

Resum

L'objectiu principal d'aquest projecte és proposar una rehabilitació energètica d'un edifici residencial, aprofitant unes obres de condicionament que volen dur a terme els propietaris. Bàsicament, el que es proposa en aquest document és un seguit de millores encarades a, primer de tot minimitzar la demanda d'energia tèrmica de l'edifici i seguidament proposar solucions per a fer front a aquesta demanda. D'aquesta manera, s'aconseguirà fer un ús racional i eficient de l'energia. Però, per poder planificar i dimensionar correctament aquesta rehabilitació ha estat necessari fer un estudi exhaustiu de l'estat actual de l'edifici i mantenir contacte amb els propietaris per a conèixer l'abast de la reforma que volen dur a terme.

Un cop es va obtenir tota la informació necessària, es va introduir totes les dades en el programa informàtic CE3X. Aquesta eina gratuïta, facilitada pel ministeri d'indústria, energia i turisme, permet obtenir la qualificació energètica de l'estat actual de l'immoble i introduir les diferents propostes de millora. La qualificació obtinguda inicialment, fou d'una G, que és la pitjor que es podia obtenir. Aquest resultat, tot i ser el més desfavorable era coherent amb l'estat en que es troba actualment l'edifici. Tot i això, aquest resultat ha ofert la possibilitat d'introduir millores en aspectes molt diversos de l'immoble.

A partir de la qualificació obtinguda, s'ha dissenyat com s'efectuarien aquestes reformes. Per aquest motiu s'ha considerat oportú començar dimensionant les solucions per millorar l'envolupant tèrmica i minimitzar la transferència de calor edifici/entorn, dit d'una altra manera, aconseguir reduir la demanda d'energia tèrmica. Seguidament, s'ha dimensionat les instal·lacions de producció de calefacció, refrigeració i ACS (Aigua Calenta Sanitària). D'aquesta manera, s'aconseguia ajustar al màxim possible la producció a la demanda, evitant sobredimensionament excessiu de les instal·lacions.

Addicionalment, també s'ha cregut oportú introduir un petit apartat destinat a la millora de la instal·lació lumínica, a la selecció de d'electrodomèstics eficients i a la minimització de la despesa d'aigua potable. Tot i que aquest últim, finalment s'ha decidit no aplicar-se.

Amb conjunt total de mesures proposades, s'aconsegueix obtenir la millor qualificació possible una A, i una reducció de les emissions globals de diòxid de carboni del 93,9%, passant d'uns 65,00 kgCO₂/(m²·any) a només 3,96 kgCO₂/(m²·any).

El cost total per dur a terme aquest projecte és de 51.352,47 € i un període d'amortització inferior als 9 anys. Per últim, el temps necessari de rehabilitació juntament amb la reforma interior proposada pels propietaris és d'aproximadament 2 mesos.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. GLOSSARI	5
2. INTRODUCCIÓ	7
2.1. Objectius del projecte.....	8
2.2. Abast del projecte	9
3. DOCUMENTACIÓ DE L'EDIFICI D'ESTUDI	10
3.1. Descripció de l'envolupant tèrmica de l'edifici:	11
3.2. Abast de la rehabilitació dels propietaris	13
4. MODELITZACIÓ DE L'ESTAT ACTUAL AMB EL SOFTWARE CE3X	15
4.1. Informació General	15
4.2. Modelització materials	16
4.3. Patrons d'ombres	17
4.4. Informació instal·lacions	19
4.5. Qualificació estat actual.....	19
5. REQUISITS DE DISSENY I LIMITACIONS, DE LES MILLORES DE L'ENVOLUPANT TÈRMICA	22
6. PROPOSTES DE MILLORA DE L'ENVOLUPANT TÈRMICA	25
6.1. Solucions d'aïllament de les parets amb contacte amb l'exterior.....	25
6.1.1. Aïllant de poliestirè expandit (EPS)	25
6.1.1.1. Proposta: Aïllant façana per l'exterior	25
6.1.1.2. Proposta: aïllant per l'interior.....	28
6.1.2. Aïllant de Llana Mineral.....	31
6.1.2.1. Proposta: Aïllant façana per l'exterior	31
6.1.2.2. Proposta: Aïllant façana per l'interior	34
6.1.3. Aïllant poliuretà projectat:.....	36
6.1.3.1. Proposta: aïllant façana per l'exterior:	36
6.2. Proposta d'aïllament terra 1r pis.....	38
6.3. Proposta d'aïllament coberta	41

6.4.	Solucions de substitució dels tancaments exteriors	45
6.4.1.	Opció 1: Marc de PVC de tres càmeres i doble vidre simple	45
6.4.2.	Opció 2: Marc d'alumini amb ruptura de pont tèrmic i doble vidre de baixa emissivitat	47
6.5.	Elecció definitiva dels components de la envolupant tèrmica.....	49
6.5.1.	Envolupant tèrmica.....	49
6.5.2.	Forats de finestres	50
6.6.	Resultats	50
6.6.1.	Comparació entre opcions	52
6.6.2.	Taula resum de la proposta de millora definitiva de l'envolupant tèrmica	54
7.	REQUISITS DE DISSENY I LIMITACIONS DE LES INSTAL·LACIONS	55
7.1.	Consideracions prèvies	56
7.1.1.	Referents a la instal·lació d'ACS.....	57
7.1.2.	Referents a la instal·lació de calefacció.....	58
7.1.3.	Referents al sistema de refrigeració	59
8.	PROPOSTES DE MILLORA DE LES INSTAL·LACIONS	60
8.1.	Propostes de millora equips de generació de calor	60
8.1.1.	Opció 1: Caldera de gasoil i contribució mínima de solar tèrmica per a ACS ...	60
8.1.2.	Opció 2: Equips d'aerotèrmia amb tecnologia inverter.....	62
8.1.2.1.	Sistema de calefacció de baixa temperatura.....	63
8.1.2.2.	Sistema de calefacció d'alta temperatura.....	63
8.1.2.3.	Proposta final d'aerotèrmia	64
8.1.3.	Opció 3: Caldera de Biomassa per a la producció de calefacció i ACS	65
8.2.	Propostes de millora per equips de generació de fred.....	67
8.2.1.	Opció 1: Equips individuals amb tecnologia INVERTER.....	68
8.2.2.	Opció 2: Sistema multisplit amb tecnologia INVERTER d'alta eficiència	69
8.3.	Selecció definitiva dels equips	71
9.	ESTUDI DE MINIMITZACIÓ DE DESPESA ENERGÈTICA DES DE LA BASANT LUMÍNICA, D'AIGUA POTABLE I D'ELECTRODOMÈSTICS	73
9.1.	Minimitzar despesa energètica en la instal·lació lumínica	73
9.2.	Minimitzar consum d'aigua potable.....	75
9.3.	Minimitzar la despesa elèctrica dels electrodomèstics i recomanacions d'ús77	
10.	RESUM DE LA SOLUCIÓ FINAL ADOPTADA	79
11.	COST TOTAL MILLORES, ESTUDI ECONÒMIC I PLANIFICACIÓ	

TEMPORAL	80
11.1. Cost total instal·lació i pressupostos.....	81
11.2. Ajudes i subvencions públiques	82
11.3. Anàlisi econòmica	83
11.4. Planificació temporal.....	84
12. ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL	88
12.1. Impacte Ambiental en la fase constructiva.....	88
12.2. Impacte ambiental en la vida útil de l'edifici.....	90
CONCLUSIONS	93
BIBLIOGRAFIA	95
Referències bibliogràfiques.....	95
Bibliografia complementària	95
ANNEX A: METODOLOGIA DE CàLCUL	97
a. Transmïtancies actuals	97
b. Tancaments exteriors (veure metodologia del DA DB-HE/1).....	97
c. Particions interiors	98
d. Càlculs per al dimensionament de la nova envolupant tèrmica.....	98
i. Façana i terra	98
ii. Coberta.....	99
iii. Forats.....	101
e. Dimensionament de la demanda d'energia tèrmica	102
i. Determinació de la demanda d'ACS	102
ii. Determinació de la demanda de calefacció	104
B. ANNEX B: Fulls de càlcul	
C. ANNEX C: Arxiu CE3X	
D. ANNEX D: Condensacions	
E. ANNEX E: Plànols	
F. ANNEX F: Fitxes Tècniques	

1. Glossari

CTE: "Codi Tècnic de l'Edificació"

ACS: Aigua Calenta d'ús Sanitari

COP: "Coeficient Of Performance" rendiment d'equips de calefacció

EER: "Energy Efficient Ratio" rendiment d'equips de refrigeració

EPS: "Expanded PolyStyrene" sigles en anglès de poliestirè expandit

SATE: Sistema d'Aïllament Tèrmic per l'Exterior

PUR: Poliuretà projectat

LER: Llista Europea de Residus

GWP: sigles en anglès de Global-Warming Potential

Al llarg del projecte sortiran les sigles CTE HE DB. Aquestes sigles fan referència al document bàsic del codi tècnic de l'edificació referent a l'eficiència energètica.

2. Introducció

Actualment, degut a l'elevada contaminació, als efectes del canvi climàtic i al malbaratament de diferents recursos naturals, institucions a nivell mundial, governs de diferents països i diferents col·lectius, estan promovent un seguit de mesures per tal de revertir o frenar les diverses afectacions i problemes que s'estan desenvolupant en l'actualitat i que es poden agreujar en el futur.

Entre totes aquestes mesures, la Unió Europea està impulsant un seguit d'accions per tal de promoure la utilització eficient, sostenible i racional dels combustibles fòssils així com la reducció de les principals fonts de diòxid de carboni, ja que són els principals agreujants de l'efecte hivernacle. A mig i llarg termini, aquests efectes es traduiran en un augment de la temperatura global, el desgel de glaceres i casquets polars, increment del nivell del mar, clima més hostil, entre molts d'altres.

D'altra banda, l'esmentat organisme indica que més del 40% del consum total d'energia consumida pels estats membres, correspon a edificis residencials i del sector terciari. Degut a això, aquesta institució proposa un full de ruta per tal d'incidir en la demanda d'aquesta tipologia d'edificis, el rendiment dels sistemes instal·lats, els consums energètics i l'impacte ambiental d'aquest consum (Directiva EPBD 2002/91/CE). Més endavant, aquesta directiva fou substituïda per la EPBD 2010/31/UE. Aquesta normativa proposa, de cara l'any 2020, aconseguir un 20% d'estalvi energètic, un 20% de reducció d'emissions de diòxid de carboni, un 20% de producció de l'energia total mitjançant energies renovables i un disseny d'edificis amb un consum energètic quasi zero.

El govern espanyol, com a estat membre, aprova el Real Decret 235/2013 (Certificació Energètica d'edificis nous i existents) i actualitza el Real Decret 314/2006 (Codi Tècnic de l'Edificació), afegint criteris d'eficiència energètica que haurien de complir els nous edificis i els rehabilitats. En la primera de les esmentades normatives, es dona tota la informació oficial sobre el certificat energètic i en el qual es transposa la normativa europea. El segon document és de caràcter més tècnic i s'exposen, entre altres coses, un seguit de normes i criteris de disseny per a millorar l'eficiència energètica dels edificis.

Tenint en compte el que s'ha explicat anteriorment, l'objectiu d'aquest projecte és proposar la rehabilitació d'un edifici d'habitatges aplicant els criteris que exposen les esmentades normatives, aprofitant unes obres de condicionament que els propietaris volen dur a terme. Tot això, es farà pensant en intentar aconseguir l'objectiu especificat per la Unió Europea, l'edifici de consum energètic quasi zero.

Per tal de complir amb l'objectiu proposat, primer de tot s'avaluarà exhaustivament l'estat en que es troba actualment l'edifici. Per aquest motiu, s'analitzarà com està formada l'envolupant tèrmica i els diferents equips de producció d'energia tèrmica. Amb aquesta informació, s'obindrà un certificat d'eficiència energètica preliminar que indicarà quin és el punt de partida. A partir d'aquí, es començaran a proposar millores. Primer de tot, s'incidirà en minimitzar la demanda energètica i seguidament en l'elecció de les instal·lacions òptimes per a fer front a la demanda. Finalment, s'escollirà la proposta que millor s'adapti a diferents paràmetres i aspectes, com poden ser l'econòmic, l'eficiència de les diferents solucions, la viabilitat d'instal·lar-les, l'estalvi respecte l'estat actual, entre d'altres.

Per últim, un cop coneguda la proposta, s'adjuntarà un estudi d'impacte ambiental per tal de quantificar quins són els nous efectes que generarà la rehabilitació sobre el medi que rodeja a l'edifici.

2.1. Objectius del projecte

Aquest projecte consisteix en el plantejament d'una proposta de rehabilitació energètica en un edifici plurifamiliar, aprofitant unes reformes que els propietaris volen dur a terme. Per això, es vol definir un conjunt de millores per tal d'aconseguir actuar en els diferents factors i que poden optimitzar el consum energètic de l'edifici.

La selecció d'aquestes millores s'efectuarà seguint els postulats que planteja el document bàsic HE d'estalvi energètic pertanyent al Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). L'esmentat document proposa un seguit de especificacions bàsiques, restriccions i procediments que garanteixen el compliment del requisit de l'estalvi energètic en edificis d'ús residencial i terciari.

Tenint present el que s'especifica en la esmentada legislació, el que es pretén amb la realització d'aquest projecte és plantejar un seguit de propostes que incideixin en diferents aspectes d'aquest, com són:

- Aconseguir minimitzar la demanda de calefacció i refrigeració total de l'edifici. Per aquest motiu es proposaran un seguit de millores per aconseguir aquest aspecte.
- Optimitzar les instal·lacions de producció de calefacció, refrigeració i d'ACS (Aigua Calenta Sanitària). Igual que en el punt anterior, s'estudiaran i es presentaran un seguit de solucions per incidir en aquest paràmetre.
- Millorar la qualificació energètica respecte a l'actual i d'aquesta manera minimitzar la demanda energètica i aconseguint reduir les emissions de diòxid de carboni lligades a la utilització de l'energia.

Tal i com es comentarà més en davant, aquest projecte només es centrarà en la part habitable de l'edifici. A més a més, les solucions que es proposin s'hauran d'adaptar tant a la construcció actual com a la reformes que es volen dur a terme. Degut a això, es buscaran solucions coherents amb les reformes plantejades i que millor puguin encaixar a l'habitatge, sense desviar-se dels objectius principals dels propietaris.

Per últim, aquest projecte està més encaminat en resoldre l'eficiència energètica en la seva basant més estructural i d'instal·lacions tèrmiques i no tant amb l'ús que se li donarà per part dels propietaris un cop estigui en funcionament. Per aquest motiu no es preveu fer propostes enfocades a la selecció de electrodomèstics eficients, tot i que es faran un seguit de recomanacions encarades en aquest aspecte.

2.2. Abast del projecte

Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest projecte només es centrarà en la part habitable de l'edifici, perquè bàsicament és la part de l'edifici que es veurà afectada per a la reforma que duran a terme els propietaris. Tal i com es desenvoluparà més endavant en el nucli de la memòria, es buscaran solucions que s'adaptin a les obres que es duran a terme i siguin coherents amb el que busquen els propietaris. Per aquest motiu, no es pretén proposar solucions molt dràstiques o revolucionaries sinó tot el contrari, buscar solucions que puguin adaptar-se a l'estat actual de l'edifici, intentant no interferir en el seu entorn.

Per tant, per acabar d'aclarir i ajudar al lector a la bona comprensió del projecte, cal diferenciar bé quines són les mesures que es duran a terme. Per una banda, hi ha la reforma que volen dels propietaris, independentment de la solució que es presenti en aquest projecte i per l'altra, la proposta de rehabilitació energètica que es descriurà al llarg de la memòria.

La reforma que volen dur a terme els propietaris és la rehabilitació i redistribució de l'espai interior habitable per tal de poder garantir les condicions mínimes exigibles per a viure-hi, perquè actualment presenta moltes mancances. Per aquest motiu, no es preveu cap tipus d'actuació, ja que s'entén que és a criteri dels propietaris l'abast i realització d'aquestes. En canvi, les propostes de rehabilitació energètica que es presentaran en aquest projecte, en cap cas substituirà la proposta dels propietaris sinó que s'adaptarà a la proposta inicial.

3. Documentació de l'edifici d'estudi

Abans de profunditzar amb la memòria tècnica i de començar a proposar solucions per al problema es descriurà de la manera més fidedigna l'estat actual de l'edifici d'estudi.

Aquest edifici està situat al carrer Dr. Müller número 8 a la localitat de Flix, Ribera d'Ebre i amb referència cadastral 4776406BF9647F0001BU. Tal i com es pot comprovar en l'esmentat document, la construcció de l'edifici data del 1900. Tot i així, l'any 1979, bona part de l'edifici fou rehabilitat per tal d'arreglar les greus deficiències que presentava. Bàsicament, la reforma va incidir en millorar l'estructura de l'habitatge. Per aquest motiu, i tal com s'explicarà més endavant, l'envolupant tèrmica de l'immoble presenta diferents tipologies depenent del grau d'afectació d'aquestes obres. A part de l'esmentada remodelació, no ha sofert cap altra tipus actuació.

Aquest edifici està format per 5 nivells: la planta baixa a nivell del carrer Dr. Müller, que és on hi ha l'accés als 3 nivells superiors, i una planta inferior que s'accedeix pel carrer de Baix situat a una cota inferior respecte al carrer Dr. Müller.

Dels cinc nivells esmentats, la planta situada al nivell més inferior era un antic taller de reparació de vehicles, però actualment s'utilitza com a traster d'ús familiar. La planta baixa hi ha situada un establiment comercial, més concretament una ferreteria. La primera planta està destinada a ús residencial amb un únic habitatge format per dos habitacions, lavabo, cuina i sala d'estar. La segona planta també disposa d'un únic habitatge amb quatre habitacions, encara que en una d'elles hi ha la possibilitat de transformar-la en cuina; sala d'estar i un lavabo. L'última planta actualment són les golfes de la casa, tot i que els propietaris tenen la intenció de reformar-la per tal d'ampliar la superfície habitable de l'edifici.

La distribució d'alguna de les plantes de l'edifici pot sobtar, sobretot la de la segona planta, però cal remarcar, que aquest edifici és propietat d'una mateixa família i la vida que si feia era molt familiar. Els pares vivien al primer pis i els fills al segon, però bona part de la convivència esdevenia al pis dels pares.

Aquest immoble disposa de subministrament d'aigua potable i electricitat però no de gas natural degut a que al poble no hi arriba la xarxa de distribució, encara que fa anys que està projectada. Tot i així, hi ha un servei de distribució de bombones gas butà/propà que el subministra setmanalment.

Per a la producció d'ACS, hi ha instal·lats dos petits escalfadors de gas, un per cada habitatge. Ambdós escalfadors són calderes estàndard de gas butà, de tir natural capaces

de produir 10 kW de potència i amb un rendiment de combustió del 88%.

Per a la producció de fred hi ha un aire condicionat/bomba de calor al menjador i en una de les habitacions de l'habitatge del primer pis. Aquests dos equips presenten un COP de 3,21 i un EER de 2,77¹. A la resta de les habitacions i habitatges la calor necessària s'aporta mitjançant equips individuals, tals com estufes elèctriques o de gas.

3.1. Descripció de l'envolupant tèrmica de l'edifici

L'envolupant tèrmica de l'edifici està formada per tots aquells tancaments que limiten l'espai interior de l'immoble amb l'exterior o particions interiors que limiten espai habitable amb no habitable. Per tant, en aquest apartat no només s'ha estudiat la composició dels murs de façanes, sinó també les finestres, la coberta i els terres.

Degut a l'antiguitat de la construcció i a la falta de documentació de l'edifici, s'ha hagut de preguntar als propietaris que eren coneixedors de l'afectació de la reforma i han indicat quins eren els diferents materials dels que està format l'edifici. Tot i això, els diferents materials s'han contrastat amb els que apareixen al *Catàleg d'elements Constructius* del Codi Tècnic de l'Edificació, per aconseguir una millor precisió i obtenir també les diferents propietats tèrmiques.

A continuació, hi ha llistats la composició dels diferents components que formen l'envolupant tèrmica.

- Murs de Façanes:

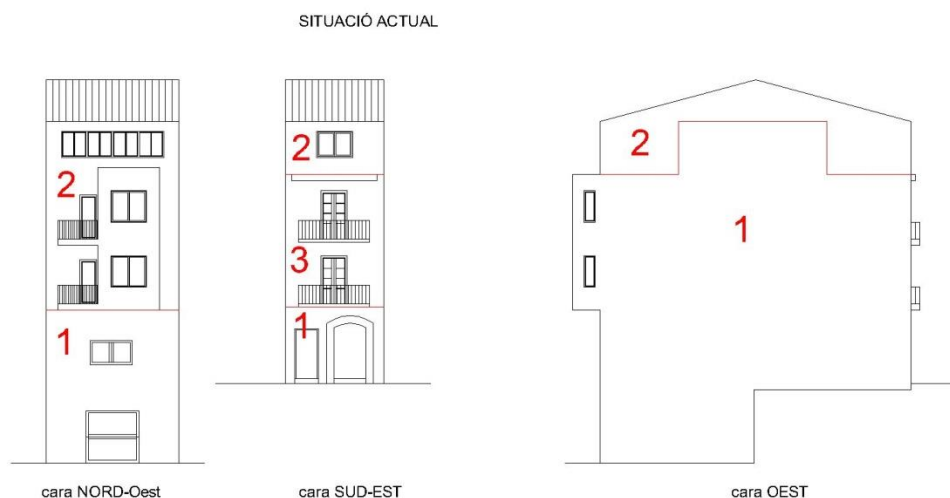
Com ja s'ha comentat en paràgrafs anteriors, les obres de rehabilitació que es van dur a terme en el passat també van afectar alguns dels murs de façana. Aquest fet sumat a la antiguitat de la construcció, implica que alguna façana presenta dos, o fins i tot tres, tipologies diferents de materials.

Les parts de façana més antigues, bàsicament estan formades a base de mur de pedra de 28 cm de gruix o de totxana massissa amb 1 cm d'arrebossat per l'exterior i 1 cm d'enguixat per l'interior. Les parts de façana afectades per la rehabilitació van ser substituïdes per totxana perforada de 28 cm de gruix, 1 cm d'arrebossat per l'exterior i d'enguixat per l'interior, respectivament.

En l'esquema que hi ha a continuació s'indica el detall constructiu de cada una de les

¹ El COP i el EER representen el mateix paràmetre, l'únic que els fabricants ho utilitzen per diferenciar entre el rendiment per a producció de calor (COP) i per al de producció de fred (EER)

diferents façanes.



Imatge 1-Detall constructiu

Detall	Opció Constructiva
1	1 cm de arrebossat + Pedra (28 cm) + 1 cm de guix
2	1 cm de arrebossat + Totxana (28 cm) + 1 cm de guix
3	1 cm de arrebossat + Maó massís (28 cm) + 1 cm guix

Taula 1- Detalls constructius relatius a la figura 1

- Forats i tancaments:

Igual que en les façanes, alguns forats i tancaments es van veure afectats per la reforma. Tots els forats de la façana sud-est són de fusta i vidre simple, tret de la finestra de l'últim pis que és de marc d'alumini sense ruptura de pont tèrmic i amb vidre simple. Per altra banda, els de la façana nord-est si que els va afectar la reforma i hi ha més varietat. Els de la planta baixa són de marc de fusta amb vidre simple, els del primer i segon pis són de marc d'alumini sense ruptura de pont tèrmic i amb doble vidre simple i els de l'últim són de marc de ferro i vidre simple.

- Coberta:

La totalitat de la coberta es va veure afectada per a la rehabilitació. Tot i així, està formada per teula ceràmica sense cap tipus d'aïllament i sota coberta de totxana.

3.2. Abast de la rehabilitació dels propietaris

Degut a que l'edifici d'estudi presenta diferents usos, la rehabilitació només s'aplicarà a la part habitable d'aquest. Això vol dir que només s'inclourà de la primera fins la última planta, descartant el local comercial (planta baixa) i el traster de la planta més inferior (encara que no es descarta utilitzar-lo com a sala de màquines). El motiu pel qual no s'ha decidit incloure el local comercial és perquè la propietària està a punt de jubilar-se i no hi ha previsió de traspasar-lo o de ficar-lo en lloguer un cop finalitzi l'activitat actual.

Tot i així dins de la reforma de la part habitable cal comentar uns aspectes que també s'han de tenir en compte i que són vitals a la hora de saber quines són les limitacions que imposa la reforma inicial.

L'objectiu principal d'aquestes obres és reformar la última planta, ja que actualment, l'ús que se li donen són de golfes. La idea dels propietaris és construir-hi unes noves habitacions i utilitzar-lo com a dúplex conjuntament amb el segon pis. Així el segon pis serà el nucli principal d'aquest habitatge: la sala d'estar, un lavabo, la cuina, una habitació i un estudi; i el tercer pis estarà dedicat a allotjar la resta d'habitacions i un altre lavabo.

Aprofitant les obres d'aquesta planta, han decidit que també seria interessant estendre-les a la resta de plantes. D'aquesta manera, es corregirien un seguit de mancances per tal de complir amb les especificacions que imposa el decret 141/2012 de la Generalitat de Catalunya, que imposa un seguit de condicions mínimes d'habitabilitat. Per tal de facilitar la redacció, s'anirà comentant pis per pis les diferents actuacions que es volen dur a terme:

- Primera planta:

En aquesta planta es redistribuirà la zona on hi ha el menjador per tal que compleixi amb la esmentada normativa. També es preveu la construcció d'un petit escriptori i la substitució dels equips que formen el lavabo. Els propietaris també pretenen substituir l'acabat del terra d'aquesta planta per tal d'homogeneïtzar-lo estèticament.

- Segona planta:

Els canvis que es pretenen fer en aquesta planta són pràcticament idèntics als de la primera planta però amb tres excepcions. La primera és que s'haurà de reformar l'habitació que acollirà la cuina. La segona excepció és que no es preveu la substitució dels equips del bany. Per últim, encara que la redistribució serà la mateixa que en la primera planta, els propietaris volen mantenir el mosaic del terra perquè és l'original de l'habitatge i el volen conservar. En canvi el de la primera planta fou eliminat en la reforma que es va dur a terme anteriorment.

- Tercera planta:

Com ja s'ha comentat anteriorment, la reforma d'aquesta planta és pot considerar integral, perquè consistirà en remodelació total i inclusió de la resta d'instal·lacions (d'aigua i electricitat). A més a més, es desitja que aquesta planta disposi de tres habitacions, un lavabo, un espai comú i la incorporació d'un fals sostre per separar l'habitatge del sota coberta.

Pel que fa als equips de generació de calor, a dia d'avui, la seva previsió és la utilització de radiadors convencionals en cada una de les plantes. Per tant les propostes de producció d'energia tèrmica es realitzaran perquè puguin adaptar-se a aquests elements.

