

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Fisikako Gradua

Gradu Amaierako Lana

Bioeraikuntzaren oinarri fisikoak

Egilea

Irati Astui Sanz

Zuzendaria

Josu Mirena Igartua Aldamiz



ZTF-FCT

Zientzia eta Teknologia Fakultatea
Facultad de Ciencia y Tecnología

2016ko irailaren 2an



Laburpena

Azken urteetan, energia-xahutzea eta aldaketa klimatikoa direla medio, bioerai-kuntzak gorakada nabarmena izan du. Eraiki edo birgaitzeko modu horrek, eraikina energetikoki ahalik eta eraginkorrena izatea bilatzen du, betiere inguruko baliabide naturalak zein material birziklatuak erabiliz. Beraz, oso garrantzitsua da, lehenik eta behin, eraikinak kanpoaldearekin trukutzen duen energia-termikoa ezagutzea. Horretarako, hainbat metodo existitzen dira; horien artean *Radiant Time Series (RTS)* deritzona.

Bi dira, hortaz, lan honen helburu nagusiak. Alde batetik, RTS metodoa zein prozesu edo eredu fisikotan oinarritzen den aztertzea. Bestetik, metodo horri jarraituz, jadanik eraikitako etxebizitza konbentzional batean kalkuluak egitea, egungo egoeran eta birgaitze energetikoa egin eta gero. Horren bidez, metodoaren aplikagarritasuna egiaztatzeaz gain, etxebizitza batean estrategia bioklimatikoak ezarri aurretik eta ondoren trukaturako energian dauden aldaketak aztertuko ditugu.

Amaitzeko, zehaztu beharra dago, lan hau burutzeko honako liburu hau izan dudala ardatz: *Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación - Cálculo de Cargas Térmicas* [1]. Halaber, beste iturri batzuk ere kontsultatu egin ditut, hainbat kontzeptu eta edukiren ezagutzan sakontzeko.

Gaien Aurkibidea

1	SARRERA	1
1.1	Karga termikoak	2
1.2	Energia kalkulatzeko ereduak	3
2	BARNE ETA KANPO BALDINTZAK	9
2.1	Barne baldintzak	9
2.2	Kanpo baldintzak	9
2.2.1	Temperatura lehorra	9
2.2.2	Temperatura hezea	12
2.2.3	Haizearen abiadura eta norabidea	13
2.2.4	Eguzkiaren erradiazioa eta posizioa	13
2.2.5	Zeruko temperatura	16
2.2.6	Lurzoruaren temperatura	16
3	BERO IRABAZIA ETA KARGA	17
3.1	Itxitura opakua	17
3.2	Hutsarteak	19
3.2.1	Kondukzio-konbekzio bidezko irabazia eta karga	19
3.2.2	Erradiazio bidezko irabazia eta karga	21
3.3	Zubi termikoak	24
3.4	Infiltrazioak	25
3.5	Pertsonak	26
3.6	Argitapena	28
3.7	Tresnak	28
4	KALKULUAK	29
4.1	Etxebizitzaren egungo egoera	29
4.2	Energia-birgaitzea	35
5	ONDORIOAK	37

Irudien Zerrenda

1	Eraikuntza sektorea osatzen duten esparru desberdinen energia kontsumoa (Iturria: EEE, 2014ko datuak)	1
2	RTS metodoak jarraitzen duen fluxu-diagrama	6
3	Gainazal horizontal baten gaineko eguzki erradiazioa	14
4	Edozein inklinazio duen gainazal baten gaineko erradiazioa eta angelu garrantzitsuak	15
5	Funtzio triangeluarren baturari esker, kitzikapen errealak lerro jarraitu batean adierazi daitezke	18
6	Eguzki erradiazioaren eragina hutsarteetan	21
7	Erradiazioaren islapena eta transmisioa beira batean zehar	22
8	Hutsartearen beiran sor daitezkeen itzalak hutsartearen elementuen ondorioz	23
9	Leiho baten zentruaren posizio erlatiboa itzala sor dezakeen eraikin batekiko	24
10	Etxebizitzaren karga termikoak isolamendua jarri aurretik eta ondoren . . .	37

Taulen Zerrenda

1	Irabazien portzentai erradiaktiboak eta konbektiboak	5
2	RTS balioak. Eguzkikoa ez den erradiazioa. Kanpo-hormarik ez duen zonaldea.	7
3	RTS balioak. Eguzkikoa ez den erradiazioa. Kanpo hormaren bat duen zonaldea.	8
4	RTS balioak. Eguzki erradiazioa.	8
5	Barneko baldintzak	9
6	Diseinurako kanpo baldintzak. Iturria: IDAE	10
7	Batezbesteko tenperaturak eta itsas-mailaz gorako altuera. Iturria:IDAE . .	10
8	Eguneko batezbesteko oszilazioaren arabeko tenperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{L,ordua}$	11
9	Oszilazio maximoaren arabeko tenperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{L,hilab}$.	11
10	Eguneko batezbesteko oszilazioaren arabeko tenperatura hezearen aldaketa $\Delta T_{h,ordua}$	12
11	Oszilazio maximoaren arabeko tenperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{h,hilab}$.	12
12	Barne eta kanpo gainazalako erresistentzia termikoak eta konbektzio-erradiazio koefizienteak	18
13	Transmitantziaren gutxitzea hutsartean dagoen osagarri motaren arabera. Kondukzio-konbektzioa	20
14	Transmitantziaren gutxitzea hutsartean dauden elementu osagarrien ondorioz. Erradiazioa	21
15	Pertsonen sortutako bero irabazia (W/pertsona)	27
16	Edukieraren «aldiberekotasun-koefizienteak»	27
17	Argiztapenaren potentzia-ratioak	28
18	Tresnen potentzia-ratioak jardueraren arabera	29
19	Erreferentziazko balioak (6 eta 7.tauletatik ateratako datuak)	30
20	Itxituraren geruza bakoitzaren propietateak	31
21	Isolamendua jarri ondoren itxituraren geruzen propietateak	35
22	Karga termikoen kalkuluen laburpen taula. Egungo egoeran	39
23	Kalkuluen laburpen taula. Birgaitze energetikoa egin ondoren	40

1 SARRERA

Gaur egun, eraikin baten barnean igarotzen dugu gure denboraren %80 edo %90a, behinik behin hiri ingurunean bizi garenok. Izan ere, eraikuntza sektoreak, erabileraren arabera, hiru esparru biltzen ditu: industria, etxebizitza eta zerbitzuak (hezkuntza zentroak, ospitaleak, komertzioak etab.). Industria iraultza garaitik aurrera, garrantzia handia eman diogu eraikinen barruan konfort baldintza jakin batzuk mantentzeko, eta horrek energiaren mendekotasun izugarria eraman gaitu. Gaur egun, mundu mailako energia kontsumo totalaren ehuneko handi bat gure eraikinei dagokie. Hori gutxi balitz, argindar eskariak joera hazkorra du; izan ere, etxebizitzaren kantitatea, konfort exigentzia eta ekipamenduen kopurua gora doaz, herritarren eroste ahalmenera lotuta. Ondorioz, agerikoa da eraikinek planetan arrasto ekologiko handia uzten dutela. Arrasto horien eraginaz konturatzeke EPAk (Environmental Protection Agency) argitaratutako datuen arabera, eraikuntzek energia globalaren %40 kontsumitzen dute; horren %55a etxebizitzek eta %45a jardueraren ekonomia bideratuek (industria eta zerbitzuak).

Xahutze energetikoa eta aldaketa klimatikoa eskutik doaz, beraz, egoera honen aurrean Europar Batasunak (EB) neurriak hartzea erabaki du. 2008ko abenduan energia eta aldaketa klimatikoari buruzko neurri sorta bat ezarri zuen, 20/20/20 izenaz ezaguna egin dena. Izena EBk hartutako konpromisoetatik dator; hain zuzen ere, berotegi-efektuko gasen isurketa %20 murriztea, energia kontsumoa %20 murriztea eta energia berriztagarrien erabilpenean %20ra iristea. Bestalde, zuzentarau honetan azaltzen da energiaren murriztea, beste neurri batzuen artean, ia energia kontsumorik ez duten eraikinak izateari esker lortuko dela. Hau dela eta, oso garrantzitsua izango da eraikinen birmoldatze energetikoa.

Espainiar estatuan EBk ezarritako helburuak lortzeko, hiru dokumentu legal daude indarrean [2]: Eraikuntzarako Kode Teknikoa (EKT), Eraikinetako Instalazio Termikoen Araudia (RITE) eta Eraikinen Ziurtagiri Energetikoa. EKTak Energia Aurrezpenaren Oinarrizko Dokumentua dauka bere baitan. Bertan azaltzen dira eraikin berriek zein zaharrek eraginkortasun energetiko eta energia berriztagarrien inguruan bete beharreko baldintzak.

Energiaren Euskal Erakundeak (EEE) jasotako datuen arabera [3], Euskal Autonomia Erkidegoan (EAE) ere eraikinetako energia kontsumoak garrantzia handia dauka, kontsumitzen den energia totalarekin konparatuz gero. Adibidez, etxebizitza sektorean bakarrik, 2014. urtean energia kontsumoa 550ktpb (kilotona petrolio baliokide) izan zen, azken kontsumoaren %11; bestalde, etxebizitza ez diren beste eraikinetan erabilitako energia elektrikoa guztizkoaren bi heren da. Gainera, 1 irudiko grafikoetan ikus dezakegun bezala, eraikuntza sektorean erabilitako energi iturrien artean, energia berriztagarriena da gutxien erabiltzen dena.



Irudia 1: Eraikuntza sektorea osatzen duten esparru desberdinen energia kontsumoa (Iturria: EEE, 2014ko datuak)

Horrez gain, EAEk duen kanpoko energia mendekotasuna %93,5ekoa da, EBko handienetarikoa. Mendekotasun txikiena duten estatuak petrolio eta gas naturalaren ekoizleak dira. Haien atzetik energia berriztagarriak ekoizten dituztenak daude (Europa iparraldekoak). Beraz, hemen are garrantzia handiagoa dauka ahalik eta eraginkortasun energetiko handiena lortzeak, eta energia berriztagarrien erabilera bultzatzeak. Horregatik, Eusko Jaurlaritzak etorkizunerako hurrengo helburuak zehaztu ditu [4]: 1)Energia kalitate txarreko eraikin zaharrak energetikoki birgaitzea, 2)Energia Zerbitzuen Enpresen dinamizazio eta inbertsio zeregina bultzatzea, 3)Herritarren kontzientziazioa, kontsumo ohituren hobekuntza eta ekipo eraginkorren erosketaren sustapena.

Esan bezala, gaurko energiaren problematika eta honi aurre egiteko ezarritako baldintzak ikusita, beharrezkoa da eraikuntza berriak kanon berrien arabera eraikitzea eta eraikin zaharrak energetikoki birgaitzea. Birgaitze energetikoa, energiaren erabilera efizienteagoa lortzeko eraikitze aldaketak eta aldaketa teknikoak egitean datza. Bigarren aukera hau da interesgarriena, izan ere, ekologikoki ere birgaitze hori onuragarria da. Eraginkorrak ez diren eraikinak bota beharrean, birgaitu egingo balira, baliabideen kontsumoaren %60 aurreztuko litzateke. 1997an Günther Moewes katedradunak esan zuen bezala:

“Energia kontsumo baxuko eraikuntzek ingurumena errespetatzen dutenaren ideia eta 2005erako 1990ean zegoen CO_2 aren igorpenaren %25 murriztuko dugunarena, tontakeria da, noski. Eraikin berri batek ez du inoiz energiarik aurrezten; aitzitik, behar energetiko berriak sortzen ditu. Urbanizatzeko lurzoru berrien kalifikazioa funtsean antiekologikoa da”.

Beraz, jarraitu dezakegun formula eraginkorrena eraikinak birgaitzea izango da, eta birgaitze hori irizpide bioklimatikoetan oinarrituta egitea. Horretarako, besteak beste, kontuan izan beharko ditugu, tokian tokiko klima, eraikuntzaren morfologia eta hautatutako materialak (birziklatuak edo prozesu bakunen bidez lortutakoak). Izan ere, eraikina dagoen inguruneko ekologia, geologia, klima eta ekonomian izango duen eragina ahalik eta txikiena izatea bilatu behar dugu. Bestalde, ahal den heinean inguruneko baliabideak erabiltzen saiatuko gara.

Eraikin baten barneko giroa kontrolatzeko, bi estrategia mota erabil ditzakegu. Alde batetik, estrategia pasiboak, hau da, kanpo energia iturririk behar ez dutenak. Haizea eta eguzkia bezalako prozedura naturalak baliatuz, eta isolamendua eta materialen inertzia termikoa kontuan hartuz nahi ditugun baldintzak ezartzea da helburua. Bestetik, estrategia aktiboak, hau da, funtzionatzeko energiaz hornitu behar diren sistemak erabiltzen dituztenak. Bioeraikuntzan erabiltzen diren sistemek energia berriztagarriak kontsumitzen dituzte; hala nola, eguzki energia, energia eolikoa, hidraulikoa etab. Eraikin jakin bateko sistema aktiboek erabiliko duten energia berriztagarria zein izango den erabakitzeke, eraikinaren kokalekua eta sistema hori zertarako erabiliko den hartu beharko dugu kontuan.

1.1 Karga termikoak

Birmoldatze energetikoa egiteko estrategia bioklimatikoak aukeratu eta ezarri aurretik, eraikin bat hoztu zein berotzeko behar den energia jakin behar dugu. Energia horri karga termiko deritzo. Hurrengo atalean ikusiko dugun bezala, hainbat metodo jarraituz egin daiteke karga termiko horien kalkulua.

Esan bezala, karga termikoa esparru itxi batek kanpoaldearekin trukutzen duen denbora unitateko energia termikoaren kantitatea da. Energia trukaketa hori kanpoko zein barruko baldintza higrtermikoen ondorioz gertatzen da, kanpokoak ahalik eta okerrenak direla suposatuz. Kargen kalkulua espazio itxi bat pertsonentzako konfort baldintza jakin

batzuetan mantentzeko asmoz egiten da. Kalkulu prozesu honen bidez zehaztuko dugu kokaleku eta ezaugarri jakin batzuk dituen lokal bati denbora unitateko gehitu ala kendu behar zaion bero (kW) eta ur lurrin (kg/s) kantitatea.

Beraz, karga termikoak bi osagai ditu: batetik, bero sorra (gehitu edo kendutako lurruna sortzeko behar den beroa) eta bestetik, bero sentikorra (airearen eta airean disolbatutako ur-lurrinaren tenperatura igotzen duena). Egokiena litzateke eraikin batean ezarritako instalazioek karga bakoitza bere aldetik orekatzea, eta ez bien batura.

Hozte eta berotze sistementzako karga termikoak bakoitza bere aldetik kalkulatu ditugu. Izan ere, barruko zein kanpoko baldintza erabat desberdinak suposatuko ditugu, kasu bakoitzean eskari maximoa kalkulatzeko asmoz. Orokorrean hurrengoak dira egiten diren hipotesiak:

▷ **Berotze sistema**

- Kanpoko tenperatura baxuena den egunean egingo dira estimazioak (pertzentil jakin batekin); eguna oso hodeitsu dela suposatuko dugu, eta beraz, ez da eguzki ekarpenik egongo, (normalean urtarrileko egunak dira, eguzkia irteten den orduetan).
- Barne ekarpenak, denbora guztian existitzen direla kontuan hartuz, ahalik eta baxuenak direla suposatuko dugu.
- Barne tenperatura eta hezetasun baldintzak pertsonen daramaten arropa kantitateari egokitu behar dira. Orokorrean arropa kantitate altua suposatzen da: $1\text{clo} = 0,155(m^2 \cdot K)/W$

▷ **Hozte sistema**

- Kanpoko tenperatura altuena den egunean egingo dira estimazioak; eguna guztiz eguzkitsua dela suposatuko dugu, eta beraz, eguzki ekarpenak oso esanguratsuak izango dira, (normalean uztaile edo abuztuko egunak izaten dira, 11etatik 18etara, leihoen orientazio eta erabileraren arabera).
- Barne ekarpenak ahalik eta handienak direla suposatuko dugu, hauek logikoak izanik. Adibidez, ez dauka zentzurik leihostatik eguzki energia asko sartzen ari dela eta aldi berean esparru berean argiztapen artifizial asko dagoela suposatzea.
- Pertsonen daramaten arropa kantitatea txikia (0,5 clo) dela suposatuko dugu.

Laburbilduz, karga termikoen edozein kalkulu egiteko beharrezkoak dira, alde batetik, eraikinean gertatzen den bero trukea kalkulatzeko metodologia egokia, eta bestetik, proiektuaren barne eta kanpo baldintzak eta eraikinaren erabilpena zehaztea. Hurrengo ataletan aztertuko ditugu alderdi guzti horiek.

1.2 Energia kalkulatzeko ereduak

Kalkuluak egitea beharrezkoa den prozedura orok jarraitzen du ereduren bat, eta eredu guztiak hurbilketak dira. Eraikin batean gertatzen diren bero transferentzia prozesu guztiak biltzen dituen eredu bat oso konplexua litzateke; eredu konputazional bezala ere ezinezkoa izango litzateke gauzatzea. Hala ere, eraikinetan adituak diren ikertzaile eta profesional fisikariak orokorrean bat datoz eredu sinplifikazio jakin batzuk zentzuzkoak eta egokiak direla egoera esparru zabal bat azaltzeko [5].

Sinplifikazio hauen oinarria, airea nahasketa homogeneotzat har dezakegula da. Ondorioz, kontuan hartuko dugun espazioan tenperatura uniforme dela suposatu dezakegu. Hori oinarri bezala hartuz, posiblea da gertatzen diren bero transferentzia eta prozesu

termodinamiko asko azalduko dituzten ereduak formulatzea. Horren adibide dira *Heat Balance Method* eta *Radiant Time Series Method* izeneko metodoak.

Heat Balance Method (HBM)

Metodo hau eraikina osatzen duen gainazal bakoitzeko (horma edo hutsartea, bakoitzak bi alde dituelarik) energia-balantzea, eta eraikineko eremu bakoitzeko airearen energia eta hezetasun-balantzea egitean datza. Itxitura gainazal bakoitzean energiaren balantzea egitea, kondukzio bidez itxiturako beste gainazalarekin transmititutako beroa kontabilizatzean datza.

