

INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN INGENIERITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

ETXEBIZITZA BATEN BIRGAITZE ENERGETIKOA

Ikaslea: Bizkarra Belategi, Martin

Zuzendaria: Perez Iribarren, Estibaliz

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021ko uztailaren 22an

AURKIBIDEA

Irudien aurkibidea	3
Taulen aurkibidea.....	3
Akronimoen zerrenda.....	4
LABURPENA	5
Hitz gakoak	6
1. SARRERA.....	7
2. HELBURUAK ETA IRISMENA.....	10
3. ERAIKINAREN KOKAPENA ETA DESKRIBAPENA	11
4. ENERGIA KONTSUMOA.....	16
4.1. BEROKUNTZA ESKARIA	16
4.2. UBS ESKARIA	18
5. ITXITURAREN BIRGAITZEA.....	22
5.1. BIRGAITZEAREN DESKRIBAPENA ETA EZAUGARRIAK.....	22
5.2. ETXEBIZITZA BIRGAITUEN BEROKUNTZA ESKARIA	23
6. KONTSUMOAREN DISTRIBUZIOA.....	25
6.1 .GAUR EGUNGO INSTALAZIOA	25
6.1.1. Aeroterミア instalazioa.....	25
6.1.2. Egur-berogailua.....	31
6.1.3. Instalazio fotovoltaikoa.....	32
6.2. INSTALAZIOAREN EGOKITASUNAREN ANALISIA.....	36
7. INSTALAZIO ENERGETIKOAREN ANALISIA.....	39
7.1. INSTALAZIOAREN KOSTU JORRAKETA.....	39
7.2. INGURUGIROAN INPAKTUA	44
8. INSTALAZIO ENERGETIKOAREN HOBEKUNTZA	46
8.1. HOBEKUNTZA PROPOSAMENA	46
8.2. HOBEKUNTZEN INPAKTUA.....	49
9. ONDORIOAK	50
10. KRONOGRAMA	51
ERREFERENTZIAK.....	53
I. ERANSKINA	55

IRUDIEN AURKIBIDEA

Irudia 1: Merkatu elektrikoaren eguneko batezbesteko prezioaren grafika[8].	9
Irudia 2: lurretako meteorologia estazioko metatutako prezipitazio eta batezbesteko tenperaturen urteko bilakaera[10].	12
Irudia 3: 2020 urtean pilatutako prezipitazioaren EAEko mapa meteorologikoa[11].	12
Irudia 4: 2020. urteko batez besteko tenperaturaren EAEko mapa meteorologikoa[11].	13
Irudia 5: 2020. urteko batezbesteko erradiazioaren EAEko mapa meteorologikoa[11].	13
Irudia 6: Etxebizitzaren aurrealdea, hego-ekialdera begira.	14
Irudia 7: Eraikinaren planoak: beheko solairua (ezk.) eta lehen solairua (esk.).	15
Irudia 8: Bero-ponpa baten eskema.	25
Irudia 9: Ferroliren OMNIA M 3.2-12 bero-ponpa[20].	27
Irudia 10: OMNIA M 3.2 12 bero-ponparen datu teknikoak[ERREF]	28
Irudia 11: ECUNIT F 300-1C ur bero metagailua.	28
Irudia 12: Wilo Yonos kalefazio uraren birzirkulazio ponpa.	29
Irudia 13: OMNIA M 3.2 bero-ponparen kabledun urrutiko kontrola[23].	30
Irudia 14: Etxebizitzaren kalefazio sistemaren planoak.	31
Irudia 15: Panaderos Denia Atomium egur-berogailua.	32
Irudia 16: Sunpro Power 450 Wko panel fotovoltaikoa.	33
Irudia 17: INVT iMARS 3 kWko inbertsore monofasikoa.	33
Irudia 18: Orientazio eta inklinazio galeren ondoriozko energia portzentajea maximoarekiko[14].	34
Irudia 19: Familiabakarreko etxebizitzaren instalazio fotovoltaikoaren ohiko eskema.	34
Irudia 20: I Zona klimatikorako instalazio fotovoltaiko baten ordu-profil batentzako jardute faktorea[27].	35
Irudia 21: ECUNIT F 1C UBS deposituaren zirkuitu hidraulikoaren eskema, non 19. Elementua bero-ponpa den.	37
Irudia 22: Proposatutako hobekuntzaren eskema[20].	46
Irudia 23: Fancoil baten osagaiak[31].	48
Irudia 24: Proiektuaren GANTT diagrama.	52

TAULEN AURKIBIDEA

Taula 1: Etxebizitza bien itxituren UA, birgaitzea egin aurretik.	17
Taula 2: Sondikako meteorologia estazioaren 2020 urteko datuak.	17
Taula 3: Etxebizitza bien berokuntza eta hozketa eskariak, birgaitzea egin aurretik.	18

Taula 4: Durangoko ur sareko uraren batezbesteko tenperatura urtean zehar.	19
Taula 5: Etxebizitza baten UBS distribuzioa hilabetearen arabera.	20
Taula 6: Bi etxebizitzaren UBS eskaria urtean zehar.	20
Taula 7: Bi etxebizitzaren berokuntza eta UBS eskariak urtean zehar.	21
Taula 8: Kanpoko hormaren ezaugarriak, birgaitzea egin ostean.	23
Taula 9: Etxebizitza bakoitzaren UA-ren balioak, birgaitzea egin aurretik eta ostean.....	24
Taula 10: Etxebizitza bakoitzaren berokuntza eskaria, birgaitzea egin aurretik eta ostean.....	24
Taula 11: Berokuntza sistemako erradiadoreen kokapena, dimentsioak eta ezaugarriak.	30
Taula 12: Instalazio fotovoltaikoaren produktibitatea ordu-profil batentzat, eguneko eta urteko.	35
Taula 13: Erradiadoreen potentzia zuzenketa ΔT aldaketaren ondorioz.	38
Taula 14: Instalazio energetikoan egindako inbertsioaren aurrekontua.....	40
Taula 15: Sare elektrikoko energiaren prezioa, faktura elektrikitik aterata [Goienar].	41
Taula 16: Urteko ur bero eskaria asetzeko behar den energia elektrikoa.....	42
Taula 17: Urtean ur bero eskaria asetzeko beharrezkoa den energia elektrikoaren kostua.	43
Taula 18: Propano bonbona estandar baten ezaugarriak [Repsol, 2021].	43

AKRONIMOEN ZERRENDA

BEG: Berotegi Efektuko Gasak.

UBS: Ur Bero Sanitarioa.

EAE: Euskal Autonomi Erkidegoa.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.

COP: Coefficient of Performance.

SCOP: Seasonal Coefficient of Performance.

SPF: Seasonal Performance Factor.

GWP: Global Warming Potential.

FV: Fotovoltaikoa.

LABURPENA

Berotegi efektuko gasen isuri totalen ehuneko handi bat etxebizitza eta zerbitzuen sektoreari dagozkio. Isuriok murrizteko energia kontsumoa jaitsi eta energia berriztagarrien teknologiak garatu eta instalatu behar dira. Aldaketa horiek etxebizitza berrietan edota zaharren eraberritzeetan egin behar dira.

Proiektu honetan, Durango kanpoaldean kokatzen den landa eremuko eraikin baten etxebizitza biren birgaitze integrala aztertu da. Berokuntza eskaria murrizteko harturiko neurriak zehaztu dira, eta berokuntza eta ur bero sanitario instalazioaren birgaitzea aztertu da. Proiektuaren helburua etxebizitzetan egindako birgaitzea aztertzea da, eta honek izango duen ingurumen inpaktuaren eta kostu ekonomikoaren eta bideragarritasunaren kalkulua egitea.

Etxebizitzaren inguratzaile termikoan isolamendua ezarri da eta leihoak aldatu dira. Instalazio energetikoari dagokionez, aerotermia bero-ponpa bat jarri da bi etxebizitzentzat, eta eraikinaren teilatuan panel fotovoltaikoak instalatu dira.

RESUMEN

Los sectores residencial y comercial suponen un porcentaje grande de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para reducir estas emisiones hay que reducir el consumo de energía y desarrollar e instalar tecnologías de energías renovables. Estos cambios deben ser aplicados en viviendas de nueva construcción o en rehabilitaciones de edificios antiguos.

En este proyecto se ha analizado la rehabilitación de dos viviendas de un edificio ubicado en un entorno rural a las afueras de Durango. Se han determinado las medidas aplicadas para reducir la demanda energética del edificio, y se ha analizado la rehabilitación de la instalación de calefacción y Agua Caliente Sanitaria. El objetivo del proyecto es analizar la rehabilitación realizada, y analizar el efecto que ésta tendrá en el medioambiente. También tendrá como objetivo analizar los costes económicos de la instalación energética, así como su viabilidad.

Se ha aislado las viviendas mediante la colocación de distintos aislamientos en la envolvente térmica de la vivienda, y se han cambiado las ventanas. En lo que a la instalación energética se refiere, se ha instalado una bomba de calor de aerotermia para las dos viviendas, y se ha realizado una instalación de paneles fotovoltaicos en el tejado del edificio.

ABSTRACT

Residential and commercial sectors are accountable for a large percentage of the greenhouse gases emitted into the atmosphere. To reduce these emissions energy consumption must be reduced and renewable energy technologies must be developed and installed. These changes must be implemented in new buildings and in older building restorations.

This project has analysed the integral restoration of two houses of a building located in a rural area in the outskirts of Durango. The measures to reduce the energy demand have been determined, and the restoration of the heating and Domestic Hot Water installation has been analysed. The aims of the project are to analyse the restoration of both homes, as well as to calculate the environmental and economic impact of it.

Insulation has been installed throughout the thermal enclosure of the building, and the windows have been changed. An air source heat-pump has been installed for both homes, and photovoltaic panel have been mounted in the roof.

Hitz gakoak: Birgaitzea / Berokuntza / Ur Bero Sanitarioa / Aerotermia / Bero-ponpa / Fotovoltaikoa / Zoru erradiatzailea / *Fancoil*.

Palabras clave: Rehabilitación / Calefacción / Agua Caliente Sanitaria / Aerotermia / Bomba de calor / Fotovoltaica / Suelo radiante / *Fancoil*.

Key words: Restoration / Heating / Domestic Hot Water / Aerothermy / Heat-pump / Photovoltaic / Floor heating / *Fancoil*.

1. SARRERA

Mundua berotu egin da azken 100 urteetan. Munduak berotzen jarraituko du hurrengo 100 urteetan, ez bazaio erremediorik jartzen behintzat. Munduko tenperaturek gora egin dute industrializazio garaitik hona, eta jada munduko batezbesteko tenperatura 1,2 °C altuagoa da industria aurreko garaian zena baino [1]. Azken hamarkada, 2011-2020 artekoa, erregistroetako hamarkadarik beroena izan da, 2015etik aurrerako 6 urteak historian erregistraturiko urterik beroenak izan direlarik.

Arazoak ezaguna izanagatik ez dio larria izateari uzten. Izan ere, arazoa ezaguna egin zen 90. hamarkadan, eta ordutik hainbat akordio, protokolo eta nazioarteko konferentzia izan dira, baina arazoak bere horretan dirau, urtez urte areagotuz. Neurriotan ezagunena 1997. urtean sinatu zen Kiotoko Protokoloa da, zeinaren bidez, herrialde industrializatu gehienek, tenperatura igoeraren eragile diren Berotegi Eftukoko Gasen (BEG) isuriak 2008-2012 tarterako %5ean murrizteko konpromezua hartu zuten. Protokoloa sinatu zuten herrialdeen gehiengoak konpromezua bete zuten arren, neurriaren gogortasun ezak eta herrialde handi batzuen konpromezu faltak (Ameriketako Estatu Batuak eta Kanada adibide nagusiak izanik) berotze globalaren auzia larritu baino ez dute egin. Hitzarmen horren ostean, beste hainbat etorri ziren, garrantzitsuena 2015eko Parisko Akordioak izanik. Akordio horietan hartutako erabaki eta konpromezuek munduko batezbesteko tenperatura aldaketa (industria aurreko garaiekiko) 1,5 °C baino baxuagoa izatea dute helburu, 2 °C-ra inolaz ere iritsi ezin daitezkeelarik [2].

Espainiar estatua BEGen emisioei dagokienez munduko herrialde kutsakorrenen artean dago, 323,2 milioi tona CO₂ baliokide emititu zituelarik 2019. Urtean [3]. Urte horretan bertan, Espainiar estatuan kontsumitutako amaierako energia 86158 petrolio tona baliokidekoa izan zen, gutxi gora behera milioi bat MWh-koa [4].

Estatuko amaierako energia kontsumoaren %18,5a eta %12,5a etxebizitza eta zerbitzu sektoreei dagozkie, hurrenez hurren [5]. Bestalde, BEGen emisioen %8,8a etxebizitza eta sektore komertzialari dagokio, eta %13,5a elektrizitate sorkuntzari [6]. Balio horiek jaitea ezinbestekoa da, aldaketaz aldaketa, tenperaturaren igoera izoztu ahal izateko.

Etxebizitza sektoreko BEGen emisioak jaisteko lehen pausua amaierako energia kontsumoa bera jaitea da. Horretarako, aukera ezberdinak daude, nabarmenena energia eskaria jaitea izanik. Eskaria jaisteak eraikinetan konfort termikoa energia kantitate txikiagoarekin lortzea dakar, eta hau eraikinaren bero galerak eta irabaziak kontrolatuz egiten da. Eraikinaren inguratzailean isolamendua ezartzea, leiho eta ateen gaitasun isolatzailea hobetzea, aire infiltrazioak ekiditeko

zirrikituak ixtea edota konbekzio naturala kontrolatzea berokuntza eta hozketa eskaria jaisteko metodo eraginkorrak izan daitezke.

Kontsumo energetikoa jaisteko beste aukera bat eraikinaren ekipoen efizientzia hobetzea da. Berokuntza, hozketa eta Ur Bero Sanitarioa (UBS) lortzeko ekipo efizienteenak erabiliz kontsumoa jaistea lortzen da. Horren adibide dira aerotermia edo geotermia bero-ponpak, inguruneak daukan beroa aprobetxatuz energiaren zati handi bat aurrezten dutenak. Horren adibide izan daitezke ere gasezko kondentsazio galdarak, errekuntza keetako ur lurrunak daraman beroa aprobetxatzen dutenak. Bestalde, eraikinaren elementu elektrikoaren efizientzia handituz ere kontsumoa jaistea lortzen da.

Bestalde, BEGen emisioak jaisteko aukera eraginkorrena eraikina energia berriztagarriko sistemaz hornitzea da. Energia berriztagarriek erregai fosilek baino ingurumen inpaktu baxuagoa izateaz gain, ia-ia agorrezinak dira. Eraikin baten integrazteko teknologien artean aukera ezberdinak daude: energia elektrikoa ekoizteko panel fotovoltaikoak, UBS ekoizteko eguzki kolektoreak, etxebizitza berotzeko biomasa galdarak, lehenago aipaturiko aerotermia edo geotermia bero-ponpak, eta abar. Kasu hauetan, ingurumen inpaktu minimoa lortzen da, ekipoen produkzio, garraio eta eraispenean sortzen dena besterik ez delarik emititzen (biomasaren kasuan CO₂ emisioak neutrotzat hartzen dira).

Hala ere, hiriguneetan eraikitzen diren eraikin berrietan berrikuntza teknologiko horiek aplikatu daitezkeen arren, eraikin zaharretan aplikatzea zailagoa egiten da. Landa eremuko etxebizitzetan edo familiabakarrekoetan, ordea, berrikuntza hauek aplikatzea errazagoa da. Horregatik, motako horietako etxebizitza askotan instalazio berriztagarriak arrakasta izaten dute. Alde batetik, kontsumoa gutxitzen da, faktura merketuz, eta bestetik, sarearekiko edo merkatuarekiko dependentzia jaisten da kasu gehienetan.

