

Annex Núm. 1

EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN L'EDIFICACIÓ

*Índex**1. Disposicions generals*

1.1. Definició

1.1.1. Balanç tèrmic

1.1.2. Necessitats de calor per a la calefacció

1.1.3. Terminologia

1.1.4. Símbols i unitats

1.1.5. Abreviatures

1.2. Àmbit d'aplicació

1.2.1. Limitacions

1.2.2. Referències normatives

1.2.3. Indicacions d'ús de l'annex

1.3. Projecte energètic

1.3.1. Prestacions globals

1.3.2. Prestacions puntuals

2. Requisits generals

2.1. Valors límit i valors objectiu

2.2. Prestacions puntuals

2.2.1. Camp d'aplicació

2.2.2. Coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans

2.2.3. Coeficients lineàrics i puntuals de transmissió tèrmica

2.3. Prestacions globals

3. Càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció

3.1. Generalitats

3.2. Mètode de càlcul

3.3. Valors de càlcul

3.4. Condicions normals d'utilització

3.5. Dades d'entrada

3.5.1. Utilització

3.5.2. Climatologia

3.5.3. Superfícies, llargades i nombres

3.5.4. Característiques dels elements d'envolvent

3.5.5. Dades d'entrada especials

4. Necessitats de calor per a l'aigua calenta sanitària

5. Pèrdues de calor del sistema de calefacció, del sistema de preparació d'aigua calenta sanitària i de fracció útil

5.1. Pèrdues de calor del sistema de calefacció

5.2. Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'aigua calenta sanitària

5.3. Fracció útil

6. Ús d'energia per a aire condicionat

6.1. Generalitats

6.1.1. Casos especials amb exigències particulars de temperatura ambient

6.1.2. Càrregues tèrmiques i aeracions per a les finestres

6.1.3. Temperatura de l'aire interior més elevada a l'estiu

6.2. Exigències constructives

6.3. Producció de fred

6.4. Càlcul del consum de fred

Document A: Categories d'obra i condicions normals d'utilització

Document B: Recapitulatiu dels valors de càlcul

Document C: Caixes d'escala i forats d'ascensor

Document D: Valors indicatius de la fracció útil

Document E: Recull de fórmules

Document F: Índex de consum d'energia

Document G: Catàleg d'elements de construcció

Document H: Llista d'estacions meteorològiques d'Andorra

Document I: Llista de programes informàtics de simulació tèrmica afiliats a l'*International Building Performance Simulation Association*

Document J: Catàleg dels ponts tèrmics més freqüents

1. Disposicions generals

Aquest annex té com a objectiu la utilització racional i econòmica de l'energia per a la calefacció, l'aigua calenta sanitària i l'aire condicionat als edificis. D'aquesta manera, pretén contribuir al disseny d'edificis respectuosos amb el medi ambient i establir les bases de disseny per projectar construccions que necessitin una aportació mínima d'energia. Aquestes bases de disseny, vistes les condicions climàtiques d'Andorra, han de poder evitar la utilització de l'aire condicionat sempre que es pugui.

Només s'ha d'utilitzar l'aire condicionat quan es compleixin les condicions establertes a l'apartat 6.1. Per aquest motiu, totes les al·lusions a necessitats o consums d'energia fan referència a la calefacció i a l'aigua calenta sanitària. No obstant això, si les condicions ja esmentades es compleixen, les al·lusions es fan extenses a l'aire condicionat.

Aquesta és la primera versió d'aquest annex. Amb el temps, s'haurà de modificar o adaptar en funció de les necessitats, de les noves tecnologies o bé d'altres paràmetres de caire mediambiental (per exemple d'emissions de CO₂).

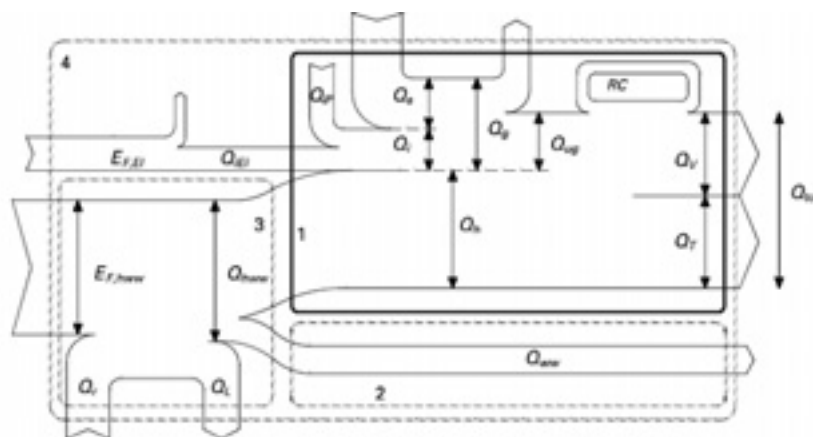
Aquest annex es basa, en gran part, en la norma Suïssa 380/1, edició 2009, publicada per la "Société suisse des ingénieurs et des architectes" (SIA – www.sia.ch), a la qual s'agraeix profundament la seva col·laboració.

1.1. Definició

1.1.1. Balanç tèrmic

El balanç tèrmic d'un edifici constitueix el subjecte principal d'aquesta normativa. Els termes principals d'un balanç energètic es detallen a continuació:

Figura 1. Balanç tèrmic detallat d'un espai sense refrigeració



Taula 1. Índex del balanç tèrmic

1	límit del sistema per determinar les necessitats de calor per a la calefacció
2	límit del sistema per determinar les necessitats de calor per a l'ACS
3	límit del sistema d'instal·lacions de calefacció i producció d'ACS
4	límit del sistema de l'edifici
$E_{F,EI}$	necessitats d'electricitat per a l'enllumenat i per a les instal·lacions tècniques dels edificis
$E_{F,hww}$	necessitats d'energia final per a la calefacció i l'ACS
Q_g	guanyos de calor
Q_h	necessitats de calor per a la calefacció
Q_{hww}	necessitats de calor per a la calefacció i l'ACS
Q_i	guanyos de calor interns
Q_{iEI}	guanyos de calor interns de les instal·lacions elèctriques
Q_{iP}	guanyos de calor interns de les persones
Q_L	pèrdues de calor del sistema de calefacció i producció d'ACS (pèrdues de producció, emmagatzematge i distribució)

Q_r	calor ambiental
Q_s	guanys de calor solars
Q_T	pèrdues per transmissió
Q_{tot}	pèrdues totals
Q_{ug}	guanys de calor útils
Q_V	pèrdues per renovació d'aire
Q_{ww}	necessitats de calor per a l'ACS
RC	recuperació de calor

Les necessitats de calor i energia final, així com els seus components (pèrdues i guanys), s'expressen en relació amb la superfície de referència energètica A_E . Tots aquests valors s'expressen en kWh/m² per període de càlcul o bé per any.

1.1.2. Necessitats de calor per a la calefacció Q_h

Les necessitats de calor per a la calefacció Q_h representen la quantitat d'energia calorífica necessària, en relació amb la superfície de referència energètica A_E , per mantenir, durant un any, un edifici a una temperatura ambient determinada. Resulten de la suma dels balanços mensuals, els quals s'obtenen restant els guanys de calor útils de les pèrdues per transmissió i renovació d'aire. Els guanys de calor útils provenen de la radiació solar (guanys de calor solars), així com de la calor produïda per les persones i els aparells elèctrics (guanys de calor interns).

Els índex energètics (necessitat de calor, necessitat d'energia) s'expressen en valors anuals. El mes constitueix el període sobre el qual es calculen els termes que permeten determinar les necessitats de calor per a la calefacció (pèrdues i guanys de calor). Els resultats mensuals se sumen per obtenir les necessitats anuals.

$$Q_h = \Sigma [Q_T + Q_V - \eta_g (Q_i + Q_s)]$$

Q_h necessitats de calor per a la calefacció

Q_T pèrdues per transmissió

Q_V pèrdues per renovació d'aire

η_g taxa d'utilització dels guanys de calor

Q_i guanys de calor interns

Q_s guanys de calor solars

La taxa d'utilització dels guanys de calor η_g és un factor de reducció que intervé en el balanç energètic estacionari. S'hi introdueix per tal de tenir en compte el comportament dinàmic dels edificis. Els guanys de calor només s'han de tenir en compte si són inferiors a les pèrdues mesurades en el mateix interval de temps.

La taxa d'utilització dels guanys de calor depèn de la inèrcia tèrmica de l'edifici i del quocient entre els guanys i les pèrdues de calor. La comparació amb simulacions dinàmiques confirma que la taxa d'utilització es pot calcular a partir de la fórmula empírica que conté aquests paràmetres.

La taxa d'utilització definida suposa una regulació ideal de les temperatures ambientals. Per tenir en compte una mala explotació dels guanys tèrmics a causa d'una regulació massa lenta o independent de la temperatura dels espais, cal fer una majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$.

La recuperació de calor de les instal·lacions de ventilació mecànica suposa una reducció de les necessitats d'energia.

1.1.3. Terminologia

Els termes que intervenen com a dades d'entrada en el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció estan definits a l'apartat 3.5.

ACS	Sigles que volen dir "aigua calenta sanitària".
Agent energètic	Un agent energètic designa un recurs, una substància o un flux que serveix per produir energia directament o després d'una transformació.
Balanç energètic	Balanç dels fluxos energètics dins d'un edifici tenint en compte les pèrdues i els guanys tèrmics.
Caixa de persiana	Per a les prestacions puntuals requerides: engrandiment de la caixa de persiana de 30 cm d'amplada (en relació amb l'amplada de la finestra) i de 15 cm d'alçada per al revestiment d'aïllant a l'interior.
Canvi d'afectació	Es diu que hi ha un canvi d'afectació d'un edifici o part d'un edifici quan el canvi de les condicions normals d'utilització impliquen un canvi de la temperatura ambient.
Capacitat tèrmica C kWh/K	Capacitat efectiva d'emmagatzematge de la calor de l'espai calefactat per Kelvin, calculada segons la norma EN ISO 13786.
Categoria d'obra	Categoria d'edifici per a cada una de les quals s'han definit unes condicions normals d'utilització i unes exigències quant a necessitats de calor per a la calefacció.

Coeficient de transferència tèrmica específica H W/K	Flux tèrmic cedit a l'ambient exterior per als espais calefactats o refrigerats, dividit per la diferència de temperatura entre els espais calefactats o refrigerats i l'ambient exterior. El coeficient de transferència tèrmica específica no té en compte els fluxos tèrmics cap als espais contigus calefactats o refrigerats.
Coeficient de transmissió tèrmica U, Ψ, χ $W/(m^2K), W/mK, W/K$	Quocient del flux tèrmic per unitat de superfície d'un element de construcció, en règim estacionari, per la diferència de temperatura entre els ambients contigus d'aquest element. El coeficient de transmissió tèrmica pot referir-se a una unitat de superfície, de llargada o bé puntual.
Condicions normals d'utilització	Valors que depenen de l'afectació de l'edifici i que es tenen en compte en el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció d'un projecte en comparació amb la prestació global requerida.
Constant de temps T h	Constant de temps que caracteritza la inèrcia tèrmica de l'espai calefactat. És igual a la capacitat tèrmica dividida pel coeficient de transferència tèrmica de l'edifici.
Edifici	Obra construïda amb fonaments al subsòl o bé reposada en superfície, que ofereix un espai totalment tancat destinat a protegir les persones i les coses d'efectes exteriors, sobretot atmosfèrics. També responen a aquesta definició les construccions mòbils, estacionades o no en un mateix lloc, o bé les construccions desmuntables en servei durant l'època de calefacció.
Edifici nou	Nova construcció. També es consideren noves construccions les parts annexades o les sobreelevacions d'edificis existents, així com tota transformació similar a una nova construcció (per exemple murs interiors).

Elements afectats	Un element està afectat per una transformació si es duen a terme treballs més importants que una reparació menor. Estan afectats per una transformació: - Una coberta nova (o la renovació d'una coberta ja existent). - La renovació de façanes (excepte si només es pinta). - La substitució de finestres i altres elements de façana. Un element està afectat per un canvi d'afectació quan la diferència de temperatura a través de l'element es veu modificada pel canvi d'afectació. Les temperatures ambientals en condicions normals d'utilització són, en aquest cas, determinants.
Envolvent tèrmica de l'edifici	L'envolvent tèrmica de l'edifici es compon de tots els elements de la seva envolvent que delimiten els espais calefactats o refrigerats.
Espai calefactat / refrigerat	Espai tancat a una temperatura de consigna corresponent a una temperatura ambient definida.
Factor de l'envolvent A_{th}/A_E	de Quocient entre la superfície de l'envolvent tèrmica A_{th} i la superfície de referència energètica A_E . Caracteritza la forma i les dimensions de l'edifici.
Factor de reducció de pèrdues contra el terreny b_G	Factor que redueix les pèrdues cap a l'exterior a través d'elements d'envolvent en contacte amb el terreny. Es calcula d'acord amb la normativa EN ISO 13370 per analogia al factor de reducció de pèrdues contra espais no calefactats.
Factor de reducció de pèrdues contra espais calefactats no b_u	Factor que redueix les pèrdues cap a l'exterior quan un espai calefactat està separat de l'exterior per un espai no calefactat. És igual al quocient entre la diferència de temperatura de l'espai calefactat amb l'espai no calefactat i la diferència de temperatura de l'espai calefactat amb la temperatura exterior. Es calcula d'acord amb la normativa EN ISO 13789.

Fracció útil η	Quocient entre els valors mitjans anuals de les necessitats de calor i les necessitats d'energia. En el cas de sistemes separats per a la producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, es distingeix la fracció útil de calefacció η_h i la fracció útil d'ACS η_{ww} . En el cas de sistemes combinats per a la producció de calor per a calefacció i per a l'ACS, s'aplicarà la fracció útil per a calefacció i ACS $\eta_{h,ww}$. La quantitat d'energia d'un combustible prové de la seva calor de combustió (poder calorífic superior).
Guany de calor Q_g kWh/m^2	Suma dels guanys de calor interns i solars per període càlcul (mes).
Guany de calor interns Q_i kWh/m^2	Quantitat de calor dissipada dins de l'espai calefactat per fonts de calor diferents del sistema de calefacció, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).
Guany de calor solars Q_s kWh/m^2	Quantitat de calor entrant dins de l'espai calefactat a través dels elements d'envolvent transparents, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).
Guany de calor útils Q_{ug} kWh/m^2	Part dels guanys de calor mensuals que condueix cap a una disminució de les necessitats d'energia per a la calefacció.
Índex de consum energètic E kWh/m^2	Energia primària total introduïda anualment dins d'un edifici, per unitat de superfície de referència energètica. En aquest annex s'utilitzen els índex parcials de consum energètic per a la calefacció $E_{p,h}$, per a l'ACS $E_{p,ww}$ i per a la calor (calefacció i ACS) $E_{p,hww}$.
Mur cortina	Sistema compost d'elements verticals i horitzontals solidaris i ancorats a l'obra, dotat d'elements de façana que formen una envoltant ininterrompuda, lleugera i integral de la façana. El mur cortina compleix la seva funció normal de mur exterior sense ser un element de càrrega. El sistema també té proteccions contra el sol, sistemes d'utilització activa d'energia solar i mecanismes i

instal·lacions de comanda.

Necessitats d'energia (final) per a l'ACS $E_{F,ww}$ kWh/m²	Energia final que cal donar al sistema de producció d'ACS per cobrir les necessitats de calor que cal per a la producció d'ACS durant un any. Es compon de les necessitats de calor per a l'ACS, de les pèrdues de calor durant la producció, l'emmagatzematge i la distribució d'ACS (incloent-hi el manteniment de la temperatura dins el sistema de distribució). Les necessitats d'energia final per a l'ACS s'expressen en relació amb la superfície de referència energètica i es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats d'energia (final) per a la calefacció i l'ACS $E_{F,hww}$ kWh/m²	Necessitats d'energia per a la calefacció i per a l'ACS. Les necessitats d'energia final es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats d'energia per a la calefacció $E_{F,H}$ kWh/m²	Quantitat d'energia final que cal donar al sistema de calefacció per satisfer les necessitats anuals de calor per a la calefacció. Les necessitats d'energia per a la calefacció es componen de les necessitats de calor per a la calefacció i de les pèrdues tècniques a causa de la producció, l'emmagatzematge i la distribució de la calor. S'expressen en relació amb la superfície de referència energètica i es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats de calor per a l'ACS Q_{ww} kWh/m²	Calor que cal donar al sistema de producció d'ACS per portar el volum d'aigua necessari a temperatura de consigna, per unitat de superfície de referència energètica i per any.
Necessitats de calor per a la calefacció Q_h kWh/m²	Calor que cal donar a l'espai calefactat durant un any o durant l'època de càlcul (mes) per mantenir-lo a la temperatura ambient de consigna, per unitat de superfície de referència energètica.
Pèrdues de calor del sistema de calefacció Q_{Lh} kWh/m²	Part de les necessitats d'energia per a la calefacció que no poden servir per cobrir les necessitats anuals de calor per a la calefacció, per unitat de superfície de referència energètica.

Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'ACS Part de les necessitats d'energia per a la producció d'ACS que no poden servir per cobrir les necessitats anuals de calor per a la producció d'ACS, per unitat de superfície de referència energètica.

Q_{Lww}
kWh/m²

Pèrdues renovació d'aire per Quantitat de calor cedida per l'espai calefactat a l'ambient exterior mitjançant la renovació de l'aire, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).

Q_v
kWh/m²

Pèrdues transmissió per Quantitat de calor cedida per l'espai calefactat a l'ambient exterior per transmissió a través dels elements de l'envolvent tèrmica, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).

Q_T
kWh/m²

Perímetre de balanç Perímetre que delimita l'edifici (o les parts d'envolvent de l'edifici per les quals s'ha de calcular el balanç energètic) i les instal·lacions exteriors que li pertocuen. Indica els límits amb els edificis contigus o amb les parts d'edifici que no s'han de considerar per al càlcul.

Període de càlcul Interval de temps utilitzat pel càlcul de les pèrdues i dels guanys de calor. El període de càlcul més emprat és el mes.

t_c
d

Ponts tèrmics Els ponts tèrmics són perturbacions locals del flux tèrmic dins l'envolvent tèrmica de l'edifici.

Prestació requerida global Qualitat requerida de l'envolvent considerada en el seu conjunt (necessitats de calor per a la calefacció).

Prestacions puntuals requerides Exigències imposades a cada element d'envolvent (o component) que constitueix la superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici. S'han de respectar tret que la justificació d'un aïllament tèrmic suficient faci referència a una prestació global.