Horrez gain, balantzeak kontuan hartzen du ere airearekin konbekzioz trukaturako bero fluxua. Erradiazio bidezko bero trukaketa uhin luzeraren arabera bi ekarpenetan banatu dezakegu. Alde batetik, uhin-luzera laburraren bidez jasotako beroa (eguzki erradiazioa eta barneko iluminazioa). Bestalde, uhin-luzera luzearen bidez jasotako beroa (pertsonek, gainontzeko hormek edota ekipoek igortzen duten erradiazioa).

Airearen energia-balantzea egiteko hurrengo aldagaiak hartu behar dira kontuan: itxitura guztiekin konbekzioz trukaturako beroa, konbekzioz barneko kargekin (pertsonek, iluminazioa, ekipoak) trukaturako beroa, aireztapena eta infiltrazioak. Aire-giroitze instalazioen bero ekarpena ere kontuan hartzen da.

Azkenik, azterketa eremuko airean dagoen lurrunaren balantzea egiteko, hurrengo ekarpenak kontabilizatu behar dira: kanpo hezetasunaren ondoriozko ur-lurrunaren infiltrazioak; pertsonen eta lurruna sortzen duten ekipoenak, eta aireztapenaren bidez transferitutakoak.

Prozedura honen ezaugarri nagusiak hurrengoak dira:

- ▷ Prozedura oso zehatza da.
- ▷ Erabili beharreko konputazioak denbora asko eta ordenagailuen ezagutza handia eskatzen du.
- ▷ Ez du irabazi bakoitzaren ekarpena desberdintzen; guztiek batera duten eragina baino ezin dugu behatu. Ondorioz, proiektugileak egin zitzakeen hobekuntzak mugatzen ditu.
- ▷ Orokorrean ez da karga termikoa kalkulatzeko erabiltzen den metodoa.

Radiant Time Series Method (RTSM)

Metodo hau zuzenean dator HBM metodotik, eta hauxe da ASHRAEk (Amerikan Society of Heating Refrigerating and AirConditioning Engineers) gomendatzen duena karga termikoen kalkuluak egiteko. Aurrekoa bezain zehatza, baina hain kalkulu zailik gabeko metodo baten beharrari erantzuteko sortu zuen ASHRAEko TC4.1 komiteak. Metodo honek eraikinaren erantzun termikoa laburbiltzen du, eta bertan ematen diren prozesu fisiko konplexu eta independenteak modu ulerterrazean aurkezten ditu.

RTS metodoa, aztertzen ari garen eremura une bakoitzean eta era independentean, elementu desberdinek egiten duten ekarpen bakoitza kalkulatzeko datza. Azkenik, airera gehitutako energia totala ekarpen indibidualak batuz lortzen da.

Ekarpen bakoitzaren **irabazia** esparrura sartzen den energia kantitateari deritzo, sartzeko modu hori edozein izan daitekeelarik (konbekzioa, kondukzioa ala erradiazioa). Bestalde, **karga termikoa** airera pasatutako energiaren zatiari deritzo, hau beraz konbekzioz baino ezin da gertatu.

RTS metodoak erabiltzen dituen balioak (aurrerago zehaztuko ditugunak), esparru baten barruan %100 irradiatze-irabazia duen ordu bateko pultsua emanez lortzen dira. Pultsu hori era uniformearen banatzen da esparruko barne gainazaletan. Karga bihurtu den irabaziaren zatia 24 ordutan zehar ebaluatzen da, hain zuzen ere irabazi hori zein erritmotara

transformatzen den kargan. Azterketa horretatik lortutako emaitzak dira *Radiant Time Factor* (RTF) moduan ezagutzen diren balioak.

24 orduko balioak baino behar ez izatearen arrazoia hurrengoa da: metodo honek hotz ala bero karga maximoa egun txarreneko kalkulatu dela suposatzen du (beroena ala hotzena) eta hau behin eta berriro errepikatzen dela. Beraz, kargak 24 orduko baldintza txarrenen errepikapen periodo bat existitzen dela suposatuz kalkulatu dira. Gainera, 2, 3 eta 4 tauletan ikus daitekeenez, 20.etik aurrera balioak nuluak ala arbuigarriak dira. Ondorioz, esan dezakegu egun batetik bestera “ez dela aurreko eguneko irabazia gogoratzeko”, eta beraz, 24 orduko balioak biltzearekin nahikoa da.

RTF balioak ez zaizkie barne-irabazi guztiei aplikatzen. Erradiazio-energia ez da zuzenean airera pasatzen; erradiazioak berak esparruko gainazalekin duen elkarrekintzaren ondorioz, energia horrek transformazio eta atzerapen jakin bat jasaten du kargan bihurtu arte. Beraz, azken hauei aplikatu behar zaizkie RTF balioak. 1 taulan ikus daitezke elkarren bakoitzaren irabaziaren portzentai konbektibo eta erradiatzailea.

Ekarpena	Erradiazioa (%)	Konbektzioa (%)
Pertsonak	60	40
Haizagailu duten ekipoak	10	90
Haizagailurik gabeko ekipoak	30	70
Kondukzioa horma eta zoruan	46	54
Kondukzioa sabaian	60	40
Kondukzioa leihoetan (eguzki-faktorea $\geq 0,5$)	33	67
Kondukzioa leihoetan (eguzki-faktorea $\leq 0,5$)	46	54
Eguzki erradiazioa barneko itzal-elementurik gabe	100	0
Eguzki erradiazioa barneko itzal-elementuekin (eguzki-faktorea $\geq 0,5$)	33	67
Eguzki erradiazioa barneko itzal-elementuekin (eguzki-faktorea $\leq 0,5$)	46	54
Infiltrazioa	0	100
Argiztapena (X argi motaren arabera)	X	100-X

Taula 1: Irabazien portzentai erradiaktiboak eta konbektiboak

Denboran zehar irabazia kargan zelan bihurtzen den adierazten duen atzerapen faktorea (RTF), esparruaren ezaugarri termikoen arabera izango da. Beraz, hurrengo aldagaiak hartu beharko ditugu kontuan RTF balio egokiak aukeratzeko:

▷ Itxiturak:

- Arina: itxitura arinekin eraikitako gunea, “sandwich” erako horma industrialak
- Ertaina: Itxitura ertainekin eraikitako gunea, adreilu normalekin eraikitako hormak.
- Astuna: itxitura astunekin eraikitako gunea, hormigoizko kapa handia duten hormak.

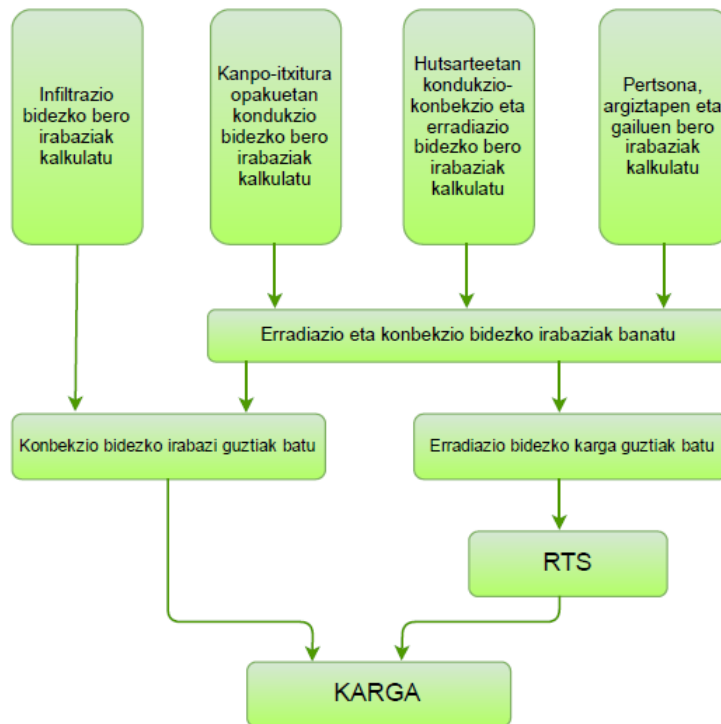
▷ Erradiazioaren banaketa:

- Eguzki erradiazioa: batez ere lurrera heltzen da, eta proportzio txiki bat gunearen gainontzeko itxituretan islatzen da.
- Eguzkikoa ez den erradiazioa: itxitura guztiengan du eragina, batez ere horien azaleraren arabera.

- ▷ Erradiazioa heltzen den eremuaren izaera:
 - Alfonbra edo moketa duen zorua.
 - Alfonbra edo moketarik gabeko zorua (zolagaina).
- ▷ Zonalde termikoaren mota:
 - Itxituraren batek kanpora ematen du (% jakin bat kristalduna izan daiteke)
 - Barne-zonaldea: itxura batek ere ez du kanpora ematen.

Faktore hauek guztiak kontuan hartuz, hurrengo hiru tauletan ikus ditzakegu metodo honetan erabili beharreko RTF balioak.

RTS metodoak jarraitzen duen prozeduraren fluxu-diagrama 2.irudian ikus daiteke.



Irudia 2: RTS metodoak jarraitzen duen fluxu-diagrama

Beraz, metodo honek jarraitzen duen prozedura jarraituz, ekarpen bakoitzaren irabazitik lortutako karga hurrengo ekuazioaren bidez lor daiteke:

$$Q(n) = C \cdot G(n) + \sum_{j=0}^{23} (1 - C) \cdot G(n - j) \cdot RTS(j) \quad (1)$$

$Q(n)$ n . orduko karga (W)

$G(n)$ n . orduko irabazia (W)

C Trukatutako energia totalaren zein ehuneko den konbektzio bidezkoa. Gainontzekoa erradiazio bidezkoa izango da (1. taula)

Prozedura honen ezaugarri nagusiak hurrengoak dira:

- ▷ Orokorrean, aurreko metodoarekiko, kargak %5 eta %10 artean handitzen ditu.
- ▷ Orokorrean, kalkuluak egiteko software baten beharra dago; baina kasu sinpleen kargentzako taulak lor daitezke ordenagailuaren beharrik gabe. Horixe da guri interesatzen zaigun kasua.
- ▷ Erabili beharreko konputazioak ez du denbora ezta ordenagailuen ezagutzea handia eskatzen.
- ▷ Irabazi indibidual bakoitzaren ekarpenak banatzen ditu, proiektugilearentzat diseinua hobetzeko oso lagungarria dena.
- ▷ Orokorrean hau da karga termikoak kalkulatzeko erabiltzen den prozedura.

Ordena	Arina		Ertaina		Astuna	
	AZ	AEZ	AZ	AEZ	AZ	AEZ
0	46	41	45	30	33	22
1	19	20	18	17	9	9
2	11	12	10	11	6	6
3	7	8	6	8	5	5
4	4	5	4	6	4	5
5	3	4	2	4	4	4
6	2	3	2	4	3	4
7	2	2	1	3	3	4
8	1	2	1	3	3	4
9	1	1	1	2	3	3
10	1	1	1	2	3	3
11	1	1	1	2	3	3
12	1	0	1	1	2	3
13	1	0	1	1	2	3
14	0	0	1	1	2	3
15	0	0	1	1	2	3
16	0	0	1	1	2	2
17	0	0	1	1	2	2
18	0	0	1	1	2	2
19	0	0	1	1	2	2
20	0	0	0	0	2	2
21	0	0	0	0	1	2
22	0	0	0	0	1	2
23	0	0	0	0	1	2
	100	100	100	100	100	100

Taula 2: RTS balioak. Eguzkikoa ez den erradiazioa. Kanpo-hormarik ez duen zonaldea.

Horma	Arina						Ertaina						Astuna					
Alfonbra	AZ			AEZ			AZ			AEZ			AZ			AEZ		
% krist.	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90
0 Ordena	47	50	53	41	44	44	46	49	52	31	33	36	34	38	42	22	25	29
1	19	18	17	20	19	19	17	17	16	16	16	15	9	9	9	9	9	9
2	11	10	9	12	11	11	9	9	8	11	10	10	6	6	5	6	6	6
3	6	6	6	7	7	7	5	5	4	7	7	7	5	4	4	5	5	5
4	4	4	4	5	5	5	3	3	3	6	5	5	4	4	4	5	5	4
5	3	3	2	4	3	3	2	2	2	4	4	4	4	3	3	4	4	4
6	2	2	2	3	3	3	2	2	2	4	4	3	3	3	3	4	4	4
7	2	1	1	2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4	4	4
8	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	3	2	3	3	3	4	3	3
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3	3
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2	3	3	3
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
13	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
17	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
18	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2
19	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2
20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	1	1	2	2	2
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Taula 3: RTS balioak. Eguzkikoa ez den erradiazioa. Kanpo hormaren bat duen zonaldea.

Horma	Arina						Ertaina						Astuna					
Alfonbra	AZ			AEZ			AZ			AEZ			AZ			AEZ		
% krist.	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90	10	50	90
0 Ordena	53	54	55	44	45	46	52	53	55	28	29	29	46	48	50	27	27	28
1	17	17	17	19	19	19	16	16	15	15	15	15	11	12	12	12	12	12
2	9	9	9	11	11	11	8	8	8	10	10	10	6	6	6	7	7	7
3	6	5	5	7	7	7	5	4	4	7	7	7	4	4	4	5	5	5
4	4	4	3	5	5	5	3	3	3	6	6	6	3	3	3	4	4	4
5	3	2	2	4	3	3	2	2	2	5	5	5	3	2	2	4	4	4
6	2	2	2	3	3	2	2	1	1	4	4	4	2	2	2	3	3	3
7	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	3	3	2	2	2	3	3	3
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	3	3	3
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	3	3	3
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	3	3	3
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2
13	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
17	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
18	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	2	2
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Taula 4: RTS balioak. Eguzki erradiazioa.

- AZ Alfonbradun Zorua
- AEZ Alfonbrarik Ez duen Zorua
- %krist kanpo hormaren azaleraren zenbatekoak duen kristala
- Arina Sandwich erako horma industrial
- Ertaina Adreiluzko horma
- Astuna Hormigoia duen horma

2 BARNE ETA KANPO BALDINTZAK

Eraikin baten energia eskaria kalkulatzeko aztertu beharreko lehenengo gauza eraikinaren eragingo duten faktoreak dira; funtsean, lekuko baldintza klimatikoak. Bestalde, eraikinaren barnean zein baldintza eduki nahi ditugun zehaztu beharko dugu; horren arabera, erabakiko baitugu zein estrategia jarraitu.

2.1 Barne baldintzak

EKTren HE2 atalean¹ [7] azaltzen da eraikinek instalazio termiko egokiak izango dituztela, erabiltzaileen ongizate termikoa bermatzeko. Betiere instalazio horien eta erabiltzen dituzten ekipoen eraginkortasun energetikoa erregulatuz. Beharkizun hau RITEan [8] dago garatuta, eta bertan daude zehaztuta zeintzuk izan behar diren eraikin baten barneko baldintzak² (ikus 5. taula)

Urtaroa	Temperatura lehorra (°C)	Hezetasun erlatiboa (%)
Uda	23tik 25era	45etik 60ra
Negua	21etik 23ra	40tik 50era
1,2 met-eko aktibitate sedentarioa, 0,5clo udan eta 1 clo neguan duten pertsonentzako. %10 - %15 arteko PPDa		

Taula 5: Barneko baldintzak

Met: maila metabolikoa ($1\text{met}=58,2\text{W}/\text{m}^2$). Jarduera metabolikoaren ondorioz askatutako energia. (0,8met etzanda; 1,2met jesarrita)

PPD(%): *Predicted Percentage of Dissatisfied* (<6 maila altua (ospitaleak, haur eskolak etab.); <10 maila normala; <15 maila onargarria)

2.2 Kanpo baldintzak

IDAEk (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) sortutako 12. Gida Teknikoan (*Proiektuaren kanpo baldintza klimatikoak*) [9] jasota daude erreferentziazko baliotzat hartzen diren hainbat herri eta hiritako kanpo baldintzak. Hain zuzen ere, Meteorologia Agentzia Estatalak dituen 104 estaziotan 10 urtetan orduro lortutako datuetatik eratorriak. Gidak eskaintzen dituen datuak urteko pertzentil desberdinei dagozkienak dira; horiek baitira datu adierazgarrienak eta mundu mailan erabilienak.

2.2.1 Temperatura lehorra

6. eta 7. tauletan agertzen dira IDAEk jasotako datuetako batzuk. Ikus dezakegunez, pertzentil desberdinak agertzen dira berotze zein hozte sistementzako. Aztertzen ari garen eraikinaren arabera, pertzentil bat ala bestea erabili beharko dugu: %0,4 edo %99,6 behar bereziak dituzten eraikinetan (ospitaleak, zaharren egoitzak etab.) eta %1 edo %99 baldintza arruntak dituzten eraikinetan.

¹CTE DB HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas, 39.orr.

²RITE, IT. 1.1.4.1.2, 1.4.1.1 taula, 43.orr.