Tenint en compte tot el que s'ha comentat, queda definit quin és el punt de partida d'aquest projecte. Així, les diferents propostes hauran adaptar-se a l'abast d'aquesta reforma. Per tant no es consideraran millores que impliquin l'enderrocament parcial de la façana, la substitució de la coberta o d'altres solucions que entrin en conflicte amb aquesta reforma.

Si s'estigués interessat en conèixer la distribució actual de l'habitatge i la futura, en *l'Annex E* hi ha el conjunt de plànols que pot ajudar a comprendre les esmentades actuacions.

4. Modelització de l'estat actual amb el software CE3X

Primer de tot, per saber quin és l'estat en que es troba actualment l'edifici, ara sí en temes d'eficiència energètica, es procedirà a la seva modelització mitjançant l'eina informàtica facilitada pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme anomenada CE3X. Aquest software permet obtenir el certificat energètic del cas d'estudi i calcula les diferents demandes i emissions en calefacció, refrigeració i ACS. A part, també facilita la incorporació de les diferents propostes de millora i permet fer l'estudi econòmic d'aquestes millores.

Per a l'obtenció dels resultats, primerament s'ha d'introduir bona part de la informació de l'edifici, comentada anteriorment, al programa. El procediment per descriure com s'ha modelitzat l'edifici, seguirà els mateixos passos que en l'apartat de la descripció de l'habitatge.

En aquest capítol és comentarà aspectes i decisions que s'han hagut de prendre a la hora de modelitzar l'edifici en aquest programa. En el cas que es desitgés entrar en més detall en com s'ha modelitzat l'immoble pot consultar-se l'Annex C on hi ha l'arxiu relatiu a aquest projecte.

4.1. Informació General

Primer de tot és necessari comentar aspectes més generals a la hora de definir la situació de partida. De tots els factors que es poden veure en aquesta taula, el més important és la zona climàtica.

Normativa vigent	Anterior (Any de construcció 1900)
Tipus d'edifici	Bloc d'habitatges
Província	Tarragona
Localitat	Flix
Zona climàtica	HE-1: C3
	HE-4: IV
Superfície útil habitable	204,25 m ²
Altura lliure de planta	2,7 m
Número de plantes habitables	3
Massa de les particions	Mitja
S'ha comprovat estanqueïtat de l'edifici	No

Taula 2- Informació general del projecte

Tal i com es pot comprovar en l'anterior taula, s'ha considerat que la zona climàtica per a el document HE-1 del codi tècnic és la C3. La classificació d'aquesta zona és proporcionada en l'annex B de l'esmentat document per a les diferents capitals de província i segons l'alçada respecte aquesta i la localitat d'estudi.

En el cas d'estudi, la alçada del municipi no està gaire clara, havent-hi parts d'aquest per sobre del límit entre la zona climàtica B3 i la C3, parts que estan per sota del límit. D'altra banda, el conjunt de fonts consultades no coincideixen a la hora de definir aquest aspecte. Degut a això, es va considerar oportú atorgar-li la classificació C3. Aquesta zona climàtica implica una major severitat a l'hivern i per tant uns valors més restrictius en els elements que formen l'envolupant tèrmica, respecte la zona climàtica B3. Tot i que, tal i com es podrà veure en el respectiu apartat, aquests valors més restrictius no suposen un canvi dràstic en la solució.

4.2. Modelització materials

A les taules que hi ha a continuació hi ha la llista amb totes les tipologies dels materials amb els quals s'ha modelitzat. Com que no ha estat possible determinar amb certesa algun dels materials degut a la falta de documentació, s'ha contrastat la informació aportada per als propietaris amb el *Catàleg d'Elements Constructius* del Codi Tècnic de l'Edificació. Tal i com era d'esperar, alguns dels materials no eren del tot precisos. Per aquest motiu, s'ha intentat elegir el que s'assemblava més o en algun cas el que presentava una conductivitat tèrmica més desfavorable. Tot i així, s'ha intentat reproduir de la manera més fidedigna la tipologia de cada un dels materials esmentats.

Façana M1	Conductivitat tèrmica λ [W/(K·m)]	Gruix [m]	Resistència tèrmica [W/(K·m ²)]
Morter de ciment (1800<d<2000)	1,300	0,01	0,008
Pedra calcària molt dura (2200<d<2590)	2,300	0,28	0,122
Arrebossat de guix (d<1000)	0,400	0,01	0,025
Total tancament			0,155

Taula 3-Modelització material M1

Façana M2	Conductivitat tèrmica λ [W/(K·m)]	Gruix [m]	Resistència tèrmica [W/(K·m ²)]
Morter de ciment (1800<d<2000)	1,300	0,01	0,008
1 peu de totxana Perforada mètric o català (40mm < G < 60mm)	0,667	0,28	0,420
Arrebossat de guix (d<1000)	0,400	0,01	0,025
Total tancament			0,453

Taula 4-Modelització material M2

Façana M3	Conductivitat tèrmica λ [W/(K·m)]	Gruix [m]	Resistència tèrmica [W/(K·m ²)]
Morter de ciment (1800<d<2000)	1,300	0,01	0,008
1 peu de totxana massissa mètric o català (40mm < G < 60mm)	1,030	0,28	0,272
Arrebossat de guix (d<1000)	0,400	0,01	0,025
Total tancament			0,305

Taula 5-Modelització material M3

Coberta	Conductivitat tèrmica λ [W/(K·m)]	Gruix [m]	Resistència tèrmica [W/(K·m ²)]
Teula de fang cuita	1,000	0,012	0,012
Paredó de totxana buida doble de gran format (60 mm < E < 90mm)	0,212	0,06	0,283
Total tancament			0,295

Taula 6-Modelització material Coberta

Terra 1 ^r pis	Conductivitat tèrmica λ [W/(K·m)]	Gruix [m]	Resistència tèrmica [W/(K·m ²)]
Rajola ceràmica	1,300	0,04	0,031
Forjat unidireccional amb entrebigat de formigó	1,323	0,25	0,189
Morter de ciment (1800<d<2000)	1,300	0,01	0,008
Total tancament			0,228

Taula 7-Modelització terra 1^r pis

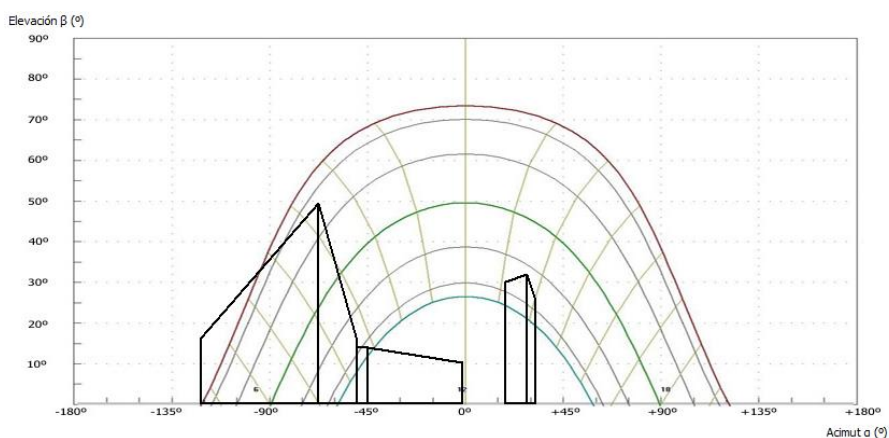
4.3. Patrons d'ombres

En aquest apartat es descriurà com s'han definit els diferents patrons d'ombres generats pels edificis de l'entorn. Cal afegir que no ha sigut un factor molt incisiu, degut a que la situació de

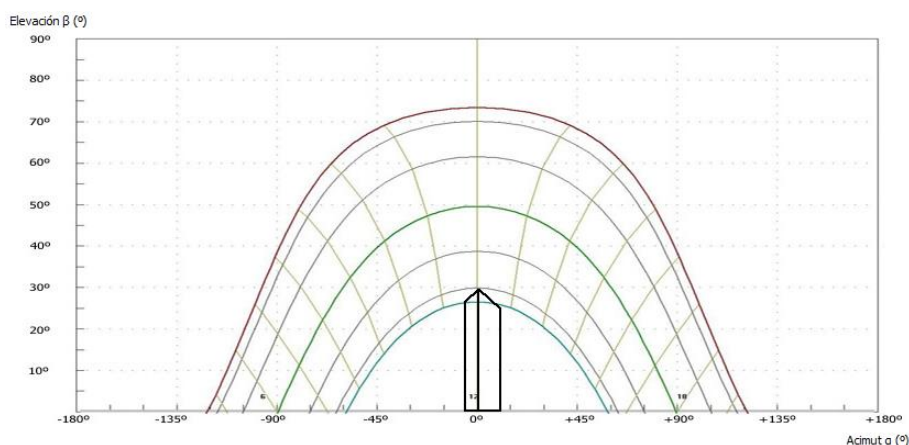
la casa no rep gaires ombres de la resta d'edificis que l'envolten. La major part d'aquestes ombres es centren a la façana sud-est i una petita part de la sud-oest.

Per a definir aquests patrons s'ha optat per a la solució simplificada que ofereix aquest programa i és la de "obstáculos rectangulares". Aquesta opció permet introduir de forma senzilla, els diferents patrons d'ombres a partir de la distància de l'objecte respecte a la superfície a analitzar. Això sí, només es permet la utilització d'aquesta eina si els obstacles són paral·lels o perpendiculars a la superfície d'estudi. Com que es compleix amb aquest últim requisit, s'han definit utilitzant aquesta eina.

Els patrons d'ombres que s'han obtingut després d'aplicar aquest mètode d'aplicació són els que es poden veure a continuació:



Imatge 2 - Patrons d'ombra façana SE



Imatge 3 - Patrons d'ombra façana SO

4.4. Informació instal·lacions

A la taula que hi ha a continuació es pot comprovar com s'han modelitzat les instal·lacions tèrmiques per a la producció de calefacció, refrigeració i d'ACS.

Nom	Tipus	Potència Nominal (kW)	Rendiment (%)	Tipus d'energia	Mètode d'obtenció
Calefacció	Bomba de Calor	---	175,30	Electricitat	Estimat
Refrigeració	Bomba de calor	---	135,50	Electricitat	Estimat
Equip ACS	Caldera estàndard	10	47,9	GLP	Estimat

Taula 8-Modelització instal·lacions actuals

D'aquesta taula és necessari comentar un parell d'incisos. El primer de tots és que significa el valor de rendiment per a la bomba de calor que produeix fred i calor. Aquest valor representa el valor en tant per cent el rendiment mitjà estacional. Per a l'equip d'ACS, el rendiment que es mostra a la taula és el rendiment mitjà estacional que el programa calcula a partir del rendiment de combustió de l'escalfador, de l'aïllament de la càmera de combustió i de la càrrega mitja real de la bomba.

També cal remarcar que en els tres cassos s'ha optat per al mètode estimat perquè el mètode conegut implica realitzar assaigs i proves de rendiment que no han sigut possibles d'efectuar.

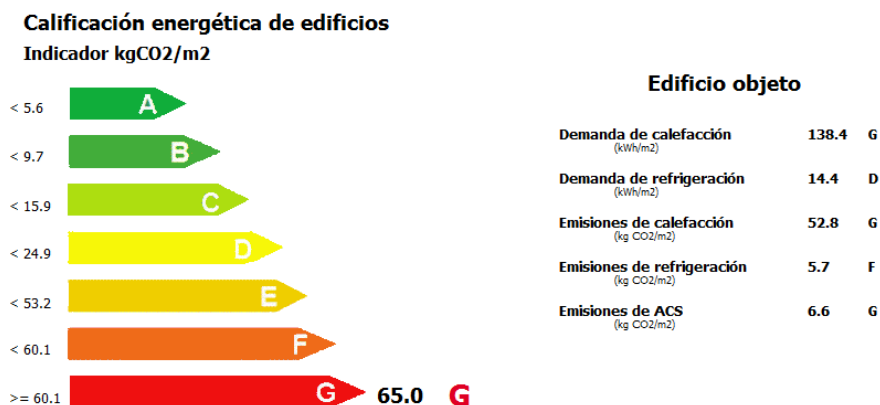
Un cop definit el problema amb el software de càlcul, es procedirà a l'obtenció de la qualificació de l'estat actual i a començar a proposar i a analitzar les diferents mesures de millora que es puguin dur a terme.

4.5. Qualificació estat actual

Després de definir tots els paràmetres sol·licitats pel programa, s'ha executat i s'ha obtingut la qualificació es pot veure a continuació. Es necessari comentar, que el software proporciona sis qualificacions en funció de la categoria. Aquestes sis són les següents: demanda de calefacció i demanda de refrigeració mesurades en kWh/(m²·any), consum d'energia primària² associada a la producció de calefacció, refrigeració i d'ACS mesurades

² L'energia primària és l'energia subministrada a l'edifici procedent de fonts renovables o no renovables i que no han sofert cap tipus de procés previ de conversió o transformació. Amb altres paraules és

cada una en kWh/(m²·any); i les emissions globals en kgCO₂/(m²·any). De tots els esmentats, cal destacar el d'emissions globals de diòxid de carboni perquè és el paràmetre que defineix la qualificació final de l'edifici.



Imatge 4 – Qualificació energètica inicial

Tal i com es pot comprovar en la figura anterior, s'ha obtingut una G com a qualificació, que és la pitjor que es pot obtenir. En aquest cas, es produirien cada any 13.276,25 kgCO₂, en el cas que l'edifici funcionés en aquestes condicions. A més a més, la demanda total en calefacció i refrigeració és de 31.217,57 kWh/any i el consum d'energia primària total de 51.466,92 kWh/any. Tot i aquests valors tant elevats, aquest resultat no és d'estranyar si s'analitzen les causes.

Primer de tot, els murs de façana de l'edifici són molt simples i no disposen de cap tipus d'aïllament o càmera d'aire per minimitzar l'intercanvi d'energia amb l'exterior. Per altra banda, en referència a les obertures a l'exterior o són antigues i sense manteniment o les que van ser substituïdes en l'anterior reforma són molt simples. Això és tradueix amb filtracions d'aire a través de les juntes i amb una elevada transferència de calor a través dels vidres. A més a més, els equips de producció energètica són antics, amb rendiment baix i sense cap tipus d'inspecció o manteniment per garantir les òptimes condicions. Per tant, amb l'estat en que es troba actualment l'edifici, seria necessari aportar-hi molta energia per contrarestar les pèrdues intercanviades amb l'entorn i la que es produeixi no es farà en òptimes condicions degut al baix rendiment dels equips.

Per tal de millorar aquest escenari s'estudiaran un seguit de propostes per aconseguir minimitzar la demanda de calefacció i refrigeració, i en la selecció dels respectius equips que presentin un millor rendiment. A la hora de definir-les, primer de tot, es resoldran les solucions de cara a minimitzar la demanda en calefacció i refrigeració, és a dir, es

l'energia final que arriba a l'edifici més les pèrdues de transformació i les de transport fins a aquest.

proposaran solucions encarades en millorar l'envolupant tèrmica. Un cop no es pugi millorar més, es passarà a millorar les instal·lacions productores d'energia tèrmica, tant de calefacció, refrigeració i d'ACS, per tal de maximitzar el rendiment, garantir que funcionin en òptimes condicions i reduir les emissions de diòxid de carboni.

El motiu pel qual s'ha considerat optar per aquest procediment és que així es pot assegurar que les instal·lacions tèrmiques són les adequades per a la nova demanda. Si s'hagués optat per aplicar el procediment invers (primer definint les instal·lacions i després modificar l'envolupant), acabarien sortint uns equips sobredimensionats, més costosos i no tant optimitzats³.

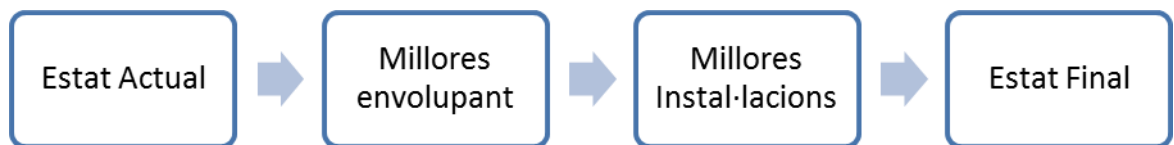


Figura 1: Procés de millora

Els resultats que es preveuen obtenir són la reducció de la demanda d'energia necessària, així, es podran aconseguir equips més optimitzats. Aquests resultats poden aportar altres beneficis com poden ser la reducció de les emissions de diòxid de carboni, la disminució de l'energia primària i d'altres que l'usuari final pot percebre com reducció en el cost de la factura energètica o millor benestar dins de l'habitatge.

³ Es recomana que el funcionament normal de les instal·lacions, sobretot la de producció de calefacció i ACS ha d'estar entre el 30% i el 90% de la capacitat total.

5. Requisits de disseny i limitacions, de les millores de l'envolupant tèrmica

Abans de passar a comentar cada una de les propostes de millora de l'envolupant, en aquest apartat es definiran i justificaran quins són els requisits de disseny i les limitacions que s'hauran de tenir en compte a la hora de proposar solucions. D'aquesta manera es podrà delimitar l'abast de les propostes a definir i facilitar la selecció d'aquestes.

S'ha considerat oportú separar els requisits i limitacions de disseny per a les solucions de l'envolupant tèrmica de les instal·lacions perquè cada una d'aquestes solucions s'ha interpretat com un subprojecte dins del projecte principal. També, perquè els resultats d'aquest primer apartat seran crucials a la hora de passar a definir els requisits dels següent apartat. Tenint en compte això a continuació es comentaran els requisits d'aquest àmbit.

La majoria de requisits exigits per a cada una de les propostes es desprenen dels diferents paràmetres que exigeix el CTE DB HE1. Cal remarcar però, que en alguns casos per tal de obtenir millors resultats s'ha decidit optar per uns requisits més estrictes respecte els que imposa aquesta legislació. En els següents punts es defineixen cada un d'aquests:

- Optar per solucions que aportin un benefici considerable a la instal·lació, és a dir, que les propostes maximitzin la seva funcionalitat. L'objectiu és aconseguir rendibilitzar la instal·lació perquè moltes vegades aquestes solucions són bastant costoses i no aporten un clar benefici. Per aquest motiu, en el CTE DB HE1 es defineixen un seguit de transmissibilitats límit que han de complir els edificis que es vegin afectats per obres de rehabilitació en l'envolupant tèrmica. En aquest document tant s'especifica els valors màxims permesos per a obres de rehabilitació com els valors de l'edifici de referència⁴. Aquests primers acostumen a ser més relaxats que els segons. Per tant, s'ha considerat oportú optar per aquests últims per tal de complir amb els valors de l'edifici de referència. A la taula que hi ha a continuació es poden veure aquests valors.

⁴ L'edifici de referència és l'edifici de mateixes característiques que el d'estudi però que acostuma a tenir un qualificació base de D. Per altra banda, per a obres de rehabilitació d'aquesta tipologia, s'acostuma a recomanar seguir aquests valors.

Paràmetre	Màxima permesa	Edifici de referència	Valors considerats en el disseny
Transmitància tèrmica de murs i elements amb contacte amb el terreny ($K \cdot m^2/W$)	0,75	0,73	0,73
Transmitància tèrmica de cobertes i terres en contacte amb l'aire ($K \cdot m^2/W$)	0,5	0,5 (per a terres) 0,41 (per a cobertes)	0,5 (per a terres) 0,41 (per a cobertes)
Transmitància tèrmica de forats ($K \cdot m^2/W$)	3,1	Cas més advers: Façana NE/N/NO 2,6	2,6
Permeabilitat a aire dels forats $m^3/(h \cdot m^2)$	≤ 27 (classe 2)	---	≤ 27 (classe 2)

Taula 9-Transmitàncies límit mínimes

- En l'esmentat document també s'exigeix el càlcul de comprovació de les condensacions intersticials. Per tant, per a cada una de les diferents propostes s'haurà de verificar que no es produeixen condensacions intersticials que puguin malmetre tant les prestacions tèrmiques com reduir la seva vida útil. Tal i com indica aquest document, en cas de que se'n produïssin, s'instal·laran elements de protecció i sota cap situació es permetrà que la condensació màxima acumulada en un any no sigui superior a la quantitat evaporada en el mateix període. Per tant, cada proposta inclourà un estudi de les condensacions per tal de verificar aquesta especificació.
- Seleccionar materials respectuosos amb el medi ambient i amb la legislació actual. Com que l'objectiu del projecte és millorar l'eficiència energètica no tindria cap sentit si les solucions proposades no fossin respectuoses ni amb el medi ambient ni amb les legislació actual.
- Buscar propostes que tinguin una vida útil prolongada, perquè la substitució dels elements de la façana o de l'interior de l'habitatge suposa una problemàtica afegida, no només a nivell de costos sinó també a nivell familiar. Apart no seria correcte proposar reformes d'aquest perfil per un període inferior al que s'ha considerat. Per aquest motiu es buscaran solucions amb uns 50 anys de vida útil per al cas dels aïllaments i tancaments exteriors.
- Les diferents solucions que es proposin han de ser tècnica i econòmicament viables, és a dir, escollir solucions que siguin raonables amb el problema que s'ha de resoldre. D'aquesta manera, el que es busca són les solucions més adequades.
- El conjunt de solucions que s'apliquin en aquest apartat aconseguixin com a mínim una millora de dos lletres de la nova qualificació d'eficiència energètica. Vist d'una altra manera, la disminució en dos lletres respecte l'estat actual

implica, com a mínim, una disminució de les emissions de diòxid de carboni de l'immoble d'aproximadament el 18%. Per tant es sol·licitarà que les emissions siguin inferiors al $53,2 \text{ kgCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{any})$.

- Definir millores que puguin ser subjectes o incloses a rebre algun tipus de subvenció econòmica per part dels diferents organismes públics.

Les limitacions de disseny que s'han de tenir en compte són les següents:

- Intentar causar la mínima molèstia sobre els veïns i la via pública, tant en el procés de rehabilitació com durant la posada en funcionament de la nova instal·lació. En el cas que hi hagués algun tipus de repercussió durant la instal·lació s'intentaria que fos durant el mínim temps possible i sempre respectant els períodes de descans.
- Tal i com ja s'ha comentat en el corresponent apartat, les solucions que es proposin s'han d'adaptar a les reformes que volen dur a terme els propietaris. Per tant es tindrà en compte tot el que s'ha dit anteriorment (veure apartat 3.2 *Abast de la rehabilitació dels propietaris*).

6. Propostes de millora de l'envolupant tèrmica

L'envolupant tèrmica està formada per tots els tancaments verticals i horitzontals, independentment de la tipologia constructiva. Per aquest motiu es descriuran cada una de les solucions en funció del tipus de tancament (façana, coberta, terra i finestres). Per a cada una de les propostes s'utilitzarà la mateixa tipologia d'aïllant per a cada un dels diferents tipus de tancaments. En el cas de que després de proposar les diferents millores hi hagués la possibilitat de que combinant-les s'obtingués un millor resultat, s'estudiarà la possibilitat de fer-ho.

Cal remarcar que degut a la varietat d'elements constructius presents a les façanes, s'ha considerat dimensionar l'aïllant per a la que presenta una transmitància tèrmica més elevada i ocupa una major superfície. Tenint en compte això, el que es busca és complir amb les exigències exposades en el CTE-DB HE1, que limita les transmitàncies límit dels tancaments. Seguint aquest procediment s'aconsegueix complir amb la normativa per a la tipologia constructiva més adversa i per a les que no ho són, millorant els seus resultats.

El tancament més advers és el de la façana Sud-Oest que està format, majoritàriament, pel material M1, $U_{M1}=3,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, i ocupa major part de la superfície, $A_{M1}=118,37 \text{ m}^2$.

També, per a cada una de les solucions presentades s'adjuntarà un estudi de càlcul de les condensacions tant intersticials com superficials que poguessin aparèixer en el transcurs d'un any. Aquesta comprovació també s'exigeix en l'esmentat document. D'altra banda, serveix per analitzar si l'aïllament o qualsevol altre component, es pogués malmetre degut l'aparició d'aquestes condensacions.

6.1. Solucions d'aïllament de les parets amb contacte amb l'exterior

6.1.1. Aïllant de poliestirè expandit (EPS)

6.1.1.1. Proposta: Aïllant façana per l'exterior

Aquesta solució està formada per aïllant de poliestirè expandit (EPS) SATE (Sistema d'Aïllament Tèrmic per l'Exterior) de la marca *Weber*. Per aquesta solució és necessari aplicar totes les capes necessàries que especifica el fabricant per tal de proporcionar protecció a l'aïllant enfront a les adversitats climatològiques. A continuació és pot veure tant la conductivitat tèrmica com el gruix necessari i el de catàleg:

Dades destacables solució	
Conductivitat tèrmica	$\lambda_{EPS} = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Espessor mínim necessari	$e_{Necessari} = 38,67 \text{ mm}$
Espessor mínim catàleg	$e_{catàleg} = 40 \text{ mm}$

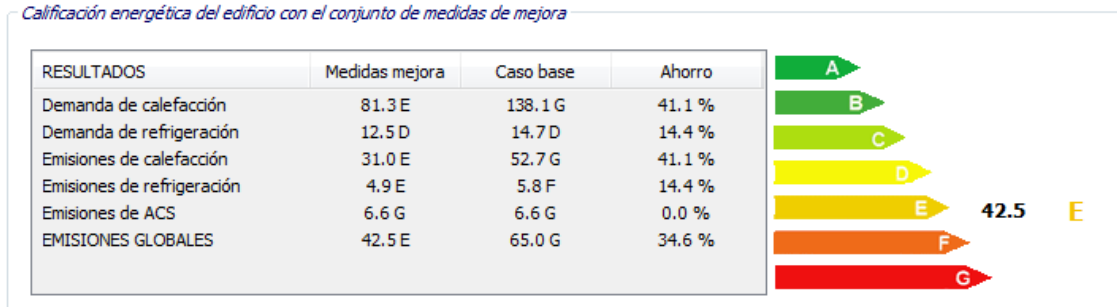
Taula 10- Dades bàsiques per a l'EPS-SATE

El cost dels materials més el d'instal·lació aproximat per metre quadrat és de 54,23 €/m². En aquest preu no hi ha inclosa la despesa de bastida, la qual cosa faria augmentar-lo. A continuació hi ha la partida pressupostaria per aquest element.

- Nota i estalvi en calefacció:

Com es pot comprovar, aquesta mesura suposa un estalvi del 41,1% en demanda de calefacció i d'un 12,5% en la refrigeració, aconseguint disminuir les emissions globals fins al 42,5 kgCO₂/(m²·any).

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora



Imatge 5- Qualificació energètica millora EPS-SATE

- Avantatges:
 - o S'aïllen els Ponts tèrmics i es minimitzen les condensacions intersticials.
 - o Millora l'aspecte de la façana
 - o Mínima afectació a l'interior de l'edifici
 - o Millora més efectiva de l'eficiència energètica
 - o Proporciona aïllament acústic, en cas de que s'acompanyi d'intervenció en les finestres.
- Inconvenients:
 - o Necessitat d'instal·lar bastida i afectació de la via pública
 - o Cost elevat enfront a altres sistemes (valorar entre cost i eficiència)
 - o S'ha de valorar l'estat de la façana per saber si té la capacitat per suportar el sistema. Tot i que en el cas d'estudi no suposa cap problema.