Quocient guanys/pèrdues γ		Quocient entre els guanys de calor i la suma de les pèrdues de calor per transmissió i per renovació d'aire, per període de càlcul (mes). Aquest quocient és necessari per determinar la taxa d'utilització dels guanys de calor.
Superfície finestres A_w m^2	de	Superfície de forats reservats a finestres als murs exteriors i a la coberta. En el cas de justificació per prestacions puntuals, el marc de la finestra que es té en compte per calcular el valor U de la finestra no pot sobrepassar 15 cm d'amplada en tots els costats. Les superfícies de marc que sobrepassin aquesta dimensió han de respondre a les exigències de les parts opaques de l'edifici o de les caixes de persiana. En un mur cortina, les dimensions d'obertura i, per consegüent, les superfícies de les finestres, no estan definides. La noció de superfície de finestres no és aplicable. Per tant, no s'autoritza el justificatiu per a prestacions puntuals.
Superfície l'envolvent de l'edifici A_{th} m^2	de tèrmica	Superfície de l'envolvent dels elements (dimensions exteriors) que es tenen en compte en el balanç tèrmic: és a dir, les superfícies en contacte amb l'ambient exterior, amb els espais no calefactats, el terreny i els espais contigus calefactats. Per calcular l'envolvent tèrmica es ponderen les superfícies dels elements d'envolvent A_{th} en contacte amb el terreny i dels espais no calefactats mitjançant els factors de reducció corresponents. Les que estan en contacte amb espais calefactats no es tenen en compte.
Superfície de portes A_d m^2		Superfície de forats reservats a portes als murs exteriors. En el cas de justificació per prestacions puntuals, el marc que es té en compte per calcular el valor U de la porta no pot fer més de 15 cm d'amplada per cada costat. Les superfícies de marc que sobrepassin aquesta dimensió han de respondre a les exigències de les parts opaques de l'edifici o de les caixes de persiana. En un mur cortina, les dimensions d'obertura i, per consegüent, les superfícies de les portes, no estan definides. La noció de superfície de portes no és aplicable. Les portes anomenades "grans portes" són superiors a 6 m^2 i serveixen per al pas de materials i maquinària de transport.

Superfície de referència energètica (SRE) A_E m^2	Total de les superfícies brutes de forjat dels espais calefactats o climatitzats, situats per sota o per sobre del nivell del terreny i compreses a l'interior de l'envolvent tèrmica. No es comptabilitzaran les superfícies brutes de forjat d'una alçada inferior a 1 m.
Taxa d'utilització dels guanys de calor η_g	Factor de reducció que s'aplica als guanys de calor mensuals (interns i solars) per obtenir els guanys útils. La taxa d'utilització dels guanys de calor és igual a la suma anual dels guanys de calor utilitzats dividit per la suma anual dels guanys de calor.
Taxa de cobertura per guanys de calor f_{ug}	Quocient entre els guanys de calor útils i la suma de les pèrdues de calor per transmissió i per renovació d'aire (mitjana anual).
Temperatura ambient θ_o $^{\circ}C$	Mitjana aritmètica entre la temperatura de l'aire i la temperatura radiant mitjana al centre d'un espai. La consigna de la temperatura ambient (temperatura de consigna) és el valor que la calefacció ha de mantenir com a temperatura ambient.
Temperatura exterior θ_e $^{\circ}C$	Temperatura mitjana de l'aire exterior durant el període de càlcul (mes). θ_{ea} és la temperatura mitjana anual.
Transformació	En el sentit d'aquesta normativa, un arranjament total o parcial d'un edifici, la magnitud del qual supera els simples treballs de manteniment o reparacions menors, es considera una transformació. Generalment, tota obra que impliqui la necessitat d'un permís d'obra major.
Valors de càlcul	Valors típics que s'han d'utilitzar per a l'establiment de la justificació, a defecte d'altres valors més precisos i provats.
Valors límit	Els valors límit corresponen a les exigències mínimes amb els mitjans tècnics actuals i que són suportables des d'un punt de vista econòmic.

Valors objectiu	Valors que es poden assolir gràcies a una combinació judiciosa d'elements de l'envolvent i de components energèticament eficients o de tecnologies existents.
Valors útils	Valors característics d'un producte que han de respondre a condicions d'utilització particulars prescrites segons unes regles determinades de manera consensuada. Els valors útils per a la conductivitat tèrmica són vàlids dins la construcció estàndard amb les condicions habituals de l'espai construït per a la climatologia andorrana. Són aplicables per als càlculs energètics i les justificacions.

1.1.4. Símbols i unitats

Lletres llatines

Símbol	Terme	Unitat
A_d	Superfície de portes	m^2
A_E	Superfície de referència energètica	m^2
$A_F, A_{Fe}, A_{Fu}, A_{FG}$	Superfície de forjats (contra l'exterior, espai no calefactat, el terreny)	m^2
A_P	Superfície per persona	m^2/P
A_R, A_{Re}, A_{Ru}	Superfície de coberta o de sostre (contra l'exterior o espai no calefactat)	m^2
A_{th}	Superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici	m^2
$A_W, A_{We}, A_{Wu}, A_{WG}, A_{Wn}$	Superfície de murs (contra l'exterior, espais no calefactats, el terreny, adjacents)	m^2
$A_w, A_{wH}, A_{wS}, A_{wE}, A_{wW}, A_{wN}$	Superfície de finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord	m^2
a, a_0	Paràmetres numèrics necessaris per al càlcul de la taxa d'utilització	-
b_G, b_{GW}, b_{GF}	Factor de reducció de pèrdues cap al terreny (a través de murs o forjats)	-
$b_u, b_{uR}, b_{uW}, b_{uF}$	Factor de reducció de pèrdues cap a espais no calefactats (a través de murs, sostres i forjats)	-
C	Capacitat tèrmica	kWh/m^2
E	Necessitats d'energia o d'índex de consum energètic	kWh/m^2
$E_{F,EI}$	Necessitats d'electricitat per any	kWh/m^2

$E_{F,h}, E_{f,ww}$	Necessitats d'energia final per a la calefacció, necessitats d'energia final per a l'ACS per any	kWh/m ²
$E_{P,h}, E_{P,ww}, E_{P,hww}$	Índex parcials de consum d'energia per a la calefacció, per a l'ACS, per a la calefacció i l'ACS per any	kWh/m ²
F_F	Part vidriada de la finestra	-
$F_S, F_{SH}, F_{SS}, F_{SE}, F_{SW}, F_{SN}$	Factor d'ombra a causa de l'efecte d'ombres permanents (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord)	-
f_{EI}	Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	-
f_g	Part de superfície vidriada	-, %
$G_s, G_{sH}, G_{sS}, G_{sE}, G_{sW}, G_{sN}$	Radiació solar global mensual (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord)	kWh/m ²
$g, g_{\perp}$	Taxa de transmissió d'energia global (en general, per llum incident perpendicular)	-
H	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'edifici	W/K
H_{iu}	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'espai calefactat cap a un espai no calefactat	W/K
H_{ue}	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'espai calefactat cap a l'exterior	W/K
h	Altitud respecte del nivell del mar	m
$l_{RW}, l_{WF}, l_B, l_w, l_F$	Llargada dels ponts tèrmics lineals (coberta/mur, forjat inferior, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl)	m
P_{FG}	Contorn de superfícies de forjat en contacte amb el terreny A_{FG}	m
$Q_F, Q_{Fe}, Q_{Fu}, Q_{FG}$	Pèrdues per transmissió a través del forjat (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat, cap al terreny)	kWh/m ²
Q_g	Guanys de calor, per mes	kWh/m ²
$Q_h, Q_{h,li}, Q_{h,li0}, Q_{h,ta}$	Guanys de calor per a la calefacció, per any (total, valor límit, valor de base, valor objectiu)	kWh/m ²
Q_i, Q_{iEI}, Q_{iP}	Guanys de calor interns (total, electricitat, persones), per mes	kWh/m ²
Q_{Lh}	Pèrdues de calor del sistema de calefacció, per any	kWh/m ²
Q_{Lww}	Pèrdues de calor del sistema de producció i distribució d'ACS, per any	kWh/m ²
$Q_l, Q_{lRW}, Q_{lWF}, Q_{lB}, Q_{lW}, Q_{lF}$	Pèrdues per transmissió a través dels ponts tèrmics lineals (sostre/mur, forjat inferior, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl), per mes	W/(m.K)
Q_P	Quantitat de calor mitjana dissipada per una persona	W/P

Q_p	Pèrdues per transmissió de ponts tèrmics puntuals (pilars, suports, consoles), per mes	W/K
Q_R, Q_{Re}, Q_{Ru}	Pèrdues per transmissió a través de coberta o forjat (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat), per mes	kWh/m ²
$Q_s, Q_{sH}, Q_{sS}, Q_{sE}, Q_{sW}, Q_{sN}$	Guanys de calor interns (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord), per mes	kWh/m ²
Q_T	Pèrdues per transmissió, per mes	kWh/m ²
Q_{tot}	Pèrdues totals, per mes	kWh/m ²
Q_{ug}	Guanys de calor útils, per mes	kWh/m ²
Q_V	Pèrdues per renovació d'aire, per mes	kWh/m ²
$Q_W, Q_{We}, Q_{Wu}, Q_{WG}, Q_{Wn}$	Pèrdues per transmissió a través dels murs (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat, cap al terreny, cap a espais adjacents), per mes	kWh/m ²
$Q_{w}, Q_{wH}, Q_{wS}, Q_{wE}, Q_{wW}, Q_{wN}$	Pèrdues per transmissió de finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord, per mes	kWh/m ²
Q_{ww}	Necessitats de calor per a l'ACS, per any	kWh/m ²
R_{se}	Resistència tèrmica superficial exterior	m ² .K/W
t_c	Durada del període de càlcul	d
t_p	Durada de presència de persones	h/d
$U_F, U_{Fe}, U_{Fu}, U_{FG}, U_{FG0}$	Coeficient de transmissió tèrmica del forjat (contra l'exterior, contra espais no calefactats, contra el terreny, contra el terreny quan $R_{SE} = 0$)	W/(m ² .K)
U_R, U_{Re}, U_{Ru}	Coeficient de transmissió tèrmica de la coberta o del sostre (contra l'exterior, contra espais no calefactats)	W/(m ² .K)
$U_W, U_{We}, U_{Wu}, U_{WG}, U_{Wn}, U_{WG0}$	Coeficient de transmissió tèrmica dels murs (contra l'exterior, contra espais no calefactats, contra el terreny, contra espais adjacents, contra el terreny quan $R_{SE} = 0$)	W/(m ² .K)
$U_w, U_{wH}, U_{wS}, U_{wE}, U_{wW}, U_{wN}$	Coeficient de transmissió tèrmica de les finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord	W/(m ² .K)
$V, V_{sup}, V_{ex}, V_{th}$	Cabal d'aire (general, injectat, extret, tèrmicament actiu)	m ³ /h
V_x, V_0	Cabal d'aire a través de les inestabilitats de l'envolvent tèrmica de l'edifici quan les instal·lacions de ventilació estan en marxa, aturades	m ³ /h
V_{ww}	Quantitat d'ACS	m ³ /m ²
z	Nombre de ponts tèrmics puntuals	-

Lletres gregues

Símbol	Terme	Unitat
β (beta)	Temps de funcionament de la instal·lació de ventilació, en relació amb el període de càlcul	-
γ (gamma)	Quocient entre els guanys de calor totals i les pèrdues totals	-
$\Delta Q_{h,li}$ (delta)	Factor de correcció per calcular el valor límit de les necessitats de calefacció	kWh/m ²
$\Delta\theta_o$	Majoració de la temperatura ambient a causa d'una regulació poc eficient	K
η_g (eta)	Taxa d'utilització dels guanys de calor	-
$\eta_h, \eta_{ww}, \eta_{hww}$	Fracció útil de calefacció, d'ACS, de calefacció i ACS	-
$\eta_{rec,V}$	Eficàcia del sistema de recuperació de calor	-
θ_e, θ_{ea} (theta)	Temperatures exteriors (mitjana del període de càlcul, mitjana anual)	°C
$\theta_{h,max}$	Temperatura d'inici de calefacció a temperatura exterior de dimensionament	°C
$\theta_o, \theta_{oc}, \theta_{on}, \theta_u$	Temperatura ambient, temperatura ambient majorada en funció de la regulació, temperatura ambient d'un espai calefactat contigu, temperatura ambient d'un espai no calefactat	°C
θ_{ww}	Temperatura de l'ACS al punt de consum	°C
θ_{ww0}	Temperatura de l'aigua freda a l'entrada de l'edifici	°C
$\rho_a \cdot c_a, \rho_w \cdot c_w$ (rho)	Capacitat tèrmica volumètrica de l'aire, de l'aigua	kWh/(m ³ ·K)
τ (to)	Constant de temps que caracteritza la inèrcia tèrmica de l'espai calefactat	h
T_0	Constant de temps que caracteritza la taxa d'utilització	h
χ (chi)	Coeficient puntual de transmissió tèrmica (pilars, suports)	W/K
$\Psi, \Psi_{RW}, \Psi_{WF}, \Psi_B, \Psi_w, \Psi_F$ (psi)	Coeficient linèic de transmissió tèrmica (sostre/mur, forjat de l'edifici, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl)	W/(m.K)

1.1.5. Abreviatures

Les abreviatures provenen, en gran majoria, de l'anglès, idioma de les normes europees.

	català	anglès
B	balcó	balcony
E	est	east
El	electricitat	electricity
F	final	final
F	forjat	floor
F	marc	frame
G	terreny	ground
H	horitzontal	horizontal
L	pèrdua	loss
N	nord	north
P	persona	person
P	primària	primary
R	coberta	roof
S	sud	south
S	ombra	shade
St	caixa d'escala	staircase
T	transmissió	transmission
V	ventilació	ventilation
W	oest	west
W	mur, paret	wall
a	anual	annual
c	càlcul	computation
c	regulació	control
d	distribució	distribution
d	porta	door

e	exterior	external
e	complementària	extra
ex	aire extret	exhaust air
g	guany	gain
ge	generació	generation
h	calefacció	heating
hww	calefacció i ACS	heating and warm water
i	interior	internal
j, k	índex auxiliars	indices
l	lineal	linear
li	límit	limit
n	contigu, adjacent	neighbour
o	operatiu	operational
p	puntual	pont
rec	recuperació	recovery
s	solar	solar
s	superfície	surface
sup	aire injectat	supply air
ta	valor objectiu	target value
th	tèrmic	thermal
tot	total	total
u	no calefactat	unheated
ug	guanys útils	used gains
w	finestra	window
w	aigua	water
ww	aigua calenta sanitària (ACS)	warm water
0	valor de referència	reference value

1.2. Àmbit d'aplicació

1.2.1. Limitacions

Aquest annex tracta les necessitats d'energia per a calefacció, per a aire condicionat i per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS).

S'aplica a tot edifici calefactat a una temperatura interior superior a 10 °C. El camp d'aplicació de les prestacions requerides pels edificis nous, pels elements d'envolvent nous, pels edificis reformats i pels canvis d'afectació estan definits en l'article 2.1.

Aquest annex no tracta el dimensionament eficaç d'equips de calefacció, aire condicionat i ACS.

Aquest annex no tracta la utilització racional de l'electricitat.

1.2.2. Referències normatives

El text d'aquesta normativa fa referència a les publicacions següents i en particular a la darrera edició:

EN ISO 6946: 2007	Components i tancaments d'edificis – Resistència tèrmica i coeficient de transmissió tèrmica
EN ISO 7730: 2007	Ergonomia dels ambients tèrmics – Determinació analítica i interpretació del confort tèrmic per calcular els índex PMV i PPD i pels criteris de confort tèrmic local
EN ISO 13363-1: 2003	Dispositius de protecció solar combinats amb vidres – Càlcul del factor de transmissió solar i llumínica (part 1)
EN ISO 13363-2: 2005	Dispositius de protecció solar combinats amb vidres – Càlcul del factor de transmissió solar i llumínica (part 2)
EN ISO 13370: 2007	Prestacions tèrmiques dels edificis – Transferència de calor per terra
EN ISO 13786: 2007	Prestacions tèrmiques dels components dels edificis – Característiques tèrmiques dinàmiques
EN ISO 13789: 2007	Prestacions tèrmiques dels edificis – Coeficient de transferència tèrmica per transmissió i renovació d'aire
EN ISO 13790: 2008	Prestacions tèrmiques dels edificis – Càlcul de necessitats d'energia per a la calefacció i la climatització dels espais
EN ISO 13791: 2004	Prestacions tèrmiques dels edificis – Temperatura interior a l'estiu d'un espai no climatitzat
EN ISO 13947: 2006	Prestacions tèrmiques de parets lleugeres – Càlcul del coeficient de transmissió tèrmica

1.2.3. Indicacions d'ús de l'annex

Les exigències imposades a l'envolvent estan definides mitjançant valors límit i valors objectiu o bé mitjançant coeficients de transmissió tèrmica (valor U , Ψ i χ) dels elements que constitueixen l'envolvent pel que fa a prestacions puntuals requerides. Pel que fa a prestacions globals requerides, caldrà controlar per separat si cada element de l'envolvent respon a la normativa en qüestió.

Els grans edificis compactes tenen, per un mateix grau d'aïllament tèrmic, necessitats de calor per a la calefacció més baixes que les construccions petites poc compactes. Per tal de tenir en compte aquest fet, les prestacions globals requerides s'han definit en funció del factor d'envolvent A_{th}/A_E . Els grans edificis compactes tenen un factor d'envolvent comprès entre el 0,4 i el 0,8 mentre que els edificis petits i poc compactes el tenen de 2 o més. Els valors límit augmenten amb el factor d'envolvent.

És un cas similar a l'anterior el de la relació entre les prestacions globals requerides i la temperatura exterior. Als edificis situats en zones amb temperatura mitjana anual més baixa s'hi aplicaran valors límit i valors objectiu més exigents. Per assolir aquestes prestacions, caldrà que presentin un grau d'aïllament tèrmic superior als edificis situats en zones més temperades.

Es defineixen 12 categories d'edificis amb les seves condicions normals d'utilització corresponents. Els valors límit i els valors objectiu difereixen per a cada categoria a causa de les diferències d'ús de cadascun, en particular pel que fa als cabals d'aire nou. Per a un edifici amb una temperatura ambient més alta o més baixa, s'aplica una compensació parcial: els valors límit i els valors objectiu seran més alts per a un edifici amb temperatura ambient més elevada. No obstant això, haurà de presentar valors de U més baixos per assolir les prestacions requerides.

La precisió de càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció depèn de les dades d'entrada. Durant la primavera i la tardor, als edificis amb poques necessitats de calor per a calefacció, la diferència entre les pèrdues i els guanys útils és molt petita. Això interfereix d'una manera desfavorable sobre la precisió del càlcul. Es recomana un càlcul d'incertesa quan es pronostiquin les necessitats energètiques d'un edifici projectat o bé quan, per a un edifici determinat, les necessitats d'energia per a calefacció obtinguts per càlcul es comparin amb els realment mesurats. A la norma EN ISO 13790 es poden trobar d'altres indicacions sobre la precisió de la metodologia i un exemple de càlcul d'incertesa.