Energiaren merkatuak gorabehera asko jasan izan ditu 1973ko petrolio krisiaz geroztik. Petrolioaren prezioaren aldaketa esanguratsuek energiaren prezioan igoera eta jaitsierak eragin ditu azken hamarkadetan. Espainiar estatuko merkatu elektrikoa ere nahiko ezegonkorra da, urtearen eta urtaroaren arabera. Horrez gain, 2021eko ekainaren 1etik aurrera estatuko energia elektrikoaren tarifa berriak martxan dira [7]. Tarifa hauetan, sarearen karga leuntzeko eta kontsumo ohiturak aldatzeko asmoz, sarearen punta orduetako prezioak (aste barruan 10:00-14:00 eta 18:00-22:00 ordu-tarteak) garestitu eta lautada (aste barruan 08:00-10:00, 14:00-18:00 eta 22:00-00:00 ordu-tarteak) eta aran orduetakoak (aste barruan 00:00-8:00 ordu-tarteak eta asteburu eta jaiegunak) merketu dira.

Precio del mercado diario eléctrico (OMIE) · Octubre

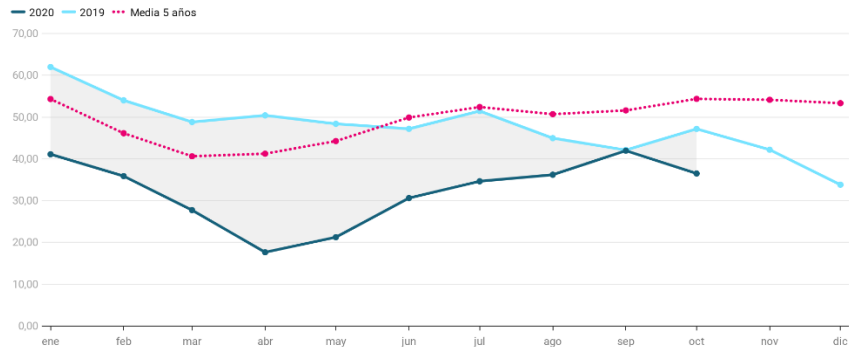


Gráfico: Grupo ASE · Creado con Datawrapper

Irudia 1: Merkatu elektrikoaren eguneko batezbesteko prezioaren grafika[8].

Merkatuaren eta sare elektrikoaren dependentzia murrizteko helburu horregatik burujabetza energetikoa edo autokontsumoa modan dauden kontzeptuak dira. Erregai fosilen merkatutik zein konpainia elektrikoaren erabaki edo sarearen tarifa aldakorretatik dependentzia murrizteko, panel fotovoltaikoak klimatizazio ekipu elektrikoekin elkartu daitezke.

2. HELBURUAK ETA IRISMENA

Lan honen helburua landa eremuko eraikin baten birgaitze energetikoaren analisia egitea da. Burujabetza energetikoa eta ingurumen inpaktu baxua analisi horren helburu nagusiak izango dira, baita egindako birgaitze integrala ekonomikoki bideragarria izatea ere.

Analisia birgaitzearekin batera egin da. Itxituraren birgaitzea eginda zegoela eman zaio hasiera analisi lanari, eta beraz, instalazio energetikoaren hautaketa eta beste erabaki batzuk itxituraren birgaitzea egiterakoan hartutako erabakien ondoriozkoak izan dira.

Analisia bi ataletan bereizi da: eskaria eta distribuzioa. Lehenik eta behin eraikinaren eskari energetikoa aztertu eta kalkulatu da, berokuntzari eta UBSri (Ur bero sanitarioa) dagokionez. Eraikinaren berokuntza eskaria murrizteko etxebizitzaren itxituren birgaitzea aztertu da, eta eskari berria kalkulatu ere.

Ondoren, eskari hau asetzeko erabilitako sistemak azaldu dira. Sistema horien azalpenaz gain, eginiko inbertsioa eta eskari energetikoaren kostuak kalkulatu dira, baita etxebizitzaren ingurumen inpaktua ere. Instalazioaren berreskurapen periodoa kalkulatu da.

Azkenik, instalatutako berokuntza eta UBS instalazioaren hobekuntza bat aztertu da, kalkuluak errepikatuz eta aurretik lorturiko datuekin konparatuz.

3. ERAIKINAREN KOKAPENA ETA DESKRIBAPENA

Atal honetan eraikinaren kokapena zehaztuko da, eta kokaleku horren testuingurua eta inguruneari buruz azalpen bat emango da. Ondoren, eraikinaren deskribapena egingo da, eraikinaren ezaugarriak eta egoera azalduko direlarik.

Aztertuko den etxebizitza Durango (Bizkaia) kanpoaldean dago, Izurtza eta Durango herrien arteko mugan. Durango Durangaldeko herri handiena da, eta zerbitzu eta industria sektoreak pisu handia dute herriko ekonomian. Herriak 10,79 km²-ko azalera du, eta 30000 biztanleen gehiengoa herrigunean bizi da. Oso gutxi dira Durangoren mugetan dauden landa eremuko etxebizitzak. Izan ere, herriaren azaleraren gehiengoa urbanizatua da, gainontzekoa baso-lursailak eta lursail malkartsuak direlarik.

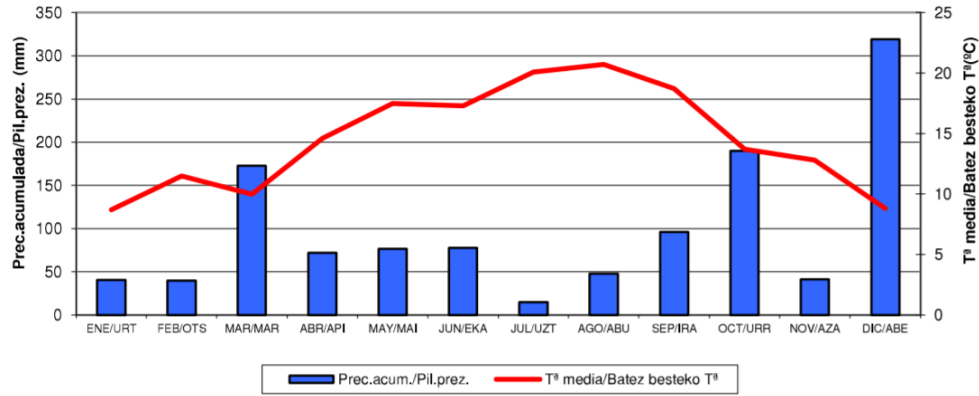
Durango Ibaizabal erreka sorturiko lautada batean aurkitzen da, itsas mailatik 118 metrora, mendilerro biren artean. Iparraldetik Oiz mendia nabarmentzen da, eta hegoaldetik berriz Durangaldeko mendizerra, Mugarra, Anboto, Alluitz edo Untxilaitz mendiak nagusitzen direlarik.

Klima Ozeanikoko ingurunea da, Kantauriar itsasotik gertu baitago. Euskal Autonomi Erkidegoan (EAE) Bizkaia, Gipuzkoa eta Araba iparraldean nagusi den klima mota da. Klima mesotermiko bat aurkezten du, tenperatura ertainak eta prezipitazio altuak nagusi direlarik. Ozeano Atlantikoaren eragina nabarmena da kliman. Ozeanoko urekin kontaktuan epeltzen diren aire masak kostaldera heltzean, gau eta eguneko, edota negu eta udako, oszilazio termikoak baretzea eragiten dute. Orografia dela eta euri kantitate handiak jasotzen dituen lurraldea da EAEko isurialde atlantikoa, 1200-2000 mmko batezbesteko urteko prezipitazioa izanik [9].

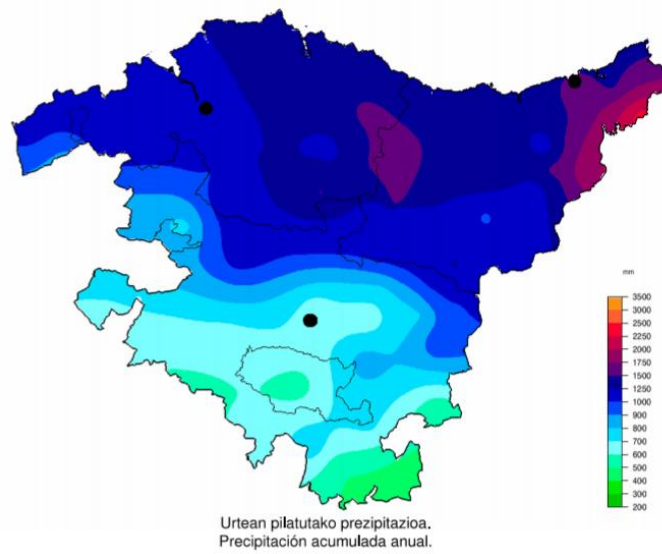
Euskal Metereologia Agentziaren (Euskalmet) 2020. urteko metereologia estazioen buletinetik lortutako datuen arabera, Durangoko (lurretako metereologia estazioa) urteko batez besteko tenperatura 14,5 °C-koa izan zen [10]. Batezbesteko tenperatura minimoa 10,0 °C-koa izan zen eta maximoa berriz 20,1 °C-koa. Minimo eta maximo absolutuak -0,9 °C eta 40,5 °C-tara iritsi ziren. Batezbesteko hezetasun erlatiboa %77,6-koa izan zen, eta urte osoan pilatutako prezipitazioen balioa 1188,2 l/m²-koa. Eguneko batezbesteko irradiantzia 12,9 MJ/m²-koa izan zen.

Eraikuntzarako Kode Teknikoaren (*Código Técnico de Edificación, CTE*) *Ahorro de energía DB H1* oinarritzko dokumentuaren arabera ingurune honi C1 Zona Klimatikoa dagokio. Zona klimatikoaren arabera eskari energetikoaren kalkulurako kanpoko eskaera batzuk definitzen dira. C letrak neguko klimaren gogortasunari egiten dio erreferentzia (α , A, B, C, D, E eskalan),

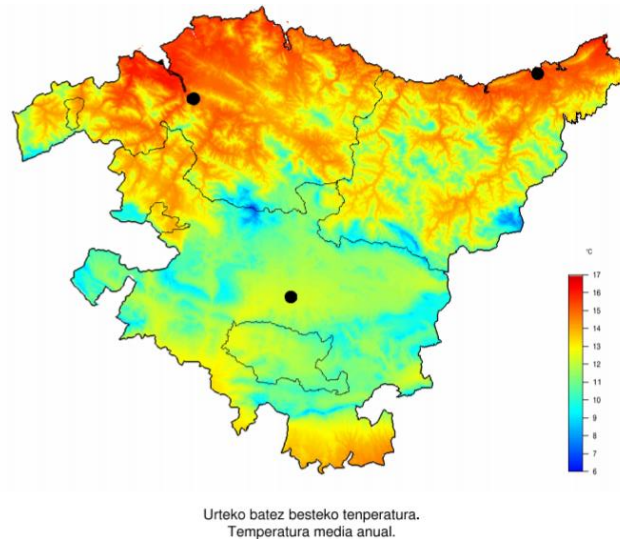
eta 1 zenbakiak udako klimarenari (1-4 eskalan). Hortaz, udako klima nahiko leuna da estatuko gainontzeko lurraldeekin konparatuz; negukoa, berriz, gogortasun ertainekoa da konparazioz.



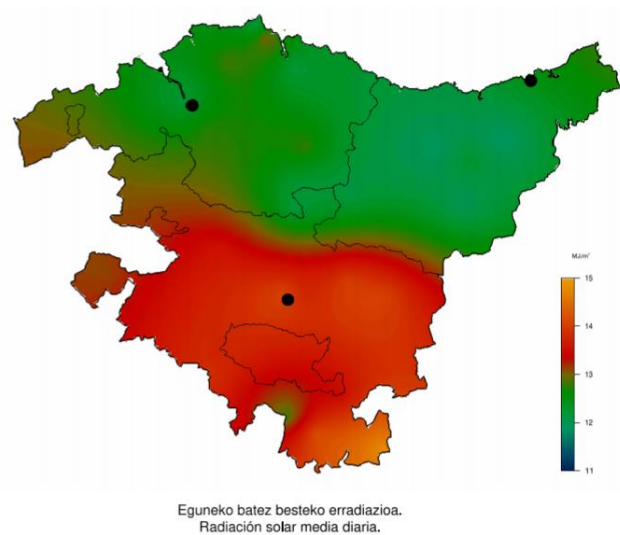
Irudia 2: Iurretako meteorologia estazioko metatutako prezipitazio eta batezbesteko temperaturen urteko bilakaera[10].



Irudia 3: 2020 urtean pilatutako prezipitazioaren EAEko mapa meteorologikoa [11].



Irudia 4: 2020. urteko batez besteko tenperaturaren EAEko mapa meteorologikoa [11].



Irudia 5: 2020. urteko eguneko batezbesteko erradiazioaren EAEko mapa meteorologikoa [11].

Eraikina Durangotik Gasteizera doan errepide nagusiaren albo batera gelditzen da, bidetik 40 bat metrora. Landa eremuko 3 solairu independenteko eraikin bat da, zeinaren lehen bi solairuak aztertuko diren. Jabea, beheko solairuan biziko da, eta lehen solairua alokairuan egongo da. Etxebizitza bakoitzean bi pertsona biziko dira. Aztertuko ez den solairuan ere, azkenengoan, bi pertsona bizi dira.

Eraikina 50. hamarkadan eraikitakoa da, eta beheko solairuari ordutik ez zaio berrikuntza lan nabarmenik egin. 2020ko martxoan jabez aldatu zen, eta jabe berriak berrikuntza lanak egin ditu beheko solairuan. Berrikuntzak orokorra izan dira, beheko solairua erabat eraberritu denik.

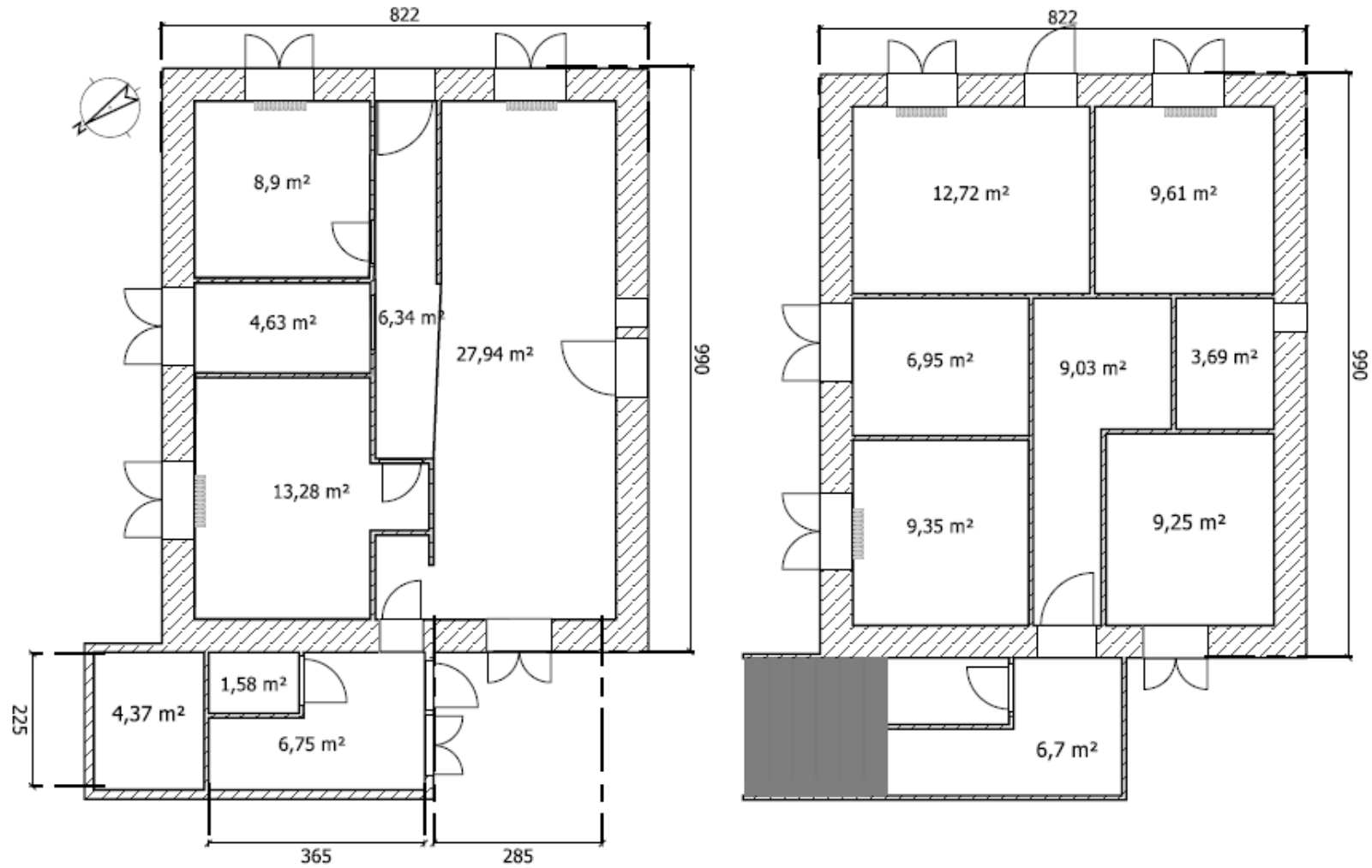
Efizientzia energetikoaren ikuspuntutik, itxituraren birgaitzea, leihoen aldaketa, eta berokuntza eta UBSaren instalazioaren aldaketa egingo dira. Goiko solairua bizitzeko egoera onean dagoenez leihoen aldaketa soilik egingo da.

