen kalkularen adibide bat

Behin adierazle guztien balioak kalkulatu eta adierazle bakoitzari dagokion irizpidea eta errekerimendua kalkulatu behar da. Horretarako, 5. Kapitulumuan deskribatu den erabakizuhaitza kontuan hartuko da (ikusi 5.32. Taula).

Jarraian, alternatiba bakoitzaren adierazleen eta errekerimenduen emaitzak adierazten dira.

### 6.4.1. 1etik 10erako alternatiben emaitzak

1etik 10erako alternatiben bidez alternatiba desberdinak konparatu nahi dira kontuan hartuta alternatiba bakoitzak duen eraikuntzako konponbide eta isolatzailearen lodiera. Erabakia hartzerako orduan, eraikuntzako konponbideak daukan eragina ikusteko 1etik 4rako alternatibak konparatuko dira. Alternatiba hauek honakoak dira: barnetik egindako isolamendu sistema, fatxada aireztatua, SATE sistema eta aire-ganberaren barnetik isolamendu sistema, hurrenez hurren. Bestetik, isolatzailearen lodierak erabakia hartzerako orduan, duen eragina zein nolakoa den ikusteko, 1. Alternatiba 5 eta 8. Alternatibekin konparatuko da, 2. Alternatiba 6 eta 9. Alternatibekin eta 3. Alternatiba 7 eta 10. Alternatibekin. Alternatiba hauen multzo bakoitzak isolamenduko sistema berdineko alternatibek osatzen dute baina multzoek duten isolatzailearen lodiera desberdina da hau da, lodierak 50, 80 eta 140 mm-koak dira, hurrenez hurren. Kasu honetan ez da 4. Alternatiba konparatu (aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema) izan ere, eraikinak 50 mm-ko lodiera finkoa duen aire-ganbera bakar bat baitu.

Komentatu den azterketa hau burutzeko deskribatutako sistema eraikitzaile guztiekin merkaturatzen eta sistema guzti hauetan zuntz minerala erabiltzen duen etxe komertziala bat hartu da.

Hurrengo 6.8. Taulan, komentatu diren alternatiben adierazleen emaitzak ikus daitezke.

Adierazlea	Alternatiba									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E 1.1	0,86	0,67	0,79	0,99	0,81	0,66	0,76	0,78	0,62	0,66
E 1.2	0,86	0,09	0,35	0,45	0,86	0,09	0,35	0,86	0,09	0,35
E 1.3	0,85	0,61	0,53	1,00	0,82	0,60	0,53	0,79	0,59	0,51
E 2.1	0,29	0,72	0,87	0,32	0,34	0,71	0,85	0,39	0,70	0,77
I 1.1	0,25	0,43	0,25	0,67	0,25	0,43	0,25	0,25	0,43	0,25
I 1.2	0,62	0,98	0,41	1,00	0,59	0,95	0,42	0,52	0,95	0,39
I 1.3	0,85	0,85	0,85	0,97	0,75	0,75	0,75	0,58	0,58	0,58
I 2.1	0,11	0,99	0,99	0,10	0,23	1,00	1,00	0,34	1,00	1,00
F 1.1	1,00	0,20	0,50	0,00	1,00	0,20	0,50	1,00	0,20	0,50
F 2.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F 2.2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F 3.1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S 1.1	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
S 1.2	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
S 1.3	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
S 2.1	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
S 3.1	0,41	0,83	0,83	0,41	0,49	0,91	0,91	0,57	0,98	0,99
S 3.2	0,25	0,52	0,61	0,61	0,14	0,41	0,51	0,09	0,37	0,46
S 3.3	0,03	0,27	0,07	0,02	0,05	0,29	0,10	0,09	0,34	0,15
S 4.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S 5.1	1,00	0,67	0,38	1,00	1,00	0,67	0,38	1,00	0,67	0,38
S 5.2	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00

6.8. Taula: 1etik 10erako alternatiben adierazleen emaitzak

Bestetik, hurrengo 6.9. Taulan alternatiben hauekin lortu diren errekerimendu eta jasangarritasun indizearen emaitzak ikus daitezke.

Errekerimendua	Alternatiba									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ekonomikoa (E)</b>	0,61	0,56	0,68	0,59	0,62	0,55	0,67	0,63	0,54	0,62
<b>Ingurumen (I)</b>	0,37	0,85	0,72	0,54	0,39	0,83	0,70	0,40	0,80	0,67
<b>Funtzionala (F)</b>	0,70	0,40	0,52	0,33	0,70	0,40	0,52	0,70	0,40	0,52
<b>Soziala (S)</b>	0,48	0,71	0,68	0,58	0,48	0,71	0,68	0,49	0,72	0,69
<b>Totala: jasangarritasun indizea</b>	0,56	0,60	0,63	0,49	0,56	0,59	0,63	0,57	0,59	0,61

6.9. Taula: 1etik 10erako alternatiben errekerimenduen eta jasangarritasun indizearen emaitzak

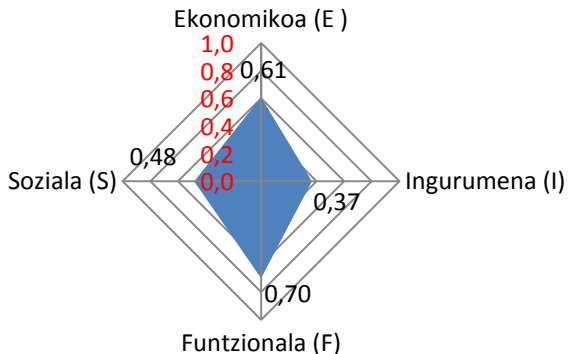
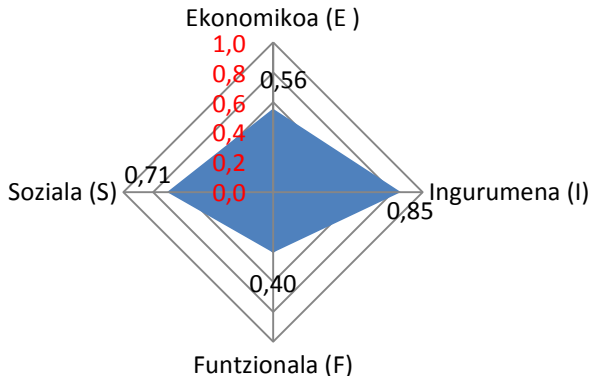
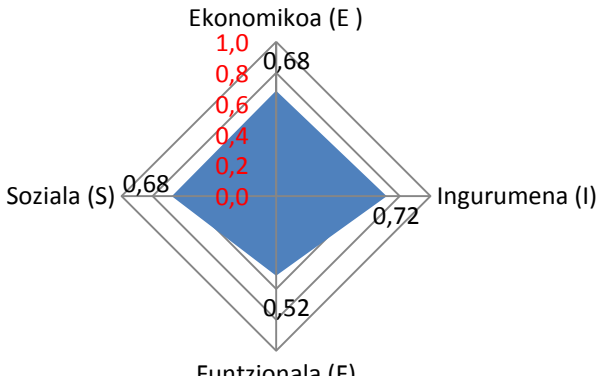
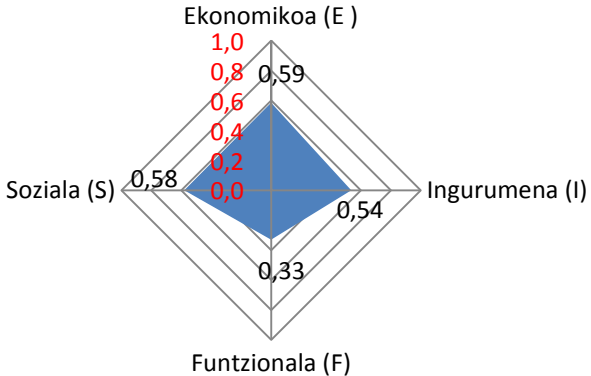
6.8. Taulan eta 6.9. Taulan irudikatu emaitzak kontuan hartuta, jarraian alternatiba desberdinak haien artean konparatuz lortu diren emaitzak aztertuko dira.

#### 1) Alternatiben konparaketa kontuan hartuta eraikuntzako konponbide desberdinak.

Komentatu den bezala, planteatutako modeloaren aplikazioagatik lortutako emaitzak analizatuko dira lehenik eta behin, alternatiba bakoitzaren eraikuntzako konponbidea kontuan hartuz. Horretarako, konparatuko diren alternatiba guztiak isolatzaile berdina dute eta baita ere lodiera. (1etik 4rako alternatibak).

Horrela, transmitantzia termikoaren balioa aldatu gabe (isolatzailearen lodiera konstante) eraikuntzako konponbide desberdinek jasangarritasun indizean duten eragina analizatu daiteke. Armiarma diagramak erabiliz irudikatu dira lortutako emaitzak. Honela, alternatiba bakoitzean lortutako errekerimenduen emaitzak konparatu daitezke haien artean.



Alternatiba	Emaitzak
<p><b>1. Alternatiba:</b> <u>Barnetik</u> egindako isolamendu termikoen sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz.</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,56</b></p>
<p><b>2. Alternatiba:</b> <u>Fatxada</u> aireztatutako sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,6</b></p>
<p><b>3. Alternatiba:</b> <u>SATE</u> sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) =0,64</b></p>
<p><b>4. Alternatiba:</b> <u>Aire-ganberaren barnetik</u> egindako isolamendu termikoen sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea)= 0,5</b></p>

6.10. Taula: 1etik 4rako alternatibetan lortutako errekerimenduen emaitzen irudikapen grafikoa

6.10. Taulan ikus daiteke, alternatibak bakoitzak lortutako jasangarritasun indizearen balio maximoak eta minimoak. Jasangarritasun indizearen balio handiena lortu duen eraikuntzako konponbidea SATE sistema izan da (3. Alternatiba) eta honek lortutako balioa 0,64-ko izan da, 1 balioa lortu daitekeen balio maximoa izanik. Kontuan hartuta lau grafikoen azalera, alternatiba honek beste alternatibak baino azalera handiagoa dauka. Aldiz, jasangarritasun indizearen balio txikiena lortu duten eraikuntzako konponbidea aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu termiko sistema (4. Alternatiba) izan da, hau da, azalera txikiena duen alternatiba. Alternatiba honek 0,5ko balio lortu du, 1 balioa lortu daitekeen balio maximo izanik. SATE sistemak ia errekerimendu guztietan aise gainditu du batezbesteko balioa (0,5 balioa). Sistema honek lau errekerimenduetan lortutako batezbestekoa kalkulatu gero, balio hau 0,65koa da, 1 balioa lortu daitekeen balio maximoa izanik. Errekerimendu ekonomikoan balio handiena lortu duen alternatiba izan da, alternatiba guztietatik errentagarriena baita. Izan ere, SATE sistema ez da alternatiba garestienetako bat eta gainera sistema honekin lortzen den aurrezte energetikoa handienetarikoa da.

Kontrako muturrean, aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema dago. Hau dauden alternatibatik balio gutxien lortu duena da. Sistema honek errekerimendu guztietatik pisu handiena duen errekerimenduan, hots, %30eko pisua duen errekerimendu funtzionalean, ez du 0,5 batezbesteko balioa gainditzea lortu. Izan ere, sistema honen egikaritzea konplexua da, 4. Kapituluian ikusi zen bezala. Beste errekerimenduetan arinki gainditu du 0,5ko batezbesteko balioa.

Bigarren jasangarritasun indizearen balio onena lortu duen alternatiba, SATE sistemaren ondoren, fatxada aireztatua izan da (2. Alternatiba). Alternatiba honek lortu duen jasangarritasun indizearen balio 0,6koa izan da. SATE sistemarekin alderatuta, jasangarritasun indize txikiago bat lortu du errekerimendu ekonomikoan eta funtzionalean ez baitu puntuazio on bat lortu. Errekerimendu hauek pisu handiena duten errekerimenduak dira, %26ko eta %30eko pisua, hurrenez hurren. Izan ere, alternatiba hau garestiena da kontuan hartuta instalazio kostuak eta erabiltzen diren materialen kostuak. Gainera, instalatzerako orduan sistema konplexua da, aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistemen aurretik, eta hau errekerimendu ekonomikoan eragin handiena duen irizpidea da. Irizpide honek duen pisua %37koa da, errekerimendu funtzionalean dauden beste irizpideekin alderatuta. Baina errekerimendu sozialean eta ingurumen errekerimenduan puntuazio handiena lortu duen sistema da.

Azkenik, barnetik egindako isolamendu sistemak (1. Alternatiba) dauden eraikuntzako konponbide txarretik onena da, txarrena aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema izanik. Trasdosatu zuzeneko barnetik egindako isolamendu sistema eraikuntzako konponbiderik sinpleena da instalatzerako orduan, 4. Kapituluian ikusi zen bezala. Hau dela eta, alternatiba honek errekerimendu funtzionalean beste alternatibek lortu duten balioa baino askoz balio handiago bat lortu du, lortutako balioa 0,7koa izanik.

### **2) Alternatiben konparaketa kontuan hartuta isolatzailearen lodierak daukan eragina eraikuntzako konponbide desberdinetan.**

Aztertzeko isolatzailearen lodierak daukan eragina birgaitze konponbiderik jasangarriena aukeratzerako orduan, eraikuntzako konponbide eta isolatzaile mota berdina baina hiru lodiera desberdinak dituzten alternatibak konparatuko dira haien artean. Hasiera batean, 1, 5 eta 8 alternatibak konparatuko dira haien artean. Alternatiba hauek eraikuntzako sistema eta isolatzaile berdina dute, hau da, barnetik egindako isolamendu sistema zuntz mineraleko isolatzailea osatuta dago eta isolatzaileak hiru lodiera desberdin ditu 50, 80 eta 140 mm-koa,

hurrenez hurren. Ondoren, eraikuntzako sistema berdina, isolatzaile mota berdina baina, hiru isolatzaile lodiera desberdin dituzten 2, 6 eta 9 alternatibak konparatuko dira haien artean. Alternatiba hauek fatxada aireztatu sistemak dira sistemek zuntz minerala erabiltzen dute isolatzaile bezala eta alternatiba bakoitzean erabiltzen den isolatzailearen lodierak desberdinak dira izan ere, 50, 80 eta 140 mm-ko lodierak erabiltzen dira alternatiba horietan, hurrenez hurren. Azkenik, zuntz minerala eta 50, 80 eta 140 mm-ko isolatzailearen lodiera duten SATE sistemetan isolatzailearen lodierak duen eragina aztertuko da. Horretarako 3, 7 eta 10 alternatibak erabilitako dira, hurrenez hurren.

Konparaketa guztia hauek egiteko, alternatiba bakoitzak errekerimenduetan lortu dituen emaitzak grafikoki irudikatuko dira armiarma diagramak erabiliz.

Kasu honetan, ez da aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu sistema kontuan hartuko konparaketak egiterako orduan izan ere, eraikinak duen aire-ganberaren lodiera finkoa da, aurretik komentatu den bezala.

### **Barnetik egindako isolamendu sistemetan isolatzailearen lodierak duen eragina.**

6.11. Taulan 1, 5 eta 8 alternatibetan lortu diren errekerimenduen emaitzak grafikoki irudikatuta ikus daitezke. Alternatiba guzti hauek eraikuntza sistema eta isolatzaile mota berdina dute baina alternatiba bakoitzak duen isolatzailearen lodiera desberdina da, hau da, barnetik egindako isolamendu sistemak dira, zuntz minerala erabiltzen dute isolatzaile bezala baina 1. Alternatibaren isolatzailearen lodiera 50 mm-koa da, 5. Alternatibaren isolatzailearen lodiera 80 mm-koa da eta 8. Alternatibaren isolatzailearen lodiera 140 mm-koa da.

Lortutako emaitzak grafikoki adierazteko 6.9. Taulan dauden 1. Alternatibaren, 5. Alternatibaren eta 8. Alternatibaren datuak erabili dira.

Alternatiba	Emaitzak
<p><b>1. Alternatiba:</b> Barnetik egindako isolamendu termikoen sistema, <u>50 mm</u>-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	<p>Ekonomikoa (E ) 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2 0,0</p> <p>Soziala (S) 0,48</p> <p>Ingurumena (I) 0,37</p> <p>Funtzionala (F) 0,70</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,56</b></p>
<p><b>5. Alternatiba:</b> Barnetik egindako isolamendu termikoen sistema, <u>80 mm</u>-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	<p>Ekonomikoa (E ) 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2 0,0</p> <p>Soziala (S) 0,48</p> <p>Ingurumena (I) 0,39</p> <p>Funtzionala (F) 0,70</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,567</b></p>
<p><b>8. Alternatiba:</b> Barnetik egindako isolamendu termikoen sistema, <u>140 mm</u>-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	<p>Ekonomikoa (E ) 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2 0,0</p> <p>Soziala (S) 0,49</p> <p>Ingurumena (I) 0,40</p> <p>Funtzionala (F) 0,70</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,573</b></p>

6.11. Taula: 1, 5 eta 8 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita

6.11. Taulan ikus daitekeen bezala, isolatzailearen lodiera handituz joan den heinean jasangarritasun indizearen balioa handitu da baino, hiru alternatibetan lortu den balio totala ia antzekoa da, 0,56, 0,567 eta 0,573 balioak izanik, hurrenez hurren. Honek esan nahi du barnetik egindako isolamendu sistemetan isolatzailearen lodiera handitzeak eragin gutxi duela. Bestekin konparatuta pisu (%30) gehien duen errekerimenduan eman den aldaketa nulua izan da. Aldaketa handiena jaso duen errekerimendua aldiz, ingurumen errekerimendua izan da. Errekerimendu honen balioa 1. Alternatibak lortutako 0,37 baliotik, 5.alternatibak lortutako 0,39 baliora pasatu da eta azkenik 8. Alternatibak lortu duen 0,4 baliora pasatu da, 50, 80 eta

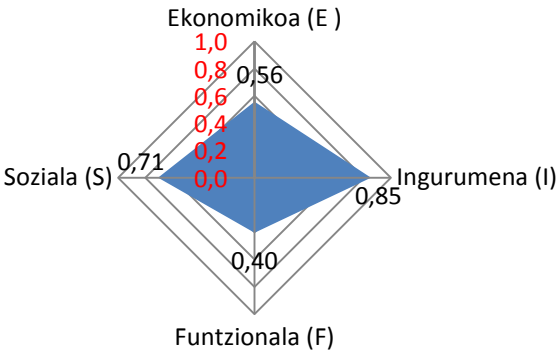
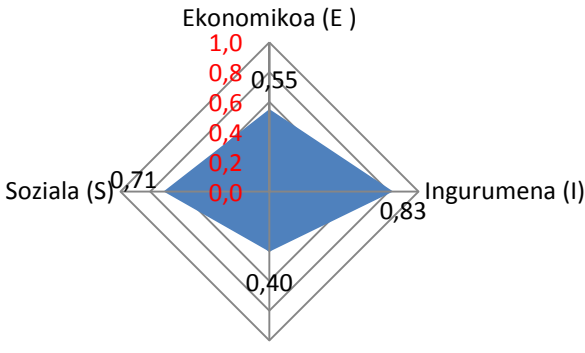
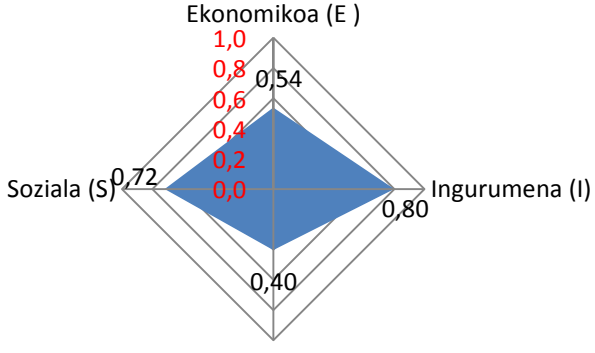
140 mm-ko isolatzaile lodierako alternatibak izanik, hurrenez hurren. Baina errekerimendu hau lau errekerimenduetatik pisu (%18) gutxien duen errekerimendua denez, errekerimendu honek jasatako aldaketak ez du eragin handia izan alternatiben jasangarritasun indizean. Errekerimendu honen balioen handitze hori, isolatzailearen lodiera handitzean lortu den CO<sub>2</sub>-aren aurreztearen eraginez lortu da. Baina isolatzailearen lodiera handitzearekin lortu den aurreztutako energiak eta konfort termikoaren eta akustikoaren hobetzeak ez dute ia aldaketarik eragitea lortu haien errekerimenduetan. Izan ere, lodiera handitzean materialen kostua eta instalazio kostuak handitzen dira eta baita ingurumen-inpaktua eta barneko aire kalitatearen inpaktua ere, isolatzaile kantitate handiagoa gehitzen delako.