Tauletan agertzen diren datuak:

$T_{L,\%99;\%99,6}$	Udalerri jakin batean urteko orduen %99 edo %99,6ak gainditzen duen tenperatura lehorra ($^{\circ}\text{C}$)
$EBOB$	Eguneko Batezbesteko Oszilazioa (Berotzea). Eguneko tenperatura maximoa-minimoa ($^{\circ}\text{C}$)
$Hez.A$	Batezbesteko aldibereko hezetasun erlatiboa (%)
$T_{L,\%1;\%0,4}$	Udalerri jakin batean urteko orduen %1 ala %0,4ak gainditzen duen tenperatura lehorra ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{h,\%1;\%0,4}$	Une jakin batean tenperatura lehorrarekin aldi berean dagoen tenperatura hezea ($^{\circ}\text{C}$)
$EBOH$	Eguneko batezbesteko Oszilazioa (Hoztea) ($^{\circ}\text{C}$)
UOM	Temperatura lehorraren Urteko Oszilazio Maximoa ($^{\circ}\text{C}$): $UOM = T_{s,\%0,4} - T_{s,\%99,6}$
$T_{batezbeste}$	Urteko batezbesteko tenperatura lehorra ($^{\circ}\text{C}$)
$imga$	Itsas-mailaz gorako altuera (m)
$T_{L,kanpo,urt}$	Urtarrileko batezbesteko kanpo tenperatura lehorra
$T_{L,kanpo,uzt}$	Uztaileko batezbesteko kanpo tenperatura lehorra
$T_{L,kanpo,abuz}$	Abuztuko batezbesteko kanpo tenperatura lehorra

Probintzia	Udalerria	Berotze sistemarentzako baldintzak				UOM ($^{\circ}\text{C}$)	T_{batez} ($^{\circ}\text{C}$)	Hozte sistemarentzako baldintzak				
		$T_{L,\%99,6}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{L,\%99}$ ($^{\circ}\text{C}$)	EBOB ($^{\circ}\text{C}$)	HezA (%)			$T_{L,\%0,4}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{h,\%0,4}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{L,\%1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{h,\%1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	EBOH ($^{\circ}\text{C}$)
Araba	Forondako Aireportua	-4	-2,4	11,4	96	36,4	11,7	32,4	21,6	30	21,4	20
Bizkaia	Loiuko Aireportua	-0,2	1,2	10,7	89	31,4	14,6	31,2	21,9	28,8	21,3	16,3
Gipuzkoa	Donostia (Igeldo)	-0,2	1	5,1	82	29,2	13,6	29	21,3	26,6	20,8	13,1
Nafarroa	Iruña (Noain)	-3,8	-2	10,5	87	38,4	12,8	34,6	20,7	32,4	20,6	19,2
Kantabria	Santander	3,6	4,7	6	81	22	14,7	25,6	20,1	24,2	20,1	9,2
Errioxa	Logroño (Agoncillo)	-3	-1,1	10,4	93	38,2	13,8	35,2	21,8	33,2	21,5	19,2

Taulara 6: Diseinurako kanpo baldintzak. Iturria: IDAE

Probintzia	Udalerria	$imga$ (m)	$T_{L,kanpo,urt}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{L,kanpo,uzt}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{L,kanpo,abuz}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Araba	Gasteiz (Forondako Aireportua)	508	5,1	18,4	19
Bizkaia	Bilbo (Loiuko Aireportua)	39	9,3	19,8	20,7
Gipuzkoa	Donostia (Igeldo)	252	8,6	18,5	19,6
Nafarroa	Iruña (Noain)	452	5,4	20,4	21,1
Kantabria	Santander	52	10,6	19,3	20,3
Errioxa	Logroño (Agoncillo)	352	5,9	22,1	22,2

Taulara 7: Batezbesteko tenperaturak eta itsas-mailaz gorako altuera. Iturria: IDAE

Zuzenketak

Aztertzen ari garen eraikinaren kokalekua ez baldin badago IDAEk jasotako erreferentziatzako datuen artean, hurbilen dagoen udalerriko datuetatik abiatuta, bi zuzenketa hartu beharko ditugu kontuan:

- ▷ $\Delta T_{L,hiria}$: hirien barneko *irla termiko* efektuaren ondoriozko bariazioa. Hirien barnean, giza jarduerak tenperatura igotzea eragiten du. Aurretik aipatutako Gida Teknikoaren 2. eranskinean jartzen duenaren arabera, neguan 3C-ko gehikuntza kontsideratzen da, udan aldiz ez da zuzenketa hau kontuan hartu behar.
- ▷ $\Delta T_{L,kota}$: kota desberdintasunaren ondoriozko bariazioa. Gida Teknikoaren 3. eranskinean azaltzen denez, airearen tenperatura gradu bat jaisten da kota desberdintasunaren (positiboa) 100m-ko. Kota erreferentziakoa baino baxuagoa bada, ez da zuzenketa hau kontuan hartu behar.

$$\Delta T_{L,kota} = -\frac{\Delta z}{100} \quad (2)$$

non Δz altuera desberdintasuna den (m-tan)

Bestalde, hozteko kargen kasuan, egunean eta hilabeteetan zeharreko tenperaturaren bilakaera ezagutu behar dugu. 8. eta 9. tauletan zuzenketa horiek ageri dira ($\Delta T_{L,ordua}$ eta $\Delta T_{L,hilab}$). Berotze kargen kasuan aldiz, eguna urteko hotzena dela suposatu behar dugu, eta kasu horretan tenperatura konstantea eta baxuenaren berdina dela suposatzen da. Hortaz, ez dira orduei eta hilabetei dagozkien zuzenketak kontuan hartu behar.

EBO (°C)	6h	8h	10h	12h	14h	15h	16h	18h	20h	22h	24h
6	6	5,3	4,1	2,8	0,6	0	0,6	1,1	2,9	4,7	5,6
8	8	6,5	4,9	2,8	0,6	0	0,6	1,1	3,3	5,4	7,5
10	10	7,3	5,3	2,8	0,6	0	0,6	1,4	3,7	5,9	8,4
12	12	8,1	5,6	2,8	0,6	0	0,6	1,7	4,1	6,5	9,2
14	14	8,9	5,6	2,8	0,6	0	0,6	1,7	4,4	7,2	10
16	16	9,7	6,4	3,2	0,6	0	0,6	2,1	5,3	8,1	11,3
18	18	10,8	7,2	3,6	0,6	0	0,6	2,7	6,1	9,1	12,5
20	20	11,9	8	4	0,6	0	0,6	3,4	6,9	10,3	13,8
22	22	13,2	8,8	4,4	0,6	0	0,6	3,8	7,7	11,6	15,4
24	24	14	9,2	4,5	0,9	0	0,9	4,2	8,5	12,7	16,6

Taula 8: Eguneko batezbesteko oszilazioaren arabeko tenperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{L,ordua}$

UOM (°C)	MAR	APIR	MAI	EKA	UZT	ABUZT	IRAI	URRI	AZAR
45	13,5	8,9	4,4	1,7	0	0	2,4	6,7	11,5
40	7,5	5	2,2	0,6	0	0	1,3	3,9	8
35	5,7	4,2	2	0,6	0	0	1,1	3,1	6,2
30	3,2	2,7	1,7	0,6	0	0	1,1	2,2	4,3
25	2,2	1,7	1	0,6	0	0	0,9	1,7	3,3
20	1,7	1,2	0,8	0,5	0	0	0,7	1,2	2,5

Taula 9: Oszilazio maximoaren arabeko tenperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{L,hilab}$

Aurretik azaldutako guztia kontuan hartuz, proiektuaren amaierako temperatura lehorra hozte eta berotze kasuetarako hurrengoak dira:

$$T_{L,proiektua,hoztea} = T_{L,\%1} + \Delta T_{L,hiria} + \Delta T_{L,kota} - \Delta T_{L,ordua} - \Delta T_{L,hilab} \quad (3)$$

$$T_{L,proiektua,berotzea} = T_{L,\%99} + \Delta T_{L,hiria} + \Delta T_{L,kota} \quad (4)$$

2.2.2 Temperatura hezea

6. taulan agertzen da temperatura lehorren aldibereko temperatura hezea.

Zuzenketak

Aurreko kasuan bezala, hozteko kargen kasuan, egunean eta hilabeteetan zeharreko bilakaera ezagutu behar dugu. 10. eta 11. tauletan ageri dira zuzenketa horiek. Temperatura hezearen zuzenketak hozte kasuan bakarrik aplikatuko ditugu, berotze kasuan oso txikiak baitira desberdintasunak.

EBO (°C)	6h	8h	10h	12h	14h	15h	16h	18h	20h	22h	24h
6	1,3	1,2	1,1	0,6	0	0	0	0,6	0,6	1,2	1,3
8	2,1	1,6	1,1	0,6	0	0	0	0,6	0,6	1,6	2,1
10	2,2	2	1,4	0,6	0	0	0	0,6	0,9	1,7	2,2
12	2,4	2,2	1,7	0,6	0	0	0	0,6	1,1	1,7	2,4
14	2,8	2,2	1,7	0,6	0	0	0	0,6	1,1	1,7	2,8
16	3,2	2,6	1,7	0,6	0	0	0	0,6	1,5	2,1	3,2
18	3,6	3,1	1,9	0,8	0	0	0	0,6	1,7	2,5	3,6
20	4,1	3,4	2,2	1,1	0	0	0	0,7	1,8	2,9	4,1
22	4,9	3,8	2,2	1,1	0	0	0	1,1	2,2	3,3	4,9
24	5,4	3,9	2,6	1,1	0	0	0,4	1,1	2,2	4	5,4

Taula 10: Eguneko batezbesteko oszilazioaren araberrako temperatura hezearen aldaketa $\Delta T_{h,ordua}$

UOM (°C)	MAR	APIR	MAI	EKA	UZT	ABUZZT	IRAI	URRI	AZAR
45	7,2	5	2,2	1,1	0	0	1,1	3,3	6,1
40	3,6	2,4	1,1	0	0	0	0,8	2,2	3,8
35	2,9	2	1,1	0	0	0	0,6	1,7	3,1
30	1,7	1,6	1	0	0	0	0,6	1,1	2,1
25	1,5	1,1	0,5	0	0	0	0,4	0,9	1,7
20	1,2	0,8	0,3	0	0	0	0,2	0,5	1,4

Taula 11: Oszilazio maximoaren araberrako temperatura lehorren aldaketa $\Delta T_{h,hilab}$

Bi zuzenketa horiek kontua hartuta, hurrengo da temperatura hezea:

$$T_{h,proiektua,hoztea} = T_{h,\%1} - \Delta T_{h,ordua} - \Delta T_{h,hilab} \quad (5)$$

Hiri baten barnean egoteagatik edo kota desberdintasunagatik zuzenketak egin behar baldin baditugu, diagrama psikometriko bat erabili beharko dugu; beraz, ez da aurreko kasuan bezain erreza izango. Jarraitu beharreko pausuak:

1. Erreferentziatza erabiltzen ari garen udalerriko presio totala kalkulatu: $P_{T,erref}$

$$P_T = 101325(1 - 2,255692 \cdot 10^{-5} \text{imga})^{5,2561} \quad (6)$$

2. Erreferentziazko udalerriko temperatura lehorra eta hezea lortu, ordu eta hilabeteko zuzenketekin: $T_{L,erref}$ eta $T_{h,erref}$
3. Lortutako hiru datu horiek diagrama psikometriko batean sartuz, hezetasun espezifiko kalkulatu: W_{erref}
4. Gure eraikina dagoen udalerriko presio totala eta temperatura lehorra kalkulatu (horretarako hiri eta kota zuzenketak eginez): $P_{T,proi}$ eta $T_{L,proi,hozte}$
5. Hezetasun espezifiko erreferentziazkoa bezalakoa hartu, hilabete guztietarako berdina: $W_{proi} = W_{erref}$
6. $P_{T,proi}$, $T_{L,proi,hozte}$ eta W_{proi} diagrama psikometrikoan sartuz, airearen gainerako datuak atera, horien artean temperatura hezea.

2.2.3 Haizearen abiadura eta norabidea

Aurretik aipatutako Gida Teknikoan [9] erreferentziazko kokaleku bakoitzerako dagokion haize-arrosa ageri da. Bertan haizearen urteko batezbesteko norabidea, maiztasun erlatiboa eta abiadura daude adierazita. Hala ere, leku jakin bateko haizearen propietateak erreferentziazko balioekin konparatuta oso desberdinak izan daitezke; adibidez, oso desberdina izango da aireportu batean dagoen haizea eta hiri baten barneko kale batean dagoena. Horregatik, orokorrean infiltrazio bidezko kargak kalkulatzeko orduan, haizearen abiadura 4m/s dela suposatzen da, eta leiho gehien dituen aldetik datorrela.

2.2.4 Eguzkiaren erradiazioa eta posizioa

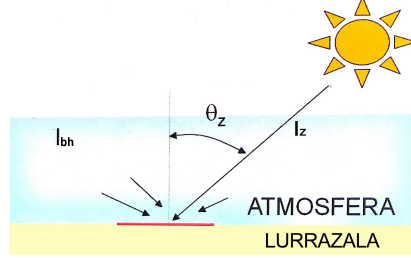
Aurretik esan bezala, hozte kargak kalkulatzeko orduan oso garrantzitsua da eguzki erradiazioa kontuan hartzea, sortzen duen energia eta potentzia ekarpena oso handiak baitira. Aldiz, berotzeko behar dugun energia kalkulatzekoan, ez dugu eguzki erradiazio hori kontuan hartuko, eguna guztiz hodeitsua dela suposatuko baitugu. Zeru garbiko egun batean eguzki erradiazio total (zuzena + barreiatua) maximoa hainbat faktoreren arabera alda daiteke. Alde batetik, ordua, hilabetea eta latitudearekin aldatuko da. Bestetik, atmosferaren kalitatea eta kokalekuaren altuerak ere eragina izango dute erradiazioan.

Eguzkitik datozen izpiak luraren gainazalera hainbat intentsitate desberdinekin heltzen dira, bakoitzaren uhin luzeraren arabera. Atmosferan dauden gasek, ur lurrinak, polenak eta kedarrak, beste partikula batzuen artean, eguzki izpien dispersioa, xurgapena eta islatzea sortzen dute; erradiazio erasotzailearen potentzia erdiraino murriztu dezaketelarik. Hala ere, lurrera heltzen den erradiazioa nahikoa da hainbat energia mota sortzeko [10].

Lurraren gainazalera heltzen den eguzki energiari dagokionean, eguzkiak 5777Keko tenperaturan dagoen gorputz beltz batek bezala jokatzen du. Horri esker, lurra eta eguzkia unitate astronomiko batera daudenean, denbora eta azalera unitateko lurrera heltzen den energia ezagutu dezakegu, eguzki konstante deritzona hain zuzen ere: $I_0 = 1367W/m^2$.

Eguzki erradiazioaren azterketa metodologia desberdinen bidez egin daiteke, hala nola, aztertuko dugun lekuan egindako neurketen erregistroa erabiliz, sateliteen irudiez baliatuz edo erradiazioaren kalkulurako modelo fisikoak aplikatuz. Guk hirugarren metodoa erabiliko dugu erradiazio totala, zuzena eta barreiatua aztertzeko. Hain zuzen ere, Bird eta

Hulstrom-en erradiazioaren eredu fisikoa. 1981. urtean, atmosfera zeharkatzean erradiazioak elementu desberdinen ondorioz jasaten duen indargabetzea kontuan hartzen duen metodologia batetatik abiatuz, erradiazio zuzena eta barreiatua zehazteko eredu bat proposatu zuten [11]. 3 irudian ikus dezakegu gainazal horizontal baten gaineko erradiazioa, eguzkiaren erradiazio zuzenak (I_Z) eta zeruaren erradiazio barreiatuak (I_{bh}) konposatutakoa.



Irudia 3: Gainazal horizontal baten gaineko eguzki erradiazioa

$$I_T = I_Z + I_{bh} = I_n \cos \theta_z + I_{bh} \quad (7)$$

$$I_n = 0,975I_0 \left(1 + 0,033 \cos \frac{360ND}{365} \right) \tau_r \tau_o \tau_g \tau_w \tau_a \quad (8)$$

$$I_{bh} = I_{br} + I_{ba} + I_{bi} \quad (9)$$

$$I_{br} = 0,79I_0 \left(1 + 0,033 \cos \frac{360ND}{365} \right) \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0,5 \frac{1 - \tau_r}{1 - m_a + m_a^{1,02}} \cos \theta_z \quad (10)$$

$$I_{ba} = 0,79I_0 \left(1 + 0,033 \cos \frac{360ND}{365} \right) \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0,82 \frac{1 - \tau_{as}}{1 - m_a + m_a^{1,02}} \cos \theta_z \quad (11)$$

$$I_{bi} = (I_n \cos \theta_z + I_{br} + I_{ba}) \frac{\rho_g \rho'_a}{1 - \rho_g \rho'_a} \quad (12)$$

τ -ak transmisio faktoreak dira. 0,9751 zuzenketa faktorea da, eguzki erradiazioaren uhin luzeraren tartera ondo egokitzeko. NDk urteko eguna zenbatzen du (365=abenduarien 31). Bestalde, 9. ekuazioan ikus daitekeenez, erradiazio barreiatua hiru ekarpenek osatzen dute, Rayleigh-en sakabanaketari (I_{br}), aerosolek eragindako dispertsioari (I_{ba}) eta lurra eta atmosferaren arteko etengabeko islapenari dagozkionak (I_{bi}). 0,5 eta 0,82 balioak dispertsioaren eraginez lurrerantza jarraitzen duen erradiazioaren zenbatekoak dira (eredu honetan %50 eta %82 suposatzen da).

Airean dauden molekulek eragindako dispertsioari eta gas nahaskorrei dagozkien transmisio faktoreak kalkulatzeko airearen masa optikoa (m_a) ezagutu behar dugu: eguzki izpiek zeharkatzen duten benetako aire kantitatea eta erradiazioa bertikala balitz zeharkatuko luketen kantitatearen arteko erlazioa. Horrez gain, lurra eta atmosferaren etengabeko islapena estimatzeko, zeruko eta aztertuko dugun gainazalaren inguruko islapen faktoreak ezagutu behar ditugu, ρ'_a eta ρ_g . Bestalde, α' eta β' -ri Angstromen uhertasun-koefizienteak deritze eta hauts edo aerosolen partikulen tamaina eta kantitatea adierazten dute hurrenez hurren. Ozonoari eta ur lurrinari dagozkien transmitantziak kalkulatzeko, hasteko, bakoitzaren bide optikoa (U) kalkulatu beharko dugu. Ozonoaren kasuan, ozono kaparen lodiera

ezagutu behar dugu, latitudearen eta urteko sasoiaren arabera dena. Datu horiek DTIE 7.05 liburuan daude taularatuta³.