Ekialde eta hegoaldetik ez du itzalik, eguzki erradiazio guztia jasotzen duelarik; ipar-mendebalde eta iparraldetik berriz, baso autoktonoak inguratzen du. Eraikinaren fatxada hego-ekialdera orientatuta dago.



Irudia 6: Etxebizitzaren aurrealdea, hego-ekialdera begira.

Solairu bakoitzak 62 m^2 inguruko planta du. Horrez gain, beheko solairuak 12 m^2 -ko biltegi bat du, etxebizitzari itsatsita eta honekin konektatuta dagoena. Hala ere, biltegi horrek ez du berokuntza instalaziorik. Planoetan ikusten den bezala, solairu biek $8,22 \times 9,90$ metroko oinplanoa dute. Beheko solairua pixka bat txikiagoa da, birgaitzearen ondorioz kanpoko hormaren lodiera handitu delako. Solairuek $2,4$ metroko altuera dute, beheko solairuko egongela eta sukaldeak izan ezik, $2,6$ metroko altuera baitute. Eraikinaren lehen bi solairuen kanpoko hormak hare eta kareharrizko 50 zentimetroko horma sendoak dira, eta azken solairuarenak berriz hormigoi eta adreiluzkoak.



Irudia 7: Eraikinaren planoak: beheko solairua (ezk.) eta lehen solairua (esk.).

4. ENERGIA KONTSUMOA

Atal honetan etxebizitza baten energia kontsumoaren analisia egin da, bai berokuntzari baita UBSari dagokionez ere. Analisi hau etxebizitzaren berritze lanak hasi aurretiko egoerarena da. Hau da, etxebizitzak erosi ziren unean zegoen egoeraren analisia egin da, ondoren egindako birgaitzea aztertu eta konparatzeko balio duena. Lorturiko balio hauek lehen solairuaren ezagutzen diren kontsumo datuekin konparatu dira, itxituren eta infiltrazioen balioak doitzeko.

4.1. BEROKUNTZA ESKARIA

Arestian esan bezala, eraikina 50. hamarkadakoa da eta eraiki zenetik ez du inolako efizientzia berrikuntzarik izan. Hortaz, bero galera handiak ditu, itxituretik, zorutik eta leihoetatik energia asko galtzen baita. Berokuntza kontsumoa kalkulatzeko eraikinaren lehen bi solairuen dimentsioak neurtu dira eta materialak eta eraikuntza kontuan hartu dira. Horrez gain, leiho eta ateen dimentsioak eta hauen materialak eta eraikuntza ere kontuan hartu dira.

Berokuntza eskariari dagokion kontsumoa aztertzeko Gradu Egun metodoa erabili da. Metodo hori erabiltzeko lehenik oinarri tenperatura bat aukeratu beharra dago. Oinarri tenperatura hau T_b , barneko kontsigna edo erositasun tenperatura izango da. Kanpoko tenperatura (T_k) oinarri-tenperatura baino baxuagoa denean eraikinak bero-galera bat izango du; alderantziz denean, aldiz, bero-irabazi bat. Horrela, eguneko batezbesteko tenperatura eta oinarri-tenperaturaren arteko kenketa negatiboa denean, berokuntzari dagozkion gradu-egunak lortuko ditugu.

Horrez gain, kalkulu horiek egiteko eraikinaren itxituren transmitantzia (U , [W/m^2K]) eta azalera kalkulatu dira. Bi aldagai hauek biderkatuz UA [W/K] aldagaia lortzen da. Ondoren, aldagai horri aireztapen eta infiltrazioei dagokien UA -ren balioa gehituz UA_{efek} aldagaiaren balioa lortzen da. Azken balio hau da eraikinaren berokuntza kontsumoa kalkulatzeko erabiliko dena, honako formula jarraituz:

$$Q = UA_{efek} * \sum (T_b - T_k)$$

UA_{efek} balio hau lortzeko honako datu hauek kontuan izan dira:

- Orientazioa: eraikinaren aurpegi bakoitzaren orientazioa.
- Isolamendua: horma, leiho, zoru eta sabaian erabilitako isolamendu materialak. CE3X programatik lortuak [12].
- Leihoak: azalera, orientazioa eta mota.
- Eraikinaren bolumena: aireztapen kalkuluetarako erabilia.

Berokuntza eta UBS instalazioa bat eta bera da lehen bi solairuetarako, eta beraz bi solairuei dagokien UA_{efek} -aren kalkulua egin da:

Taula 1: Etxebizitza bien itxituren UA, birgaitzea egin aurretik.

Itxitura	Kanpo horma	Sabaia	Zorua	Leihoak	Aireztapena	TOTALA
UA [W/K]	393,26	0,00	69,89	91,94	0,00	678,40

Etxebizitzaren gradu-egunak ezagutzeko IDAE-ren (*Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía*) *Condiciones climáticas exteriores de proyecto* gida teknikoan bildutako datuak erabili dira. Sondikako meteorologia estazioari dagozkion datuak erabili dira, Durangoko datuen oso antzekoak direla suposatzen baita.

Taula 2: Sondikako meteorologia estazioaren 2020 urteko datuak.

Hila	$T_{\text{airea}} [^{\circ}\text{C}]$	GD_15 [$^{\circ}\text{C}$]	GD_20 [$^{\circ}\text{C}$]	GDR_20 [$^{\circ}\text{C}$]
Urtarrila	9,3	183	332	0
Otsaila	9,3	168	303	1
Martxoa	11,8	126	258	4
Apirila	12,8	94	221	5
Maiatza	15,7	42	150	17
Ekaina	18,7	10	74	33
Uztaila	19,8	3	47	42
Abuztua	20,7	2	36	58
Iraila	18,9	11	69	37
Urria	16,7	33	123	21
Azaroa	11,6	117	252	1
Abendua	9,3	181	330	0

Gradu-egunen balioa, egun bakoitzeko batezbesteko tenperatura eta oinarri tenperaturaren arteko diferentziak gehituz kalkulatzen da. 2. Taulan hilabeteko bakoitzeko gradu-egunen balioak ageri dira, oinarri tenperatura ezberdinetarako. Horrez gain, hozte gradu-egunak (kasu honetan ez da hozketa kontuan izango, balioak ez direlako oso altuak) eta kanpoko airearen batezbesteko tenperatura ageri dira. Eraikin honen kasuan, berokuntza eskariaren kalkulua GD_{15} balioarekin egin da, $T_b=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ oinarri harturik. Balio hauek aurreko UA balioarekin biderkatuz lehen bi solairuei dagokien hilabeteko berokuntza eskaria lortu da:

Taula 3: Etxebizitza bien berokuntza eta hozketa eskariak, birgaitzea egin aurretik.

Hilabetea	Bi etxebizitzak		
	GD ₁₅	GD ₂₀	GDR ₂₀
Urtarrila	2979,5	5405,5	0,0
Otsaila	2735,3	4933,3	16,3
Martxoa	2051,5	4200,7	65,1
Apirila	1530,5	3598,3	81,4
Maiatza	683,8	2442,3	276,8
Ekaina	162,8	1204,8	537,3
Uztaila	48,8	765,2	683,8
Abuztua	32,6	586,1	944,3
Iraila	179,1	1123,4	602,4
Urria	537,3	2002,6	341,9
Azaroa	1905,0	4103,0	16,3
Abendua	2947,0	5373,0	0,0
Berokuntza eskaria guztira (kWh)	15793,2	35738,3	3565,7

Hortaz, etxebizitza bien urteko berokuntza eskaria 15 °C-ko oinarri tenperatura harturik 15793,2 kWh-koa da.

Eskari horri aurre egiteko berokuntza potentzia maximoa ere kalkulatu da. Kalkulu hau inguruneko tenperatura minimoaren (%99,6-ko probabilitatearekin lortuko den T baxuena) araberakoa da, kasu honetan -0,2 °C dena[13]. Berokuntza potentzia minimoa hurrengo formula erabiliz lortu da, 13,70 kWko balioa lortuz ($T_b = 20$ °C hartuz).

$$P_{\text{berokuntza}} = UA_{\text{efek}} * (T_b - T_{s,99.6})$$

4.2. UBS ESKARIA

UBS eskariaren kalkulua egiteko etxebizitzaren ezaugarriak eta ingurunearen datuak erabili dira:

- UBS eskaria pertsonako: 28 l/s. Balio hau uraren tenperatura 60 °C denerakoa da [14].

- Bizilagun kopurua: 6 (etxebizitza bakoitzeko 3). Balio hau gela kopuruaren arabera da, 2 logela → 3 bizilagun. Ez da etxebizitzan gaur egun bizi diren pertsona kopuruaren arabera.
- Saretik datorren uraren temperatura. Temperatura hauek CHEQ4 erraminta erabiliz lortu dira, eta Durangori dagozkion temperaturak dira [15].

Taula 4: Durangoko ur sareko uraren batezbesteko temperatura urtean zehar.

Hilabetea	T_ur_sarea [°C]
Urtarrila	8,3
Otsaila	9,3
Martxoa	9,3
Apirila	10,3
Maiatza	12,3
Ekaina	14,3
Uztaila	16,3
Abuztua	16,3
Iraila	15,3
Urria	13,3
Azaroa	10,3
Abendua	9,3

- UBS kontsumoaren urteko distribuzioa [16]:

Taula 5: Etxebizitza baten UBS distribuzioa hilabetearen arabera.

Hilabetea	Distribuzioa
Urtarrila	1,11
Otsaila	1,08
Martxoa	1,03
Apirila	1,08
Maiatza	1,03
Ekaina	1,02
Uztaila	0,9
Abuztua	0,79
Iraila	0,91
Urria	0,94
Azaroa	1,04
Abendua	1,07

- UBSaren tenperatura: 60 °C. Ur beroa depositu batean akumulatu nahi bada 60 °C-an mantendu behar da Legionellaren bakteria ez agertzeko.

Aldagai hauek kontuan izanik UBSaren urteko eskaria kalkulatu da:

Taula 6: Bi etxebizitzetan UBS eskaria urtean zehar.

Hilabetea	UBS eskaria [kWh]
Urtarrila	347,6
Otsaila	299,8
Martxoa	316,6
Apirila	314,9
Maiatza	297,8
Ekaina	273,4
Uztaila	238,4
Abuztua	209,3
Iraila	238,6
Urria	266,1
Azaroa	303,2
Abendua	328,8

Hortaz, lortu den berokuntza eta UBSaren eskari teorikoa honakoa da:

Taula 7: Bi etxebizitzan berokuntza eta UBS eskariak urtean zehar.

Hilabetea	Berokuntza eskaria [kWh]	UBS eskaria [kWh]	Eskari totala [kWh]
Urtarrila	2979,6	347,8	3327,4
Otsaila	2710,5	299,8	3010,3
Martxoa	2032,9	316,5	2349,5
Apirila	1516,6	314,9	1831,5
Maiatza	677,6	297,8	975,4
Ekaina	161,3	273,4	434,8
Uztaila	48,4	238,4	286,8
Abuztua	32,3	209,3	241,5
Iraila	177,5	238,6	416,1
Urria	532,4	266,1	798,5
Azaroa	1887,7	303,2	2190,9
Abendua	2920,3	328,8	3249,1
Energia eskaria guztira (kWh)	15677,1	3434,7	19111,8

Etxebizitza bien UBS eskari totala 3434,7 kWh-koa da, eta energia eskari totala 19111,8 kWh-koa da.

5. ITXITURAREN BIRGAITZEA

Atal honetan itxituraren birgaitzearen deskribapena egin da. Erabilitako materialen eta eraikuntzaren ezaugarriak azaldu dira. Itxitura birgaitzarekin etxebizitza biek duten eskaria aztertu da, eta aurrekoarekin konparatu ere. Azkenik, birgaitzeari dagozkion hobekuntzak proposatu dira.

5.1. BIRGAITZEAREN DESKRIBAPENA ETA EZAUGARRIAK

Esan bezala, beheko solairua guztiz eraberritu da eta etxebizitzaren isolamendua eta efizientzia hobetu dira. Itxituren berrikuntzak egin dira: kanpoko hormaren eta sabaiaren isolamendua hobetu da, leihoak aldatu dira eta infiltrazioen eta hezetasunaren aurkako neurriak hartu dira. Lehen solairuan berriz, leihoak aldatu dira eta kanpoko hormaren hidrofugotasuna hobetu da.

Lehen bi solairuen horma originala hare eta kareharrizko blokez eraikitakoa da, blokeen artean morteroa erabiliz. Eraikinaren hidrofugotasuna hobetzeko lehen bi solairuei aplikatutako hobekuntza bat morteroaren ordezkapena izan da, mortero hidrofugo bat erabili da mortero zaharraren ordezkari.

Beheko solairuan, gainera, isolamendu termikoa aplikatu da. Kanpoko hormak nahikoa sendoak direnez, eta etxebizitza bera ez denez oso handia, isolamendua ahalik eta meheena izatea erabaki da. Lehenik, tela inpermeabilizatzaile bat jarri da, polipropileno eta polietilenoazko geruzaz egina, hezetasunetik babesteko [17]. Ondoren, aire burbuilazko aluminio bikoitzeko geruza isolatzaile bat jarri da, Boltherm markakoa [18]. Isolatzaile horrek 5 mm-ko lodiera du, eta 30 mm-ko lodierako XPS isolatzaile batek edo 40 mm-ko harri-zuntzeko isolatzaile batek besteko lana egiten du. Ondoren, 5 cm-ko aire ganbara bat jarri da, aluminiozko geruzarekin lanean kondukzio eta erradiaziozko galerak txikitzen dituena. Azkenik, 9 cm-ko adreilu bikoitza jarri da, adreiluaren ostean igeltsuzko luzitua eginez. Hobekuntza hauek aplikatuz, kanpoko itxituraren transmitantzia termikoa $2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ -koa izatetik $1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ izatera pasa da, kanpoko hormari dagozkion bero galerak %60an gutxituz. Hormaren lodiera 66 cm-an geratu da. Hormaren itxituraren egitura horrela geratu da:

Taula 8: Kanpoko hormaren ezaugarriak, birgaitzea egin ostean.