Hau dela eta, barnetik egindako isolamendu sistemetako alternatiba desberdinetan lortutako balio totalen inguruan komentatu dena kontuan hartuta, ziurtatu daiteke isolatzailearen lodiera handitzeak hobekuntza oso txiki bat eragin duela, %2,3koa gutxi gorabeherakoa, kontuan hartuta lodiera minimoarekin eta maximoarekin lortutako jasangarritasun indizearen balioak.

#### **Fatxada aireztatutako sistemetan isolatzailearen lodierak duen eragina.**

Fatxada aireztatutako sistema berdina eta isolatzaile mota berdina baina, hiru isolatzaile lodiera desberdina duten alternatibek lortu dituzten emaitzak 6.12. Taulan daude grafikoki irudikatuta.

Aurreko atalean bezala, 2. Alternatiban, 6. Alternatiban eta 9. Alternatiban lortutako emaitzak grafikoki irudikatzeko, 6.9. Taulan dauden datuak erabili dira.

Alternatiba	Emaitzak
<p><b>2. Alternatiba:</b> Fatxada aireztatutako sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,604</b></p>
<p><b>6. Alternatiba:</b> Fatxada aireztatutako sistema, 80 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,599</b></p>
<p><b>9. Alternatiba:</b> Fatxada aireztatutako sistema, 140 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,592</b></p>

6.12. Taula: 2, 6 eta 9 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita

6.12. Taulan irudikatuta grafikoak kontuan hartuta, esan daiteke hiru alternatibetan lortutako jasangarritasun indizearen balioak ia berdinak dira. Baina hemen lortutako emaitzak aurreko kasuan lortutako emaitzekin konparatzen baditugu, ikus daiteke kasu honetan isolatzailearen lodiera handitzeak joera negatibo bat izan duela, indizearen balioa txikitzen baita. Hau, neurri handi batean, lodiera handitzeak suposatzen duen kostu ekonomikoagatik izan daiteke, handitze horrek ekartzen dituen aurrezte energetikoaren abantailarekin alderatuz. Izan ere, ikus daitekeen bezala, errekerimendua ekonomikoaren balioa txikitzen da isolatzailearen lodiera handitzen den heinean, inbertsioa geroz eta errentagarritasun gutxiago izatea lortuz. 50 mm-ko lodieratik 80 mm-ko lodierara eta azkenik 140 mm-ko lodierara pasatzeak ez du aurrezte energetikoaren eta CO<sub>2</sub>-aren aurreztean handitze nabarmen bat ekartzen fatxada aireztatuaren kasuan izan ere, balio hauek %48,3tik %50era eta azkenik %51,7ko baliora

pasatzen dira, hurrenez hurren. Hortaz, 50 mm-ko lodiera minimoarekin lortzen den aurrezte energetiko nahiko altua da.

Beste alde batetik, lodiera handituz doan heinena handitzen den errekerimendu bakarra errekerimendu soziala da. Izan ere, isolatzailearen lodiera handitzean konfort termikoa eta akustikoa handitzen da eta barneko aire kalitatea aldiz, txikitzen da baina, azken adierazle honek duen pisua beste biek dutena baino askoz txikiagoa da.

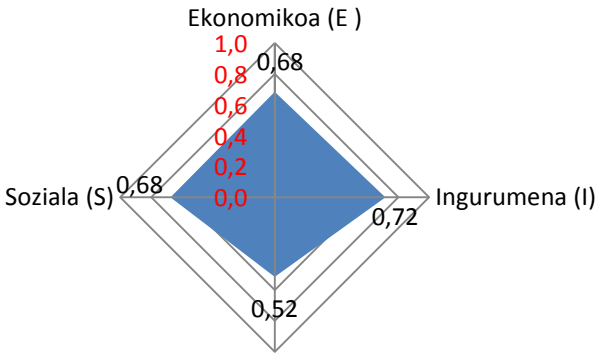
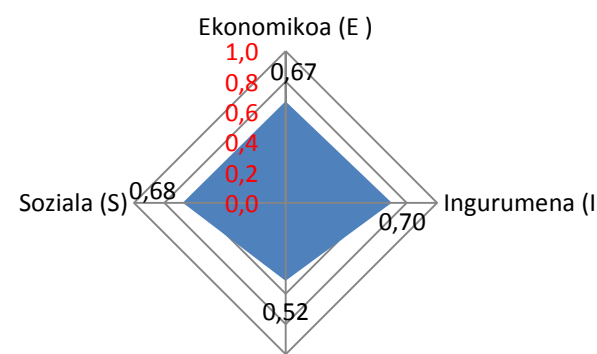
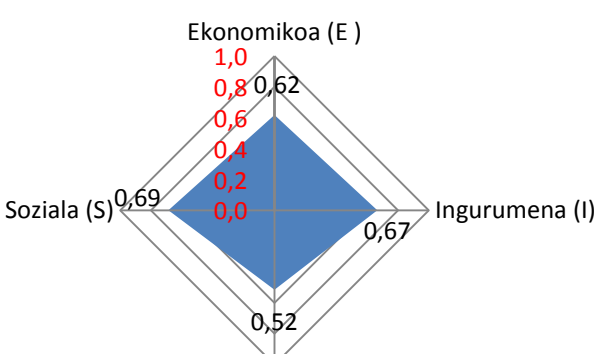
Halaber, aurreko kausan bezala, ikus daiteke errekerimendu funtzionalaren gain isolatzailearen lodierak ez duela inolako eraginik, hiru alternatibetan lortutako balioekin konparatuta errekerimendu hau ez baita aldatu.

Konklusio bezala, fatxada aireztatutako sisteman lortutako jasangarritasun indizearen balioak kontuan hartuta, baieztatu daiteke isolatzailearen lodiera handitzeak ez duela ia eraginik alternatiba hauen emaitzetan eta gainera era negatiboan eragiten duela %2ko balioarekin, kontuan hartuta lodiera minimoarekin eta maximoarekin lortutako jasangarritasun indizearen balioak.

#### **SATE sistemetan isolatzailearen lodierak duen eragina.**

SATE sistema eta isolatzaile mota berdina duten baino hiru isolatzailearen lodiera desberdina duten alternatibetan lortutako emaitzak grafikoki irudikatu dira hurrengo 6.13. Taulan.

3. Alternatiban. 7. Alternatiban eta 10. Alternatiban lortutako emaitzak grafikoki adierazteko 6.9. Taulan dauden datuak erabili dira.

Alternatiba	Emaitzak
<p><b>3. Alternatiba:</b> <u>SATE</u> sistema, 50 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,64</b></p>
<p><b>7. Alternatiba:</b> <u>SATE</u> sistema, 80 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,63</b></p>
<p><b>10. Alternatiba:</b> <u>SATE</u> sistema, 140 mm-ko lodiera duen zuntz minerala erabiliz</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,61</b></p>

6.13. Taula: 3, 7 eta 10 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita

6.13. Taulan ikus daiteke fatxada aireztatu sistemetan gertatzen zen bezala, isolatzailearen lodiera handitzean hiru alternatibetan lortu den jasangarritasun indizea txikitzen dela. Baina kasu honetan, eman den txikitze hori beste kasuan baino pixka bat gehiago antzeman daiteke izan ere, indize honen balioa 3. Alternatibak duen 0,64tik, 7. Alternatibak duen 0,63ra eta azkenik, 10. Alternatibak duen 0,62ra pasatzen da. Halaber, hiru alternatibetan errekerimendu ekonomikoan lortu diren emaitza kontuan hartzen badira, lodiera handitzean errekerimendu honen balioa txikitzen dela antzematen da, gutxitze hau nabariago izanik isolatzailearen lodiera 80 mm-koa izatetik 140 mm-koa izatera pasatzean. Izan ere, zenbat era handiagoa izan



lodieraren handitzea, orduan eta handiagoa izango da sistemaren kostua, lodiera handitzearekin lortzen den aurrezte energetikoarekin alderatua, fatxada aireztatuaren kasuan gertatzen den bezala. Hau dela eta, isolatzailearen lodiera 80 mm-tik 140 mm-ra pasatzean errekerimenduaren balioan salto handiago bat ematen da, saltoa %7,5ekoa izanik eta fatxadan aireztatuan ematen den saltoa baino handiagoa izanik. Hortaz, lodiera handitzea ez da ekonomikoki errentagarria.

Baina errekerimendu sozialak bai sufritzen du bere balioaren handitze txiki bat beste errekerimenduekin alderatuta. Izan ere, fatxada aireztatuan gertatzen den bezala, isolatzailearen lodiera handitzeak konfort termikoan eta akustikoan dakarren hobekuntza handiagoa da, konparatuta barneko aire kalitatean dakarren txikitzea isolatzailearen kantitatea handitzeagatik.

Kontuan hartuta esandakoa, baieztatu daiteke, SATE sistema desberdin hauetan lortutako balio totalak aintzat hartuta, isolatzailearen lodiera handitzeak ez duela hobekuntzarik ekartzen minimo bezala planteatu den lodierako balioarekin (50 mm) alderatuta.

#### **6.4.2. 11, 12 eta 13 alternatiben emaitzak**

Erabakia hartzerako orduan, isolatzaile motak duen eragina aztertzeko 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako emaitzak erabiliko dira. Horretarako, eraikuntzako sistema (SATE sistema) eta isolatzailearen lodiera (80 mm) berdina duten baina isolatzaile mota desberdina duten alternatibak aztertuko dira. 11. Alternatibaren isolatzailea zuntz minerala izango da, 13. Alternatibarena EPS-a eta 13. Alternatibarena kortxoa.

Kasu honetan, azterketa hau egiteko hiru isolatzaile hauekin SATE sistema merkaturatzen duen etxe komertzial baten balioak hartu dira kontuan.

Hurrengo 6.14. Taulan alternatiba hauetan lortutako adierazleen emaitzak ikus daitezke.

Adierazlea	Alternatiba		
	11	12	13
	Zuntz minerala (LM)	EPS	Kortxoa (ICB)
E 1.1	0,68	0,78	0,59
E 1.2	0,35	0,35	0,35
E 1.3	0,50	0,52	0,49
E 2.1	0,78	0,87	0,72
I 1.1	0,25	0,25	0,58
I 1.2	0,95	0,95	0,95
I 1.3	0,75	0,67	0,98
I 2.1	0,99	0,99	0,99
F 1.1	0,50	0,50	0,50
F 2.1	1,00	1,00	1,00
F 2.2	1,00	1,00	1,00
F 3.1	0,00	0,01	0,00
S 1.1	1,00	1,00	1,00
S 1.2	1,00	1,00	1,00
S 1.3	0,00	0,00	0,00
S 2.1	0,00	0,00	0,00
S 3.1	0,90	0,90	0,89
S 3.2	0,51	0,92	0,82
S 3.3	0,10	0,04	0,09
S 4.1	1,00	1,00	1,00
S 5.1	0,38	0,38	0,38
S 5.2	1,00	1,00	1,00

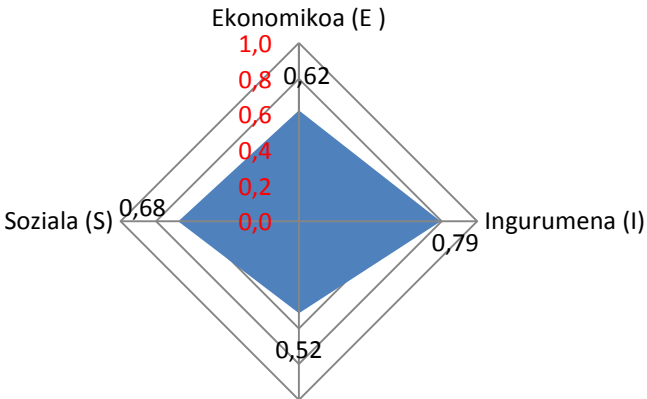
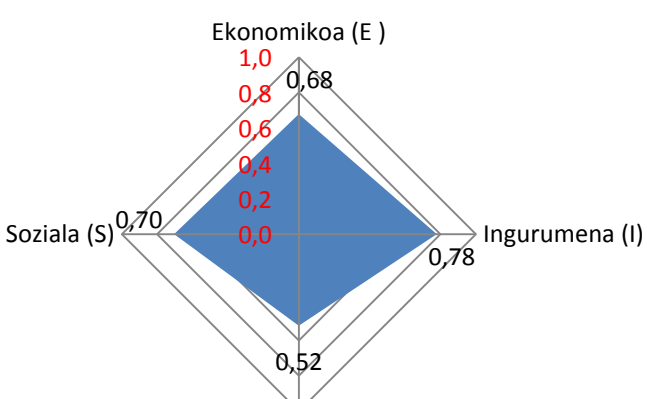
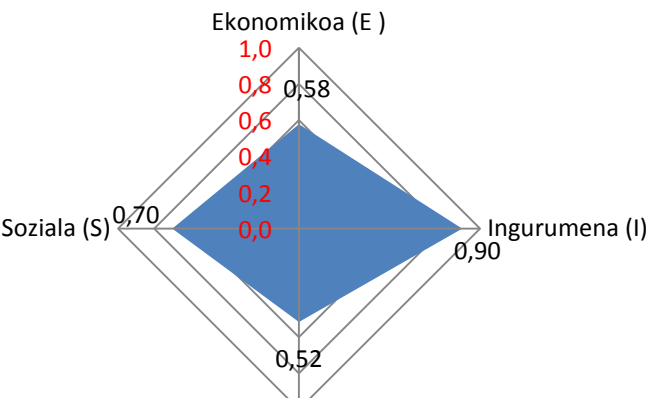
6.14. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako adierazleen emaitzak

Alternatiba bakoitzak errekerimenduetan eta jasangarritasun indizean lortutako balioak hurrengo 6.15. Taulan ikus daitezke.

Errekerimendua	Alternatiba		
	11	12	13
	Zuntz minerala (LM)	EPS	Kortxoa (ICB)
Ekonomikoa (E)	0,62	0,68	0,58
Ingurumen (I)	0,79	0,78	0,90
Funtzionala (F)	0,52	0,52	0,52
Soziala (S)	0,68	0,70	0,70
<b>Totala: jasangarritasun indizea</b>	0,64	0,65	0,65

6.15. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako errekerimenduen eta jasangarritasun indizearen emaitzak

Lortutako errekerimenduen emaitzak kontuan hartuta, 6.15. Taulan dauden datuak, alternatiben arteko azterketa konparatibo bat egingo da. Horretarako emaitza hauek grafikoki irudikatu dira armiarma diagramen bidez. (Ikusi 6.16. Taula).

Alternatiba	Emaitzak
<p><b>11. Alternatiba:</b> SATE sistema, 80 mm-ko lodiera duen <u>zuntz minerala</u> erabiliz</p>	 <p>Ekonomikoa (E) 0,62 Soziala (S) 0,68 Ingurumena (I) 0,79 Funtzionala (F) 0,52</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,635</b></p>
<p><b>12. Alternatiba:</b> SATE sistema, 80 mm-ko lodiera duen <u>EPS</u> isolatzailea erabiliz</p>	 <p>Ekonomikoa (E) 0,68 Soziala (S) 0,70 Ingurumena (I) 0,78 Funtzionala (F) 0,52</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,655</b></p>
<p><b>13. Alternatiba:</b> SATE sistema, 80 mm-ko lodiera duen <u>kortxo</u> isolatzailea erabiliz</p>	 <p>Ekonomikoa (E) 0,58 Soziala (S) 0,70 Ingurumena (I) 0,90 Funtzionala (F) 0,52</p> <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,649</b></p>

6.16. Taula: 11, 12 eta 13 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita

6.16. Taulan ikus daitekeen bezala, 12. Alternatiba (EPS material isolatzailea erabiltzen duena) izan da jasangarritasun indize maximoa lortu duena eta lortutako balioa 0,655ekoa izan da. Honen ondoren, 0,649 jasangarritasun indizearen balio lortu duen 13. Alternatiba dago. Antzeman daitekeen bezala haien indizeen balioen arteko desberdintasuna minimoa da. Bi

alternatiba hauen arteko desberdintasuna batez ere, bi errekerimendutan datza eta hauek errekerimendu ekonomiko eta ingurumen errekerimendua dira. EPS isolatzailea planteatu diren hiru isolatzaile motatik merkeena da eta kortxoazko isolatzailea garestiena da. Hau dela eta, EPS isolatzaileak errekerimendu ekonomikoan lortu duen balioa (0,68) handiagoa da kortxo isolatzaileak lortu (0,58) duena baino. Baina, errekerimendu hau ez bezala, ingurumen errekerimenduan kortxoak lortu duen balioa handiena da, beste isolatzaileek lortu duten balioaren alderatuta. Errekerimendu honetan kortxoak 0,9ko balioa lortu du, EPS isolatzaileak aldiz, 0,78ko balio lortu du. Izan ere, kortxoa material ekologiko bat da eta beraz, bere fabrikazioan sortzen duen ingurumen-inpaktua beste bi isolatzaileek (EPS eta zuntz minerala) sortzen dutena baino askoz txikiagoa da. Kortxoaren fabrikazioan gehitzen den energia eta isurtzen diren CO<sub>2</sub> emisioak beste isolatzaileek gehitzen eta isurtzen dutena baino askoz txikiagoa da. Baina hala ere, kortxoak daukan jasangarritasun indizea EPS isolatzaileak lortu duena baino txikiagoa da. Azken hau, errekerimendu ekonomikoaren pisua (%26) ingurumen errekerimenduak duen pisua (%18) baino handiago delako nagusiki gertatzen da.

Beste aldetik, zuntz mineraleko isolatzaileak jasangarritasun indize txikiena lortu duen alternatiba da, beste bi isolatzaileekin alderatuta. Isolatzaile hau EPS isolatzailea baino garestiagoa da baino kortxoa baino merkeagoa. Nahiz eta, ingurumenaren ikuspuntutik EPS-ak baino inpaktu gutxiago sortu ez da kortxoa bezalako material ekologiko bat. Hau dela eta, zuntz minerala EPS eta kortxo isolatzaileak baino pixka bat txarragoa da jasangarritasunaren ikuspuntutik.

Azkenik, baieztatu daiteke EPS isolatzailea material jasangarriena dela eta ondoren diferentzia minimo batekin kortxoa dela, zuntza mineralarekin alderatuta.

### **6.4.3. 14 eta 15 alternatiben emaitzak.**

14. Alternatiban eta 15. Alternatiban lortutako emaitzak aztertuz, kanpotik egindako isolamendu sistemetan kanpoko estaldurak adierazleetan duen eragina zein den analizatu nahi da. Honela, 80 mm-ko lodiera duten zuntz mineralez osatutako SATE sistema berdina duten baina kanpoko estaldura desberdina duten bi alternatiba aztertuko dira. 14. Alternatibaren estaldura morterozkoa da eta 15. Alternatibarena aldiz, bistako zeramikazko plakazko estaldura da.

Bi alternatiba hauen arteko azterketa konparatiboa egiteko, aurreko analisisian hartu den etxe komertzial berdina erabiliko da erreferentzi bezala izan ere, etxe komertzial honek bi estaldura desberdin horiek osatzen duten SATE sistemekin merkaturatzen du. Hortaz, aurretik planteatu den 11. Alternatiba eta hemen definitu den 14. Alternatiba berdinak izango dira, hau da, SATE sistema bat non 80 mm-ko lodiera duen zuntz mineral isolatzaileaz osatuta dagoen alternatiba.

Alternatiba desberdinetan lortu diren adierazleen balioak hurrengo 6.17. Taulan ikus daitezke.