Bird eta Hulstromek garatutako eredu koefizienteak Bird-Hulstromek hurrengoak dira:

$$\tau_r = e^{-0,0903m_a^{0,84}(1+m_a-m_a^{1,01})}$$

Airearen molekulen dispersioa

$$\tau_o = 1 - \left[0,1611U_3(1 + 139,48U_3)^{-0,3035} - \frac{0,002715U_3}{1+0,044U_3+0,0003U_3^2} \right],$$

Ozonoa

$$\text{non } U_3 = L_o m_{erl}$$

$$\tau_g = e^{-0,0127m_a^{0,26}}$$

Gasen nahasketa uniforme

$$\tau_w = 1 - \frac{2,4959U_1}{(1+79,034U_1)^{0,6828} + 6,385U_1},$$

Ur lurruna

$$\text{non } U_1 = WWm_{erl} \text{ eta } WW = 4cm \text{ edo } W = 0,015kg/kg_{gas}$$

$$\tau_a = 0,12445\alpha' - 0,0162 + (1,003 - 0,125\alpha') e^{-\beta' m_a(1,089\alpha' + 0,5123)},$$

Aerosolak (dispersioa+xurgapena)

$$\text{non } \alpha' = 1,3 \text{ eta } \beta' = 0,15$$

$$\tau_{aa} = 1 - 0,1 \left(1 - m_a + m_a^{1,06} \right) (1 - \tau_a)$$

Aerosolak (xurgapena)

$$\tau_{as} = \frac{\tau_a}{\tau_{aa}}$$

Aerosolak (barreiatze)

$$m_a = \frac{P_T m_{erl}}{101325}, \text{ non } P_T = 101325 e^{-0,0001184imga}$$

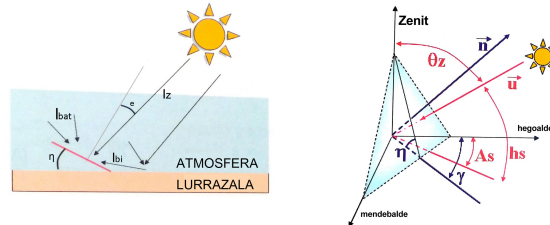
Airearen masa optikoa

$$m_{erl} = \left[\cos \theta_z + 0,15(93,885 - \theta_z)^{-1,253} \right]^{-1}$$

Airearen masa erlatiboa

***Oharra:** balio zehatza duten koefizienteak Bird-Hulstromek gomendatutakoak edo baldintza estandartzat hartzen diren balioak dira.

Hala ere, eraikin bateko gainazal gehienak ez dira horizontalak, eta beraz edozein inklinaziorako eguzki erradiazioa kalkulatzeko adierazpen bat behar dugu. Horretarako hainbat angelu hartu beharko ditugu kontuan (ikus 4. irudia). Gainazalaren gaineko erradiazio zuzenak $I_z(\eta, \gamma)$, atmosferatik datorren erradiazioak $I_{bat}(\eta, \gamma)$, eta lurra islatutako erradiazioak $I_{bi}(\eta, \gamma)$ osatzen dute edozein inklinaziotan egongo den erradiazio totala. Erradiazio bakoitzaren ekarpena hurrenez hurren 13. ekuazioan ikus dezakegu. Deklinazioa eta ordu angelua, urteko eguna eta benetako eguzki ordua ezagututa kalkula ditzakegu.



Irudia 4: Edozein inklinazio duen gainazal baten gaineko erradiazioa eta angelu garrantzitsuak

³DTIE 7.05, A eranskina, 153. orrialdea, A.3 taula

$$I_T(\eta, \gamma) = I_n \cos e + \frac{1 + \cos \eta}{2} I_{bh} + \frac{1 - \cos \eta}{2} \rho_g (I_n \cos \theta_z + I_{bh}) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \cos e = & \sin \eta \sin \gamma \cos DEK \sin OA + \sin \eta \cos \gamma \cos DEK \sin LAT \cos OA - \\ & - \sin \eta \cos \gamma \sin DEK \cos LAT + \cos \eta \sin DEK \sin LAT + \cos \eta \cos DEK \cos LAT \cos OA \end{aligned}$$

$$DEK = 23,45 \sin \frac{360(ND+284)}{365,25} \quad OA = 15 (t_{eguzki} - 12)$$

hs eta As eguzkiaren altuera eta eguzki azimuta dira hurrenez hurren, eguzkia lurrazalean kokatzeko erabiltzen diren angeluak. Hurrengo ekuazioek aurretik definitutako bi angeluekin erlazionatzen dituzte.

$$\sin hs = \sin LAT \sin DEK + \cos LAT \cos DEK \cos OA \quad (14)$$

$$\sin As = \frac{\cos DEK \sin OA}{\cos hs} \quad (15)$$

2.2.5 Zeruko tenperatura

Zeruko tenperatura hurrengo formulen bidez ezagutu dezakegu. Horretarako ihintz-puntuaren tenperatura (T_i), presioa (P_T), kanpoko tenperatura lehorra ($T_{L,kanpo}$), ordua eta zeruaren hodei-estaldura zenbatekoa (C_{cover} 0 eta 1 artean) den ezagutu behar dugu aurretik.

$$e_0 = 0,711 + 0,57 \frac{T_i}{100} + 0,73 \left(\frac{T_i}{100} \right)^2 + 0,013 \cos(2\pi) + 0,00012 \left(\frac{P_T - 101325}{100} \right)$$

$$T_{zerua} = (T_{L,kanpo} + 273,15) [e_0 + (1 - e_0) C_{cover} 0,8]^{0,25} - 273,15 \quad (16)$$

Balio hau orokorrean airearen tenperatu lehorra baino 1C eta 20C artean baxuagoa da, hodei-estalduraren arabera. Autore askok airearen tenperatura lehorra baino 6C baxuagoko batezbesteko balio estandarra erabiltzen dute.

2.2.6 Lurzoruaren tenperatura

12. gidako lehenengo eranskinaren arabera hurrengo da lurzoruaren tenperatura eta hila beteko batezbesteko tenperaturaren arteko erlazioa:

$$T_{lurzorua,hilab} = 0,6865 + 0,963 T_{L,hilab} + 0,0068 T^2 \quad (17)$$

3 BERO IRABAZIA ETA KARGA

Atal honetan eraikin batean dauden bero irabazia eta kargaren ekarpenak aztertuko ditugu, bakoitzaren jatorria eta kalkulua egiteko jarraitu beharreko prozedura azalduz. Hala ere, lanaren luzerak ezartzen duen mugaren ondorioz, amaieran aztertuko dugun kasu praktikoa eragina izango duten ekarpenak baino ez dira azalduko. Kasu hori, eraikin baten erdian dagoen etxebizitza bat denez, ez ditugu kontuan hartuko hurrengo elementuak: lurperatutako horma eta zoruak, eta berotu gabeko gabeko eremu batekin kontaktuan dauden horma, sabai eta zoruak.

3.1 Itxitura opakuak

Itxitura bat zeharkatzen ari den beroaren transmisioa zehazteko hainbat prozedura erabil daitezke, baina orokorrean kargen kalkuluan erantzun-faktoreen metodologia erabiltzen da. Aldez aurretik itxituraren bi aldeetako airearen tenperaturaren bilakaera, eta gainazal eta airearen arteko bero trukea laburbiltzen duen konbekzio-erradiazio koefizientea ezagutu behar ditugu. Metodologia hau kondukzio bidez itxitura zeharkatzen duen bero kantitatea ezagutzeko datza, hormaren aldeetako batean forma triangeluarreko tenperatura aldaketa bat sortzen dugunean. Zehatzago esanda, itxituraren kanpo eta barne gainazaleko bero fluxuaren dentsitateak aztertzen dira.

Gainazal bateko bero fluxua lortzeko, Duhamelen integraletik abiatu gaitzke. Izan ere, bibrazioen teorian integral horrek, ausazko kanpo kitzikapen bat jasotzean, sistema edo egitura baten erantzuna ezagutzea ahalbidetzen du. Integral horren funtsa pulsu-kitzikapen (Dirac-en delta) baten aurrean sistema baten erantzuna $\varphi(t)$ izanda, hurrengo adierazpenaren bidez, $f(t)$ edozein kitzikapenaren erantzuna $g(t)$ lor dezakegu da. $\varphi(t)$ haztapan funtzioa da, aurreko aldiunetako kitzikapenei aplikatzen zaie t unean duen eragina kalkulatzeko. Horregatik, denbora tarte bateko erantzuna ezaugarritzen duen faktore nagusia aurreko aldiunetako kitzikapenaren araberako da. Bestalde, prozesua bideratzen duen ekuazio diferentziala Fourierren dimentsio bakarreko ekuazioa edo bero kondukzioaren ekuazioa deritzona da.

$$g(t) = \int_0^{\infty} \varphi(t) f(t - \tau) d\tau$$

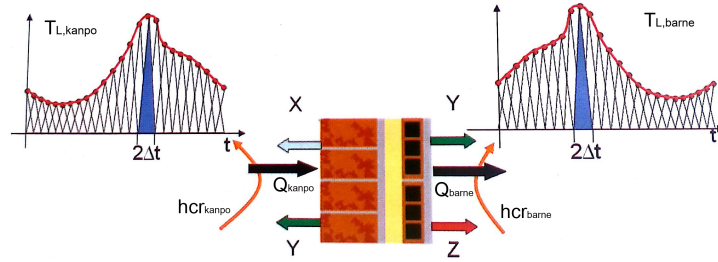
$$\frac{\partial T^2}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad \text{non } \alpha \text{ materialaren difusibitate termikoa den.}$$

Hemendik abiatuz eta Laplacen transformatuak erabiliz, kitzikapen desberdinen ondorioz, gainazalaren bi aldeetako erantzuna lor dezakegu, hots, alde bakoitzean izango dugun bero fluxuaren dentsitatea. Dentsitate hori ordu bateko tartean neurtzean, X, Y, Z erantzun koefizienteak lortzen ditugu; DTIE 7.05 dokumentuan [1] taularatuta daude itxitura desberdinetarako⁴. Balio horiek ezagututa barne gainazaleko bero kantitatea, hau da, irabazia zehaztasunez kalkulatu dezakegu. Koefiziente horiez gain, itxituraren alde bakoitzean konbekzio-erradiazio koefizienteak (hcr) eta kitzikapen moduan jokatu duten tenperaturak ezagutu behar ditugu, T_{aire} eta T_{ea} , aurrerago azalduko ditugunak. Bestalde, erantzun koefiziente guztien baturaren balio absolutuak, materialaren bero transmisioaren koefiziente globala emango digu. 5 irudian ikus dezakegu jarraitutako prozedura.

⁴DTIE 7.05, B eranskina, 186, 188, 190 orrialdeak, B.2, B.4, B.6 taulak

$$G_{itxitura}(n) = A_{itxit} \sum_{i=0}^{\infty} T_{L,kanpo}(n-i)Y(i) + A_{itxit} \sum_{i=0}^{\infty} T_{L,barne}(n-i)Z(i) \quad (18)$$

$$U = \sum_{i=0}^{\infty} Y(i) = - \sum_{i=0}^{\infty} Z(i) = \frac{1}{R_{barne} + \sum_{kapak} R_{kapa} + R_{kanpo}} = \frac{1}{\frac{1}{hcr_{barne}} + \sum_{kapak} \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{hcr_{kanpo}}} \quad (19)$$



Irudia 5: Funtzio triangeluarren baturari esker, kitzikapen errealek lerro jarraitu batean adierazi daitezke

19. ekuazioan materialaren hainbat ezaugarri termiko ageri dira. Alde batetik, EKT-ren HE1 atalean [7] erabili beharreko gainazaleko erresistentzia eta konbektzio-erradiazio koefizienteak datoz zehaztuta (ikus 12 taula). Horrez gain, itxiturretan egon daitezkeen aire-ganbera desberdinen erresistentzia termikoak ere datoz zehaztuta. Halaber, beste gauza batzuen artean, itxiturretan erabiltzen diren materialen hainbat ezaugarri termiko bilduz, Eduardo Torroja Institutuak EKT-ren Eraikuntza Katalogoa [12] sortu du. Katalogo horretan aurkitu daitezke besteak beste, hainbat materialen (hormigoia, metalak, egurra...) eroankortasun termikoa, bero espezifikoak, eta lurrunaren igarotzeari erresistentzia.

Bero fluxuaren noranzkoa	Kanpo-barne				Barne-barne			
	R_{barne}	hcr_{barne}	R_{kanpo}	hcr_{kanpo}	R_{barne}	hcr_{barne}	R_{barne}	hcr_{barne}
	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K	m^2K/W	W/m^2K
Horizontala	0,13	7,69	0,04	25	0,13	7,69	0,13	7,69
Goranzkoa	0,1	10	0,04	25	0,1	10	0,1	10
Beheranzkoa	0,17	5,88	0,04	25	0,17	5,88	0,17	5,88

Taula 12: Barne eta kanpo gainazaleko erresistentzia termikoak eta konbektzio-erradiazio koefizienteak

Kanpora ematen duen itxitura batean zehar kondukzio bidez transmititu den bero kantitatea kalkulatzeko, itxituraren bi aldeetako tenperatura baliokideak ezagutu behar ditugu. Alde batetik, aztertzen ari garen barneko eremuko giroa baldintza egonkorretan dagoela suposatuko dugu, hau da, barneko airea ongizaterako ezarritako tenperatura konstantean mantentzen dela (ikus 5. taula eta 20. ekuazioa). Bestetik, itxituraren kanpoaldeko tenperatura baliokideari, eguzki-aiteratura deritzo eta bi ekarpenek osatzen dute: kanpo tenperatura lehorrak eta eguzki erradiazioari dagokionak. Bigarrenean hormaren erradiazio xurgapen koefizientea ageri da (α), hormaren kolorearen arabera dena. Bi

ekarpen horiek aldagai desberdinen menpe aldatzen direnez, kanpo tenperatura baliokidea ere urte sasoiaren eta orientazioaren arabera aldatzen da.

$$T_{airea}^*(n) \approx T_{L,barne}(n) \quad (20)$$

$$T_{ea}(n) = T_{L,kanpo}(n) + \frac{\alpha I_Z(n)}{hcr_{kanpo}} \quad (21)$$

Bi tenperatura hauek ezagututa eta 18. ekuaziotik abiatuta, barne tenperatura konstante mantentzen dela kontuan hartuz eta erantzun faktoreen gehitze propietatea aplikatuz, kanpora ematen duen itxitura opaku batean kondukzio bidezko irabaziaren adierazpena idatz dezakegu.

$$\begin{aligned} G_{itxit}(n) &= A_{itxit} \left(\sum_{i=0}^{\infty} T_{ea}(n-i) Y(i) - \sum_{i=0}^{\infty} T_{L,barne}(n-i) Z(i) \right) = \\ &= A_{itxit} U \left(\sum_{i=0}^{\infty} \left(T_{L,kanpo}(n-i) + \frac{\alpha I_Z(n-i)}{hcr_{kanpo}} \right) \frac{Y(i)}{U} - T_{L,barne} \right) \end{aligned} \quad (22)$$

Irabazi horri RTS metodoa aplikatuz, denboran zehar airera transferitzen den bero kantitatea, hau da, karga kalkulatu dezakegu (ikus 1 ekuazioa). Ekuazioa kasu honetan aplikatuz 23.ekuazioa lortuko dugu. Ondoren, aurretik lortutako irabazia ekuazio horretan sartuz, momentu bakoitzean karga emango digun ekuazioa lortuko dugu.

$$Q_{itxit}(n) = C G_{itxit}(n) + \sum_{j=0}^{23} (1-C) G_{itxit}(n-j) RTS_{EzEguzkikoa}(j) \quad (23)$$

$$Q_{Itxit}(n) = U A_{Itxit} \Delta T_{karga}(n), \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \text{non, } \Delta T_{karga}(n) &= C \left[\sum_{i=0}^{\infty} \left(T_{L,kanpo}(n-i) + \frac{\alpha I_Z(n-i)}{hcr_{kanpo}} \right) \frac{Y(i)}{U} - T_{L,barne} \right] + \\ &+ \sum_{j=0}^{23} (1-C) RTS_{EzEguzkikoa}(j) \left[\sum_{i=0}^{\infty} \left(T_{L,kanpo}(n-j-i) + \frac{\alpha I_Z(n-j-i)}{hcr_{kanpo}} \right) \frac{Y(i)}{U} - T_{L,barne} \right] \end{aligned} \quad (25)$$

eta C 1.taulan konbekzio bidezko ekarpenari dagokion balioa da.

3.2 Hutsarteak

Hutsartearen elementuak argi naturala lortzeko ala eraikin baten eremu batetik bestera igarotzeko hutsuneak betetzeko erabiltzen direnak dira; hau da, leihoak, atek eta argizuloak. Hutsarte batean dagoen bero trukea hainbat modu desberdinetara gertatzen da. Alde batetik, kristalean kondukzio-konbekzio eta eguzki erradiazioaren bidezko trukeak. Bestetik, markoek sortzen duten zubi termikoen eta infiltrazioen ondoriozkoak. Azken hauek hurrengo ataletan azalduko ditugu.

3.2.1 Kondukzio-konbekzio bidezko irabazia eta karga

Hutsartea osatzen duten kristalak eta markoak duten inertzia termikoa arbuigarria da eta beraz, kondukzio-konbekzio bidezko bero transferentzia, U_H hutsartearen bero transferentzia koefiziente globala erabiliz kalkulatu daiteke. Koefiziente honen balioa erabilitako beira eta marko motaren arabera izango da, bakoitzak transmitantzia termiko desberdina izango baitu. Beira zein marko desberdinen transmisio faktoreak ($U_{H,b}$ eta $U_{H,m}$)

EKTaren eraikuntzarako elementuen katalogoan [12] aurki ditzakegu. Horrez gain, markoak eta beirak hutsarte osoaren zein zati betetzen duten ere jakin beharko dugu. MFren bidez, markoaren frakzioa adieraziko dugu.

$$U_H = (1 - MF)U_{H,b} + MFU_{H,m} \quad (26)$$

Aurreko koefizientea aldatu egin daiteke, pertsianak, gortinak, etab. baldin badaude, hauek bero trukea murrizten baitute. Osagarri hauek kontuan hartzeko, UNE EN ISO⁵ 10077-1⁶ arauan bero transferentzia globalari biderkatu beharreko balioak ageri dira (ikus 13 taula). Hala ere, zaila da jakitea pertsiana bat noiz ari den bere funtzioa betetzen, beraz, suposatzen da aurreko osagarriak denboraren %30ean ari direla aurreko bero transferentzia moldatzen. Hau dena kontuan izanda, beroaren transferentzia egokitua eta kondukzio-konbekzio bidezko bero irabazia jarraian dauden ekuazioek emango dizkigute.

$$U_{H,egok} = 0,7U_H + 0,3f_{u,osag}U_H \quad (27)$$

$$G_{huts,kond}(n) = A_H U_{H,egok} (T_{L,kanpo}(n) - T_{L,barne}) \quad (28)$$

Karga kalkulatzeko, kasu honetan kondukzio-konbekzio bidezko bero trukea aztertzen ari garenez, ez dugu RTS metodoa erabili behar. Beraz, irabazia zuenean karga izango da.

$$Q_{huts,kond}(n) = G_{huts,kond}(n) \quad (29)$$

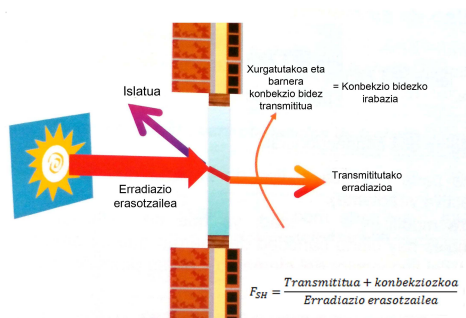
fu,osag	Beira mota			
Pertsiana mota	Simplea	Bikoitza	Hirukoitza	Bikoitza, emisibitate baxukoa
Aluminiozko pertsiana bilgarria	0,59	0,74	0,81	0,84
Isolamendu gabeko plastikozko pertsiana bilgarria	0,52	0,68	0,76	0,8
Isolamendua duen plastikozko pertsiana bilgarria	0,48	0,64	0,72	0,77
Egurrezko pertsiana bilgarria	0,52	0,68	0,76	0,8
25-30mm lodierako egurrezko pertsiana	0,44	0,6	0,69	0,74

Taula 13: Transmittantziaren gutxitzea hutsartean dagoen osagarri motaren arabera. Kondukzio-konbekzioa

⁵UNE EN: Europako arauen bertsio espainiarra. ISO (International Organization for Standardization): arau internazionalak, borondatezkoak dira.