De la mateixa manera que a la norma EN ISO 13790, aquest annex només conté definicions de la fracció útil per a sistemes de calefacció i d'aigua calenta sanitària. El Document D recull uns valors indicatius corresponents a la metodologia. Per a sistemes complexos de producció de calor, en particular els que utilitzen energia solar, bombes de calor, cogeneració, etc., cal recórrer a mètodes de càlcul més detallats.

1.3. Projecte energètic

1.3.1. Prestacions globals

El document relatiu a la justificació del càlcul d'eficiència energètica dels edificis que cal adjuntar ha de contenir les dades següents:

Descripció de l'edifici

- La categoria de l'obra (nova, reforma, canvi d'ús)
- El lloc i l'altitud de l'obra
- La superfície de referència energètica A_E
- El factor d'envolvent A_{th}/A_E

Dades climàtiques

- L'estació meteorològica utilitzada, així com l'altitud
- La temperatura mitjana exterior
- La temperatura interior considerada
- El factor de correcció de temperatura

Balanç tèrmic

- El total de les pèrdues energètiques $Q_t = Q_T + Q_V$
- El total dels guanys útils $Q_{ug} = \eta_g \cdot (Q_{iE} + Q_{iP} + Q_s)$
- Les necessitats de calefacció $Q_h = Q_t - Q_{ug}$
- El valor límit $Q_{h,li}$
- El valor objectiu $Q_{h,ta}$
- Les necessitats d'ACS Q_{ww}

Balanç energètic

- L'energia final EF per Q_h i per Q_{ww}
- L'energia primària $E_{P,hww}$

1.3.2. Prestacions puntuals

Descripció de l'edifici

- La categoria de l'obra (nova, reforma, canvi d'ús)
- El lloc i l'altitud de l'obra

Valors puntuals

Coeficients de transmissió tèrmica d'elements plans U

☐	Valors per a elements d'envolvent nous
☐	Valors per a elements d'envolvent afectats per una transformació o un canvi d'afectació
☐	Valors que permeten evitar la justificació de ponts tèrmics

		De projecte	Límit
Elements opacs	U coberta		
	U sostre		
	U mur		
	U forjat		
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	U sostre		
	U mur		
	U forjat		
Finestres	U finestra		
Finestres amb cos calefactor	U finestra		

Coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica

Coeficients de transmissió linèics Ψ			
Tipus 1	Ψ Balcons		
	Ψ Front de forjat de coberta		
Tipus 2	Ψ Mur-forjat-mur		
	Ψ Mur-paret int-mur		
Tipus 3	Ψ Mur-mur		
	Ψ Forjat-mur		
Tipus 4	Ψ Ampit de finestra		

Coeficients de transmissió linèics χ			
Tipus 5	χ Suports, fixacions		

2. Requisits generals**2.1. Valors límit i valors objectiu**

Els resultats de càlcul d'un projecte es comparen amb els valors límit i amb els valors objectiu.

Els valors límit s'han de respectar escrupolosament per als edificis nous.

En cas d'haver-hi transformacions i canvis d'afectació, o es fa referència a una prestació global i es respecta el valor límit aplicat a la transformació, o bé es fa referència a prestacions puntuals i cada element antic concernit i els nous elements de construcció han de respectar el valor límit corresponent. Els nous elements d'envolvent han de respectar els valors límit per als edificis nous, els elements afectats per la transformació o el canvi d'afectació han de respectar els valors límit per a edificis transformats. La prestació global ha de tenir en compte tots els espais que comporten elements concernits per la transformació o pel canvi d'afectació.

S'ha de pretendre assolir els valors objectiu.

El respecte de les exigències quant a la protecció contra la humitat i la protecció tèrmica tant al hivern com a l'estiu és sempre obligatori.

2.2. Prestacions puntuals**2.2.1. Camp d'aplicació**

La justificació per prestacions puntuals és més senzilla que la que fa referència a prestacions globals, ja que no necessita el càlcul de les necessitats de calor per a calefacció. Les prestacions puntuals requerides estan fixades de manera que, si s'assoleixen, la prestació global requerida corresponent generalment també s'assoleix.

En lloc de les prestacions puntuals, és possible referir-se a una justificació per prestació global, ja que deixa més marge de maniobra a la utilització de solucions més econòmiques. El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció suposa, en aquest cas, una optimització del projecte. Considerar la construcció en el seu conjunt també permet evitar possibles danys o desperfectes que podrien ocasionar unes mesures de reforma puntuals.

Tots els elements plans i tots els ponts tèrmics de l'envolvent requereixen la justificació per prestacions puntuals. Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i que, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, no es requereix cap prestació puntual per als elements dels subsòls no calefactats. Vegeu el Document C.

Una justificació per prestacions puntuals no es pot admetre en cas de murs cortina o de finestres amb una taxa de transmissió d'energia global inferior a 0,3.

2.2.2. Coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans

Els coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans (valors U) es calculen segons la normativa EN ISO 6946: 2007. Com a valors de conductivitat tèrmica dels materials i dels materials aïllants, s'utilitzaran els valors del Document G.

Quan es determini el valor U d'un element d'envolvent, els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, elements d'ancoratge, etc.) s'han de tenir en compte. Es calculen amb els valors d'aproximació per als elements compostos segons la norma EN ISO 6946, apartat 6.2. Per als elements compostos com poden ser finestres, portes, elements de façana prefabricada, etc., s'ha de calcular o mesurar el valor U mitjà de l'element.

Els valors límit i els valors objectiu segons la taula 2 s'apliquen als coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans.

Taula 2. Valors límit i valors objectiu dels coeficients de transmissió tèrmica U per una temperatura ambient de 20 °C

Element d'envolvent contra element de construcció	Valors límit U_{li} W/(m ² .K)		Valors objectiu U_{ta} W/(m ² .K)	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,20	0,25	0,09	0,15
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,20	0,28	0,11	0,15
Finestres, portes-finestra ¹	0,20	0,25	0,09	0,15
Finestres amb cos calefactor en aplic ²	1,3	1,6	0,90	1,1
Portes	1,0	1,3	0,80	1,0
Portes superiors a 6 m ²	1,3	1,6	1,1	1,3
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
Caixes de persiana	0,50	0,50	0,30	0,30

¹ Durant el càlcul del coeficient de transmissió tèrmica òptim de finestres i portes-finestra, convé tenir en compte el fet que una disminució del coeficient de transmissió tèrmica implica generalment una disminució de la taxa de transmissió d'energia global i, per consegüent, una disminució dels guanys de calor solar.

² Els cossos calefactats no es consideren en aplicació si hi ha una pantalla (element que dificulti la transferència d'energia) entre el cos calefactor i la finestra.

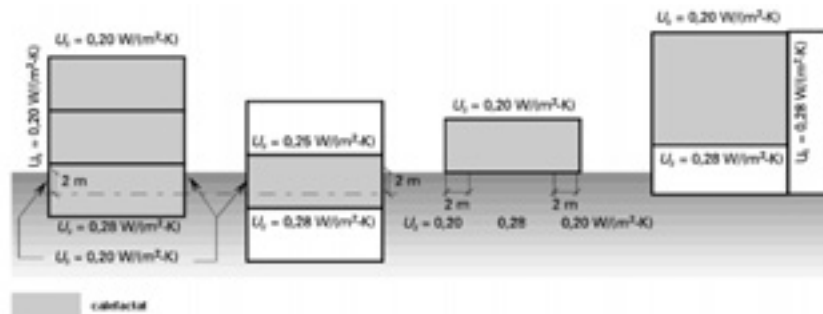
Per als elements d'envolvent soterrats, el valor de projecte es calcula sense prendre en consideració l'efecte aïllant del terreny i sense resistència tèrmica superficial ($R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

Els valors límit i els valors objectiu per a les finestres, les portes-finestra i les portes (tret de les portes superiors a 6 m^2) són vàlids per a una finestra amb vidre i marc normalitzats o per a una porta normalitzada (finestra normalitzada: finestra de dos batents amb una superfície d' $1,55 \times 1,15 \text{ m}$; porta normalitzada: porta d'una batent amb una superfície d' $1 \times 2 \text{ m}$).

Quan es tracta d'elements d'envolvent contra espais no calefactats o en contacte amb el terreny, també és possible demostrar mitjançant un càlcul, segons la normativa EN ISO 13789 o EN ISO 13370, que tenint en compte l'efecte dels espais no calefactats i del terreny en el càlcul del valor U , no se sobrepassen els valors límit ni els valors objectiu definits pels elements exposats a l'aire exterior.

Quan la temperatura ambient θ_i definida a les condicions normals d'utilització de la categoria a la qual pertany l'edifici o part de l'edifici és inferior o superior a 20°C , els valors límit i els valors objectiu s'han de majorar o reduir respectivament un 5% per Kelvin de diferència (és a dir, que s'obtidran valors límit i valors objectiu més baixos per a temperatures ambients més elevades).

Figura 2. Valors límit per coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans



En cas de transformació o canvi d'afectació, els valors límit i els valors objectiu per als diversos elements opacs afectats per la transformació o el canvi d'afectació són els de la taula 2a en lloc dels valors de la taula 2.

Taula 2a. Valors límit i valors objectiu dels coeficients de transmissió tèrmica U per als elements plans afectats per una transformació o un canvi d'afectació, per una temperatura ambient de 20 °C

	Valors límit U_{li} $W/(m^2.K)$		Valors objectiu U_{ta} $W/(m^2.K)$	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Element d'envolvent contra element de construcció				
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,25 0,25	0,28 0,30	0,15 0,15	0,20 0,20
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,25	0,28	0,15	0,20
Finestres, portes-finestra	1,3	1,6	0,90	1,1
Finestres amb cos calefactor en aplic	1,0	1,3	0,80	1,0
Portes	1,3	1,6	1,1	1,3
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
Caixes de persiana	0,50	0,50	0,30	0,30

2.2.3. Coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica

Els ponts tèrmics s'han d'evitar. Els coeficients de transmissió tèrmica dels ponts tèrmics que no es puguin evitar s'han de reduir al màxim.

Els coeficients de transmissió tèrmica lineals i puntuals es calculen segons la normativa EN ISO 10211. Es calculen sempre en dimensions exteriors.

Els coeficients de transmissió tèrmica dels ponts tèrmics lineals i puntuals depenen dels valors U dels elements d'envolvent plans adjacents (valor Ψ i χ respectivament, augmenten quan els valors U disminueixen). Amb l'objectiu de no penalitzar les obres que presentin un valor U millor que el valor límit exigít, es poden utilitzar els valors límit de la taula 2 per determinar els coeficients linèics i puntuals de transmissió (Ψ i χ respectivament) en el càlcul de transmissió U dels elements d'envolvent plans adjacents, en lloc dels valors del projecte.

Per als ponts tèrmics lineals i puntuals d'edificis nous i dels nous elements de construcció que apareixen en les transformacions o els canvis d'afectació, els valors límit que cal respectar en el cas d'una justificació de prestacions puntuals són els de la taula 3.³ El justificatiu del compliment dels valors límit dels ponts tèrmics no s'exigeix quan els elements d'envolvent respecten els valors reforçats de la taula 2b.

³ El compliment dels valors límit i dels valors objectiu no significa que les exigències relatives al factor de temperatura de superfície f_{Rsi} es respecti. Un valor de Ψ o de χ inferior no implica sempre un valor f_{Rsi} alt. Convé, per tant, verificar l'exigència relativa a la protecció contra la humitat, independentment de les exigències relatives als ponts tèrmics.

Taula 2b. Valors límit dels coeficients de transmissió tèrmica per als elements plans, per una temperatura ambient de 20 °C, que permeten evitar l'establiment d'una justificació dels ponts tèrmics

Element d'envolvent contra element de construcció	Valors límit U_{li} $W/(m^2.K)$	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,17	0,25
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,17	0,25
Finestres, portes-finestra	1,3	1,6
Finestres amb cos calefactor en aplic	1,0	1,3
Portes	1,3	1,6
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0
Caixes de persiana	0,50	0,50

Quan els ponts tèrmics es combinen (per exemple portes-finestra i balcons), els valors de projecte s'han de calcular de manera separada i s'han de comparar amb els valors límit.

Per a transformacions, els ponts tèrmics dels elements d'envolvent adjacents afectats per la transformació s'han d'eliminar o bé reduir si resulta tècnicament possible i si és viable econòmicament.

Els ponts tèrmics geomètrics que presenten un aïllament tèrmic ininterromput i de gruix constant (per exemple les cantonades) poden obviar-se. Els ponts tèrmics de repetició (cabirons, enllatats i punts d'ancoratge) s'han de tenir en compte segons l'apartat 2.2.2. dins dels elements d'envolvent plans.

No hi ha cap valor límit per als ponts tèrmics de formigó presents al subsòl i que són necessaris per raons estàtiques o d'estanquitat.

No hi ha adaptació dels valors límit a la temperatura ambient ni a la temperatura mitjana anual.

Taula 3. Valors límit i valors objectiu dels ponts tèrmics lineals i puntuals

Coeficient lineal de transmissió tèrmica Ψ		Valor límit Ψ_{li} W/(m.K)	Valor objectiu Ψ_{ta} W/(m.K)
Tipus 1	Parts sortints (balcons, front de forjat de coberta)	0,30	0,15
Tipus 2	Interrupció de l'envolvent aïllant per una paret o pel sostre (per exemple: un aïllament interior interromput per una paret interior o per un forjat)	0,20	0,10
Tipus 3	Interrupció de l'envolvent aïllant a les arestes verticals	0,20	0,10
Tipus 4	Ampit de finestra	0,10	0,05

Coeficient puntual de transmissió tèrmica χ		Valor límit χ_{li} W/K	Valor objectiu χ_{ta} W/K
Tipus 5	Elements puntuals que travessen l'aïllant tèrmic (per exemple: pilars, suports, fixacions, etc.)	0,30	0,15

2.3. Prestacions globals

No s'exigeix cap prestació energètica puntual si s'assoleix la prestació global.

El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'efectua segons s'indica al paràgraf 3.

Per definir la prestació global (valors límit i valors objectiu), cada edifici s'ha d'integrar a dins d'una de les 12 categories d'obres. Quan un edifici es compon de zones que corresponen a diverses categories d'obres, cada zona s'assimilarà a la categoria corresponent. Quan el conjunt de zones assimilades a d'altres categories diferents de la zona principal cobreixen juntes menys del 10% de la superfície de referència energètica A_E és possible, per tal de simplificar els càlculs, assimilar-les totes a la categoria principal. Una part d'edifici pot ser assimilada a una categoria d'obra amb més superfície de referència energètica si a les condicions d'utilització d'aquesta darrera categoria hi figura una temperatura ambient igual o superior. Els edificis ocupats temporalment (per exemple cases de colònies, segones residències) s'han de tractar com edificis utilitzats de manera permanent.

A cada categoria d'obra corresponen condicions normals d'utilització (vegeu l'apartat 3.5.1. i el Document A). Quan les necessitats de calor per a la calefacció es comparen als valors límit i valors objectiu, o bé a exigències legals, el càlcul s'ha d'efectuar imperativament i s'han de fer servir les condicions normals d'utilització.

Els valors de condicions normals d'utilització són dades espacials i temporals mitjanes representatives de tot l'espai calefactat, és a dir, incloent-hi els espais de servei i les superfícies de circulació. Aquests valors són els valors típics de cada categoria d'edifici.

Els valors límit $Q_{h,li}$ es defineixen en funció del factor d'envolvent A_{th}/A_E , és a dir, en funció de la relació entre la superfície d'envolvent tèrmica de l'edifici A_{th} i la superfície de referència energètica A_E . La superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici és igual a la suma de les superfícies dels elements de superfície que intervenen en el càlcul de les necessitats de calor per a calefacció i que determinen el límit del sistema dins el balanç tèrmic. Les superfícies contra espai no calefactats o en contacte amb el terreny s'han de ponderar amb un factor de reducció. Les superfícies contra els espais calefactats no es tenen en compte.

$$A_{th} = \sum_j A_{e,j} + \sum_k b_{uk} \cdot A_{uk} + \sum_l b_{Gl} \cdot A_{Gl}$$

A_{th} superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici

$A_{e,j}$ superfícies en contacte amb l'exterior

b_{uk} factor de reducció de les pèrdues contra espais no calefactats (apartat 3.5.4, paràgraf 6)

A_{uk} superfícies contra espais no calefactats

b_{Gl} factor de reducció de les pèrdues cap al terreny (apartat 3.5.4, paràgraf 8)

A_{Gl} superfícies en contacte amb el terreny

Per edificis que impliquen diverses categories d'obres, el valor límit i el valor objectiu del conjunt de l'edifici es calcula a partir de la mitjana dels valors límit i dels valors objectiu de les diverses zones, ponderades en funció de la seva superfície de referència energètica A_E . En el cas de la construcció d'un annex a un edifici existent o d'una sobrelevació, el factor d'envolvent es pot referir tant a la nova part únicament com al conjunt de l'edifici.

Els valors límit per als edificis nous es calculen segons la fórmula següent i amb els valors de la taula 4.

$$Q_{h,li} = Q_{h,li0} + \Delta Q_{h,li} \cdot (A_{th}/A_E)$$

Taula 4. Valors límit de les necessitats de calor anuals per a la calefacció d'edificis nous per una temperatura exterior anual mitjana Θ_{ea} de 8,5 °C

Categoria d'obres		Valor límit	
		$Q_{h,li0}$ kWh/m ²	$\Delta Q_{h,li}$ kWh/m ²
I	edifici plurifamiliar	15	18
II	edifici unifamiliar	18	18
III	administració	18	24
IV	escoles	19	19
V	comerç	14	18
VI	restauració	26	21
VII	llocs d'oci	26	21
VIII	hospitals	22	22
IX	indústria	17	19
X	magatzems	17	19
XI	instal·lacions esportives	21	19
XII	piscines cobertes	19	25

Al Document A s'hi troba una descripció detallada de les categories d'obres.

Els valors límit obtinguts són vàlids per a una temperatura mitjana anual θ_{ea} de 8,5 °C. Aquests valors s'han de majorar o de reduir un 8% quan la temperatura mitjana anual és més baixa o més alta, respectivament, d'un Kelvin. Per al càlcul s'utilitzarà la temperatura anual mitjana de l'estació meteorològica de referència.⁴

Els valors límit per als edificis transformats s'eleva a un 125% dels valors límit per als edificis nous.

Els valors objectiu $Q_{h,ta}$ per als edificis nous es fixen al 60% dels valors límit per als edificis nous.

Els valors objectiu per a les transformacions i els canvis d'afectació es fixen al 80% dels valors límit corresponents.

3. Càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció

3.1. Generalitats

El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'efectua segons la normativa EN ISO 13790.5. Per agilitzar aquesta operació, els càlculs es poden efectuar mitjançant programes de simulació tèrmica (vegeu el Document I).

La metodologia de càlcul s'aplica als edificis de nova construcció i als edificis que ja existeixen. L'annex A de la norma EN ISO 13790 conté més indicacions específiques per a aplicacions als edificis que ja existeixen.