Adierazlea	Alternatiba	
	14	15
	Morteroa	Zeramikazko plakazko estaldura
E 1.1	0,68	0,57
E 1.2	0,35	0,31
E 1.3	0,50	0,45
E 2.1	0,78	0,69
I 1.1	0,25	0,43
I 1.2	0,95	0,07
I 1.3	0,75	0,75
I 2.1	0,99	0,99
F 1.1	0,50	0,50
F 2.1	1,00	1,00
F 2.2	1,00	1,00
F 3.1	0,00	0,00
S 1.1	1,00	1,00
S 1.2	1,00	1,00
S 1.3	0,00	0,00
S 2.1	0,00	0,00
S 3.1	0,90	0,90
S 3.2	0,51	0,51
S 3.3	0,10	0,23
S 4.1	1,00	1,00
S 5.1	0,38	0,67
S 5.2	1,00	1,00

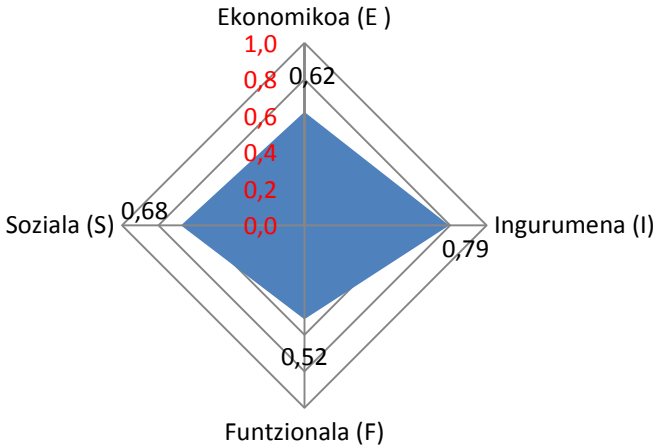
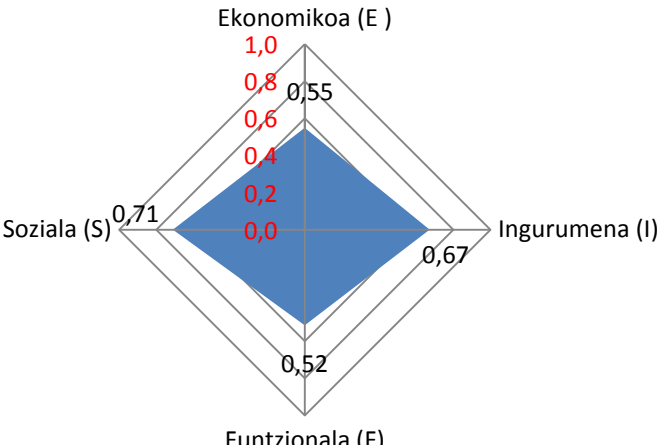
6.17. Taula: 14 eta 15 alternatibetan lortutako adierazleen emaitzak

Bestetik, alternatiba hauek lortu dituzten errekerimenduen eta jasagarritasun indizearen balioak hurrengo 6.18. Taulan adierazita daude.

Errekerimendua	Alternatiba	
	14	15
	Morteroa	Zeramikazko plakazko estaldura
Ekonomikoa (E)	0,62	0,55
Ingurumen (I)	0,79	0,67
Funtzionala (F)	0,52	0,52
Soziala (S)	0,68	0,71
<b>Totala: jasagarritasun indizea</b>	0,64	0,60

6.18. Taula: 14 eta 15 alternatibetan lortutako errekerimenduen eta jasagarritasun indizearen emaitzak

Beste kasuetan egin den bezala, bi alternatiba hauek konparatzeko errekerimenduetan lortutako emaitzak grafikoki adierazi dira armiarma diagramen bidez hurrengo 6.19. Taulan.

Alternatiba	Emaitzak
<p><b>14. Alternatiba:</b> SATE sistema, 80 mm-ko lodiera duen zuntz minerala eta <u>morterozko estaldura</u> erabiliz.</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,64</b></p>
<p><b>15. Alternatiba:</b> SATE sistema, 80 mm-ko lodiera duen zuntz minerala eta <u>zeramikazko plakazko estaldura</u> erabiliz.</p>	 <p><b>Totala (jasangarritasun indizea) = 0,6</b></p>

6.19: 14 eta 15 alternatibetan lortutako errekerimenduen balioak grafikoki adierazita

6.19. Taulan ikus daitekeen bezala, 14. Alternatibak lortu duen jasangarritasun indizea 15. Alternatibak lortu duena baino handiagoa da. Hortaz, morterozko estaldura duen konponbidea konponbide jasangarriena da, plakazko estaldura duen konponbidearekin alderatuta. Izan ere, errekerimendu ekonomikoaren (beste errekerimenduekin konparatuta %26ko pisua du) eta ingurumen errekerimenduaren (bere pisua %18a da) balioetan jaitsiera handiago bat eman da errekerimendu sozialaren (bere pisua %26koa da) balioan eman den handitzearekin alderatuta. Plakazko estaldura morterozko estaldura baino garestiago da gainera, ez du energia-aurrezterik sortzen. Hortaz, plakazko estaldura fatxadaren kanpoko estaldurarako erabiltzen duen alternatibaren errentagarritasuna txarragoa da. Horretaz aparte, ingurumenaren ikuspuntutik, nahiz eta bi alternatibek isolatzaile berdina erabili, 15. Alternatibak hondakin gehiago sortuko ditu. Ondorioz, ekonomiaren eta ingurumenaren ikuspuntutik, plakazko estaldura kanpoko estalduran erabiltzea ez da errentagarria. Baino 15. Alternatibak sortzen duen inpaktu soziala beste alternatibak sortutakoa baino handiagoa denez ikuspuntu sozialetik plakazko estaldura erabiltzea efizienteagoa da. Izan ere, errekerimendu sozialean alternatiba honek lortutako balioa 14. Alternatibarekin alderatuta

handiagoa da. Plakazko estaldura eraikinaren ingurunera hobe egokitzen da, jatorrizko fatxadaren kolore eta testura imitatzen baitu. Morterozko estaldura aldiz, bakarrik imitatzen du jatorrizko fatxadaren kolorea. Gainera, 15. Alternatibarekin zeramikazko plakazko estaldurako kapa bat gehitzen zaio eraikinari, etxebizitzaren barneko konfort akustikoa hobetuz.

## 6.5. Emaizten sentsibilitate analisia.

Planteatu den metodologiarekin lortzen den jasangarritasun indizeak konponbideen jasangarritasun gradua adierazten du eta errekerimenduen eta irizpideen pisuekin erlazio zuzena du. Hortaz, hauek dituzten pisu erlatiboen aldaketa arinek ebaluazioko azkeneko balioan edo indizean aldaketa handiak eragin ditzakete (130, 131). Pisu hauek ebaluazio subjektiboaren emaitzak dira izan ere, honen inguruan adituak diren lan talde baterik lortu baitira. Horregatik, beharrezkoa da sentsibilitate analisi bat egitea lortutako emaitzen baliotasuna, egonkortasuna eta sendotasuna frogatzeko. Sentsibilitate analisi hau irizpideen eta errekerimenduen pisuak aldatuz egiten da. Analisi mota hau adierazlearen pisua aldatuz ere egin daiteke, baina normalean ez da egiten (64) izan ere, honek azkeneko emaitzan daukan eragina irizpide edo dimentsioen pisu aldaketak daukana baino askoz txikiagoa izaten da.

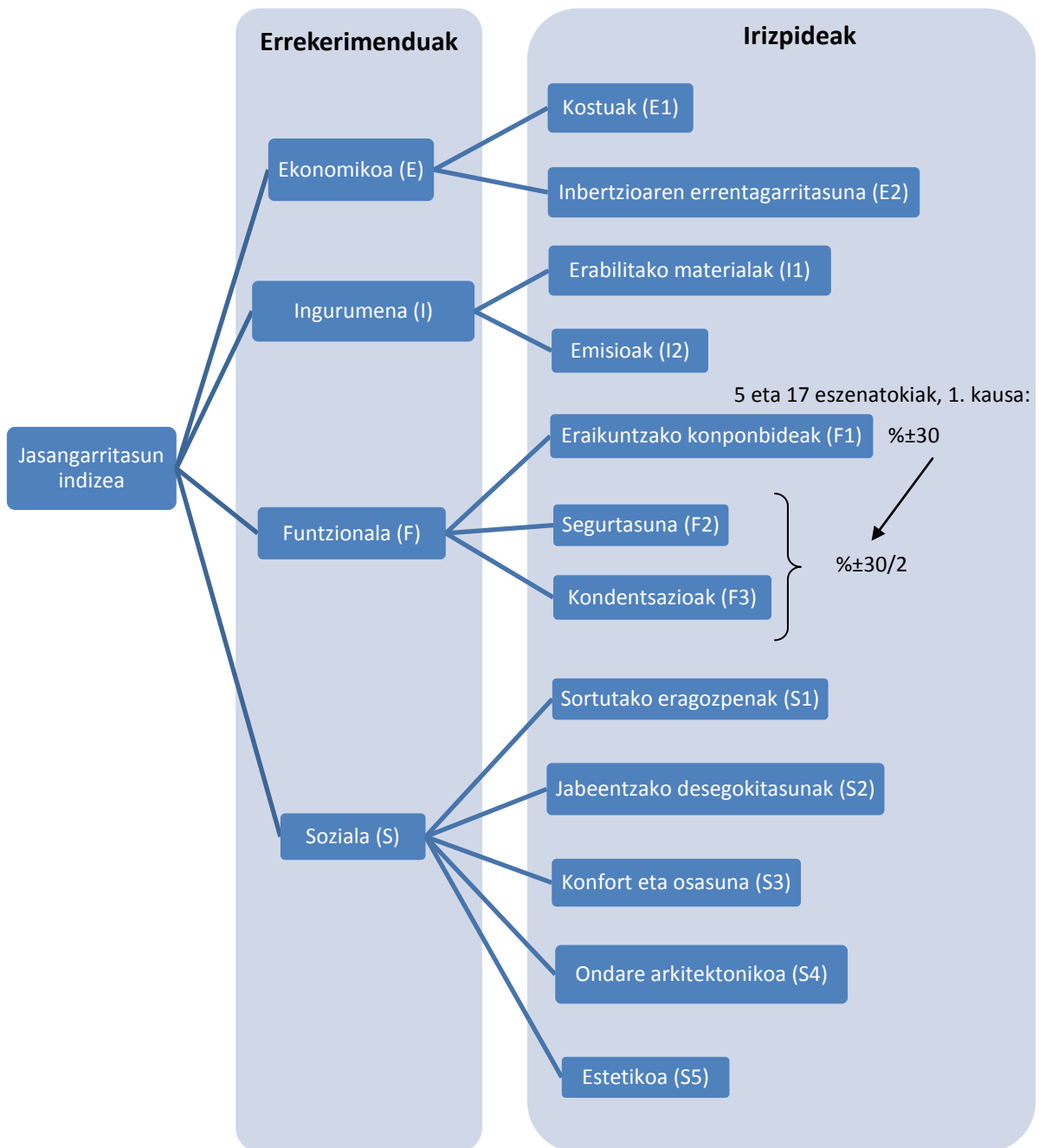
Sentsibilitate analisia burutzeko OAT (One-at-a-Time Sensitivity Analysis) erabiliko da, AHP-an oinarritutako metodologietan dauden sentsibilitate analisi ikuspegietatik ohikoenetako bat baita (132). Gainera, ikuspegi simple bat du oinarri gisa, konputazio errekurtsu gutxi behar ditu eta lortutako emaitzak interpretatzen errazak dira (133).

Burutuko den emaitzen sentsibilitate analisi honek, proposatu den metodologiaren baliostasunaren eta egonkortasunaren inguruko informazioa emango du. Emaitzak irizpideen eta errekerimenduen pisu erlatiboen aldaketa oso txikiak sentiberak badira, pisuen berrikustea gomendatzen da. Hau dela eta, irizpideen eta errekerimenduen pisu erlatiboak era independentean aldatuko dira. Lehenik eta behin, irizpideen pisuak aldatuko dira,  $\pm 30\%$ eko,  $\pm 50\%$ eko eta  $\pm 80\%$ ko aldaketekin, hurrenez hurren. Ondoren errekerimenduen pisuak aldatuko dira,  $\pm 30\%$ eko,  $\pm 50\%$ eko eta  $\pm 80\%$ ko aldaketekin ere, hurrenez hurren. Azkenik, irizpideen zein errekerimenduen pisu erlatiboak aldatzearen ondorioz lortutako emaitzak aztertuko dira eta emaitza hauek adituen lan-taldeari erakutsiko zaizkie, pisu erlatiboren bat aldatzeko aukera eskainiz. Sentsibilitate analisisian lortutako emaitzak adituen lan-taldearekin (erabakitze-zuhaitzaren pisuak ezarri duen lan-taldea) aztertzea eta balioztatzea garrantzitsua da (131).

### 6.5.1. Irizpide mailan egindako sentsibilitate analisia

Planteatu diren alternatiba desberdinetan lortutako emaitzekin sentsibilitate analisi bat burutzeko, erabakitze-zuhaitzean dauden irizpide bakoitzaren pisu erlatiboa aldatuko da. Horretarako, irizpide bakoitzaren pisu erlatiboa  $\pm 30\%$ ,  $\pm 50\%$  eta  $\pm 80\%$  aldatuko da. 12 irizpide existitzen direnez 24 eszenatoki berri definituko dira (12 portzentaje positiboarekin eta beste 12 portzentaje negatiboarekin). Eszenatoki berri hauetako bakoitzean 3 kasu definituko dira portzentaje bakoitzarekin ( $30\%$ ,  $50\%$  eta  $80\%$ ), aztertuko den alternatiba bakoitzarentzat.

Kontuan izan behar da irizpideak errekerimenduetan biltzen direla (ikusi 6.18. Irudia) hortaz, errekerimendu berdineko irizpide guztien pisuen batura %100 izan behar da. Hau dela eta, irizpide baten pisua aldatzean errekerimendu bereko beste irizpideen pisua ere aldatu behar da hauen batura %100 izaten jarrai dezan. Beste errekerimenduetako irizpideek aldiz, ez dute inolako aldaketarik jasango izan ere, errekerimendu berdinekoa ez den irizpide batean egindako pisu aldaketak ez du azkeneko emaitzan eraginik.



6.18. Irudia: Erabakitze-zuhaitza errekerimenduekin eta irizpideekin. 5 eta 17 eszenatokien 1 kasuaren ( $\% \pm 30$ ) balioak nola lortzen diren adibidea

Aurreko atalean proposatu diren alternatiba kopuru handia dela eta, balio totalaren sensibilitate analisia egiteko bakarrik kontuan hartuko dira lehenengo lau alternatibak. Hortaz, analisirako erabilitako diren alternatibak birgaitze energetikorako eraikuntzako



konponbide desberdinak dituzte eta ondorengoak dira: 1. Alternatiba, 2. Alternatiba, 3. Alternatiba eta 4. Alternatiba. 6.20. Taulan irizpideen pisuen aldaketa portzentaje positiboekin definitu diren lehengo 12 eszenatoki berri adierazten dira, alternatiba bakoitzeko. Bestalde, 6.21. Taulan falta diren beste 12 eszenatoki berri definitu dira alternatiba bakoitzeko, hots, irizpideen pisuen aldaketa portzentaje negatiboekin definitutako 12 eszenatokiak. Eszenatoki bakoitzean 3 kasu (%30, %50 eta %80) definitu dira alternatiba bakoitzeko.

	Aldaketa positiboa duten eszenatokiak											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>1. Alternatiba %30</b>	(E1) %30	(E2) %30	(I1) %30	(I2) %30	(F1) %30	(F2) %30	(F3) %30	(S1) %30	(S2) %30	(S3) %30	(S4) %30	(S5) %30
<b>1. Alternatiba %50</b>	(E1) %50	(E2) %50	(I1) %50	(I2) %50	(F1) %50	(F2) %50	(F3) %50	(S1) %50	(S2) %50	(S3) %50	(S4) %50	(S5) %50
<b>1. Alternatiba %80</b>	(E1) %80	(E2) %80	(I1) %80	(I2) %80	(F1) %80	(F2) %80	(F3) %80	(S1) %80	(S2) %80	(S3) %80	(S4) %80	(S5) %80
<b>2. Alternatiba %30</b>	(E1) %30	(E2) %30	(I1) %30	(I2) %30	(F1) %30	(F2) %30	(F3) %30	(S1) %30	(S2) %30	(S3) %30	(S4) %30	(S5) %30
<b>2. Alternatiba %50</b>	(E1) %50	(E2) %50	(I1) %50	(I2) %50	(F1) %50	(F2) %50	(F3) %50	(S1) %50	(S2) %50	(S3) %50	(S4) %50	(S5) %50
<b>2. Alternatiba %80</b>	(E1) %80	(E2) %80	(I1) %80	(I2) %80	(F1) %80	(F2) %80	(F3) %80	(S1) %80	(S2) %80	(S3) %80	(S4) %80	(S5) %80
<b>3. Alternatiba %30</b>	(E1) %30	(E2) %30	(I1) %30	(I2) %30	(F1) %30	(F2) %30	(F3) %30	(S1) %30	(S2) %30	(S3) %30	(S4) %30	(S5) %30
<b>3. Alternatiba %50</b>	(E1) %50	(E2) %50	(I1) %50	(I2) 50%	(F1) %50	(F2) %50	(F3) %50	(S1) %50	(S2) %50	(S3) %50	(S4) %50	(S5) %50
<b>3. Alternatiba %80</b>	(E1) %80	(E2) %80	(I1) %80	(I2) %80	(F1) %80	(F2) %80	(F3) %80	(S1) %80	(S2) %80	(S3) %80	(S4) %80	(S5) %80
<b>4. Alternatiba %30</b>	(E1) %30	(E2) %30	(I1) %30	(I2) %30	(F1) %30	(F2) %30	(F3) %30	(S1) %30	(S2) %30	(S3) %30	(S4) %30	(S5) %30
<b>4. Alternatiba %50</b>	(E1) %50	(E2) %50	(I1) %50	(I2) %50	(F1) %50	(F2) %50	(F3) %50	(S1) %50	(S2) %50	(S3) %50	(S4) %50	(S5) %50
<b>4. Alternatiba %80</b>	(E1) %80	(E2) %80	(I1) %80	(I2) %80	(F1) %80	(F2) %80	(F3) %80	(S1) %80	(S2) %80	(S3) %80	(S4) %80	(S5) %80

6.20. Taula: Irizpideen pisuetan aldaketa positiboak sortu dituen 12 eszenatokien definizioa

	Aldaketa negatiboa duten eszenatokiak											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>1. Alternatiba %30</b>	(E1) %-30	(E2) %-30	(I1) %-30	(I2) %-30	(F1) %-30	(F2) %-30	(F3) %-30	(S1) %-30	(S2) %-30	(S3) %-30	(S4) %-30	(S5) %-30
<b>1. Alternatiba %50</b>	(E1) %-50	(E2) %-50	(I1) %-50	(I2) %-50	(F1) %-50	(F2) %-50	(F3) %-50	(S1) %-50	(S2) %-50	(S3) %-50	(S4) %-50	(S5) %-50
<b>1. Alternatiba %80</b>	(E1) %-80	(E2) %-80	(I1) %-80	(I2) %-80	(F1) %-80	(F2) %-80	(F3) %-80	(S1) %-80	(S2) %-80	(S3) %-80	(S4) %-80	(S5) %-80
<b>2. Alternatiba %30</b>	(E1) %-30	(E2) %-30	(I1) %-30	(I2) %-30	(F1) %-30	(F2) %-30	(F3) %-30	(S1) %-30	(S2) %-30	(S3) %-30	(S4) %-30	(S5) %-30
<b>2. Alternatiba %50</b>	(E1) %-50	(E2) %-50	(I1) %-50	(I2) %-50	(F1) %-50	(F2) %-50	(F3) %-50	(S1) %-50	(S2) %-50	(S3) %-50	(S4) %-50	(S5) %-50
<b>2. Alternatiba %80</b>	(E1) %-80	(E2) %-80	(I1) %-80	(I2) %-80	(F1) %-80	(F2) %-80	(F3) %-80	(S1) %-80	(S2) %-80	(S3) %-80	(S4) %-80	(S5) %-80
<b>3. Alternatiba %30</b>	(E1) %-30	(E2) %-30	(I1) %-30	(I2) %-30	(F1) %-30	(F2) %-30	(F3) %-30	(S1) %-30	(S2) %-30	(S3) %-30	(S4) %-30	(S5) %-30
<b>3. Alternatiba %50</b>	(E1) %-50	(E2) %-50	(I1) %-50	(I2) %-50	(F1) %-50	(F2) %-50	(F3) %-50	(S1) %-50	(S2) %-50	(S3) %-50	(S4) %-50	(S5) %-50
<b>3. Alternatiba %80</b>	(E1) %-80	(E2) %-80	(I1) %-80	(I2) %-80	(F1) %-80	(F2) %-80	(F3) %-80	(S1) %-80	(S2) %-80	(S3) %-80	(S4) %-80	(S5) %-80
<b>4. Alternatiba %30</b>	(E1) %-30	(E2) %-30	(I1) %-30	(I2) %-30	(F1) %-30	(F2) %-30	(F3) %-30	(S1) %-30	(S2) %-30	(S3) %-30	(S4) %-30	(S5) %-30
<b>4. Alternatiba %50</b>	(E1) %-50	(E2) %-50	(I1) %-50	(I2) %-50	(F1) %-50	(F2) %-50	(F3) %-50	(S1) %-50	(S2) %-50	(S3) %-50	(S4) %-50	(S5) %-50
<b>4. Alternatiba %80</b>	(E1) %-80	(E2) %-80	(I1) %-80	(I2) %-80	(F1) %-80	(F2) %-80	(F3) %-80	(S1) %-80	(S2) %-80	(S3) %-80	(S4) %-80	(S5) %-80

6.21. Taula: Irizpideen pisuetan aldaketa negatiboak sortu dituen 12 eszenatokiaren definizioa

Behin 24 eszenatoki berrietan definitutako irizpideen pisuen aldaketak eginda, alternatiba bakoitzaren balio totalak edo jasangarritasun indizeak lortu dira. Lortutako indizearen balio hauek hasieran lortutako balioekin, hau da, pisuetan aldaketarik egin gabe lortutako balioekin konparatu dira. Konparaketa horretatik jasangarritasun indize bakoitzak jasan duen aldaketak lortu dira, aldaketa hauek ehunekotan adieraziz. 6.22. Taulan eta 6.23. Taulan jasangarritasun indize bakoitzak eszenatoki bakoitzean eta alternatiba bakoitzean jasan duen aldaketa ikus daiteke.