⁶Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica. ISO 10077-1:2006

3.2.2 Erradiazio bidezko irabazia eta karga



Irudia 6: Eguzki erradiazioaren eragina hutsarteetan

Eguzki erradiazioaren ondorioz hutsarte batean zehar dagoen bero irabazia kalkulatzeko, hasteko, hutsartearen eguzki faktorea ezagutu behar dugu. Faktore honek kanpoaldean jasotako erradiazio totalaren eta barnera transmitutakoaren arteko erlazioa adierazten du. Markoak ere erradiazioaren zati bat xurgatu eta horren zati bat barrura igortzen duen arren, energia hori arbuigarria da, eta ondorioz, kristalean zehar pasatzen den eguzki energia eta kristalaren eguzki faktorea baino ez ditugu kontuan hartuko. Kristalaren eguzki faktorea (g_{\perp}), norabide normala duen hasierako erradiazioetik barnera transmititzen den portzentajeari deritzo, eta fabrikatzaileak zehazten du. Beraz, orokorrean hurrengo adierazpena erabiltzen da hutsartearen eguzki faktorea kalkulatzeko.

$$g = (1 - MF) g_{\perp} \quad (30)$$

Bestalde, lehen aipatu bezala, hutsarteetan elementu osagarriak egon daitezke. Hauek, alde batetik, eraikin baten barnera helduko den eguzki erradiazioa mugatuko dute, erradiazioaren zati bat elementu horretan islatu eta kanpoaldera bueltatuko baita. Bestetik, barnera helduko den energia mota ere aldatzen dute, erradiazio bidezkoaz gain, zati bat konbektzio bidez sartuko baita. Aurreko kasuan bezala, UNE EN ISO 10077-1 arauan aurki ditzakegu erradiazio energiaren murrizte portzentajeak elementu desberdinetarako (ikus 14. taulan balio adierazgarrienak). Horrez gain, hemen ere kontuan izan beharko dugu markoak hutsarte osoaren zenbatekoa betetzen duen eta suposatuko dugu elementu osagarriak denboraren %30ean daudela haien funtzioa betetzen. Hortaz, eguzki faktore egokitua:

$$g_{egok} = 0,7(1 - MF)g_{\perp} + 0,3f_{g,egok}(1 - MF)g_{\perp} \quad (31)$$

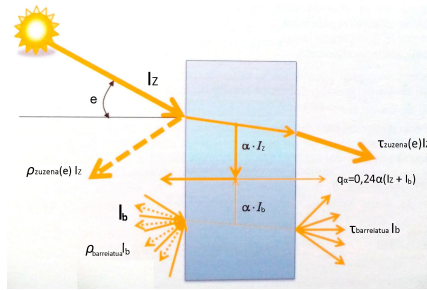
$f_{g,osag}$	Transmisibitatea	Kolorea	Beira mota			
Posizioa			Simplea	Bikoitza	Hirukoitza	Bikoitza, emisibitate baxua
Barnealdea	Zeharrargia	Zuria	0,44	0,52	0,59	0,55
		Pastel-kolorea	0,56	0,64	0,7	0,68
		Iluna	0,69	0,76	0,81	0,81
		Beltza	0,75	0,83	0,87	0,87
kanpoaldea	Opakua	Zuria	0,61	0,67	0,72	0,7
		Pastel-kolorea	0,67	0,73	0,78	0,76
		Iluna	0,73	0,79	0,83	0,82
		Beltza	0,79	0,85	0,89	0,89

Taula 14: Transmitantziaren gutxitzea hutsarteetan dauden elementu osagarrien ondorioz. Erradiazioa

Aurreko egokitzapenez gain, kontuan izan beharko ditugu beiraren transmisio eta islapen koefizienteak. Izan ere, beiraren kasuan, koefiziente hauek aldatu egiten dira berarengan eragiten duen erradiazioaren norabidearen arabera, eta beraz, portaera desberdina izango du erradiazio barreiatua edo erradiazio zuzenarentzako. Lehenengo kasuan, erradiazioaren intentsitatea norabide guztietan berdina denez, dagokion transmisio koefizientea konstantea izango da, 32. ekuazioan ikus daitekeen bezala. Bigarren kasuan aldiz, erradiazioa eguzki izpien norabidean baino ez denez hedatzen, dagokion transmisio koefizientea eraso angeluaren arabera izango da. Menpekotasun hori adierazten duen hurbilketa bat 33. ekuazioan ikus dezakegu. Bestalde, bi ekuazioetan agertzen den τ_0 , norabide normalari dagokion transmisio koefizientea da.

$$\tau_{barreiatua} = 0,89\tau_0 \quad (32)$$

$$\tau_{zuzena}(e) = \tau_0 2,5 \cos e \left(1 - \frac{\cos e}{1,6}\right) \quad (33)$$



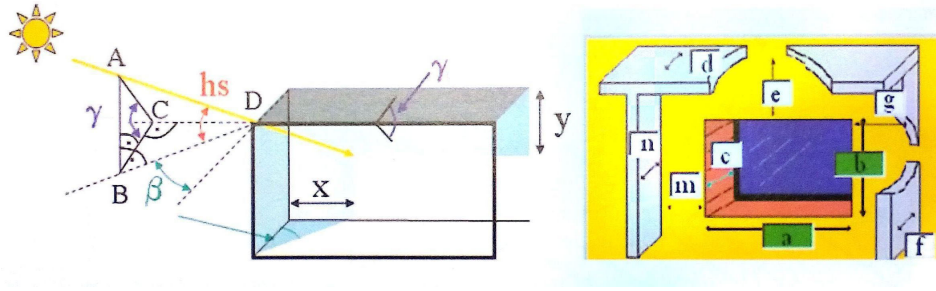
Irudia 7: Erradiazioaren islapena eta transmisioa beira batean zehar

Hala ere, praktikan bi hurbilpen egin ditzakegu. Alde batetik, xurgapen koefizientea konstante mantentzen dela edozein e angelutarako. Bestetik, islapen eta transmisio koefizienteen e angeluarekiko menpekotasuna berdina dela beira desberdinetan. Horri esker, egun batean zehar, orientazio desberdinetarako beira bat zeharkatzen duen energia kalkulatu dezakegu. Izan ere, 2.2.4 atala jarraituz, hutsartera heltzen den eguzki erradiazioa zein den ezarri ondoren, 34. ekuazioaren bidez beira zehar transmititzen den erradiazioa kalkulatu dezakegu. Atalaren hasieran definitutako beiraren eguzki faktorea ere, beiraren transmisio eta xurgapen koefizienteak ezagututa lortzen da.

$$I_{trans} = I_{zuzena}\tau_{zuzena}(e) + I_{barreiatua}\tau_{barreiatua} + q_{\alpha} \quad (34)$$

$$g_{\perp} = \frac{I_T(\eta, \gamma) \cdot \tau_0 + 0,24\alpha \cdot I_T(\eta, \gamma)}{I_T(\eta, \gamma)} = \tau_0 + 0,24\alpha$$

Eguzki erradiazioaz ari garenez, kontuan izan beharko ditugu ere sortzen diren itzalak; bai hutsartearen beraren elementuen ondorioz, bai inguruko eraikin edo oztopoen ondorioz. Hutsartearen elementuek sortutako itzalaren dimentsioak kalkulatzeko, 8 irudian agertzen diren angeluak eta hutsartearen eta honen elementuen neurriak ezagutu behar ditugu.



Irudia 8: Hutsartearen beiran sor daitezkeen itzalak hutsartearen elementuen ondorioz

▷ **Goi-itzala (Y)**

$$Y = (c + d) \tan(\gamma_l) - e \quad d \cdot \tan(\gamma_l) > e$$

$$Y = \cot(\gamma_l) \quad d \cdot \tan(\gamma_l) < e$$

▷ **Albo-itzala (X)**

- $A_s - A_l > 0$ baldin bada:

$$X = (c + n) \tan(\beta_l) - m \quad n \cdot \tan(\beta_l) > m$$

$$X = \cot(\beta_l) \quad n \cdot \tan(\beta_l) < m$$

- $A_s - A_l < 0$ baldin bada:

$$X = (c + f) \tan(\beta_l) - g \quad f \cdot \tan(\beta_l) > g$$

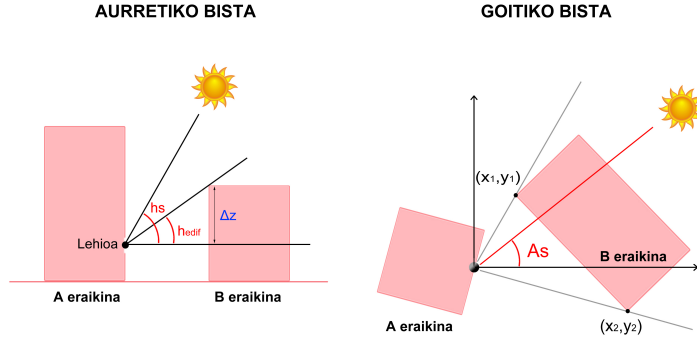
$$X = \cot(\beta_l) \quad f \cdot \tan(\beta_l) < g$$

non, $\beta_b = |A_s - A_l|$ eta $\tan(\gamma_l) = \frac{\tan(hs)}{\cos(\beta_l)}$. A_s eta A_l eguzkiaren eta leihoaren azimutak dira hurrenez hurren. Hauen arteko kendura positiboa bada, itzala ezkerreko aldean egongo da, eta alderantziz.

Azkenik, itzalpean dagoen hutsartearen gainazalaren zenbatekoa hurrengo erlazioaren bidez lortuko dugu.

$$F_{itzala} = \frac{A_{itzala}}{A_{osoa}} \quad (35)$$

Bestalde, inguruko eraikin edo oztopoek sortutako itzalari dagokionean, kontuan hartu beharreko itzalak zein altuerak hutsartearen dimentsioak baino askoz handiagoak izan ohi direnez, leihoaren zentroa itzalpean dagoen ala ez aztertzen da soilik, eta lortutako emaitza hutsarte osoan aplikatzen da. Beraz, hasteko eguzkiak itzala emateko aukera dagoen egiaztatu beharko dugu. Horretarako, eguzkiaren azimuta itzala sor dezakeen eraikinaren bi muturren azimuten artean egon beharko da, 36. erlazioa betez. Hori betetzen bada, hurrengo pausua eguzkiaren altuera, eraikinaren goialdeak hutsartearen perpendikularrekin osatzen duen angelua h_{edif} baino handiagoa den aztertu beharko dugu. Angelu hori eguzkiaren azimutaren norabidean behatu behar da.



Irudia 9: Leiho baten zentruaren posizio erlatiboa itzala sor dezakeen eraikin batekiko

$$-\arctan \frac{y_1}{x_1} < As < -\arctan \frac{y_2}{x_2} \quad (36)$$

$$h_{edif} = \arctan \left(\frac{\Delta z \cos(-As) [(x_2 - x_1) \tan(-As) - (y_2 - y_1)]}{x_2 y_1 - x_1 y_2} \right) \quad (37)$$

Orain arte azaldutako guztia kontuan hartuz, erradiazio bidezko irabazia kalkulatu dezakegu. Horretarako, bi ekarpen desberdin izan beharko ditugu kontuan. Alde batetik, eguzkitan dagoen zatian eguzki erradiazio totala eta bestetik, itzalpean dagoen zatian erradiazio barreiatua baino ez. Gure latitudean Iparralde norabidean ia inoiz ez dago eguzkirik (udako goizetan tarte txiki batean izan ezik), beraz, itzalpean dagoen zatia Iparraldera egongo balitz bezala suposatu dezakegu. Horri esker, erradiazio bidezko irabazia hurrengo ekuazioaren bidez lortuko dugu. Bestalde, kasu honetan, nahiz eta erradiazio bidezko kargaz aritu, 6 eta 7. irudietan ikus dezakegun bezala, heltzen den erradiazioaren zati batek konbektzio bidez transmitituko du beroa barnera, beraz, kargak alde konbektiboa eta erradiaktiboa izango dituzenez, RTS metodoa aplikatu beharko dugu.

$$G_{errad} = F_{itzala} A_H g_{egok} I_{ipar} + (1 - F_{itzala}) g_{egok} A_H I_{orient} \quad (38)$$

$$Q_{huts, errad}(n) = C G_{errad}(n) + \sum_{j=0}^{23} (1 - C) G_{errad}(n - j) RTS_{Eguzki}(j) \quad (39)$$

3.3 Zubi termikoak

Zubi termikoa eraikinaren itxituren isolamenduaren jarraitutasuna eteten duen elementu eroalea da, hots, fluxu termiko ez uniformedun gunea. Izan ere, itxituren normalean uniformea den erresistentzia termikoa nabarmenki aldatzen da. Aldaketa hori, bakarrak ez diren arren, hiru arrazoi nagusiren ondorioz gertatzen da. Alde batetik, eraikinaren itxituren eroankortasun termiko desberdina duten materialak guztiz ala partzialki sartzeagatik. Bestetik, hormaren lodieran aldaketak egoteagatik. Azkenik, gainazal aldaketengatik, horma, zoru edo sabaien arteko elkarguneetan [14].

Zubi termikoen azterketak lan handia eskatzen du eta konplexua da. Izan ere, zubi termiko batean zehar transmititzen den beroa hiru dimentsiotan hedatzen da eta gainera, transmisio hori eraikinaren osaera geometrikoaren arabera da ere. Halaber, zubi termikoen gainazalera eguzki-erradiazioa heltzen dela kontuan hartu beharko genuke. Beraz,

kalkuluak sinplifikatzeko, UNE EN ISO 14683⁷ arauak eraikuntzan aurki daitezkeen 50 zubi termiko linealen datuak ematen ditu, bakoitzaren bero transferentzia linealaren koefizienteak (U_L) zehaztuz. Horiek erabiliz, karga termikoen kalkulu erraz bat proposatzen du. Metodo horrek ez du eguzki-erradiazioa kontuan hartzen eta beraz, hurbilpena baino ez da. Bestalde, aipatutako koefizienteak zona klimatikoaren arabera izango dira, eta beraz, lehenik eta behin aztertzen ari garen eraikinari dagokion zona zehaztu beharko dugu. HE dokumentuaren lehenengo ataleko B eranskinean⁸ [7] aurki ditzakegu zehaztuta zona klimatiko horiek. Hortaz, prozedura hori jarraituz zubi termikoek karga termikoari egiten dioten ekarpena hurrengoa da. Kasu honetan, beroa konbekzio bidez transmititzen denez, irabazia zuzenean karga da.

$$Q_{zубia} = L_{zубia} U_L (T_{L,kanpo} - T_{L,barne}) \quad (40)$$

non $L_{zубia}$ zubi termikoaren luzera den (m). Ate edo leihoen kasuan markoaren perimetroa izango da.

3.4 Infiltrazioak

Infiltrazioa eraikinean "kontrolik gabe" sartzen den aire kantitateari deritzo. Sartzen den aire emaria dauden irekidurak osatzen dituzten elementuen estankotasun mailaren eta kanpoko eta barneko presio desberdintasunen arabera izango da. Airearen baldintza termohigrometrikokoak kanpoan daudenak izango dira. Hasieran esan bezala, infiltrazio bidezko bero irabazia zuzenean karga da, dena konbekzioz transmititzen baita. Bestalde, orain arte aztertutako karga guztiak bero sentikorra baino ez ziren. Kasu honetan aldiz, bero sentikorraz gain, bero sorra ere egongo da, hau da, gehitu edo kendutako lurruna sortzeko behar den beroa. Beraz, infiltrazio-karga hurrengo bi ekarpen independentetek osatuko dute.

$$Q_{inf,sent} = V_{inf} (T_{L,kanpo} - T_{L,barne}) \frac{C_{pal} + W_{kanpo} C_{plur}}{v_{e_{kanpo}}} \quad (41)$$

$$Q_{inf,sor} = V_{inf} (W_{kanpo} - W_{barne}) \frac{C_f + T_{L,barne} C_{plur}}{v_{e_{kanpo}}} \quad (42)$$

non,

V_{inf} Infiltrazio-airearen emaria (m^3/s)

W Hezetasun espezifiko (kg/kg_{al})

C_{pal}, C_{plu} Aire lehorraren eta lurrunaren bero espezifikoak ($1000J/kgK$; $1805J/kgK$)

C_f $0^\circ C$ eta $610,5Pa$ -etan ur lurrunaren egoera aldatzeko behar den beroa ($2501000J/kg$)

$v_{e_{kanpo}}$ Kanpoko airearen bolumen espezifiko (m^3/kg_{al})

Karga hau ondo zehazteko, garrantzitsua da sartutako aire emariaren kantitatea ondo zehaztea (43.ekuazioa). Horretarako, hasteko, hutsartean iragazkortasuna ezagutu behar dugu. Eraikuntza berrien kasuan EKTren HE dokumentuak⁹ [7] arautzen du zenbatekoa den klima zonaldearen arabera. Eraikita dauden eraikinetan aldiz, orokorrean datu hori

⁷Puentes térmicos en la edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto. UNE EN ISO 14683:2007

⁸CTE DB HE 1 Limitación de la demanda energética, B eranskina: Zonas climáticas, B.1 taula, 27.orr

⁹CTE DB HE1, 2.2.1.2 atala, 2.3 taula, 15. orr

ezezaguna denez, "zirrikituaren metodoa" erabil daiteke. Metodo horrek aire emari jakina suposatzen du zirrikituaren metroko (V_L), hutsarte motaren, zirrikitu motaren eta haizearen abiaduraren funtzioan. Datu horiek DTIE 7.05 liburuan [1] daude taularatuta¹⁰.

$$V_{inf} = C_{inf} A_H (\Delta P)^n \quad (43)$$

n sortutako fluxu motaren araberakoa da; 1 fluxu laminarra baldin bada eta 0,5 fluxu zurrumbilotsua baldin bada. Normalean, erdibideko balioa erabiltzen da, 0,65.