Itxituraren geruzak	e [m]	k [W/mK]	R _t [m ² K/W]
Harria	0,5	1,7	0,29
Geruza inpermeabiliz.	0,001	1,8	0,00
Isolamendu termikoa	0,005	0,028	0,18
Aire ganbara	0,05	-	0,18
Adreilu bikoitza	0,09	0,43	0,21
Luzitua	0,02	0,57	0,04
Totala	0,666	-	0,90
		U [W/m²K]	1,12

Sabaian ere hobekuntzak aplikatu dira. Harri-zuntzeko panel erdizurrunk jarri dira. Panel hauen helburua isolamendu akustikoa bada ere, termikoki ere isolatzen dute. Kalkuluetan suposatuta da beheko solairuaren eta lehen solairuaren -eta lehen eta bigarren solairuen- arteko bero-transmisioa nulua dela, bi etxebizitzak tenperatura berera mantentzen direlako. Hala ere, lehen solairua alokairuan dagoenez, denbora tarte batzuetan agian ez da berotuko, eta beraz, komenigarria da isolamendu termikoa ere ezarri izana. 3 cm-ko panel bi jarri dira, guztira 1,75 m²K/W-ko erresistentzia termikoa dutenak.

Leihoak bi etxebizitzetan aldatu dira. Lehen zeuden leihoak zubi termikoaren hausturarik gabeko aluminiozko markodun kristal sinplekunak ziren, zeinen transmitantzia termikoa 5,0 W/m²K zen. Leiho berriak emisio baxuko 4/16 kristal hirukoitzdun PVCko markodunak dira, eta hauen transmitantzia 1,1 W/m²K da [19]. Leihoen kopurua eta dimentsioak mantentzen dira, beraz, leihoei dagozkien galerak %78-an jaitea lortu da.

Beheko solairuan ez da isolamendurik jarri, hezetasunaren aurkako babesa soilik. Infiltrazioei dagokienez, hobekuntzak aplikatu dira. Leiho eta ateetako zirrikituak poliuretano-aparrez bete dira, etxebizitzako orduko aire berritzeak txikituz.

5.2. ETXEBIZITZA BIRGAIUEN BEROKUNTZA ESKARIA

Berrikuntzak aplikatu ostean, etxebizitzaren itxituren UA nabarmen jaitsi da, 637,3 W/K-tik 386 W/K-ra, ia %40ko hobekuntza. Hemen ikusi daitezke etxebizitza bakoitzaren UA-n aldaketak:

Taula 9: Etxebizitza bakoitzaren UA-ren balioak, birgaitzea egin aurretik eta ostean.

UA [W/K]	Beheko solairua		Lehen solairua		Bi etxebizitzak	
	Lehen	Orain	Lehen	Orain	Lehen	Orain
Kanpo horma	154,0	68,3	155,0	155,0	308,9	223,3
Sabaia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zorua	69,9	66,8	0,00	0,00	69,9	66,8
Leihoak	91,9	8,9	50,5	11,4	142,5	20,3
Aireztapena eta infiltrazioak	60,8	38,7	55,3	36,9	116,1	75,6
TOTALA	376,6	182,8	260,8	203,2	637,3	386,0

Ikus daiteke, aldaketa esanguratsuenak leihoen berrikuntza eta beheko solairuko itxituraren hobekuntzaren ondoriozkoak direla.

Aplikaturako aldaketen ondorioz, etxebizitzaren berokuntza eskaria jaitzi da, batez ere beheko solairuan. Eskari hau kalkulatzeko berriz ere gradu-egun metodoa erabili da, eta honako datu hauek lortu dira:

Taula 10: Etxebizitza bakoitzaren berokuntza eskaria, birgaitzea egin aurretik eta ostean.

Berokuntza eskaria [kWh]	Beheko solairua		Lehen solairua		Etxebizitza biak	
	Lehen	Orain	Lehen	Orain	Lehen	Orain
	8766,6	4254,7	6071,1	4730,6	14837,6	8985,2

Taulari erreparaturik ikus daiteke etxebizitza biko berokuntza eskaria %40 jaitzi dela (UAren balioa bezala), eta urtean ia-ia 6000 kWh energia aurrezten direla. 60 m²-ko solairu biak berotzeko 8985 kWh behar dira urtean. Solairu biek birgaitzea egin ostean antzerako berokuntza eskaria dute.

6. KONTSUMOAREN DISTRIBUZIOA

Atal honetan etxebizitza bien berokuntza eta UBS eskaria asetzeko instalatutako sistemen azalpena jorratu da. Sistemen osagaiak eta funtzionamendua azaldu dira, eta hauen ezaugarrien eta dimentsioen egokitasuna aztertu da.

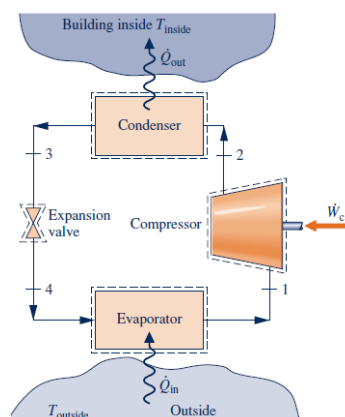
6.1. GAUR EGUNGO INSTALAZIOA

Etxebizitza bien berokuntza eta UBS ekipo bera partekatzen dute. Ekipo hau 12 KWko aire-ur bero-ponpa bat da. Bero-ponpa bera kanpoan kokatu da; deposituak berriz beheko solairuko biltegian jarri dira. Horrez gain, beheko pisuan negurako egurra erretzeko berogailu bat dago. Eraikinaren teilatua instalazio fotovoltaiko bat dago, lehen bi solairuak energia elektriko hornitzen dituena. Osagai horiek oinarritzkoenak diren arren, beste hainbat osagaiak osatzen dute instalazio energetikoa, hala nola, metagailua, inertzia depositua, erradiadoreak, eta abar.

6.1.1. Aerotermita instalazioa

Etxebizitza bien oinarritzko eskaria hornitzeko instalatutako sistema aire-ur bero-ponpa bat da. Sistema mota horiek, aireak daukan energia aerotermikoa bero-ponpa baten bidez erazten dute. Bero-ponpek ingurune hotzetik beroa erazten dute, eta ondoren bero hori ingurune berora transferitu. Transferentzia hau posible izan dadin sistemari lan bat aplikatu behar zaio, konprimagailuak kontsumitzen duen lan elektrikoa hain zuzen ere.

Bero-ponpan dabilen lan jariakina hozgarri bat izan ohi da, zeinaren propietate termodinamikoek esker aire hotzari beroa eraztea lortzen den. Presio baxuan hozgarria oso lurrunkorra izaten da, eta ingurune hotzetik beroa xurgatzen du lurrunketa prozesuan. Ondoren, konprimagailuan konprimatzen da, presio altuan dagoenean kondentsatu eta beroa ingurune berora transmititzen duelarik. Bero-ponpa honako sistema itxiak osatzen du:



Irudia 8: Bero-ponpa baten eskema.

Ziklo horretan kanpoko airearen energia aerotermikoa eta konprimagailuaren energia elektrikoa sartzen dira sistemara, eta kondentsadoretik askatzen den beroa irteten da. Bero-ponpen errendimendua *COP (Coefficient of performance)* jardute koefizientearen arabera da. Balio hau kondentsadorean askatzen den beroaren eta sistemara sarturiko energia elektrikoaren arteko ratioa da. Ekipoaren efizientziaren, baldintza klimatikoen eta mantenuaren arabera izan ohi da. Baldintza optimoetan 4-5 ingurukoa izaten da. Hau da, sistematik irteten den energiaren %75-80a inguruetik aprobetxatzen da, energia elektrikoa soilik kontsumituz. Energia elektriko hau berriztagarria den kasuetan sistemaren emisioak ia nuluak dira, eta berokuntza guztiz berriztagarria da. Europar Batasuneko Komisionaren 2013ko martxoaren 1eko Erabakiaren arabera (2013/114/UE) bero-ponpa berriztagarritzat har daiteke bere SPF edo SCOP (*Seasonal performance factor* edo *Seasonal coefficient of performance*, COP-aren urteko batezbestekoa) 2,5 baino handiagoa denean [20].

Aire hotzari energia erazteko ekipo hauek kanpoko unitate bat izaten dute. Ekipoak bi motatakoak izan ohi dira: konpaktuak (monobloc) edo zatituak (bibloc). Konpaktuen kasuan bero-ponpa eta hidrokita (aireari erazutako beroaz ura berotzen duen bero trukagailu) kanpoan unitate berean jartzen dira; zatituen kasuan kanpoko unitatea bero-ponpari dagokio eta barrukoa bero-trukagailuari. Unitate konpaktuak txikiagoak eta instalatzeko errazagoak dira. Horregatik, unitate bakarreko sistema bat aukeratu da.

Unitate konpaktuen kasuan, ur-berotua kanpoko bero-trukagailutik barruko deposituetara pasatzen da, ongi isolatutako hodietatik. Deposituko ura 60 °C-an mantendu behar da, edo behintzat maiztasun batekin 60 °C -ra berotu, Legionellaren bakteria agertzea ekiditeko. Barruan bat edo bi depositu egon daitezke: UBSa metatzeko depositua eta berogailuetako ur beroa metatzeko depositua. Hauen helburua berehalako berokuntza eta UBS eskariak suposatuko luketen potentzia altua erregulatzea da. Horrela, denbora tarte luzeago batean betetzen dira, sistema behartu gabe, ondoren behar denean erabili ahal izateko. Depositu hauen dimentsioak etxebizitzaren ezaugarrien eta bizilagun kopuruaren arabera izan ohi dira.

UBS eskaririk ez dagoenean ur beroa etxebizitzako emisore termikoetara bideratzen da, etxebizitza berotzeko. Emisoreak mota ezberdinetakoak izan daitezke, uraren tenperaturaren eta etxebizitzaren ezaugarrien arabera:

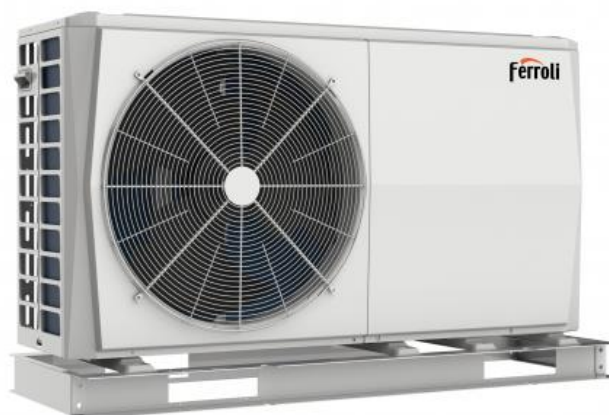
- Zoru erradiatzailea: Berokuntzarako sistema egokiena da. Sistema horrek ura tenperatura baxuagoan (35 °C-an) etxebizitzako lurzoruan zehar garraiatzen du, etxebizitza modu uniformearen berotuz. Gainera, uraren tenperatura baxua dela eta, bero-ponparen jardute koefizientea nabarmen hobetzen da, kasu hauetan 4,5-5

ingurukoa izaten delarik. Hala ere, zoru erradiatzailearen instalazioa gaur egun oraindik garestia izan ohi da, eta zoruak altuera nahikoa izan behar du instalazioa posible izan dadin. Berokuntzaz gain etxebizitza hozteko ere erabil daiteke.

- Temperatura baxuko erradiadoreak: Erradiadore hauek temperatura baxuekin lan egiten dute ere, berokuntza sistemen errendimendu altuak lortuz. Temperatura baxuetan beroa hobeto transmititzen dute. Hala ere, dimentsio handiagoak behar dituzte temperatura altuagokoek baino.
- Temperatura baxuko erradiadore dinamikoak edo *fancoil*-ak: Erradiadore hauek temperatura baxuekin funtzionatzen dute, baina aurrekoek baino tamaina txikiagoa dute. Barnean haizegailu txiki bat dute, bero transmisioa hobetzen duena. Desabantaila nagusia haizegailuak ateratzen duen zarata da.
- Temperatura altuko aluminiozko erradiadoreak: Hauek dira etxebizitzetan ohikoenak. Ura temperatura altuan darabilte, 60-70 °C-an. Normalean galdara tradizionalekin erabili ohi dira. Temperatura altua erabiltzeak, bero-ponpak baldintza ez-optimoetan lan egitea suposatzen du, COP baxuagoarekin. Hala ere, bero transmisio ona dutenez tamaina txikiagoa behar dute.

Aeroterminia bero-ponpa:


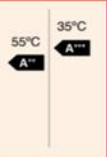
Instalazioaren ekipa nagusia Ferroli markako 12 KWko aire-ur bero-ponpa konpaktu (monobloc) bat da, OMNIA M 3.2-12 modeloa hain zuzen ere [21].



Irudia 9: Ferroliren OMNIA M 3.2-12 bero-ponpa [21].

Modelo hori aukeratu da bero-ponpa honek 65 °C-ko temperaturaraino bero dezakeelako ura. Hala ere, temperatura altuetan lan egitean COP-a nabarmen jaisten da, hurrengo irudian ikusi daitekeen bezala. Inguruneko airea 7 °C-an dagoelarik, COPak

balio hauek hartzen ditu uraren irteerako temperatura ezberdinetarako: $T_{ur} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{COP} = 4,95$; $T_{ur} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{COP} = 3,70$; $T_{ur} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{COP} = 3,05$. Temperatura baxuekin klasifikazio energetikoa A+++ den arren, temperatura ertainekin lanean A++ da.

MODELOS		12
 CLASE ERP (EU 811/2013)		
Temperatura Baja (Agua a 35°C)	Eficiencia Estacional	189
	SCOP	4,81
Temperatura Media (Agua a 55°C)	Eficiencia Estacional	135
	SCOP	3,45
Agua a 7°C	SEER	4,89
Agua a 18°C		7,1

MODELOS	12	
A7W35	Potencia Calorífica	12,1
	Potencia Consumida	2,44
	COP	4,95
	Caudal de agua	2081
Presión estática disponible	61	
A7W45	Potencia Calorífica	12,3
	Potencia Consumida	3,32
	COP	3,70
	Caudal de agua	2116
Presión estática disponible	60	
A7W55	Potencia Calorífica	11,9
	Potencia Consumida	3,90
	COP	3,05
	Caudal de agua	1279
Presión estática disponible	84	

Irudia 10: OMNIA M 3.2 12 bero-ponparen datu teknikoak [21].

Ekipo horren bero-ponpak R32 hozgarria erabiltzen du, gaur egun erabiltzen den hozgarri ohikoenetarikoa. Hozgarri horren ezaugarri nagusia, efizientzia energetiko altu eta hozte gaitasun altuez gain, aurreragoko hozgarriek baino GWP (Atmosfera Berotzeko Potentziala, ingelesetik: *Global Warming Potential*) baxuagoa duela da. Gas hozgarri horren GWP-a 675ekoa da, beste aukera batzuen baino nahiko baxuagoa (R-134a-rena 1300 da eta R-410A-rena 2088[22]). Gainera, klororik ez duen gas bat denez, ez du ozono kapa kaltetzen.

UBS depositua:

Aukeratu den UBS depositua Ferroli markako ECOUNIT F 300-1C depositu edo metagailua da, 300 litrokoa (egiatan 261 litro ur biltegitratzen gaitasuna du) [23]. Depositua zilindrikoa da, eta 620 mm-ko diametroa eta 1525 mm-ko altuera ditu.



Irudia 11: ECOUNIT F 300-1C ur bero metagailua.

UBS metagailuaren erresistentzia elektrikoa:

UBS deposituari 3 kW-ko erresistentzia elektrikoa bat gehitu zaio, beharrezkoa denean ura berotu dezakeena. Bero-ponpatik datorren uraren tenperatura gradu batzuk igotzeko edo deposituko ura 60 °C-ra igota desinfektatzeko balio du. Gainera, bero-ponpa hondatzen bada edo geldialdian badago ura berotu dezake. Erresistentzia bero-ponparekin konektatuta dago, eta sistemak behar duenean automatikoki konektatzen da.

Berogailuetako ur beroaren inertzia depositua:

Berokuntza sistemaren ur beroa metatzeko 100 litroko inertzia depositu bat jarri da, Thermor markako BT-ICE 100 modeloa.