Les taules 28 i 29 del Document F d'aquest annex han estat redactades per facilitar el càlcul i oferir una presentació que permeti les comparacions. Els apartats 3.3, 3.4 i 3.5 ofereixen, com a complement de la norma EN ISO 13790, indicacions suplementàries vàlides per a Andorra allà on la normativa europea fa referència als valors fixats per les diverses normatives nacionals.

Les necessitats de calor per a la calefacció i els seus components (pèrdues, guanys) s'expressen en referència amb la superfície de referència energètica A_E i s'expressen en kWh/m². Les dimensions de l'edifici que intervenen en el càlcul seran sempre les exteriors.

Les dades següents són necessàries per al càlcul dels valors d'un projecte:

- Dades relatives a la utilització.
- Dades relatives al tipus de regulació de la temperatura ambient.
- Dades relatives a l'estació meteorològica corresponent o bé dades climàtiques de l'indret.
- Dades relatives a la superfície de referència energètica.
- Dades relatives als elements d'envolvent plans (superfícies, valors U, temperatura ambient d'un possible espai adjacent, majoració de temperatura per dispositiu integrat als elements d'envolvent o per cos calefactor situat davant d'una finestra).
- Dades relatives als ponts tèrmics (dimensions, valor Ψ o χ).
- Factors de reducció de les pèrdues contra els espais no calefactats o contra el terreny.
- Dades complementàries relatives a les finestres (valor g, percentatge de part vidriada, factor d'ombra).
- Dades relatives a la capacitat tèrmica.

⁴ Considerant que aquesta correcció representa aproximadament la dependència efectiva de les necessitats de calor respecte de la temperatura, la influència de la temperatura mitjana anual sobre les necessitats de calor resta compensada. D'aquesta manera, les exigències pel que fa a l'aïllament tèrmic esdevenen pràcticament independents de la temperatura mitjana anual de l'estació meteorològica.

⁵ Aquest annex conté totes les indicacions necessàries per a la majoria de projectes. Només caldrà referir-se a la normativa citada en certs casos.

3.2. Mètode de càlcul

El càlcul s'efectua mitjançant balanç energètic de l'envolvent tèrmica d'un edifici.

Les necessitats de calor per a la calefacció es calculen per a un edifici aïllat, és a dir, un espai calefactat que només comporta superfícies exposades a l'aire exterior, contigües a espais no calefactats o en contacte amb el terreny. Quan sigui necessari efectuar el càlcul per a una part de l'edifici (per exemple per a cases unifamiliars adossades o bé una part annexada), l'espai calefactat s'ha de considerar en contacte amb d'altres espais calefactats o refrigerats. El càlcul del flux tèrmic entre espais contigus s'efectua sobre la base de la diferència de temperatures ambientals (vegeu l'apartat 3.5.4, paràgraf 6).

Per als edificis que comporten zones de temperatura i de guanys tèrmics diferents, el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'han de fer sense tenir en compte dels fluxos tèrmics entre les diverses zones. Aquests fluxos tèrmics només s'han de calcular quan:

- S'hagin de calcular les necessitats de calor per a la calefacció de cada zona.
- El diferencial entre temperatures ambientals difereixi de més de 4 K.
- Els quocients guanys/pèrdues de les diverses zones difereixin entre ells de més de 0,4 i que cap intercanvi no es produeixi a través de portes obertes.

El càlcul del flux tèrmic entre zones tèrmiques s'efectua sobre la base del diferencial de temperatura de consigna. El resultat per al conjunt de l'edifici és igual a la mitjana ponderada per a les superfícies de referència energètica A_E dels valors de projecte de les diverses zones tèrmiques.

El període de càlcul és el mes. El càlcul s'ha d'efectuar per a cada mes.

El càlcul del flux tèrmic entre zones tèrmiques s'efectua addicionant les necessitats de calor per a la calefacció dels mesos durant els quals les pèrdues totals de calor són positives. Els resultats dels mesos de mitja temporada poden presentar imprecisions relativament grans, sense per això tenir una influència especial en el resultat anual. Quan sigui necessari calcular les necessitats en energia d'un edifici, o comparar les necessitats en energia d'un edifici existent (els valors mesurats als calculats), i que els guanys útils sobrepassen anualment la meitat de les pèrdues de calor, és necessari efectuar un càlcul d'incertesa a raó de la imprecisió de les dades d'entrada. Aquest càlcul no és necessari per a la justificació d'un aïllament tèrmic suficient. D'altres indicacions sobre la precisió d'aquest mètode figuren dins la norma EN ISO 13790.

La normativa EN ISO 13790 conté, a l'annex F, indicacions sobre la metodologia de càlcul dels guanys solars d'elements particulars (hivernacles, aïllaments transparents, murs "trombe", parets exteriors ventilades) i, a l'annex E, informacions sobre les pèrdues de calor d'aquests mateixos elements.

Per als edificis amb:

- Poques necessitats de calor per a la calefacció.
- Guanys de calor molt fluctuants.
- Utilització puntual.
- Estratègia especial de regulació o de comanda del sistema de calefacció.
- Refrigeració mecànica.

On les necessitats de calor s'hagin d'optimitzar o bé de comparar amb els valors mesurats, es recomana l'ús d'una simulació dinàmica amb intervals de càlcul d'una hora per poder establir un balanç de les transferències de calor que tinguin en compte els efectes a causa de les inèrcies tèrmiques. Aquests mètodes de càlcul permeten no només determinar les necessitats de calor per a la calefacció, sinó també conèixer les fluctuacions de temperatura. D'aquesta manera es pot apreciar el confort i fer una estimació de la potència de calefacció necessària. Els mètodes de càlcul dinàmics han de respondre als criteris i a les exigències

de les normes EN ISO 13791 o bé EN ISO 13792. Al Document I figura una llista de programes informàtics de simulació dinàmica.

3.3. *Valors de càlcul*

Els valors de càlcul són valors típics atribuïts a certes dades d'entrada per tal de simplificar el procediment. Generalment es dissenyen amb un marge de seguretat i, per consegüent, majoren lleugerament les necessitats de calor. S'han d'utilitzar per a qualsevol justificació quan no es disposa de cap altra dada més precisa.

Els valors de càlcul per als paràmetres següents figuren a l'apartat 3.5:

- Majoració de la temperatura ambient en funció de la regulació.
- Majoració de la temperatura dels sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i dels cossos calefactats en aplic davant de finestres.
- Factors de reducció de pèrdues de calor cap a espais no calefactats (sostre, mur, forjat).
- Factors de reducció de pèrdues de calor cap al terreny (mur, forjat).
- Taxa de transmissió energètica global.
- Percentatge de vidre a les finestres.
- Factors d'ombra.
- Capacitat tèrmica per unitat de superfície de referència energètica.

També figuren de forma recapitulada al Document B.

3.4. *Condicions normals d'utilització*

En el cas de justificació, el càlcul sempre s'ha de fer utilitzant les condicions normals d'utilització i les dades climàtiques de l'estació meteorològica prescrita. Per optimitzacions i comparacions, s'han d'utilitzar les dades climàtiques així com els valors de condicions d'utilització més realistes. Si no es disposa de cap dada, es poden utilitzar les condicions normals d'utilització.

A l'apartat 3.5.1. apareixen les condicions normals d'utilització dels paràmetres següents:

- Temperatura ambient
- Superfície per persona
- Calor dissipada, per persona
- Durada de presència de persones
- Necessitats d'electricitat
- Factor de reducció de les necessitats d'electricitat
- Cabal d'aire nou

També figuren de forma recapitulada al Document A.

Per als espais no calefactats de manera activa, el càlcul de la justificació es farà utilitzant els valors següents:

- La temperatura ambient d'un espai no calefactat de manera activa és igual a la de l'espai contigu. Quan els espais contigus presentin condicions d'utilització diferents, s'utilitzaran els valors de l'espai amb més superfície en contacte amb l'espai no calefactat.
- El cabal d'aire nou i els guanyos interns (persones i instal·lacions elèctriques) dels espais no calefactats de manera activa es consideraran com a nuls.

- Els guanys solars dels espais no calefactats de manera activa es tindran en compte de forma automàtica dins la suma de guanys solars quan totes les finestres de l'envolvent tèrmica de l'edifici es prenguin en consideració.

3.5. Dades d'entrada

A continuació es detallen precisions relatives a la definició de les dades d'entrada, a l'origen de les dades esmentades així com a la manera en què han estat calculades. Les condicions normals d'utilització i els valors de càlcul relatius a certes dades d'entrada figuren a continuació en forma de taules.

3.5.1. Utilització

Condicions d'utilització d'edificis i espais

Les condicions d'utilització que es donen aquí es refereixen al conjunt de l'edifici. Representen una mitjana entre les diverses condicions d'utilització dels espais. Per exemple, un edifici de la categoria "administració" pot contenir espais com despatxos, sales de conferències, recepcions, banys i superfícies de circulació. Les condicions d'utilització de l'edifici no es poden aplicar de forma individual a cada espai.

Temperatura ambient

S'aplicarà el valor de consigna de la temperatura ambient (mitjana aritmètica entre la temperatura de l'aire i la temperatura radiant mitjana al centre d'un espai). Pel que fa a la temperatura radiant, els efectes dels murs exteriors més freds i de les superfícies calefactores s'anul·len. Així, la temperatura ambient equival aproximadament a la temperatura de l'aire.

Les condicions normals d'utilització es refereixen a un valor mitjà dels espais i a la durada per al conjunt de l'edifici. Així doncs, es té en compte una rebaixa de la calefacció pels valors de temperatura ambient. En cap cas es podrà disminuir la temperatura ambient a causa d'una rebaixa de la calefacció per justificar un aïllament tèrmic suficient.

Taula 5. Condicions normals d'utilització: temperatura ambient

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
temperatura ambient °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28

Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (K)

El càlcul de necessitats de calor per a la calefacció es basa sobre una regulació ideal capaç de mantenir la temperatura ambient a la temperatura de consigna en cada espai i de reaccionar ràpidament a les variacions dels guanys de calor. La majoració de la temperatura ambient per regulació poc precisa té en compte la influència d'una regulació no ideal sobre

les necessitats de calor per a la calefacció. θ_{oc} representa una temperatura ambient majorada.

Taula 6. Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (valors de càlcul)

Tipus de regulació de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$
Regulació de la temperatura per dependència	0 K
Regulació de la temperatura a partir d'una dependència de referència	1 K
Altres casos	2 K

Superfície per persona A_P (m^2/P)

És el nombre de persones en un supòsit d'ocupació completa. Dins d'un habitatge es tracta del nombre d'habitants; en un despatx es tracta del nombre de llocs de treball; en un restaurant es tracta del nombre de cadires, i en un comerç del nombre de persones en període d'ocupació màxima.

La dada d'entrada és la superfície per persona; es tracta de la superfície de referència energètica A_E a disposició d'una persona en període d'ocupació plena.

Taula 7. Condicions normals d'utilització: superfície per persona

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Superfície per persona m^2/P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20

Calor dissipat per persona Q_P (W/P)

Es tracta de la calor sensible dissipada per una persona. Depèn de la seva talla i de l'activitat. Hi ha més valors disponibles dins de la norma EN ISO 7730.

Taula 8. Condicions normals d'utilització: calor dissipada per persona

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Calor dissipada per persona W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60

Durada de presència de persones t_P (h)

Es tracta de la durada de presència mitjana diària de les persones. Els caps de setmana, les vacances i altres períodes similars s'han de prendre en compte tot establint una mitjana sobre el període de càlcul.

Taula 9. Condicions normals d'utilització: durada de presència de persones

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Durada de presència (h)	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4

Necessitats d'electricitat E_F, E_I (kWh/m²)

Es tracta de les necessitats específiques d'electricitat a l'interior dels límits del sistema (sense comptabilitzar les necessitats per la producció d'ACS) en relació amb la superfície de referència energètica A_E . Dins de les condicions normals d'utilització, aquestes necessitats es defineixen per un any.

Taula 10. Condicions normals d'utilització: necessitats d'electricitat

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Necessitats d'electricitat per any kWh/m ²	28	22	22	11	33	33	17	28	17	6	6	56

Factor de reducció de les necessitats d'electricitat f_{EI} (-)

El factor de reducció permet determinar els guanys eficaços en forma de calor procedent de les instal·lacions elèctriques a l'interior de l'envolvent tèrmica. Aquestes aportacions corresponen als guanys de calor interns de les instal·lacions elèctriques Q_{iEI} . Les aportacions fetes a causa de les necessitats d'electricitat dels ventiladors d'extracció, dels rentavaixelles, de les rentadores, així com de les assecadores i de l'enllumenat d'espais no calefactats es consideren poc o gens eficaços.

$$Q_{iEI} = f_{EI} \cdot E_{F,EI}$$

Taula 11. Condicions normals d'utilització: factor de reducció de les necessitats d'electricitat

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7

Cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica V/A_E (m³/h.m²)

És el cabal mitjà d'aire nou durant el període de càlcul (intercanvi d'aire a través de l'envolvent tèrmica de l'edifici) en relació amb la superfície de referència energètica A_E .

Edificis ventilats naturalment

En el cas d'edificis ventilats naturalment, s'ha d'utilitzar el valor més elevat entre els següents:

- Cabal d'aire nou mínim necessari per evitar l'acumulació d'agents pol·luents com olors, tòxics o humitat.
- Cabal d'aire nou induït per la permeabilitat a l'aire de l'envolvent de l'edifici.

En condicions normals d'utilització, el cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica pren els valors següents. Es tracta de valors mitjans de cabal d'aire nou necessari per garantir la higiene de l'aire en funció de l'ocupació dels espais a temperatura de consigna.

Taula 12. Condicions normals d'utilització: cabal d'aire nou

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Cabal d'aire nou $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7

Aquests valors tenen en compte la renovació de l'aire ocasionada per les instal·lacions mecàniques d'extracció d'aire, com per exemple les de les cuines i els banys.

Edificis ventilats mecànicament

Condicions normals d'utilització: en els edificis ventilats mecànicament, convé aplicar el cabal d'aire nou corresponent a les condicions normals d'utilització d'un edifici idèntic ventilat manualment.⁶

3.5.2. Climatologia*Generalitats*

El càlcul s'efectua utilitzant valors mitjans plurianuals, tret del cas on s'hagin de comparar les necessitats d'energia per a calefacció (obtingudes per càlcul) amb el consum d'energia d'un edifici existent durant un període determinat. En aquest cas, cal utilitzar les dades climàtiques d'aquest període (vegeu la normativa EN ISO 13790, annex A).

La justificació es fa utilitzant les dades meteorològiques de l'estació més propera i situada a una alçada i un context geogràfic similar al del lloc de l'obra. Al Document H figura la llista de les estacions meteorològiques d'Andorra.

⁶ Les exigències en necessitats de **calor** per a la calefacció són essencialment exigències relatives a l'edifici. Així, els efectes de les instal·lacions de renovació d'aire no es tenen en compte dins de les condicions normals d'utilització. No obstant això, sí que es tindran en compte els dits efectes per al còmput de necessitats en **energia** per a la calefacció (energia final).

Durada del període de càlcul t_c (d)

El període de càlcul és el mes. La dada d'entrada utilitzada és el nombre de dies per mes:

$t_c = 28,30$ o bé 31 (dies)

Altitud respecte del nivell del mar (h)

Per una justificació, convé aplicar l'altitud corresponent a l'estació meteorològica imposada.

Aquesta dada serveix per calcular la capacitat tèrmica específica de l'aire segons la fórmula:

$$\rho_a \cdot c_a = [1220 - (0,14 \cdot h)] / 3,6 \text{ en kWh/(m}^3 \cdot \text{K)}$$

Temperatura exterior θ_e (°C)

Convé aplicar la temperatura mitjana mensual (temperatura mitjana de l'aire exterior durant el període de càlcul).

Per tal d'acostar-se al màxim a la realitat i a les dades climàtiques de l'entorn, s'utilitzarà una correcció de 0,7 °C per cada 100 metres de diferència amb l'estació meteorològica emprada en el càlcul.

Radiació solar global G_s , G_{sH} , G_{sS} , G_{sE} , G_{sW} , G_{sN} (kWh/m²)

Es tracta d'introduir la radiació solar global que correspon a l'orientació de les finestres i que hi penetra a través durant el període de càlcul.

Per a les superfícies orientades a un punt cardinal intermig, es calcularan els valors de radiació solar global intermitjos. S'obtenen calculant la mitjana geomètrica dels valors corresponents a les dos orientacions entre les quals es troba la dita superfície (per exemple, radiació solar global sud-oest = $\sqrt{G_{sS} \cdot G_{sW}}$). Per a superfícies inclinades de petites dimensions (inferiors al 5% de la superfície total de les finestres), es permet efectuar una interpolació lineal (en funció de l'angle d'inclinació) entre la radiació solar global horitzontal i la radiació sobre una superfície vertical orientada en la mateixa direcció. Per obtenir valors més precisos, es recomana utilitzar l'ús de programes informàtics (vegeu el Document I).

3.5.3. Superfícies, llargades i nombres

Les mesures que cal tenir en compte són les dimensions exteriors de l'envolvent tèrmica de l'edifici.

Superfície de referència energètica (SRE) A_E (m²)

La superfície de referència energètica es calcularà d'acord amb l'apartat 3.5.3.

Superfícies de coberta o de sostre A_R , superfícies de murs A_W i superfícies de forjats A_F (m²)

Tots aquests valors també es calcularan d'acord amb l'apartat 3.5.3.

Superfícies de finestres A_w i superfícies portes A_d (m^2)

Es tracta de superfícies de finestres i de portes les dimensions de les quals corresponen al forat de les obertures de les façanes o del sostre. La suma de la superfície de les finestres i dels murs exteriors i del sostre ha de ser igual a la superfície total de façanes i de sostre. El valor U d'una finestra es refereix a la superfície així definida. La part del marc situada contra la paret s'ha de considerar com a pont tèrmic lineal.

Per als murs cortina, en els quals la superfície de finestres i de portes no es poden definir de manera precisa, convé verificar que tots els elements (inclosos els ponts tèrmics) s'han tingut en compte en el càlcul de pèrdues per transmissió segons la norma EN 13947.

Llargada de ponts tèrmics lineals l_{RW} (coberta o sostre i mur), l_{WF} (llosa de l'edifici), l_B (balcó), l_w (ampit de finestra), l_F (forjat/mur interior de subsòl) (m)

Nombre de ponts tèrmics puntuals z (-)

Els ponts tèrmics que resulten de la geometria de l'edifici que presenten un aïllament tèrmic continu amb un gruix constant (per exemple les cantonades de les façanes) es poden obviar. S'han de tenir en compte tots els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, punts d'ancoratge, etc.) en el càlcul dels ponts tèrmics plans. Tots els altres ponts tèrmics s'han d'inventariar i prendre en compte de manera separada.