	Aldaketa positiboa duten eszenatokiak											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>1. Alternatiba %30</b>	%4,39	%-3,45	%2,44	%-1,92	%2,97	%2,65	%-4,82	%-1,82	%1,25	%-1,57	%0,88	%-0,38
<b>1. Alternatiba %50</b>	%7,31	%-5,75	%4,07	%-3,20	%4,96	%4,42	%-8,04	%-3,03	%2,09	%-2,61	%1,47	%-0,63
<b>1. Alternatiba %80</b>	%11,70	%-9,20	%6,52	%-5,12	%7,93	%7,07	<b>%-12,86</b>	%-4,85	3,34%	%-4,18	%2,36	%-1,00
<b>2. Alternatiba %30</b>	%-2,05	%1,61	%-1,24	%0,98	%-1,65	%4,43	%-2,68	%1,66	%-1,92	%-0,60	%0,58	0,42%
<b>2. Alternatiba %50</b>	%-3,42	%2,69	%-2,07	%1,63	%-2,76	%7,38	%-4,47	%2,77	%-3,19	%-1,01	%0,97	%0,70
<b>2. Alternatiba %80</b>	%-5,48	%4,30	%-3,31	%2,60	%-4,41	<b>%11,81</b>	%-7,16	%4,44	%-5,11	%-1,61	%1,56	%1,12
<b>3. Alternatiba %30</b>	%-2,25	%1,77	%-2,34	%1,84	%0,00	%3,50	%-3,18	%1,72	%-1,73	%-0,58	%0,62	%0,15
<b>3. Alternatiba %50</b>	%-3,76	%2,95	%-3,91	%3,07	%0,00	%5,83	%-5,30	%2,86	%-2,88	%-0,97	%1,03	%0,24
<b>3. Alternatiba %80</b>	%-6,01	%4,72	%-6,25	%4,91	%0,00	<b>%9,33</b>	%-8,48	%4,58	%-4,62	%-1,56	%1,64	%0,39
<b>4. Alternatiba %30</b>	%4,19	%-3,29	4,67%	%-3,67	%-3,34	%5,96	%-2,71	%2,67	%-1,91	%-1,23	%1,00	%-0,41
<b>4. Alternatiba %50</b>	%6,98	%-5,49	7,78%	%-6,11	%-5,57	%9,93	%-4,52	%4,45	%-3,18	%-2,06	%1,67	%-0,69
<b>4. Alternatiba %80</b>	%11,17	%-8,78	12,44%	%-9,78	%-8,91	<b>%14,98</b>	%-7,22	%7,13	%-5,09	%-3,29	%2,67	%-1,10

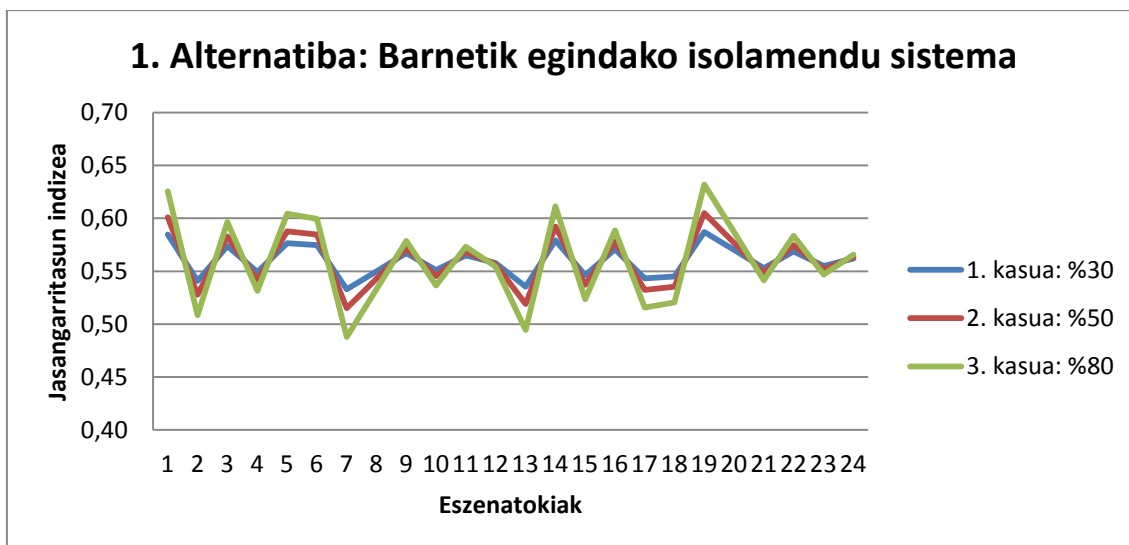
6.22. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak irizpideen pisuetan aldaketa positiboak egin ondoren

## 6. Kapitulu

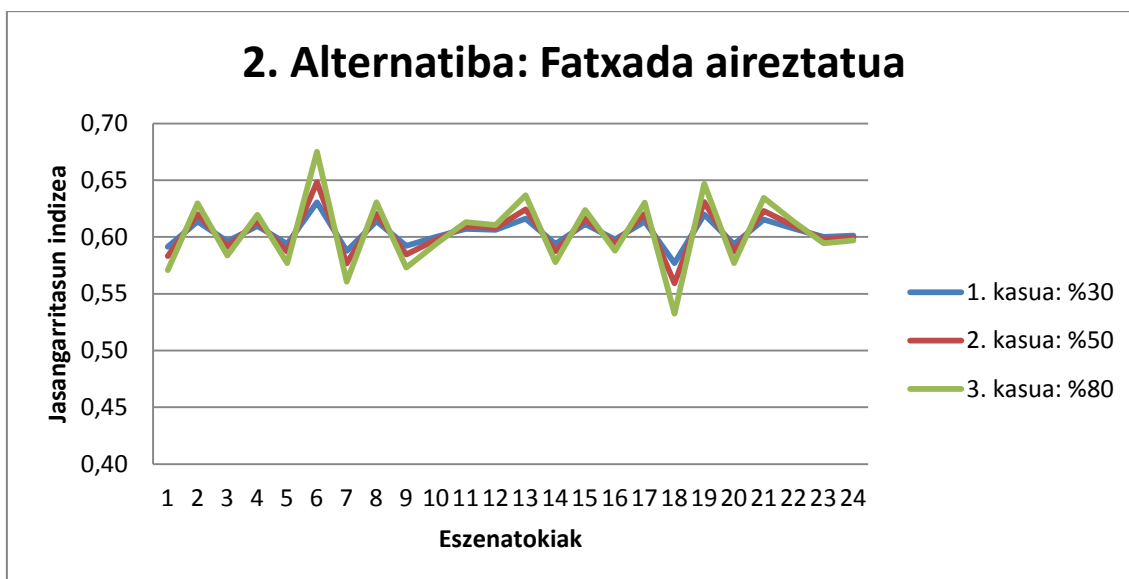
	Aldaketa negatiboa duten eszenatokiak											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>1. Alternatiba %30</b>	%-4,39	%3,45	%-2,44	%1,92	%-2,97	%-2,65	%4,82	%1,82	%-1,25	%1,57	%-0,88	%0,38
<b>1. Alternatiba %50</b>	%-7,31	%5,75	%-4,07	%3,20	%-4,96	%-4,42	%8,04	%3,03	%-2,09	%2,61	%-1,47	%0,63
<b>1. Alternatiba %80</b>	%-11,70	%9,20	%-6,52	%5,12	%-7,93	%-7,07	<b>%12,86</b>	%4,85	%-3,34	%4,18	%-2,36	%1,00
<b>2. Alternatiba %30</b>	%2,05	%-1,61	%1,24	%-0,98	%1,65	%-4,43	%2,68	%-1,66	%1,92	%0,60	%-0,58	%-0,42
<b>2. Alternatiba %50</b>	%3,42	%-2,69	%2,07	%-1,63	%2,76	%-7,38	%4,47	%-2,77	%3,19	%1,01	%-0,97	%-0,70
<b>2. Alternatiba %80</b>	%5,48	%-4,30	3,31%	%-2,60	%4,41	<b>%-11,81</b>	%7,16	%-4,44	%5,11	%1,61	%-1,56	%-1,12
<b>3. Alternatiba %30</b>	%2,25	%-1,77	%2,34	%-1,84	%0,00	%-3,50	%3,18	%-1,72	%1,73	%0,58	%-0,62	%-0,15
<b>3. Alternatiba %50</b>	%3,76	%-2,95	%3,91	%-3,07	%0,00	%-5,83	%5,30	%-2,86	%2,88	%0,97	%-1,03	%-0,24
<b>3. Alternatiba %80</b>	%6,01	%-4,72	%6,25	%-4,91	%0,00	<b>%-9,33</b>	%8,48	%-4,58	%4,62	%1,56	%-1,64	%-0,39
<b>4. Alternatiba %30</b>	%-4,19	%3,29	%-4,67	%3,67	%3,34	%-5,96	%2,71	%-2,67	%1,91	%1,23	%-1,00	%0,41
<b>4. Alternatiba %50</b>	%-6,98	%5,49	%-7,78	%6,11	%5,57	%-9,93	%4,52	%-4,45	%3,18	%2,06	%-1,67	%0,69
<b>4. Alternatiba %80</b>	%-11,17	%8,78	%-12,44	%9,78	%8,91	<b>%-14,98</b>	%7,22	%-7,13	%5,09	%3,29	%-2,67	%1,10

6.23. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak irizpideen pisuetan aldaketa negatiboak egin ondoren

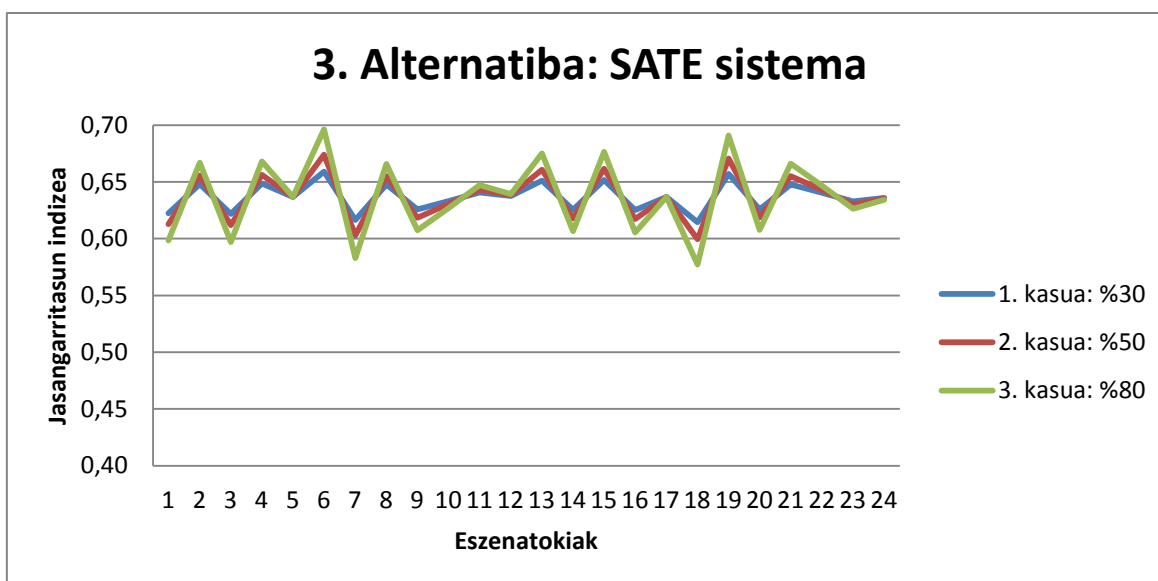
Hurrengo 6.6. Grafikoan, 6.7. Grafikoan, 6.8. Grafikoan eta 6.9. Grafikoan, irizpideen pisuetan aldaketak burutu ondoren alternatiba bakoitzean lortu diren jasangarritasun indizeen emaitzak adierazten dira.



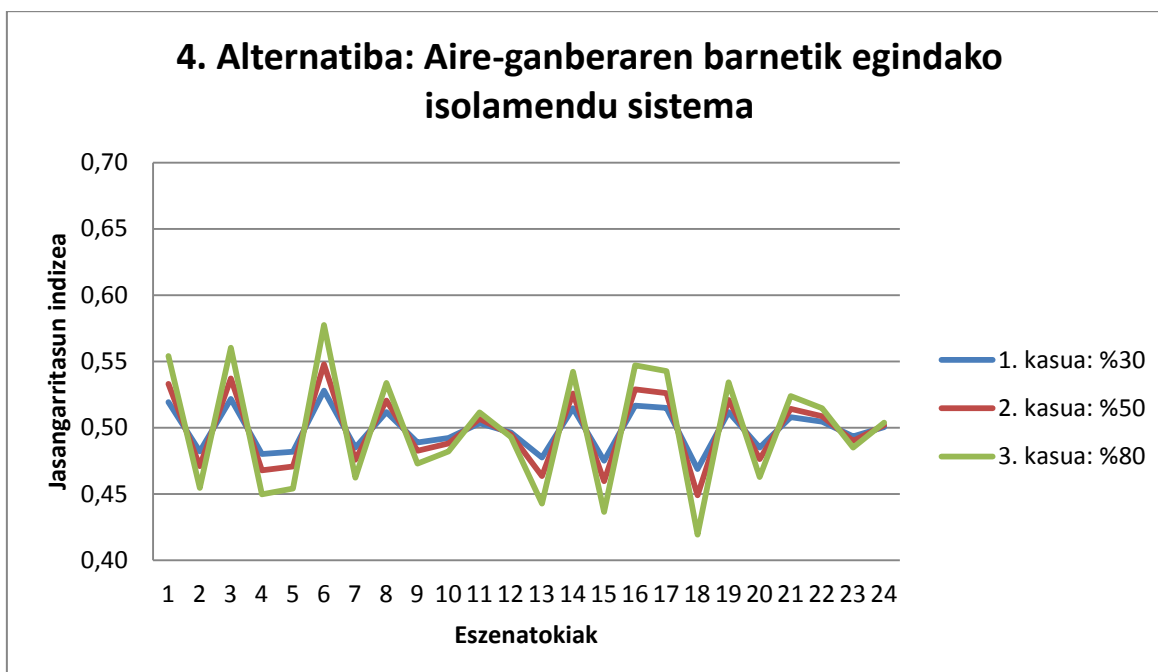
6.6. Grafikoa: 1. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren



6.7. Grafikoa: 2. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren



6.8. Grafikoa: 3. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren



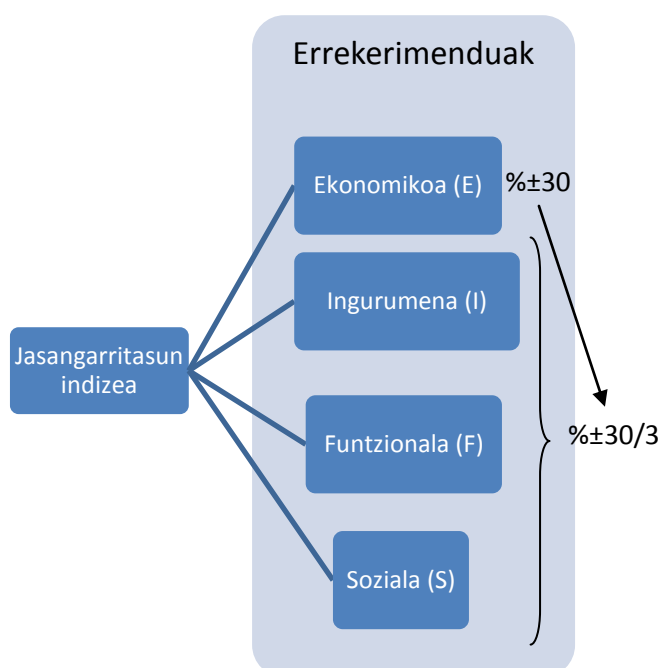
6.9. Grafikoa: 4. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, irizpideen pisuak aldatu ondoren

Ebaluazioaren emaitzak oso antzekoak direnean, nahiz eta irizpideen pisuak era adierazgarrian aldatu, ebaluazio-modeloa zuzena dela ondoriozta daiteke (134, 135). Kasu honetan, jasangarritasun indizeak sufritu duen aldaketa maximoa %15a baino txikiagoa izan da (Ikusi 6.22. Taula eta 6.23. Taula). Aldaketa hori txikitat har daiteke, irizpideen pisuen muturreko aldaketaren ondorioz eman dela kontutan hartuz, hau da, irizpideen pisua % 80a aldatu denean. Hau dela eta, irizpide mailan egindako sentzibilitate analisi honen bitartez proposatutako metodologiaren baliostasun eta egonkortasuna frogatuta geratzen da.

Halaber, jarraian errekerimenduen pisuak aldatuko dira metodologiaren baliostasuna eta egonkortasuna egiaztatzeko maila altuago batean.

### 6.5.2. Errekerimendu mailan egindako sentsibilitate analisia

Kasu honetan, beste aurrekoan bezala, portzentaje berdinetan aldatuko dira pisuak ( $\pm 30$ ,  $\pm 50$  eta  $\pm 80$ ) baino kasu honetan errekerimenduen pisuak aldatuko dira. Lau errekerimendu desberdin daudenez erabakitze-zuhaitzean (Ikusi 6.19. Irudia), kasu honetan bakarrik 8 eszenatoki berri definituko dira. Eszenatoki bakoitzeko 3 kasu definituko dira alternatiba bakoitzeko. Kasu bakoitzak portzentaje kopuru bat adieraziko du, aurreko atalean egin den bezala. Halaber, kontuan hartu behar da errekerimenduak erlazionatuta daudela haien artean eta hauen pisuen batuak %100 eman behar duela. Hortaz, errekerimendu baten pisua aldatzean beste errekerimenduen pisua ere aldatu beharko da, aldatu diren pisuen batura %100 izan dadin.



6.19. Irudia: Erabakitze-zuhaitza errekerimenduekin. 1 eta 5 eszenatokiaren 1 kasuaren ( $\pm 30$ ) balioak nola lortzen diren adibidea

Aurreko kasuan bezala, sentsibilitate analisia egiteko planteatutako lehenengo lau alternatibak bakarrik erabiliko dira.

Hurrengo 6.24. Taulan errekerimenduen pisuak aldatzean alternatiba bakoitzeko sortzen diren 8 eszenatoki berriak ikus daitezke.