- Comprovació de condensacions:

Per a la verificació d'aquest apartat, s'ha utilitzat el programa *econdensa2*. Aquest programa té inclosa la llibreria d'elements constructius del codi tècnic de l'edificació i permet calcular de forma fàcil i senzilla si es produeixen condensacions. En cas de que es produeixin també indica si aquestes són superficials o intersticials al llarg dels diferents mesos de l'any. Aquest programa incorpora la metodologia especificada en el DB-HE1 i calcula si la solució introduïda compleix amb les sol·licitacions tècniques de l'esmentat document. Tot i això, els resultats exposats en aquest apartat són els corresponents al mes de gener perquè és el més advers de l'any en aquest aspecte. Aquesta consideració s'ha de tenir en compte per a totes les comprovacions que aniran apareixent en les diferents solucions. En l'*Annex D*, hi ha els fitxers de cada una de les diferents propostes per si fos necessari consultar-los.

Per a la correcta interpretació dels resultats que dóna el programa, els valors interessants són els que apareixen a les tres últimes columnes: P_{vap}, P_{sat} i Condens.Acum.. El primer de tots és la pressió de vapor de cada una de les capes. Si en alguna o més d'aquestes la pressió de vapor és superior a la pressió de saturació (segona columna) significa que apareixeran condensacions. La quantitat de condensació acumulada entre les capes, queda reflectida en la última columna.

Uns altres paràmetres interessants són el fR_{si} i el fR_{si,min}. Aquests dos paràmetres indiquen si poden aparèixer condensacions superficials a l'interior de l'habitatge. Apareixeran en el moment en que el fR_{si} és inferior al fR_{si,min}.

A continuació es poden veure els diferents resultats, per a aquesta solució:

o Material M1:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	807,855	1238,354	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	814,549	2017,236	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	815,386	2062,453	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	816,223	2069,488	0
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	28	2,3	200	0,121739	8,214286	1284,821	2183,65	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2207,764	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fR_{si} = 0,8323
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fR_{si,min} = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 6-Condensacions material M1 EPS SATE

○ Material M2:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	819,097	1227,902	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	915,724	1819,416	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	927,802	1852,414	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	939,881	1857,537	0
1 pie LP métrico o catalán 60 mm< G...	28	0,567	10	0,493827	2,025	1278,076	2213,542	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2233,052	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
fRsi = 0,8658
fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 7-Condensacions material M2 EPS SATE

○ Material M3:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	819,097	1235,789	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	915,724	1967,179	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	0,2	10	0,05	20	927,802	2009,233	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	939,881	2015,772	0
1 pie LM métrico o catalán 40 mm<...	28	1,4118	10	0,198328	5,042143	1278,076	2190,93	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2213,927	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
fRsi = 0,8405
fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 8-Condensacions material M3 EPS SATE

Com es pot comprovar, per a les tres tipologies de materials de la façana es compleix amb l'especificació sense cap mena de complicació.

6.1.1.2. Proposta: aïllant per l'interior

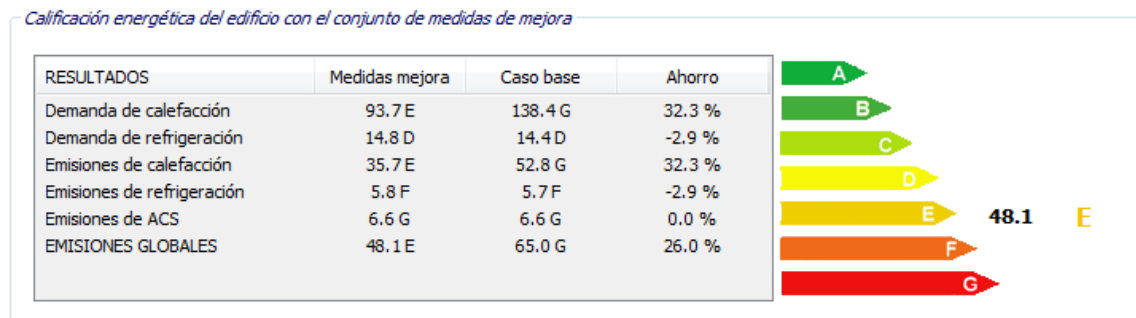
Aquesta solució està formada per aïllant amb EPS per l'interior de la marca *Placo*, aplicat directament sobre la paret interior i folrat amb placa de guix laminat. La particularitat que té aquesta solució és que aïllant i revestiment ja venen conformats de fabrica, la qual cosa agilitza el procés de muntatge. A continuació es poden veure les especificacions:

Dades destacables solució	
Conductivitat tèrmica	$\lambda_{\text{EPS}}=0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Gruix mínim necessari	$e_{\text{Necessari}}= 38,67 \text{ mm}$
Gruix mínim comercial	$e_{\text{càtaleg}}= 40 \text{ mm (EPS) +10 mm (guix laminat)}$

Taula 11- Dades bàsiques per a l'EPS interior

Com es pot comprovar, la placa ha de ser de 40mm d'EPS més 10mm de placa de guix laminat. El cost aproximat d'aquesta solució és de 25,84 €/m². Aquest valor ja inclou la mà d'obra i la resta d'elements necessaris per al muntatge.

- Qualificació i millores:



Imatge 9- Qualificació millora EPS interior

Aquesta millora no suposa un benefici tant gran respecte a l'anterior. Això és degut a que no s'aïllen els ponts tèrmics i per tant, aquesta solució no té tanta capacitat d'actuació. Per aquest mateix motiu augmenta la demanda de refrigeració.

- Avantatges:
 - o Instal·lació més senzilla i econòmica, sense afectació a la via pública. No hi ha sobre-cost per bastida.
 - o Mesura indicada si s'han de fer altres treballs de reforma a l'interior (com és el cas).
 - o Es pot mantenir l'estat actual de la façana
 - o Permet corregir defectes interiors
 - o Preu més competitiu respecte a altres solucions
- Inconvenients
 - o Al no aïllar-se els ponts tèrmics, les millores no són tant efectives. Fins i tot gasta més refrigeració. És més difícil l'actuació sobre aquests.
 - o Pèrdua de superfície en planta de l'interior, aproximadament d'entre un 1,84% i un 1,94% de l'àrea total de la planta considerada. En aquest cas s'ha d'avaluar si es desitja aquesta pèrdua.

- S’han d’estudiar les possibles condensacions intersticials que puguin aparèixer i danyar l’aïllament. S’ha d’adjuntar estudi de condensacions.
 - Afectació interior de l’habitatge
- Comprovació de condensacions:
- Material M1:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	807,857	1215,062	0
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	28	2,3	200	0,121739	8,214286	1277,787	1289,927	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1278,291	1305,793	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	1285,004	2164,25	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2202,304	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8251
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 10- Condensacions material M1 amb EPS interior

- Material M2:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	819,612	1209,174	0
1 pie LP métrico o catalán 60 mm< G...	28	0,567	10	0,493827	2,025	1172,233	1463,68	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1179,789	1477,73	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	1280,538	2198,981	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2229,549	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8612
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 11- Condensacions material M2 amb EPS interior

○ Material M3:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	819,612	1213,61	0
1 pie LM métrico o catalán 40 mm<...	28	1,4118	10	0,198328	5,042143	1172,233	1330,935	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1179,789	1346,41	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	4	0,0375	20	1,066667	0,9375	1280,538	2172,757	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2208,985	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
fRsi = 0,834
fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 12- Condensacions material M3 amb EPS interior

En aquesta solució, tal i com es pot comprovar en les anteriors imatges, no es produiran condensacions. No obstant això, cal comentar que per al material M1 el valor de la pressió de vapor és molt pròxim al de la pressió de saturació. Aquesta situació podria suposar que algun any podrien arribar a aparèixer condensacions intersticials entre la pedra i l'enguixat. Tot i així es preveu que s'eliminarà al llarg de l'any. Per tant, tot i que no seria desitjable, compliria amb la normativa.

6.1.2. Aïllant de Llana Mineral

6.1.2.1. Proposta: Aïllant façana per l'exterior

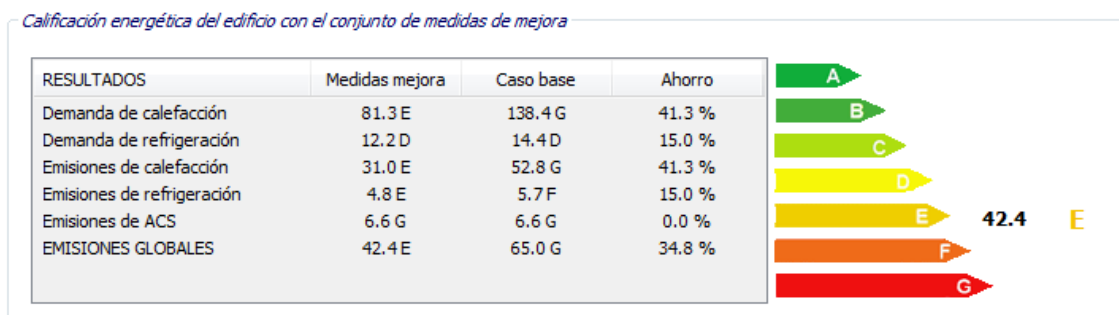
Aquesta solució està formada per a llana mineral model *Rocksate* de la marca *RockWool*. Per aquesta solució també és necessari seguir els consells d'aplicació que indica el fabricant, per tal de garantir la protecció enfront als efectes meteorològics. A continuació es poden veure les dades del material.

Dades destacables solució	
Conductivitat tèrmica	$\lambda_{llana}=0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Gruix mínim necessari	$e_{\text{Necessari}}= 37,59 \text{ mm}$
Gruix mínim comercial	$e_{\text{càtaleg}}= 40 \text{ mm}$

Taula 12-Dades bàsiques solució llana mineral SATE

El cost aproximat d'aquesta mesura és $59,10\text{€}/\text{m}^2$. Aquest valor inclou tots els elements necessaris per a la instal·lació i la mà d'obra, tret de l'element de suport exterior per aplicar-ho (ja sigui bastida o plataforma elevadora).

- Qualificació i millora:



Imatge 13- Qualificació millora llana mineral SATE

Com es pot comprovar aquesta solució és molt semblant a la d'EPS de la mateixa tipologia, tot i que, en funció del paràmetre presenta millor o pitjor resultat de la comentada anteriorment. Malgrat això les diferències són mínimes.

- Avantatges:

- S'aïllen els ponts tèrmics i es minimitzen l'aparició de les condensacions intersticials.
- Millora l'aspecte de la façana.
- Mínima afectació a l'interior de l'edifici.
- Millora substancial de l'eficiència energètica.
- Proporciona aïllament acústic, si va acompanyat d'intervenció de les finestres.
- Pot instal·lar-se en sec, sense necessitat d'utilitzar morters, fet que genera una ràpida instal·lació (depèn de la tipologia constructiva adoptada).

- Inconvenients:

- Necessitat d'instal·lar bastida i afectació de la via pública.
- Cost elevat enfront a altres sistemes de la mateixa tipologia, com pot ser la d'EPS per l'exterior (valorar entre cost i eficiència)
- S'ha d'avaluar l'estat de la façana per saber si té la capacitat per suportar el sistema.

- Comprovació condensacions:

Tal i com es pot comprovar, per a aquesta opció no es produiran cap condensació per a cap dels tres materials. Tot i així a continuació es poden veure els diferents resultats.


o Material M1

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de áridos ligeros [vermiculita...]	1	0,41	10	0,02439	41	807,868	1224,279	0
MW Lana mineral [0.036 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	808,208	2056,915	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	809,057	2064,083	0
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	28	2,3	200	0,121739	8,214286	1284,813	2180,476	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2205,076	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8288
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 14- Comprovació condensacions per a material M1 de llana mineral SATE


- Material M2

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de áridos ligeros [vermiculita...]	1	0,41	10	0,02439	41	822,448	1216,582	0
MW Lana mineral [0.036 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	828,619	1844,999	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	844,048	1850,19	0
1 pie LP métrico o catalán 60 mm< G...	28	0,567	10	0,493827	2,025	1276,066	2211,492	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2231,32	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8635
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 15- Comprovació condensacions per a material M2 de llana mineral SATE


- Material M3

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de áridos ligeros [vermiculita...]	1	0,41	10	0,02439	41	822,448	1222,386	0
MW Lana mineral [0.036 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	828,619	2003,025	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	844,048	2009,679	0
1 pie LM métrico o catalán 40 mm<...	28	1,4118	10	0,198328	5,042143	1276,066	2188,052	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2211,492	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8373
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 16- Comprovació condensacions per a material M3 de llana mineral SATE

6.1.2.2. Proposta: Aïllant façana per l'interior

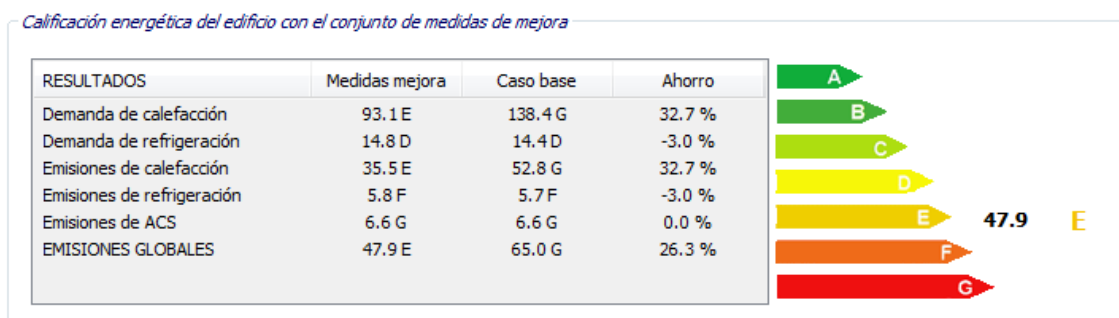
Aquesta solució està formada per aïllant de llana de roca mineral model *LabelRock* de la marca *RockWool*. Igual que en la solució equivalent en EPS, s'ha optat per presentar una solució que facilita bastant el muntatge perquè ja ve conformat de fàbrica conjuntament amb la placa de guix laminat.

Dades destacables solució	
Conductivitat tèrmica	$\lambda_{\text{llana}}=0,034 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Gruix mínim necessari	$e_{\text{Necessari}}= 35,51 \text{ mm}$
Gruix mínim comercial	$e_{\text{càtaleg}}= 40\text{mm}$

Taula 13- Dades bàsiques solució llana mineral per l'interior

El cost aproximat d'aquesta instal·lació és de 31,86€/m². Igual que en les solucions anteriors, aquest preu inclou totes les partides necessàries per al muntatge, inclosa la mà d'obra.

- Qualificació i millora:



Imatge 17-Qualificació energètica

Igual que en la solució comentada anteriorment, les diferències entre aquesta proposta i la d'EPS són pràcticament mínimes. Com que en aquesta solució l'aïllant s'aplica per la cara interior de l'immoble, la millora no és tant beneficiosa com si s'apliqués per l'exterior.

- Avantatges:
 - o Instal·lació més senzilla i econòmica, sense afectació a la via pública. No hi ha sobre-cost per bastida.
 - o Mesura indicada si s'han de fer altres treballs de reforma a l'interior (com és el cas).
 - o Es pot mantenir l'estat actual de la façana.
 - o Sistema de construcció en sec. No és necessari la utilització de morters per la qual cosa s'agilitza el temps de muntatge.
 - o Permet corregir defectes interiors.
 - o Poden efectuar-se intervencions parcials.

- Inconvenients
 - o Al no aïllar-se la totalitat dels ponts tèrmics les millores no són tant efectives, fins i tot gasta més refrigeració. S'ha d'intentar actuar sobre aquests.
 - o Pèrdua d'espai habitable a l'interior. Aproximadament d'entre 1,84% i 1,94%.
 - o S'han d'estudiar les possibles condensacions intersticials que puguin aparèixer i danyin l'aïllament. S'ha d'adjuntar estudi de condensacions.

- Comprovació condensacions:

Aquesta solució presenta el mateix problema que la opció d'aïllar per l'interior amb EPS. Tot i que el programa indica que no es produiran condensacions per al material M1, la diferència entre la pressió de vapor i la de saturació és molt petita. Així no es descarta que algun any pugui aparèixer condensat entre la pedra i l'enguixat. Encara que, si es produís, no seria en una quantitat que pogués considerar-se alarmant.

- o Material M1:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	807,869	1214,201	0
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	28	2,3	200	0,121739	8,214286	1284,149	1286,704	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1284,66	1302,056	0
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	1285	2169,291	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2206,263	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8303
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 18- Comprovació condensacions M1 llana mineral interior

- o Material M2:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	822,762	1208,631	0
1 pie LP métrico o catalán 60 mm< G...	28	0,567	10	0,493827	2,025	1263,596	1456,399	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1273,043	1470,049	0
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	1279,34	2202,218	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2232,083	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8645
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 19- Comprovació condensacions M2 llana mineral interior

o Material M3:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	822,762	1212,833	0
1 pie LM métrico o catalán 40 mm<...	28	1,4118	10	0,198328	5,042143	1263,596	1326,598	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1273,043	1341,583	0
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4	0,036	1	1,111111	0,9	1279,34	2177,32	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	0,9	0,25	4	0,038	26,31578	1285,323	2212,567	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8387
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 20- Comprovació condensacions M3 llana mineral interior

6.1.3. Aïllant poliuretà projectat:

6.1.3.1. Proposta: aïllant façana per l'exterior

Aquesta solució està formada per aïllant de poliuretà *Tecnofoam G-2040* de la marca *Tecnopol* de densitat 40 kg/m³ i en el cas que es desitgés, amb recobriment per l'exterior mitjançant plaques de PVC. Aquest recobriment és opcional però necessari, en el cas que es volgués un millor acabat superficial, perquè el d'aquesta solució no és gaire bo.

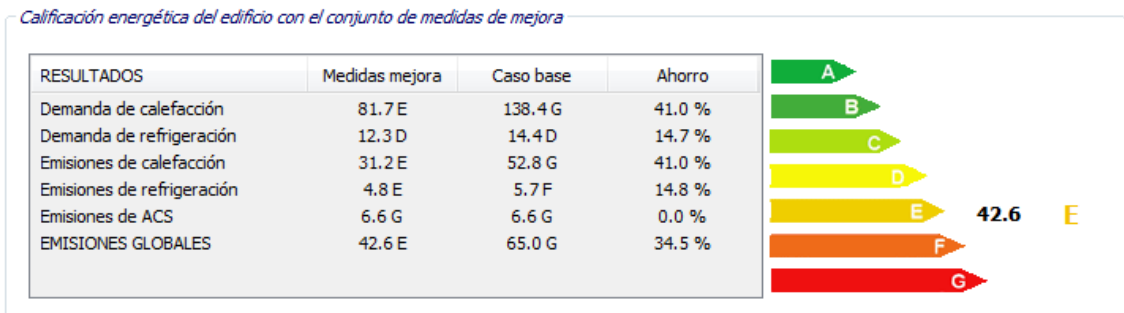
Aquesta mesura és ideal per a parets mitjaneres que han quedat al descobert i hi ha la necessitat d'aïllar-la. Però per a façanes principals no és el més indicat perquè el seu acabat superficial no és gaire bo, a no ser que es decideixi aplicar un recobriment per donar-li un acabat amb millors prestacions estètiques.

Dades destacables solució	
Conductivitat tèrmica	$\lambda_{PUR}=0,028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Gruix mínim necessari	$e_{Necessari}= 29,23 \text{ mm}$
Gruix mínim comercial	$e_{càtaleg}= 30\text{mm}$

Taula 14- Dades bàsiques per al PUR projectat

El cost d'instal·lació és de 21,49€/m² (no incloses despeses de bastida o plataforma elevadora). En el cas que es desitgés un revestiment de plaques, que cobris l'aïllant, al valor anterior caldria sumar-li un cost addicional de 147,64€/m².

- Qualificació i millora:



Imatge 21- Qualificació energètica aïllant amb poliuretà projectat.

- Avantatges:

- S'aïllen els ponts tèrmics i es minimitzen les condensacions intersticials.
- Depenent de la solució adoptada millora aspecte de la façana.
- Elimina i tapona les imperfeccions o filtracions que hi hagin a la façana.
- Sense afectació dins l'edifici.
- Aïllant amb millors prestacions. És la solució que presenta una conductivitat tèrmica més baixa.
- Millora de l'eficiència energètica
- Proporciona aïllament acústic, si va acompanyat d'intervenció de les finestres.
- Instal·lació ràpida i sense necessitat d'equips especials. Només cal arruixar la superfície amb el producte.
- Cost competitiu.

- Inconvenients:

- Tot i que no hi ha necessitat d'instal·lar una bastida, hi ha afectació sobre la via pública. Malgrat això, es pot instal·lar des d'una plataforma elevadora.
- Acabat superficial dolent. En cas de aïllar la façana principal, és necessari optar per un recobriments de plaques que recobreixin l'aïllament.
- És vital assegurar-se que el producte seleccionat estigui lliure de gasos CFC o HCFC que tant perjudicials són per a la capa d'ozó. Tot i que no és el cas, és essencial comprovar-ho.

- Comprovació de condensacions

Es compleix l'especificació per a totes les diferents tipologies de material i sense cap tipus de problema.

○ Material M1:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo...	3	0,028	60	1,071429	0,933333	821,873	2044,799	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	822,698	2052,258	0
Caliza muy dura [2200 < d < 2590]	28	2,3	200	0,121739	8,214286	1284,828	2173,519	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2199,182	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8209
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 22- Comprovació condensacions material M1 per a PUR

○ Material M2:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo...	3	0,028	60	1,071429	0,933333	987,89	1829,02	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	997,938	1834,36	0
1 pie LP métrico o catalán 60 mm< G...	28	0,567	10	0,493827	2,025	1279,294	2207,059	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2227,572	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8586
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 23- Comprovació condensacions material M2 per a PUR

○ Material M3:


Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo...	3	0,028	60	1,071429	0,933333	987,89	1989,496	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	997,938	1996,399	0
1 pie LM métrico o catalán 40 mm<...	28	1,4118	10	0,198328	5,042143	1279,294	2181,766	0
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	1285,323	2206,169	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8302
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 24- Comprovació condensacions material M3 per a PUR

6.2. Proposta d'aïllament terra 1r pis

Inicialment es va considerar aïllar el terra del primer pis per sota (aïllant el sostre del local comercial). Després de raonar-ho aquesta solució es va descartar perquè la instal·lació d'aquest sistema podria afectar el dia a dia d'aquest negoci. Per aquest motiu, i degut a que

els propietaris també tenen previst substituir l'acabat del terra d'aquesta planta, es proposa la incorporació d'aïllament sota la capa d'acabat final.

En aquest cas s'ha optat per una transmitància límit de $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ per al terra. El motiu pel qual s'ha preferit escollir el valor de la transmitància límit per a terres i no pas per a particions interiors és per aïllar millor respecte al local comercial que hi ha a la planta inferior.

Per al petit tros de terra en contacte amb l'aire del primer pis es col·locarà la mateixa tipologia d'aïllant i del mateix gruix que en la façana, perquè les millores entre el gruix correcte i el de la façana són ínfims.

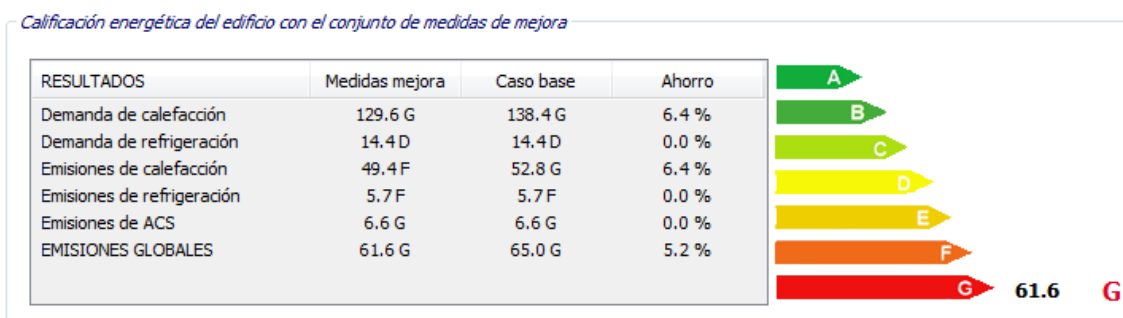
A continuació es pot veure cada un dels gruixos necessaris per a cada un dels materials tractats en l'apartat anterior.

Proposta millora del terra en contacte amb partició interior	
Raill(necessari)	1,414 $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
Material 1 EPS	
λ_{EPS}	0,033 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,047 m
Gruix comercial	0,050 m
Cost mesura	7,48 $\text{€}/\text{m}^2$
Material 2 Llana mineral	
λ_{MW}	0,036 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,051 m
Gruix comercial	0,050 m
Cost mesura	18,20 $\text{€}/\text{m}^2$
Material 3 Poliuretà Projectat	
λ_{PUR}	0,028 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,040 m
Gruix comercial	0,040 m
Cost mesura	20,24 $\text{€}/\text{m}^2$

Taula 15- Taula resum d'informació bàsica per a la millora del terra

D'aquestes solucions és necessari comentar que totes tenen el mateix grau de dificultat a la hora de instal·lar-les, tret del poliuretà projectat que degut al seu sistema d'aplicació suposa una dificultat afegida. Aquesta última solució no seria la més indicada per a fer front a la situació presentada.

- Qualificació energètica i millores



Imatge 25- Qualificació energètica millora terra

- Estudi de condensacions:

Com es pot comprovar a continuació, totes tres solucions per compleixen amb el requisit de que no apareguin condensacions intersticials.

- o Mitjançant EPS:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	807,018	1260,25	0
FU Entrevigado de hormigón -Canto...	25	1,323	80	0,188964	5,292	807,018	1342,725	0
EPS Poliestireno Expandido [0.037...	5	0,033	20	1,515152	0,66	807,018	2194,474	0
Azulejo cerámico	4	1,3	100000	0,030769	32,5	1285,323	2215,804	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 fRsi = 0,88
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 26- Comprovació condensacions terra mitjançant EPS

- o Mitjançant Llana mineral:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Mortero de cemento o cal para albañi...	1	1,3	10	0,007692	130	807,018	1265,125	0
FU Entrevigado de hormigón -Canto...	25	1,323	80	0,188964	5,292	807,018	1353,38	0
MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	5	0,036	1	1,388889	0,72	807,018	2185,546	0
Azulejo cerámico	4	1,3	100000	0,030769	32,5	1285,323	2208,177	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 fRsi = 0,8722
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 27- Comprovació condensacions terra mitjançant llana mineral


- Mitjançant PUR:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Enlucido de yeso d < 1000	1	0,4	6	0,025	40	807,018	1270,479	0
FU Entrevigado de hormigón -Canto..	25	1,323	80	0,188964	5,292	807,018	1356,48	0
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo..	4	0,028	60	1,428571	0,7	807,018	2189,71	0
Azulejo cerámico	4	1,3	100000	0,030769	32,5	1285,323	2211,735	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8758
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes: E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 28- Comprovació condensacions terra mitjançant PUR

- Avantatges:
 - La seva aplicació ajuda a homogeneïtzar el terra, tant en planitud com en l'acabat superficial.
 - Com en els anteriors casos, apart d'aïllar-se tèrmicament també ho fa acústicament.
 - Per a la solució d'EPS i llana mineral, presenta una millor facilitat i rapidesa de muntatge gràcies a que és un sistema a plaques que encaixen entre elles.
- Inconvenients:
 - Pèrdua d'uns 5 cm en alçada habitable. Aquesta pèrdua no és tant preocupant com la disminució de superfície habitable en planta d'altres solucions anteriorment comentades.
 - Mesura poc efectiva si s'aplica sola.
 - Dificultat a la hora d'instal·lar, en cas que no es plantegi una reforma integral de la casa, encara que no és la situació.
 - En el cas del poliuretà projectat dificultat d'instal·lació i necessitat de deixar reposar. Per altra banda s'haurà d'exigir un acabat superior.