La llargada d'ampit de la finestra es pot determinar, de forma aproximada, amb la fórmula següent:

ampit de finestra / superfície de finestra = 3 m/m²

3.5.4. Característiques dels elements d'envolvent

Coefficients de transmissió tèrmica de la coberta o del sostre U_R , de murs U_w , de forjats U_F exposats a l'aire exterior, contra els espais no calefactats i contra els espais calefactats ($W/m^2.K$)

Els coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans (valors U) es calculen segons la norma EN ISO 6946. Es poden utilitzar les dades del catàleg d'elements de construcció del Document G. Convé prendre en compte tots els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, punts d'ancoratge, etc.).

S'ha de prendre en compte la conductivitat tèrmica dels materials d'aïllament en el càlcul esmentat. Els productes que no tinguin un certificat de control o que el tinguin però no estiguin homologats pels organismes internacionals competents, prendran com a valor el valor més alt de la categoria a la qual pertanyen.

En el cas d'una coberta invertida, convé aplicar un suplement d'un 30% al valor U tal com ho marca la normativa EN ISO 6946, annex D.4.

Pel que fa a les superfícies que comporten un sistema de calefacció integrat (sostres, parets o terra radiants), només els materials compresos entre la superfície calefactora i l'aire exterior, el terreny, els espais contigus calefactats o els no calefactats, prendran part en el càlcul del coeficient de transmissió tèrmica.

Coefficients de transmissió tèrmica de les finestres i les portes U_w ($W/m^2.K$)

Els coeficients de transmissió tèrmica dels vidres es calculen segons la norma EN 673.

Caixes d'escala o forats d'ascensor dins d'espais no calefactats

Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, es pot calcular el flux tèrmic que travessa la superfície oberta entre el sostre del pis no calefactat i el pis calefactat. Per defecte, es pot utilitzar el valor U de $2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ja que es pot considerar com a superfície en contacte amb l'exterior. El flux tèrmic es calcula multiplicant aquesta superfície per $(\theta_{cc} - \theta_e)$ (vegeu el Document C).

Coefficients linèics de transmissió tèrmica Ψ , Ψ_{RW} , Ψ_{WF} , Ψ_B , Ψ_w , Ψ_F (W/m) i coeficients puntuals de transmissió tèrmica χ (W)

Els valors dels coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica es calculen a partir de les dimensions exteriors.

Un càlcul detallat dels ponts tèrmics necessita mètodes bi i tri-dimensionals. Hi ha programes informàtics per dur-los a terme. No obstant això, es recomana utilitzar els valors del catàleg de ponts tèrmics del Document J.

Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactats situats davant d'elements vidriats $\Delta\theta$ (K)

Quan un sistema de calefacció estigui integrat als elements d'envolvent o quan els cossos calefactats estiguin situats davant d'elements vidriats, s'ha d'efectuar una majoració de la temperatura ambient calculada a partir de la temperatura mitjana de les superfícies de calefacció.

Per als sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent, la majoració de la temperatura ambient s'aplica a tot l'element d'envolvent. Pel que fa als cossos calefactats situats davant de superfícies vidriades, s'aplica a tota la superfície del cos calefactor (tubs + espais intermediaris projectats sobre la finestra).

Taula 13. Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactats situats davant d'elements vidriats.

	$\Delta\theta$
Per als elements d'envolvent sense calefacció integrada i per als elements vidriats sense cos calefactor al davant	0
Per als elements d'envolvent amb sistema de calefacció integrada	$(\theta_{h,max} - \theta_o) / 4$
Per als elements vidriats amb cossos calefactats situats al davant	$(\theta_{h,max} - \theta_o) / 2$

Temperatura ambient de l'espai calefactat o refrigerat contigu θ_{on} (°C)

Per als espais que fan part de zones tèrmiques contigües, s'ha d'aplicar la consigna de temperatura ambient θ_{oc} en lloc de la consigna θ_{on} , és a dir, la consigna corregida en funció del tipus de regulació aplicada en espais contigus. Per als espais contigus exteriors al perímetre del balanç, cal aplicar la consigna θ_o sense correcció.

Factor de reducció de pèrdues a través de sostres, murs i forjats cap a espais no calefactats b_{uR} , b_{uW} , b_{uF} (-)

El factor de reducció de pèrdues tèrmiques b és igual a la diferència de temperatura entre un espai calefactat i un espai no calefactat dividit per la diferència de temperatura entre un espai calefactat i l'aire exterior. Es calcula segons la normativa EN ISO 13789, apartat 4:

$$b = \frac{\theta_o - \theta_u}{\theta_o - \theta_e} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}}$$

H_{ue} coeficient de transferència tèrmica específic (W/K) entre l'espai no calefactat i l'exterior.

H_{iu} coeficient de transferència tèrmica específic (W/K) entre l'espai calefactat i el no calefactat.

Tant H_{ue} com H_{iu} prenen en compte les pèrdues tèrmiques a causa de la transmissió i la renovació d'aire.

Quan es tracta de justificació, el coeficient H_{iu} només comptabilitzarà les pèrdues per transmissió. Les pèrdues per renovació d'aire compreses dins H_{ue} es calculen segons la normativa EN ISO 13789, apartat 6.4.

La normativa EN ISO 13790 comporta a l'annex F un càlcul detallat per als jardins d'hivern i les verandes.

Si no es calculen els valors de manera precisa, s'empraran els coeficients següents:

Taula 14. Factors de reducció cap a espais no calefactats

Espais no calefactats	b_{uR} , b_{uW} , b_{uF}
Golfes, coberta inclinada no aïllada	0,9
Golfes, coberta inclinada aïllada $U_e < 0,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	0,7
Subsòl completament soterrat	0,7
Subsòl parcialment soterrat o completament desterrat	0,8
Dependència annexa	0,8
Jardí d'hivern, veranda	0,9

Els factors de reducció també s'utilitzen per als ponts tèrmics cap als espais no calefactats. Dins els catàlegs de ponts tèrmics, els factors de reducció ja s'han tingut en compte.

Coeficients de transmissió tèrmica de murs i de forjats en contacte amb el terreny U_{GW0} , U_{GF0} ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)

Per al càlcul dels coeficients de transmissió tèrmica U_{GW0} i U_{GF0} en contacte amb el terreny, només es prendran en compte els components (capes) compresos entre els espais calefactats i el terreny. La resistència tèrmica superficial R_{se} és igual a 0.

Per als elements d'envolent que comportin un sistema de calefacció integrat, només es tindran en compte els components compresos entre el sistema de calefacció i el terreny.

Per analogia amb els factors de reducció de pèrdues tèrmiques cap a espais no calefactats, l'efecte aïllant del terreny es té en compte per a factors de reducció de les pèrdues tèrmiques cap al terreny (vegeu l'apartat següent).

Factor de reducció de pèrdues dels murs i dels forjats en contacte amb el terreny b_{GW} , b_{GF} (-)

El factor de reducció b_{GW} o b_{GF} és igual al quocient entre el coeficient de transmissió tèrmica U_{GW} o U_{GF} , que té en compte l'efecte aïllant del terreny, i el coeficient de transmissió tèrmica U_{GW0} o U_{GF0} , que no el té.

Els factors de reducció també s'apliquen als ponts tèrmics en contacte amb el terreny.

Els coeficients de transmissió tèrmica U_{GW} o U_{GF} es calculen segons la normativa EN ISO 13370.

Per simplificar els procediments de justificació segons la normativa EN ISO 13370, s'utilitzaran els valors següents de reducció. Els valors de la taula poden ser interpolats linealment. En els casos fora de límits de U_{GW0} o U_{GF0} i A_{FG}/P_{FG} i els casos on hi ha un aïllament perifèric horitzontal o vertical, el càlcul es farà segons la normativa EN ISO 13370.

Els factors de reducció de les pèrdues cap al terreny depenen dels valors U dels elements d'envolvent U_{GW0} o U_{GF0} i, pel que fa al factor de reducció del forjat b_{GF} , del quocient entre la superfície de forjat A_{FG} i el seu contorn P_{FG} .

A_{FG} Superfície de l'envolvent tèrmica que reposa sobre el terreny.

P_{FG} Llargada (mesurada per l'exterior) dels costats de la superfície A_{FG} en contacte amb el terreny o dels espais no calefactats situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici; els costats en contacte amb els espais contigus calefactats no s'han de tenir en compte.

Taula 15. Factors de reducció b_{GW} i b_{GF} de les pèrdues cap al terreny

		Mur				Forjat											
						$A_{FG} / P_{FG} = 2 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 5 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 10 \text{ m}$			
U_{GW0} o U_{GF0} (W/(m ² .K))		0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0
Profunditat del terreny	0,0 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,60	0,49	0,67	0,52	0,43	0,31	0,53	0,37	0,29	0,20
	0,5 m	0,92	0,88	0,85	0,80	0,80	0,67	0,57	0,46	0,66	0,51	0,41	0,30	0,53	0,36	0,28	0,20
	1,0 m	0,88	0,83	0,78	0,70	0,79	0,65	0,55	0,43	0,65	0,49	0,40	0,29	0,52	0,36	0,27	0,19
	2,0 m	0,82	0,73	0,66	0,56	0,76	0,61	0,51	0,39	0,63	0,47	0,37	0,27	0,50	0,34	0,26	0,18
	3,0 m	0,77	0,66	0,58	0,48	0,73	0,57	0,47	0,35	0,61	0,45	0,35	0,25	0,49	0,33	0,25	0,17
	5,0 m	0,69	0,56	0,47	0,37	0,68	0,51	0,41	0,30	0,57	0,41	0,32	0,22	0,47	0,31	0,23	0,16
	10,0 m	0,55	0,41	0,33	0,25	0,58	0,41	0,32	0,22	0,50	0,33	0,25	0,17	0,42	0,27	0,20	0,13

Taxa de transmissió global g (-)

La norma EN 410 descriu un mètode que permet calcular la taxa de transmissió d'energia global quan la radiació arriba a la finestra de manera perpendicular ($g_{\perp}$). Els valors declarats pels fabricants de productes es refereixen també a un angle d'incidència nul. Per tenir en compte la incidència mitjana de la radiació solar i del grau de brutícia, els valors s'han de reduir un 10% per a totes les orientacions ($g = 0,9 g_{\perp}$).

Si no es disposa de dades fiables justificades, s'utilitzaran els valors de la taula 17.

Taula 16. Taxa de transmissió d'energia $g_{\perp}$

Tipus de vidre		$g_{\perp}$
2-VI	vidre transparent	0,75
2-VI-BE	vidre aïllant	0,55
3-VI	vidre transparent	0,70
3-VI-BE	vidre aïllant	0,45

Per calcular la taxa de transmissió d'energia global de vidres amb protecció solar cal referir-se a la metodologia de les normatives EN 13363-1 i EN 13363-2.

Part vidriada de finestres F_F (-)

La part vidriada de les finestres resulta del quocient entre la superfície vidriada i la superfície total de la finestra A_w . A falta de dades més precises, cal utilitzar el valor 0,7.

Per als murs cortina, el càlcul s'ha de fer amb la superfície de vidre A_g en lloc del valor $A_w \cdot F_F$.

Factor d'ombra F_S (-)

El factor d'ombra té en compte la reducció de la radiació solar provocada per la topografia, els edificis veïns o els elements fixos del mateix edifici (incloent-hi la retirada de la finestra respecte del pla de la superfície de la paret exterior).

El factor d'ombra F_S es calcula mitjançant tres factors de reducció:

F_{S1} Factor de reducció a causa de l'horitzó (topografia o altres edificis)

F_{S2} Factor de reducció a causa d'una màscara en sobreplom

F_{S3} Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$$

Valors de càlcul

Es considera com a nul el factor d'ombra de les finestres contra els espais no calefactats o contra els espais contigus calefactats o refrigerats.

Els valors de la taula poden ser interpolats linealment.

Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

El factor de reducció a causa de l'horitzó es pot determinar segons la façana. L'alçada mitjana de l'horitzó es determina al mig de la façana. L'efecte de les ombres a causa de l'horitzó ve donat pel conjunt d'edificis existents en el moment del càlcul i en funció dels edificis planificats.

Taula 17. Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

Angle de l'horitzó α	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

Factor de reducció a causa d'un sobreplom F_{S2}

El factor de reducció a causa del sobreplom es determina per a cada finestra de manera separada. L'angle es determina al centre de la finestra.

Taula 18. Factor de reducció a causa del sobreplom F_{S2}

Angle de sobreplom β	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66

*Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}*

El factor de reducció a causa d'una pantalla lateral es determina per a cada finestra de manera separada. L'angle es determina al centre de la finestra. El valor de càlcul només és vàlid per a una pantalla única. Per a una finestra orientada a l'est o a l'oest, el valor valdrà per a una pantalla situada al sud de la finestra; per a una pantalla situada al nord de la finestra, el valor és 1,0. Per a una finestra situada al sud amb dues pantalles de cada costat, els dos valors de càlcul s'han de multiplicar entre ells.

Taula 19. Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}

Angle de la pantalla vegetal γ	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,97	0,96	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

*Factor de reducció per a finestres en posició horitzontal*

Per a les finestres en posició horitzontal, convé aplicar només F_{S1} . L'alçada mitjana de l'horitzó es determina per als quatre punts cardinals al mig de la finestra, tenint en compte les ombres produïdes pel mateix edifici. El factor de reducció F_s resulta de la multiplicació dels valors obtinguts pels quatre punts cardinals.

*3.5.5. Dades d'entrada especials**Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica C/A_E (kWh/m².K)*

La capacitat tèrmica efectiva considerada es defineix segons la normativa EN ISO 13786, apartat 7.2.2, sense prendre en compte la resistència tèrmica superficial interior per una variació de calor durant un període de 24 h. La capacitat tèrmica es relaciona amb la superfície de referència energètica per permetre l'aplicació de valors de càlcul simples.

La capacitat tèrmica serveix per calcular la constant de temps $\tau = C/H$, on H és el coeficient de pèrdues de l'edifici segons la normativa EN ISO 13790. La constant de temps s'utilitza per al càlcul de la taxa d'utilització dels guanys de calor. Com que la taxa d'utilització depèn relativament poc de la constant de temps, s'estableixen els valors aproximats per a la capacitat tèrmica per unitat de referència energètica C/A_E següents:

Taula 20. Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica

Construcció	Exemples	C/A_E
pesada	- Com a mínim dos dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment.	0,14 kWh/(m ² .K)
mitjana	- Com a mínim un dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment - Construcció de fusta massissa	$8 \cdot 10^{-2}$ kWh/(m ² .K)
lleugera	- Construcció lleugera de fusta: estructura de fusta	$2,7 \cdot 10^{-2}$ kWh/(m ² .K)
molt lleugera	- Construcció metàl·lica per a edificis industrials	$1,4 \cdot 10^{-2}$ kWh/(m ² .K)

Per als edificis que presentin diversos tipus de construcció i que s'hagin de calcular en una sola zona, s'ha d'aplicar un valor mitjà de la constant de temps de l'edifici ponderada en funció de la superfície de referència.

Taxa d'utilització dels guanys de calor η_g (-)

La taxa d'utilització dels guanys de calor depèn de la inèrcia tèrmica de l'edifici i de la relació entre els guanys totals de calor i les pèrdues totals. Es pot calcular mitjançant la fórmula següent:

$$\eta_g = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad \text{quan } \gamma \neq 1$$

$$\eta_g = a / (a + 1) \quad \text{quan } \gamma = 1$$

γ quocient guanys/pèrdues

τ constant de temps de l'edifici

$$a = a_0 + (\tau / \tau_0)$$

Taula 21. Constants per a la determinació de la taxa d'utilització dels guanys de calor

	a_0	τ_0 en h
Edifici ocupat 24 h (condicions normals: habitatge individual / col·lectiu, hospitals)	1,0	15
Edifici ocupat una part del dia (condicions normals: administració, escoles, comerços, restaurants, llocs d'oci, indústries, magatzems, edificis esportius, piscines cobertes)	0,8	70

4. Necessitats de calor per a l'aigua calenta sanitària

Les necessitats de calor per a l'ACS es calculen a partir de la quantitat d'aigua requerida i la diferència de temperatura entre l'aigua freda introduïda i l'aigua calenta de preparació:

$$Q_{ww} = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{ww} \cdot (\theta_{ww} - \theta_{ww0}) / A_E$$

Q_{ww} necessitat de calor per a l'ACS, en relació amb la superfície de referència energètica

$\rho_w \cdot c_w$ capacitat tèrmica volumètrica de l'aigua (1,16 kWh/m³.K)

V_{ww} quantitat d'ACS requerida durant el període de càlcul (m³)

θ_{ww} temperatura de l'ACS als llocs de preparació (°C)

θ_{ww0} temperatura de l'aigua freda entrant a l'edifici (°C)

La quantitat i la temperatura de l'aigua calenta sanitària requerides als punts de producció són determinants.

Les necessitats de calor per a l'ACS serveixen de base de càlcul de la fracció útil del sistema de producció d'ACS η_{ww} o de la fracció útil d'un sistema combinat de calefacció i producció d'ACS η_{hww} . Si no es disposa de dades precises, es poden utilitzar els valors indicats a sota relatius a les condicions normals d'utilització. Aquests valors fan referència únicament a la quantitat d'ACS que prové del sistema de producció d'ACS. La calor utilitzada per escalfar l'aigua dels aparells domèstics (rentadores, rentavaixelles) no està comptabilitzada. Si el càlcul no es fa per un any sencer, aquests valors s'han de repartir de manera apropiada segons els períodes de càlcul.

Taula 22. Condicions normals d'utilització: necessitats anuals de calor per a l'ACS en relació amb la superfície de referència A_E

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Necessitats anuals de calor per a l'ACS kWh/m^2	21	14	7	7	7	56	14	28	7	1	83	83

5. Pèrdues de calor del sistema de calefacció, del sistema de preparació d'aigua calenta sanitària

5.1. Pèrdues de calor del sistema de calefacció

Les pèrdues de calor del sistema de calefacció Q_{Lh} provenen de les pèrdues de calor durant la producció, quan el sistema funciona o es troba "en espera", i de les pèrdues de distribució encara que no contribueixin a la cobertura de les necessitats de calor per a la calefacció.

5.2. Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'aigua calenta sanitària.

Les pèrdues de calor del sistema de producció i distribució d'aigua calenta sanitària Q_{Lww} provenen:

- De les pèrdues de calor de la producció i l'emmagatzematge d'ACS quan la instal·lació funciona o està "en espera".
- De les pèrdues de calor del sistema de distribució d'ACS mantingut en temperatura (circulació o cable calefactor).
- De les pèrdues de calor dins de les parts del sistema de distribució d'ACS que no es mantenen en temperatura (quantitat de calor perduda per aigua estancada).