	Eszenatokiak							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Alternatiba %±30</b>	(E) %+30	(I) %+30	(F) %+30	(S) %+30	(E) %-30	(I) %-30	(F) %-30	(S) %-30
<b>1. Alternatiba %±50</b>	(E) %+50	(I) %+50	(F) %+50	(S) %+50	(E) %-50	(I) %-50	(F) %-50	(S) %-50
<b>1. Alternatiba %±80</b>	(E) %+80	(I) %+80	(F) %+80	(S) %+80	(E) %-80	(I) %-80	(F) %-80	(S) %-80
<b>2. Alternatiba %±30</b>	(E) %+30	(I) %+30	(F) %+30	(S) %+30	(E) %-30	(I) %-30	(F) %-30	(S) %-30
<b>2. Alternatiba %±50</b>	(E) %+50	(I) %+50	(F) %+50	(S) %+50	(E) %-50	(I) %-50	(F) %-50	(S) %-50
<b>2. Alternatiba %±80</b>	(E) %+80	(I) %+80	(F) %+80	(S) %+80	(E) %-80	(I) %-80	(F) %-80	(S) %-80
<b>3. Alternatiba %±30</b>	(E) %+30	(I) %+30	(F) %+30	(S) %+30	(E) %-30	(I) %-30	(F) %-30	(S) %-30
<b>3. Alternatiba %±50</b>	(E) %+50	(I) %+50	(F) %+50	(S) %+50	(E) %-50	(I) %-50	(F) %-50	(S) %-50
<b>3. Alternatiba %±80</b>	(E) %+80	(I) %+80	(F) %+80	(S) %+80	(E) %-80	(I) %-80	(F) %-80	(S) %-80
<b>4. Alternatiba %±30</b>	(E) %+30	(I) %+30	(F) %+30	(S) %+30	(E) %-30	(I) %-30	(F) %-30	(S) %-30
<b>4. Alternatiba %±50</b>	(E) %+50	(I) %+50	(F) %+50	(S) %+50	(E) %-50	(I) %-50	(F) %-50	(S) %-50
<b>4. Alternatiba %±80</b>	(E) %+80	(I) %+80	(F) %+80	(S) %+80	(E) %-80	(I) %-80	(F) %-80	(S) %-80

6.24. Taula: Errekerimenduen pisuak aldatzean sortzen diren 8 eszenatoki berriak

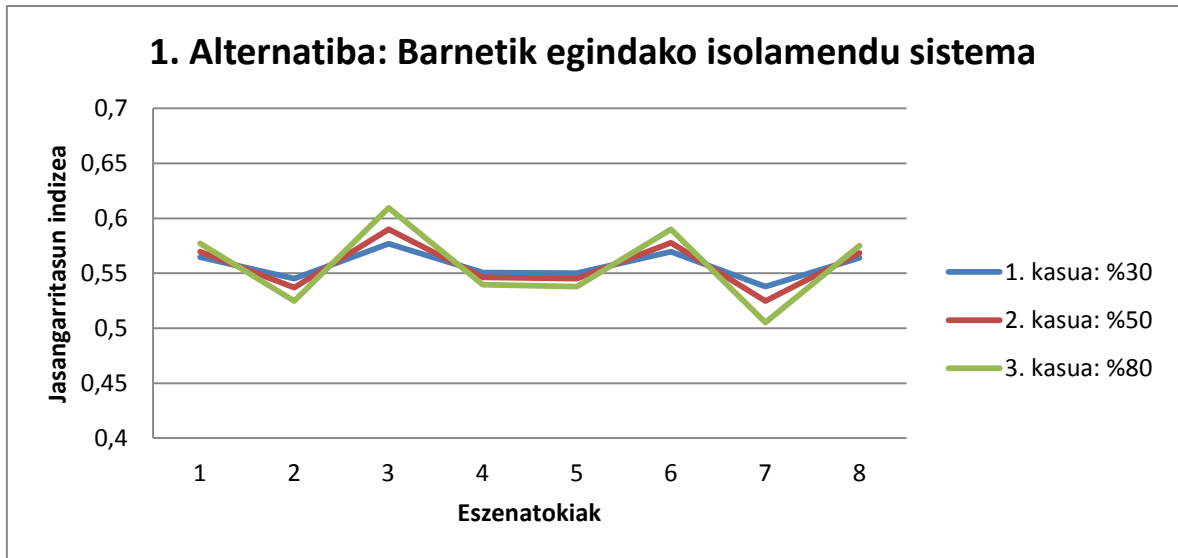
Definitutako 8 eszenatoki berrietan lortutako jasangarritasun indizeen aldaketak, alternatiba bakoitzak duen indizearen arabera, hurrengo 6.25. Taulan ikus daitezke.



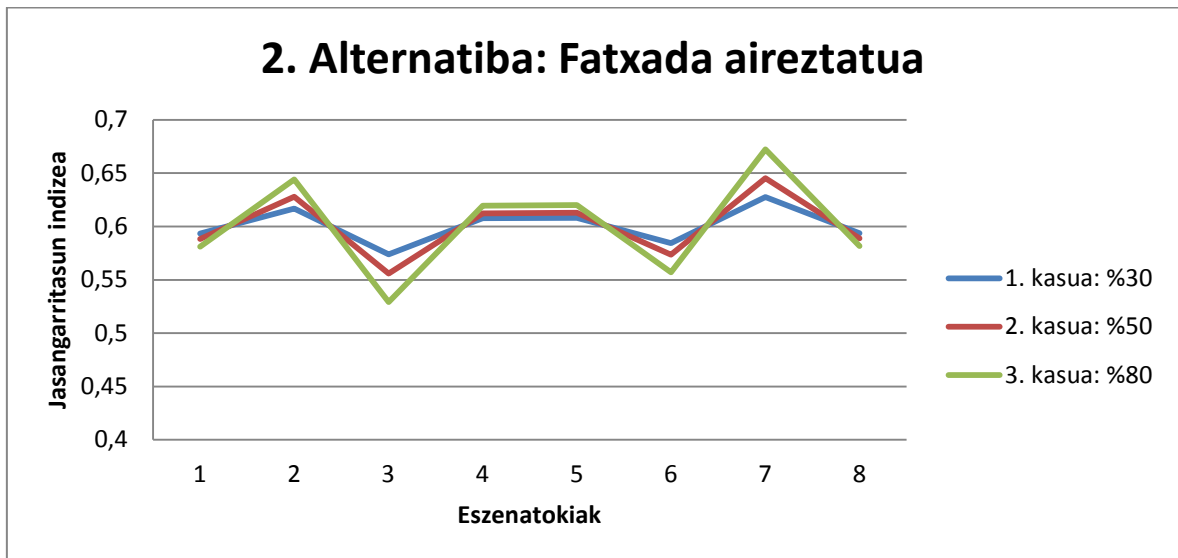
	Eszenatokiak							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Alternatiba %±30</b>	%1,32	%-2,19	%3,50	%-1,19	%-1,32	%2,19	%-3,50	%1,19
<b>1. Alternatiba %±50</b>	%2,21	%-3,66	%5,84	%-1,98	%-2,21	%3,66	%-5,84	%1,98
<b>1. Alternatiba %±80</b>	%3,53	%-5,85	<b>%9,34</b>	%-3,17	%-3,53	%5,85	<b>%-9,34</b>	%3,17
<b>2. Alternatiba %±30</b>	%-1,22	%2,71	%-4,47	%1,17	%1,22	%-2,71	%4,47	%-1,17
<b>2. Alternatiba %±50</b>	%-2,03	%4,52	%-7,45	%1,96	%2,03	%-4,52	%7,45	%-1,96
<b>2. Alternatiba %±80</b>	%-3,25	%7,24	<b>%-11,92</b>	%3,13	%3,25	%-7,24	<b>%11,92</b>	%-3,13
<b>3. Alternatiba %±30</b>	%0,64	%0,82	%-2,45	%0,31	%-0,64	%-0,82	%2,45	%-0,31
<b>3. Alternatiba %±50</b>	%1,06	%1,36	%-4,09	%0,52	%-1,06	%-1,36	%4,09	%-0,52
<b>3. Alternatiba %±80</b>	%1,70	%2,18	<b>%-6,54</b>	%0,83	%-1,70	%-2,18	<b>%6,54</b>	%-0,83
<b>4. Alternatiba %±30</b>	%1,71	%0,47	%-4,22	%1,27	%-1,71	%-0,47	%4,22	%-1,27
<b>4. Alternatiba %±50</b>	%2,85	%0,78	%-7,03	%2,12	%-2,85	%-0,78	%7,03	%-2,12
<b>4. Alternatiba %±80</b>	%4,55	%1,25	<b>%-11,25</b>	%3,40	%-4,55	%-1,25	<b>%11,25</b>	%-3,40

6.25. Taula: Jasangarritasun indizearen balioen aldaketak errekerimenduen pisuetan aldaketak egin ondoren

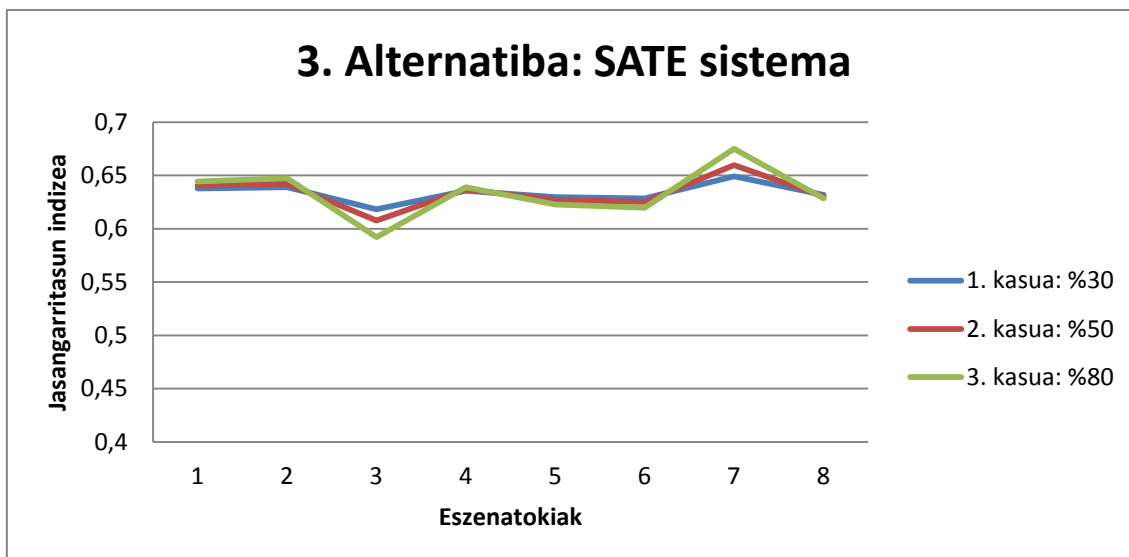
Halaber, alternatiba bakoitzeko definitutako 8 eszenatokietan lortutako jasangarritasun indizearen balioaren emaitzak grafikoki adierazten dira ondorengo 6.10. Grafikoan, 6.11. Grafikoan, 6.12. Grafikoan eta 6.13. Grafikoan.



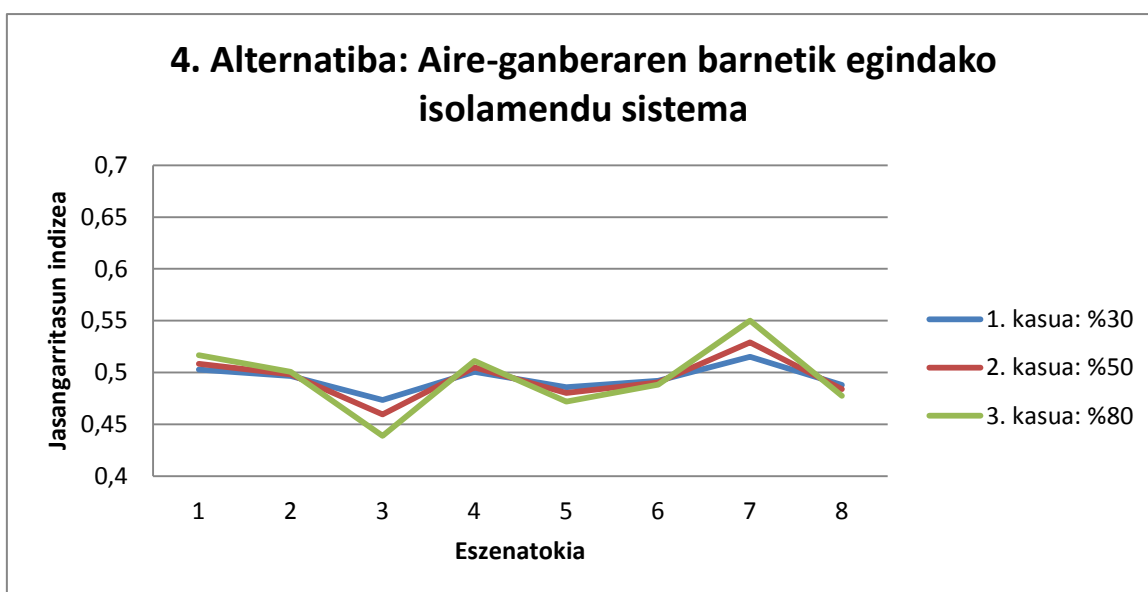
6.10. Grafikoa: 1. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren



6.11. Grafikoa: 2. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren



6.12. Grafikoa: 3. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren



6.13. Grafikoa: 4. Alternatibaren jasangarritasun indizearen balio berriak, errekerimenduen pisuak aldatu ondoren

Kasu honetan, jasangarritasun indizeak sufritu duen aldaketa maximoa %11,9koa izan da (Ikusi 6.25. Taula). Aurreko kasuan bezala, aldaketa hori txikitat har daiteke, errekerimenduen pisuen muturreko aldaketaren ondorioz eman dela kontutan hartuz, hau da, irizpideen pisua %80a aldatu denean.

Hau dela eta, irizpide mailan eta errekerimendu mailan egindako sentsibilitate analisien bitartez proposatutako metodologiaren baliostasun eta egonkortasuna frogatuta geratzen da.

Halaber, adituen lan-taldeari egindako bi sentsibilitate analisisietan lortutako emaitzak erakutsi zaizkie, pisu erlatiboren bat aldatzeko aukera eskainiz. Baina behin kontsulta erronda bukatu ondoren, ondorioztatu da ez dela beharrezkoa irizpideen eta errekerimenduen pisuak aldatzea. Hau dela eta, hasieran zehaztutako irizpideen eta errekerimenduen pisuak hau da, jatorrizko pisuak mantentze erabaki da.

## **7. Kapituluua: ONDORIOAK ETA ETORKIZUNERAKO IKERKETA LERRROAK**

### 7.1. Ondorioak

Doktorego tesi honetan lortutako ondorio orokorrak hurrengo ataletan zehar garatu dira:

#### 7.1.1. Arrazoiari buruzko ondorioak

Europa mailan eta estatu mailan bizitegi-sektorea energia kontsumitzen duen eta CO<sub>2</sub> emisioak isurtzen dituen sektore garrantzitsu bat da. Gainera, energia inportazioekiko mendekotasun hazkorrak, energia baliabideen eskasiak, negutegi efektuko gasak murrizteko beharrak eta krisi ekonomikoa gainditzeko beharrak, energiaren kontsumoa murrizteko eta jatorri berriztagarria duten energien erabilera bultzatzeko bizitegi-sektorean neurriak hartzea behartu dute. Neurri hauek eraikinen efizientzia energetikoaren inguruko Europako Zuzentarauen bidez ezarri dira eta estatu mailan, Zuzentaraia hauen transposizioaren bidez. Hau dela eta, Europa, estatu eta Autonomia Erkidego mailan dauden arauak eboluzioa bat izan dute eta honela energetikoki eraginkorragoa den etxebizitza parke bat lortu da. Halaber, kontuan hartuta eraikuntza berriaren hazkunde baxua eta efizientzia energetikoaren inguruko exijentzia minimoak betetzen ez dituzten eraikin kopuru handia (Espainian etxebizitzaren %92ak ez ditu exijentzia horiek betetzen, kontuan izan gabe jada energetikoki birgaitu diren eraikinak), existitzen diren eraikinen birgaitze energetikoa behar beharrezkoa da, epe motzean edo ertainean.

Gainera, eraikin berrietan eta existitzen diren eraikinetan efizientzia energetikoa sustatzeko Europa, estatu eta Euskadi mailan eraikinen ziurtagiri energetikoaren inguruko legezko marko bat garatu da. Ziurtagiri hau derrigorrezkoa da eta honek eraikinaren lehenengo energiaren kontsumoa eta CO<sub>2</sub> emisioak kontuan hartuta, eraikin osoaren edo parte baten efizientzia energetikoa ebaluatzen du. Halaber, eraikin berrien eta existitzen diren eraikinen jasangarritasuna ebaluatzen duten ziurtagiriak existitzen dira baino, ziurtagiri hauek ez dira derrigorrezkoak. Ziurtagiri hauek eraikinaren jasangarritasuna ebaluatzen dute ingurumen ikuspuntutik, ekonomia ikuspuntutik eta baita ikuspuntu sozialetik ere. Internazional eta Europa mailan jasangarritasuna ebaluatzeko tresna desberdinak existitzen dira esaterako, LEED eta BREEAM sistemak. Espainian VERDE tresna existitzen da eta Euskal Autonomia Erkidegoan "Las Guías de edificación sostenible" deituriko ebaluazio sistema dago.

Existitzen diren eraikinak energetikoki birgaitzeko neurri desberdinak existitzen dira. Baina eraikinaren inguratzailea termikoki hobetzen bada eta konkretuki erakinen fatxada hobetzen bada, lortzen den energiaren kontsumoa eta CO<sub>2</sub> emisioen murrizketa handiagoa da. Ahaztu gabe, ikuspuntu sozialetik, birgaitze energetikoarekin enplegu zuzena eta zeharkako enplegua handitzen dela.

Bere bizitza-ziklo osoan fatxaden birgaitze sistema jasangarriena aukeratzeko multi-irizpide metodologia (MCDM, Multiple criteria decision making) bat ezartzea beharrezkoa da. Izan ere, hiru zutabe desberdinetan (ekonomia, ingurumena eta soziala) oinarritzen diren jasangarritasunaren betebeharrak kontsideratzen dira eta hauetako betebeharrak bakoitzak unitate desberdinetan adierazita dauden irizpide eta adierazle desberdinez osatuta dago. Gainera, erabakia hartzea, hau da, hautatzea fatxaden birgaitze sistemarik jasangarriena ez da lan erraza zeren, gaur egun merkatuan existitzen diren birgaitze konponbideak ugariak baitira. Doktorego Tesi honetan aztertu diren multi-irizpide metodoetatik, fatxaden birgaitze sistema jasangarriena ebaluatzeko beharri hobekien moldatzen den metodologia MIVES da. Metodologia hau hein handi batean, egokiena da zeren, zehaztutako alternatiba bakoitzak

ebaluatzen baititu bakoitzaren jasangarritasun gradua neurtuz balio indize baten bidez. Balio indize hau jasangarritasun irizpide desberdinen gehitze ponderatu baten bidez lortzen da.

Eraikinen birgaitze prozesurik egokiena, bai Isolatzailek egokiena bai fatxadaren birgaitze sistemarik edo birgaitze estrategiari egokiena aukeratzeko laguntzen duten aukeraketa metodologia desberdinak existitzen dira. Egindako azterketan ikusi da, metodologia hauek ezartzeko irizpide desberdinak eta jasangarritasunaren faktore desberdinak erabili direla. Gainera, metodologia hauen aplikazio eremua zabala dela konprobatu da. Baina ez da aurkitu jasangarritasun osoaren ikuspuntutik, hots, kontuan hartuta aspektu ekonomikoak, funtzionalak, sozialak eta ingurumen aspektuak, eraikinen konponbidea aukeratzeko metodologiari ez eta Euskal Autonomia Erkidegoan kokatutako eta EKT-a indarrean sartu baino lehen eraikitako bizitegi-eraikinetan aplikatu daitezkeen metodologiari ere.

Hau dela eta, Doktorego Tesi honek fatxadaren konponbiderik eta isolatzailek jasangarriena aukeratzeko MIVES metodoa erabiliz eta Euskadi dauden eta garai konkretu horretan eraikitako bizitegi-eraikinetan aplikatu daitezkeen metodologia bat ezartzen du.

EAE-an dagoen etxebizitza parkea zaharra da nahiz eta, hauek, kontuan hartu gabe hauen efizientzia energetikoa, egoera onean aurkitzen diren eta konfort indize ertaina duten.

Fatxaden tipologiak aintzat hartzen badira 3 taldetan banatu daitezke eraikinak: NBE-CT-79 indarrean sartu baino lehen eraikitako eraikinak eta inolako isolamendutik ez dutenak, 1979 eta 2006 urteen artean eraikitako eraikinak eta zenbait isolamendu dutenak eta 2006 urtetik aurrera eraikitako eraikinak eta prestazio termiko hobekoak dituztenak zeren, EKT-an ezartzen diren betebeharrak betetzen baitituzte.