6.3. Proposta d'aïllament coberta

La nova proposta de reforma de la casa, planteja una nova distribució de la planta sota coberta. Aquesta distribució implica la creació d'un fals sostre a 2,5 m d'alçada respecte el nivell de terra, i la creació d'una càmera d'aire entre el fals sostre i la coberta. No es planteja la possibilitat d'inferir en la coberta original des de fora. Per aquest motiu, la mesura de millora que es contempla és la d'aïllar la coberta per l'interior o pel fals sostre.

Aquesta solució implica que el fals sostre passa a ser una partició interior amb contacte amb

un espai no habitable. Això suposa un valor menys restrictiu de transmitància tèrmica, més concretament de $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, però per tal de complir amb l'especificació proposada a la coberta ($U=0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) s'ha optat per buscar una solució que garantis el compliment dels dos valors.

Per a determinar el gruix d'aïllant necessari, per a complir amb els valors comentats en el paràgraf anterior, s'ha buscat una relació entre els valors actuals de les transmitàncies i la conductivitat del material desitjat (la demostració d'aquesta fórmula es pot trobar a l'Annex A). D'aquesta manera queda l'expressió que hi ha a continuació (1):

$$e_{nec} = \left[\frac{b}{U_{lc}} - (R_{pLi} + R_{pYL} + R_{pLe} + R_{ca} \cdot b) \right] \cdot \lambda_{aill} \quad (\text{Equació 1})$$

On:

- e_{nec} : Gruix necessari per a complir amb l'especificació, en m
 b : Paràmetre corrector en funció de la tipologia de solució adoptada, adimensional
 U_{lc} : Transmitància límit coberta especificada en l'apartat de requisit, en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 R_{pLi} : Resistència tèrmica interior de la partició interior, en $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
 R_{pYL} : Resistència tèrmica de la placa de guix laminat, en $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
 R_{pLe} : Resistència tèrmica exterior de la partició interior, en $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
 R_{ca} : Resistència tèrmica de l'estat actual de la coberta, en $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
 λ_{aill} : Conductivitat tèrmica lineal de l'aïllant seleccionat, en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Amb aquesta fórmula s'obtenen els següents valors per cada una dels següents materials:

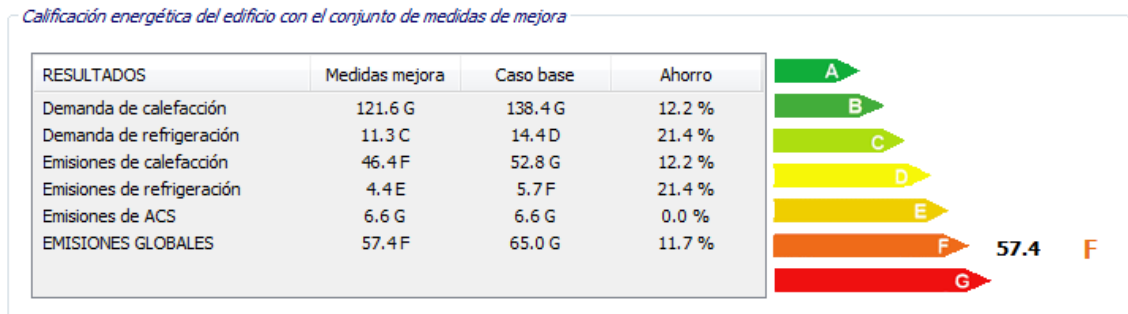
Material 1 EPS	
λ_{EPS}	0,036 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,059 M
Gruix catàleg	0,060 M
Cost mesura	6,51 $\text{€}/\text{m}^2$
Material 2 Llana mineral	
λ_{MW}	0,040 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,065 M
Gruix catàleg	0,080 M
Cost mesura	8,23 $\text{€}/\text{m}^2$
Material 3 Poliuretà Projectat	
λ_{PUR}	0,028 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gruix necessari	0,046 M
Gruix catàleg	0,050 M
Cost mesura	20,24 $\text{€}/\text{m}^2$

Taula 16-Resum solucions coberta

A part del cost de cada una de les diferents propostes cal afegir el muntatge de la placa de guix laminat que faria de fals sostre i que suposa un cost de $28,50 \text{ €}/\text{m}^2$.

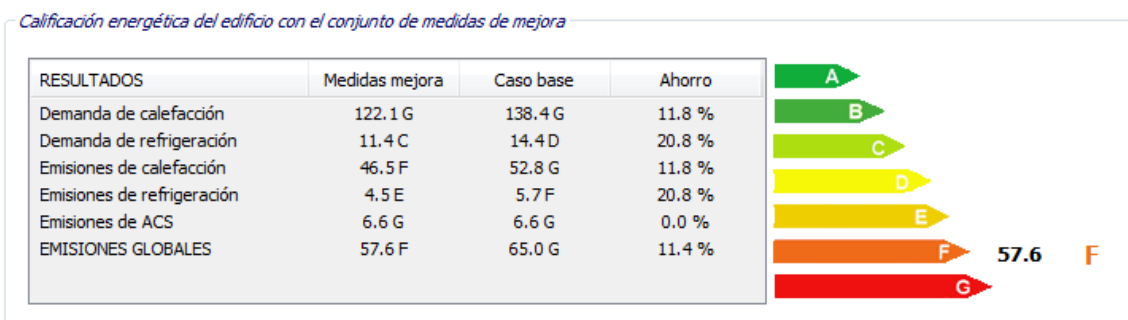
- Qualificació i millora:

Les millores aportades per a cada una de les solucions es poden veure a continuació.



Imatge 29- Qualificació per a solució fals sostre amb llana mineral

Aquests primers resultats pertanyen a l'aïllant de llana mineral, ja que l'espessor que es comercialitza dista molt de les altres opcions.



Imatge 30- Qualificació per a la resta de solucions

Aquests últims formen part de la resta d'aïllants que tenen un espessor comercial molt pròxim al necessari. Tot i així, tal i com es pot comprovar en els dos gràfics, la diferència entre els dos cassos és mínima i fa variar en unes poques dècimes l'estalvi.

- Avantatges:
 - o Aquests sistemes són econòmics i fàcils d'instal·lar.
 - o No hi ha necessitat de modificar l'estat actual de la coberta.
 - o La metodologia proposada garanteix la transmissió tèrmica límit més restrictiva de la coberta.
 - o La proposta amb llana mineral suposa facilitat en la construcció degut a com es comercialitza el material (en rotlles).

- Inconvenient:
 - o La solució de poliuretà expandit pot suposar algun tipus de problema de construcció a la hora de folrar el fals sostre.
 - o S'han d'avaluar les possibles condensacions que puguin aparèixer.

- Càlcul de condensacions:

Aquest requisit no suposa cap problema per a cap de les diferents solucions. Cal comentar que per tal de facilitar la interpretació, aquest tancament s'ha definit com una partició interior amb el flux de calor ascendent. Per aquest motiu la llista de materials només està formada per a dos elements: la placa de guix laminat i el corresponent aïllant tèrmic.

- o Millora mitjançant EPS:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
EPS Poliestireno Expandido [0.036...	6	0,036	20	1,666667	0,6	1266,191	2220,693	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	1,2	0,25	4	0,05	20	1285,323	2258,87	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8696
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 31- Comprovació condensacions del fals sostre mitjançant EPS

- o Millora mitjançant llana mineral:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	8	0,0405	1	1,975309	0,50625	1101,36	2236,509	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	1,2	0,25	4	0,05	20	1285,323	2269,562	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 fRsi = 0,8877
 fRsi,min = 0,52

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55

Mes
 E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imatge 32- Comprovació condensacions del fals sostre mitjançant llana mineral


- Millora mitjançant PUR:

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo...	5	0,028	60	1,785714	0,56	1277,482	2227,349	0
Placa de yeso laminado [PYL] 750 <...	1,2	0,25	4	0,05	20	1285,323	2263,373	0

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 9,5 Hrel.ext (%): 68 Enero fRsi = 0,8772
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRsi,min = 0,52

Mes
 E F M A M J J A S O N D

 **CUMPLE**

Imatge 33-Comprovació condensacions del fals sostre mitjançant poliuretà projectat

6.4. Solucions de substitució dels tancaments exteriors

Per als diferents forats de l'edifici es planteja la substitució de les diferents finestres de l'edifici, per tal d'incidir en els aspectes descrits en l'apartat d'especificacions. En ambdues solucions es proposarà la substitució de tots aquests elements de l'immoble.

També s'estudiarà l'opció d'instal·lar vidres de baixa emissivitat i/o de control de la radiació solar. Aquesta tipologia de vidres permet la reducció de la radiació solar incident. Això es tradueix en una menor aportació energètica per part del sol, que és beneficiós a l'estiu perquè disminueix la demanda en refrigeració, i perjudicial a l'hivern perquè augmenta la de calefacció. Aquest tipus de vidres també presenten un major cost degut als tractaments que reben. Per aquest motiu s'haurà de quantificar i valorar quina opció és més favorable.

6.4.1. Opció 1: Marc de PVC de tres càmeres i doble vidre simple

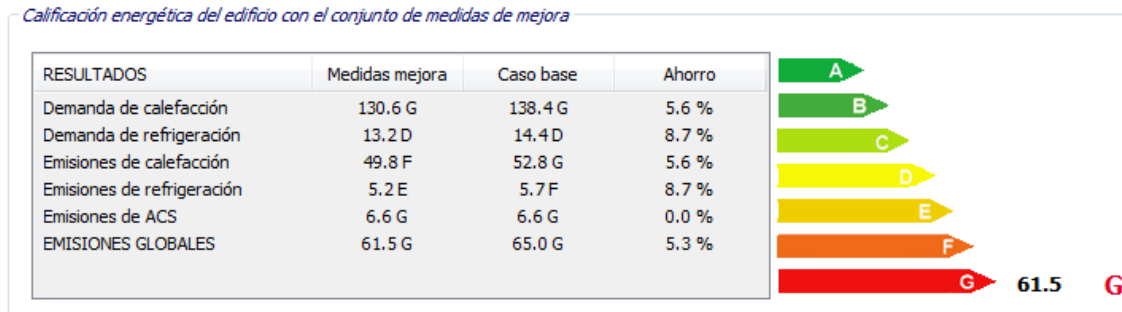
Aquesta millora està formada per marcs de PVC de 3 càmeres de la gamma Premiline de *Kömmerling* i amb vidres dobles de la casa Control Glass de 4mm i càmera d'aire de 12mm de gruix amb aire deshidratat, per tal d'evitar condensació a l'interior. Les característiques bàsiques d'ambdós elements estan a la taula que hi ha a continuació.

Propietats vidre (4-12-4) ⁵		
Factor solar g	0,76	
Transmitància vidre	2,8 W/(m ² ·K)	
Propietats marc		
Transmitància marc	1,8 W/(m ² ·K)	
Fracció marc	30%	
Absortivitat marc	0,3	
Estanqueïtat	Classe 3 (mínima garantida)	
Propietats conjunt		
Transmitància conjunt	2,5 W/(m ² ·K)	
Factor solar modificat	0,53	

Taula 17-Propietats opció 1

- Qualificació i millora:

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora



Imatge 34-Qualificació energètica

Com es pot comprovar, la instal·lació d'aquestes finestres suposa com a mínim un estalvi de 5,7% en calefacció i de 9,1 % en refrigeració. Cal afegir que quan s'apliquin amb el resta de mesures, l'estalvi s'incrementarà.

⁵ El detall constructiu dels vidres s'acostumen a indicar d'aquesta manera simplificada. Els dos números dels extrems indiquen el gruix dels vidres, en mil·límetres; i el número central, el gruix de la càmera d'aire, també en mil·límetres.

- Cost de substitució total aproximat:
 - o Cost total vidres: 570,231€ (inclou mà d'obra)
 - o Cost total fusteria (inclòs el muntatge, materials i mà d'obra): 5.076,21 €
 - o Cost total: 5.645,42 €

- Avantatges:
 - o Millora substancial en la transmitància tèrmica i l'estanqueïtat dels forats. La millora és més eficaç si es combina amb les modificacions de l'envolupant.
 - o Combinat amb l'aïllament de la façana proporciona aïllament acústic.

- Inconvenients:
 - o Elevat cost i poca incidència en l'eficiència si s'aplica sense millores en la façana.

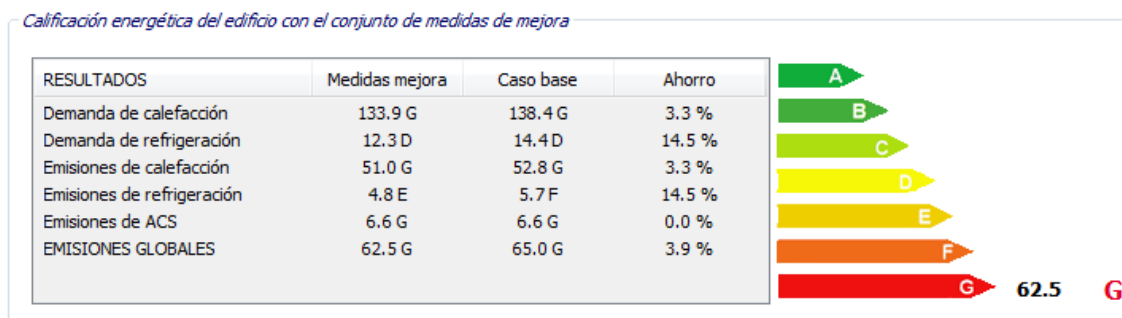
6.4.2. Opció 2: Marc d'alumini amb ruptura de pont tèrmic i doble vidre de baixa emissivitat

Aquesta solució està formada per marcs d'alumini amb ruptura de pont tèrmic i doble vidre de baixa emissivitat de 4 mm i 6 mm, respectivament; i càmera d'aire tractat de 12 mm de gruix. A la taula que hi ha a continuació es pot veure el resum de les característiques.

Vidre (4-12-6)	
Factor solar g	0,39
Transmitància vidre	1,6 W/(m ² ·K)
Marc	
Transmitància marc	3,2 W/(m ² ·K)
Fracció de marc	30 %
Absortivitat marc	0,3
Estanqueïtat	Classe 2 (mínima garantida)
Propietats conjunt	
Transmitància conjunt	2,08 W/(m ² ·K)
Factor solar modificat	0,30

Taula 18-Propietats opció 2

- Qualificació i millora



Imatge 35- Qualificació energètica

Aquesta proposta no es tan beneficiosa com l'anterior. És cert que augmenta l'estalvi de refrigeració en front la mesura anterior, però el valor de demanda de calefacció disminueix. Això és degut a que els vidres de baixa emissivitat impedeixen amb major mesura el pas de la radiació solar, sobretot el rang d'espectre relatiu als infrarojos. Per tant, a l'estiu s'estalvia en refrigeració perquè no s'escalfa tant l'edifici, però per contra a l'hivern passa tot el contrari. Per aquest motiu la qualificació global empitjora enfront la opció 1.

- Cost de substitució total aproximat:
 - o Cost vidres: 1.651,99€ (inclou mà d'obra)
 - o Cost perfilaria (inclòs el muntatge, materials i mà d'obra): 4.170,48 €
 - o Cost total: 5.822,47 €

- Avantatges:
 - o Aquesta mesura incideix sobretot en la demanda de refrigeració
 - o Cost de fusteria més competitiu, respecte a la mesura anterior.

- Inconvenients:
 - o Els vidres de baixa emissivitat no afecten gaire al comportament de la demanda de calefacció.
 - o Deguts als tractaments que han de rebre aquesta tipologia de vidres, tenen un cost molt més elevat que els simples. Aquest sobre cost no es tradueix en una millora substancial.
 - o Mesura ideal en cas de tenir grans demandes de refrigeració i elevada superfície d'envidrament a les façanes sud, sud-est i sud-oest. No és el cas.

6.5. Elecció definitiva dels components de la envolupant tèrmica

Un cop descrites cada una de les diferents opcions que s'han considerat en l'apartat interior, a continuació es passarà a definir quina és la combinació de propostes que garanteixin una millor eficiència energètica. Per aquest motiu es presentaran dos opcions, una aïllant per l'exterior i una altra per l'interior i es compararan. Aquestes dues solucions només diferiran en l'aplicació de l'aïllant de la façana. Per a la resta d'elements només es considerarà la millor solució que hagi sortit de l'apartat anterior.

Al final d'aquest capítol es farà l'elecció definitiva de la proposta que es durà a terme.

6.5.1. Envolupant tèrmica

Després d'analitzar cada una de les diferents tipologies, definides anteriorment, es considera que la millor opció per aïllar la façana per l'exterior és l'opció que combini polièstirè expandit per a les façanes nord-oest, sud-est i els petits sortints de les nord-est i sud-oest; i poliuretà projectat per a la façana sud-oest. El motiu pel qual s'ha considerat la combinació d'ambdós materials és perquè la façana sud-oest està en contacte amb una parcel·la que mai ha estat edificada. Tot i així, no es descarta la possibilitat que algun dia els propietaris del terreny decideixin edificar-lo. Per aquest motiu, no seria efectiu aplicar una solució amb millor acabat superficial (la qual cosa implica un major cost), si existeix la possibilitat latent que algun dia s'hagi d'extreure perquè els propietaris de la parcel·la decideixin edificar-la. Aquesta combinació de material no suposa un modificació en la qualificació de la que aporten cada un dels materials per separat. Més endavant es comentaran els resultats.

Pel que fa a l'opció d'aïllar la façana per l'interior, s'optaria per aïllar-la amb l'opció d'EPS que és la més econòmica respecte la de llana mineral.

Respecte a l'aïllament de la coberta, per a les dos solucions comentades s'optarà per a la solució amb aïllant de llana mineral sobre el fals sostre, perquè és la que presenta millor benefici amb un cost inferior a la resta de mesures i és més fàcil d'instal·lar, tot i que està sobredimensionada.

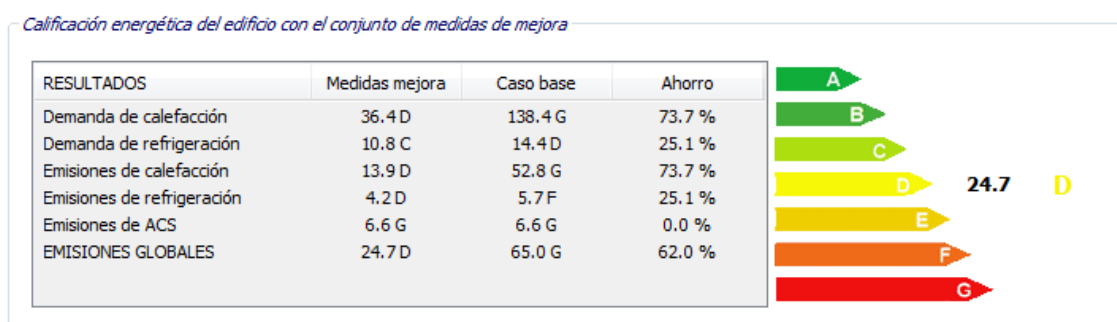
Per últim, la millora que es considerarà en el terra és la d'EPS, per a ambdós propostes, aprofitant que la reforma actual ja contempla la renovació d'una part d'aquest degut a la nova distribució d'aquesta planta.

6.5.2. Forats de finestres

Per als forats de finestres es considera que la millor és la *Opció 1*, formada per doble vidre simple de 4 mm, càmera d'aire de 12mm de gruix i marc de PVC de 3 càmeres. El motiu pel qual s'ha elegit aquesta mesura és perquè presentava millor estalvi energètic enfront l'altra i al mateix temps resulta ser més econòmica.

6.6. Resultats

En els gràfics que es poden veure a continuació s'especifiquen els resultats obtinguts en el programa a la hora de combinar les mesures comentades anteriorment. Primer de tot es comentaran els resultats per al conjunt de millores aïllant la façana per l'exterior.



Imatge 36- Qualificació final aïllant per a l'exterior

Tal i com es pot comprovar, la aplicació conjunta de totes les mesures genera un estalvi total del 73,7% en la demanda de calefacció i en un 25,1% en la demanda de refrigeració. D'aquesta manera s'aconsegueix augmentar la qualificació d'una G a una D, que és la que pertany a l'edifici de referència.

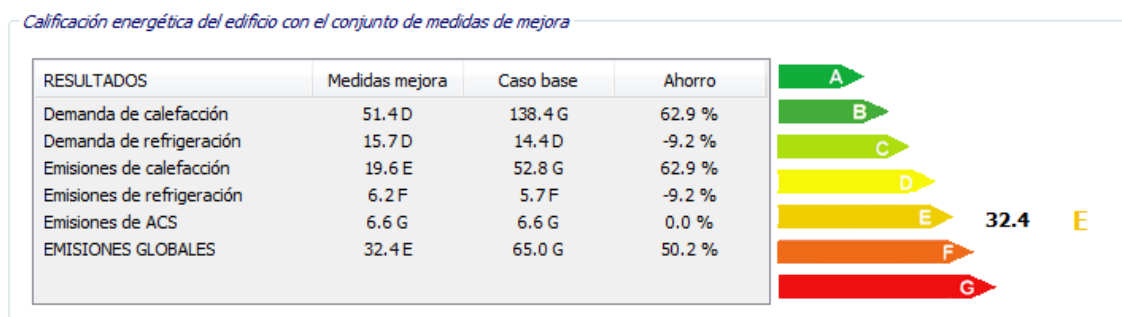
Indicador	Calefacció	Refrigeració
Demanda [kWh/(m²·any)]	36,44	10,78
Diferència amb estat inicial [kWh/(m²·any)]	102,0 (73,7%)	3,6 (25,1%)
Energia primària [kWh/(m²·any)]	52,69	17,04
Diferència amb estat inicial [kWh/(m²·any)]	147,4 (73,7%)	5,7 (25,1%)
Emissions de CO₂ [kgCO₂/(m²·any)]	13,89	4,24
Diferència amb estat inicial [kgCO₂/(m²·any)]	38,9 (73,7%)	1,4 (25,1%)

Taula 19-Altres factors en els quals incideixen les millores

Tal i com es pot comprovar a la taula anterior, aquest conjunt de mesures aconseguix reduir en 102,0 kWh/(m²·any) la demanda de calefacció i en 3,6 kWh/(m²·any) la de refrigeració. Pel que fa al consum d'energia primària, s'aconsegueix un estalvi de 147,4 kWh/(m²·any) en calefacció, 5,7 kWh/(m²·any) en refrigeració, aconseguint un valor total d'estalvi de 153,2 kWh/(m²·any).

El cost aproximat d'aquesta mesura és 16.200,98€ sense considerar el cost de la bastida i la plataforma elevadora. Si es consideren aquests dos costos el cost total puja aproximadament, als 19.546,40€

Per al conjunt de millores que implica aïllar la façana per a l'interior, la qualificació que s'obté és la següent.



Imatge 37- Qualificació final aïllant per l'interior

Indicador	Calefacció	Refrigeració
Demanda [kWh/(m²·any)]	51,42	15,73
Diferència amb estat inicial [kWh/(m²·any)]	87,0 (62,9%)	-1,3 (-9,2%)
Energia primària [kWh/(m²·any)]	74,34	24,86
Diferència amb estat inicial [kWh/(m²·any)]	125,8 (62,9%)	-2,1 (-9,2%)
Emissions de CO₂ [kgCO₂/(m²·any)]	19,60	6,18
Diferència amb estat inicial [kgCO₂/(m²·any)]	33,2 (62,9%)	-0,5 (9,2%)

Taula 20-Altres factors en els que incideix la millora

Com es pot comprovar en la figura i taula anterior, aquesta solució només aconseguix disminuir les emissions de diòxid de carboni associades a la producció de calefacció en 33,2 kgCO₂/(m²·any), que equival a una reducció del 62,9% la demanda de calefacció. Per contra, el consum de refrigeració es veu incrementat en un 9,2 %.

El cost global aproximat d'aquesta millora és de 14.509,78 €. L'única partida que es modifica

respecta l'opció anterior és la de l'aïllant per la façana, mantenint-se igual tota la resta.

6.6.1. Comparació entre opcions

Taula comparativa de resultats				
		Opció 1	Opció 2	Variació
Demanda [kWh/(m ² ·any)]	Calefacció	36,44	51,42	41,11%
	Refrigeració	10,78	15,73	45,92%
Energia Primària [kWh/(m ² ·any)]	Calefacció	52,69	74,34	41,09%
	Refrigeració	17,04	24,86	45,89%
Emissions de CO₂ [kgCO ₂ /(m ² ·any)]	Calefacció	13,89	19,60	41,10%
	Refrigeració	4,24	6,18	45,75%
Emissions Globals de CO₂ [kgCO ₂ /(m ² ·any)]		24,70	32,36	31,01%
Cost Total (senes impostos)		19.546,40€	14.211,73€	5.334,67€ (-26,61%)

Taula 21- Taula comparativa entre solucions

Tal i com es pot veure en l'anterior taula, l'opció d'aïllar la façana per l'exterior (opció 1), respecte la de fer-ho per l'interior (opció 2), implica un estalvi relatiu entre aquestes opcions d'aproximadament d'un 41% i un 46%, en calefacció i refrigeració, respectivament. Aquesta primera opció aconsegeix reduir en un 31,01% les emissions globals de CO₂. Per contra, aquesta mesura suposa un sobre cost d'un 27% respecte si s'aïllés per l'interior. Aquest increment del cost entre solucions és essencialment degut a la necessitat d'equips especials per a la instal·lació de les mesures que afecten a l'exterior. Aquests equips necessaris són una bastida per a les façanes nord-oest i sud-est, i una plataforma elevadora per a l'aplicació del PUR per a la façana sud-oest.

Per altre banda, cal comentar altres aspectes que s'han de tenir en compte a la hora de fer l'elecció, apart dels que són de caràcter tècnic i energètic. Aquests paràmetres són més indirectes que no pas els anteriors, però no menys importants. A la taula que es pot veure a continuació, hi ha llistats aquests altres factors.