Birzirkulaziorako ur-ponpa:

Berokuntzako ura birzirkulatzeko ur-ponpa bat jarri da, Wilo-Yonos markakoa.



Irudia 12: Wilo Yonos kalefazio uraren birzirkulazio ponpa.

Urrutiko kontrola:

Ferroliren bero-ponparekin batera kablez konektaturiko urrutiko kontrol bat ere instalatu da. Kontrol horren bidez hainbat gauza ikusi daitezke: berokuntza uraren tenperatura, UBSaren tenperatura, saretik edo panel fotovoltaikoetatik ari den, depositua desinfektatzen dabilen, etab. Datu hauek ikusteaz gain, hainbat kontsigna ere kontrolatu daitezke, eta kontsumo orduak eta abar programatu daitezke.



Irudia 13: OMNIA M 3.2 bero-ponparen kabledun urrutiko kontrola [24].

Temperatura altuko erradiadoreak:

Temperatura altuko erradiadoreak instalatzea erabaki da. Zoru erradiatzailea kostu ekonomikoarengatik baztertu da, temperatura baxuko erradiadoreak paretetan behar bezain beste leku ez dagoelako eta *fancoil*-ak ateratzen duten zarata dela eta.

Beheko solairuan aluminiozko 6 erradiadore instalatu dira, eta goikoan berriz aurreko instalaziotik zeuden aluminiozko 7ak aprobetxatu. Instalatu diren erradiadoreen eta lehenagotik zeudenen ezaugarriak ondorengo taulan adierazi dira:

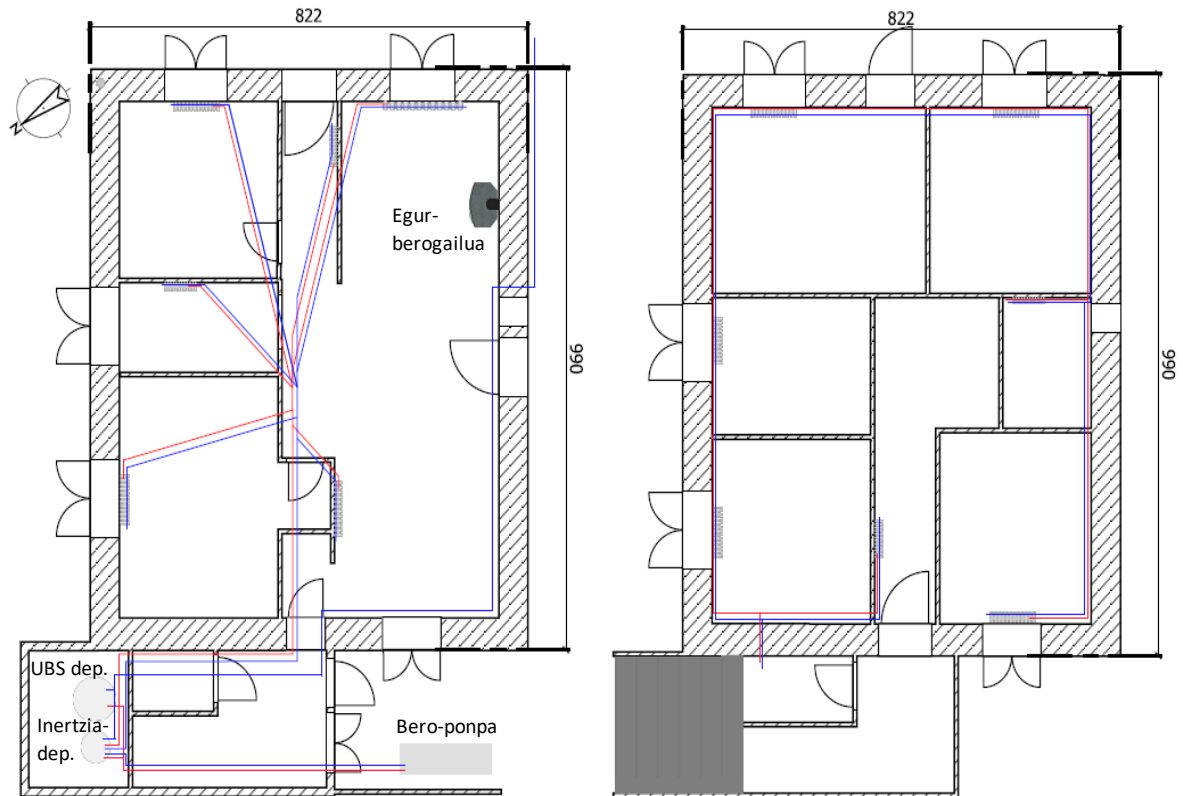
Taula 11: Berokuntza sistemako erradiadoreen kokapena, dimentsioak eta ezaugarriak.

KOKAPENA	DIMENTSIOAK	POTENTZIA [W] ⁱ	n koefizientea
Beheko solairua			
Sukaldea	800 mm x 7 elem.	1150	1,34
Komuna	600 mm x 6 elem.	750	1,33
Egongela	600 mm x 14 elem.	1750	1,33
Logela handia	800 mm x 8 elem.	1170	1,34
Logela txikia	600 mm x 10 elem.	1314	1,33
Sarrera	600 mm x 6 elem.	750	1,33
Lehen solairuaⁱⁱ			
Sukaldea	600 mm x 7 elem.	875	1,33
Komuna	600 mm x 3 elem.	375	1,33
Egongela	600 mm x 10 elem.	1250	1,33
Logela handia	600 mm x 7 elem.	875	1,33

ⁱ Emisio kalorifikoa EN-442 arauaren arabera 50 K-entzat ($T_{batezbeste_errad.} - T_{aire}$).

ⁱⁱ Lehen solairuko erradiadoreek beheko erradiadore berrien ezaugarri berak dituztela suposatuta da.

Logela txikia	600 mm x 6 elem.	750	1,33
Ofizina	600 mm x 4 elem.	500	1,33
Sarrera	600 mm x 4 elem.	500	1,33



Iruia 14: Etxebizitzaren calefazio sistemaren plano.

6.1.2. Egur-berogailua

Egongelan 9,2 kWko egur-berogailu bat instalatu da, Panaderos markako Atomium modeloa [25]. Berogailu hau neguan behar den egunetan erabiliko da. 190 m³-ko bolumena berotzeko gaitasuna eta %75-eko errendimendua ditu.



Irudia 15: Panaderos Denia Atomium egur-berogailua.

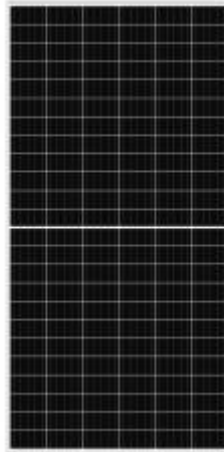
Berogailua tximinia zaharraren azpian jarriko da, 14. irudian agertzen den kokalekuan. Bertatik, egongela, sukaldea eta komuna berotzeko gaitasuna izango du, eta atea irekita baita gela biak berotzekoa ere.

6.1.3. Instalazio fotovoltaikoa

Eraikinaren teilatuan 450 W-ko 8 panel fotovoltaiko instalatu dira, guztira 3,6 KW-ko potentzia ematen dutenak. Instalazioaren helburua etxebizitzaren beharrian energetikoen portzentaje handi bat asetzea da. Izan ere, aurreko ataletan adierazi den legez, tarifa elektrikoaren aldaketak kontsumo ohitura eta prezioetan aldaketa handi bat suposatu du. Instalazio fotovoltaikoaren helburua dira, beraz, berokuntza eta UBS eskariaren portzentaje handi bat asetzea, elektrizitatearen punta orduetan etxebizitza energia elektriko hornitzea eta faktura elektriko merkatzea. Autokontsumoa eta sarearekiko eta energiaren prezioaren fluktuazioekiko ahalik eta dependentzia gutxiena izatea garrantzizkotzat jotzen dira.

Panel fotovoltaikoak:

Panelak Sunpro Power markako 450 W PERC monokristalinoak dira eta panel bakoitzak 144 zelula independente ditu [26]. Panelen dimentsioak honakoak dira: 2108x1048x40mm. Panel bakoitzak 2,21 m² ditu eta guztira hartzen duten azalera 18 m²-koa da. 8 panelak seriean konektatu dira. Panelek -40 ~ 85 °C-ko funtzionamendu tarteak dute. Temperatura eta irradiazio optimoan %20,14-ko efizientzia maximoa eskaintzen dute.



Irudia 16: Sunpro Power 450 Wko FV panela.

Inbertsorea:

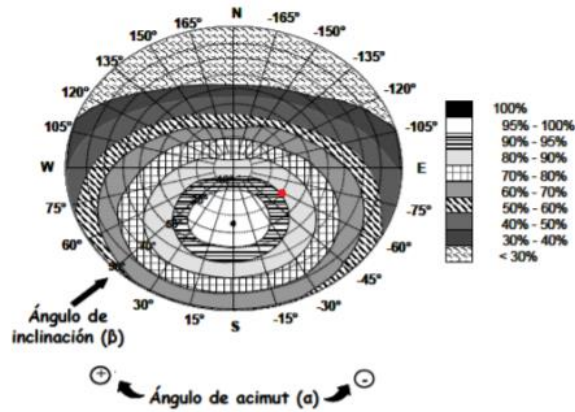
Panelek sortzen duten korrante zuzena etxebizitzek eta sareak behar duten korrante alternora pasatzeko 3 KW-ko inbertsore monofasiko bat jarri da. Inbertsorea INVT markako iMARS MG3KTL-2M modeloa da [27]. Oso inbertsore txikia da, etxebizitzetarako aproposa. Interneterako konexioa du eta unean uneko ekoizpena zein aurreko egunetakoa berrikusteko aukera ematen du. %97,7ko efizientzia maximoa du, eta -25 ~ 60 °C-ko funtzionamendu tartea.



Irudia 17: INVT iMARS 3 kWko inbertsore monofasikoa.

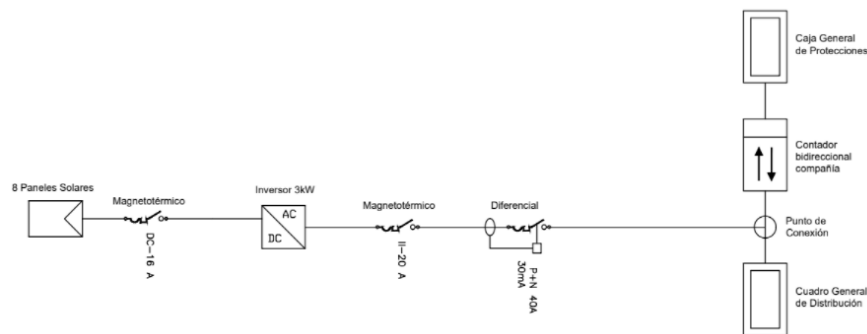
Instalazioa:

Esan bezala, 8 panelak teilatuko estalkiaren gainean jarri dira, hego-ekialdera begira, metalezko egitura baten gainean. Estalkiak 30 gradu osatzen ditu horizontalarekiko eta panelak -60 graduko azimutarekin kokatu dira. Inklinazio eta orientazioaren ondoriozko galerak %10-ekoak izango dira, irudian ikusi daitekeen bezala.



Irudia 18: Orientazio eta inklinazio galeren ondoriozko energia portzentajea maximoarekiko [14].

Honako instalazio eskema jarraitu da, familiabakarreko etxebizitzetarako ohikoa izaten dena:



Irudia 19: Familiabakarreko etxebizitzetan instalazio fotovoltaikoaren ohiko eskema.

3.4. Sistema adimentsua:

Instalazio fotovoltaikoaren egoera eta ekoizpenaren jarraipena eta kontrola egiteko asmoz sistema adimentsu bat instalatu da. Inbertsorearen Wifi sistemaz gain OWL markako Intuition-pv sistema instalatu da. Modu horretan kontsumo eta ekoizpenaren jarraipena egin daiteke.

Instalazioaren produktibitatea kalkulatzeko 413/2104 Errege Dekretuan ageri den informazioa erabili da, zeinaren bidez energia berriztagarrien, kogenerazioaren eta hondakinen bidez lorturiko energia elektrikoaren sorkuntza erregulatzen den [28]. Bertan, IV Eranskinean, instalazio fotovoltaiko baten ordu-profil batentzako jardute faktorea zehazten da, zona klimatikoaren arabera. Eraikinaren kokalekuari I Zona klimatikoa dagokio:

ZONA I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,14	0,22	0,28	0,3	0,28	0,22	0,14	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0,09	0,11	0,22	0,31	0,38	0,4	0,38	0,31	0,22	0,11	0,2	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0,32	0,2	0,32	0,42	0,49	0,52	0,49	0,42	0,32	0,2	0,9	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0,05	0,16	0,28	0,4	0,5	0,57	0,6	0,57	0,5	0,4	0,28	0,16	0,05	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0,02	0,11	0,22	0,34	0,45	0,55	0,61	0,63	0,61	0,55	0,45	0,34	0,22	0,11	0,02	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0,04	0,14	0,26	0,38	0,5	0,59	0,66	0,68	0,66	0,59	0,5	0,25	0,26	0,14	0,04	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0,03	0,14	0,26	0,4	0,53	0,63	0,7	0,73	0,7	0,63	0,53	0,4	0,26	0,14	0,03	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0,08	0,2	0,34	0,47	0,57	0,65	0,67	0,65	0,57	0,47	0,34	0,2	0,08	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0,01	0,12	0,25	0,38	0,5	0,57	0,6	0,57	0,25	0,38	0,01	0,12	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0,04	0,15	0,27	0,37	0,44	0,47	0,44	0,37	0,27	0,15	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0,07	0,17	0,25	0,31	0,34	0,31	0,25	0,17	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0,04	0,12	0,2	0,26	0,28	0,26	0,2	0,12	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media anual	0	0	0	0,01	0,05	0,11	0,22	0,33	0,43	0,49	0,52	0,49	0,43	0,33	0,22	0,11	0,05	0,01	0	0	0	0	0	0
Total anual	0	0	0	0	2,79	16,51	41,87	79,5	120,4	156	180,4	189	180,4	156	120,4	79,5	41,87	16,51	2,79	0	0	0	0	0

Irudia 20: I Zona klimatikorako instalazio fotovoltaiko baten ordu-profil batentzako jardute faktorea[28].

Jardute faktorea instalatutako potentzia nominalarekin (inbertsorearen potentzia, 3KW) biderkatuz ordu tarte bakoitzari dagozkion kWh-en hurbilpen bat lortzen da, honako taula honetan adierazi direnak.

Taula 12: Instalazio fotovoltaikoaren produktibitatea ordu-profil batentzat, eguneko eta urteko.

Eguneko orduak	Eguneko batezbestekoa	Eguneko energia [kWh]	Urteko batezbestekoa	Urteko energia [kWh]
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0,01	0,03	2,8	8,4
6	0,05	0,15	16,5	49,5
7	0,11	0,33	41,9	125,6
8	0,22	0,66	79,5	238,5
9	0,33	0,99	120,4	361,2
10	0,43	1,29	156	468
11	0,49	1,47	180,4	541,2
12	0,52	1,56	189	567
13	0,49	1,47	180,4	541,2
14	0,43	1,29	156	468
15	0,33	0,99	120,4	361,2
16	0,22	0,66	79,5	238,5
17	0,11	0,33	41,9	125,6
18	0,05	0,15	16,5	49,5
19	0,01	0,03	2,8	8,4
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
				4151,8 kWh/urte

6.2. INSTALAZIOAREN EGOKITASUNAREN ANALISIA

Berokuntza ekipoen dimentsioak ondo aukeratzea garrantzitsua da, labur geratuz gero etxebizitza ez delako kontsigna temperaturara iristen.