Kontuan izanda aipatutako 3 talde horiek, EAE-an dauden etxebizitza eraikinen %7a bakarrik 2006 urtearen ondoren eraiki ziren. Hortaz, etxebizitza eraikien %90a (kontuan hartu gabe jada birgaituta dauden eraikinak) birgaitu beharko da, haien efizientzia energetikoa hobetzeko

Eraikinak birgaitzeko joera handituz joan da azken urteotan EAE-an, etxebizitza berrien eraikuntzarekin alderatuta. Gainera, azken urteotan egindako birgaitzetan birgaitutako eraikinen efizientzia energetiko hobetu da.

Euskadiko etxebizitzetan ez dago ia aire girotuko sistemarik. Halaber, berogailu sistemarik erabiliena banakako sistema da, sistema zentralekin alderatuta eta sistema hauetan erabiltzen den erregairik erabiliena gasa da, elektrizitatearen aurretik.

AEA-ak hiru zona klimatiko ditu baino, zona hauetan dagoen klima leuna da izan ere, tenperaturaren eta hezetetasunaren balioak 15°C eta %70 inguruan daude, hurrenez urren.

Halaber, fatxada energetikoki birgaitzeko eraikuntzako konponbide desberdinak daude, konponbide bakoitzarekin aurrezte energetiko desberdin bat lortzen delarik. Konponbidea jarraia bada esaterako, SATE sistema edo fatxada aireztatu bat bada, aurrezte energetikoa eta hortaz, etxebizitzaren barruan lortutako konfort termikoa handiagoa da, konponbide ez jarraietan baino, hots, fatxadaren barrutik eta aire-ganbararen barrutik egindako isolamendu termikoa baino. Izan ere, fatxadaren kanpotik egindako isolamenduko konponbide jarraiekin eraikinaren zubi-termikoak eliminatzen dira. Baina sistema mota hauek ezin dira edozein eraikinetan aplikatu izan ere, fatxada aldatzen denez ezin dira babestutako eraikinetan aplikatu. Eta gainera, jabeen adostasun behar da fatxada aldatzen delako. Hortaz aparte, ez dira sistemarik merkeenak baino inbertsioren itzulera denbora laburragoa da, berogailu eta hotz-sistemen eskaeran aurrezte handiago bat lortzen delako.

Hau dela eta, eraikina babestua ez badago eta etxebizitzako jabeen adostasuna lortzeko arazorik ez badago, SATE sistemak eta fatxada aireztatuko sistemak gomendagarrienak dira. Bi sistema huen artean, ekonomikoa eta egikaritzean konplexutasun gutxien duen sistema SATE sistema da. Baina fatxada aireztatuaren bidez hozte sistemetan lortzen den aurreztea handiagoa da zeren, isolatzailearen eta estalduraren artean dagoen aire-ganbera eraikinaren barnearen eta kanpokoaren artean motelgailu termiko bezala funtzionatzen baitu.

Fatxadaren kanpotik egindako isolamendu termikoko sistemak erabili ezin direnean, barnetik egindako isolamendu termikoko sistemak erabiltzea gomendatzen da. Sistema huen egikaritzea erraza da, edozein fatxadetan aplikatu daiteke eta ez dira sistema garestiak. Baina lortzen den konfort termikoa eta aurrezte energetikoa txikiagoa da, etxebizitzaren barruan espazioa galtzen da eta obra irauten duen denboran zehar etxebizitza utzi behar da.

Bestetik, aire-ganberaren barrutik egindako isolamendu termikoko sistemak beste sistemak baztertu direnean bakarrik gomendatzen dira erabiltzea. Kasu hauetan sistema huen erabilera baloratu daiteke izan ere, arreta berezia eskatzen dute bere egokitasunaren balioespenagatik eta egikaritzeagatik.

Merkatuan isolamendu termiko bezala erabili daitezkeen material desberdinak existitzen dira. Isolatzaile bakoitzak bakarra egiten duten berezko ezaugarriak dituzte. Baina material bakoitzaren aspektu ekologikoak ere kontuan hartu beharko dira, aintzat hartuz bere fabrikaziorako beharrezkoa den lehengaia, bere fabrikazio-prozesuan kontsumitutako errekurtoak eta bere birziklagarritasuna. Dituzten ezaugarri termikoengatik eta birgaitze prozesuan duten aplikazioagatik material isolatzaile erabilienak hauek dira: zuntz minerala, EPS, XPS eta PUR. Baina ekologia ikuspuntutik, gomendagarrienak diren material isolatzaile termikoak biodegradagarriak diren materialak dira esaterako, egurrezko zuntza eta kortxoak. Izan ere, biodegradagarriak ez diren materialek energia gehiagoa behar dute edo material ez berriztagarriak behar dituzte hain fabrikazio prozesuan.

Nobedosoak diren eraikuntzako konponbideak erabiliz, ohikoak diren eraikuntzako sistemen desabantaila batzuk hobe daitezke. Honela, isolatzaileen prestazio termiko hobeekin aurrezte energetiko handiagoa lortzen da, metalezko lamena eta eskalatzaileen bidez egikaritze denborak murrizten dira eta landare-fatxaden bidez kanpoko airearen kalitatea hobetzen da nahiz eta, beste arazo batzuk dituen azken konponbide honek.

### **7.1.2. Metodologiari buruzko ondorioak**

Proposatzen den metodologiak birgaitze konponbidea ebaluatzen du, bere bizitza-ziklo osoan zehar. Horretarako, konponbideen aspektu ekonomiko desberdinak, ingurumen aspektuak, aspektu funtzionalak eta sozialak kontuan hartzen dira, izaera kuantitatiboa duten hainbat adierazleen bidez.

Birgaitze konponbiderik jasagarriena ebaluatzeko orduan, konponbideen aspektu desberdinak aintzat hartu dira esaterako, isolatzaile mota eta estalduran erabilitako material mota bakoitzaren ezaugarriak eta fatxadarako proposatutako birgaitze sisteman material isolatzaileak duen posizioa.



Ezartzen den metodologiak sistema hierarkiko bat erabiltzen du, erabaki-hartze prozesuan laguntzeko. Hierarkizazioa konponbide jasangarriena aukeratzeko erabilitako ebaluazio elementu guztietan egiten da. Elementu horiek ondorengo dira: errekerimenduak, irizpideak eta adierazleak. Adierazleak kuantifikatzeko balio-funtzio bat definitu da adierazle bakoitzeko. Erabakitze-zuhaitzaren maila desberdinen, hau da, errekerimenduen, irizpideen eta adierazleen pisuen esleipena adituen lan talde baten bidez egin da. Azkenengo emaitza 0 eta 1 arteko (asetze balio minimoa eta maximoa, hurrenez urruen) balio numeriko bat da, erabilitako parametro guztiak kontuan hartzen direlarik.

### **7.1.3. Metodologiaren aplikazioari buruzko ondorioak**

Bai errekerimendu mailan, bai irizpide mailan egindako sentzibilitate analisiak ondorioztatu du, planteatu den metodologia baliogarria eta egonkorra dela. Errekerimenduen pisuetan egindako aldaketek demostratu dute jasangarritasun indizean lortutako aldaketak minimoak direla (< %12). Gauza bera gertatu da irizpideen pisuetan egindako aldaketekin (< %15). Halaber, egindako sentzibilitate analisisian lortutako emaitzak adituen lan taldeari erakutsi zaizkie, errekerimenduen edo irizpideen pisu erlatiboren bat aldatzeko aukera eskainiz. Behin kontsulta erronda bukatu ondoren, ondorioztatu da ez dela beharrezkoa irizpideen eta errekerimenduen pisu erlatiboa aldatzea. Hortaz, adituen lan taldeek proposatutako hasierako errekerimenduen eta irizpideen pisuak ez dira berrikusi behar beraz, erabakitze-zuhaitzaren hasierako pisuak mantendu dira.

Bestetik, irizpideen zenbaki oso mugatu bat erabili denez, metodologiaren aplikazioa erraza da. Azken hau garrantzitsua da zeren, informazioa kuantifikatzeko ez baita denbora asko inbertitu behar ez eta baliabide askorik ere. Ezaugarri honek erabilgarria den tresna bat izan dadin baimentzen du.

### **7.1.4. Aplikazio praktikoaren emaitzei buruzko ondorioak**

Metodologiaren aplikazio praktikoaren bidez ikusi da, C1 zona klimatikoan kokatutako bizitegi-erakin batentzat birgaitze konponbiderik jasangarriena SATE sistema dela eta ondoren fatxada aireztatutako sistema dela, oso alde txikiarekin. Era berean, jasangarritasun txikiena duen sistema aire-ganberaren barnetik egindako isolamendu termikoko sistema izan da. SATE sistema jasangarriena da, ekonomikoki errentagarrien den alternatiba delako. Sistema hau ez da konponbiderik garestiena eta behin instalatuta aurrezte energetiko handiena lortzen duen konponbideetariko bat da.

Kontuan hartuta adierazleen erantzuna isolatzaileen lodiera handitzean ikusi da, eraikuntzako konponbidearen arabera erantzuna desberdina izan dela. Barnetik egindako isolamendu termikoko sistemetan lodieraren handitzeak alternatiba jasangarriagoak eratu ditu gehien bat, aurrezte energetikoa eta CO<sub>2</sub>-aren aurrezte handiagoa bat lortu delako eta barruko konfort termikoa eta akustikoa hobetu delako. Baina fatxada aireztatuetan eta SATE sistementan erantzuna desberdina izan da. Sistema hauetan isolatzailearen lodiera handitzeak

jasangarritasun gutxiago duten alternatibak sortu ditu, lodiera minimoko alternatibekin alderatuta. Isolatzailearen lodiera handitzeak sortutako hobekuntzak balio gabetuta geratu dira neurri desberdinetan, handitze ekonomikoa, sortutako hondakinen handitzea eta isolatzailearen kantitate kopurua gehitzeagatik ingurumen inpaktuaren handitzearen ondorioz.

Bestalde, proposatutako material isolatzaile mota desberdinak haien artean konparatuz, EPS-a erabiltzen duen eraikuntzako konponbidea kortxoa erabiltzen duen baino pixka bat jasangarriagoa dela konprobatu da. Hau neurri handi batean, kortxoa nahiz eta material ekologikoa izan EPS-a baino garestiago delako gertatu da eta gainera, azken material honen dentsitatea askoz baxuagoa delako ere gertatu da. Halaber, konparatu diren hiru isolatzaileen artean zuntz minerala jasangarritasun balio gutxien duen isolatzailea izan da, EPS eta kortxoarekin alderatuta. Izan ere, EPS-a baino garestiagoa da eta ez da kortxoa bezain ekologikoa, bere fabrikazioan energia gehiago behar duelako eta CO<sub>2</sub> emisio gehiago isurtzen dituelako.

SATE sistemetan kanpoko estalduran erabilitako materialak ere erantzun desberdinak sortzen ditu adierazleetan. Ikusi den bezala, estaldurarako morteroa erabiltzen duen alternatiba jasangarriena da, zeramikazko plakazko estaldura erabiltzen duen alternatibarekin alderatuta. Nahiz eta, ikuspuntu sozialetik zeramikazko plakazko estaldura erabiltzean balio hobekoagoak lortu, ez da errentagarria ekonomikoki ez eta ingurumena kontuan hartuta zeren, garestiago baita eta hondakin gehiago sortzen baititu.

### **7.2. Etorkizunerako ikerketa lerroak**

Existitzen diren etorkizunerako ikerketa lerro posibleen artean bizitegi-erakinen birgaitze sistemen multzoaren eremua zabaltzea planteatzen da. Eraikinen birgaitzean erabilitako material multzoaren ikerketa eremuan datu-base zabalago bat edukitzea komenigarria izango litzateke. Planteatu den metodologian, sinplifikatzeko asmoz, birgaitzeko eraikuntzako konponbideetan ohikoenak diren material isolatzaileak eta estaldurarako materialak kontuan hartu dira. Baina komenigarria izango litzateke ikerketa zabaltzea eraikinen birgaitzean erabilitako beste material guztientzat.

Konponbide eta material nobedosoak pixkanaka eraikinen birgaitze-merkatuan sartzen ari dira hau dela eta, beste ikerketa lerro bezala material hauen ikerketara zabaltzea proposatu daiteke. Zabalkuntza honek ikerketa neketsu eta handi bat behar du izan ere, kasu ia gehienetan konponbide eta material hauek garatze fasean daude eta hortaz, ez daude multzo bat bezala entseatuta. Gaur egun konponbide mota hauek inbertsio handi bat egitea suposatzen du, denbora pasa ahala estandarizatu daitezke, gainera haien portaera errealaren inguruko informazio gehiago eduki daiteke.

Halaber, planteatu den metodologia eraikinak birgaitzeko fatxadako konponbiderik egokiena aukeratzean zentratzen da zeren, inguratzailearen zati honetatik bero gehien galtzen baita. Baina eraikin baten inguratzaileak elementu gehiagok osatzen da esterako, estalkia, lurzoruarekin kontaktuan dauden elementuak, hutsuneak eta barneko banaketak. Hau dela eta, etorkizunerako ikerketa lerro bezala inguratzailean beste elementuei metodologiaren eremua zabaltzea proposatzen da. Gainera, familia bakarreko eraikinetan fatxada eta estalkiaren proportzioa nabarmenki murrizten da. Honela, eraikinaren inguratzaile osorentzat baliagarria den aukeraketa metodologia bat sortu daiteke. Era berean, eraikinen efizientzia

energetikoa neurri aktiboekin hobetu daiteke esaterako, birgaituko den eraikinaren instalazio termikoak hobetuz. Hortaz, etorkizunerako ikerketa lerro bezala berogailuaren, hozte-sistemen eta ACS-aren (etxeko ur beroa) kontsumoa murrizteko metodologiaren eremua instalazio termikoetara zabaltzea proposatzen da.

Etorkizunerako beste ikerketa lerro bat metodologiaren aplikazio eremua zabaltzea izan daiteke. Doktorego Tesi honetan planteatutako metodologia bizitegi-eraikinen birgaitzean zentratzen da baina, eraikin berrientzat ere erabilgarria izan daiteke metodologiaren aplikazio eremua zabaltzea. Eraikin berrien diseinu fasean gomendagarria eta beharrezkoa da material eta isolamendu termikoko sistema egokiak aukeratzea. Hortaz, metodologia honen aplikazio eremua eraikin mota hauetara zabaltzen bada, honek diseinu fasean sistema multzorik egokiena aukeratzeko lagunduko luke.

Halaber, beste etorkizunerako ikerketa lerro bezala planteatu daiteke errekerimenduen ikerketan sakontzea, errekerimendu berriak gehituz metodologian. Errekerimenduak gehitzen badira metodologia konplexuagoa bihurtu daiteke baina hasierako hau eginez gero, edozein eraikinen fatxada birgaitzerako erabilgarria den tresna global eta bakar bat lortu daiteke, hau da, erabili ahalko zen ez bakarrik bizitegi-eraikinetan baizik eta, bulego-eraikinetan eta eraikin publikoetan ere. Horretarako, errekerimendu bakoitzeko irizpideak eta adierazleak zehaztu beharko dira.

Bestetik, birgaitzen lanen finantzaketa sistema posibleen analisisa gehitzea planteatzen da beste etorkizunerako ikerketa lerro bat bezala. Honela, multzoaren analisi ekonomiko bat egin daiteke kontuan hartuta birgaitze obrarentzako finantzaketa iturri posibleak esaterako, Autonomia Erkidego eta estatu mailan existitzen diren diru-laguntzak. Banketxeei edo eraikitzaileei egindako maileguen eskaera ere kontuan har daiteke. Honela, obraren ordainketaren urte-kopuruaren egokitasuna aztertu daiteke. Horretarako, planteatutako metodologiaren errekerimendu ekonomikoan planteatutako adierazleak aldatu beharko dira edo berriak sartu beharko dira.

Azkenik, existitzen diren eraikinen irisgarritasuna (igogailurik gabeko eraikinak eta arkitektura-oztopoak), gizartearen egoera (zahartutako populazioa kopuru handia) eta diru-laguntza batzuk lortzeko irisgarritasuna hobetzeko beharra kontuan hartuta, beste etorkizunerako ikerketa lerro bat bezala Mives metodologia berri baten ezarpena planteatzen da. Metodologia honen bidez, gehien bat ikuspuntu sozialetik eta ekonomikotik existitzen diren eraikinen irisgarritasuna hobetzeko sistemen aukeraketa egin ahalko zen.



## **8. Kapituluua: BIBLIOGRAFIA**

## Bibliografía

1. Green building impact report 2008. *Renew Resour J.* 2009;25(4):14-20.
2. Hernández Sánchez JM. Consumo energético y emisiones asociadas del sector residencial. 15th International Congress on Project Engineering; Asociación Española de Ingeniería de Proyectos; 2012.
3. Schwartz Y, Raslan R. Variations in results of building energy simulation tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study. *Energy Build.* 2013 7;62:350-9.
4. Observatorio vasco de la vivienda. *Informe de Evaluación de la Política de Rehabilitación 2014.* Junio 2015.
5. Instituto Nacional de Estadísticas. *Censos de Población y Viviendas 2011.* 2011.
6. Eustat. Viviendas familiares de la C.A. de Euskadi por ámbitos territoriales. 2015.
7. Potencia de ahorro energético y reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020. Informe WWF 2010.
8. EVE. Ente Vasco de la Energía. Claves energéticas del sector doméstico en Euskadi. 2013.
9. Tupenaite L, Zavadskas EK, Kaklauskas A, Turskis Z, Seniut M. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation. *J Civ Eng Manage.* 2010;16(2):257-66.
10. Anastaselos D, Oxizidis S, Papadopoulos AM. Energy, environmental and economic optimization of thermal insulation solutions by means of an integrated decision support system. *Energy Build.* 2011 0;43(2-3):686-94.
11. Civic, A., & Vucijak, B. Multi-criteria optimization of insulation options for warmth of buildings to increase energy efficiency. *Procedia Engineering.* 2014;69:911-20.
12. Carreras J, Boer D, Guillén-Gosálbez G, Cabeza LF, Medrano M, Jiménez L. Multi-objective optimization of thermal modelled cubicles considering the total cost and life cycle environmental impact. *Energy Build.* 2015 2/1;88:335-46.
13. Zavadskas EK, Kaklauskas A, Turskis Z, Tamošaitiene J. Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. *J Civ Eng Manage.* 2008;14(2):85-93.
14. Ginevicius R, Podvezko V, Raslanas S. Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods. *J Civ Eng Manage.* 2008;14(4):217-26.
15. Kracka, M., & Zavadskas, E. K. Panel building refurbishment elements effective selection by applying multiple-criteria methods. *International Journal of Strategic Property Management.* 2013;17(2):210-9.

16. Häkkinen T. Systematic method for the sustainability analysis of refurbishment concepts of exterior walls. *Constr Build Mater.* 2012;37:783-90.
17. Sánchez Ostiz Gutiérrez A. Fachadas :cerramientos de edificios. CIE Dossat 2000 etc.; 2011.
18. Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), 2013).
19. Sech-Spahousec P. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final: URL: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAH\\_OUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAH_OUSEC_ACC_f68291a3.pdf) Índice de Figuras Figura. 2011;1.
20. Emisiones de gases de efecto invernadero en España de los sectores difusos. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. 2014 .
21. IHOBE. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Guía de edificación y rehabilitación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco. 2011.
22. García-Hooghuis A, Neila F. Modelos de transposición de las Directivas 2002/91/CE y 2010/31/UE “Energy Performance Building Directive” en los Estados miembros de la UE. Consecuencias e implicaciones. *Informes de la Construcción.* 2013;65(531):289-300.
23. Europeo P. Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas; 2002.
24. el dictamen del Comité Económico, Visto. DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).
25. Europea U. Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE Texto pertinente a efectos del EEE. *Diario Oficial de la Unión Europea.* 2012(315):1-56.
26. IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación? 2010.
27. Roderick Y, Mcewan D, Wheatley C, Alonso C. Comparison of energy performance assessment between leed, breeam and green star. 11th International IBPSA Conference - Building Simulation 2009, BS 2009; 27 July 2007 through 30 July 2007; Glasgow. ; 2009.
28. Macías M, Navarro JG. VERDE, a methodology and tool for a sustainable building assessment. *Inf Constr.* 2010;62(517):87-100.
29. IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Edificación y rehabilitación ambientalmente sostenible en Euskadi. 13 casos prácticos de excelencia ambiental. 2014.
30. de Espana G. Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. *Boletín Oficial del Estado.* 2013;27.