Taula comparativa entre ambdós opcions		
	Opció 1	Opció 2
Qualificació energètica	D	E
Condensacions	Reducció de condensacions superficials interiors i de patologies lligades a aquestes (humitats, problemes de salubritat).	Tot i que els càlculs no indiquen el contrari, en aquesta solució poden aparèixer condensacions a l'interior.
Possibilitat d'actuar sobre els ponts tèrmics	S'aconsegueix incidir sobre aquests, minimitzant la seva actuació.	Al no poder actuar-hi, les millores no són tant notòries. Per altra banda, també pot agreujar les condensacions en els punts on es trobin ambdós materials (aïllant i pont tèrmic).
Abast i afectació de les obres	Afecta principalment a la totalitat de les façanes vistes per a l'exterior. Per aquest motiu serà necessari instal·lar una bastida per a l'aplicació de l'EPS en les façanes NO i SE, i una plataforma elevadora per projectar el PUR a la SO. Pel que fa a l'interior, només es veuria afectada la primera planta i la tercera però que també ja ho estarà per a la reforma.	Cap tipus d'afectació per l'exterior. Per tant totes les actuacions afectarien a l'interior de les plantes en major o menor mesura, especialment la primera i la tercera encara que aquesta última no suposa cap problema.
Altres factors a tenir en compte	Millora l'estat de la façana, tapant possibles imperfeccions o desgast que hi pugui haver, evitant així les filtracions. Proporciona aïllament acústic. Nous valors d'estanqueïtat de forats i finestres. Necessitat d'equips auxiliars per a la instal·lació de l'aïllament (plataforma elevadora i bastida). Encariment del cost. Mesura indicada si es preveu ocupació continuada de l'immoble, és a dir primera residència, (com és el cas).	Pèrdua d'entre un 1,84% i 1,94% de la superfície útil habitable (depenent de la planta). Proporciona aïllament acústic. Nous valors d'estanqueïtat de forats i finestres. Mesura més simple a la hora d'instal·lar, però amb més afectació de l'interior. Sense necessitat d'equips auxiliars. Solució indicada si es preveu ocupació discontinua de l'immoble (segona residència).

Taula 22-Taula comparativa entre solucions

A la vista dels diferents resultats i comentaris anteriors, es considera que el millor conjunt de mesures és la opció 1, és a dir, la que aplica l'aïllant per l'exterior. Aquesta mesura presenta millores en tots els aspectes malgrat que és més costosa i la seva instal·lació presenta més

afectació sobre la via pública. Tot i així, hi ha un programa de subvencions a nivell estatal que pot arribar a finançar d'entre un 30% fins al 80% del cost d'aquesta partida, sempre que es compleixin els requisits. L'abast d'aquest programa d'ajudes es comentarà en l'apartat d'estudi econòmic, que es farà un cop s'hagin analitzat les diferents propostes de millora que afecten a la instal·lació de producció d'energia tèrmica.

6.6.2. Taula resum de la proposta de millora definitiva de l'envolupant tèrmica

Element	Material	Model	Fabricant
Façana NO-NE-SE i petit sortint de la SO	EPS de 40mm de gruix	Weber.therm placa EPS	Weber
Façana SO	PUR de 30mm	Tecnofoam G-2040	Tecnopol
Partició interior coberta	Llana mineral de 80mm	IBR	Isover
Terra	EPS de 50mm de gruix	Climatherm	Knauf-Miret
Forats	Fusteria de PVC de 3 càmeres	Fusteries fetes a mida	Kömmerling
	Doble vidre de 4mm i càmera d'aire de 12mm	Aislaglass	Control Glass

Taula 23-Resum de la opció seleccionada

Totes les fitxes tècniques dels materials esmentats poden trobar-se en l'Annex F. En aquestes fitxes tècniques pot trobar-se tota la informació i propietats referents a cada un dels materials seleccionats.

7. Requisits de disseny i limitacions de les instal·lacions

Partint de les millores que s'han definit a l'anterior apartat, a continuació es definiran les especificacions i limitacions que hauran de complir les instal·lacions productores d'energia tèrmica.

Per a aquest motiu, s'han seguit les recomanacions i exigències que sol·liciten el DB HE-2 i el DB HE-4 de l'esmentat CTE. El primer d'aquests dos apartats és el que es coneix com a RITE (Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis). Aquest document descriu com han de ser les instal·lacions tèrmiques per a proporcionar benestar als seus usuaris. L'apartat HE-4, fa referència a la aportació mínima d'ACS que ha de subministrar un sistema a base de plaques solars tèrmiques.

Tenint en compte aquests documents i altres característiques de disseny, les especificacions que s'exigeixen per a aquest apartat són les que es poden veure a continuació.

- La aportació mínima d'ACS procedent del sistema de captació solar tèrmic ha de ser igual o superior al 50% del consum de l'edifici. Tot i així, es pot substituir aquest sistema si es decideix optar per altres solucions renovables o de recuperació d'energia. En cas que s'opti per aquesta última opció s'haurà de justificar que el consum d'energia primària i les emissions de diòxid de carboni són inferiors al que tindria el conjunt del sistema solar equivalent i el de recolzament.
- Disminuir les emissions de diòxid de carboni en un 10% respecte l'estat en que s'ha deixat l'apartat anterior. D'aquesta manera es vol aconseguir reduir les emissions dels sistemes de producció d'energia.
- Seleccionar solucions amb una vida útil mínima de 15 anys. L'objectiu és escollir equips duradors en el temps, perquè la majoria d'aquests són costosos i amb una vida útil curta. Aquest fet suposa una dificultat afegida perquè fa més difícil la recuperació econòmica de la inversió.
- Per al sistema d'ACS es dimensionarà el sistema per a una temperatura de 60°C. D'aquesta manera s'evita que pugui desenvolupar-se la bactèria que causa la legionel·losi, i que pot arribar a causar la mort de les persones infectades [1].
- Rendiment mínim de les instal·lacions:
 - o Calderes de biomassa: rendiment superior al 80%
 - o Per a calderes de gasoil instal·lades en obres de rehabilitació: rendiment a potència nominal major a $90+2 \cdot \log(\text{Potència nominal})$ i rendiment a carrega parcial al 30% de potència nominal major a $86+3 \cdot \log(\text{Potència nominal})$

- Per als equips de generació de fred, que requereixin de la utilització d'un líquid refrigerant, sota cap circumstància es considerarà els líquids a base de CFC o HCFC. L'ús d'aquests refrigerants per a la esmentada finalitat està prohibit perquè és un dels agents causants del desgast de la capa d'ozó.

Pel que fa a limitacions de disseny:

- Si és possible, escollir solucions que no depenguin de combustibles fòssils o derivats del petroli. En el cas que no hi hagués cap altra opció, s'escollirien aquelles que presentin una millor eficiència.
- Intentar buscar solucions que s'adaptin a les reformes que es duran a terme a la casa. D'aquesta manera s'intenta limitar i descartar opcions que no siguin gaire còmodes per a dur a terme. Com pot ser l'aplicació de refrigeració centralitzada.
- En cas que sigui necessari instal·lar algun tipus de caldera o sistemes de suport, s'instal·larien la planta més inferior, la que actualment funciona com a traster. Aquesta planta hi ha l'espai suficient per allotjar tota la instal·lació que necessitin cada un dels sistemes i és de fàcil accés per a vehicles pesats.
- Proposar sistemes centralitzats. D'aquesta manera es pot aconseguir sistemes més eficients i no tant costosos. Això no és aplicable per als sistemes de refrigeració que es consideraran equips individuals, perquè per a la seva instal·lació és necessària la creació de conductes destinats al transport de l'aire refrigerat, la qual cosa no es contempla per part dels propietaris. A més a més, la integració d'aquest sistema en reformes d'aquestes característiques és molt més complicada.
- No és contemplarà la possibilitat d'instal·lar calderes de gas natural, perquè tal i com s'ha comentat en apartats anteriors, en el poble no hi arriba la distribució d'aquesta font d'energia. Tampoc es plantejarà la instal·lació d'equips que funcionin en gas líquid del petroli, ja sigui butà o propà. Aquestes últimes fonts d'energies també es descarten degut a la perillositat que comportaria l'emmagatzematge del gas. A més, les restriccions que imposa la normativa [2] sobre la situació d'aquests dipòsits d'emmagatzematge són molt més estrictes i requereixen de més espai, del que no se'n disposa. Aquesta restricció no afectaria al gasoil perquè la normativa per a aquesta tipologia de combustible no és tant estricta.

7.1. Consideracions prèvies

Abans de passar a descriure cada una de les diferents propostes de millora, es descriuran una sèrie de factors que s'hauran de tenir en compte a la hora de plantejar les solucions. En aquest apartat, també s'exposarà quines són les condicions de treball més adverses a les quals hauran de funcionar aquests sistemes i que hauran de cobrir.

A continuació es mostrarà, per a cada un dels tres sistemes de producció d'energia tèrmica (calefacció, refrigeració i d'ACS), quines han de ser les seves característiques bàsiques. Essencialment, el que es necessita per a definir la capacitat de les diferents instal·lacions és conèixer la càrrega màxima simultània la que hauran de fer front. D'aquesta manera es podrà determinar quina haurà de ser la potència necessària de cada un dels diferents equips. Per a determinar aquesta valor s'ha modelitzat a partir del mes més desfavorable de l'any, així si el sistema és capaç de proporcionar l'energia en la situació més adversa, ho serà per a la resta de l'any sense que es vegin afectades les condicions normals de funcionament. Per veure els diferents càlculs per a cada un dels tres sistemes veure *l'Annex B.2*.

7.1.1. Referents a la instal·lació d'ACS

A la hora de dimensionar la capacitat de funcionament d'aquest sistema s'ha seguit la metodologia que s'indica en el DB HE-4. En aquest document també s'especifica la demanda aproximada de l'edifici. D'aquesta demanda total diària, que pot veure's a la *Taula 24*, s'ha considerat com a cas advers que en la punta de la demanda es consumirà el 50% del total. Per altra banda, per tal de donar capacitat de reacció al sistema, s'ha cregut oportú incloure-hi un dipòsit d'acumulació de 80 litres. Aquest sistema d'acumulació ofereix inèrcia al sistema, de manera que s'evita que es produeixin intermitències continuades en la producció d'aquesta energia, la qual cosa augmentaria la possibilitat de que es produís una averia.

Abans de passar a mostrar els resultats d'aquest càlcul és necessari comentar un apunt que s'ha tingut en compte a la hora de dimensionar aquest equip. Inicialment s'havia seguit els passos que indica la *Guía Técnica de agua caliente sanitaria [3]*. En aquest document es proposa una metodologia per determinar la potència màxima de la caldera d'ACS. Aquest procediment indicava que s'havia de dimensionar la caldera en funció de la demanda que no era capaç de proporcionar el dipòsit. Aplicant aquest criteri, la potència que sortia era d'aproximadament d'uns 5.500 W. El problema d'aquest mètode era que un cop es buidava el dipòsit es necessitaven més de cinc hores per a que tornés a estar operatiu. Durant aquest període de càrrega, la caldera no seria capaç de proporcionar la potència necessària en cas que es produís un altre increment en el consum. Per a solucionar aquest problema es va decidir canviar el mètode per a determinar la potència. En aquest nou mètode, es va imposar que en el cas que es buidés el dipòsit, el temps màxim perquè tornés a estar operatiu seria de 30 minuts. Tenint en compte això els resultats són els següents:

Especificacions de disseny	
Demanda total	182,00 l/dia
Demanda punta (50% del total)	91,00 l/dia
Potència caldera ACS	14.983,60 W
Volum dipòsit d'acumulació	80 l

Taula 24- Especificacions de disseny per a l'ACS

Per tant serà necessari que el sistema de producció d'aigua calenta d'ús sanitari, aporti com a mínim 14.983,60 W i s'acompanyarà amb un dipòsit d'acumulació de 80 litres.

Per últim cal afegir, que si s'opta per a una solució on s'apliqui l'energia solar tèrmica, aquesta haurà d'incloure un sistema de suport que recolzi al principal, quan aquest no sigui capaç de proporcionar l'energia necessària. Per tant, si es donés el cas, la caldera es dimensionarà en la situació que hagués de proporcionar tota l'energia d'ACS sense tenir en compte l'aportació solar.

7.1.2. Referents a la instal·lació de calefacció

Per al càlcul de les necessitats de calefacció s'ha utilitzat el procediment que descriu la norma UNE-EN-12831 [4]. En aquest document s'exposa una metodologia de càlcul per tal de quantificar les tres tipologies de pèrdues que es produeixen a l'edifici (les degudes a transmissió, a ventilació/filtració i les d'intermitència del sistema). Aquestes pèrdues són les que haurà d'aportar el sistema de calefacció per a les temperatures de disseny de la instal·lació. Com en l'apartat referent a l'ACS, els càlculs referent a aquesta instal·lació poden trobar-se en l'Annex B.2.

Aquesta instal·lació s'ha planificat per a una temperatura exterior mínima de 3,0°C, una interior de confort de 21,0°C per a totes les estances. La resta de paràmetres de disseny poden trobar-se en l'esmentat annex. Tenint en compte això, la potència necessària que ha de subministrar el sistema és la que es pot veure a la taula que hi ha a continuació.

Potència total necessària	
Potència perduda per transmissió	4.793,66 W
Potència perduda per ventilació	1.672,39 W
Potència perduda per intermitència	4.447,96 W
Potència total	10.914,01 W
Increment per seguretat	20,00 %
Potència total	13.096,82 W
Rati potència total-superfície habitable	74,80 W/m ²

Taula 25- Especificacions de disseny per a la calefacció

7.1.3. Referents al sistema de refrigeració

Per a la refrigeració només es té previst instal·lar equips individuals en punts claus de la casa, és a dir a les respectives sales d'estar i en la zona comú de l'últim pis. La resta d'habitacions es refrigeraran de forma natural o pels corrents d'aire. El motiu pel qual s'ha decidit no instal·lar refrigeració a la resta d'habitacions és perquè l'ús o el temps d'estança no serà tant elevat com en la sala principal o en els espais comuns. Com ja s'ha comentat en l'apartat de limitacions, no s'estudiarà la instal·lació d'un sistema centralitzat de refrigeració, perquè la seva adaptació a l'edifici és més complicada que el de calefacció i és necessari instal·lar conductes interiors per on circuli l'aire fred. Per altra banda, també seria necessari disposar d'espai a l'exterior accessible (com podria ser un terrat) per tal d'instal·lar aquest equip.

Per a dimensionar el sistema de refrigeració es va contactar amb un instal·lador, que després de comentar-li com eren els espais a refrigerar va recomanar la instal·lació de les següents potències. S'ha considerat fer servir aquest recurs degut a que s'instal·laran equips individuals en cada una de les estances afectades. En cas que s'hagués desitjat refrigeració en totes les estances de l'immoble sí que s'hauria decidit per calcular quina era la millor solució.

Potència total necessària	
Potència sala d'estar primera planta	1.500,00 W
Potència sala d'estar segona planta	2.400,00 W
Potència sala comú tercera planta	1.500,00 W

Taula 26- Especificacions disseny sistema de refrigeració

8. Propostes de millora de les instal·lacions

Un cop definides les especificacions, limitacions de disseny i les condicions més adverses de treball de cada un dels diferents sistemes, es descriuran cada una de les propostes de millora.

8.1. Propostes de millora equips de generació de calor

Com que tant la producció de calefacció com la d'ACS es necessària l'aportació d'un sistema de calor, s'ha considerat incloure en un únic sistema la producció d'ambdós energies. D'aquesta manera es minimitza l'espai i es poden aconseguir rendiments més bons respecte a si es consideressin instal·lacions per separat.

8.1.1. Opció 1: Caldera de gasoil i contribució mínima de solar tèrmica per a ACS

En aquesta solució l'energia prové de fonts no renovables, per tant, és necessària la instal·lació del sistema de captació solar tèrmica que produeixi ACS. Tot i així, la caldera s'ha modelitzat com si les aportacions solars no hi fossin perquè aquests sistemes necessiten un equip de suport en el cas que no hi hagi la radiació suficient per a abastir la demanda.

Com que la caldera necessitarà subministrament de combustible serà necessari afegir un dipòsit de 750l de gasoil.

Els equips que es plantegen instal·lar són els que es poden veure a continuació:

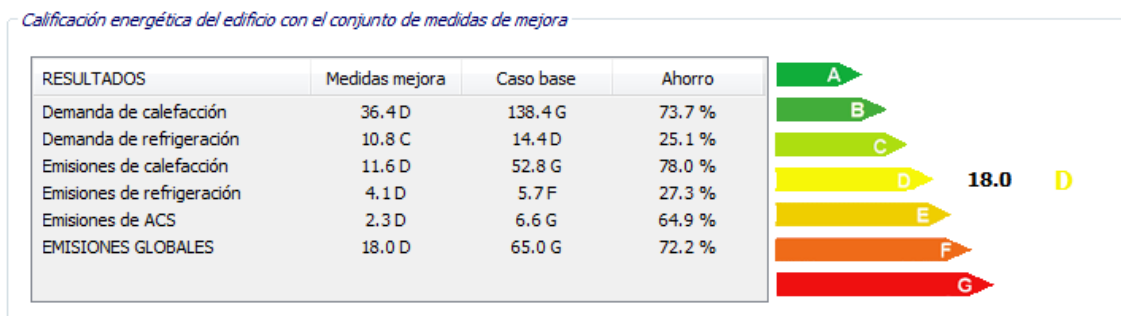
Caldera de gasoil		Ferrolí Silent D Condens. 30SI
Potència nominal		30,0 kW
Rendiment nominal		97,0 % (92,95 %) ⁶
Rendiment al 30% de la càrrega nominal		103,7% (90,43 %) ⁷
Informació addicional		Caldera de condensació
Consum Gasoil aproximat	ACS	209 l/any
	Calefacció	811 l/any
	Total	1.020 l/any
Cost parcial instal·lació (sense IVA)	Caldera	5.037,00 €
	Dipòsit	712,97 €
	Total	5.749,97 €
Preu combustible (amb impostos)		0,611 €/l a data de (20-10-2015)
Despesa combustible anual		630,00 €
Capacitat dipòsit		750 l
Operacions de recàrrega anual		2
Instal·lació Solar tèrmica		Junkers Smart Comfort FCC-2
Potència unitària		1.470,00 W
Aportació solar mínima		50%
Captadors necessaris		2
Dipòsit acumulació solar		300 l
Rendiment captador		76,1%
Cost parcial instal·lació (sense IVA)		4.576,97 €
Cost total ambdós sistemes (sense IVA)		10.326,90 €
Despesa anual de manteniment		500,00 €

Taula 27- Resum dades solució Gasoil + Solar Tèrmica

La qualificació energètica obtinguda, gràcies a aquesta solució, és d'una D que equival a 18,0 kgCO₂/(m²·any). Aquest resultat no és d'estranyar degut a que la font d'energia que s'utilitza és el gasoil. Per tant, al ser un combustible no renovable no aconsegueix reduir les emissions de diòxid de carboni tal i com es pensava. Tot i així la caldera és de condensació, la qual cosa implica una major eficiència i aprofitament de la energia, enfront de les convencionals.

⁶ Entre parèntesis hi ha indicat el rendiment mínim que especifica la normativa (veure cinquè punt de l'apartat *Requisits de disseny i limitacions de les instal·lacions*)

⁷ Ídem que per la nota 6.



Imatge 38- Qualificació energètica de la proposta 1

Avantatges:

- Vida útil d'uns 20-25 anys, sempre i quant es realitzi el manteniment obligatori especificat en el RITE.
- Reducció del consum energètic i producció de diòxid de carboni al instal·lar el sistema de captació solar tèrmic.
- Aquesta solució es pot adaptar a qualsevol format de calefacció: radiadors convencionals, radiadors de baixa temperatura o terra radiant.

Inconvenients:

- Com que el combustible és el gasoil s'ha de tenir en compte consideracions ambientals i tècniques a la hora de dissenyar la instal·lació d'emmagatzematge del mateix. En aquestes instal·lacions augmenta la perillositat i l'afectació sobre el medi ambient. També poden produir-se fuges de combustible en els processos de càrrega.
- Aquest sistema depèn del consum d'una font d'energia no renovable on les emissions de diòxid de carboni no es veuen gaire afectades. Per aquest motiu les emissions globals només disminueixen $6,70 \text{ kgCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{any})$, 27,13% menys respecte al cas de partida d'aquest apartat. Tot i així compleix amb el criteri de disseny.
- A part de la producció de diòxid de carboni també es produeixen altres partícules nocives per al medi ambient i per a les persones, com poden ser diòxid de sofre, diferents formes d'òxids de nitrogen, entre d'altres partícules pesants.
- Cost de manteniment instal·lació elevat 500,00€ anuals.
- Necessitat d'instal·lar sortida de fums.

8.1.2. Opció 2: Equips d'aerotermita amb tecnologia inverter

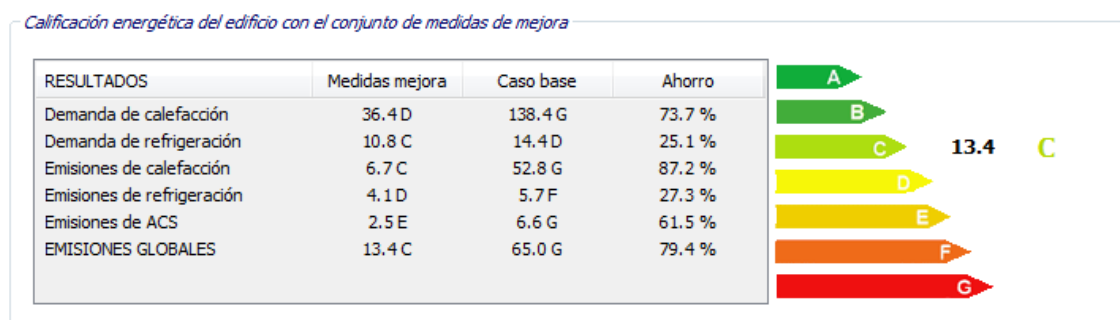
Els sistemes d'aerotermita produeixen energia tèrmica a partir de la que capten de l'ambient. El principi de funcionament d'aquests equips és com el d'una bomba de calor. Depenent del model i fabricant, aquest sistema pot substituir els tres sistemes de producció d'energia tèrmica (calefacció, refrigeració i ACS).

Aquest sistema es considera renovable si el COP és superior a uns valors mínims

especificats en la normativa que per a cada solució serà citada. Aquests valors depenen de la temperatura de funcionament del sistema de calefacció. El problema que presenten aquests sistemes és que perden eficiència a mesura que se'ls sol·licita major temperatura de calefacció. Degut a això, s'estudiaran les dos situacions: amb un sistema de baixa temperatura (radiadors de baixa temperatura o terra radiant) i un d'alta temperatura (radiadors convencionals).

8.1.2.1. Sistema de calefacció de baixa temperatura

En aquesta solució es considera una temperatura de calefacció de 35°C. Tal i com s'especifica en la referència [5], el COP mínim per a ser considerat renovable ha de ser major a 3,11. L'equip seleccionat té un COP de 4,46, per tant en aquest cas, la solució podria ser considerada com a renovable i no seria necessari instal·lar el sistema solar tèrmic.



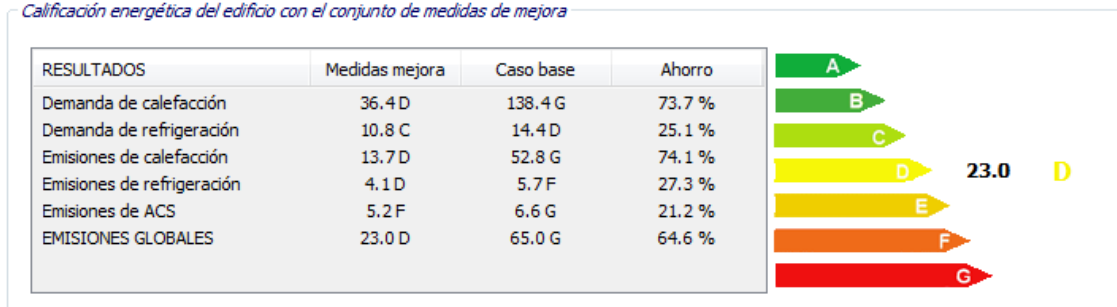
Imatge 39- Qualificació energètica per a sistema aertotèrmic de baixa temperatura

Com es pot comprovar, en aquest cas hi ha una millora substancial en l'eficiència energètica i fins i tot és capaç d'augmentar la qualificació energètica en una lletra, col·locant-se en una C. Aquesta mesura aconsegueix una reducció de les emissions de diòxid de carboni del 45,75% respecte al cas de partida (més o menys en 11,3 kgCO₂/(m²·any)).

8.1.2.2. Sistema de calefacció d'alta temperatura

En aquesta solució la temperatura de calefacció és 65°C. Per tant, segons la legislació [6], el COP mínim per a ser considerat energia renovable hauria de ser 5,66. El COP de l'equip seleccionat és de 2,27, amb la qual cosa no compliria amb el que indica la legislació. Cal afegir, que no s'ha trobat cap màquina d'aquesta tipologia amb un COP tant elevat.

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora



Imatge 40- Qualificació energètica per a sistema aerotèrmic d'alta temperatura

En aquest cas pràcticament la millora és inexistent. Només s'aconsegueix reduir les emissions en 6,88 % respecte el cas de partida. Per tant, no compliria en l'especificació definida en l'anterior capítol. Degut a això, la opció d'utilitzar aerotèrmia amb radiadors d'alta temperatura queda descartada automàticament.

8.1.2.3. Proposta final d'aerotèrmia

Com a proposta d'aquesta tecnologia, es proposa la primera opció exposada en aquest subapartat. Aquesta solució però requeriria la instal·lació de radiadors de baixa temperatura o terra radiant (cosa que no contempen els propietaris).

Resum instal·lació aerotèrmia	
Equip aerotèrmic 9kW (2 unitats)	Panasonic Aquarea HT WH-MHF09G3E5
Potència nominal	9,0kW
COP a 7°C (aigua calenta a 35°C)	4,64
COP a 7°C (aigua calenta a 65°C)	2,27
Cost parcial instal·lació (sense IVA)	13.091,74 €
Equip aerotèrmic 12kW	Panasonic Aquarea HT WH-MHF12G6E5
Potència nominal	12,0kW
COP a 7°C (aigua calenta a 35°C)	4,46
COP a 7°C (aigua calenta a 65°C)	2,22
Cost parcial instal·lació (sense IVA)	6.748,59 €
Cost total instal·lació (sense IVA)	19.840,33 €
Preu electricitat (amb impostos)	0,18 €/kWh a data de (20-10-2015)
Consum aproximat instal·lació	3.250,0 kWh/any
Despesa anual energia	585,00 €
Despesa anual en revisió	170,00€

Taula 28- Resum instal·lació aerotèrmia

Avantatges:

- Vida útil 20-25 anys.
- Calefacció de baixa temperatura, es redueixen les emissions en 11,2 kgCO₂/(m²·any) respecte al cas de partida. Per al sistema d'alta temperatura, pràcticament no hi ha millora. No es considera la aplicació d'aquest últim sistema.
- Cost de manteniment reduït, en comparació als altres sistemes analitzats.
- Sistema tot elèctric i d'alta eficiència. No és necessari instal·lar cap dipòsit que emmagatzemi el combustible.
- Sistema que no sol·licita cap tipus d'atenció, degut a que no depèn de cap combustible que necessiti recarregar-se.