Durant el període de calefacció i quan es dissipen dins de l'espai calefactat, les pèrdues de calor del sistema d'ACS constitueixen una aportació a les necessitats de calor per a la calefacció. El guany de calor del sistema d'ACS és pràcticament equivalent a les pèrdues produïdes pel sistema de distribució d'aigua freda. Així, es poden obviar en el balanç tèrmic. Quan les pèrdues o els guanys tèrmics s'integren en el càlcul, convé tenir-los en compte al mateix temps.

En el cas de calderes combinades (calefacció + ACS), les pèrdues de calor del sistema de producció de calor per a la calefacció i les del sistema de producció i d'emmagatzematge de l'ACS no es poden dissociar.

5.3. Fracció útil

En el cas dels sistemes separats de producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, es fa una diferenciació entre la fracció útil de calefacció η_h i la fracció útil d'ACS η_{ww} .

$$\eta_h = Q_h / (Q_h + Q_{Lh})$$

$$\eta_{ww} = Q_{ww} / (Q_{ww} + Q_{Lww})$$

En el cas de sistemes combinats de producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, convé aplicar la fracció útil tèrmica η_{hww} .

$$\eta_{hww} = (Q_h + Q_{ww}) / (Q_h + Q_{ww} + Q_{Lh} + Q_{Lww})$$

Els valors de càlcul corresponents a la tècnica de càlcul figuren al Document D.

6. Ús d'energia per a aire condicionat

6.1. Generalitats

Les zones refredades s'han de limitar al mínim mitjançant mesures de tipus constructiu o bé de tipus organitzatiu.

La necessitat d'una instal·lació d'aire condicionat es determina segons els apartats 6.1.1., 6.1.2. o 6.1.3.

6.1.1. Casos especials amb exigències particulars de temperatura ambient

En alguns casos especials, la temperatura ambient ha de respondre a les exigències particulars. En aquests casos, l'aire condicionat resulta indispensable. Exemples:

- Magatzems destinats a l'estocatge de mercaderies sensibles a la temperatura.
- Laboratoris.
- Locals informàtics.

Es consideraran casos particulars les situacions per a les quals es prescriu l'ús d'aire condicionat.

6.1.2. Càrregues tèrmiques i aeracions per a les finestres

En general, la necessitat de refredar els espais és funció de les càrregues tèrmiques internes i de la possibilitat d'aeració per a les finestres, tal com queda resumit a la taula 23.

L'avaluació de les fonts de calor internes constitueix una bona aproximació a l'avaluació de la necessitat d'aire condicionat. Quan la calor produïda per les fonts esmentades es pot evacuar per finestres, l'aire condicionat no és necessari. Per contra, si la calor produïda sobrepassa un cert límit, l'aeració per finestres resulta insuficient i cal l'ús d'aire condicionat. La taula següent recapitula aquests límits:

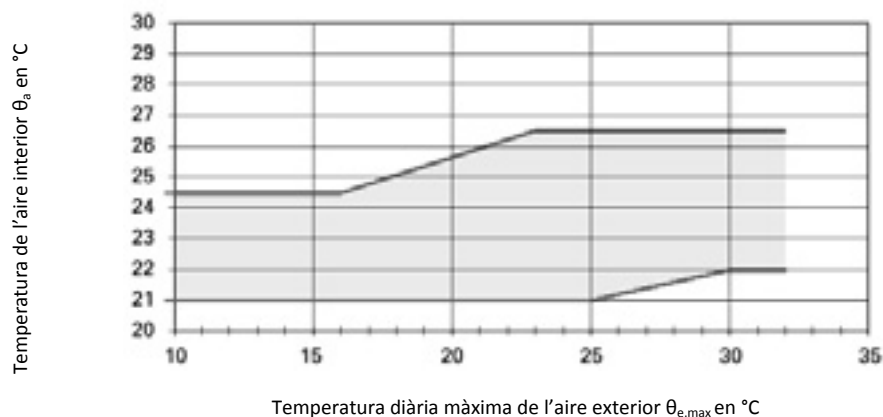
Taula 23. Necessitat d'aire condicionat: taula de condicionants en funció de les càrregues tèrmiques

Suma de les fonts de calor internes per dia en Wh/m ²						
< 80	80–120	120–160	160–200	200–240	> 240	
no necessari			recomanat		necessari	Aeració per finestres dia i nit
no necessari		recomanat		necessari		Aeració per finestres dia
no necessari	recomanat		necessari			Sense aeració per finestres

El càlcul de les càrregues tèrmiques internes s'ha de fer tenint en compte les càrregues tèrmiques per persona, per aparell i per enllumenat. Les potències elèctriques instal·lades pels aparells no són determinants.

6.1.3. Temperatura de l'aire interior més elevada a l'estiu

L'avaluació de la necessitat de refredar l'aire interior es pot fer mitjançant un càlcul detallat amb simulació dinàmica conforme a les regles de l'art. Si no és així, caldrà emprar com a criteri d'avaluació la temperatura de l'aire interior comparada a la corba límit superior segons la figura següent:



Segons aquest càlcul detallat, la necessitat de refredament de l'aire està justificat quan els valors horaris calculats de la temperatura de l'aire interior sobrepassen la corba límit superior durant més de 100 hores a l'any. Si no se sobrepassen les 100 hores a l'any, l'aire condicionat és recomanat. Si no se sobrepassa mai aquest límit, l'aire condicionat no és necessari.

Taula 24. Necessitat d'aire condicionat: taula de condicionants en funció de les hores de sobrepassada de la corba límit

No sobrepassa	Cap necessitat d'aire condicionat
Fins a 100 h / any	Aire condicionat recomanat
Més de 100 h / any	Aire condicionat necessari

6.2. Exigències constructives

Tot l'espai on el refredament és necessari o recomanat segons els criteris d'aquest annex ha de complir les condicions de protecció solar que s'indiquen a continuació.

Segons l'orientació i la part de superfície vidriada de l'espai considerat f_g , les finestres de la façana amb dispositiu de protecció solar han de tenir un coeficient g com segueix:

- Façana N $g \leq \text{MIN} (0,20/f_g ; 1,00)$
- Façanes NE i NW $g \leq \text{MIN} (0,13/f_g ; 0,28)$
- Façanes E, SE, S, SW, W $g \leq \text{MIN} (0,07/f_g ; 0,15)$

Els valors del coeficient g per orientacions intermediàries es determinaran per extrapolació lineal. Les façanes N, NE o NW exposades a reflexions de façanes veïnes seguiran les condicions de les façanes E a W.

6.3. Producció de fred

La metodologia de càlcul per a les necessitats de fred és anàloga a la metodologia emprada per a la calefacció amb l'única diferència de la temperatura de l'aire interior.

La producció de fred i la distribució de fred formen un sistema global l'eficàcia energètica de la qual s'ha d'optimitzar.

En el cas de màquines de producció de fred clàssiques (refredament amb aigua), els coeficients d'eficàcia (COP) a plena càrrega i a càrrega parcial de la màquina de fred han de seguir els valors de la taula 25.

Les màquines de fred amb refredament amb aire seran subjectes a les excepcions següents:

Per als sistemes split compactes amb refredament amb aire la potència dels quals no sobrepassi els 12 kW, el COP a plena càrrega i a càrrega parcial no es podrà situar per sota de 3.

Per a les màquines de fred amb refredament amb aire la potència de les quals no sobrepassi els 12 kW, el COP seguirà els criteris següents:

- A plena càrrega 100%: $COP \geq 3,5$
- A càrrega parcial 50%: $COP \geq 4,5$

Per tal d'utilitzar tant com sigui possible l'energia elèctrica, sempre que calgui un equip de fred es combinarà amb una bomba de calor.

Quan la temperatura de l'aire exterior és inferior a 2 o 3 K a la temperatura de l'aigua freda del circuit de climatització, es farà servir el refredament natural. Aquesta opció s'ha de tenir en compte comprovant el COP de la màquina de fred.

Taula 25. Coeficient d'eficàcia de les màquines de fred

Potència de refrigeració en kW a 100%		1	10	20	50	100	200	500	1000
COP mínim a càrrega parcial 50%	Valor límit	3,2	4,4	4,8	5,5	6,0	6,2	6,2	6,2
	Valor objectiu	4,0	5,2	5,8	6,6	7,3	8,0	8,2	8,2
COP mínim a plena càrrega 100%	Valor límit	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,2	4,2	4,2
	Valor objectiu	4,0	4,1	4,3	4,6	4,9	5,0	5,0	5,0

6.4. Càlcul del consum de fred

Per calcular l'índex de consum d'energia per a l'aire condicionat s'utilitzaran els valors següents:

Agent energètic	Factor d'energia primària f_p	Coeficient d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} (g/kWh)
Xarxa de cogeneració	0,81	300
Electricitat (barreja segons el consum a Andorra)	2,32	180

Document A: Categories d'obra i condicions normals d'utilització*Categories d'obra amb exemples*

Categoria d'obra		Afectacions (exemples)
I	Edifici plurifamiliar	Edificis de lloguer i de propietat per a apartaments, residències i apartaments per a persones grans, hotels, edificis i residències de vacances, centres per a infants i adolescents, centres d'acollida diürns, centres per a discapacitats, centres de toxicòmans i establiments penitenciaris.
II	Edifici unifamiliar	Xalets unifamiliars o adossats, xalets de vacances.
III	Administració	Edificis administratius privats i públics, taquilles, consultes mèdiques, biblioteques, museus, centres culturals, centres informàtics, centres de telecomunicacions, estudis de ràdio i televisió.
IV	Escoles	Establiments escolars (tots els nivells), jardins d'infants i escoles bressol, centres d'ensenyament, centres de formació, palaus de congressos, laboratoris, instituts de recerca, espais comunitaris i centres d'esplai.
V	Comerç	Locals comercials, centres comercials, recintes per a fer fires comercials (palaus firals).
VI	Restauració	Restaurants (incloses les cuines), cafeteries, cantines, discoteques.
VII	Llocs d'oci	Teatres, sales de concert, sales de cinema, esglésies, sales funerals, sales de festes, palaus esportius amb tribunes.
VIII	Hospitals	Hospitals, clíniques psiquiàtriques, centres de rehabilitació, residències geriàtriques i centres d'atenció.
IX	Indústria	Fàbriques, centres artesanals, centres de manteniment i casernes de bombers.
X	Magatzems	Magatzems, centres logístics o de distribució.
XI	Instal·lacions esportives	Palaus esportius, gimnasos, pistes de tennis, pistes de bitlles, centres de condicionament físic (fitness) i vestidors.
XII	Piscines cobertes	Piscines cobertes, saunes, banys termals i centres termolúdics.

Recapitulatiu de les condicions normals d'utilització:

Categoria d'obra		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Temperatura ambient	θ_o °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28
Superfície per persona	A_p m ² /P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20
Quantitat de calor mitjana dissipada per persona	Q_p W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60
Durada de la presència de les persones	t_p h	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4
Necessitats d'electricitat	$E_{F,EI}$ kWh/m ²	28	22	22	11	3 3	3 3	1 7	2 8	1 7	6	6	56
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	f_{EI} -	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
Cabal d'aire nou	V/A_E m ³ /(h. m ²)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7
Necessitats de calor per a l'ACS	Q_{ww} kWh/m ²	21	14	7	7	7	56	14	28	7	1	83	83

Document B: Recapitulatiu dels valors de càlcul*Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (K)*

Tipus de regulació de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$
Regulació de la temperatura per dependència	0 K
Regulació de la temperatura a partir d'una dependència de referència	1 K
Altres casos	2 K

Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactats situats davant d'elements vidriats $\Delta\theta$ (K)

	$\Delta\theta$
Per a elements d'envolvent sense calefacció integrada i per a elements vidriats sense cos calefactor al davant	0
Per a elements d'envolvent amb sistema de calefacció integrada	$(\theta_{n,max} - \theta_o) / 4$
Per a elements vidriats amb cossos calefactats situats davant	$(\theta_{n,max} - \theta_o) / 2$

Factor de reducció de pèrdues a través de sostres, murs i forjats cap a espais no calefactats b_{uR}, b_{uW}, b_{uF} (-)

Espais no calefactats	b_{uR}, b_{uW}, b_{uF}
Golfes, coberta inclinada no aïllada	0,9
Golfes, coberta inclinada aïllada $U_e < 0,4$ W/(m ² .K)	0,7
Subsòl completament soterrat	0,7
Subsòl parcialment soterrat o completament desterrat	0,8
Dependència annexa	0,8
Jardí d'hivern, veranda	0,9

Factor de reducció de pèrdues dels murs i dels forjats en contacte amb el terreny b_{GW} , b_{GF} (-)

A_{FG} superfície de l'envolvent tèrmica reposant sobre el terreny

P_{FG} llargada (mesurada per l'exterior) dels costats de la superfície A_{FG} en contacte amb el terreny o dels espais no calefactats situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici; els costats en contacte amb els espais contigus calefactats no s'han de tenir en compte

		Mur				Forjat											
						$A_{FG} / P_{FG} = 2 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 5 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 10 \text{ m}$			
U_{GW0} o U_{GF0}	$W/(m^2 \cdot K)$	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0
Profunditat del terreny	0,0 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,60	0,49	0,67	0,52	0,43	0,31	0,53	0,37	0,29	0,20
	0,5 m	0,92	0,88	0,85	0,80	0,80	0,67	0,57	0,46	0,66	0,51	0,41	0,30	0,53	0,36	0,28	0,20
	1,0 m	0,88	0,83	0,78	0,70	0,79	0,65	0,55	0,43	0,65	0,49	0,40	0,29	0,52	0,36	0,27	0,19
	2,0 m	0,82	0,73	0,66	0,56	0,76	0,61	0,51	0,39	0,63	0,47	0,37	0,27	0,50	0,34	0,26	0,18
	3,0 m	0,77	0,66	0,58	0,48	0,73	0,57	0,47	0,35	0,61	0,45	0,35	0,25	0,49	0,33	0,25	0,17
	5,0 m	0,69	0,56	0,47	0,37	0,68	0,51	0,41	0,30	0,57	0,41	0,32	0,22	0,47	0,31	0,23	0,16
	10,0 m	0,55	0,41	0,33	0,25	0,58	0,41	0,32	0,22	0,50	0,33	0,25	0,17	0,42	0,27	0,20	0,13

Taxa de transmissió global g (-)

Tipus de vidre		$g_{\perp}$
2-VI	vidre transparent	0,75
2-VI-BE	vidre aïllant	0,55
3-VI	vidre transparent	0,70
3-VI-BE	vidre aïllant	0,45

Part vidriada de finestres F_F (-)

El valor és de 0,7.

Factor d'ombra F_S (-)

El factor d'ombra F_S es calcula mitjançant tres factors de reducció:

F_{S1} factor de reducció a causa de l'horitzó (topografia o altres edificis)

F_{S2} factor de reducció a causa d'una màscara de sobreplom

F_{S3} factor de reducció a causa d'una pantalla lateral

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$$

Valors de càlcul

Es considera nul el factor d'ombra de les finestres contra espais no calefactats o contra espais contigus calefactats o refrigerats.

Els valors de la taula poden ser interpolats linealment.

Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

Angle de l'horitzó α	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

Factor de reducció a causa d'un sobreplom F_{S2}

Angle de sobreplom β	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66

Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}

Angle de la pantalla vegetal γ	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,97	0,96	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica C/A_E (kWh/m².K)

Construcció	Exemples	C/A_E
Pesada	- Com a mínim, dos dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment.	0,138 kWh/(m ² .K)
Mitjana	- Com a mínim, un dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment. - Construcció de fusta massissa.	0,083 kWh/(m ² .K)
Lleugera	- Construcció lleugera de fusta: estructura de fusta.	0,027 kWh/(m ² .K)
Molt lleugera	- Construcció metàl·lica per a edificis industrials.	0,014 kWh/(m ² .K)

Document C: Caixes d'escala i forats d'ascensor

Aquest apartat és vàlid per a les caixes d'escala separades de les zones habitades (o de treball) per portes. No s'aplica a les caixes d'escala obertes dins d'habitatges individuals. Les caixes d'escala obertes sobre espais d'habitatge són part integrant de l'envolvent tèrmica de l'edifici i han de respondre a les exigències corresponents.

1. Caixes d'escala o forats d'ascensor situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici

Quan una caixa d'escala o un forat d'ascensor no estan integrats dins l'envolvent tèrmica de l'edifici, les exigències per a l'aïllament tèrmic definides al capítol 2 han de ser respectades per totes les parts de l'envolvent tèrmica de l'edifici en contacte amb la caixa d'escala o el forat d'ascensor. Això també és vàlid per a portes d'ascensor eventuais. Les caixes d'escala o els forats d'ascensor en contacte amb l'exterior no requereixen cap exigència quant a estanquitat de l'aire.

2. Caixes d'escala o forats d'ascensor situats dins de l'envolvent tèrmica de l'edifici**2.1. Estanquitat a l'aire**

Quan una caixa d'escala o un forat d'ascensor estan integrats totalment o parcialment dins l'envolvent tèrmica de l'edifici, convé aplicar exigències quant a l'estanquitat de l'aire. Particularment, totes les obertures per l'evacuació de fums s'han d'equipar de vàlvules de retenció automàtiques.

Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat, s'admeten defectes menors d'estanquitat (per exemple portes que separen les caixes d'escala dels espais no calefactats).

2.2. Justificació per a prestacions puntuals requerides***Sense elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala***

Quan una caixa d'escala o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, no es requereix cap prestació puntual per als elements del subsòl no calefactat.

Amb elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan la caixa d'escala o bé el forat d'ascensor comporten elements calefactors als subsòls, l'envolvent tèrmica de l'edifici ha d'integrar el conjunt de la caixa d'escala o del forat d'ascensor, i tots els elements de l'envolvent tèrmica de l'edifici han de complir les prestacions puntuals requerides.

2.3. Justificació per prestació global

Sense elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan una caixa d'escala o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, es pot calcular el flux tèrmic que travessa la superfície que separa el pis calefactat del pis no calefactat de la mateixa caixa d'escala o forat d'ascensor. Aquesta superfície, que constitueix el sostre de la part no calefactada, comprèn les superfícies de circulació de la caixa d'escala i del forat d'ascensor així com les superfícies dels elements de construcció que les separen. Per aquesta superfície de la caixa d'escala o forat d'ascensor s'aplicarà un valor U de $2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ja que es pot considerar una superfície en contacte amb l'exterior. El flux tèrmic es calcula multiplicant aquesta superfície per $(\theta_{cc} - \theta_e)$.

Amb elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan la caixa d'escala o bé el forat d'ascensor comporten elements calefactors als subsòls, l'envolvent tèrmica de l'edifici ha d'integrar el conjunt de la caixa d'escala o del forat d'ascensor, i s'ha de calcular el flux tèrmic a través de l'envolvent tèrmica així definida.

Document D: Valors indicatius de la fracció útil

El valor energètic dels combustibles es defineix pel seu poder calorífic superior. Els valors indicatius de la fracció útil també es refereixen a la calor de combustió.