31. Ruá M, López-Mesa B. Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas. *Informes de la Construcción*. 2012;64(527):307-18.
32. Dalle M, López Quero M, Arregui Portillo G, Avilés Palacios C, Buendía García L, Estrada López B, et al. La generación de empleo en la rehabilitación y modernización energética de edificios y viviendas. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). 2010.
33. Yoldi M. La política de rehabilitación del Gobierno Vasco. 2016.
34. EUROPEO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL, DE, EUROPEO Y AL COMITÉ. Comunicación de la comisión al consejo, al parlamento Europeo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Comisión de la Comunidad.[En línea].[www.europa.eu/scadplus/leg/es/lvb](http://www.europa.eu/scadplus/leg/es/lvb). 2006(26111).
35. Alarcón B. *Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles* [dissertation]. UPC; 2006.
36. Cuadrado J, Zubizarreta M, Rojí E, García H, Larrauri M. Sustainability-Related Decision Making in Industrial Buildings: An AHP Analysis. *Math Probl Eng*. 2015;2015.
37. Zavadskas EK, Turskis Z, Volvaciovas R, Kildiene S. Multi-criteria assessment model of technologies. *Stud Inform Control*. 2013;22(4):249-58.
38. Antucheviciene J, Zavadskas EK, Zakarevicius A. Ranking of construction management alternatives considering criteria interrelations. 10th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques; 19 May 2010 through 21 May 2010; Vilnius Gediminas Technical University; 2010.
39. Šaparauskas J, Kazimieras Zavadskas E, Turskis Z. Selection of facade's alternatives of commercial and public buildings based on multiple criteria. *International Journal of Strategic Property Management*. 2011;15(2):189-203.
40. Zagorskis J, Zavadskas EK, Turskis Z, Burinskiene M, Blumberga A, Blumberga D. Thermal insulation alternatives of historic brick buildings in Baltic Sea Region. *Energy Build*. 2014;78:35-42.
41. Viñolas B, Cortés F, Marqués A, Josa A, Aguado A. MIVES: Modelo integrado de valor para evaluaciones de sostenibilidad. II Congrés Internacional de Mesura i Modelització de la Sostenibilitat [Int. Conf. on Sustainability Measurement and Modeling] ICSMM; ; 2009.
42. Shih H, Shyur H, Lee ES. An extension of TOPSIS for group decision making. *Math Comput Model*. 2007 4;45(7-8):801-13.
43. Alarcon B, Aguado A, Manga R, Josa A. A value function for assessing sustainability: application to industrial buildings. *Sustainability*. 2010;3(1):35-50.
44. Viñolas B, Aguado A, Josa A, Villegas N, Fernández Prada MA. Aplicación del análisis de valor para una evaluación integral y objetiva del profesorado universitario. *RUSC.Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. 2009;6(2).



45. Villegas Flores N. Análisis de valor en la toma de decisiones aplicado a carreteras.[dissertation]. UPC; 2009.
46. Alarcón Núñez B, Aguado A, Josa A. HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA EVALUAR UN EDIFICIO INDUSTRIAL SOSTENIBLE.
47. Manga Conte R. Una nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos.[dissertation]. UPC; 2005.
48. Garrucho Aprea I. Desarrollo de una metodología para el proceso de diseño sostenible de edificaciones industriales bajo requerimientos medioambientales.[dissertation]. UPV/EHU; 2006.
49. San José J-, Garrucho I, Cuadrado J. The first sustainable industrial building projects. Proc Inst Civ Eng Munic Eng. 2006;159(3):147-53.
50. San-José Lombera J-, Garrucho Aprea I. A system approach to the environmental analysis of industrial buildings. Build Environ. 2010;45(3):673-83.
51. San-José JT, Garrucho I, Losada R, Cuadrado J. A proposal for environmental indicators towards industrial building sustainable assessment. The International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2007;14(2):160-73.
52. San-José JT, Losada R, Cuadrado J, Garrucho I. Approach to the quantification of the sustainable value in industrial buildings. Build Environ. 2007;42(11):3916-23.
53. Reyes Pérez JP. Nueva metodología para la evaluación de la sostenibilidad respecto al requerimiento de seguridad y salud en proyectos de edificación.[dissertation]. UPV/EHU; 2008.
54. Reyes JP, San-José JT, Cuadrado J, Sancibrian R. Health & Safety criteria for determining the sustainable value of construction projects. Saf Sci. 2014;62:221-32.
55. Azuola Quirós LD. Un nuevo sistema integrado de gestión de costes en proyectos de Obra Civil y Edificación [dissertation]. UPC; 2008.
56. Pulido A. Optimización de los pavimentos industriales desde una perspectiva sostenible y aplicación de la herramienta MIVES [dissertation]. UPC; 2008.
57. Cuadrado Rojo J. Establecimiento de una metodología general para la medida de la sostenibilidad en el ciclo de vida de los edificios industriales.[dissertation]. UPV/EHU; 2009.
58. Cuadrado J, Rojí E, José JTS, Reyes JP. Sustainability index for industrial buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings. 2012;165(5):245-53.
59. Cuadrado J, Zubizarreta M, Pelaz B, Marcos I. Methodology to assess the environmental sustainability of timber structures. Constr Build Mater. 2015;86:149-58.
60. Cuadrado J, Zubizarreta M, Rojí E, Larrauri M, Álvarez I. Sustainability assessment methodology for industrial buildings: three case studies. Civ Eng Environ Syst. 2016;33(2):106-24.

61. San-José Lombera J-, Cuadrado Rojo J. Industrial building design stage based on a system approach to their environmental sustainability. *Constr Build Mater.* 2010;24(4):438-47.
62. Rodríguez RL, Rojo JC, Chandro ER, Gil ML. METODOLOGÍA INTEGRAL DE IMPLANTACION DE ESPACIOS PRODUCTIVOS. *DYNA-Ingeniería e Industria.* 2008;83(9).
63. Herranz-Pascual MK, Eguiguren-García JL, Proy-Rodríguez R, Cuadrado-Rojo J. New tools to support decision making in urban planning. Model of sustainability assessment of municipal action plans. *Dyna.* 2013;88(4):462-72.
64. Viñolas Prat B. Aplicaciones y avances de la metodología MIVES en valoraciones multicriterio [dissertation]. UPC; 2011.
65. Ormazabal G, Viñolas B, Aguado A. Enhancing value in crucial decisions: Line 9 of the Barcelona subway. *J Manage Eng.* 2008;24(4):265-72.
66. D'Aula E. Base para un índice de calidad acústica global de la arquitectura interior. Aplicación a los espacios comerciales urbanos [dissertation]. UPC; 2012.
67. Gómez López D. Proyecto sostenible de estructuras de hormigón. Evaluación de la sostenibilidad teniendo en cuenta la incertidumbre.[dissertation]. UaC; 2012.
68. GOMEZ-LOPEZ D, DE LA CRUZ-LOPEZ M, CANO-GOCHI AD, ARROYO-CUNHA I. Herramienta de cálculo para la evaluación de la sostenibilidad de estructuras de hormigón según la instrucción Española EHE-08. *Dyna.* 2012;87(2):180-9.
69. Gómez-López D, del Caño A, de la Cruz MP. Early estimation of the sustainability level of concrete structures, in the framework of the EHE-08 spanish code. *Inf Constr.* 2013;65(529):65-76.
70. Mel J, Gómez D, de la Cruz P, del Caño A. Sensitivity analysis and critical study of the sustainability assessment model of the Spanish Structural Concrete Code. *Inf Constr.* 2015;67(539).
71. del Cano A, Pilar de la Cruz, M, Gómez D, Pérez M. Fuzzy method for analysing uncertainty in the sustainable design of concrete structures. *Journal of Civil Engineering and Management.* 2016;22(7):924-35.
72. Del Caño A, Gómez D, De La Cruz MP. Uncertainty analysis in the sustainable design of concrete structures: A probabilistic method. *Constr Build Mater.* 2012;37:865-73.
73. Piñero Santiago I. Metodología para priorizar y planificar, de manera sostenible, la rehabilitación de estructuras degradadas. Caso extremo del Centro Histórico de la Habana [dissertation]. UPV/EHU; 2013.
74. Pardo F. Gestión Sostenible de Presas de Hormigón: del diagnóstico a la inversión [dissertation]. UPC; 2014.
75. Pardo-Bosch F, Aguado A. Investment priorities for the management of hydraulic structures. *Struct Infrastructure Eng.* 2015;11(10):1338-51.

76. Pardo-Bosch F, Aguado A. Sustainability as the key to prioritize investments in public infrastructures. *Environ Impact Assess Rev.* 2016;60:40-51.
77. Casanovas Rubio, Maria del Mar. Metodología para la evaluación y seguimiento de procedimientos constructivos de forma sostenible e integrada [dissertation]. UPC; 2015.
78. Casanovas-Rubio MDM, Armengou J, Ramos G. Occupational risk index for assessment of risk in construction work by activity. *J Constr Eng Manage.* 2014;140(1).
79. Larrauri M. Estrategias en la localización de espacios para actividades productivas y económicas con un enfoque integrador: Economía, sostenibilidad y planeamiento [dissertation]. UPV/EHU; 2015.
80. Losada-Rodríguez R, Roji-Chandro E, Cuadrado-Rojo J, Larrauri-Gil M. Valoración del índice de sostenibilidad en estructuras de hormigón según la instrucción EHE-08. *DYNA-Ingeniería e Industria.* 2010;85(3).
81. Valdivieso R. Sostenibilidad en el sector de la construcción. Sostenibilidad en estructuras y puentes ferroviarios [dissertation]. UPM; 2016.
82. Bathurst RJ. Mechanical Performance and Sustainability Assessment of Reinforced Soil Walls [dissertation]. UPC; 2016.
83. Hosseini SMA. Sustainability in the Post-Disaster Temporary Housing Management for Urban Areas [dissertation]. UPC; 2016.
84. Hosseini SMA, De La Fuente A, Pons O. Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas. *J Constr Eng Manage.* 2016;142(9).
85. Amin Hosseini SM, De La Fuente A, Pons O. Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003. *Sustainable Cities Soc.* 2016;20:38-51.
86. Zubizarreta Irure M. Desarrollo de un modelo de evaluación de la innovación para las empresas del sector de la construcción [dissertation]. UPV/EHU; 2017.
87. Pelaz Sánchez B. Development and characterization of exterior Radiata-pine cladding for more sustainable and energy efficient façades in the Basque Country [dissertation]. UPV/EHU; 2017.
88. Brauers WKM, Kracka M, Zavadskas EK. Lithuanian case study of masonry buildings from the Soviet period. *Journal of civil engineering and management.* 2012;18(3):444-56.
89. Rey E. Office building retrofitting strategies: multicriteria approach of an architectural and technical issue. *Energy Build.* 2004 4;36(4):367-72.
90. Alanne K. Selection of renovation actions using multi-criteria "knapsack" model. *Autom Constr.* 2004;13(3):377-91.

91. Gómez Gómez AJ, Ruiz San Miguel J, Ruiz Gómez LA, Bizkaia. Bizkaia, bere etxe merkeen irudia =Bizkaia, la imagen de sus casas baratas = Bizkaia, the image of its cheap houses = Bizkaia, l'image de ses habitations à bon marché : 1911- 1936. Diputación Foral de Bizkaia, Departamento de Cultura = Bizkaiko Foru Aldundia, Kultura Saila; 2010.
92. Ayuntamiento de Bilbao. Diagnóstico participado de la revisión del P.G.O.U. de Bilbao. junio 2013.
93. Zabalza Bribián I. El ahorro energético en el nuevo Código Técnico de la Edificación. Fundación Confemetal; 2007.
94. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre. por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, .
95. Gobierno Vasco. Hoja de ruta de edificación sostenible del País Vasco. Bultzatu 2025. 2012.
96. Economidou M, Atanasiu B, Despret C, Maio J, Nolte I, Rapf O. Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). 2011.
97. Eustat. Medio ambiente - Familias. 2015.
98. Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal. 6 de octubre de 2015, .
99. Eraikal, Ruiz Cuevas R. Guía de la Rehabilitación Energética Integral de la Envolvente de los Edificios en Euskadi. 2013.
100. Zuazua-Guisasola N, Etxepare L. Deterioration of residential buildings in the Ensanche of Bilbao. 13th International Conference on Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, STREMAH 2013; 25 June 2013 through 27 June 2013; New Forest. ; 2013.
101. Rosell J, Cárcamo J. La fábrica Ceres de Bilbao : los orígenes del hormigón armado y su introducción en Bizkaia. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Vizcaya; 1994.
102. Gobierno Vasco. Catálogo de Rehabilitación Energética. junio 2014.
103. IDAE. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios. 2012.
104. UNE-EN 13500. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en lana mineral. Especificación. 2004.
105. UNE-EN 13499. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en poliestireno expandido. Especificación. 2004.

106. IDAE. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios. Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral. 2008.
107. IDAE. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Soluciones de aislamiento con poliuretano (PUR). 2008.
108. Pfundstein M, Gellert R, Spitzner M, Rudolphi A. Insulating materials: principles, materials, applications. Walter de Gruyter; 2008.
109. AIPEX, Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido. Solución de aislamiento térmico con poliestireno extruido (XPS) para una edificación sostenible.
110. UNE-EN 13501-1. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego. 2007.
111. Fenercom. Fundación de la energía en la comunidad de Madrid. Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética. 2012.
112. Cheng CY, Cheung KKS, Chu LM. Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. *Build Environ.* 2010 8;45(8):1779-87.
113. Chanampa M, Vidal P, Alonso J, Touceda MI, Olivieri F, Guerra R, et al. Tecnologías verdes como instrumentos de rehabilitación arquitectónica. Ponencias del Congreso SB10mad, Edificación sostenible, Revitalización y Rehabilitación de barrios(Madrid 28--30 de abril de 2010). ISBN; ; 2010.
114. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. Jardín vertical. Hacemos green el palacio de congresos Europa.
115. Zhou D, Zhao CY, Tian Y. Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. *Appl Energy.* 2012 4;92:593-605.
116. González FN, Román CA, García EH, Frutos CB. Phase Change Materials (PCMs) for energy storage in architecture. Use with the Magic Box prototype. *Materiales de construcción.* 2008;58(291):119-26.
117. Liu S, Duvigneau J, Vancso GJ. Nanocellular polymer foams as promising high performance thermal insulation materials. *European Polymer Journal.* 2015 4;65:33-45.
118. Losada Rodríguez R. La medida de la sostenibilidad en edificación industrial : Modelo Integrado de Valor de Edificios Sostenibles (MIVES). R. Losada; 2006.
119. Saaty TL. The analytic hierarchy process :planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill; 1980.
120. Wadel G, López F, Sagrera A, Prieto S. Refurbishment considering environmental impact reduction targets: A test case for a multiple-family dwelling in the area of Playa de Palma, Mallorca. *Inf Constr.* 2011;63(EXTRA):89-102.

121. Cabeza LF, Barreneche C, Miró L, Morera JM, Bartolí E, Inés Fernández A. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013 7;23:536-42.
122. Ashby MF. *Materials and the environment: eco-informed material choice*. Elsevier; 2012.
123. Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB SI), Febrero 2010).
124. UNE-EN 15251. Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. 2008.
125. UNE-EN 12086. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de las propiedades de transmisión del vapor de agua. 2013.
126. Centro nacional de energías renovables (Cener). El potencial del ahorro de energía y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en viviendas mediante incremento del aislamiento. España 2005-2012. 2012.
127. Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (IHOBE). Manual práctico de ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos. Anexo Eco-indicador'99. Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. 2000.
128. MacCarthy BL, Atthirawong W. Factors affecting location decisions in international operations—a Delphi study. *International Journal of Operations & Production Management*. 2003;23(7):794-818.
129. Cabeza LF, Castell A, Medrano M, Martorell I, Pérez G, Fernández I. Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction. *Energy Build*. 2010 5;42(5):630-6.
130. Chang C-, Wu C-, Lin C-, Chen H-. An application of AHP and sensitivity analysis for selecting the best slicing machine. *Comput Ind Eng*. 2007;52(2):296-307.
131. Delgado MG, Sendra JB. Sensitivity analysis in multicriteria spatial decision-making: A review. *Hum Ecol Risk Assess*. 2004;10(6):1173-87.
132. Chen H, Kocaoglu DF. A sensitivity analysis algorithm for hierarchical decision models. *Eur J Oper Res*. 2008 2/16;185(1):266-88.
133. Chen Y, Yu J, Khan S. The spatial framework for weight sensitivity analysis in AHP-based multi-criteria decision making. *Environmental modelling & software*. 2013;48:129-40.
134. Barba-Romero S, Pomerol J. *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. ; 1997.
135. Chen Y, Yu J, Shahbaz K, Xevi E. A GIS-based sensitivity analysis of multi-criteria weights. *Proceedings of the 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia*; ; 2009.

**ERANSKINAK**





FICHA N° 0.b

DATOS HISTÓRICOS SOBRE ITE´S ANTERIORES

INSPECCIONES ANTERIORES NO

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## FICHA N° 1.a

Parte del edificio: CUBIERTA

## DATOS CONSTRUCTIVOS

TIPO: Inclinada		
Material de Cubrición	Tejas	
Soporte	Hormigón	
Recogida y conducción de Aguas	Canalones colgados	Plástico

## GRADO ACCESIBILIDAD

FÍSICA	VISUAL
Difícilmente accesible con medios normales	Vista parcial

## PATOLOGÍA APARENTE S/PROPIEDAD

No se refieren patologías por parte de la propiedad.

## INFORMACIÓN DE OBRAS Y/O LESIONES ANTERIORES

No se tiene información al respecto pero por su aspecto parece que ha sido rehabilitada no hace mucho tiempo.

## INFORME

GRUPO / ELEMENTO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	SÍNTOMA / LESIÓN		IMPORTANCIA DEL DAÑO
		DESCRIPCIÓN	DATOS GRÁFICOS	
<b>INCLINADA</b>				
Material de Cubrición	Aparentemente bueno		-Vista de la cubierta.	Sin riesgo aparente
Soporte	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente
Recogida y conducción de Aguas	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente

## DICTAMEN

## PREDIAGNOSIS (POSIBLES CAUSAS)

GRUPO / ELEMENTO	SÍNTOMA	POSIBLES CAUSAS	INDICACIONES

## EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

GRUPO / ELEMENTO	EVALUACIÓN	NOTAS
<b>INCLINADA</b>		
Material de Cubrición	5. Mantenimiento	
Soporte	5. Mantenimiento	
Recogida y conducción de Aguas	5. Mantenimiento	

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## FICHA N° 1.b

## Parte del edificio: CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

## DATOS CONSTRUCTIVOS

TIPO: Cimentación		
Cimentación	Zapatas aisladas	Hormigón
TIPO: Estructura Vertical		
Estructura Vertical	Pilares	Hormigón
TIPO: Estructura Horizontal e Inclinada		
Estructura Horizontal e Inclinada	Vigas	Hormigón
	Forjados	Hormigón
	Rampas y escaleras	Hormigón
	Cubiertas	Fábrica

## GRADO ACCESIBILIDAD

FÍSICA	VISUAL
Difícilmente accesible con medios normales	Oculto (se deduce de la inspección ocular)

## PATOLOGÍA APARENTE S/PROPIEDAD

No se refieren patologías por parte de la propiedad.

## INFORMACIÓN DE OBRAS Y/O LESIONES ANTERIORES

No se tiene información al respecto.