Inconvenients:

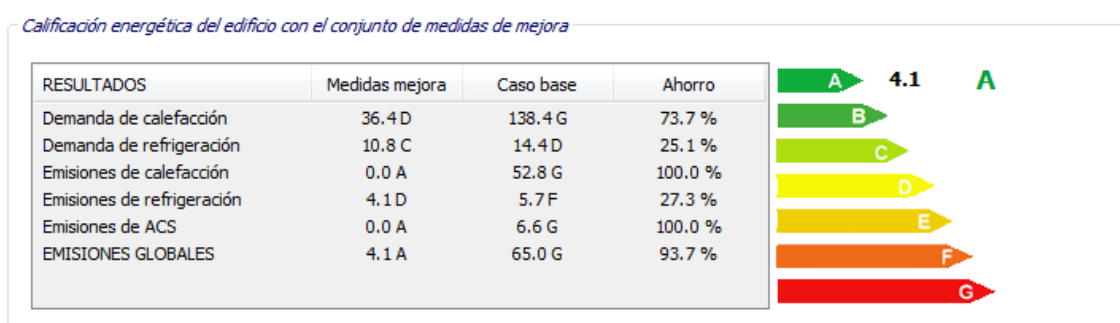
- Necessitat d'instal·lar terra radiant a tots els pisos o radiadors de baixa temperatura. Aquests darrers elements són més costosos i en el cas del terra radiant hauria afectació en totes les plantes a la hora de la instal·lació (els propietaris no contempen aquesta opció).
- Necessitat d'instal·lar tres unitats exteriors que funcionarien en cascada, degut a que no fan equips que es puguin adaptar a la potència necessària.
- Sistema molt costós, cada un dels equips té un cost aproximat de 5.900,00 €.
- Per a sistemes en radiadors d'alta temperatura, el sistema no aporta gaire eficiència i no seria considerada com a renovable, per la qual cosa seria necessària la instal·lació de plaques solars tèrmiques per a subministrar l'aportació mínima d'ACS.
- Necessitat de contractar instal·lació elèctrica trifàsica degut a que amb el sistema monofàsic no es subministra una potència tan elevada. Augment considerable de la factura elèctrica.
- Equips voluminosos i amb la necessitat d'ésser instal·lats a l'exterior. Al no disposar d'una coberta plana que podria allotjar aquests equips, s'haurien d'instal·lar a una de les façanes exteriors. Això podria afectar a les propietats de l'aïllant instal·lat.

8.1.3. Opció 3: Caldera de Biomassa per a la producció de calefacció i ACS

Les calderes de biomassa són calderes convencionals però que funcionen amb combustibles vegetals provinents de residus industrials o agrícoles. Per aquest motiu es considera que és una energia renovable en la que no es produeixen emissions de diòxid de carboni, tot i que a la pràctica no és del tot cert. El perquè d'aquesta situació és que es considera que les emissions produïdes en la combustió són equivalents a les que ha absorbit l'arbre al llarg de la seva vida. Aquesta definició és qüestionable, però no és l'objectiu d'aquest projecte jutjar la veracitat d'aquesta.

Per altra banda, aquest sistema pot funcionar amb una ampla gama de combustibles. Des de pèl·lets normalitzats produïts de forma industrial, estelles provinents de la indústria o

tractaments forestals, llenya i residus procedents de la agricultura com poden ser pinyols d'oliva o clofolles de fruits secs. De tots els esmentats, el que s'intentaria utilitzar són els residus procedents d'activitats agrícoles i/o forestals perquè en la localitat de Flix, la pràctica de la pagesia està molt estesa, sobretot en el cultiu d'olives i ametlles. Per aquest motiu, s'aconsellaria als propietaris de l'edifici arribar a un acord amb pagesos de la zona per tal de comprar aquests residus. D'aquesta manera ambdós parts hi sortirien guanyant, el pagès obtindria un rendiment d'un producte que, en condicions normals no ho faria i els propietaris de l'edifici els hi sortiria més econòmic que si comprassin els pèl·lets normalitzats o altres solucions comercials. Tot i així, en cas que en alguna temporada no es pogués garantir el subministrament total d'aquest combustible, s'aconsellaria adquirir els pèl·lets normalitzats produïts de forma més industrial.



Imatge 41- Qualificació energètica solució biomassa

Tal i com es pot comprovar, aquesta solució permet obtenir la qualificació més alta perquè s'aconsegueix neutralitzar les emissions de diòxid de carboni que depenen de la calefacció i la producció d'ACS.

Resum proposta biomassa		
Caldera de Biomassa	Lasian Bioselect 30	
Potència nominal	30,0kW	
Rendiment nominal	91,0%	
Informació addicional	Caldera estàndard	
Capacitat dipòsit	950 kg	
Consum biomassa aproximat	ACS	930 kg/any
	Calefacció	1.810 kg/any
	Total	2.740 kg/any
Cost parcial instal·lació (sense IVA)	Caldera	8.714,47 €
	Dipòsit	2.943,44 €
	Total	11.858,13 €
Preu combustible (amb impostos)	0,168 €/kg a data de (20-10-2015)	
Despesa anual combustible	460,00€	
Recàrregues necessàries	3	
Despesa anual en manteniment	300,00 €	

Taula 29- Resum proposta biomassa

Avantatges:

- Sistema zero emissions de diòxid de carboni.
- Combustible més barat i beneficis per al productor, en cas que ho subministri un pagès. Productors i distribuïdors pròxims al punt de consum.
- No hi ha risc de contaminació ambiental en cas de fuga en la operació de proveïment del combustible, degut a que és un producte vegetal.
- No és necessari incloure sistema de captació solar per a la producció d'ACS perquè la producció de diòxid de carboni associada a aquesta operació és menor a la que produiria un sistema similar de captació solar amb el seu sistema de suport.
- Sistema que es pot adaptar a qualsevol sistema de calefacció (terra radiant i radiadors d'alta i de baixa temperatura).
- Possibilitat de rebre ajuda del 30% del cost total de la instal·lació, fins a un límit 23.890,00€.

Inconvenients:

- Cost de manteniment elevat i necessari. D'aquesta manera es manté la vida útil i les condicions de treball estables.
- Necessitat d'instal·lar sortida de fums i sistema de recollida de cendres. Encara que aquesta última acció sigui automàtica, és necessari anar buidant el dipòsit periòdicament. Aproximadament es generen el 3% de cendres per kilogram de combustible cremat.
- Aquest sistema requereix d'una instal·lació d'un dipòsit per a emmagatzemar la biomassa.
- Freqüència d'operació de recàrrega més elevada respecte a la solució que utilitza gasoil.

8.2. Propostes de millora per equips de generació de fred

Per a aquesta tipologia de sistemes, com ja s'ha comentat anteriorment, només es contempla la possibilitat d'instal·lar equips individuals en les zones comuns, degut al perfil d'ús de l'edifici. Per aquest motiu inicialment es volia estudiar dos solucions: una la de instal·lar equips amb tecnologia de compressor modulant altrament conegut com a INVERTER i equips sense aquesta tecnologia. Com que actualment la majoria dels fabricants ja han optat per a l'aplicació dels sistemes INVERTER, i el fet que no s'han trobat equips sense aquesta tecnologia, s'ha decidit que es proposarien solucions amb equips multisplit i equips individuals.

La diferència entre ambdós sistemes és que el sistema multisplit, per a una màquina exterior se li poden connectar varies unitats interiors. Depenent del fabricant, el número d'unitats interiors que es poden connectar a la exterior pot ser major o menor. En canvi per als equips individuals per a cada unitat interior és necessària una única unitat exterior.

És necessari remarcar que les dos solucions que es presentaran també tenen la funció de treballar com a bomba de calor degut a que no s'han trobat models sense aquesta funció. Tot i que aquesta utilitat no es essencial, perquè ja ho aporta el sistema de calefacció, podrà servir com a últim recurs en el cas excepcional que no funcioni el sistema de calefacció centralitzat.

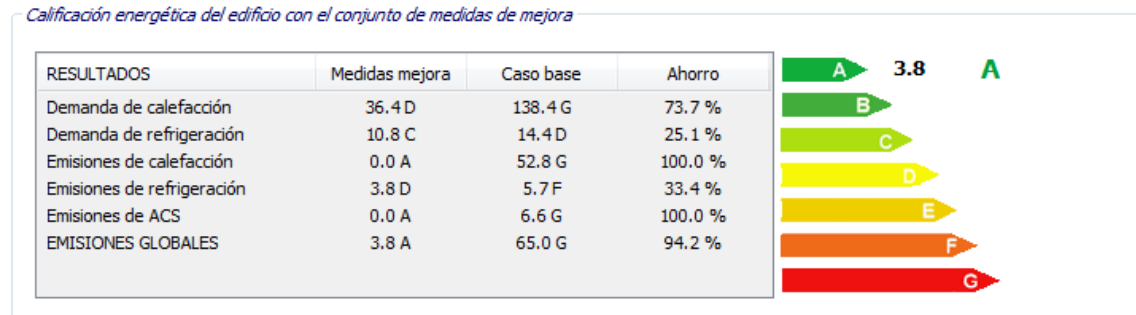
Les diferents solucions s'han analitzat respecte l'opció d'instal·lar biomassa. El motiu pel qual s'ha decidit treballar sobre aquesta opció és perquè com que les emissions procedents d'ACS i de calefacció passen a ser zero, les úniques emissions que s'emetran a l'edifici i que es comptabilitzen són les generades per a la producció de fred. D'aquesta manera es facilita la interpretació dels resultats.

8.2.1. Opció 1: Equips individuals amb tecnologia INVERTER

Aquesta solució està formada per un sistema amb equips individuals format per a dos unitats exteriors de potència nominal en fred 2 kW i una amb potència 2,5 kW. A la taula que hi ha a continuació es pot observar la resta de característiques.

Resum proposta equips individuals	
Equips P1 i P3	
Unitat Exterior	Dalkin RX20K
Potència nominal refrigeració	2 kW
Rendiment (EER)	3,98
Unitat interior P1 i P3	Dalkin FTX20K
Cost unitari	659,00 €
Equips P2	
Unitat Exterior	Dalkin RX25K
Potència nominal refrigeració	2,5 kW
Rendiment (EER)	3,78
Unitat interior P2	Dalkin FTX25K
Cost unitari	699,00 €
Cost total instal·lació	2.344,75 €

Taula 30- Resum refrigeració equips individuals



Imatge 42- Qualificació energètica

Com es pot comprovar, aquesta solució suposa molt poc impacte en la reducció de les emissions de diòxid de carboni respecte el cas de partida d'aquest apartat. Això és degut a que no s'ha optat per una climatització general de l'habitatge. Tot i així la reducció és d'un 8,3% respecte la situació inicial.

El problema d'aquesta opció és la necessitat d'instal·lar tres unitats exterior. Els equips de la primera i segona planta podrien instal·lar-se a les petites terrasses que hi ha a la façana nord-est i el de la tercera planta aprofitar el petit sortint que crea la tribuna a l'últim pis.

Avantatges:

- Solució més econòmica i amb millor eficiència energètica.

Inconvenients:

- Necessitat d'instal·lar diverses unitats exteriors. Com que l'espai està limitat, s'hauria d'instal·lar a les terrasses de la façana posterior.
- Si es desitgen equips amb millor rendiment, el cost del conjunt unitat exterior i interior augmenta considerablement. Aquests equips podrien instal·lar-se en cas que hi hagués una demanda molt superior o fos més prolongada.
- Poca capacitat d'actuació sobre la qualificació energètica i en l'estalvi, perquè no és una mesura implementada a tot l'edifici, només en algunes parts d'aquest.

8.2.2. Opció 2: Sistema multisplit amb tecnologia INVERTER d'alta eficiència

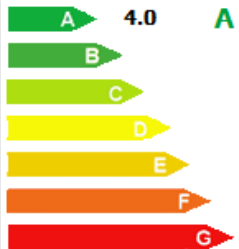
Aquesta solució està formada per equips multisplit amb una única unitat exterior. Per a seguretat i per evitar generar incompatibilitat entre els equips, també es proposa canviar els equips interiors respecte la solució anterior. Aquests sistemes estan més adaptats a les demandes de refrigeració de les habitacions a climatitzar però també es veu incrementat el cost d'aquests. A continuació es pot veure la taula resum dels sistemes a instal·lar i la millora en l'apartat d'eficiència que aporta a l'edifici.

Taula resum equips multisplit	
Unitat Exterior	Mitsubishi MXZ-3D68VA (3x1-6,8kW)
Potència total	6,8 kW
Rendiment (EER)	3,11
Cost instal·lació	1.550,31 €
Unitat interior P1 i P3	Mitsubishi MSZ-EF18VE 1,8kW
Potència de refrigeració	1,8 kW
Unitat interior P2	Mitsubishi MSZ-HJ25VA 2,5kW
Potència de refrigeració	2,5kW
Cost instal·lació	892,10 €
Cost total instal·lació	2.442,41 €

Taula 31- Taula resum equips multisplit

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	36.4 D	138.4 G	73.7 %
Demanda de refrigeración	10.8 C	14.4 D	25.1 %
Emisiones de calefacción	0.0 A	52.8 G	100.0 %
Emisiones de refrigeración	4.0 D	5.7 F	30.1 %
Emisiones de ACS	0.0 A	6.6 G	100.0 %
EMISIONES GLOBALES	4.0 A	65.0 G	93.9 %



Imatge 43- Qualificació energètica mesura multisplit

Com es pot comprovar aquesta solució no obté tant bon resultat malgrat que les diferències no són gaire importants. La reducció de les emissions respecte el cas inicial és del 4,3% i la diferència percentual entre les dos solucions és del 4,0% favorable per a la primera solució. L'avantatge d'aquesta és que únicament es necessita una sola unitat exterior, que podria instal·lar-se al sortint que genera la tribuna entre el segon i tercer pis. Tot i així aquesta solució és més costosa.

Avantatges:

- Menys impacte a l'exterior de l'edifici i equip més compacte. Només és necessària una única unitat exterior.

Inconvenients:

- Menor eficiència i poc significativa, perquè com a l'anterior mesura, només es veurà afectada una part de l'edifici.
- La eficiència dels equips està limitada. És complicat trobar fabricants que aconseguixin major eficiència per a aquesta tipologia de sistemes.

8.3. Selecció definitiva dels equips

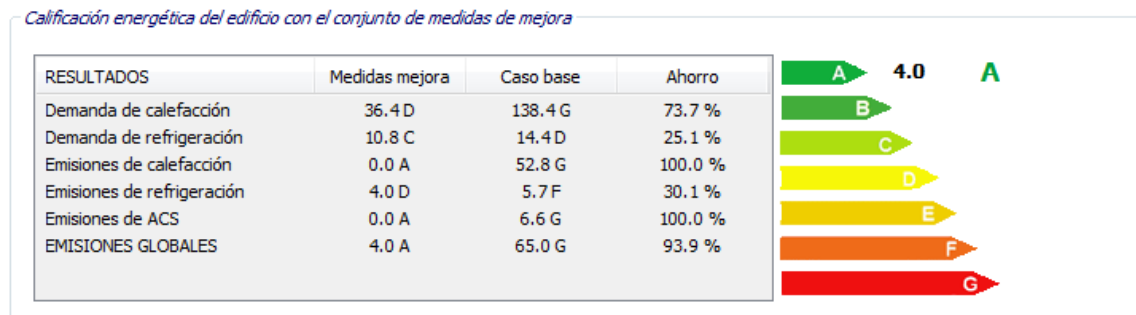
En vista dels diferents resultats i comentaris anteriors, es considera que les millors solucions que es poden instal·lar a l'edifici són: per a la producció d'aigua calenta d'ús sanitari i calefacció, el sistema centralitzat de biomassa de 30 kW de potència, i per als equips de fred es considera oportú instal·lar l'equip multi-split de Mitsubishi tot i que no és la millor solució en termes energètics tampoc no hi ha tanta diferència amb l'altre.

Per tant a continuació es pot veure una taula resum amb el cost total de les instal·lacions:

Instal·lació	Model	Cost
Calefacció + ACS	Lasian Bioselect 30	11.858,13 €
Refrigeració	Mitsubishi MXZ-3D68VA (3x1-6,8kW)	2.442,43 €
Total (sense IVA)		14.300,56 €

Taula 32- Taula resum selecció final instal·lacions

Aquestes millores aporten la següent qualificació energètica.



Imatge 44- Qualificació energètica final

Amb el conjunt total de millores, envolupant tèrmica i sistemes de producció d'energia, s'aconsegueix disminuir en un 73,7% la demanda total de calefacció i un 25,1% la de refrigeració. La reducció d'emissions de diòxid de carboni per a calefacció i ACS és del 100% degut a que s'utilitza biomassa i d'un 30,1% en les de refrigeració. D'aquesta manera s'aconsegueix una reducció global de les emissions del 93,9% o el que és el mateix, una producció anual del 4,0 kgCO₂/(m²·any). Aquest valor d'emissions correspon a la lletra A.

A l'utilitzar l'energia procedent de la biomassa es pot caure en l'error de pensar que pel sol fet d'instal·lar-la s'aconsegueix la millor nota possible en aquest àmbit. Però no és així, ja que les mesures adoptades en l'envolupant, minimitzen la potència dels equips perquè és redueixen les pèrdues energètiques degudes a la transmissió dels tancaments.

9. Estudi de minimització de despesa energètica des de la basant lumínica, d'aigua potable i d'electrodomèstics

En aquest projecte també s'ha considerat oportú realitzar un petit anàlisi per tal de minimitzar la despesa energètica associada a la instal·lació lumínica, reduir el consum d'aigua potable i és donaran un seguit de bones pràctiques a la hora de seleccionar i utilitzar els electrodomèstics de forma eficient.. En els següents apartats es comentaran cada un d'aquests tres paràmetres d'actuació.

9.1. Minimitzar despesa energètica en la instal·lació lumínica

Actualment, tota la instal·lació lumínica està formada per a bombetes incandescentes. Aquesta tipologia de bombetes són molt poc eficients, amb una vida útil molt reduïda en comparació a altres solucions més innovadores. Per altra banda, des de fa uns anys, no està permesa la comercialització de les bombetes que hi ha instal·lades.

Per tal de garantir l'eficiència en aquest àmbit, es realitzarà una proposta de substitució de lluminàries, per altres sistemes que aportin més eficiència i aconseguir minimitzar la despesa energètica.

L'aplicació d'aquestes millores pot arribar a reduir el terme fix de la potència elèctrica contractada, disminuir el consum d'energia i la prolongació de la vida útil de la instal·lació, apart dels esmentats anteriorment.

Per això, el que es proposa en aquest apartat és una substitució de les lluminàries per a la primera i segona planta. D'aquesta manera s'adaptaran els punts de llum actuals per a que puguin acceptar les noves lluminàries. Com que l'últim pis s'hi efectuarà una reforma integral, no hi haurà cap tipus de limitació a la hora de instal·lar aquests equips. Per últim, per a l'escala també és buscaran solucions que s'adaptin a les actuals.

En el conjunt de taules que hi ha a continuació pot trobar-se cada una de les dos solucions: la de substitució de les lluminàries actuals i la instal·lació de nous equips en l'última planta.

Zona	Instal·lació actual	Proposta millora
Menjador P1 i P2 (per unitat)	8 incandescents de 40 W	2 Osram 40-5 W/827 E27 FR
Cuina P1	2 tubs fluorescents T8 de 60 cm i de 18W	2 Osram Substitute ST8-HA2-108-830
Cuina P2	1 incandescents de 60 W	1 Rondel LED ECG
Lavabo P1 i P2 (per unitat)	2 incandescents de 60 W i 2 incandescents de 40 W	2 Osram 60 8,5 W/827 E27 FR i 2x Osram 40 5 W/827 E27 FR
Habitació P1 i P2 (per unitat)	4 incandescents de 40 W	4 Osram 40 5 W/827 E27 FR
Passadís P1 i P2 (per unitat)	2 incandescents de 40 W	2 Osram 40 5 W/827 E27 FR
Forat escala	8 incandescents de 40 W	8 Osram 40 5 W/827 E27 FR
Potència Total	1.936,00 W	322 W (estalvi 83,37%)

Taula 33-Taula resum dels punts de llum substituïts

Zona	Proposta	Unitats
Zona comú P3	IVIOS LED III 2x5,5	1
Habitacions (per unitat)	IVIOS LED III 2x5,6	1
Lavabo	Rondel led ECG	1
	Ivios LED I 4,5W	3
Passadís	Ivios LED I 4,5W	3
Potència Total	87 W	

Taula 34- Taula resum dels equips de la tercera planta

Com es pot comprovar amb la substitució de les lluminàries actuals per les de tecnologia LED, s'aconsegueix reduir la potència total d'aquesta instal·lació en un 83,37%, passant de 1.936,00 W a 322 W. Pel que fa a la instal·lació de les noves lluminàries per a la última planta, la potència total en il·luminació serà de 87 W. Per tant, la potència total de tots els equips és de 409 W.

Un cop definida quina és la proposta de millora, s'ha realitzat un petit estudi per tal de determinar, aproximadament, quines són les hores de funcionament de cada una de les lluminàries en un dia qualsevol. Un cop definides les hores totals, s'ha pogut estimar quina és la despesa elèctrica, abans i després de les millores. Tenint en compte això, s'obtenen els valors que es mostren a continuació.

Taula resum instal·lació lumínica	
Cost electricitat	0,18 €/kWh
Consum elèctric actual	1.623,52 kWh/any
Consum elèctric millorat	326,04 kWh/any
Despesa total actual	292,23 €/any
Despesa total millora	58,69 €/any
Estalvi	233,55 €/any
Potència actual total	1936,00 W
Potència millores total	409,00 W
Cost Total millores (sense IVA)	1.198,56 €

Taula 35- Taula resum instal·lació lumínica

La instal·lació d'aquesta solució comporta l'estalvi de 233,55 € anuals, respecte a la situació actual. Cal comentar que en l'estat actual no hi ha la instal·lació lumínica que es desitja, però si que ha estat inclosa en l'estat millorat. Tot i així, aquest fet no es veu reflectit en aquestes dades, perquè la tecnologia utilitzada redueix dràsticament el consum.

El cost total d'aquestes mesures és de 1.198,56 € (sense impostos). En aquest pressupost hi ha inclosos, la mà d'obra i materials auxiliars que es puguin necessitar per a la correcta instal·lació.

9.2. Minimitzar consum d'aigua potable

En aquest apartat s'estudiarà la possibilitat d'instal·lar equips que minimitzin el consum d'aigua potable. Aquests equips, principalment, serien aixetes i sanitaris que es veiessin afectats per a la reforma desitjada pels propietaris.

Es necessari remarcar que l'aplicació d'aquesta mesura no implica cap altre benefici que la reducció de consum d'aigua potable, sense cap tipus de benefici econòmic. Això és degut perquè a la localitat de Flix, com a moltes d'altres situades a la riba del riu Ebre, la factura d'aigua potable té un cost fix de 68,00 €/any. Apart d'aquest factor, no hi ha cap altre recàrrec. Tot i aquest baix import no seria coherent realitzar una despesa desenfrenada d'aquest recurs natural i més tenint en compte que tot el projecte gira al voltant de la minimització de la despesa energètica i la reducció del consum de fonts naturals.

Dins d'aquest àmbit, els fabricants d'aixetes, també estan incloent als seus productes una

etiqueta que indica el cabal d'aigua i de temperatura. En canvi, en el cas dels fabricants de sanitaris no hi ha cap element d'aquestes característiques que permeti fer una tria clara.

Tot i això s'ha buscat en el mercat possibles productes que es podrien instal·lar per a complir amb aquesta finalitat. Pel que fa a les aixetes es recomana instal·lar les Grohe Essence New, Grohe Europlus, o productes similars d'altres fabricants. Aquestes aixetes porten un sistema de regulació de cabal i de temperatura que els hi atorga la màxima classificació energètica possible. Per als inodors es recomana instal·lar el model Meridian de la casa Roca. Aquests inodors optimitzen el consum d'aigua amb un polsador de doble descàrrega i un dipòsit més reduït en comparació a la resta de models que es comercialitzen.

El cost aproximat d'aquestes millores i les unitats que es preveuen instal·lar es poden veure a la taula que hi ha a continuació.

Millores instal·lació lampisteria			
Model	Unitats	Cost unitari	Cost total
Aixeta lavabo Essence New de Grohe	2	174,66 €	349,32 €
Aixeta de bidet Essence New de Grohe	2	178,86 €	357,73 €
Monocomandament per a dutxa Essence New de Grohe	2	182,02 €	364,03 €
Aixeta per aigüera de cuina, Essence New de Grohe	1	251,36 €	251,36 €
Inodor Meridian de Roca	2	390,05 €	780,10 €
Total (sense IVA)			2.102,54 €

Taula 36- Millores instal·lació lampisteria

Com es pot comprovar en la taula anterior el cost total d'aquesta solució és de 2.102,54 €. L'elevat cost d'aquesta mesura es déu bàsicament al preu de les aixetes, perquè tant la marca com aquest model suposa gairebé un encariment del producte d'aproximadament el doble respecte a models semblants d'altres fabricants sense aquesta tecnologia.

En definitiva, com que aquesta solució té un cost excessiu i tenint en compte que les millores en la reducció del consum són relatives, aquesta solució es deixarà a elecció dels propietaris si decideixen dur-la a terme o bé si prefereixen mantenir els materials que proposen inicialment. Per aquest motiu no es contemplarà en l'anàlisi econòmic que es podrà veure més endavant.

9.3. Minimitzar la despesa elèctrica dels electrodomèstics i recomanacions d'ús

Com a última mesura d'actuació s'indicaran una sèrie de consells i bones pràctiques a l'hora de seleccionar i de fer un ús eficient dels electrodomèstics. En aquest apartat no es pretén seleccionar els electrodomèstics, sinó aconsellar quins poden ajudar a minimitzar la despesa energètica.

Actualment, a l'hora de comprar un electrodomèstic, el fabricant està obligat a mostrar quina és la qualificació energètica d'aquest. El sistema de qualificació és molt semblant al que s'utilitza en els edificis. Està format per una etiqueta que classifica des de la D fins a la A+++ , essent aquesta última la millor qualificació que es pot obtenir. Aquesta classificació acostuma a indicar el consum d'electricitat i d'aigua, encara que la informació mostrada depèn del tipus d'electrodomèstic.