1. Sistemes de calefacció sense producció d'ACS

Segons l'estat actual de la tècnica, els sistemes de calefacció nous i de bona qualitat, la fracció útil η_h (fracció entre les necessitats de calor per a la calefacció i les necessitats d'energia per a la calefacció tenint en compte les pèrdues de calor dels sistemes de producció, emmagatzematge i distribució) de les instal·lacions de calefacció sense producció d'ACS tenen els valors següents:

Taula 26. Valors indicatius de la fracció útil η_h per a sistemes de calefacció nous i de bona qualitat

	η_h
Caldera de gasoil o de gas:	
- de condensació	0,85...0,95
- normal	0,80...0,85
Caldera de fusta:	
- de pellets	0,70...0,75
- de troncs	0,65...0,70
Xarxa de distribució de calor (cogeneració)	0,93...0,97
Calefacció elèctrica	0,93...0,97
Bomba de calor (aire/aigua)	2,8...3,7
Bomba de calor (aigua/aigua)	3,4...4,7

2. Sistemes separats de producció i distribució d'ACS

Segons l'estat actual de la tècnica dels sistemes d'ACS nous i de bona qualitat, la fracció útil η_{ww} (fracció entre les necessitats de calor per a l'ACS i les necessitats d'energia per a l'ACS tenint en compte les pèrdues de calor dels sistemes de producció, emmagatzematge i distribució) dels sistemes separats d'ACS tenen els valors següents:

$$\eta_{ww} = \eta_{ww,ge} \cdot \eta_{ww,d}$$

Taula 27. Valors indicatius de la fracció útil η_{ww} per a diversos sistemes de producció i de distribució d'ACS nous i de bona qualitat

	$\eta_{ww,ge}$
Escalfador elèctric	0,90...0,95
Escalfador de gas	0,80...0,85
Escalfador amb bomba de calor	2,2...3,0
Panell solar tèrmic	20...30

Valor indicatiu de la fracció útil $\eta_{ww,d}$ per a diversos sistemes d'emmagatzematge i distribució d'ACS:

$$\eta_{ww,d} = 0,1 \dots 0,8$$

Amb 0,1 quan no hi ha res aïllat i 0,8 quan tot el circuit està molt ben aïllat.

3. Sistemes combinats de calefacció de producció d'ACS

Per als sistemes combinats de producció de calor per a la calefacció i l'ACS, els valors de la fracció útil η_{hww} s'obtenen a partir dels valors de la fracció útil η_h dels sistemes sense producció d'ACS i d'una fracció útil per al sistema d'emmagatzematge i distribució d'ACS:

$$\text{Valor indicatiu } \eta_{hww} = \frac{(Q_h + Q_{ww}) \cdot \eta_h}{Q_h + Q_{ww} / \eta_{ww,d}}$$

Document E: Recull de fórmules

Taula 28. Dades d'entrada

Concepte	Símbol	Unitat
<i>Utilització</i>		
Temperatura ambient	θ_o	$^{\circ}\text{C}$
Majoració de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$	K
Superfície per persona	A_P	m^2/P
Calor dissipada per persona	Q_P	W/P
Durada de presència de persones	t_P	h/d
Necessitats d'electricitat, per any	Q_{EI}	kWh/m^2
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	f_{EI}	-
Cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica	V/A_E	$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
<i>Dades climàtiques</i>		
Durada del període de càlcul	t_c	d
Altitud respecte al nivell del mar	h	m
Temperatura exterior	θ_e	$^{\circ}\text{C}$
Radiació solar global horitzontal	G_{sH}	kWh/m^2
Radiació solar global sud	G_{sS}	kWh/m^2
Radiació solar global est	G_{sE}	kWh/m^2
Radiació solar global oest	G_{sW}	kWh/m^2
Radiació solar global nord	G_{sN}	kWh/m^2
<i>Superfícies, llargades i nombres</i>		
Superfície de referència energètica	A_E	m^2
Coberta exposada a l'aire exterior	A_{Re}	m^2
Sostre contra espai no calefactat	A_{Ru}	m^2

Mur exposat a l'aire exterior	A_{We}	m^2
Mur contra espai no calefactat	A_{Wu}	m^2
Mur en contacte amb el terreny	A_{WG}	m^2
Mur contra espais contigus calefactats	A_{Wn}	m^2
Forjat exposat a l'aire exterior	A_{Fe}	m^2
Forjat contra espais no calefactats	A_{Fu}	m^2
Forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	A_{FG}	m^2
Finestra horitzontal	A_{wH}	m^2
Finestra sud	A_{wS}	m^2
Finestra est	A_{wE}	m^2
Finestra oest	A_{wW}	m^2
Finestra nord	A_{wN}	m^2
Pont tèrmic lineal sostre/mur	l_{RW}	m
Pont tèrmic lineal llosa inferior	l_{WF}	m
Pont tèrmic lineal balcó	l_B	m
Pont tèrmic lineal ampit de finestra	l_w	m
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	l_F	m
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	z	-
<i>Varis</i>		
Transmissió tèrmica de coberta exposada a l'aire exterior	U_{Re}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de sostre contra espai no calefactat	U_{Ru}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per sostre en contacte amb espai no calefactat	b_{uR}	-
Transmissió tèrmica de mur exposat a l'exterior	U_{We}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de mur contra espai no calefactat	U_{Wu}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per mur contra espai no calefactat	b_{uW}	-
Transmissió tèrmica de mur en contacte amb el terreny	U_{WG0}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per mur en contacte amb el terreny	b_{GW}	-

Transmissió tèrmica per mur contra espai calefactat contigu	U_{Wn}	$W/(m^2 \cdot K)$
Temperatura ambient de l'espai calefactat contigu	θ_{on}	$^{\circ}C$
Transmissió tèrmica de forjat exposat a l'aire exterior	U_{Fe}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de forjat contra espai no calefactat	U_{Fu}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per forjat contra espai no calefactat	b_{uF}	-
Transmissió tèrmica de forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	U_{FG0}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per forjat en contacte amb el terreny	b_{GF}	-
Majoració de la temperatura per a calefacció integrada a elements d'envolvent	$\Delta\theta$	K
Transmissió tèrmica de finestra horitzontal	U_{wH}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra sud	U_{wS}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra est	U_{wE}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra oest	U_{wW}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra nord	U_{wN}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal sostre/mur	Ψ_{RW}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal llosa inferior	Ψ_{WF}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal balcó	Ψ_B	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal ampit de finestra	Ψ_w	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	Ψ_F	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	χ	W/K
Taxa de transmissió d'energia global de finestra (perpendicular)	$g_{\perp}$	-
Fracció vidriada de la superfície de finestra	F_F	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, zenital	F_{SH}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, sud	F_{SS}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, est	F_{SE}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, oest	F_{SW}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, nord	F_{SN}	-

Dades d'entrada especials

Capacitat tèrmica per unitat de superfície de referència energètica	C/A_E	kWh/(m ² ·K)
Paràmetre numèric per al càlcul de la taxa d'utilització	a_0	-
Constant de temps de referència utilitzada en el càlcul de la taxa d'utilització	τ_0	h

Taula 29. Resultats

Concepte	Símbol	Fórmula	Unitat
Temperatura ambient majorada en funció de la regulació	θ_{oc}	$\theta_o + \Delta\theta_o$	°C

Pèrdues per transmissió

Coberta exposada a l'aire exterior	Q_{Re}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Re} \cdot U_{Re} / A_E$	kWh/m ²
Sostre contra espai no calefactat	Q_{Ru}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Ru} \cdot U_{Ru} \cdot b_{uR} / A_E$	kWh/m ²
Mur exposat a l'aire exterior	Q_{We}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{We} \cdot U_{We} / A_E$	kWh/m ²
Mur contra espai no calefactat	Q_{Wu}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Wu} \cdot U_{Wu} \cdot b_{uW} / A_E$	kWh/m ²
Mur en contacte amb el terreny	Q_{WG}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WG} \cdot U_{WG0} \cdot b_{WG} / A_E$	kWh/m ²
Mur contra espais contigus calefactats	Q_{Wn}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Wn} \cdot U_{Wn} / A_E$	kWh/m ²
Forjat exposat a l'aire exterior	Q_{Fe}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Fe} \cdot U_{Fe} / A_E$	kWh/m ²
Forjat contra espais no calefactats	Q_{Fu}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Fu} \cdot U_{Fu} \cdot b_{uF} / A_E$	kWh/m ²
Forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	Q_{FG}	$(\theta_{oc} - \theta_e + \Delta\theta) \cdot t_c \cdot A_{FG} \cdot U_{FG0} \cdot b_{GF} / A_E$	kWh/m ²
Finestra horitzontal	Q_{WH}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WH} \cdot U_{WH} / A_E$	kWh/m ²
Finestra sud	Q_{WS}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WS} \cdot U_{WS} / A_E$	kWh/m ²
Finestra est	Q_{WE}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WE} \cdot U_{WE} / A_E$	kWh/m ²
Finestra oest	Q_{WW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WW} \cdot U_{WW} / A_E$	kWh/m ²

Finestra nord	Q_{wN}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{wN} \cdot U_{wN} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal sostre/mur	Q_{IRW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_{RW} \cdot \Psi_{RW} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal llosa inferior	Q_{IWF}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_{WF} \cdot \Psi_{WF} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal balcó	Q_{IB}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_B \cdot \Psi_B / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal amplit de finestra	Q_{IW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_w \cdot \Psi_w / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	Q_{IF}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_F \cdot b_{uF} \cdot \Psi_F / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	Q_p	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot z \cdot \chi / A_E$	kWh/m ²
Pèrdues per transmissió	Q_T	$Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p$ o bé si $Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p + (\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V / A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24 \leq 0 ;$ $Q_T = 0$	kWh/m ²
<i>Pèrdues per renovació d'aire</i>			
Capacitat tèrmica volumètrica	$\rho_a \cdot c_a$	$(1220 - 0,14 \cdot h) / 3,6$	kWh/(m ³ ·K)
Pèrdues per renovació d'aire	Q_V	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V / A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24$ o bé si $Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p + (\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V / A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24 \leq 0 ;$ $Q_V = 0$	kWh/m ²
<i>Pèrdues totals</i>			
Pèrdues totals	Q_{tot}	$Q_T + Q_V$	kWh/m ²
Coefficient de transferència tèrmica	H	$\frac{A_{Re} \cdot U_{Re} + A_{Ru} \cdot U_{Ru} \cdot b_{uR} + A_{We} \cdot U_{We} + A_{Wu} \cdot U_{Wu} \cdot b_{uW}}{A_E}$	W/K

específic

$$\begin{aligned}
 &+ A_{WG} \cdot U_{WG0} \cdot b_{WG} + A_{WN} \cdot \\
 &U_{WN} + A_{Fe} \cdot U_{Fe} + A_{Fu} \cdot U_{Fu} \cdot \\
 &b_{uF} + A_{FG} \cdot U_{FG0} \cdot b_{GF} + A_{WH} \cdot \\
 &U_{WH} + A_{WS} \cdot U_{WS} + A_{WE} \cdot U_{WE} \\
 &+ A_{WW} \cdot U_{WW} + A_{WN} \cdot U_{WN} + \\
 &I_{RW} \cdot \Psi_{RW} + I_{WF} \cdot \Psi_{WF} + I_B \cdot \\
 &\Psi_B + I_w \cdot \Psi_w + I_F \cdot b_{uF} \cdot \Psi_F + \\
 &Z \cdot \chi + V/A_E \cdot A_E \cdot \rho_a \cdot c_a
 \end{aligned}$$

Guanyos de calor

Guanyos de calor interns de les instal·lacions elèctriques	Q_{iEI}	$Q_{EI} \cdot f_{EI} \cdot t_c / 365$	kWh/m ²
Guanyos de calor interns de les persones	Q_{iP}	$Q_P \cdot 10^{-3} \cdot t_p \cdot t_c \cdot / A_P$	kWh/m ²
Guanyos de calor interns	Q_i	$Q_{iEI} + Q_{iP}$	kWh/m ²
Guanyos solars zenitals	Q_{sH}	$G_{sH} \cdot A_{WH} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SH} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars sud	Q_{sS}	$G_{sS} \cdot A_{WS} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SS} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars est	Q_{sE}	$G_{sE} \cdot A_{WE} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SE} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars oest	Q_{sW}	$G_{sW} \cdot A_{WW} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SW} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars nord	Q_{sN}	$G_{sN} \cdot A_{WN} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SN} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars totals	Q_s	$Q_{sH} + Q_{sS} + Q_{sE} + Q_{sW} + Q_{sN}$	kWh/m ²
Guanyos totals de calor	Q_g	$Q_i + Q_s$	kWh/m ²
Quocient entre guanyos totals de calor i pèrdues totals	γ	Q_g / Q_{tot}	-
Constant de temps de l'edifici	τ	$C/A_E \cdot 10^{-3} \cdot A_E / H$	h
Paràmetre numèric	a	$a_0 + (\tau / \tau_0)$	-
Taxa d'utilització dels guanyos de calor	η_g	$(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ si $\gamma = 1$; $(a / a+1)$ si $Q_{tot} \leq 0$; 0	-
Guanyos útils de calor	Q_{ug}	$Q_g \cdot \eta_g$	kWh/m ²
Taxa de cobertura de les necessitats pels guanyos de calor	f_{ug}	Q_{ug} / Q_{tot}	-

Necessitats de calor per a la calefacció

Necessitats de calor per a la calefacció	Q_h	$Q_{tot} - Q_{ug}$	kWh/m ²
--	-------	--------------------	--------------------

Document F: Índex de consum d'energia

A partir dels valors límit relatius a les necessitats de calor per a la calefacció i dels valors mínims de la fracció útil segons el Document D, és possible calcular l'índex de consum d'energia per a la calefacció d'un edifici amb condicions normals d'utilització. Aquest valor màxim depèn de la categoria de l'obra, del factor d'envolvent, de la temperatura mitjana anual θ_{ea} i del sistema de producció de calor. Atès que aquest índex és funció del factor d'envolvent i de l'emplaçament de l'edifici, és necessari calcular-lo per a cada cas i no per a tota una categoria d'obra. Les combinacions possibles entre les categories d'obra i els sistemes de producció de calor són tan nombroses que la taula 31 només presenta uns exemples d'índex de consum d'energia màxims.

Per a la fracció útil de calefaccions amb gasoil i gas, es considera que la caldera és de condensació. Els valors de la fracció útil per a la calefacció i per a l'ACS es calculen segons la fórmula indicada al Document D, apartat 3. Per a la fracció útil dels acumuladors d'ACS i dels sistemes de distribució, s'admet un valor de 0,5.

La ponderació dels agents energètics es defineix pels factors d'energia primària f_p i pels coeficients d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} .

Taula 30. Factors d'energia primària i coeficients d'emissió

Agent energètic	Factor d'energia primària f_p	Coeficient d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} (g/kWh)
Energies fòssils:		
- gasoil	1,24	295
- gas natural	1,15	241
Fusta:		
- troncs	1,06	11
- plaquetes de fusta	1,14	11
- pellets	1,22	36
Xarxa urbana de distribució de calor (cogeneració)	0,81	300
Electricitat (barreja segons el consum a Andorra)	2,32	180
Solar tèrmic	0,10	0

Document G: Catàleg d'elements de construcció

Material	Densitat aparent (kg/m³)	Conductivitat tèrmica (W/m.K)
Roques o sòls naturals		
<i>Roques i terrenys</i>		
Roques compactes	2.500-3.000	3,500
Roques poroses	1.700-2.500	2,330
Sorra amb humitat natural	1.700	1,400
Sòl coherent amb humitat natural	1.800	2,100
Argila	2.100	0,930
<i>Materials sòls d'ompliment dessecats a l'aire, en forjats, etc.</i>		
Sorra	1.500	0,580
Grava rodada	1.700	0,810
Escòria de carbó	1.200	0,190
Restes de material ceràmic	1.300	0,410
Pastes, morters i formigons		
<i>Revestiments continus</i>		
Mortor de calç	1.600	0,870
Mortor de ciment	2.000	1,400
Guix	800	0,300
Guix amb perlita	570	0,180
<i>Formigons normals i lleugers</i>		
Formigó armat (normal)	2.400	1,630
Formigó amb àrids lleugers	600	0,170
Formigó amb àrids lleugers	1.000	0,330
Formigó amb àrids lleugers	1.400	0,550
Formigó cel·lular amb àrids silícics	600	0,340

Formigó cel·lular amb àrids silícics	1.000	0,670
Formigó cel·lular amb àrids silícics	1.400	1,090
Formigó cel·lular sense àrids	305	0,090
Formigó en massa amb grava normal amb àrids lleugers	1.600	0,730
Formigó en massa amb grava normal amb àrids ordinaris, sense vibrar	2.000	1,160
Formigó en massa amb grava normal amb àrids ordinaris, vibrats	2.400	1,630
Formigó en massa amb argila expandida	500	0,120
Formigó en massa amb argila expandida	1.500	0,550
Fàbrica de blocs amb totxos silicocalcaris massissos	1.600	0,790
Fàbrica de blocs amb totxos silicocalcaris perforats	2.500	0,560
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.000	0,440
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.200	0,490
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.400	0,560
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	600	0,350
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	800	0,410
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	1.000	0,470
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	800	0,440
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	1.000	0,560
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	1.200	0,700
<i>Plaques i panells</i>		
Placo	900	0,180
Formigó amb fibra de fusta	450	0,080
Plaques de guix	800	0,300

Totxos i plaquetes

Fàbrica de totxo massís	1.800	0,870
Fàbrica de totxo perforat	1.600	0,760
Fàbrica de totxo buit	1.200	0,490
Plaquetes	2.000	1,050

Vidres

Vidre pla	2.500	0,950
-----------	-------	-------

Metalls

Fosa i acer	7.850	58,000
Coure	8.900	384,000
Bronze	8.500	64,000
Alumini	2.700	204,000

Fustes

Fustes frondoses	800	0,210
Fustes coníferes	600	0,140
Contraxapat	600	0,140
Taulell aglomerat de partícules	650	0,080

Plàstics i revestiments de sòls

Linòleum	1.200	0,190
Moquetes i estores	1.000	0,050

Materials bituminosos

Asfalt	2.100	0,700
Betum	1.050	0,170
Làmines bituminoses	1.100	0,190

Materials aïllants tèrmics

Argila expandida	300	0,085
Argila expandida	450	0,114
Aglomerat de suro	110	0,039
Escuma elastomèrica	60	0,034
Llana de vidre tipus I	18	0,044
Llana de vidre tipus II	19-30	0,037
Llana de vidre tipus III	31-45	0,034
Llana de vidre tipus IV	46-65	0,033
Llana de vidre tipus V	66-90	0,033
Llana de vidre tipus VI	91	0,036
Llana mineral tipus I	30-50	0,042
Llana mineral tipus II	51-70	0,040
Llana mineral tipus III	71-90	0,038
Llana mineral tipus IV	91-120	0,038
Llana mineral tipus V	121-150	0,038
Perlita expandida	130	0,047
Poliestirè expandit tipus I	10	0,057
Poliestirè expandit tipus II	12	0,044
Poliestirè expandit tipus III	15	0,037
Poliestirè expandit tipus IV	20	0,034
Poliestirè expandit tipus V	25	0,033
Poliestirè extruït	33	0,033
Polietilè reticulat	30	0,038
Escuma de poliisocianurat	35	0,026
Escuma de poliuretà conformat tipus I	32	0,023
Escuma de poliuretà conformat tipus II	35	0,023
Escuma de poliuretà conformat tipus III	40	0,023

Escuma de poliuretà conformat tipus IV	80	0,040
Escuma de poliuretà aplicat in situ tipus I	35	0,023
Escuma de poliuretà aplicat in situ tipus II	40	0,023
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidre cel·lular	160	0,044

Document H: Llista d'estacions meteorològiques d'Andorra*Taula 31. Estacions meteorològiques*

Estació	Altitud	Temp. mitjana anual (°C)
Arcalís	2.315 m	2,72
Engolasters	1.640 m	9,36
Envalira	2.510 m	2,30
FEDA (Central)	1.145 m	10,63
La Comella	1.225 m	10,81
Ransol	1.645 m	7,32
Roc de St. Pere	1.113 m	11,23
Sant Julià de Lòria	873 m	10,73

Nota:

Per calcular les temperatures mitjanes anuals d'aquestes estacions, referiu-vos a la pàgina web www.meteo.ad.