Aeroterminia bero-ponparen potentzia

Etxebizitza biek izango duten aldiuneko berokuntza eskari maximoa kanpoko temperatura minimoa denean emango da. Balio hori, %99,6-ko probabilitatez, $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ izango da etxebizitza kokatuta dagoen ingurunean[13]. Berokuntza potentzia maximoa kalkulatzeko nahikoa izango da etxebizitza bien UA_{efek} (386 W/K) temperatura diferentziarekin biderkatzea (barruko temperatura $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ eta kanpoko $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ izanik). $7,8\text{ kW}$ ko berokuntza potentzia maximoa lortzen da, beraz 12 kW ko bero-ponpak gaitasun osoz erantzun beharko lioke eskari horri. Hala ere, egur-berogailuaren instalazioarekin sistemak nahiko lasai jardungo duela suposatzen da, beharrezkoa denean biak konektatu daitezke eta.

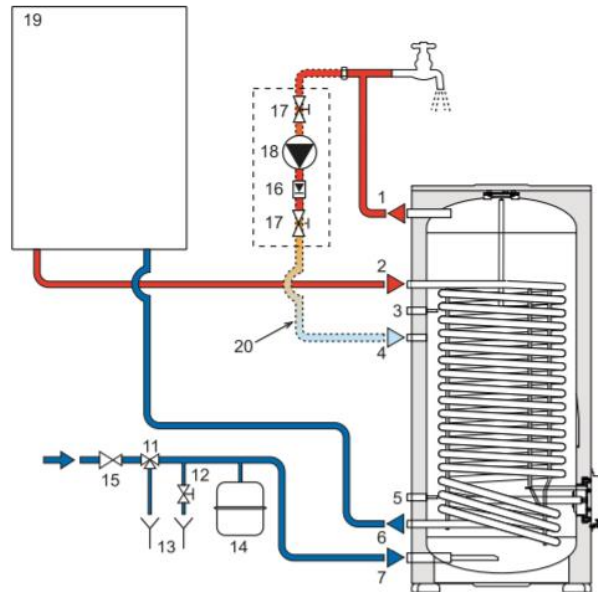
UBS eskaria betetzeko beharrezko galdararen aldiuneko potentzia maximoa ere kalkulatu da. Kalkulu hau IDAE-ren *Instalaciones de calefacción individual* gida teknikoa jarraituz egin da [29]. Bertan dutxa bakoitzeko $0,1\text{ l/s}$ -ko UBS emari minimoa zehazten da. Kasu honetan, etxebizitza bakoitzeko dutxa bat dagoenez, emari minimoa $0,2\text{ l/s}$ da. Potentzia maximoa sareko temperatura minimoa denean emango da, kasu honetan $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ urtarrilean. UBSaren temperatura $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ izanik (zuzeneko kontsumoa, akumulazio gabe), lortzen den potentzia maximoaren balioa $30,7\text{ kW}$ koa da. Potentzia hau etxerako bero-ponpa batekin lortzea ezinezkoa da, eta beraz, ur bero metagailu bat jarri da.

Deposituen tamaina

Ikusienez, 12 kW ko bero-ponpa batekin ezinezkoa da UBS eskaria asetzea. Beraz, depositua beharrezkoa da. Kasu honetan, UBSren temperatura $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ izan behar da, deposituan Legionellaren bakterioa agertu ez dadin.

Esan bezala, puntako emaria $0,2\text{ l/s}$ -koa da, eta beraz 300 litro ko depositu batekin 1500 segundo edo 25 minutu rako ur beroa egongo litzateke.

Deposituen tamaina egokia izan dadin, denbora-tarte batean bero-ponpak ematen duen energia biltegitatzeko gaitasuna izatea bermatu behar da. Deposituen tamaina bero-ponparen sarrera eta irteerako uraren arteko temperatura diferentziaren arabera da (21. Irudiko 2 eta 6 korranteak).



Irudia 21: ECOUNIT F 1C UBS deposituaren zirkuitu hidraulikoaren eskema, non 19. elementua bero-ponpa den.

ΔT balio hori 20 °C-koa izan ohi da. Bero-ponpa ordu erdiz martxan izanik lortzen den energia 6 kWh-koa da. Hurrengo formula jarraituz, energia hori biltegitatzeko behar den bolumena 258 litro dela lortzen da. Horrenbestez, instalatu den deposituak bero-ponpak 30 minutuan ematen duen energia biltegitatzeko gaitasuna du.

$$V_{min} = \frac{Q_{BP} * t}{c_w * \rho * \Delta T}$$

Erradiadore kopurua

Garrantzitsua da etxebizitzaren erradiadoreen dimentsioak eta elementu kopurua ondo aukeratzea, hala egin ezean sekula ezingo dute eta etxebizitza ongi berotu. Horretarako, instalatutako erradiadoreen emisioen batura, $\Sigma P[W]$, etxebizitzaren berokuntza eskaria baino altuagoa izan behar da.

Fabrikatzaileek emisioen balioak EN-442 arauaren arabera ematen dituzte, Europako merkaturako arau normalizatu bat jarraitzeko [30]. Arau horren arabera, datu hori erradiadorearen batezbesteko tenperaturaren eta airearen tenperaturaren arteko diferentzia $\Delta T=50$ K denerako eman behar da. Hortaz, 20 °C-ra dagoen etxebizitza baten erradiadoreen batezbesteko tenperatura 70 °C litzateke, ura erradiadorera 75 °C inguruan sartu eta 65 °C inguruan irtengo litzatekeelarik.

Bero-ponpa instalazio baten kasuan balio horietara iristea ezinezkoa denez, emisioen balio horiek ez dira baliagarriak. Bero-ponpa instalazio honen kasuan, ura 55 °C inguruan sartzen da

erradiadoreetara eta 45 °C inguruan irten, eta beraz, erradiadoreen batezbesteko temperatura 50 °C-koa da. Hortaz, kasu honetan, $\Delta T=30$ K da.

EN-442 arauaren arabera, emisio balioak beste ΔT baterako zuzentzeko honako formula hau erabili behar da:

$$P = P_{\Delta T50} * \left(\frac{\Delta T}{\Delta T50} \right)^n$$

Formula hori jarraituz, 11. taulako datuak zuzendu daitezke:

Taula 13: Erradiadoreen potentzia zuzenketa ΔT aldaketaren ondorioz.

KOKAPENA	P_ΔT50 [W]	n koefizientea	P_ΔT30 [W]
Beheko solairua			4130,4
Sukaldea	1150	1,34	690
Komuna	750	1,33	450
Egongela	1750	1,33	1050
Logela handia	1170	1,34	702
Logela txikia	1314	1,33	788,4
Sarrera	750	1,33	450
Lehen solairua			3075
Sukaldea	875	1,33	525
Komuna	375	1,33	225
Egongela	1250	1,33	750
Logela handia	875	1,33	525
Logela txikia	750	1,33	450
Ofizina	500	1,33	300
Sarrera	500	1,33	300

Beheko solairuaren berokuntza potentzia maximoa (kanpoko temperatura -0,2 denean) 3,65 KWkoa da, eta beraz, emisoreek nahikoa potentzia daukate eskari maximo hori asetzeko. Lehen solairuko berokuntza potentzia maximoa 4,1 KWkoa da, eta emisoreena aldiz 3,1 KWkoa. Hortaz, temperatura baxuagoekin jarduteko erradiadore zaharrak ez dira nahikoa, ez baitute behar beste bero emititzen.

Hau konpontzeko erradiadoreren bat gehiago jar daiteke, berokuntza eskaria jaitea baino errazagoa baita. Erradiadore hau kalefazio sistemari gehi dakioke, edo erradiadore elektrikoa izan daiteke. Printzipioz, kanpoko tenperaturak 4,8 °C baino baxuagoak direnean soilik beharko litzateke, eta hau ez da urtean egun askotan gertatzen. Hortaz, 1000 W-ko erradiadore elektriko bat jartzea proposatzen da, behar ez denean gorde daitekeena.

7. INSTALAZIO ENERGETIKOAREN ANALISIA

Egindako instalazioaren inbertsioa eta urteko zein hilabeteko kostu eta etekinak zehaztu dira. Instalazio bakoitzaren itzulera denbora edo *payback*-a ere zehaztu da. Horrez gain, etxebizitzaren kontsumo energetikoaren ondoriozko CO2 emisioen kalkulua egin da.

7.1. INSTALAZIOAREN KOSTU JORRAKETA

Inbertsioak zehazteko instalazio bakoitzaren aurrekontu eta fakturak erabili dira. Instalazio bakoitzaren kostu edo etekinak kalkulatzeko, berriz, aurretiaz kalkulaturiko etxebizitzaren eskariaren datuak erabili dira; baita ekipo bakoitzari dagozkion ezaugarriak ere, hala nola: efizientzia, COP-a, etab.

Inbertsioa

Inbertsioaren kalkulua egiteko ekipo nagusien prezioa hartu da kontuan, osagai txikiagoen eta instalaziorako beharrezkoak diren beste osagai batzuen prezioak mespretxatu direlarik. Horrela, osagai nagusiak honako taula honetan laburbildu dira:

Taula 14: Instalazio energetikoan egindako inbertsioaren aurrekontua.

OSAGIAK	KOSTUA
1. AEROTERMIA INSTALAZIOA	10.723,14 €
OMNIA M 3.2-12 KW bero-ponpa	4.280,00 €
ECOUNIT F300-1C intermetagailua	710,00 €
3 kWko erresistentzia	850,00 €
BTC-ICE THERMOR 100L inertzia-depositua	375,00 €
YONOS PICOS birzirkulazio ponpa	193,99 €
6 Erradiadore	490,00 €
Sistemaren instalazioa	3.080,00 €
Instalazio elektrikoa	744,15 €
2. EGUR-BEROGAILUA	440,00 €
Panadero Denia Atomium 9 KW	240,00 €
Hoditeria eta instalazioa	200,00 €
3. INSTALAZIO FOTOVOLTAIKOA	6.271,56 €
8 panel FV 450W PERC monokrist.	1.438,24 €
Teilaturako metalezko egitura	391,04 €
3 KW DC/AC inbertsore monofasikoa	648,83 €
OWL intuition kontrol eta jarraipen sistema	100,00 €
Ingeniaritza orduak	272,00 €
Instalazio orduak	833,00 €
Bestelakoak: kableak, segurtasuna, etab.	1.500,00 €
BEZ (%21)	1.088,45 €
GUZTIRA	17.434,70 €

Guztira instalazio energetikoaren inbertsioa 17434,7 eurokoa izan da. Aerotermin instalazioak 10723,14 euroko kostua izan du, eta instalazio fotovoltaikoak berriz 6271,56 eurokoa.

Kostu eta etekinak

Instalazio honi dagokion kostuen kalkulua egitea auzi konplexua da. Izan ere, kostu ekonomiko zehatzak eguzki orduen, kontsumo ohituren eta merkatu elektrikoaren prezioen arabera dira.

Etxebizitzan energia eskariaren gehiengoa (egurrarekin egun puntaletan egingo dena ezik) energia elektrikoaren bidez eskuratzen da. Izan ere, berokuntza eta UBSrako beharrezko energia elektrizitatez eskuratzen da, eta gainontzekoa etxebizitzan kontsumo elektrikoari dagokio. Energia elektriko hau saretik eta panel fotovoltaikoetatik lortzen da.

Energia elektrikoaren kWhko kostua zehazteko konpainia elektrikoarekin (Goienar) egindako kontratua erabili da. Kontratu horretan kontsumo tarte bakoitzari dagokion erosketaren prezioa zehazten da, baita sarera saltzeko prezioa ere. Laburbilduz, honako datu hauek eskuratu dira:

Taula 15: Sare elektrikoaren energiaren prezioa, faktura elektrikoetik aterata [Goienar].

	1. Tarte	2. Tarte	3. Tarte
Potentzia terminoa			
Ordainsari eta karguen prezioa (€/kW-egun)	0,084035	0,003902	-
Kontsumitutako energia terminoa			
Ordainsari eta karguen prezioa (€/kWh)	0,133118	0,041772	0,006001
Kontsumitutako energiaren prezio librea (€/kWh)	0,094564	0,089353	0,079722
Autokontsumo konpentsazioa			
Kompentsazio prezioa (€/kWh)	0,060000	0,060000	0,060000

Hortaz, instalazio fotovoltaikoaren ondorioz, gutxienez urtean 249 € aurrezten dira, panelek sortutako energia elektriko guztia salduz lortzen direnak. Bestalde, panelek sortzen duten guztia kontsumituko balitz, eta sarera ez balitz ezer salduko, 945 € aurrezten dira. Aurrezte maximo hori sortutako energia elektriko guztia 1. Tartearen soilik kontsumituta lortzen da. Beraz, instalazio fotovoltaikoak 249 eta 945 € bitarteko aurreztea suposatzen du.

Bestalde, aerotermia sistemaren urteko kostuak ere kalkulatu dira. Bero-ponparen sasoiko jardute koefizientea (SCOP) 55 °C-an 3,49 izanik, hilabete bakoitzeko eskaria asetzeko behar den energia elektrikoak kalkulatu da:

Taula 16: Urteko ur bero eskaria asetzeko behar den energia elektrikoa.

Hilabetea	Bi etxebizitzan berokuntza eskaria [kWh]	Bi etxebizitzan UBS eskaria (60 °C) [kWh]	Ur bero eskaria guztira [kWh]	Kontsumo elektrikoa [kWh]
Urtarrila	1695,1	347,8	2043,0	585,4
Otsaila	1556,2	299,8	1856,0	531,8
Martxoa	1167,2	316,5	1483,7	425,1
Apirila	870,7	314,9	1185,6	339,7
Maiatza	389,1	297,8	686,9	196,8
Ekaina	92,6	273,4	366,1	104,9
Uztaila	27,8	238,4	266,2	76,3
Abuztua	18,5	209,3	227,8	65,3
Iraila	101,9	238,6	340,5	97,6
Urria	305,7	266,1	571,8	163,8
Azaroa	1083,8	303,2	1387,0	397,4
Abendua	1676,6	328,8	2005,5	574,6
Guztira urtean	8985,2	3434,7	12419,9	3558,7

Ur bero eskaria asetzeko sistema tradizional baten aldean, 8860 kWh aurretzen dira urtean, berokuntza eta UBSari dagokion energia elektrikoaren kontsumoa 3558,7 kWhkoa izanik.

Kostu ekonomikoen kalkulua errazteko, suposatu da berokuntza eta UBS eskaria asetzeko beharrezkoa den energia elektriko guztia saretik hartu dela. kWh-aren prezioa tartearen arabera ezberdina denez, elektrizitate kontsumoa tarte ezberdinetarako kalkulatu da. Ondoren, tarte ezberdinetako kontsumoen zenbatekoen batezbestekoa egin da, gutxi gora beherako balio bat lortzeko.

Taula 17: Urtean ur bero eskaria asetzeko beharrezkoa den energia elektrikoaren kostua.

Hilabetea	Kontsumo elektrikoa [kWh]	Prezioa 1. Tartean [€]	Prezioa 2. Tartean [€]	Prezioa 3. Tartean [€]	Batezbesteko prezioa [€]
Urtarrila	585,4	133,28	76,76	50,18	86,74
Otsaila	531,8	121,08	69,73	45,59	78,80
Martxoa	425,1	96,79	55,74	36,44	62,99
Apirila	339,7	77,35	44,54	29,12	50,34
Maiatza	196,8	44,81	25,81	16,87	29,16
Ekaina	104,9	23,88	13,75	8,99	15,54
Uztaila	76,3	17,37	10,00	6,54	11,30
Abuztua	65,3	14,86	8,56	5,60	9,67
Iraila	97,6	22,21	12,79	8,36	14,46
Urria	163,8	37,30	21,48	14,04	24,28
Azaroa	397,4	90,48	52,11	34,07	58,89
Abendua	574,63	130,83	75,35	49,26	85,15
Guztira urtean	3558,72	810,26	466,64	305,06	527,32

Taula horretan ikus daiteke urtean gutxi gorabehera 530 euroko gastua suposatzen duela etxebizitza bien eskari termikoa bero-ponparen bidez asetzeak.