C_{inf} hutsartearen balio bereizgarri da; kalkulatzeko modua eraikina jada eraikita ala eraiki gabe egotearen araberakoa da. Eraiki gabeko eraikin berrien kasuan, 100 Pa-eko presio diferentziarentzako hutsartearen aire fluxua (V_{inf}/A_H) ezagutzen dugunez, 44. adierazpenaren bidez kalkulatu dezakegu C_{inf} . Bestalde, jada existitzen diren eraikinen kasuan, hutsartearen aire fluxua presio jakin baterako ezagutzen dugu ($V_{inf} = V_L \cdot L$), balio horiek haizeak hutsartearekiko norabide perpendikularra duela suposatuz lortu direla jakinik. Beraz, haize horrek sortutako presio diferentzia eta hutsartearen azalera ezagututa kasu honetarako ere C_{inf} kalkulatu dezakegu.

$$C_{inf} = \frac{V_{inf}/A_H}{(100)^{0,65}} \quad (44)$$

$$C_{inf} = \frac{V_L L/A_H}{(\Delta P)^{0,65}}, \quad \text{non } \Delta P = 0,6\rho\frac{v^2}{2} \quad (45)$$

Hala ere, hutsarte bakoitzean presio diferentzia aldatu egiten da eraikinean daukaten posizio erlatiboaren arabera. Aldaketa hori hiru arrazoi nagusiren ondoriozkoa da. Lehenengo arrazoa orain arte kontuan hartu duguna da, hots, haizea. Aurreko ekuazioak haizea hutsartearekiko norabide perpendikularra duen kasuetarako balio du. Baina, haize-fluxua eta hutsartearen arteko angeluaren arabera, ekuazioan agertzen den konstantea +0,6tik (haizea aurrez) -0,6ra (haizea kontrako noranzkoan, exfiltrazioa) aldatuko da. Bigarren arrazoa barruko eta kanpo airearen dentsitateen arteko desberdintasuna da. Barruko eta kanpoko airearen tenperatura aldearen, eta eraikinaren batezbesteko altuera eta hutsartearen altuera desberdintasunaren araberakoa dena. Azkenik, klimatizazio-sistemek sortzaketan presio aldaketak ditugu.

Ikus dezakegunez, presio aldaketak hainbat faktoreen araberakoak dira, eta ondorioz, zaila da infiltrazioen ondoriozko kargak zehaztasunez kalkulatzeko. Beraz, kasu sinpleen kasuan (eraikin ez oso handiak), bi hurbilketen artean aukeratu ohi da. Lehenengoa, infiltrazio bidezko kargak kontuan ez hartzea. Bigarrena, soilik haizeak eragindako infiltrazioak kontuan hartzea. Haizearen abiadura ezagutzen ez badugu, haizeak 4m/s abiadura izango balu egongo litzatekeen kargaren %50 dagoela suposatuko dugu.

3.5 Pertsonak

Pertsonen dagokien irabazia bi ekarpenek osatzen dute, bero sorrarak (ur lurrinak) eta bero sentikorrak. Era berean, bero sentikorra konbekzio eta erradiazio bidezko irabaziek osatzen dute. Pertsonen bero irabazia, adinaren, sexuaren eta eraikinaren barneko tenperaturaren araberakoa da. Emakumeak eta gizonak aldi berean daudenean, batezbesteko balioa erabiltzen da, eta umeak dauden kasuan taulako balioei (umearen masa)/70 frakzioa biderkatzen zaie. DTIE 7.05 liburuan [1] irabazi horiek taula batean bilduta daude;

¹⁰DTIE 7.05, 8. atala, 8.2 eta 8.3 taulak, 119. orr

adibide moduan 15. taulan kasu batzuetarako batezbesteko irabaziaz ikus ditzakegu, kasu gehienetan emakumeak zein gizonak egon baitaitezke.

Pertsonen sortutako beroa	TL,barne	25°C		23°C		21°C	
Jarduera	Gtot (W/pertsona) batazbestekoa	Gsent	Gsor	Gsent	Gsor	Gsent	Gsor
Jesarrita atsedenean (zinema, antzerkia)	103	71	31	77	26	77	26
Jesarrita lan oso arina (bulegoa)	124	78	46	90	34	94	30
Zutunik lan arina (dendak, bankuak)	210	89	121	106	104	123	87
Zutunik lan erdi-astuna (lantegia)	227	98	129	116	111	135	92
Zutunik lan astuna (ariketa fisikoa)	357	109	248	130	227	151	206

Taula 15: Pertsonen sortutako bero irabazia (W/pertsona)

Aurreko balioak pertsona kopuruari biderkatuz, irabazi totala lortuko dugu. Kopuru hori ez badugu ezagutzen, aurretik aipatutako UNE EN 13779 arauan gomendatzen diren $m^2/pertsona$ balioak erabil ditzakegu. Ondoren, karga kalkulatzeko kontuan hartu beharko dugu, bero-sor irabazia zuzenean karga izango dela, konbekzioz transmititzen baita; bero-sentikor irabaziaren kasuan aldiz, erradiazio bidez transmititu den zatia RTS metodoa aplikatu beharko diogu.

$$Q_{perts,sor}(n) = K_{perts}(n) G_{sor} \quad (46)$$

$$Q_{perts,sent}(n) = C K_{perts}(n) G_{sent} + \sum_{j=0}^{23} (1 - C) K_{perts}(n - j) G_{sent} RTS_{EzEguzki}(j) \quad (47)$$

Hala ere, orokorrean zaila da zehaztasunez jakitea zein den jende kopurua ordu jakin batean. «j» ordu jakin batean dagoen pertsona kopuruaren ziurgabetasunak, RTS metodoa aplikatzean lortu nahi dugun zehaztasuna galtzea dakar eta ondorioz, aldi berean esparru askoren kargak edota ordu jakin batean pertsona aglomerazio handia dituzten eraikinetako (antzokiak, polikiroldegiak, etab.) karga termikoak kalkulatzeko baino ez da erabiltzen. Praktikan gainontzeko kasuetan, edukieraren «aldiberekotasun-koefiziente» deritzen balioak erabiltzen dira, karga termiko maximoa dagoen unean, eraikin edo eremu batean pertsona kopuru maximoaren zenbatekoa dagoen adierazten duena. Kasuaren arabera aldatuko dira koefiziente horiek, zaila da balio orokorrak ematea. Hurrengo taulan erabiltzen diren balioetako batzuk ageri dira. Guzti horren ondorioz, 46 eta 47. ekuazioak hurrengo ekuazioetara eraldatzen dira.

$$Q_{perts,sor}(n) = f_{aldib} K_{perts}(n) G_{sor} \quad (48)$$

$$Q_{perts,sent}(n) = f_{aldib} K_{perts}(n) G_{sent} \quad (49)$$

Erabilpen mota	Aldiberekotasun-koefizientea faldib
Bulegoak	0,75 - 0,9
Hotelak, apartamentuak	0,4 - 0,6
Saltoki handiak	0,8 - 0,9
Industria	0,85 - 0,95

Taula 16: Edukieraren «aldiberekotasun-koefizienteak»

3.6 Argiztapena

Argiztapenaren kasuan karga guztia sentikorra da, eta bat dator piztuta dauden lanparen potentziarekin. Erradiazio eta konbekzio bidez transmititzen den beroaren portzentajea lanpara motaren arabera da. Lanpara fluorezente eta halogenoen kasuan %50 transmititzen da erradiazio bidez, eta beste hainbeste konbekzio bidez. Lanpara-gorien kasuan aldiz, beroaren %80 erradiazio bidez transmititzen da eta %20 konbekzioz. Horrez gain, kontuan izan beharko dugu, lanpara batzuek haien funtzionamendurako beharrezkoak diren elementu batzuk dituztela konbekziozko karga sor dezaketena, batezbesteko lanpararen potentziaren %20. Gaur egun, legez ezarrita dago zenbatekoa izan daitekeen argiztapenean sortutako karga maximoa. Beraz, salbuespenak salbuespen, lanpararen gehi elementu osagarrien potentziak ezingo ditu EKTren HE dokumentuan¹¹ datozen balioak gainditu.

$$Q_{argi}(n) = (0,2 + C) P_{argi}(n) + \sum_{j=0}^{23} (1 - C) P_{argi}(n - j) RTS_{EzEguzki}(j) \quad (50)$$

Hala ere, kasu askotan ezin dezakegu zehaztasunez ezagutu ordu bakoitzean piztuta dagoen argiztapenaren potentzia, eta ondorioz, RTS metodoak eskatzen duen zehaztasuna ez dago kasu honetan justifikatuta. Beraz, kasu praktikoetan hurrengo ekuazioak erabiltzen dira, lanpara motaren arabera. Bestalde, instalazio askotan ez dugu zehaztasunez ezagutzen dagoen argiztapena. Kasu hauetan lokalen erabileraren arabera «zentsuzko ratioak» erabiltzen dira.

▷ Lanpara goriak

$$Q_{argi}(n) = P_{argi}(n) \quad (51)$$

▷ Erreaktantzia duten lanpara fluorezenteak edo transformadorea duten halogenoak

$$Q_{argi}(n) = 1,2P_{argi}(n) \quad (52)$$

▷ Erreaktantzia gabeko fluorezenteak edo transformadorerik ez duten halogenoak

$$Q_{argi}(n) = P_{argi}(n) \quad (53)$$

Jarduera	Bulegoak	Irakaskuntza	Osasuna	Taberna	Hotela	Komertzioa	Bizilekua
Argiztapen mota	Aireztapenik gabeko fluorezentea						
Potentzia(W/m²)	12	13	12	12	5	12	5

Taula 17: Argiztapenaren potentzia-ratioak

3.7 Tresnak

Tresna edo gailuek sortutako karga bero sorra edo sentikorra izan daiteke, tresnaren ezagarraren arabera. Bestalde, gailuek kontsumitutako potentzia guztia ez da beti irabazi moduan transmitituko, hori ere tresna motaren arabera izango da. Azkenik, kontuan izan beharko dugu irabaziaren zein zati den konbekzioa eta zein erradiazio bidezkoa, eta azken honi RTS metodoa aplikatu. Tresna mota asko daudenez, DTIE 7.05 liburuan

¹¹CTE DB HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, 3.1 eta 3.2 taulak, 7. orrialdea

[1] tauletan¹² bilduta daude gailu askoren potentzia eta bakoitzak sortutako irabazia, bero sentikorra eta bero sorra bereiziz. Agertzen diren tresnak batez ere, taberna, jatetxe edota zenbait lantegitan erabili ohi direnak dira. Izan ere, etxebizitzetan, komertzio eta bulego txikietan erabiltzen diren gailuek sortzen duten beroa arbuigarria da. Hala ere, kasu hauetarako hurbilpen bat egin nahi izanez gero, aurreko kasuan bezala, «zentzuzko» potentzia-ratioak erabil ditzakegu.

Jarduera	Bulegoak	Irakaskuntza	Osasuna	Taberna	Hotela	Komertzioa	Bizilekua
Potentzia(W/m ²)	15	10	13	8,5	5	10	5
% Sentikorra	100	100	100	100	100	100	100

Taula 18: Tresnen potentzia-ratioak jardueraren arabera

4 KALKULUAK

Azaldutako guztiaren aplikagarritasuna aztertzeko, Bilboko etxe bateko karga termikoen kalkulua egitea da proposamena, neguko kargena hain zuzen ere. Izan ere, hemen daukagun klimaren ondorioz normalean etxe bat hozteko nahikoa da leihoak zabalduz aire korrontek sortzea eta ez dago hozte-sistemaren beharrik. Kalkuluak egiteko nire etxea aukeratu dut, etxearen ezaugarriak eta planoak eskuratzeko erraztasunagatik. Jarraian aurretik azaldutako prozedura erabiliko dut, egindako hurbilpenak zein hipotesiak kontuan hartuz eta RTS metodoa aplikatuz. Amaitzeko, karga termikoen gutxitzea lortzeko neurri batzuk proposatuko ditut, eta kalkulua errepikatuko ditut berriro neurri horiek duten eragina aztertzeko.

*Parentesi artean ageri diren zenbaki urdinak, dagokion kalkulua egiteko erabilitako ekuazioaren erreferentziak dira.

4.1 Etxebizitzaren egungo egoera

Etxebizitzaren datuak

- ▷ Kokalekua: Bilbo (hiria)
- ▷ Pertsona kopurua: 2
- ▷ Erabilpen orduak: 07:00-08:00,
14:00-17:00, 21:00-23:00
- ▷ Azalera:83m² (planoa 1. eranskinean)
- ▷ Alfonbradun zorua



▷ Itxiturak

- Pisu ertaineko hormak.

¹²DTIE 7.05, 11. atala, 11.1-11.5 taulak, 127-130 orrialdeak

- Azalera: $A_{heg} = 12,07 \times 2,80 = 33,80m^2$
 $A_{ipar} = 6,48 \times 2,80 = 18,14m^2$
 $A_{mend} = 7,83 \times 2,80 = 21,92m^2$
- Altuera: $h = 2,80m$

▷ **Hutsarteak: leihoak**

- **Leiho handiak (3 leiho)**
 $A_{osoa} = 1,25 \times 1,80 = 2,25m^2$
 $A_{markoa} = 0,64m^2$ $MF = \%28$
 $L = 6,1m$
- **Leiho txikiak (4 leiho)**
 $A_{osoa} = 1,25 \times 1,24 = 1,55m^2$
 $A_{markoa} = 0,55m^2$ $MF = \%35$
 $L = 4,98m$

Azalera totalak:

$$A_{itxit,tot} = 59,64m^2 \quad A_{krist,tot} = 8,89m^2 \quad \%krist = \%12$$

Kanpo baldintzak

Erreferentziazko estazio meteorologikoa: Loiuko Aireportua

- ▷ Latitudea: $43^\circ 17' 53''$ I

Taula 19: Erreferentziazko balioak (6 eta 7.tauletatik ateratako datuak)

Probintzia	Udalerrria	$T_{L,\%99}(^{\circ}C)$	EBOB ($^{\circ}C$)	Φ Hez.A (%)	imga (m)
Bizkaia	Loiuko Aireportua	1,2	10,7	89	39

- ▷ Diagrama psikometriko bat erabiliz : hezetasun espezifikoa $W_{erref} = 0,00381kg/kg_{aL}$

Proiektuko datuak: Bilbo

- ▷ Zona klimatikoa: C1
- ▷ imga=6m
- ▷ Tenperatura lehorra:

$$T_{L,kanpo,Bilbo} = T_{L,\%99} + \Delta T_{L,hiria} + \Delta T_{L,kota} = 1,2 + 3 + 0 = 4,2^{\circ}C \quad (4)$$

- ▷ Presioa:

$$P_{T,Bilbo} = 101325(1 - 2,255692 \cdot 10^{-5}imga)^{5,2561} = 101253Pa \quad (6)$$

- ▷ Hezetasun espezifikoa erreferentziazkoa hartzen da:

$$W_{Bilbo} = 0,00381kg/kg_{aL} = 3,81g/kg_{aL}$$

- ▷ Aurreko hiru datuekin airearen gainerako datuak kalkulatu ditzakegu:

- Diagrama psikometrikotik: $\Phi = \%74,75$ $T_{h,Bilbo} = 2,47^{\circ}C$
- Aire lehorraren dentsitatea, *International Standard Atmosphere* (ISA) izeneko eredu jarraituz:

$$\rho = \frac{P}{RT}, \text{ non } R = 287,05 \text{ m}^2/\text{s}^2\text{K}$$

$$\rho = \frac{101253}{287,05(4,2+273)} \quad ; \quad \rho = 1,27 \text{ kg}_a\text{L}/\text{m}^3$$

- Airearen bolumen espezifikoa: $ve = \frac{1}{\rho} = 0,79 \text{ m}^3/\text{kg}_a\text{L}$
- ▷ Haizearen abiadura eta norabidea: $v = 4 \text{ m/s}$, hegoaldetik

Bilboko eta Loiuko aireportuko haizearen propietateak desberdinak izango dira normalean, eta beraz, haizeak abiadura hori duela suposatu ohi da eta leiho gehien dituen aldetik datorrela.


Barne baldintzak

- ▷ 5.taulatik: $T_{L,barne} = 21^{\circ}C$ $\Phi = \%50$
- ▷ Barneko airearen gainontzeko datuak aurreko kasuan bezala kalkulatu ditugu:
 $W = 7,79 \text{ g}/\text{kg}_a\text{L}$ $T_{h,barne} = 14,54^{\circ}C$ $\rho = 1,15 \text{ kg}_a\text{L}/\text{m}^3$

KARGA TERMIKOAK

Neguko karga termikoak kalkulatu ditugunez, 1.1 atalean esan bezala, egunik txarrenerako kalkulatu ditugu. Beraz, urtarrileko egun bateko goizeko 08:00retarako egingo ditugun kalkulak. Eguna guztiz hodeitsua dela suposatu behar da eta beraz, ez dela eguzki erradiazioaren ekarpenik egongo. Bestalde, hurbilpen moduan, etxebizitza osoa lokal bakarria bailitzan suposatuko dut, barneko hormak kontuan izan gabe.