Les dades d'irradiació solar són úniques i vénen donades per l'estació del roc de Sant Pere.

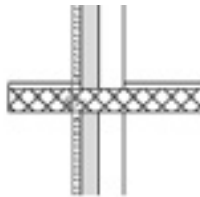
Document I: Llista de programes informàtics de simulació tèrmica afiliats a l'International Building Performance Simulation Association

Consulteu la pàgina web:

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/page
name menu=whole building analysis/pagename submenu=energy simulation](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/page%20name%20menu=whole%20building%20analysis/pagename%20submenu=energy%20simulation)

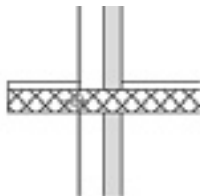
Document J: Catàleg dels ponts tèrmics més freqüents*Ponts tèrmics de balcons*

Forjat continu amb aïllament exterior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.69	0.84	
0.20	0.75	0.92	
0.25	0.78	0.97	
0.30	0.80	1.01	
0.35	0.81	1.04	
0.40	0.81	1.05	

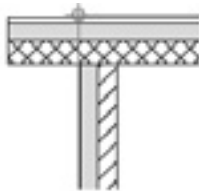
Forjat continu amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.62	0.70	
0.20	0.68	0.78	
0.25	0.70	0.82	
0.30	0.72	0.85	
0.35	0.73	0.87	
0.40	0.73	0.87	

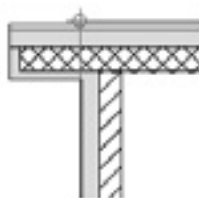
Pont tèrmic de coberta plana

No aïllat, façana amb aïllament exterior



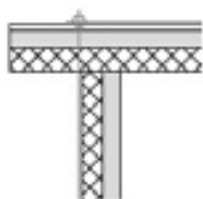
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	
0.15	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
0.20	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	0.45
0.25	0.53	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47
0.30	0.53	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
0.35	0.53	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
0.40	0.51	0.52	0.52	0.51	0.49	0.48

Aïllat, façana amb aïllament exterior



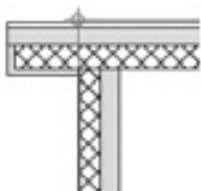
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	
0.15	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16
0.20	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
0.25	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
0.30	0.12	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15
0.35	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
0.40	0.07	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12

No aïllat, façana amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$				$\Psi_{en} W/(m \cdot K)$	
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.39
0.20	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.43
0.25	0.56	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47
0.30	0.57	0.56	0.55	0.53	0.51	0.49
0.35	0.57	0.57	0.55	0.54	0.52	0.50
0.40	0.56	0.56	0.55	0.54	0.52	0.50

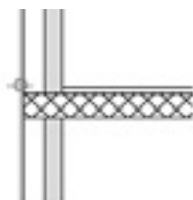
Aïllat, façana amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$				$\Psi_{en} W/(m \cdot K)$	
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.44	0.42	0.40	0.38	0.35	0.33
0.20	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.37
0.25	0.47	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39
0.30	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41
0.35	0.46	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41
0.40	0.44	0.45	0.44	0.43	0.42	0.40

Pont tèrmic de forjat intermig

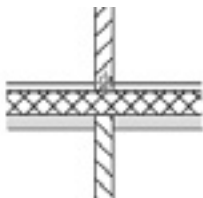
Forjat continu



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		$\Psi_{en} W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.65	0.71	
0.20	0.68	0.78	
0.25	0.71	0.83	
0.30	0.73	0.86	
0.35	0.74	0.88	
0.40	0.74	0.89	

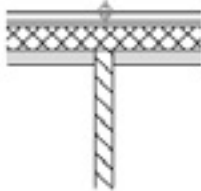
Pont tèrmic del forjat contra subsòl

Amb paret a sobre de la unió



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	$\Psi_{en} W/(m \cdot K)$
0.15	0.23
0.20	0.23
0.25	0.23
0.30	0.24
0.35	0.25
0.40	0.26

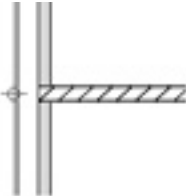
Sense paret a sobre de la unió



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	Ψ en $W/(m \cdot K)$
0,15	0,14
0,20	0,11
0,25	0,07
0,30	0,03
0,35	0,00
0,40	-0,02

Pont tèrmic d'una paret interior amb la façana

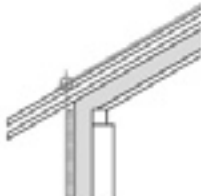
Amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Façana		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0,15	0,11	0,15	
0,20	0,13	0,17	
0,25	0,14	0,19	
0,30	0,14	0,22	
0,35	0,15	0,23	
0,40	0,15	0,24	

Pont tèrmic d'una coberta inclinada

Aïllament entre cabirons i aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,15	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-0,05
0,20	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
0,25	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04
0,30	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,04
0,35	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05	-0,05
0,40	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05

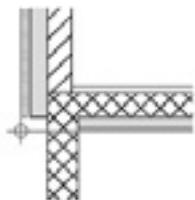
Aïllament entre cabirons i aïllament interior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,15	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,12
0,20	-0,07	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,12
0,25	-0,08	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12
0,30	-0,09	-0,09	-0,09	-0,11	-0,11	-0,12
0,35	-0,10	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12	-0,13
0,40	-0,11	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,14

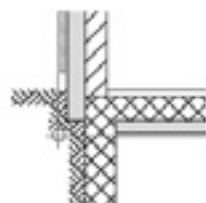
Pont tèrmic del peu de façana

Aïllament façana exterior, subsòl no calefactat



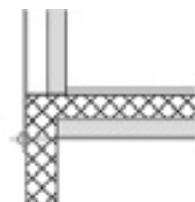
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Val. U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.24	0.20	0.15	0.12	0.08	0.04
0.20	0.22	0.18	0.14	0.10	0.07	0.04
0.25	0.20	0.16	0.12	0.09	0.06	0.02
0.30	0.17	0.14	0.10	0.08	0.05	0.02
0.35	0.15	0.12	0.08	0.06	0.03	0.01
0.40	0.12	0.09	0.06	0.04	0.01	-0.01

Contra terreny, aïllament façana exterior, subsòl no calefactat



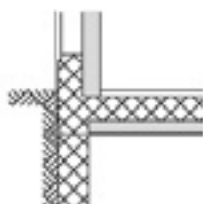
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Val. U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.19	0.15	0.11	0.08	0.05	0.02
0.20	0.17	0.14	0.10	0.08	0.05	0.03
0.25	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04	0.02
0.30	0.13	0.10	0.07	0.05	0.03	0.01
0.35	0.11	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00
0.40	0.08	0.06	0.03	0.01	-0.02	-0.04

Aïllament façana interior, subsòl no calefactat



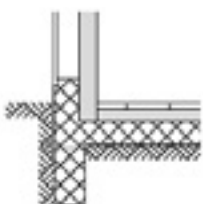
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.05	0.00	-0.05	-0.09	-0.12	-0.16
0.20	0.04	0.00	-0.05	-0.08	-0.12	-0.16
0.25	0.03	-0.01	-0.05	-0.09	-0.12	-0.16
0.30	0.01	-0.03	-0.07	-0.10	-0.13	-0.16
0.35	-0.01	-0.04	-0.08	-0.11	-0.14	-0.17
0.40	-0.02	-0.06	-0.09	-0.12	-0.15	-0.18

Contra terreny, aïllament façana interior, subsòl no calefactat



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.06	0.01	-0.03	-0.07	-0.11	-0.15
0.20	0.05	0.01	-0.03	-0.07	-0.11	-0.14
0.25	0.04	0.00	-0.04	-0.07	-0.11	-0.14
0.30	0.03	-0.01	-0.05	-0.08	-0.11	-0.15
0.35	0.02	-0.02	-0.06	-0.09	-0.12	-0.15
0.40	0.00	-0.03	-0.06	-0.10	-0.13	-0.16

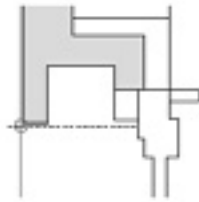
Contra terreny, aïllament façana i forjat interiors, terra radiant



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U Bosa en $W/(m^2 \cdot K)$		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.20	0.40	
0.15	0.16	-0.01	
0.20	0.16	-0.02	
0.25	0.15	-0.02	
0.30	0.14	-0.02	
0.35	0.13	-0.03	
0.40	0.12	-0.04	

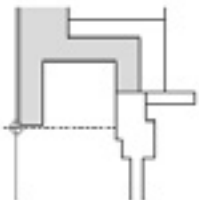
Pont tèrmic de les caixes de persiana

Marc de finestra enrasat amb la façana interior



Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.24	0.25	0.26	
0.20	0.22	0.23	0.24	
0.25	0.20	0.21	0.22	
0.30	0.18	0.19	0.21	

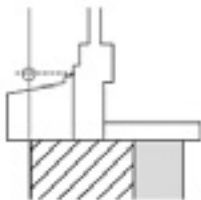
Marc de finestra en posició mitjana



Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.24	0.25	0.26	
0.20	0.21	0.23	0.24	
0.25	0.20	0.21	0.22	
0.30	0.18	0.19	0.20	

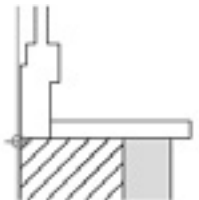
Pont tèrmic d'ampit de finestra

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament interior de façana



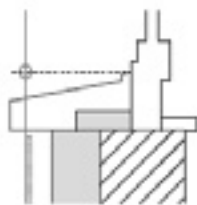
Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.16	0.16	0.10	
0.20	0.15	0.15	0.09	
0.25	0.14	0.14	0.08	
0.30	0.14	0.13	0.07	
0.35	0.13	0.12	0.07	
0.40	0.12	0.11	0.06	

Marc de finestra enrasat amb la façana exterior, aïllament interior de façana



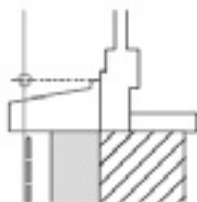
Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.16	0.15	0.16	
0.20	0.15	0.14	0.16	
0.25	0.15	0.14	0.15	
0.30	0.14	0.13	0.14	
0.35	0.13	0.12	0.13	
0.40	0.13	0.12	0.13	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.17	0.13	0.16	
0.20	0.16	0.12	0.15	
0.25	0.15	0.11	0.14	
0.30	0.14	0.11	0.13	
0.35	0.13	0.10	0.12	
0.40	0.12	0.09	0.12	

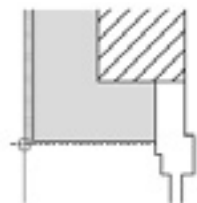
Marc de finestra en posició exterior, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.19	0.14	0.20	
0.20	0.18	0.13	0.19	
0.25	0.17	0.12	0.18	
0.30	0.16	0.11	0.17	
0.35	0.15	0.10	0.16	
0.40	0.14	0.10	0.15	

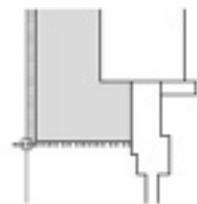
Pont tèrmic de dintell de finestra

Marc de finestra enrasat a l'interior, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.11	0.16	0.12	
0.20	0.10	0.15	0.11	
0.25	0.09	0.14	0.11	
0.30	0.09	0.13	0.10	
0.35	0.08	0.13	0.09	
0.40	0.07	0.12	0.09	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.09	0.14	0.10	
0.20	0.08	0.13	0.09	
0.25	0.07	0.12	0.09	
0.30	0.07	0.11	0.08	
0.35	0.06	0.11	0.07	
0.40	0.06	0.10	0.07	

Marc de finestra en posició exterior, aïllament exterior de façana



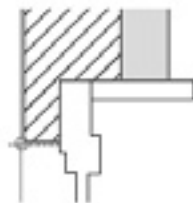
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.08	0.12	0.09	
0.20	0.07	0.11	0.08	
0.25	0.06	0.10	0.07	
0.30	0.06	0.10	0.07	
0.35	0.05	0.09	0.07	
0.40	0.05	0.09	0.06	

Marc de finestra enrasat a l'interior, aïllament interior de façana



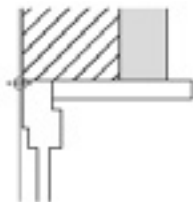
Valor U en W/(m² · K)	Tipus de marc			Ψ en W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.14	0.15	0.16	
0.20	0.13	0.14	0.15	
0.25	0.12	0.13	0.14	
0.30	0.12	0.12	0.14	
0.35	0.11	0.12	0.13	
0.40	0.10	0.11	0.12	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament interior de façana



Valor U en W/(m² · K)	Tipus de marc			Ψ en W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.18	0.18	0.20	
0.20	0.17	0.17	0.19	
0.25	0.16	0.16	0.18	
0.30	0.15	0.15	0.17	
0.35	0.14	0.14	0.16	
0.40	0.14	0.13	0.16	

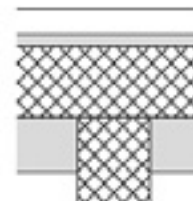
Marc de finestra en posició exterior, aïllament interior de façana



Valor U en W/(m² · K)	Tipus de marc			Ψ en W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.19	0.18	0.19	
0.20	0.18	0.17	0.18	
0.25	0.17	0.16	0.18	
0.30	0.17	0.15	0.17	
0.35	0.16	0.15	0.16	
0.40	0.15	0.14	0.16	

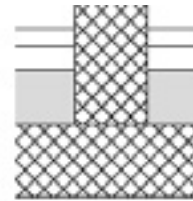
Pont tèrmic de pilars i columnes

Cap de pilar



Valor U forjat en W/(m² · K)	Diàmetre del pilar			λ en W/K
	10	12	15	
0.15	0.05	0.06	0.09	
0.20	0.05	0.07	0.10	
0.25	0.06	0.08	0.11	
0.30	0.06	0.08	0.11	

Peu de pilar



Valor U forjat en W/(m² · K)	Diàmetre del pilar			λ en W/K
	10	12	15	
0.15	0.05	0.07	0.11	
0.20	0.06	0.08	0.12	
0.25	0.07	0.09	0.13	
0.30	0.08	0.10	0.14	

Pont tèrmic de fixacions de façana ventilada

Ancoratges de fixació i de suport en acer

a x b en m²	Mur		ΔU en W/(m² · K)
	Totxo	Formigó	
0.2	0.05	0.09	
0.3	0.03	0.06	
0.4	0.02	0.05	
0.5	0.02	0.04	
0.6	0.02	0.03	
0.7	0.01	0.03	
0.8	0.01	0.02	
0.9	0.01	0.02	
1.0	0.01	0.02	
1.1	0.01	0.02	
1.2	0.01	0.02	

a: espai horitzontal entre dos punts d'ancoratge

b: espai vertical entre dos punts d'ancoratge

Exemples

Cat.	A_{th}/A_E	Energia útil		Sistema de producció de calor	η_h	η_{ww}	η_{hww}	Energia final		Energia primària			
		Q_h	Q_{ww}					E_F	Agent energètic	f_p	$E_{p,h}$	$E_{p,ww}$	$E_{p,hww}$
I	1,3	38	21	Caldera de gasoil amb producció d'ACS combinada	0,85		0,63	94	gasoil	1,24			117
I	1,3	38	21	Caldera de gasoil, ACS amb BdC aire/aigua	0,85	1,1		45 19	gasoil electricitat	1,24 2,32	56	44	100
I	1,3	38	21	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua	2,8		1,4	42	electricitat	2,32			97
II	2,0	54	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	89	gasoil	1,24			110
II	1,5	45	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,75	78	gasoil	1,24			97
II	1,5	45	14	Calefacció amb BdC aigua/aigua i ACS amb panells solars	3,4	16		13 1	electricitat solar	2,32 0,1	30	0,1	30
III	0,8	37	7	Caldera de gasoil amb producció d'ACS combinada	0,85		0,68	65	gasoil	1,24			81
III	0,8	37	7	Caldera de gas, ACS amb panells solars	0,85	16		44 1	gas natural solar	1,15 0,1	51	0,1	51
III	1,5	54	7	Caldera de pellets amb producció d'ACS combinada	0,70		0,63	97	pellets	1,22			118
IV	1,2	42	7	Calefacció urbana i ACS amb caldera de gasoil	0,97	0,68		43 10	calor urbana gasoil	0,81 1,24	35	12	47
V	1	32	7	Calefacció amb BdC aire/aigua, ACS amb escalfador elèctric	2,8	0,45		11 13	electricitat electricitat	2,32 2,32	26	30	56
VI	1,5	58	56	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	150	gasoil	1,24			186
VI	1,5	58	56	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua	2,8		2,24	51	electricitat	2,32			118
VII	1,2	51	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	86	gasoil	1,24			107

VIII	0,8	40	28	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	89	gasoil	1,24			111
IX	1,8	51	7	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	76	gasoil	1,24			95
X	2,0	55	1	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	74	gasoil	1,24			92
XI	2,4	67	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	197	gasoil	1,24			244
XI	2,4	67	83	Calefacció urbana i ACS amb caldera de gasoil	0,97		0,76	69 109	calor urbana gasoil	0,81 1,24	56	135	191
XII	2,5	82	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	217	gasoil	1,24			269
XII	2,5	82	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada i 20% de recolzament amb panells solars	0,95		0,76	195 16 1	gasoil solar	1,24 0,1	242	0,1	242
XII	2,5	82	83	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua i 20% de recolzament amb panells solars	2,8		2,24	66 16 1	electricitat solar	2,32 0,1	153	0,1	153