Instalazio bakoitzaren *payback*-a

Instalazio bakoitzaren itzulera denbora edo *payback*-a kalkulatzeko sistema alternatiboren batekin konparatu beharra dago. Kasu honetan, bero-ponpa, sistemaren birgaitzea egin aurretik zegoen propano galdararekin alderatuko da; instalazio fotovoltaikoa berriz, energia elektrikoaren sare elektrikoaren kontsumitzaiekin konparatuko da.

Bero-ponparen kasuan 3558,7 kWh elektrizitate kontsumitzen dira urtean, 530 € inguruko gastuarekin. Propano galdararen kasuan, etxebizitza biek duten 12419,9 kWh-ko ur bero eskaria asetzeko, galdararen %90-eko errendimendua hartuz, 13799,9 kWh kontsumitu behar dira.

Propano bonbona baten datuak honakoak dira:

Taula 18: Propano bonbona estandar baten ezaugarriak[31].

PROPANO BONBONA	Behe Bero Ahalmena [kWh/kg]	Bonbona bakoitzaren pisua [kg]	Bonbona bakoitzaren prezioa (Repsol, 2021) [€]
	12,86	11	12,89

Datu horiek erabilita, eskaria asetzeko urtean 98 bonbona beharko lirateke, guztira 1257,47 euroko kostuarekin. Horrenbestez, urtean 730 € aurrezten direla suposa daiteke. Bero-ponparen

instalazioan guztira 10723,14 euroko inbertsioa egin dela kontuan hartuz, instalazioaren *payback*-a 14,7 urtekoa izango litzateke.

Panel fotovoltaikoen *payback*-a kalkulatzeko ekoizten den energia dena sarera saltzen dela suposatuta, urtean 249 € lortuz. Instalazio fotovoltaikoan egindako inbertsioa 6271,56 € izan dela jakinik, instalazioaren *payback*-a 25 urtekoa izango litzateke.

Hala ere, kalkulu hori ez da zuzena, ez baita ekoizten den dena saltzen. Kontrara, zati handi bat kontsumitu egiten da, faktura elektrikoa merketuz, eta beraz aurrezpena handituz. Adibidez, 4151,8 kWh horiek guztiak kontsumituko balira, sarearen batezbesteko prezioan, 615,19 € aurreztuko lirateke. Beraz, aurrezpena tarte horretan egon beharko da, 249-615 € tartean. Tarte horren batezbesteko balioa 432 € da, eta balio horrekin lortzen den *payback*-a 14,51 urtekoa da.

7.2. INGURUGIROAN INPAKTUA

Etxebizitzan energia instalazioen helburuak autokontsumoa, energia berriztagarrien erabilera eta CO₂ emisioen murrizpena izanik, beharrezkoa da egindako instalazioaren CO₂ aztarnaren kalkulua egitea. Aztarnaren kalkuluak kontsumoari dagozkionak izango dira soilik, ez instalazio bakoitzaren bizi-zikloari dagozkionak.

Kalkulu hau egiteko orain arte kalkulaturako kontsumo datuak erabiliko dira. Horrez gain, Espainiar estatuko Industria, Energia eta Turismo, eta Sustapen Ministerioek egindako dokumentua baliatuko da, Eraikinetako Instalazio Termikoen Araudian (*Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE*) batzen dena. Dokumentu horretan eraikinen sektorean kontsumitutako iturri ezberdinetako amaierako energiaren CO₂ emisio faktoreak ageri dira, baita energia primariotik amaierako energiarako konbertsio faktoreak ere [32].

Dokumentu horretan penintsulako ohiko elektrizitatearen emisio faktorea 0,331 kg CO₂ amaierako energia kWh-ko dela zehazten da. Berokuntza eta UBS eskaria asetzeko beharrezkoa litzatekeen energia elektriko guztia saretik kontsumitu balitz, kontsumitutako kWh-ko sortutako kutsadura hori litzateke. Hori horrela, berokuntza eta UBS eskaria asetzeak atmosferara urtean 1177,94 kg CO₂ emititzea suposatuko luke [19. Taula]. Eskari hori asetzeko birgaitzearen aurretik zegoen propano galdara erabiliko balitz berriz, 3152,7 kg CO₂ emitituko lirateke. Hortaz, energia fotovoltaikoaren ekarpena kontuan izan gabe 1974,8 kg CO₂ gutxiago emititzen dira.

Taula 19: Bero-ponparen eta propano galdararen CO₂ emisioak.

	Bero-ponpa	Propano galdara
Kontsumoa urtean [kWh]	3558,72	13799,92
Emisio faktorea [kg CO ₂ /kWh]	0,33	0,23
Emisioak [kg CO₂]	1177,94	3152,7

Instalazio fotovoltaikoak etxebizitzetara edo sare elektrikora urtean guztira 4151,8 kWh-ko ekarpena egiten duela kontuan izanik, esan daiteke edonola ere 1374,2 kg CO₂ gutxiago emititzen direla. Beraz, guztira energia instalazioaren birgaitzea egin aurretik baino 3349,1 kg CO₂ gutxiago emititzen dira urtean.

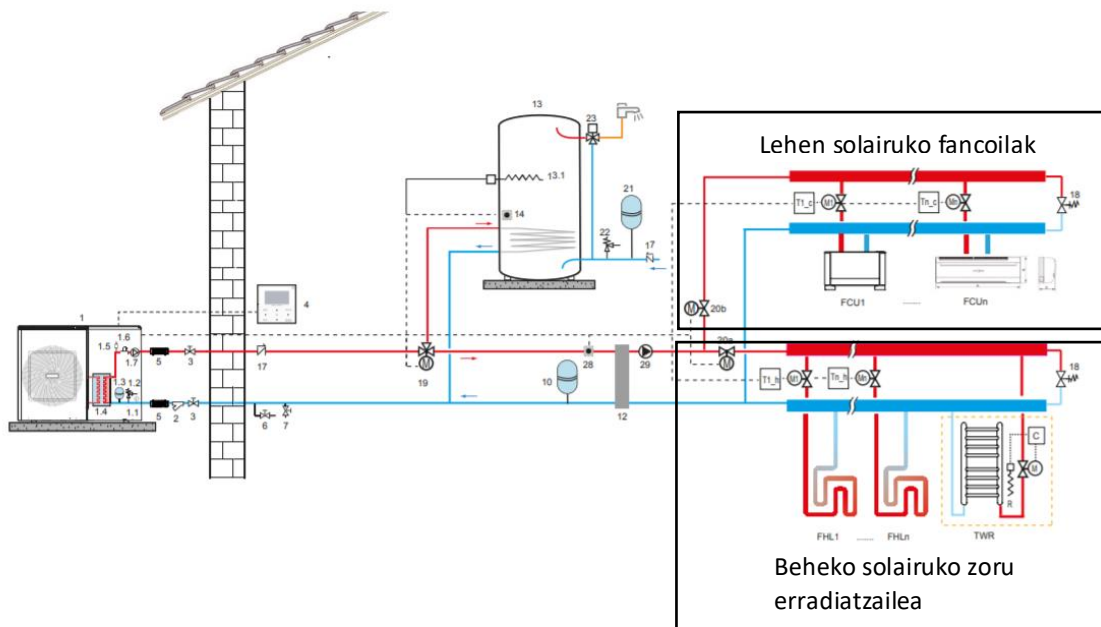
8. INSTALAZIO ENERGETIKOAREN HOBEKUNTZA

Aurreko atalean azaldutako instalazio energetikoaren hobekuntza batzuk proposatu dira. Hobekuntza hauek berokuntza sistemaren emisoreei dagozkienak dira, oro har. Hobekuntza hauek suposatuko luketen inbertsio gehigarria, kostuetan izango luketen eragina eta ingurumen inpaktua zehaztu dira. Hobekuntza posible hauek kontuan hartu dira instalazioaren birgaitzea egiterakoan. Hala ere, analisia itxituraren (eta beraz, zoruaren) birgaitzea bukatuta zegoela hasi denez, hobekuntza hauek aplikatzea ia ezinezkotzat jo da.

8.1. HOBEKUNTZA PROPOSAMENA

Aeroterma sistemaren efizientzia eta funtzionamendua hobetzeko erarik egokiena irteerako uraren tenperatura jaistea da. Horretarako, ordea, kalefazio sistemaren emisoreak aldatu behar dira, egun daudenek ezin dute eta tenperatura baxuetan etxebizitza era egokian berotu.

Beheko solairuaren berrikuntza integrala egin denez, zoru erradiatzailea jarri izanak izango zukeen eragina aztertu da. Goiko solairuan, jada kalefazio instalazioa egina zegoenez, *fancoil*-ak jarri izana aztertu da. Hurrengo irudian proposatutako instalazioaren eskema bat ageri da, erresistentziadun UBS metagailua, beheko solairuko zoruaren hoditeria eta lehen solairuko *fancoil*-ak bereizten direlarik:



Irudia 22: Proposatutako hobekuntzaren eskema[21].

Zoru erradiatzailea

Lehenago azaldu den bezala, zoru erradiatzailea tenperatura baxuko emisore termiko oso eraginkorra da. Tenperatura baxuan lan egiteak beroa trukatzeko azalera handiagoa behar izatea suposatzen du, eta horregatik lurzoru guztian zehar jartzen da hoditeria. Zoruan ur hodiak, aire hodiak edo erresistentzia elektrikoak jar daitezke. Kasu honetan, bero-ponparekin batera jarriko denez, hodietatik ura joango da. Sistema hau etxebizitza bat berotzeko metodorik eraginkorrena da. Gainera, neguan ur beroa eramanaz etxebizitza berotzen da, eta udan berriz ur hotza garraiatuz berau hoztu. Beste sistema batzuk ez bezala, funtzio bikoitza betetzen duen emisore sistema da, berokuntza eta hozketa eginez. Modu horretara bero-ponparen potentzial osoa aprobetxatzen da.

Horrelako sistema bat instalatzerakoan bereziki garrantzitsua da zorua ondo isolatzea. Izan ere, beroaren transmisioa norabide bakarrean eman behar da, gorantz, eta horretarako azpitik isolatzailea jarri behar da.

22. Irudian ikus daitekeen bezala, hodi bakoitza paraleloan instalatzen da, gela bakoitzean jartzen den hoditeria besteekiko independentea delarik. Horrela, etxebizitza modu uniformearen klimatizatzea lortzen da.

Sistema honen desabantaila nagusien artean, inbertsio kostu altuaz gain, zoruaren altuera igo behar izatea egongo litzateke. Zimenduen gainean, isolamendua, hoditeria, morteroa eta zorua jarri behar dira. Klimatizazioa ahalik eta eraginkorrena izan dadin zeramikazko lauzak jartzea gomendatzen da, beroaren transmisioa egokia izan dadin.

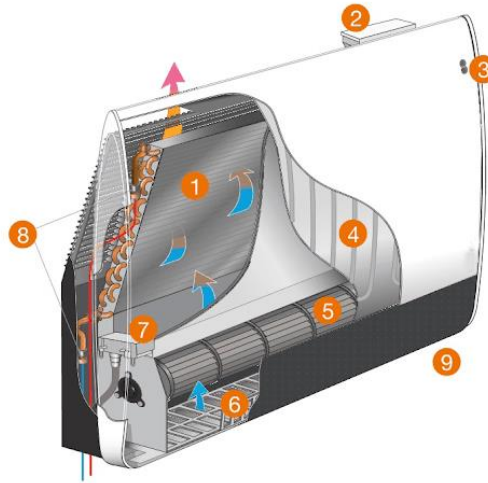
Garatutako teknologia bat den arren, zoru erradiatzailearen instalazioa tenperatura altuko erradiadoreen instalazioa baino garestiagoa da. Zoru erradiatzailearen instalazioak 45-50 € inguruko kostua du metro karratuko [33]. Etxebizitza honen kasuan 2700-3000 € inguruko kostu gehigarri bat suposatuko luke.

Erradiadore dinamikoak edo *fancoil*-ak

Lehen solairuan, kalefazio instalazioa aprobetxatuz, *fancoil*-ak jartzea proposatzen da. Erradiadore hauek ere tenperatura baxuan (45 °C inguruan) lan egiten dute, bero-ponparen eraginkortasuna hobetuz.

Erradiadore hauek, ingelesezko izenak dioen bezala, haizegailu bat (*fan*) eta bero-trukagailu bat (*coil*) dute. Bero-ponpak berotutako ur beroa erradiadoreetaraino garraiatzen da, bertan bero-trukagailutik pasaraziz. Kobrezko bero-trukagailua aluminiozko hegaldun bloke baten barruan

jartzen da [23. Irudiko 1 elementua]. Horrela, kobreak aluminiozko hegalkak berotzen ditu, hegalen inguruko airea konbekzioz berotzen delarik. Modu horretan konbekziozko berokuntza efizienteagoa lortzen da.



Irudia 23: Fancoil baten osagaiak [34].

Orain arteko deskribapena temperatura baxuko erradiadore guztientzat berbera da. Erradiadore dinamikoak bereizten dituen, esan bezala, haizegailua da. Berokuntza eskaria handitzen denean, erradiadoreek estatikoki funtzionatzeari uzten diote, eta haizegailua pizten da. Haizegailuak airea bero-trukagailuan zehar pasatzera behartzen du, denbora berdinean aire bolumen handiago bat berotuz.

Zoru erradiatzailearen kasuan bezala, emisoretik ura hotza dabilenean etxebizitzaren hozketa egin daiteke.

Emisore termiko hauen desabantaila nagusia haizegailuaren ondorioz sortzen den zarata da. Zarataren balioak 25-40 dB izan daitezke, emisorearen eta haizegailuaren martxaren arabera. Horrez gain, momentuz teknologia nahiko garestia dira, emisore bakoitzak 300-1200 € inguru (potentzia, tamaina eta markaren arabera) balio dituelarik.

6 edo 7 emisore jarri beharko liriateke goiko pisuan, guztira 4 kW inguruko potentzia batzen dutenak. Emisore merke batzuk jarriz instalazioaren kostua 3600 € ingurukoa izango litzateke .

8.2. HOBEKUNTZEN INPAKTUA

Hobekuntza hauek egitean ez da etxebizitzaren eskaria aldatzen. Hala ere, temperatura baxuagoa denez, efizientzia hobetzen da, eta beraz energia kontsumoa jaitsiko da.

Beheko solairuaren kasuan, esan bezala, zoru erradiatzailea proposatu da. Kasu horretan, berokuntza uraren temperatura 35 °C litzateke, bero-ponparen COP-a 4,95 izanikⁱⁱⁱ. Bigarren solairuaren kasuan, bulkada temperatura 45 °C izanik, bero-ponparen COP-a 3,70 da. Bero-ponpak temperatura bakarrean funtziona dezan bulkada temperatura gisa 45 °C hartu da, bi solairuetako emisoreen temperatura hori delarik. Esan bezala, bero-ponparen COP-a 3,70-ekoa da temperatura horretan.

Instalazio berri horrekin berokuntza eta UBSrako urteko elektrizitate kontsumoa 3356,8 kWh-koa da. Temperatura altuko erradiadoreekin egindako instalazioaren urteko elektrizitate kontsumoa berriz, 4072,2 kWh-koa da (COP-arekin kalkulatuta). Hortaz, urtean 715,4 kWh elektrizitate aurreztuko lirateke.

Horrez gain, elektrizitate hori saretik hartzen dela suposatuz, 236,79 kg CO₂ gutxiago emitituko lirateke eta faktura elektrikoan 106 € inguru gutxiago ordainduko lirateke.

Kontuan izanik gutxi gorabehera 6000-7000 euroko inbertsioa suposatzen duela, aurrezpenaren ikuspuntutik agian ez du merezi. Hala ere, beste instalazioak ez duen hozketa sistema bat du instalazio honek, horrek ere aurrezpena dakarrelarik.

ⁱⁱⁱ Kalkuluak COP-arekin egin dira SCOP-arekin beharrean. Fitxa teknikoan SCOP-aren balioak 35 eta 55 °C-ko bulkada tenperaturentzat soilik ematen dira; COP-arenak berriz, 35, 45 eta 55 °C-arentzat. Beraz, konparaziorako zuzenena COP-a erabiltzea da.