Itxiturak

KANPOALDEA	Lodiera (m)	Eroankortasuna λ (W/mK)	Dentsitatea (kg/m ³)	Bero espezifikoa (J/kgK)	
Zementuzko zarpiatzea	0,025	1,4	2000	1050	
Adreilu trinkoa	0,12	0,87	1800	1380	
Zementuzko zarpiatzea	0,025	1,4	2000	1050	
Adreilu barne-huts sinplea	0,04	0,49	1200	920	
Igeltsutua	0,015	0,3	800	920	

Taula 20: Itxituraren geruza bakoitzaren propietateak

$$P_{\text{isua}} = 376 \text{ kg}/\text{m}^2, \quad U = 2,1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K} \quad (19)$$

Ez denez eguzki-erradiazioa kontuan hartu behar, zuzenean kalkulatu dezakegu karga.

$$Q_{\text{itxit, heg}} = 2,1 \cdot 59,64(4,2 - 21) = -2104,1 \text{ W} \quad (24)$$

Alboko, goiko eta beheko etxebizitzak tenperatura berera daudela suposatuko dugu, eta ez dugu beraz, eremu horien karga termikoen ekarpenik izango.

Hutsarteak (leihoak)

Beira bikoitza 4-6-4, gardena: $U_{H,b} = 3,3W/m^2K$

Markoa PVC: $U_{H,m} = 2,2W/m^2K$

Isolamendu gabeko plastikozko pertsianak: $f_{g,osag} = 0,68$ (13. taula)

▷ Kondukzio-konbekzio bidezko karga

1. Leiho handiak:

$$U_{H,1} = (1 - 0,28)3,3 + 0,28 \cdot 2,2 = 3W/m^2K \quad (26)$$

$$U_{H,egok,1} = 0,7 \cdot 3 + 0,3 \cdot 0,68 \cdot 3 = 2,7W/m^2K \quad (27)$$

$$Q_{huts,1} = G_{huts,kond,1} = 2,25 \cdot 2,7(4,2 - 21) = -102,06W \quad (29)$$

2. Leiho txikiak:

$$U_{H,2} = (1 - 0,35)3,3 + 0,35 \cdot 2,2 = 2,92W/m^2K$$

$$U_{H,egok,2} = 0,7 \cdot 2,92 + 0,3 \cdot 0,68 \cdot 2,92 = 2,64W/m^2K$$

$$Q_{huts,2} = G_{huts,kond,2} = -68,74W$$

▷ Erradiazio bidezko karga

Ez da erradiazio bidezko kargarik egongo eguna guztiz hodeitsua delako.

Zubi termikoak

1. **Hutsarteak** $U_L = 0,33W/m^2K$

$$- \text{Handiak} : Q_{zubi,huts1} = 6,1 \cdot 0,33 \cdot (4,2 - 21) \times 3 = -101,46W \quad (40)$$

$$- \text{Txikiak} : Q_{zubi,huts2} = 4,98 \cdot 0,33 \cdot (4,2 - 21) \times 4 = -110,44W$$

2. **Forjatuak** $U_L = 0,41$, $L_{zubi} = 26,38m$

$$Q_{zubi,forj} = 26,38 \cdot 0,41 \cdot (4,2 - 21) = -181,71W$$

3. **Zutabeak** $U_L = 0,80W/m^2K$, $L_{zubi} = 2,80m$

$$- \text{Izkinetakoak (2)} : Q_{zubi,zut1} = 2,80 \cdot 0,80 \cdot (4,2 - 21) \times 2 = -75,26W$$

$$- \text{Fatxadakoak (3)} : Q_{zubi,zut2} = 2,80 \cdot 0,80 \cdot (4,2 - 21) \times 3 = -112,89W$$

Infiltrazioak

2.2.3 atalean esan bezala, infiltrazio bidezko kargak kalkulatzeko haizearen abiadura 4m/s dela eta leiho gehien dituen aldetik datorrela suposatuko dugu, hau da , hegoaldetik.

Hutsartearen iragazkortasuna ez dugunez «zirrikituaren metodoa» erabiliko dugu. DTIE 7.05 liburuak ematen dituen hurrengo datuak erabiliz C_{inf} kalkulatu dugu.

$$v_{haizea} = 16km/h \Rightarrow V_L = 1,7m^3/h \cdot m$$

1. **Leiho handiak:**

$$\Delta P = 0,6 \cdot 1,26 \left(\frac{4,4^2}{2} \right) = 7,32Pa \quad , \quad C_{inf,1} = \frac{1,7 \cdot 6,1 \cdot 2,25}{7,32 \cdot 0,65} = 1,26 \quad (45)$$

$v = 4m/s$ abiadura duen haizeak sortuko duen presio aldaketa:

$$\Delta P_1 = 0,6 \cdot 1,26 \frac{4^2}{2} = 7,68Pa$$

$$V_{inf,1} = 1,26 \cdot 2,25(7,68)^{0,65} = 10,67m^3/h \quad (43)$$

Hegoaldera begira 2 leiho handi $\Rightarrow V_{inf,tot,1} = 21,33m^3/h = 0,006m^3/s$

$$Q_{inf,sent,1} = 0,006(4,2 - 21) \frac{1000+0,00381 \cdot 1805}{0,79} = -128,47W \quad (41)$$

$$Q_{inf,sor,1} = 0,006(0,00381 - 0,00797) \frac{2501000+21 \cdot 1805}{0,79} = -80,22W \quad (42)$$

2. Leiho txikiak:

$$C_{inf,2} = \frac{1,7 \cdot 4,98/1,55}{7,32^{0,65}} = 1,5$$

$$V_{inf,2} = 1,5 \cdot 1,55(7,68)^{0,65} = 8,75m^3/h$$

Hegoaldera begira bi leiho txiki $\Rightarrow V_{inf,tot,2} = 17,5m^3/h = 0,005m^3/s$

$$Q_{inf,sent,2} = 0,005(4,2 - 21) \frac{1000+0,00381 \cdot 1805}{0,79} = -107,06W$$

$$Q_{inf,sor,2} = 0,005(0,00381 - 0,00797) \frac{2501000+21 \cdot 1805}{0,79} = -66,85W$$

Infiltrazio-karga totala: $Q_{inf,sent,tot} = -235,53W$; $Q_{inf,sor,tot} = -147,05W$

Teorian azaldutako 2. hurbilketa egingo dugu eta beraz, kalkulaturako infiltrazio bidezko kargaren erdia hartuko dugu kontuan:

$$Q_{inf,sent} = -117,77W \quad ; \quad Q_{inf,sor} = -73,53W$$

Pertsonen sortutakoa

▷ Aldiberekotasun faktorea: $f_{aldib} = 0,8$

▷ Jarduera: jesarrita atsedenean

▷ $T_{L,barne} = 21^\circ C$

15. taulatik: $G_{tot} = 103W/perts.$ Horietatik $G_{sent} = 77W/perts$ (%75) eta $G_{sor} = 26W/perts$ (%25)

Kasu honetan nahiko zehaztasun handiz dakigunez zein den ordu bakoitzean dagoen pertsona kopurua RTS metodoa erabiliko dugu. Etxetik irten eta sartzeko orduetan aldiberekotasun faktorea aplikatuko dugu, ordu horretan beti bi pertsonak ez daudela adierazteko. Atal honen hasieran esan bezala, goizeko zortzietarako egingo dugu karga termikoaren estimazioa.

$$Q_{perts,sor}(8) = 0,8 \cdot 2 \cdot 26 = 41,6W \quad (48)$$

1 taulatik konbekzio bidezko irabaziaren portzentajea: $C = 0,43$. taulatik hartuko ditugu RTS faktoreak (%tan). Balio horiek eta ordukako bero sentikorrek irabaziak hurrengoak dira:

Ordua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G	0	0	0	0	0	0	154	123	0	0	0	0	0	123	154	154	123	0	0	0	123	154	154	0

Ordena	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RTS	46	17	9	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

$$Q_{perts,sent}(8) = 0,4G_{sent}(8) + 0,6 \cdot \left[\begin{array}{l} G(8)RTS(0)+ \quad G(7)RTS(1)+ \quad G(23)RTS(9)+ \\ G(22)RTS(10)+ \quad G(21)RTS(11)+ \quad G(17)RTS(15)+ \\ G(16)RTS(16)+ \quad G(15)RTS(17)+ \quad G(14)RTS(18) \end{array} \right] \quad (49)$$

$$Q_{perts,sent}(8) = 49,2 + 55,57 = 104,77W$$

Argiztapena

Etxea erabiltzen ari den orduetan nahiko zehaztasun handiz ezagutzen dugunez zein den piztuta dagoen argiztapena, RTS metodoa erabiliko dugu karga kalkulatzeko. Erabilpen orduetan batezbeste bi lanpara mota daudela piztuta suposatuko dugu:

1. Lanpara fluoreszentea sukaldean

$C = 0,5$ eta 17. taulatik: $P = 5W/m^2$

$A_{sukalde} = 11,60m^2 \Rightarrow G_{argi,1} = 58W$

Ordua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G	0	0	0	0	0	0	58	58	0	0	0	0	0	58	58	58	58	0	0	0	58	58	58	0

Ordena	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RTS	46	17	9	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

$$Q_{argi,1}(8) = 0,5G(8) + 0,5 \begin{bmatrix} G(8)RTS(0)+ & G(7)RTS(1)+ & G(23)RTS(9)+ \\ G(22)RTS(10)+ & G(21)RTS(11)+ & G(17)RTS(15)+ \\ G(16)RTS(16)+ & G(15)RTS(17)+ & G(14)RTS(18) \end{bmatrix}$$

$$Q_{argi,1} = 29 + 20,3 = 49,3W$$

2. Goritasun lanpara logelan ala egongelan

$C = 0,20$; Bonbillaren potentzia: $P = 60W$

$G_{argi,2} = 60W$

Ordua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G	0	0	0	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	60	60	60	60	0	0	0	60	60	60	0

Ordena	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RTS	46	17	9	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

$$Q_{argi,2}(8) = 0,2G(8) + 0,8 \begin{bmatrix} G(8)RTS(0)+ & G(7)RTS(1)+ & G(23)RTS(9)+ \\ G(22)RTS(10)+ & G(21)RTS(11)+ & G(17)RTS(15)+ \\ G(16)RTS(16)+ & G(15)RTS(17)+ & G(14)RTS(18) \end{bmatrix}$$

$$Q_{argi,2}(8) = 12 + 63,84 = 75,84W$$

Tresnak

Tresnek sor dezaketen kargaren hurbilketa bat egiteko 18. taulako potentzia-ratioak erabiliko ditugu.

$P = 5W/m^2$; $A_{etxea} = 83m^2 \implies G_{tresnak} = 415W$ (%100 sentikorra)

Orokorrean haizagailurik gabeko tresnak dira, beraz $C = 0,7, 1$. taulatik.

Ordua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
G	0	0	0	0	0	0	415	415	0	0	0	0	0	415	415	415	415	0	0	0	415	415	415	0

Ordena	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RTS	46	17	9	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

$$Q_{tresnak}(8) = 0,7G(8) + 0,3 \begin{bmatrix} G(8)RTS(0)+ & G(7)RTS(1)+ & G(23)RTS(9)+ \\ G(22)RTS(10)+ & G(21)RTS(11)+ & G(17)RTS(15)+ \\ G(16)RTS(16)+ & G(15)RTS(17)+ & G(14)RTS(18) \end{bmatrix}$$

$$Q_{tresnak}(8) = 290,5 + 87,15 = 377,65W$$

4.2 Energia-birgaitzea

Hasieran esan bezala, eraikin baten birgaitze-energetikoa egiteko, estrategia aktiboak edo pasiboak erabil ditzakegu. Kasu honetan sistema pasiboak ezarriko balira eraikinera sartzen den energian egongo litzatekeen aldaketa aztertuko dugu. Horretarako, hormak zein leihoak egokituko ditugu isolamendua handitze aldera. Bestalde, hasieran azaldutakoari jarraituz, material bioklimatiko ideala naturan aurkitu eta energia-kontsumo minimoarekin fabrikatua izan dena izango litzateke. Beraz, propietate termikoez gain, hori ere kontuan hartu dut materialak aukeratzeko orduan.

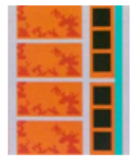
Itxituren kasuan, isolamendua barrutik jarri beharko genuke, etxebizitza-bloke bateko pisu bakar bat baino ez ari baikara birgaitzen. Horregatik, barrutik jar daitezkeen egurzuntzeko xaflak aukeratu ditut. Sistema honen bidez, ingurutzaila kanpoan utzi eta barnealdea azkarrago berotzea lortuko dugu. Ez dut hemen inguruan horrelako materialik fabrikatzen duen enpresarik aurkitu. Ondorioz, bioeraikuntzan lan egiten duen Goierriko enpresa batek Alemaniatik ekartzen dituen *Gutex* xaflak aukeratu ditut (21. taulan ikus daitezke xaflaren ezaugarriak). Xafla horiek bertako baso-industrian sortutako hondakinekin eginda daude, eta guztiz birziklagarriak eta konpostagarriak dira. Halaber, fabrikazio-prozesua ahalik eta ekologikoena izan dadila saiatzeko dira; adibidez, fabrikazio-lerro bateko beroa zuntzen sikatzerako erabiliz.

Leihoen isolamendua handitzeko, orain dauden ordez beira hirukoitza duten leihoak jarriko nituzke (CLIMALIT 4-10-3-10-4). Beiren artean dauden ganberak argon gasez betarik daude; horri esker %45 handitzen da leihoen isolamendu-ahalmena. Bestalde, barnealdekoa emisibitate baxuko beira da. Beira horiei nanometro ordenako oxido metalikodun geruza gehitzen zaie isolamendu termikoa indartzeko. Gorputzek berotzean $5 \mu\text{m}$ tik gorako uhinak igortzen dituzte, beirak xurgatu eta neguan, kanpora berrigortzen dituenak. Uhin-luzera horretako uhinak dira hain zuzen ere geruza horrek islatzen dituenak, kanpora pasatzea eragotziz [16]. Markoari dagokionez, pinu gorriaren (*Pinus sylvestris*) egurrarekin eginda daude, eta barniz ekologiko batez barnizatuta. Ezaugarri guzti horiei esker, leihoaren transmitantzia $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ koa da, orain daudenena baino askoz baxuagoa.

Leiho hauek aukeratu ditut, isolamendua bermatzeaz gain, fabrikatzen dituen enpresa Asturiaseko «enpresa ekologikoa» baita. Horren adibide, egurraren hondakinak enpresaren instalazioen klimatizazio-sistemak elikatzeko erabiltze dituztela, edota barnizatze-ketrean euri-uraz baliatzen direla. Amaitzeko, esan beharra dago, aipatutako bi enpresek FSC (*Forest Stewardship Council*) eta PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) ziurtagiriak dituzten egurrak baino ez dituztela erabiltzen. Ziurtagiri horiek egurra modu arduratsuan ustiatu den basotik datorrela adierazten dute.

KARGA TERMIKOAK

Itxiturak

KANPOALDEA	Lodiera (m)	Eroankortasuna λ (W/mK)	Dentsitatea (kg/m ³)	Bero espezifiko (J/kgK)	
Zementuzko zarpiatzea	0,025	1,4	2000	1050	
Adreilu trinkoa	0,12	0,87	1800	1380	
Zementuzko zarpiatzea	0,025	1,4	2000	1050	
Adreilu barne-huts simplea	0,04	0,49	1200	920	
Egur-zuntz xafla	0,02	0,039	140	2100	
Igeltsuztatua	0,015	0,3	800	920	

Taula 21: Isolamendua jarri ondoren itxituraren geruzen propietateak

$$\begin{aligned} \text{Pisua} &= 378,8 \text{ kg/m}^2, U = 1,01 \text{ W/m}^2 \text{ K} & (19) \\ Q_{itxit} &= 1,01 \cdot 59,64 \cdot (4,2 - 21) = -1011,97 \text{ W} \end{aligned}$$

Hutsarteak

$$\begin{aligned} U_H(\text{markoa+beira}) &= 0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K} \\ U_{H,egok,1} &= 0,7 \cdot 0,7 + 0,3 \cdot 0,68 \cdot 0,7 = 0,63 \text{ W/m}^2 \text{ K} & (27) \end{aligned}$$

1. Leiho handiak: $Q_{huts,1} = 2,25 \cdot 0,63 \cdot (4,2 - 21) = -23,92 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (29)
2. Leiho txikiak: $Q_{huts,2} = 21,55 \cdot 0,63 \cdot (4,2 - 21) = -16,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Zubi termikoak

1. **Hutsarteak** $U_L = 0,19 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 - Handiak: $Q_{zubi,huts1} = 6,1 \cdot 0,19 \cdot (4,2 - 21) \times 3 = -58,41 \text{ W}$ (40)
 - Txikiak: $Q_{zubi,huts2} = 4,98 \cdot 0,19 \cdot (4,2 - 21) \times 4 = -63,56 \text{ W}$
2. **Forjatuak** $U_L = 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 - $Q_{zubi,forj} = 26,38 \cdot 0,35 \cdot (4,2 - 21) = -155,11 \text{ W}$
3. **Zutabeak**
 - Izkinetakoak (2) : $U_L = 0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 - $Q_{zut,1} = 2,80 \cdot 0,22 \cdot (4,2 - 21) \times 2 = -20,70 \text{ W}$
 - Fatxadakoak (3) : $U_L = 0,04 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 - $Q_{zut,2} = 2,80 \cdot 0,04 \cdot (4,2 - 21) \times 3 = -5,64 \text{ W}$

Infiltrazioak

Leiohoek haize-babegarriak dituztenez: $V_L = 0,9 \text{ m}^3/\text{hm}$ (DTIE 7.05 liburutik)

1. Leiho handiak:

$$C_{inf,1} = \frac{0,9 \cdot 6,1/2,25}{(7,32)^{0,65}} = 0,67 \quad (45)$$

$$V_{inf,1} = 0,67 \cdot 2,25 \cdot (7,68)^{0,65} \times 2 = 11,34 \text{ m}^3/\text{h} = 0,003 \text{ m}^3/\text{h} \quad (43)$$

$$Q_{inf,sent,1} = 0,003(4,2 - 21) \frac{1000 + 0,00381 \cdot 1805}{0,79} = -64,24 \text{ W} \quad (41)$$

$$Q_{inf,sor,1} = 0,003(0,00381 - 0,00797) \frac{2501000 + 21 \cdot 1805}{0,79} = -40,11 \text{ W} \quad (42)$$

2. Leiho txikiak:

$$C_{inf,2} = \frac{0,9 \cdot 4,98/1,55}{(7,32)^{0,65}} = 0,79$$

$$V_{inf,2} = 0,79 \cdot 1,55 \cdot (7,68)^{0,65} \times 2 = 9,21 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{inf,sent,2} = 0,0025(4,2 - 21) \frac{1000 + 0,00381 \cdot 1805}{0,79} = -53,53 \text{ W}$$

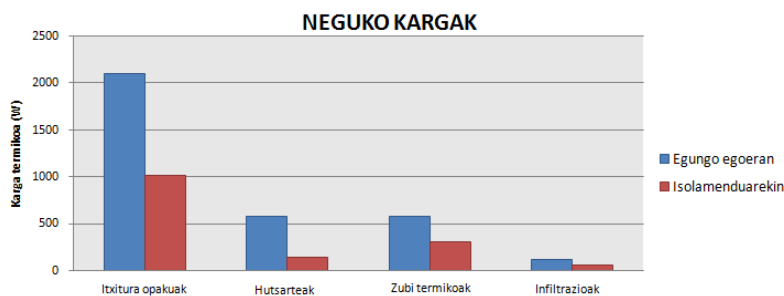
$$Q_{inf,sor,2} = 0,0025(0,00381 - 0,00797) \frac{2501000 + 21 \cdot 1805}{0,79} = -33,42 \text{ W}$$

5 ONDORIOAK

Bioeraikuntzan erabiltzen diren sistema, material eta estrategiak aplikatu aurretik, oinarrikoa da eraikinetan gertatzen diren energia-trukeak ulertzea. Eta horretarako, fisikaren beharra dugu. Lanaren lehenengo helburua, hortaz, energi-truke horiek zergatik eta zelan gertatzen diren ulertzea zen. Horretarako, lanaren lehen zatian zehar, eraikin batean dauden bero irabazia eta kargaren ekarpen desberdinak aztertu ditut, kalkuluak egiteko prozedurak ere azalduz. Lanaren zati honetan garatutakoa ondo ulertzeko, oso baliagarriak izan zaizkit graduan zehar ikasitako hainbat kontzeptu. Horri eta lanean zehar kontsultatutako bibliografiari esker, esango nuke bete dudala lanaren lehenengo helburua.