Aquestes etiquetes permeten comparar, de forma molt intuïtiva, les prestacions dels electrodomèstics, facilitant l'elecció en el cas que no se sàpiga entre quins escollir. Aquesta classificació té molta importància en neveres, rentadores i rentaplats perquè són les que més pes tenen sobre el consum d'un habitatge. Però com ja s'ha pogut veure anteriorment, també s'adjunten en equips de refrigeració/calefacció i d'altres aparells, com televisors, forns, etc.

Dins d'aquest àmbit es recomanaria l'adquisició d'electrodomèstics amb classe A o superior. Tot i així, s'entén que aquesta elecció és decisió dels habitants de l'immoble.

En les següents línies es donaran una sèrie de consells i bones pràctiques que poden ajudar a reduir la despesa energètica, encara que no s'opti per a la seva substitució o adquisició. Aquestes indicacions poden semblar molt òbvies o fins i tot de sentit comú però és necessari recordar-les per aconseguir uns resultats quantificables.

Per al conjunt nevera/congelador és millor que estigui allunyat de fons de calor, com pot ser el forn, i que estigui ple. Un frigorífic ple consumeix menys respecte a un que està buit.

Per al rentaplats, rentadora i assecadora esperar a fer la rentada quan estigui ple. En el cas que no sigui possible, optar pel programa curt si la màquina el disposa. Pel que fa el rentaplats, netejar prèviament el plat per evitar que hi entrin restes de menjar i puguin espatllar-lo. Un cop hagi finalitzat el programa, no s'ha esbandir els plats, la màquina ja s'encarrega de fer-ho.

El conjunt d'electrodomèstics esmentats en el paràgraf anterior seria convenient planificar el

seu ús. D'aquesta manera es podria estudiar la possibilitat de reduir la potència elèctrica contractada a la companyia subministradora i fins i tot, seria interessant estudiar la possibilitat de contractar la factura amb discriminació horària. Així, els usuaris es podrien beneficiar d'una menor despesa en la factura elèctrica. En el cas que s'optés per aquesta última opció, seria molt recomanable adquirir uns programadors. Aquests dispositius permeten connectar automàticament els electrodomèstics en la hora indicada per l'usuari, tot i que ja hi ha bastants equips que ho porten incorporat de fàbrica.

S'aconsella mantenir els fogons de gas butà, enlloc d'instal·lar vitroceràmica o plaques d'inducció. Encara que, aquestes dues últimes solucions són molt més còmodes que la primera, el seu consum energètic és molt més elevat i hi ha la necessitat d'incrementar la potència de la instal·lació elèctrica.

Per a la resta d'electrodomèstics que se'n faci un ús continuat com pot ser la televisió o els ordinadors, desconnectar-los en els cas que es no s'utilitzin més. Aquesta indicació també és aplicable a la instal·lació lumínica, perquè els nous equips instal·lats i la tecnologia actual permet encendre i apagar tantes vegades com es vulgui sense que es vegi afectada la seva vida útil.

Si aquestes bones pràctiques es duen a terme, es pot aconseguir reduir la potència contractada en els habitatges. D'aquesta manera es pot disminuir el terme fix de la factura elèctrica, la qual cosa suposa major estalvi econòmic. Tal i com s'ha indicat anteriorment també es podria considerar la possibilitat de contractar la factura de discriminació horària, la qual cosa si es fa una bona planificació del consum, es podria destinar bona part d'aquest a la franja nocturna. Així es pot reduir considerablement el terme variable de la factura. Els beneficis no només afecten a la factura elèctrica sinó que també poden veure's beneficiats els diferents equips, allargant-ne la vida útil perquè s'evitaria que treballessin constantment.

10. Resum de la solució final adoptada

Aquest apartat pretén ser una recopilació de les solucions adoptades. A la taula que hi ha a continuació es pot veure el conjunt final de totes les opcions que es duran a terme en tots els punts que s'han considerat.

Envolupant tèrmica			
Element	Material	Model	Fabricant
Façana NO,SE i petit sortint de la SO i SE	EPS de 40mm de gruix	Weber.therm placa EPS	Weber
Façana SO	PUR de 30mm	Tecnofoam G-2040	Tecnopol
Partició interior coberta	Llana mineral de 80mm	IBR	Isover
Terra	EPS de 50mm de gruix	Climatherm	Knauf-Miret
Forats	Fusteria de PVC de 3 càmeres	Fusteries fetes a mida	Kömmerling
	Doble vidre de 4mm i càmera d'aire de 12mm	Aislaglass	ControlGlass

Taula 37-Taula resum solució final envolupant tèrmica

Instal·lacions tèrmiques		
Instal·lació	Model	Potència Nominal
Calefacció + ACS	Lasian Bioselect 30	30kW
Refrigeració	Mitsubishi MXZ-3D68VA (3x1-6,8kW)	6,8 kW

Taula 38-Taula resum solució final instal·lacions

Instal·lació lumínica		
Tipologia de bombetes	Potència unitària [W]	Unitats Totals
Osram 40 5 W/827 E27 FR	6,00	40
Osram 60 8,5 W/827 E27 FR	10,00	4
Osram Substitube ST8-HA2-108-830	11,00	2
Osram Rondel LED ECG	20,00	2
Osram IVIOS LED III 2x5,5	10,00	4
Osram IVIOS LED I 4,5W	4,50	6

Taula 39-Taula resum instal·lació lumínica

11. Cost total millores, estudi econòmic i planificació temporal

En aquest capítol es comentarà un dels aspectes més importants de qualsevol projecte que és l'anàlisi econòmica. L'objectiu principal d'aquest apartat és determinar quina és la inversió inicial necessària i l'impacte econòmic que generarà aquesta reforma en els propietaris i inquilins de l'immoble. Els principals factors que s'analitzaran són els més típics i intuïtius com el VAN, el TIR, el període de retorn de la inversió i l'estalvi anual d'energia. Per concloure aquest capítol, també s'adjuntarà la planificació temporal, on s'indicarà el temps total de les obres i les operacions necessàries per a dur a terme el projecte.

Abans d'entrar a comentar en detall el cost total de la inversió i la resta de paràmetres econòmics és necessari tenir present una sèrie de consideracions prèvies que s'han tingut en compte a la hora de definir les condicions de partida i altres dades que han estat necessàries per completar aquest apartat.

Per a realitzar l'estudi de viabilitat econòmica ha estat necessari definir quin seria el consum energètic de l'edifici si les reformes de rehabilitació no es duguessin a terme. A la hora de determinar aquest consum, s'ha partit de la demanda energètica que proporciona el programa CE3X. Aquest valor s'ha dividit per al rendiment que el programa aplica per defecte quan no hi ha definida cap instal·lació. En el cas post-reforma, s'ha aplicat el mateix mètode però els valors de rendiment que s'han considerat són els rendiments mitjos estacionals de cada una de les instal·lacions.

Una altra de les dades de partida importants és definir la taxa anual d'increment del preu del combustible. Per a determinar aquest paràmetre s'ha consultat en mitjans especialitzats per tal de comptabilitzar quines són les previsions d'increment o decrement per a cada un d'aquests.

- Per a l'electricitat s'ha considerat el cost de mercat que té actualment (0,192 €/kWh) i una taxa de creixement del 10% el primer any i d'un 6% cada tres anys.
- Per al gas butà s'ha considerat un increment del 1% cada tres anys perquè el preu d'aquest combustible és bastant estable al pas dels anys.
- Increment de la biomassa 1% cada tres anys perquè, com en el combustible anterior, les variacions són molt estables.

Per altra banda, també s'ha considerat oportú afegir el cost de manteniment anual de la instal·lació de producció d'energia. El cost associat en aquesta partida és de 300,00€ per als deu primers anys, de 400,00€ per als 5 següents i de 550,00€ per a la resta. D'aquesta

manera s'ha intentat quantificar el cost necessari per a mantenir aquesta instal·lació en òptimes condicions de funcionament al llarg dels anys.

Per últim ha estat necessari definir la taxa d'interès anual. Aquest valor indica el tipus d'interès que generarien els diners en estar dipositats en el banc. Actualment aquest indicador està molt baix (per sota el 0,5%) degut a les mesures que s'estan duent a terme per pal·liar la crisi econòmica que hi ha a nivell mundial. Tot i així s'ha considerat una taxa d'interès del 1% anual perquè hi ha previsions que aquest valor ha d'augmentar però és difícil concretat com i quan es produirà.

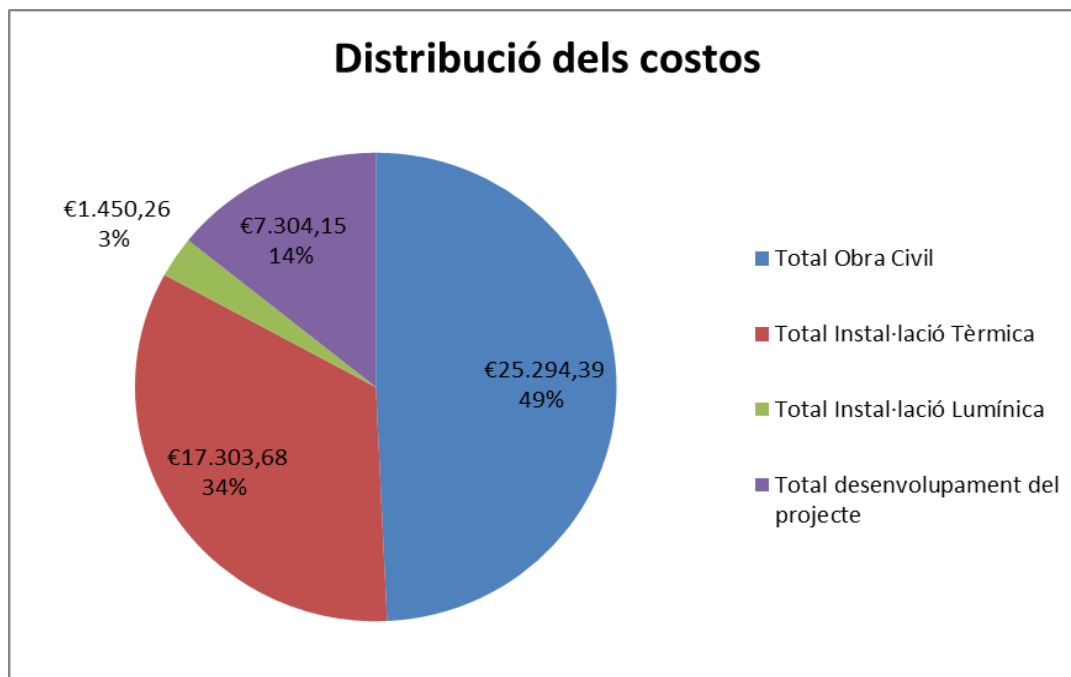
11.1. Cost total instal·lació i pressupostos

Abans d'entrar a comentar l'anàlisi econòmic de la inversió es mostrarà el cost total d'aquestes obres de rehabilitació energètica. La totalitat de les partides pressupostàries es poden trobar en l'*annex B.4*. Tot i així en les següents línies es mostraran els costos de cada una de les partides més importants: obra civil, instal·lacions tèrmiques, instal·lació lumínica i el cost de desenvolupament del projecte.

Cost total projecte		
Total Obra Civil		20.904,45 €
Total Instal·lació Tèrmica		14.300,56 €
Total Instal·lació Lumínica		1.198,56 €
Total recursos humans		6.036,48 €
Total (PEM)		42.440,06 €
IVA	21%	8.912,41 €
Total (PEC)		51.352,47 €

Taula 40-Cost total projecte

Com es pot comprovar en la taula anterior, el cost total de les obres de millora de l'eficiència energètica d'aquest immoble és de 51.352,47 €. D'aquest valor, el 49% dels costos són els destinats a la obra civil, és a dir a les millores de l'envolupant tèrmica. La segona partida més costosa és la destinada a les instal·lacions tèrmiques amb una afectació del 34%. El 16% restant és distribueix en el cost de desenvolupament del projecte (14%) i en les millores de la instal·lació lumínica (3%).



Gràfic 1- Distribució dels costos

11.2. Ajudes i subvencions públiques

En aquest apartat, s'ha cercat quines ajudes i subvencions públiques podria beneficiar-se el projecte. Després de consultar en les diferents institucions públiques, l'únic programa d'ajudes en el qual es podria accedir és el *Programa de Ayudas para la Rehabilitación energética de Edificios existentes (PAREER-CRECE)*. Aquestes ajudes són finançades pel ministeri d'indústria, energia i turisme a través de l'IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*), amb l'objectiu de contribuir a aconseguir els objectius proposat per la Unió Europea en aquest àmbit.

Principalment, aquest programa atorga ajudes per a cada un dels aspectes tractats en aquest projecte: millores de l'envolupant tèrmica, millores de les instal·lacions tèrmiques i ajudes en la instal·lació de calderes de biomassa. La quantia de les ajudes varia en funció de diversos criteris.

Finalment, després de comprovar la totalitat del programa, el projecte queda fora d'aquestes ajudes perquè no compleix amb els requisits. Dins de les millores de l'envolupant tèrmica, no s'ha pogut superar el valor mínim exigint de costos elegibles. Per a les millores d'instal·lacions o incorporació de biomassa el requisit que no es compleix és el de la potència nominal mínima dels equips que s'instal·laran.

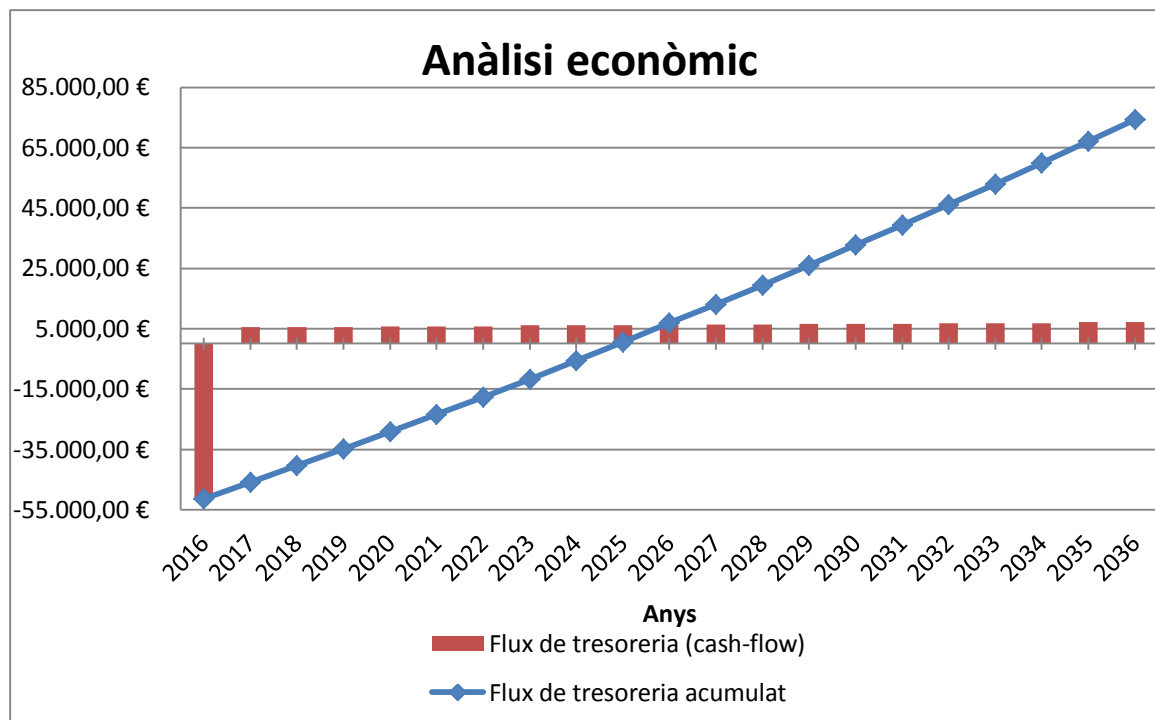
Malgrat tot el que s'ha comentat anteriorment, la rehabilitació energètica pot suposar un benefici fiscal per als propietaris de l'edifici. Actualment, la nova llei de pressupostos aprovada per l'actual govern del Partit Popular, incorpora una rebaixa en l'impost de bens immobles (IBI) en funció de la qualificació energètica de l'edifici. Aquest descompte pot arribar a ser del 20% per a edificis qualificats amb una A (com és el cas). Tot i així, és potestat dels ajuntaments si decideixen aplicar aquests descomptes, perquè la recaptació d'aquest impost és competència seva.

11.3. Anàlisi econòmica

Un cop detallats tots i cada un dels factors que poden influir en l'estudi econòmic, es comentaran els diferents resultats obtinguts. L'anàlisi econòmica s'ha realitzat en un període de 20 anys, que coincideix amb el límit inferior de la vida útil especificada pel fabricant de la caldera de biomassa.

Resultats anàlisi econòmica a 20 anys	
Cost total (dimensió del projecte)	51.352,47 €
VAN	61.426,67 €
TIR	9,9%
Període de retorn (Payback)	8 anys, 11 mesos i 3 dies
Estalvi mitjà anual	6.280,98 €

Taula 41-Anàlisi econòmica



Gràfic 2- Avaluació temporal de la inversió

A la vista dels resultats obtinguts, aquesta inversió és favorable per dur-se a terme perquè el VAN és molt major a 0 i el TIR també. Aquest projecte s'aconseguiria amortitzar en un període inferior als nou anys, concretament vuit anys i onze mesos. Per altra banda, l'estalvi mitjà anual que s'obtingria, respecte a si no es portés a terme la rehabilitació energètica, és d'aproximadament 6.280,98€.

En definitiva, amb les previsions de cada una de les dades econòmiques, aquest projecte suposa un gran al·licient econòmic per a dur-se a terme i amb una ràpida recuperació de la inversió.

11.4. Planificació temporal

Per últim es mostrarà la planificació temporal d'aquest projecte, és a dir, el temps que duraran les obres de rehabilitació energètica. En aquesta previsió també s'ha inclòs la duració de les obres de reforma interior de l'habitatge, que inicialment volen dur a terme els propietaris. Tot i així, abans de passar a mostrar la distribució temporal de la rehabilitació, cal comentar un seguit de restriccions i criteris que s'han seguit a la hora de dissenyar una planificació temporal més veraç.

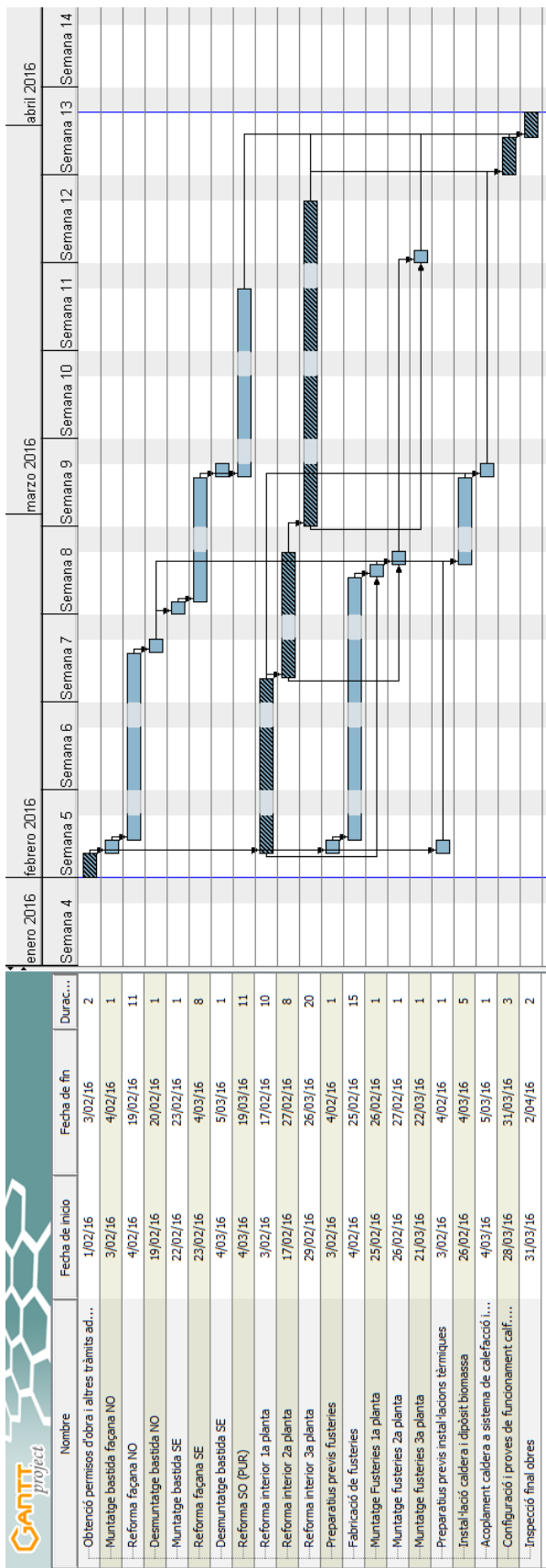
Pel que fa a les obres que afecten a l'exterior de l'edifici, s'ha buscat generar la mínima afectació de la bastida sobre la via pública. Per aquest motiu, s'ha intentat que la bastida no estigui instal·lada més d'una setmana natural per a la façana sud-est. Aquesta façana dóna en un carrer força transitat. En canvi per a la façana nord-oest, no suposa cap problema perquè la zona no és tant transitada. Per altra banda, es considera oportú iniciar les obres exteriors per aquesta última façana. D'aquesta manera, al alliberar-se abans l'entrada a l'espai on s'ubicarà la caldera, s'aconsegueix agilitzar el procés d'instal·lació. Finalment, pel que fa a aquesta tipologia d'obres, es procedirà a aplicar el poliuretà projectat amb l'ajuda d'una plataforma elevadora.

Paral·lelament a aquests treballs, es procedirà a la reforma interior de cada una de les plantes. La duració de cada una d'aquestes anirà en funció dels treballs que s'han considerat que es duran a terme. Com ja s'ha comentat a l'inici d'aquest apartat, també s'ha contemplat la duració de les obres que volen dur a terme els propietaris. Altrament, dins d'aquestes obres també s'ha inclòs les afectacions interiors que aquest projecte genera, com poden ser l'aplicació de l'aïllant en el terra de la primera planta, la substitució de les lluminàries o la instal·lació dels equips individuals de refrigeració.

Pel que fa a la substitució de les fusteries, com que s'acostumen a fer a mida, s'ha considerat oportú indicar cada una de les tasques associades per separat de la reforma interior. D'altra banda, per tal que la instal·lació d'aquests elements no interfereixi en les tasques esmentades en el paràgraf anterior, s'ha imposat que no es permet instal·lar-los fins que no hagi transcorregut el 70-75% del temps de la reforma prevista per a cada una de les plantes.

Per últim, un cop la caldera ja estigui instal·lada, no s'acoblarà al sistema fins que no hagin finalitzat les obres de la primera planta i no es faran les proves de funcionament fins que no s'hagi finalitzat tots els treballs interiors.

A continuació és pot veure el diagrama de GANTT on queda plasmat gràficament totes aquestes condicions de disseny.



Imatge 45- Planificació Temporal

Tal i com es pot observar, els treballs s'iniciarien el 1 de febrer i finalitzarien el dia 2 d'abril del mateix any. El camí crític és el que està format per a les reformes interiors de cada una de les plantes, (remarcat amb ombrejat negre). Per tant, es pot assegurar que l'aplicació d'aquesta proposta de rehabilitació de l'eficiència energètica no incideix en el temps de construcció respecte a les obres que inicialment es volen dur a terme.

12. Estudi d'Impacte Ambiental

Un cop conegudes el conjunt de mesures que s'aplicaran i el seu cost, no tindria cap sentit si tampoc s'avalués l'impacte ambiental del projecte, tot i que per la tipologia de projecte aquest apartat no seria necessari. A continuació s'exposarà l'impacte ambiental que es generarà en l'immoble durant les obres de rehabilitació i per descomptat durant la seva vida útil. Degut a això, aquest apartat s'ha dividit en dos per diferenciar els dos escenaris.

12.1. Impacte Ambiental en la fase constructiva

En aquest apartat es descriurà quin és l'impacte que es genera en la fase de construcció de les mesures explicades en apartats anteriors.

En aquesta fase són moltes les afectacions sobre el medi ambient, emissions de diòxid de carboni i altres partícules pesants degut a la maquinària, sorolls i residus d'obra. De tots aquests, el més important i el que es pot quantificar són aquests últims perquè existeixen varies bases de dades que permeten calcular-los. En canvi, els dos primers depenen del constructor i són més complicats de quantificar.

Tal i com s'ha comentat, l'afectació més important sobre el medi, i que es pot quantificar, són residus d'obra. Aquests residus són molt variats i amb menor o major perillositat sobre el medi ambient. Per aquest motiu serà necessari recollir-los, classificar-los i gestionar-los adequadament per tal de minimitzar la seva afectació sobre el medi. Tenint en compte això, s'ha classificat cada un d'aquests seguint la codificació LER (Lista Europea de Residus), que classifica els residus en funció la seva tipologia.

Gestió de Residus			
Generats en obra civil			
Codi LER	Residus Generats	Pes (kg)	Volum (l)
17 01 01	Formigó (formigó, morters i prefabricats)	112,43	74,99
17 06 04	Materials d'aïllament que no contenen amiant ni altres substàncies perilloses	32,20	48,95
17 08 02	Materials de construcció realitzats amb guix que no estan contaminats amb substàncies perilloses	16,19	0,02
17 02 02	Vidre	3,25	3,25
17 09 04	Residus barrejats de construcció i demolició que no contenen mercuri, PCB ni altres substàncies perilloses	0,24	0,16
Residus totals de col·locació (no especials)		164,30	127,37
15 01 01	Envasos de paper i cartró	21,78	19,81
15 01 02	Envasos de plàstic	12,39	17,48
15 01 03	Envasos de fusta	14,01	3,89
15 01 10	Envasos amb restes de substàncies perilloses o contaminats per elles (especials)	0,64	3,26E-03
Residus totals d'embalatge (no especials)		48,19	41,18
Residus totals d'embalatge (especials)		0,64	3,26E-03
Residus totals obra civil		212,49	168,55
Generats en instal·lacions tèrmiques			
Codi LER	Residus Generats	Pes (kg)	Volum (l)
15 01 01	Envasos de paper i cartró	5,17	4,13
15 01 02	Envasos de plàstic	3,59	3,27
15 01 03	Envasos de fusta	6,70	7,38
Residus totals d'embalatge (no especials)		15,45	14,77
Residus totals instal·lacions		15,45	14,77
Generats en instal·lació lumínica			
Codi LER	Residus Generats	Pes (kg)	Volum (l)
17 02 03	Plàstic	3,50	5,83
20 01 21	Tubs fluorescents i altres residus que contenen mercuri (especials)	0,10	0,17
20 01 99	Bombetes de filament	0,90	2,24
Residus totals de col·locació (no especials)		4,40	8,07
Residus totals de col·locació (especials)		0,10	0,17
15 01 01	Envasos de paper i cartró	2,64	3,52
15 01 02	Envasos de plàstic	1,32	2,20
Residus totals d'embalatge (no especials)		3,96	5,72
Residus totals instal·lació lumínica		8,46	13,96
Residus totals rehabilitació		236,40	197,28

Taula 42- Residus generats en fase constructiva

Com es pot comprovar es generaran un total de 236,40 Kg de residus (uns 197,28 l). Aquests residus s'hauran de portar cap a centres de recollida, que seran els encarregats de gestionar-los i tractar-los per tal d'evitar que perjudiquin el medi ambient, o si més no, minimitzar la seva afectació. La major part dels residus són els que provindran de la obra civil. Tot i així, 99,68% en massa d'aquests, no necessiten una atenció especial, tret del 0,32% restant, que per a la seva perillositat hauran de gestionar-se de forma correcta.