9. ONDORIOAK

Lan honetan landa eremuko eraikin baten etxebizitza biren birgaitze energetikoa egin da.

Etxebizitzen birgaitze energetikoa birgaitze orokorrarekin batera egin da. Birgaitze horretan, ingurutzailan instalaturiko isolamenduari eta leiho berriei esker, etxebizitzen berokuntza eskaria 6000 kWh-an murriztea lortu da.

Itxituraren birgaitzeaz gain, instalazio energetikoa aldatu da. Instalazio hau 12 kW-ko aerotermia bero-ponpa batez, 9 kW-ko egur-berogailu batez eta 3 kW nominaleko instalazio fotovoltaiko batez osatuta dago.

Instalazioaren emisore termiko gisa tenperatura altuko erradiadoreak aukeratu dira. Beheko solairuan emisore berriak jarri dira eta lehen solairuan berriz aurreko instalaziotik zeudenak aprobetxatu. Hala ere, berogailuetako urak gas galdararekin baino tenperatura baxuagoa duenez lehen solairuko emisoreen potentzia ez dela nahikoa ondorioztatu da. Horregatik, beharrezkoa denerako berogailu elektriko bat erabiltzea proposatu da.

Bero-ponparen ondorioz urtean 8860 kWh aurrezten dira. Instalazio fotovoltaikoak 4151,8 kWh-ko ekarpena egiten du urtean. Urteko CO₂ emisioak 3349,1 kg-tan murriztu dira, eta urtean gutxi gorabehera 960 € aurrezten dira. Birgaitze osoa kontuan izanik urtean 15669,2 kWh eta 3214,9 kg CO₂ aurrezten dira.

Instalazio energetikoan erabilitako teknologiak nahiko berriak direnez, inbertsio ekonomikoa altua izan da. Kalkulatutako instalazioaren *payback*-a altua den arren, kalkulua ez da guztiz zehatza. Izan ere, errentagarritasuna elektrizitatearen prezioaren menpe dago eta hau aldakorra da. Prezioak garestiagoa diren heinean instalazio fotovoltaikoaren errentagarritasuna handituko da. Horrez gain, errentagarritasuna ez da kontuan hartu beharreko faktore bakarra, ingurumen inpaktuaren aldetik oso interesgarria baita.

Aztertu den hobekuntza proposamena egokia da, egindako instalazioa hobetzen baitu. Hala ere, nahiko garestia da eta beste instalazioak baino errentagarritasun txikiagoa du.

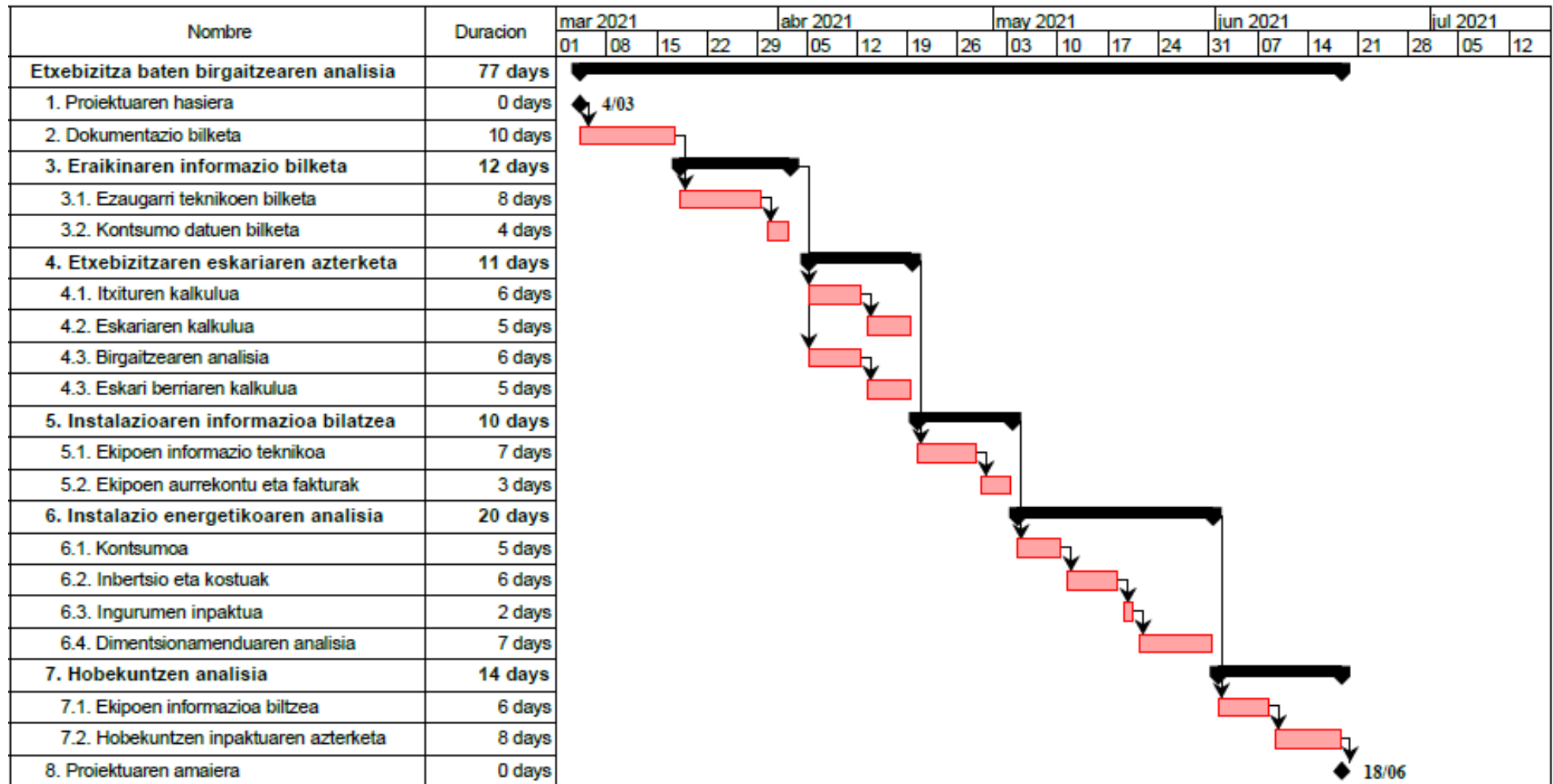
10. KRONOGRAMA

Atal honetan proiektuaren ataza nagusiak, hauen iraupena eta proiektuaren bilakaera jorratuko dira.

Proiektuaren bilakaera irudikatu eta iraupena kalkulatzeko GANTT diagrama bat erabili da [24. Irudia]. GANTT diagrama baliatuz ataza bakoitzaren eta proiektuaren iraupena irudikatzen da, ataza luzeenak edota ataza kritikoak identifikatuz.

Proiektuaren hasiera data 2021ko martxoaren 4a da. Bere iraupena 3 hilabete eta erdikoa izan da, martxo hasieran hasi eta ekain erdialdean bukatu delarik. Proiektua aurrera ateratzeko burutu behar izan diren ataza nagusiak honako hauek dira:

- **Proiektuaren hasiera:** Proiektuari hasiera ematen zaiola adierazten da. Proiektuaren zuzendariarekin bilera batean proiektuak izan beharreko garapena eta helburuak zehazten dira.
- **Dokumentazio bilketa:** Proiektua garatzeko beharrezkoa den dokumentazioa bildu da. Proiektuaren dokumentazioa Internet bidez lortu da.
- **Eraikinaren ezaugarri eta informazioaren bilketa:** Proiektuak aztergai izango duen eraikinaren ezaugarri teknikoak jaso dira. Horrez gain, kontsumo ohiturei buruzko informazioa jaso da. Eraikina kokatzen den tokiko datu klimatikoak eskuratu dira. Etxebizitzaren kokapen eta deskribapenari dagokion testuingurua idatzi da.
- **Etxebizitzaren eskariaren azterketa:** Ezaugarri teknikoez eta kontsumo informazioaz baliatuz etxebizitzaren energia eskaria kalkulatu da CE3X programa eta gradu-egun metodoarekin.
- **Instalazioaren informazioa biltzea:** Instalazio energetikoari buruzko informazioa bildu da. Ekipo bakoitzaren informazio teknikoa eta hauen aurrekontu eta fakturak bildu dira.
- **Instalazio energetikoaren analisisa:** Instalazio energetikoaren energia kontsumoa, inbertsio eta kostuak eta ingurumen inpaktua kalkulatu dira. Dimentsioen egokitasuna aztertzeko kalkuluak egin dira, eta horretarako beharrezkoa den dokumentazioa bilatu da.
- **Instalazioaren hobekuntzen analisisa:** Instalazio energetikoaren analitika ateratako ondorioetatik abiatuz hobekuntza posible batzuen analisisa egin da. Horretarako, informazio tekniko berria bilatu da. Hobekuntzen inpaktua aztertu da.
- **Proiektuaren amaiera:** Proiektua amaitutzat eman da. Amaiera data 2021ko ekainaren 18a da.



Irudia 24: Proiektuaren GANTT diagrama.

ERREFERENTZIAK

- [1] “2020 está en camino de ser uno de los tres años más cálidos registrados | CMNUCC.”
<https://unfccc.int/es/news/2020-esta-en-camino-de-ser-uno-de-los-tres-anos-mas-calidos-registrados> (accessed Jul. 22, 2021).
- [2] “Paris Agreement | Climate Action.”
https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en (accessed Jul. 22, 2021).
- [3] “INEbase / Agricultura y medio ambiente /Cuentas ambientales /Cuenta de emisiones a la atmósfera / Últimos datos.”
https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176941&menu=ultiDatos&idp=1254735976603 (accessed Jul. 22, 2021).
- [4] “Balance del Consumo de energía final.”
<http://sieeweb.idae.es/consumofinal/bal.asp?txt=Consumo de energ%EDA final&tipbal=s&rep=1> (accessed Jul. 22, 2021).
- [5] “Consumo de Energía en España | Consumo eléctrico | guiaenergia.idae.es.”
<http://guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/> (accessed Jul. 22, 2021).
- [6] La Moncloa, “Las emisiones de gases de efecto invernadero cayeron un 6,2% en España el año pasado [Prensa/Actualidad/Transición Ecológica y el Reto Demográfico].”
<https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2020/080720-emisiones.aspx> (accessed Jul. 22, 2021).
- [7] Núm, “BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA,” Accessed: Jul. 22, 2021. [Online]. Available: <https://www.boe.es>.
- [8] “Las renovables rebajan la luz un 23% y dejan un precio de octubre histórico – pv magazine España.” <https://www.pv-magazine.es/2020/10/30/las-renovables-rebajan-la-luz-un-23-y-dejan-un-precio-de-octubre-historico/> (accessed Jul. 22, 2021).
- [9] Euskalmet, “Clasificación de Territorios Climáticos,” 2005, Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/contenidos/informacion/cla_clasificacion/es_7264/es_cliclasificacion.html.
- [10] Euskalmet, “Parametro meteorologikoen grafikak.pdf.” [Online]. Available: <https://www.euskalmet.euskadi.eus/klima/klimatologia-buletinak/>.
- [11] Euskalmet, “Parametro meteorologikoen mapak.pdf.” [Online]. Available: <https://www.euskalmet.euskadi.eus/klima/klimatologia-buletinak/>.
- [12] “CE3X / CE3X / CEX Programa para la certificación energética de edificios.”
<http://www.efinova.es/CE3X> (accessed Jul. 21, 2021).
- [13] IDAE, *Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto*. 2010.
- [14] Ministerio de Fomento, “Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE Ahorro de Energía,” *Código Técnico la Edif.*, pp. 1–129, 2019, [Online]. Available: <http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/DBHE.pdf>.
- [15] “CHEQ4.” Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: <http://cheq4.idae.es/>.
- [16] IDAE, “Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios. Estudio Técnico PER 2011-2020,” 2011, [Online]. Available:

- https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_11227_e10_climatizacion_st_edificios_a_ccb82cce.pdf.
- [17] “Qué es la tela impermeabilizante y para qué sirve - ODEM.” <https://odem.es/que-es-la-tela-impermeabilizante-y-para-que-sirve/> (accessed Jul. 21, 2021).
- [18] “Boltherm 131 | Boltherm.” <https://www.boltherm.com/es/isolamento-termico/boltherm-131/> (accessed Jul. 21, 2021).
- [19] IDAE, “Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado,” *Guías técnicas para la Rehabil. la Envol. térmica los Edif.*, 2019, Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/guia_solucion_es_de_acristalamiento_y_cerramiento_acristalado_febrero2019_web.pdf.
- [20] European Commission, *2013/114/UE: Decisión de la Comisión, de 1 de marzo de 2013, por la que se establecen las directrices para el cálculo por los Estados miembros de la energía renovable procedente de las bombas de calor de diferentes tecnologías, conforme a lo dispuesto en el artículo 5 de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*. Comisión Europea, 2013.
- [21] Ferroli, “Ficha técnico comercial OMNIA M 3.2,” [Online]. Available: <https://www.ferroli.com/media/ficha-tecnico-comercial-omnia-m-3.2.pdf>.
- [22] “R-410A – Gas Servei.” <https://gas-servei.com/productos/refrigerantes/refrigerantes-hfc/gasficha/r-410a/> (accessed Jul. 21, 2021).
- [23] Ferroli, “Modelo A mm B mm ECUNIT F 100-1C Esquemas · ECUNIT F,” Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: <https://www.ferroli.com/media/1623312000.pdf>.
- [24] Ferroli, “Control remoto con cable OMNIA M 3.2,” Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: <https://www.ferroli.com/media/manual-control-remoto-omnia-m-3.2.pdf>.
- [25] “Estufa leña Atomium de Panadero.” <https://www.chimeneasmediterranea.com/estufas-de-lena/4560-estufa-lena-atomium-de-panadero.html> (accessed Jul. 21, 2021).
- [26] “Reliability & Certification 440-450 M6 HIEFF TWIN MONO HIGH EFFICIENCY ISO 45001,” Accessed: Jul. 21, 2021. [Online]. Available: www.sunpropower.com.
- [27] “Inversor INVT iMARS MG3KTL | Inversor de red monofásico 3kW y 2MPPT.” <https://suministrosdelsol.com/es/inversor-conexion-a-red/814-inversor-invt-imars-mg3ktl-monofasico-3kw-2-mppt.html> (accessed Jul. 21, 2021).
- [28] BOE, “Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (BOE núm. 140, de 10 de junio de 2014),” *Actual. Jurídica Ambient.*, no. 37, pp. 50–52, 2014.
- [29] “Guía Técnica de Instalaciones de calefacción individual | Idae.” <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-instalaciones-de-calefaccion-individual> (accessed Jul. 21, 2021).
- [30] “UNE-EN 442-1:2015 Radiadores y convectores. Parte 1: Especific...” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0055706> (accessed Jul. 21, 2021).
- [31] “Precios Bombona Butano y Propano | Repsol ES.” <https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/gas-butano->

propano/productos/precios/index.cshtml?_gl=1*bvmxdv*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjwx
dSHBhCdARIsAG6zhIXja_-mvwmLljbhsZWU6U1JZrW4ygo2Ot9qu8N-
TLQ8yRRibvmFkQwaAmi-EALw_wcB (accessed Jul. 21, 2021).

- [32] E. y T. Ministerios de Industria and Ministerio de Fomento, “Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España,” Jan. 2016.
- [33] “Suelo radiante: precio para una vivienda - Energanova - Energías Renovables.” <https://energanova.es/suelo-radiante-precio-para-una-vivienda/#> (accessed Jul. 25, 2021).
- [34] “Radiadores de Baja Temperatura. | ¿Qué son | ¿Cómo funcionan?” <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/radiadores-de-baja-temperatura-ahorro-de-energia/> (accessed Jul. 21, 2021).

I. ERANSKINA

- CTE. Código Técnico de la Edificación. HE. Ahorro de energía.
- RITE. Reglamento de Instalaciones Técnicas en Edificios.