Bestalde, hasieran esan bezala, RTS metodoaren aplikagarritasuna egiaztatzea zen lanaren hurrengo helburua. Helburu hori gauzatzeko, jada eraikitako eraikin batean egin ditut kalkuluak. Kasu simplea zenez (pisu bakarra eta dena lokal bakarra dela kontsideratuz), nahiko erreza egin zait atal hau burutzea. Gainera, bioeraikuntza arloan lan egiten duen enpresa batekin kontsultatu egin dut, eta baieztatu didate lortutako emaitzak onargarriak direla. Izan ere, haiek software baten bidez, oso ezaugarria antzekoak dituen eraikin baterako eta negurako, $-2500W$ inguruko karga termikoak kalkulatu dituzte. Beraz, nik lortutakoa ($-2777W$) balio horretatik hurbil dago, eta esan daiteke RTS metodoa kasu simpletarako egokia eta erabilgarria dela.

Azkenik, lanaren azken helburua eraikin bateko karga termikoetan estrategia bioklimatikoei zein eragin zuten aztertzea zen. Horretarako, kargen kalkulua bi aldiz burutu dut, bi egoera desberdinetarako: gaur egungo egoeran, eta birgaitze energetikoa egin ondoren. Birgaitze hori egiteko, estrategia pasiboak aukeratu ditut, hau da, horma eta leihoetan isolamendua ezartzea. Izan ere, eraikin bateko pisu bakarrean egingo genituzke aldaketak, eta beraz, ezingo litzateke isolamendua kanpotik jarri, eraginkorragoa dena, edota teilatuan eguzki-energia aprobetxatzen duten sistemak ezarri, adibidez. Bestalde, isolamendurako erabilitako materialak ahalik eta ekologikoenak izan daitezzen saiatu naiz, bai materialen osakerari dagokionean, bai materialen jatorriari eta horiek ekoizten dituzten enpresei dagokionean. Leihoen kasuan lortu dudana arren, hormarako egur-zuntzeko xafren kasuan ez dut guztiz lortu, Alemaniatik ekarri beharko baitirateke.



Irudia 10: Etxebizitzaren karga termikoak isolamendua jarri aurretik eta ondoren

Grafikoan eraikinaren kanpo-kargak baino ez dira ageri, barneko kargak ez baitira aldatzen. Kargen balioak, balio absolutuan daude adierazita interpretazioa errazteko. 1. eta 2. eranskinetako kalkuluen laburpen tauletan ikus daitekeenez, ordea, lortutako balioak negatiboak dira. Karga termiko totala positiboa baldin bada, etxebizitzaren barnealdea berotu egingo da; negatiboa baldin bada, aldiz, barnealdea hoztu egingo da. Kasu honetan neguko karga termikoak kalkulatzeko ari garenez, zentzua dauka balio negatiboak lortu izanak.

Grafikoan ikus dezakegunez, isolamenduari esker kargak nabarmenki murrizten dira. Murrizketa handiena hutsartean kasuan izan da, hasierako egoeraren %76. Izan ere, beira eta markoaren isolamendua hobetzean, leihoaren transmitantzia $0,7W/m^2K$ -era jaitea lortu dugu, hasierakoa baino ia lau aldiz txikiagoa. Itxituren kasuan halaber, emaitza ona lortu dugula esan genezake, hasierako karga %50 gutxituz. Hala ere, emaitza hori hobea izango litzateke xaffen lodiera handiagoa balitz, transmitantzia eta itxitura osatzen duten geruzen lodiera alderantziz proportzionalak baitira. Baina, isolamendua barrutik egin behar izatean, 2cm baino zabalgoak diren xaflek etxebizitzaren espazioa murriztuko lukete. Bestalde, zubi termiko eta infiltrazioen kasuetan, hurrenez hurren, %47 eta %50eko kargen gutxitzea lortuko genuke isolamenduarekin.

Orotara, barne-kargak ere kontuan hartuz, karga sentikorra %67 murriztuko litzateke, eta bero sorrari dagokion karga desagertzea lortuko genuke, taulan ikus daitezkeen moduan positiboa izatera pasatzen baita. Horrek esan nahi du handiagoa dela beroa sortzen duten barneko eragileek sortzen duten bero sorra, kanpokoek sortzen dutena baino. Beraz, ez genuke karga hori konpentsatu behar. Ondorioz, egiaztatu egin dugu material birziklatu eta ekologikoen bidezko isolamenduari esker, etxebizitza baten eraginkortasun energetikoa hobetu egiten dela. Gainera, irizpide bioklimatikoetan oinarrituta egindako birgaitze energetikoari esker, eskutik doazen bi helburu nagusi lortuko genituzke. Alde batetik, guri interesatzen zaigun etxebizitza edo eraikina eraginkorragoa izatea, eta bestetik, ingurugiroa gutxiago kutsatzea.

Hala ere, azpimarratu beharra dago egindako hurbilpenen ondorioz, lortutako emaitzak ez direla guztiz zehatzak. Baina lortutako balioak onargarriak direla esan dezakegunez, aztertutako bi egoerak konparatu eta lortuko genukeen hobekuntza behatzeko balio digute. Izan ere, lan honen helburua ez zen kalkulu guztiz zehatzak egitea, baizik eta kalkuluak egiteko erabilitako metodoak zein oinarri fisiko dituen aztertzea. Kalkulu zehatzak egiteko, gaur egun hainbat software daude, eta horiek ere lan honetan zehar azaldutakoa dute oinarri.

Amaitzeko, esan beharra dut, graduan zehar ikasitako hainbat kontzeptu beste alor batean zelan aplikatu daitezkeen egiaztatzeaz gain, lan honen bidez, niretzat interesgarria baina ezezaguna zen gai bati buruz asko ikasi dudala. Gainera, aurretik aipatutako guztiaz gain, lan hau egin bitartean, hainbat tresna baliagarri erabiltzen ere ikasi dut. Batez ere, aipagarriak dira, testuak sortzeko LyX programa, eta Photoshop irudi editorea. Azken hau, euskaraz dauden irudi zein grafiko eskasiaren ondorioz, nik neuk horiek sortu ahal izateko ikasi dut.

Eranskinak

1. Kalkulu taula - Egungo egoera

Azterketa-eremua: Etxebizitza	A (m ²): 83	h(m)=2,80	V(m ³)= 232,4	Hilab.:Urtarrila
Udalerrria: Bilbo	i.m.g.a.(m)= 6	P _r (Pa)=101253	ΔT _{L,hiria} (°C)= 3	ΔT _{L,kota} (°C)=0
Barne baldintzak:	T _{L,barne} (°C)= 21	T _{H,barne} (°C)=14,54	φ _{barne} (%)=50	W(g/kg _{al})= 7,79
Kanpo baldintzak: (Pertzentila %99)	T _{L,kanpo} (°C)=4,2	T _{H,kanpo} (°C)=2,47	φ _{barne} (%)=74,75	W(g/kg _{al})= 3,81
	ρ (kg _{al} /m ³)=1,27	ve (m ³ / kg _{al})=0,79	Vhaizea (m/s)=4	

KANPO-KARGAK

Kondukzio-konbekzio bidezko kargak

Kanpo itxura opakuak	A (m ²)	U (W/m ² °C)	ΔT _{L,kanpo-barne} (°C)	Q _{sent} (W)
Horma 1 H	24,93	2,1	-16,8	-879,53
Horma 2 I	12,79	2,1	-16,8	-451,23
Horma 3 M	21,92	2,1	-16,8	-773,34
				-2104,1

Hutsarteak	K	A(m ²)	f _{u,osag}	U _{H,b} (W/m ² °C)	U _{H,m} (W/m ² °C)	MF(%)	ΔT _{L,kanpo-barne} (°C)	Q _{sent} (W)
Handiak	3	2,25	0,68	3,3	2,2	28	-16,8	-306,18
Txikiak	4	1,55	0,68	3,3	2,2	35	-16,8	-274,96
								-581,14

Zubi termikoak	K	L (m)	U (W/m ² °C)	ΔT _{L,kanpo-barne} (°C)	Q _{sent} (W)
Hutsarte handiak	3	6,1	0,33	-16,8	-101,46
Hutsarte txikiak	4	4,98	0,33	-16,8	-110,44
Forjatuak	-	26,38	0,41	-16,8	-181,71
Zutabeak (izkin.)	2	2,80	0,80	-16,8	-75,26
Zutabeak (fatxd.)	3	2,80	0,80	-16,8	-112,89
					-581,76

Infiltrazio bidezko kargak

Hutsarteak	K	A(m ²)	L (m)	ΔP (Pa)	Emaria (m ³ /s)	Q _{sor} (W)	Q _{sent} (W)
Handiak	2	2,25	6,1	7,68	0,006	-80,22	-128,47
Txikiak	2	1,55	4,98	7,68	0,005	-66,85	-107,06
						-147,07	-235,53

kargaren % 50	-73,54	-117,77
Q_{kanpo,tot} (W)	-73,54	-3383,77

BARNE-KARGAK

Pertsonak	K	faldib	G _{sor} (W/perts)	G _{sent} (W/perts)	Q _{sor} (W)	Q _{sent} (W)
Jesarrita atsedenean	2	0,8	26	77	41,6	104,77
					41,6	104,77

Argiztapena	P	A (m ²)	Gargi (W)	C (%)	Q _{sent} (W)
Fluoreszentea	5 W/m ²	11,60	58	50	49,3
Goritasun-lanpara	60 W	-	60	20	75,84
					125,14

Tresnak	P (W/m ²)	A (m ²)	G _{tresnak} (W)	C (%)	Q _{sent} (W)	
Etxebizitzakoak	5	83	415	70	377,65	
					377,65	
Q_{barne,tot} (W)					41,6	607,56

GUZTIRA	Q_{sor} = -31,94 W	Q_{sent} = -2777,21 W
----------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Taula 22: Karga termikoen kalkuluen laburpen taula. Egungo egoeran

2. Kalkulu taula - Birgaitze energetikoaren ondoren

KANPO-KARGAK							
Kondukzio-konbekzio bidez transmititutako beroa							
Kanpo itxitura opakuak		A (m ²)	U (W/m ² °C)			$\Delta T_{L,kanpo-barne}$ (°C)	Q _{sent} (W)
Horma 1 H		24,93	1,01			-16,8	-423,01
Horma 2 I		12,79	1,01			-16,8	-217,02
Horma 3 M		21,92	1,01			-16,8	-371,94
							-1011,97
Hutsarteak	K	A(m ²)	f _{u,osag}	U _H (W/m ² °C)	MF(%)	$\Delta T_{L,kanpo-barne}$ (°C)	Q _{sent} (W)
Handiak	3	2,25	0,68	0,7	28	-16,8	-71,76
Txikiak	4	1,55	0,68	0,7	35	-16,8	-65,6
							-137,36
Zubi termikoak	K	L (m)	U (W/m ² °C)			$\Delta T_{L,kanpo-barne}$ (°C)	Q _{sent} (W)
Hutsarte handiak	3	6,1	0,19			-16,8	-58,41
Hutsarte txikiak	4	4,98	0,19			-16,8	-63,56
Forjatuak	-	26,38	0,35			-16,8	-155,11
Zutabeak (izkin.)	2	2,80	0,22			-16,8	-20,70
Zutabeak (fatxd.)	3	2,80	0,04			-16,8	-5,64
							-303,42
Infiltrazio bidezko kargak							
Hutsarteak	K	A(m ²)	L (m)	ΔP (Pa)	Emaria (m ³ /s)	Q _{sor} (W)	Q _{sent} (W)
Handiak	2	2,25	6,1	7,68	0,003	-40,11	-64,24
Txikiak	2	1,55	4,98	7,68	0,0025	-33,42	-53,53
						-73,53	-117,77
kargaren %50						-36,77	-58,89
Q_{kanpo,tot} (W)						-36,77	-1511,64

GUZTIRA (barne-kargak ere kontuan hartuz)	Q_{sor} = 4,83 W	Q_{sent} = -904,8W
--	---------------------------------	-----------------------------------

Taula 23: Kalkuluen laburpen taula. Birgaitze energetikoa egin ondoren

Erreferentziak

- [1] Pinazo Ojer, J.M., Soto Francés, V., García Lastra, A. (2011). *Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIE - Cálculo de Cargas Térmicas DTIE 7.05*. Madrid: ATECYR
- [2] Red Española de Ciudades por el Clima. Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). *Guía para el desarrollo de normativa local en la lucha contra el cambio climático. Sec.4: Normativa sobre edificación bioclimática*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Web orria: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST297ZI75919&id=75919>
- [3] Energiaren Euskal Erakundea. (2015). Euskadi Energia 2014, Energia Datuak. Web orria: <http://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx?guid=fc0bc51c-1e62-46d2-bf52-4392299c2fdb>
- [4] Energiaren Euskal Erakundea (EEE). (2012). Euskadiko Energia Estrategia 2020. Web orria: http://www.eve.eus/Euskadiko_Energia_Estrategia_2020/index.html#/6/
- [5] Spitler, J.D. (2014). *Load Calculation Applications Manual, Second Edition*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)
- [6] Lamas Sivila, E.V. (2011). *Análisis y propuesta de un nuevo método de simulación abreviado para la certificación en edificios residenciales* (Tesis Doctoral). Universidad Politecnica Valencia, Valencia. doi: [10.4995/Thesis/10251/10986](https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/10986)
- [7] Sustapen Ministerioa. FOM/1653/2013 Ordena (Iraila, 10). Documento básico HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación (CTE). Boletín Oficial del Estado, núm.219, Sec.I, pp.67137-67209. Web orria: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia>
- [8] Industria , Energia eta Turismo Ministerioa. Versión Consolidada del RD 1027/2007 (2013, iraila, 9). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Web orria: <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>
- [9] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). (2010). *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*, Madrid: IDAE. Web orria: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf
- [10] Vanegas, M., Villicaña, E., Arrieta, L. (2015). Quantification and characterization of solar radiation at the department of La Guajira-Colombia by calculating atmospheric transmissivity, *Prospect*, Vol 13, N° 2, 54-63. Web orria: <http://dx.doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>
- [11] Bird, R.E., Hulstrom, R.L. (1981). *A simplified clear sky model for direct and diffuse isolation on horizontal surfaces*. Solar Energy Research Institute, Colorado, EEUU. Web orria: <http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/pdfs/tr-642-761.pdf>

- [12] Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, CEPCO, AICIA. (2010). Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación
- [13] Calvo Busello, J.P. (2012). El Vidrio en la Arquitectura. En R. Hernández_Minguillón, O. Irulegi, M. Aranjuelo_Fernández-Miranda (Eds.), *Arquitectura Ecoeficiente* (Tomo I, pp.147-183). Donostia. UPV/EHUren Argitalpen Zerbitzua
- [14] Díaz Regodón, María Inés, Tenorio Ríos, José Antonio. Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios. I Jornadas de Investigación en Construcción (Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja", Madrid, 2-4 junio 2005): Actas de las Jornadas. Tomo II, pp. 1131-1153.
Web orria: <http://hdl.handle.net/10261/5864>
- [15] Etxebizitza Ministerioa. Real Decreto 314/2006 (Martxoa, 2017). Documento básico HS de Salubridad. Código Técnico de la Edificación (CTE). Boletín Oficial del Estado, núm.74, Sec.I, Suplemento, Fascículo I, pp.121-256.
Web orria: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-salubridad>
- [16] Olivares Santiago, M., Olmo Escribano, R. (Urria-Azaroa, 1994). Los vidrios de baja emisividad. *Materiales de Construcción* (Volumen 44, nº 36, pp. 41-45). Madril. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
Web orria: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/573/621>