En aquest cas no es contemplen les emissions generades durant l'esdevenir de les obres, perquè és molt difícil de comptabilitzar-ho i no hi ha un criteri unificat per part dels constructors per a calcular-les.

Pel que fa als sorolls que puguin generar-se durant aquestes obres, es respectarà, sota qualsevol circumstància, el descans dels veïns. Per tant només s'avançaran les obres durant les hores que permet la legislació.

12.2. Impacte ambiental en la vida útil de l'edifici

L'objectiu d'aquest apartat és definir l'impacte ambiental que l'edifici generarà un cop estigui en funcionament. Al ser un projecte d'eficiència energètica, ja hi ha una part de la fase de disseny que porta implícit minimitzar l'impacte ambiental. Tot i que l'objectiu principal d'aquest projecte és reduir i optimitzar la despesa energètica, bona part de les tecnologies actuals impliquen la combustió d'algun tipus de combustible. Per tant, com ja s'ha pogut comprovar en el projecte, s'aconsegueix minimitzar la demanda energètica i de retruc les emissions de diòxid de carboni, entre d'altres factors.

Tot i així es quantificarà quins són els diferents impactes que l'edifici podrà causar al llarg de la seva vida útil en el medi ambient.

Primer de tots, i el més important, és la disminució del 93,9% (3,96 kgCO₂/(m²·any)) en la producció de diòxid de carboni. Al llarg dels 20-25 anys, que és la previsió en que el projecte és vàlid, s'aconseguiria deixar d'emetre a l'atmosfera 248,89 tones de diòxid de carboni, passant de 265,04 tones a 16,16 tones. D'altra banda, la combustió d'aquesta matèria primera, redueix l'emissió d'altres partícules com el sofre, monòxid de carboni i diferents formes d'òxids de nitrogen, respecte a si s'utilitzés gasoil.

Per contra, la combustió de la biomassa genera cendres, que s'han d'emmagatzemar i gestionar adequadament. La caldera seleccionada disposa d'un dispositiu encarregat d'emmagatzemar-les. Tot i així l'usuari ha de buidar-lo periòdicament. Aproximadament es produeixen el 3% de cendres per kilogram de combustible cremat, és a dir, que al cap de

l'any es produirien aproximadament uns 70 kg. Les propietats d'aquest residu permeten utilitzar-lo com a fertilitzant per a terres de cultiu o, si no es pogués, es portarien en centres de gestió de residus..

La biomassa redueix la perillositat de que es produeixin fugues de combustible. En el cas que en alguna operació de recàrrega, o degut a qualsevol altre inconvenient es donés una fuga no s'haurien d'adoptar mesures especials. Al ser un combustible sòlid es pot recollir fàcilment amb una pala o eina similar. D'altra banda, al ser un combustible totalment vegetal, en cas que no es pogués recollir del tot o algunes partícules anessin a parar a l'aigua, no hi ha risc de contaminació d'aquestes perquè s'acabaria descomponent-se sense cap mena de perillositat sobre el medi aquàtic.

Pel que fa als equips de producció de fred l'únic impacte ambiental que es considera és la possible fuga de gas refrigerant produïda per un cop en alguna de les unitats (ja sigui l'exterior o alguna de les interiors). Tot i que acostumen a no ser perjudicials per a les persones, si que ho poden ser per al medi.

Actualment la utilització dels gasos refrigerants de la tipologia CFC i HCFC, responsables del desgast de la capa d'ozó, estan prohibits per llei. Malgrat això, els seus substituïts més comuns presenten un índex GWP (sigles en anglès de Global-Warming Potential) o PCA⁸ (sigles en castellà de Poder de Calentamiento Atmosférico) molt elevat. A la taula que hi ha a continuació és pot veure aquest valor per als refrigerants més freqüents.

Refrigerant	Índex PCA 100
R-134a	1.300,00
R-407c	1.520,00
R-410a	1.720,00

Taula 43-Índex PCA per a cada tipologia de refrigerant

Tot i així, en l'hipotètic cas que es produís una fuga en alguna de les unitats interiors de l'habitatge, es recomanaria desallotjar l'habitació i deixar-la ventilar encara que aquests gasos no són ni tòxics ni inflamables.

En la instal·lació lumínica, a part de la disminució del consum d'energia, l'afectació que pot generar-se sobre el medi ambient és quan s'hagi de substituir un dels punts de llums. En aquest cas, la lluminària que hagi quedat obsoleta, s'haurà de portar en un punt de recollida.

⁸ Aquest paràmetre mesura el potencial d'escalfament atmosfèric produït per un kilogram de tota substància emesa a l'atmosfera, en relació a l'efecte produït per un kilogram de diòxid de carboni, durant un període determinat, normalment acostuma a ser de 100 anys (que acompanya a les sigles)[7].

Conclusions

Durant la realització d'aquest projecte s'han pogut extreure un seguit de conclusions i idees generals que es comentaran a continuació. Algunes d'elles podran semblar bastant obvies però unes d'altres no ho són tant.

Primer de tot és necessari comentar l'eficàcia de les solucions proposades tot i les limitacions que presenten aquest tipus d'actuacions. El conjunt de millores aconseguixen reduir el 93,9% les emissions de diòxid de carboni, la reducció del 73,7% de la demanda de calefacció, del 25,1% de refrigeració, del 68,1% del consum d'energia primària i una reducció del 83,4% en la potència destinada a la instal·lació lumínica. Després d'analitzar-ho en profunditat, s'ha arribat a la conclusió que si s'hagués desitjat una reducció més notòria, hauria estat necessari optar per mesures més dràstiques, com podria ser l'enderrocament parcial o total dels murs de façana. Aquest escenari no seria desitjat perquè el projecte adoptaria unes altres dimensions, no contemplades ni pels propietaris de l'immoble ni pel projectista.

Les actuacions esmentades anteriorment, a part dels beneficis energètics, també milloren l'aspecte de la façana i el benestar interior dels ocupants. D'altra banda augmenten el valor de mercat de l'immoble i el que és més important, s'aconseguirà donar ús a uns habitatges que actualment no s'utilitzen degut a les mancances que presenta.

És necessari remarcar la importància que adquireix la caldera de biomassa en aquest tipus de projectes, ja que és la responsable de pràcticament reduir la totalitat de les emissions de diòxid de carboni que es produïrien. A més a més, aquesta solució dona una sortida a una sèrie de subproductes o residus procedents d'altres activitats econòmiques, que en condicions normals són eliminats i no tenen cap altre tipus d'utilitat.

Dins de l'apartat econòmic, el cost d'aquestes mesures és molt variable perquè depèn del grau d'actuació, de les solucions adoptades i de les subvencions que es poden rebre. Fins i tot en alguna de les solucions preliminars presentades, l'elevat cost de la mesura no es traduïa en uns resultats significatius. Per aquest motiu, és necessari tenir present en tot moment quina és l'aspecte en el que es vol incidir.

En edificis d'aquesta tipologia, es pot comprovar, que per petites que puguin semblar les millores ja s'aconsegueix un benefici substancial i amb un cost molt competitiu, sempre i quan estiguin ben planificades. Degut a això, aquest projecte podria motivar a altres propietaris a dur a terme aquest tipus de millores, perquè a la llarga, els beneficis en són molts i de molt diversos. Això sí, és necessari ser coherent amb les mesures que es poden

aplicar en funció de la tipologia de l'immoble que es vol millorar. Per exemple, si es desitja rehabilitar un habitatge unifamiliar, sí que pot resultar interessant contemplar una reforma energètica integral. Per contra, si el que es desitja és la millora individual d'un pis, sense comptar amb el suport de tota la comunitat de veïns o la propietat de l'immoble, seria coherent aplicar millores que puguin afectar només a l'esmentat pis (com poden ser la substitució de les fusteries, de les lluminàries, electrodomèstics o l'aplicació d'aïllament per l'interior).

Aquest projecte hauria de servir per demostrar la importància de fer un ús racional de l'energia i dels diferents recursos naturals. Per aquest motiu és vital que els usuaris tinguin present, que tot i que l'edifici és més eficient, no es pot caure en l'error de no racionalitzar el consum. Perquè aquests tipus de projectes acabin d'obtenir els resultats desitjats, és vital fer un canvi de mentalitat. D'aquesta manera, els beneficis no només els percebrà l'usuari sinó que l'entorn també se'n beneficiarà.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN (ATECYR), *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid: IDAE, 2010, p.9
- [2] Espanya. Real Decret 919/2006, del 28 de juliol, en el que s'aprova el Reglament tècnic de distribució i utilització de combustibles gasosos i les seves instruccions tècniques complementaries ICG 01 a 11. *BOE*, núm. 211, del 4 de setembre de 2006, pàg. 31576 a 31632 (57 pàg.), p. 23-apartat 2.2.2.
- [3] ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN (ATECYR), *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid: IDAE, 2010, p.48-51
- [4] AENOR. *Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño*. UNE-EN 12831:2003. Madrid: AENOR, 2003
- [5] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGIA, *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para la producción de calor en edificios*. Madrid: IDAE, 2014, p.13
- [6] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGIA, *Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para la producción de calor en edificios*. Madrid: IDAE, 2014, p.14
- [7] Espanya. Real Decret 138/2011, del 4 de febrer, en el que s'aprova el Reglament de seguretat per a les instal·lacions frigorífiques i les seves instruccions tècniques complementaries. *BOE*, núm. 57, del 8 de març de 2011, pàg. 25817 a 26011 (195 pàg.), p. 36 i 42-48.

Bibliografia complementària

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DE MATERIALES AISLANTES (ANDIMAT), *Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral*, Madrid: IDAE, 2008.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DE MATERIALES AISLANTES (ANDIMAT), *Soluciones de Aislamiento con Poliuretano*, Madrid: IDAE, 2008.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DE MATERIALES AISLANTES (ANDIMAT), *Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido (EPS)*, Madrid: IDAE, 2008.

CYPE. *Generador de precios de la construcción en España*. [<http://www.generadordeprecios.info/>]. [última consulta 20 de novembre del 2015]

Espanya. Decret 141/2012, de 30 d'octubre, pel qual es regulen les condicions mínimes d'habitabilitat dels habitatges i la cèdula d'habitabilitat. *DOG*C, núm. 6245, del 2 de novembre de 2012, pàg. 53432 a 53452 (21 pàg.)

Espanya. Ordre FOM/1635/2013, del 10 de setembre, per la qual s'actualitza el Documento Básico DB-HE del Código Técnico de la Edificación, aprovat per Real Decret 314/2006, de 17 de març. *BOE*, núm. 219, del 12 de setembre de 2013, pàgines 67137 a 67209 (73 pàg.).

Espanya. Real Decret 235/2013, del 5 d'abril, en el que s'aprova el procés de certificació de l'eficiència energètica dels edificis. *BOE*, núm. 89, del 13 d'abril de 2013, pàg. 27548 a 27562 (15 pàg.).

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGIA (IDAE) , *Programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes (Programa PAREER-CRECE)*, Madrid: IDAE, 2010.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, *Guía Técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*, Madrid: IDAE, 2009

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN, *Catálogo de elementos constructivos del CTE*, Madrid: CSIC, 2010.

ITEC. *Base de dades BEDEC de l'Institut de la Tecnologia de la Construcció (ITEC)*. [<http://itec.cat/nouBedec.c/bedec.aspx>] [última consulta 20 de novembre del 2015]

Annex A: Metodologia de càlcul

Aquest annex pretén ser una ampliació de tots els càlculs que s'han fet referència a la memòria. En aquest s'adjuntaran tots els procediments referents al càlcul dels espessors de l'envolupant tèrmica i dimensionament de les instal·lacions. Per aquest motiu l'estructura d'aquest serà la mateixa que el de la memòria principal. En l'Annex B es poden trobar totes les fulles de càlcul referents a les metodologies que es comentaran.

a. Transmitàncies actuals

Abans de passar en el desenvolupament dels càlculs, es descriuran com s'ha definit i quines són les transmitàncies per a procedir amb el càlcul.

b. Tancaments exteriors (veure metodologia del DA DB-HE/1)

Utilitzant l'equació 1 s'ha calculat les transmitàncies dels tancaments en contacte amb l'exterior a partir de les resistències tèrmiques.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{Eq.1})$$

Essent:

- R_T la resistència tèrmica total del component constructiu [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$].
- U transmitància tèrmica expressada en [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$].

Aquesta resistència tèrmica R_T es calcula a partir de la suma de totes les resistències tèrmiques que componen un tancament mitjançant l'equació 2.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{Eq.2})$$

Essent:

- R_1, \dots, R_n [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$], les resistències tèrmiques de cada capa, calculades a partir de l'equació 3
- R_{si} i R_{se} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] valors de la resistència tèrmica superficials corresponent al aire interior i exterior del tancament. Aquest valor bé determinat per el que s'especifica en el document de suport DA DB-HE/1 taula 1 de l'apartat 2.

La residència tèrmica d'una capa homogènia es defineix a partir de la següent expressió:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{Eq. 3})$$

Essent:

- e gruix de la capa, en [m]
- λ conductivitat tèrmica lineal del material en [W/m·K]

c. Particions interiors

Per a aquesta tipologia de tancaments, s'utilitzarà la mateixa metodologia que la descrita anteriorment amb la diferència que la transmitància total depèn d'un paràmetre que és funció

d. Càlculs per al dimensionament de la nova envolupant tèrmica

i. Façana i terra

Un cop definides les diferents transmitàncies de cada tancament, a continuació s'exposarà tots quin procediment s'ha utilitzat per a calcular l'espessor de l'aïllant necessari per a cada tipologia de tancament a excepció de la coberta que s'optà per una de diferent i els forats que no es podia utilitzar aquesta operativa.

Sigui $U_{\text{límit}}$ la transmitància límit associada a cada tipologia de tancament i U_{actual} la transmitància més adversa del tancament en l'estat en que es troba actualment, en el cas que hi hagin diverses tipologies; a partir de l'equació 4, la resistència aportada per l'aïllant per a complir amb les especificacions, ha de ser de:

$$R_{\text{aïllant}} = \frac{1}{U_{\text{límit}}} - \frac{1}{U_{\text{Actual}}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Amb:

- $U_{\text{límit}}$ i U_{actual} expressades en [W/ m²·K]
- $R_{\text{aïllant}}$ expressada en [m²·K/W]

Un cop coneguda quina és la resistència que ha de proporcionar l'aïllant, operant respecte l'equació 3, s'obté la següent expressió per tal de determinar el gruix necessari en funció de la conductivitat lineal del material i de la resistència trobada anteriorment (equació 5).

$$e_{Necessari} = \lambda_{aïllant} \cdot R_{aïllant} \text{ (Eq. 5)}$$

On:

- $e_{Necessari}$ és el gruix necessari expressat en [m]
- λ és la conductivitat tèrmica lineal expressada en [W/m·K]

Cal indicar que aquest espessor necessari és el mínim que ha de tenir l'aïllant que s'afegeixi per tal de complir amb les especificacions. Aquest valor no té perquè coincidir amb els estandarditzats que fan cada un dels diferents fabricants. Per aquest motiu s'ha escollit el gruix superior més pròxim al que s'ofereix.

A la taula que hi ha a continuació es poden veure els valors que s'han obtingut els següents resultats:

Tancament	U_{actual}		$U_{límit}$		$R_{aïllant}$	
Façana (més desfavorable)	3,071	W/(m ² ·K)	0,730	W/(m ² ·K)	1,044	(m ² ·K)/W
Terra 1r Pis	1,707	W/(m ² ·K)	0,500	W/(m ² ·K)	1,414	(m ² ·K)/W

Taula 44-Valors de disseny

Gruix necessari		
Material 1 EPS		
λ_{EPS}	0,037	W/(m·K)
$e_{necessari}$ Façana	0,039	m
$e_{necessari}$ Terra 1r pis	0,052	m
Material 2 Llana mineral		
λ_{MW}	0,036	W/(m·K)
$e_{necessari}$ Façana	0,038	m
$e_{necessari}$ Terra 1r pis	0,051	m
Material 3 Poliuretà Projectat		
λ_{PUR}	0,028	W/(m·K)
$e_{necessari}$ Façana	0,029	m
$e_{necessari}$ Terra 1r pis	0,040	m

Taula 45-Gruix necessari per a cada solució

ii. Coberta

Per a la coberta, tal i com ja s'ha comentat a la memòria en l'apartat 6.3 *Proposta d'aïllament coberta*, degut a que la reforma de l'habitatge modificava la distribució de la planta sota coberta, per a calcular el gruix de l'aïllant necessari per a la nova tipologia constructiva s'ha efectuat de la següent manera. Per aquest motiu ha estat necessari buscar una relació

semblant a la de l'apartat anterior però que contemples l'espai no habitable entre el fals sostre i la coberta.

Partint de la definició de la transmissió límit de la coberta, equació 6, i desglossant la resistència de la coberta s'obté :

$$U_{\text{Límit Coberta}} = \frac{1}{R_{L,\text{coberta}}} = \frac{1}{R_{PI} + R_{C,Act}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Essent:

- $R_{L,\text{coberta}}$, resistència tèrmica límit de la coberta
- R_{PI} resistència tèrmica de la partició interior (fals sostre)
- $R_{C,Act}$ resistència tèrmica de la coberta en estat actual

Llavors, a partir de la definició de la transmissió tèrmica per a particions interiors, que proposa el document de suport *DA DB-HE/1*, s'ha desenvolupat:

$$U_{PI} = b \cdot U_{Tancament} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$R_{PI} = \frac{1}{b \cdot U_{Tancament}} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$U_{Tancament} = \frac{1}{R_{si,PI} + R_{Fals\ sostre} + R_{aïllant} + R_{se,PI}} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$R_{PI} = \frac{R_{si,PI} + R_{Fals\ sostre} + R_{aïllant} + R_{se,PI}}{b} \quad (\text{Eq. 10})$$

Combinant l'equació 6 amb la 10, s'obté:

$$U_{\text{Límit Coberta}} = \frac{1}{R_{L,\text{coberta}}} = \frac{1}{\frac{R_{si,PI} + R_{Fals\ sostre} + R_{aïllant} + R_{se,PI}}{b} + R_{C,Act}} \quad (\text{Eq. 11})$$

Finalment, combinant-la amb l'expressió 3, i operant es pot obtenir el gruix d'aïllant necessari en funció de la conductivitat tèrmica lineal del material, equació 12.

$$e_{necessari} = \left[\frac{b}{U_{L,coberta}} - (R_{si,PI} + R_{PYL} + R_{se,PI} + R_{C,Act} \cdot b) \right] \cdot \lambda_{aïllant} \quad (Eq.12)$$

Material 1 EPS		
λ_{EPS}	0,036	(W/m·K)
$e_{necessari}$	0,059	m
Material 2 Llana mineral		
λ_{MW}	0,040	(W/m·K)
$e_{necessari}$	0,065	m
Material 3 Poliuretà Projectat		
λ_{PUR}	0,028	(W/m·K)
$e_{necessari}$	0,046	m

Taula 46-Gruixos necessaris per a cada solució

Amb:

- $U_{L,coberta}$, nova transmitància límit de la coberta
- $R_{si,PI}$ i $R_{se,PI}$ transmitàncies superficials relatives a l'interior i a l'exterior de la partició interior respectivament.
- R_{PYL} transmitància tèrmica corresponent a la placa de guix laminat (fals sostre)
- $R_{C,Act}$ transmitància actual de la coberta
- b , paràmetre corrector degut a l'espai no habitable entre el fals sostre i la coberta (veure taula 7 del DA DB-HE/1)

D'aquesta manera, mitjançant l'expressió 12, es pot obtenir el gruix necessari d'aïllant aplicat sobre el fals sostre i complir al mateix temps l'especificació de transmitància tèrmica límit de la coberta.

iii. Forats

Tal i com especifica l'esmentat document de suport, la transmitància tèrmica dels forats de la façana s'ha calculat mitjançant la següent expressió:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (Eq.13)$$

Essent:

- $U_{H,v}$ la transmitància tèrmica de la part semitransparent del forat, en $W/(m^2 \cdot K)$.
- $U_{H,m}$ la transmitància tèrmica del marc de la finestra, lluernà o porta; en $W/(m^2 \cdot K)$.
- FM la fracció del forat ocupada pel marc, en tant per u.

Tot i que per a la tipologia de projecte, no era necessari, també s'ha calcula el factor solar

modificat dels forats i lluernes. Aquest paràmetre quantifica la quantitat de radiació solar, que el conjunt marc i vidre, transmet a l'interior de l'habitatge i es calcula de la següent forma:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \quad (Eq.14)$$

Essent:

F_s el factor d'ombra del forat o lluerna de les taules 11 a 15 del document de suport del DB HE1 o mitjançant simulació. En el cas que no es generin ombres, aquest paràmetre serà igual a la unitat.

FM és la fracció del forat ocupada pel marc en el cas de finestres o la fracció de la part massissa en el cas de portes

g és el factor solar de la part semitransparent del forat o lluerna amb incidència normal

U_m és la transmitància tèrmica del marc del forat o lluerna amb

α és la absortivitat del marc obtinguda de la taula 10, de l'esmentat document, en funció del seu color.

e. Dimensionament de la demanda d'energia tèrmica

A continuació es mostrarà el procediment que s'ha dut a terme a la hora de determinar la demanda d'energia tèrmica que els nous sistemes hauran de ser capaços d'abastir. En aquest document, s'explicarà quins passos s'han seguit per dimensionar la demanda de calefacció i d'ACS.

i. Determinació de la demanda d'ACS

Com ja s'ha comentat a la memòria, inicialment s'havia dimensionat d'una altra forma respecte la que es comentarà en les següents línies.

Inicialment, s'havia considerat oportú aplicar la metodologia de càlcul que proporciona la publicació *Guía Técnica-Agua caliente sanitaria central* de l'IDAE. En aquest document, s'exposa una metodologia de càlcul que ha resultat ser l'adequada per a aquesta instal·lació, perquè finalment s'obtenia un resultat que no era tècnicament viable.

Per tant, tal i com s'ha comentat a la memòria, es va decidir optar per un nou mètode que és

el que es mostra a continuació.

Primer de tot es va definir la demanda d'aigua calenta, seguint els passos que s'indiquen en el DB HE4. També ha estat necessari definir les temperatures de disseny de la instal·lació. Tot i que com bé ja s'ha comentat a la memòria, s'ha exigint que la temperatura seria superior a 60°C per tal d'evitar l'aparició de la legionel·losi. Tenint en compte això, a la següent taula pot observar-se, les esmentades dades.

Dades de disseny ACS	
Consum diari d'ACS per persona	28 l/(persona·dia)
Persones	6,5 persones
Demanda ACS	182 l/dia
Demanda punta (s'ha considerat el 50% del total diari)	91 l/dia
Volum dipòsit acumulació	80 l
Temperatura màxima dipòsit acumulació	70,0 °C
Temperatura xarxa (del mes més advers)	9,51 °C
Rendiment instal·lació base	75%

Taula 47-Dades de disseny sistema ACS

Un cop definides les condicions de partida es va continuar amb l'equació que es pot veure a continuació:

$$Q_{Dipòsit} = m_{aigua} \cdot c_{p_{aigua}} \cdot (T_{màx} - T_{xarxa}) \quad (Eq. 15)$$

$$Q_{dipòsit} = 80 \cdot 4,18 \cdot (70 - 9,51) = 20227,86 \text{ kJ}$$

Aquesta valor, que proporciona l'equació 15, és l'energia que necessita el dipòsit per a escalfar l'aigua des de la temperatura en la que serà subministrada fins a la necessària.

$$Q_{caldera} = \frac{Q_{dipòsit}}{\eta} \quad (Eq. 16)$$

$$Q_{caldera} = \frac{20227,86}{0,75} = 26974,93 \text{ kJ}$$

L'equació 16 relaciona el rendiment de la instal·lació base en funció de la potència real que se li ha de subministrar al dipòsit.

$$P_{caldera} = \frac{Q_{caldera}}{t_{recarrega}} \quad (Eq. 17)$$

$$P_{caldera} = \frac{26974,93}{0,5 \cdot 3600} = 14,98360kW = 14983,60 W$$

Finalment, l'equació 17, permet obtenir la potència necessària en funció el temps de recàrrega imposat. Per tant la potència total que ha d'aportar la caldera per a la producció d'ACS és 14.983,60 W.

ii. Determinació de la demanda de calefacció

Com també ja s'ha comentat a la memòria, en aquest apartat s'ha seguit la metodologia proposada en la norma UNE-12831. Aquest document calcula la càrrega tèrmica de l'edifici a partir del càlcul de la potència perduda per transmissió, la potència perduda per infiltracions/renovació de l'aire i les pèrdues degudes a la intermitència de funcionament de la instal·lació. Per tant l'objectiu d'aquest càlcul es arribar a conèixer la potència, en la situació més adversa, que s'haurà de subministrar.

Primer de tot és necessari comentar les dades de disseny necessàries per a determinar aquest conjunt de pèrdues. Bàsicament, aquestes dades són les temperatures de disseny, que es poden trobar a continuació.

Dades de disseny	
Temperatura exterior de disseny	3,0 °C
Temp. exterior mitjana de disseny	16,1 °C
Temperatura interior habitatges	21,0 °C
Temperatura interior escala	18,0 °C

Taula 48-Dades de disseny calefacció

Un cop conegudes les temperatures de disseny s'ha calculat la potència total perduda per transmissió, és a dir, la que es perd a través de l'envolupant tèrmica. Per aquest motiu, es van calcular a partir de les noves transmissibilitats dels murs de façana, finestres, ponts tèrmics i particions anteriors.

Per a determinar la potència perduda degut a la infiltració i renovació, s'han calculat per a ambdós categories i finalment s'ha elegit la màxima entre aquestes dues. Les primeres són degudes a pèrdues degudes al mal tancament de les finestres. Les segones, són degudes a la potència que es perd degudes a la ventilació necessària de l'edifici. Com que en aquest cas, l'edifici no disposa d'equips de ventilació artificial, aquestes pèrdues es calculen a partir

d'uns valors que ja proporciona l'esmentada normativa.

Per últim, és necessari calcular la potència perduda deguda a la intermitència en l'ús del sistema de calefacció. Aquesta categoria determina la potència extra que s'ha de subministrar un cop es torna a posar en marxa el sistema de calefacció, després de la parada nocturna (durant la nit el sistema es desconnectarà). Com en el cas anterior, estan tabulats els diferents valors que s'han de considerar per a determinar aquesta potència.