## INFORME

GRUPO / ELEMENTO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	SÍNTOMA / LESIÓN		IMPORTANCIA DEL DAÑO
		DESCRIPCIÓN	DATOS GRÁFICOS	
<b>CIMENTACIÓN</b>				
Cimentación	Sin poder determinar			Sin riesgo aparente
<b>ESTRUCTURA VERTICAL</b>				
Estructura Vertical	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente
<b>ESTRUCTURA HORIZONTAL E INCLINADA</b>				
Estructura Horizontal e Inclinada	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente
<b>OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>				
Otros elementos estructurales				

## DICTAMEN

## PREDIAGNOSIS (POSIBLES CAUSAS)

GRUPO / ELEMENTO	SÍNTOMA	POSIBLES CAUSAS	INDICACIONES

## EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

GRUPO / ELEMENTO	EVALUACIÓN	NOTAS
<b>CIMENTACIÓN</b>		
Cimentación	5. Mantenimiento	
<b>ESTRUCTURA VERTICAL</b>		
Estructura Vertical	5. Mantenimiento	
<b>ESTRUCTURA HORIZONTAL E INCLINADA</b>		
Estructura Horizontal e Inclinada	5. Mantenimiento	

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## FICHA N° 1.c

## Parte del edificio: FACHADAS

## DATOS CONSTRUCTIVOS

TIPO: Tradicionales		
Tipo de revestimiento / Acabados	Aplacados adheridos al soporte	Ladrillo
Soporte	Ladrillo	
Huecos	Dinteles	Ladrillo
	Mochetas	Ladrillo
	Alféizares	Ladrillo
Carpinterías	Ventanas	Madera
		Metal
		PVC
	Puertas	Madera
	Persianas enrollables	Madera
		Metal
Elementos singulares		PVC
	Instalaciones por fachada	Gas
		Redes eléctricas

## GRADO ACCESIBILIDAD

FÍSICA	VISUAL
Accesible sin dificultad	Sin dificultad, para inspección ocular

## PATOLOGÍA APARENTE S/PROPIEDAD

Condensaciones superficiales sobre los paramentos de fachada en los interiores de vivienda, en las proximidades de los huecos de fachada.

## INFORMACIÓN DE OBRAS Y/O LESIONES ANTERIORES

No se tiene información al respecto.

## INFORME

GRUPO / ELEMENTO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	SÍNTOMA / LESIÓN		IMPORTANCIA DEL DAÑO
		DESCRIPCIÓN	DATOS GRÁFICOS	
<b>TRADICIONALES</b>				
Tipo de revestimiento / Acabados	Deficiencias puntuales	-Desprendimientos/Desconchados -Suciedad / Sedimentación	-Falta de material de mortero de la fachada. -Suciedad en la fachada, especialmente en los frentes de los forjados. -Humedad, fisuras y suciedad en el alero.	Riesgo de deterioro progresivo
Soporte	Deterioro constructivo y deficiencias	-Pérdida energética -Condensaciones		Riesgo de deterioro progresivo
Huecos	Deficiencias puntuales	-Desprendimientos/Desconchados	-Desprendimiento de parte del alfeizar	Riesgo de deterioro progresivo
Carpinterías	Deficiencias puntuales	-Pérdida energética -Condensaciones		Riesgo de deterioro progresivo
Vuelos				
Elementos singulares	Deficiencias puntuales	-Instalaciones por fachada	-Instalaciones por fachada.	Sin riesgo aparente

## DICTAMEN

## PREDIAGNOSIS (POSIBLES CAUSAS)

GRUPO / ELEMENTO	SÍNTOMA	POSIBLES CAUSAS	INDICACIONES
<b>TRADICIONALES</b>			
Tipo de revestimiento / Acabados	Desprendimientos/Desconchados	Envejecimiento del material	

N° de Registro: \_\_\_\_\_

	Suciedad / Sedimentación	Agentes externos (indicar cual)	Agentes meteorológicos.
Soporte	Pérdida energética	Carpinterías sin rotura de puente térmico y vidrios simples. Ausencia de aislamiento térmico.	
	Condensaciones	Ausencia de aislamiento térmico.	Condensaciones superficiales sobre superficies frías por ausencia de aislamiento en fachada, que se hacen más evidentes en las orientaciones más desfavorables.
Huecos	Desprendimientos/Desconchados	Envejecimiento del material	Algunos alfeizares han ufrido desprendimientos. La pintura que recubre las mochetas está levantada en muchos casos.
Carpinterías	Pérdida energética	Carpinterías sin rotura de puente térmico y vidrios simples.	
	Condensaciones	Carpinterías sin rotura de puente térmico y vidrios simples.	Existen carpinterías originales que aun no se han cambiado, sobre las que se producen condensaciones.
Elementos singulares	Instalaciones por fachada	degradación estética global	Multitud de instalaciones (alumbrado, electricidad, gas...) grapadas por fachada

EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN		
GRUPO / ELEMENTO	EVALUACIÓN	NOTAS
<b>TRADICIONALES</b>		
Tipo de revestimiento / Acabados	4. Necesaria a medio plazo	
Soporte	4. Necesaria a medio plazo	
Huecos	5. Mantenimiento	
Carpinterías	5. Mantenimiento	
Elementos singulares	5. Mantenimiento	

Nº de Registro: \_\_\_\_\_

**FICHA N° 1.d****Parte del edificio: SUMINISTRO DE AGUA****DATOS CONSTRUCTIVOS**

TIPO: Suministro		
Suministro	Desde la red municipal	

TIPO: Elementos de contaje		
Elementos de contaje	Individuales en cada vivienda o local	

TIPO: Instalación		
Instalación	Empotradas	Cobre

GRADO ACCESIBILIDAD		
FÍSICA	VISUAL	
Sin accesibilidad	Vista parcial	

**PATOLOGÍA APARENTE S/PROPIEDAD**

No se refieren patologías por parte de la propiedad.

**INFORMACIÓN DE OBRAS Y/O LESIONES ANTERIORES**

No se tiene información al respecto.

**INFORME**

GRUPO / ELEMENTO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	SÍNTOMA / LESIÓN		IMPORTANCIA DEL DAÑO
		DESCRIPCIÓN	DATOS GRÁFICOS	
<b>SUMINISTRO</b>				
Suministro	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente
<b>ELEMENTOS DE CONTAJE</b>				
Elementos de contaje	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente
<b>INSTALACIÓN</b>				
Instalación	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente

**DICTAMEN****PREDIAGNOSIS (POSIBLES CAUSAS)**

GRUPO / ELEMENTO	SÍNTOMA	POSIBLES CAUSAS	INDICACIONES

**EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN**

GRUPO / ELEMENTO	EVALUACIÓN	NOTAS
<b>SUMINISTRO</b>		
Suministro	5. Mantenimiento	
<b>ELEMENTOS DE CONTAJE</b>		
Elementos de contaje	5. Mantenimiento	
<b>INSTALACIÓN</b>		
Instalación	5. Mantenimiento	

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## FICHA N° 1.e

## Parte del edificio: EVACUACIÓN DE AGUA

## DATOS CONSTRUCTIVOS

TIPO: Red de evacuación		
Red de evacuación	Separativa	
TIPO: Conducciones fecales		
Bajantes (vertical)	Empotradas	PVC
Colectores (horizontal)	Empotradas	PVC
TIPO: Conducciones pluviales		
Bajantes (vertical)	Vistas	PVC

## GRADO ACCESIBILIDAD

FÍSICA	VISUAL
Difícilmente accesible con medios normales	Vista parcial

## PATOLOGÍA APARENTE S/PROPIEDAD

No se refieren patologías por parte de la propiedad.

## INFORMACIÓN DE OBRAS Y/O LESIONES ANTERIORES

No se tiene información al respecto.

## INFORME

GRUPO / ELEMENTO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	SÍNTOMA / LESIÓN		IMPORTANCIA DEL DAÑO
		DESCRIPCIÓN	DATOS GRÁFICOS	
<b>RED DE EVACUACIÓN</b>				
Red de evacuación	Sin poder determinar			Sin riesgo aparente
<b>CONDUCCIONES FECALES</b>				
Bajantes (vertical)	Sin poder determinar			Sin riesgo aparente
Colectores (horizontal)	Sin poder determinar			Sin riesgo aparente
<b>CONDUCCIONES PLUVIALES</b>				
Bajantes (vertical)	Aparentemente bueno			Sin riesgo aparente

## DICTAMEN

## PREDIAGNOSIS (POSIBLES CAUSAS)

GRUPO / ELEMENTO	SÍNTOMA	POSIBLES CAUSAS	INDICACIONES

## EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

GRUPO / ELEMENTO	EVALUACIÓN	NOTAS
<b>RED DE EVACUACIÓN</b>		
Red de evacuación	5. Mantenimiento	
<b>CONDUCCIONES FECALES</b>		
Bajantes (vertical)	5. Mantenimiento	
Colectores (horizontal)	5. Mantenimiento	
<b>CONDUCCIONES PLUVIALES</b>		
Bajantes (vertical)	5. Mantenimiento	

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## FICHA N° 1.f

## Parte del edificio: OTRAS INSTALACIONES

<b>Instalación eléctrica</b>	El edificio dispone (instalación eléctrica elementos comunes):				
	<input type="checkbox"/>	De Caja General de Protección (CGP)	<input type="checkbox"/>	Contador único para todo el edificio	
	<input type="checkbox"/>	De Interruptor Diferencial	<input checked="" type="checkbox"/>	Contadores individuales por vivienda/local	
	<input type="checkbox"/>	De Interruptor Automático al inicio de los circuitos de servicios comunes	<input type="checkbox"/>	Contadores individuales centralizados	
	<input type="checkbox"/>	De fusible al inicio de las derivaciones individuales a viviendas o locales			
	<input type="checkbox"/>	Otros:			
<b>Calefacción</b>	Se dispone de sistema de Calefacción Colectiva/Central:		<input checked="" type="checkbox"/> En caso contrario, indicar:		
	<input type="checkbox"/>	Caldera comunitaria	% de viviendas/locales disponen de sistemas individuales de Calefacción:		
	<input type="checkbox"/>	Bomba de calor	% viviendas con Caldera (Gas canalizado):		
	<input type="checkbox"/>	Otro:	Indicando: <input type="checkbox"/> Propano <input checked="" type="checkbox"/> Gas Natural		
	Combustible Calefacción Colectiva/Central:		% viviendas con Caldera Gasóleo:		
<input type="checkbox"/>	GLP	<input type="checkbox"/>	Electricidad	% viviendas con Calefacción eléctrica:	
<input type="checkbox"/>	Gasóleo	<input type="checkbox"/>	Leña/biomasa	Indicando: <input type="checkbox"/> Bomba de calor <input checked="" type="checkbox"/> Radiadores	
<input type="checkbox"/>	Gas Natural	<input type="checkbox"/>	Otros:	% con Otros:	
<b>Agua Caliente Sanitaria ACS</b>	El edificio dispone de sistema de ACS Central:		<input checked="" type="checkbox"/> En caso contrario, indicar:		
	Combustible para producción ACS:		% de viviendas/locales disponen de sistemas individuales de producción de ACS:		
	<input type="checkbox"/>	GLP	<input type="checkbox"/>	Electricidad	% viviendas con Calentadores (Gas canalizado):
	<input type="checkbox"/>	Gasóleo	<input type="checkbox"/>	Leña/biomasa	Indicando: <input type="checkbox"/> Propano <input checked="" type="checkbox"/> Gas Natural
<input type="checkbox"/>	Gas Natural	<input type="checkbox"/>	Otros:	% viviendas con Calentadores (Gas embotellado):	
	<input type="checkbox"/>	El edificio dispone de captadores solares para la producción de ACS		Indicando: <input type="checkbox"/> Propano <input type="checkbox"/> Butano	
				% viviendas con Calentadores eléctricos:	
				% con Otros:	
<b>Gas canalizado para instalaciones domésticas</b>	% de viviendas/locales que disponen de acometida a red de distribución canalizada de gas para uso doméstico: 100		<input checked="" type="checkbox"/> Contadores individuales por vivienda/local		
	<input type="checkbox"/>	Propano	<input type="checkbox"/>	Contadores individuales centralizados	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Gas Natural			
<b>Refrigeración</b>	El edificio dispone de sistema colectivo de Refrigeración		<input type="checkbox"/> En caso contrario, indicar:		
	<input type="checkbox"/>	Con torre de enfriamiento	% de viviendas/locales disponen de sistemas individuales de refrigeración (aire acondicionado):		
	<input type="checkbox"/>	Sin torre de enfriamiento	Nº aparatos de aire acondicionado vistos en fachadas:		
<b>Ventilación y renovación de aire</b>	El edificio dispone de los siguientes sistemas de ventilación para los cuartos húmedos (baños y cocinas) de las viviendas:		Los aparcamientos disponen de sistemas de ventilación:		
	<input type="checkbox"/>	Ventanas	<input type="checkbox"/>	Patinejos	
	<input type="checkbox"/>	Shunts	<input type="checkbox"/>	Otros:	
	<input type="checkbox"/>	Existen locales o viviendas cuyos cuartos húmedos no tienen ninguno de los sistemas anteriores de ventilación.		<input type="checkbox"/>	Mecánica
				<input type="checkbox"/>	Natural
				<input type="checkbox"/>	Híbrida

N° de Registro: \_\_\_\_\_



<b>Protección Contra Incendios</b>	El edificio dispone de:		<input type="checkbox"/>	Un sistema de detección de incendios	<input type="checkbox"/>	Hidrantes exteriores
	<input type="checkbox"/>	Un sistema de alarma	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Columna seca
	<input type="checkbox"/>	Extintores móviles	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Boca de incendios equipada
<b>Protección contra el rayo</b>	El edificio dispone de:		<input type="checkbox"/>	Pararrayos de puntas	<input type="checkbox"/>	Un dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias
	<input type="checkbox"/>	Pararrayos Faraday	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Red de tierra
	<input type="checkbox"/>	Pararrayos con sistemas activos (ionizantes)	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<b>Otro tipo de pararrayos:</b>				
<b>Instalaciones de Comunicación es ICT</b>	El edificio dispone de:		<input type="checkbox"/>	Antena para recepción de TDT	<input type="checkbox"/>	Acceso de telecomunicaciones por cable
	<input type="checkbox"/>	Antena para recepción de TV satélite	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Acceso de fibra óptica
	<input type="checkbox"/>	Acceso de pares de cobre	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Accesos inalámbricos
<i>Observaciones:</i>						

## DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE SOBRE LAS INSTALACIONES COMUNES DEL EDIFICIO

La propiedad del edificio dispone de la siguiente documentación sobre las instalaciones comunes del edificio.			SI
<b>Instalación Eléctrica</b>	Boletín de instalador de la instalación eléctrica del edificio		
<b>Instalaciones de Calefacción / ACS</b>	Documentación administrativa de la instalación de calefacción		
	Contrato de mantenimiento de la instalación de calefacción		
	Documentación administrativa de la instalación de agua caliente sanitaria		
<b>Instalación de Ascensor</b>	Contrato de mantenimiento de la instalación de agua caliente sanitaria		
	Certificado de inspección periódica en ascensores y montacargas		
<b>Instalaciones de Protección</b>	Contrato de mantenimiento en ascensores, montacargas y salvaescaleras		
	Certificado de instalador autorizado de la instalación de protección contra incendios		
<b>Instalación de Gas</b>	Contrato de mantenimiento de la instalación de protección contra incendios		
	Certificado/s de la instalación de gas del edificio		
<b>Depósitos Combustible</b>	Certificado de inspección periódica de la instalación de gas del edificio		
	Documentación de la instalación y/o certificación administrativa de depósitos de combustible		
<b>Ins. Telecomunicaciones ICT</b>	Documentación acreditativa de la inspección y/o revisión de depósitos de combustible		
	Documentación de infraestructura común de telecomunicaciones (itc) exigida por la normativa (protocolo de pruebas, boletín de instalación o certificado de fin de obra), a especificar:		
<b>Otra documentación:</b>			

Nº de Registro: \_\_\_\_\_

## 2. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES BÁSICAS DE ACCESIBILIDAD

USO RESIDENCIAL VIVIENDA:

### 1. CONDICIONES FUNCIONALES DEL EDIFICIO (Según CTE-DB-SUA 9 - Decreto 68/2000, de 11 de abril)

#### ACCESIBILIDAD EN EL EXTERIOR

Para edificios, indicar:

1.1. El edificio dispone de un ITINERARIO ACCESIBLE que comunica una entrada principal al mismo

- Con la vía pública

No

Si

- Con las zonas comunes exteriores<sup>(9)</sup>

No

Si

Para conjuntos de viviendas unifamiliares, indicar:

1.2. La parcela dispone de un ITINERARIO ACCESIBLE que comunica una entrada a la zona privativa de cada vivienda

- Con la vía pública

No

Si

- Con las zonas comunes exteriores<sup>(9)</sup>

No

Si

OBSERVACIONES (indicar deficiencias detectadas y número de viviendas afectadas):

(9) Aparcamientos propios, jardines, piscinas, zonas deportivas, etc.

#### ACCESIBILIDAD ENTRE PLANTAS

1.3. En el edificio hay que salvar algún desnivel desde alguna entrada principal accesible al mismo hasta alguna vivienda o zona comunitaria

No

Si; en su caso, indique:

Dispone de Ascensor accesible entre ellas

Dispone de Rampa accesible entre ellas

Dispone de Ascensor no accesible según DB SUA 9-DECRETO 68/2000 de 11 de abril.

Especificar dimensiones de la cabina:

No dispone de rampa ni ascensor:

En este caso, el edificio tiene un espacio cuyas condiciones

dimensionales y estructurales permiten instalación de ascensor o rampa accesible:

No

Si

1.4. El edificio tiene alguna vivienda o viviendas situadas en plantas sin itinerario accesible

No

Si; en su caso, indique:

Dispone de Ascensor accesible entre ellas

Dispone de Rampa accesible entre ellas

Dispone de Ascensor no accesible según DB SUA 9-DECRETO 68/2000 de 11 de abril.

Especificar dimensiones de la cabina:

No dispone de rampa ni ascensor:

En este caso, el edificio tiene un espacio cuyas condiciones

dimensionales y estructurales permiten instalación de ascensor o rampa accesible:

No

Si

OBSERVACIONES (indicar deficiencias detectadas y número de viviendas afectadas):

Para edificios o conjuntos de viviendas con viviendas accesibles para usuarios en silla de ruedas, siendo estas viviendas legalmente exigibles, indicar:

1.5. La planta o plantas con VIVIENDAS ACCESIBLES para USUARIOS DE SILLA DE RUEDAS están comunicadas mediante un ASCENSOR o RAMPA ACCESIBLE con las plantas donde se encuentran

- La entrada accesible al edificio

No

Si

- Los elementos asociados a las viviendas <sup>(10)</sup>

No

Si

- Las zonas comunitarias

No

Si

Nº de Registro: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES:

(10) Se consideran elementos asociados a viviendas accesibles los trasteros accesibles, las plazas de garaje accesibles, etc.

**ACCESIBILIDAD EN LAS PLANTAS DEL EDIFICIO**

1.6. Todas plantas disponen de un ITINERARIO ACCESIBLE que comunica los accesos accesibles a ellas

- Entre sí

No

Si

- Con las viviendas situadas en las mismas plantas

No

Si

- Con las zonas de uso comunitario situadas en las mismas plantas

No

Si

OBSERVACIONES (indicar deficiencias detectadas y número de viviendas afectadas):

**Para edificios o conjunto de viviendas con viviendas accesibles para usuarios de silla de ruedas, siendo estas viviendas legalmente exigibles, indicar:**

1.7. Las plantas donde se encuentran los elementos asociados a viviendas accesibles disponen de un ITINERARIO ACCESIBLE que comunica los accesos accesibles a ellas con dichos elementos




No

Si

OBSERVACIONES:

N° de Registro: \_\_\_\_\_

## Eraikinaren ziurtagiri energetikoa

		<b>ERAIKINAREN ENERGIA-KALIFIKAZIOA ETIKETA</b> <b>CALIFICACION ENERGETICA DE EDIFICIOS</b>		
		<b>ERAIKIN AMAITUA</b> EDIFICIO TERMINADO		
<b>Erregistro-zenbakia</b> Nº de registro				
<b>Egun honetan sinatua</b> Suscrito el <b>Noiz arteko balioa</b> Válido hasta				
<b>Eraikina</b> Edificio <b>Helbidea</b> Dirección <b>Herria</b> Localidad <b>Zona klimatikoa</b> Zona Climática <b>Eraikinaren erabilera</b> Uso del edificio/vivienda/local		C1 Vivienda Etxebizitza		
<b>KALIFIKAZIO ENERGETIKOKO ESKALA</b> ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA		<b>Energia primarioko kontsumoa</b> Consumo de energía primaria kWh/m <sup>2</sup> año	<b>CO<sub>2</sub> Igorpenak</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	
<b>A</b> <b>Eraginkorragoa</b> <b>Más eficiente</b>				
<b>B</b>				
<b>C</b>				
<b>D</b>				
<b>E</b>		<b>174</b>	<b>39</b>	
<b>F</b>				
<b>G</b> <b>Ez hain eraginkorra</b> <b>Menos eficiente</b>				

Eraikinaren kontsumo errealean eta karbono-dioxidoaren igorpenetan (CO<sub>2</sub>) eragina dute, besteak beste, eraikinaren eragiketa- eta funtzionamendu-baldintzek eta baldintza klimatikoek.

El consumo real del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dependerá de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros aspectos.