

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Industrial

Estudi de viabilitat dels tancaments i instal·lacions d'un edifici d'oficines tenint en compte diferents nivells d'eficiència energètica

MEMÒRIA

Autor: Arnau Illa Casals
Director: Jaume Balañá Lladó
Codirectora: Núria Forcada Matheu
Convocatòria: Setembre 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



RESUM

Aquest projecte se centra en l'eficiència energètica en edificis terciaris de nova construcció.

L'objectiu principal és comprovar la viabilitat d'introduir mesures que millorin l'eficiència d'un edifici que es dissenya per a complir les exigències actuals.

Per a assolir l'objectiu s'han dissenyat els tancaments, la instal·lació de climatització, de ventilació d'aigua calenta sanitària, d'enllumenat i de fontaneria per a complir amb els requisits normatius (edifici base). A partir d'aquí, s'han dissenyat un conjunt de mesures per a obtenir un estalvi energètic.

Per tal de conèixer l'estalvi energètic aconseguit amb cada millora respecte l'edifici base, s'ha simulat l'edifici amb l'eina unificada HULC, la qual és desenvolupada pel Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme.

Per a calcular l'estalvi d'aigua obtingut amb les mesures proposades s'han realitzat càlculs manuals ja que el HULC no simula aquest tipus d'instal·lacions.

Entre les mesures estudiades per a millorar el comportament de l'edifici, s'ha dissenyat una instal·lació de geotèrmia per a climatització i aigua calenta sanitària, s'han col·locat recuperadors entàlpics per a la ventilació i s'ha projectat un aljub de recollida d'aigües pluvials.

L'eficiència obtinguda per a l'edifici dissenyat per a complir les exigències actuals ha estat bona, concretament s'ha obtingut una qualificació energètica A, la qual correspon al nivell més alt d'eficiència.

Partint d'un edifici amb una eficiència energètica alta és complicat trobar mesures rendibles econòmicament que millorin el comportament de l'edifici. Tot i així, s'ha aconseguit reduir el consum d'energia un 10 % aplicant mesures rendibles.

Pel que fa a la instal·lació de fontaneria, s'ha aconseguit una major reducció del consum d'aigua total (27,53 % respecte l'edifici base) amb mesures rendibles econòmicament.

A partir d'aquestes mesures, les millores que suposen una inversió inicial més alta (com l'aljub d'aigües pluvials i la instal·lació geotèrmica) aconsegueixen un major estalvi energètic (fins al voltant del 40 % respecte l'edifici base) però no surten rendibles econòmicament.

SUMARI

RESUM	1
SUMARI.....	2
1 PREFACI.....	5
1.1 ORIGEN DEL PROJECTE	5
1.2 MOTIVACIÓ.....	5
2 INTRODUCCIÓ.....	7
2.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE.....	7
2.2 ABAST DEL PROJECTE.....	7
3 ESTAT DE L'ART.....	8
3.1 MARC NORMATIU.....	10
3.1.1 EFICIÈNCIA ENERGÈTICA.....	10
3.1.2 EFICIÈNCIA DEL CONSUM D'AIGUA	10
3.2 MARC LEGAL CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA.....	10
3.2.1 EINA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC)	11
4 METODOLOGIA.....	14
4.1 DEFINICIÓ EDIFICI DE PROJECTE.....	14
4.2 EDIFICI BASE.....	15
4.3 DISSENY DE MILLORES.....	15
4.3.1 CONSIDERACIONS PER AL CÀLCUL DE L'ESTALVI ECONÒMIC	16
4.4 INTRODUCCIÓ DE CONJUNT DE MILLORES A L'EDIFICI BASE	17
5 EDIFICI DE PROJECTE	18
6 DISSENY AMB CONDICIONS MÍNIMES SEGONS NORMATIVA	22
6.1 DIMENSIONAT TANCAMENTS.....	22
6.1.1 MARC NORMATIU TANCAMENTS.....	22
6.1.2 TANCAMENTS PROJECTANTS AMB EL MÍNIM INDICAT PEL MARC NORMATIU	23
6.1.3 COMPROVACIÓ DEL COMPLIMENT DE LA SECCIÓ HE1 del CTE	27

6.2 INSTAL·LACIÓ DE CLIMATITZACIÓ	29
6.3 INSTAL·LACIÓ VENTILACIÓ	30
6.4 INSTAL·LACIÓ ACS.....	33
6.5 INSTAL·LACIÓ FONTANERIA	35
6.5.1 CÀLCUL CONSUM TOTAL D'AIGUA.....	36
6.6 INSTAL·LACIÓ ENLLUMENAT	37
6.7 AMIDAMENTS EDIFICI BASE	39
6.8 ANÀLISI EFICIÈNCIA EDIFICI BASE	40
7 DISSENY DE L'EDIFICI MILLORANT LA SEVA EFICIÈNCIA.....	42
7.1 TANCAMENTS.....	42
7.1.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES	42
7.1.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA.....	44
7.1.3 CONCLUSIONS PARCIALS.....	48
7.2 INSTAL·LACIÓ DE CLIMATITZACIÓ	51
7.2.1 DESCRIPCIÓ I CÀLCUL INSTAL·LACIÓ GEOTÈRMIA	51
7.2.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I RENDIBILITAT ECONÒMICA	55
7.2.3 CONCLUSIONS PARCIALS.....	56
7.3 INSTAL·LACIÓ DE VENTILACIÓ	56
7.3.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES	56
7.3.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA.....	58
7.3.3 CONCLUSIONS PARCIALS.....	60
7.4 INSTAL·LACIÓ ACS.....	60
7.4.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES A REALTZAR.....	60
7.4.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA.....	61
7.4.3 CONCLUSIONS PARCIALS.....	63
7.5 INSTAL·LACIÓ FONTANERIA	65
7.5.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES ESTUDIADAES	65
7.5.2 ANÀLISI ESTALVI D'AIGUA I RENDIBILITAT ECONÒMICA	67

7.5.3 CONCLUSIONS PARCIALS	69
7.6 INSTAL·LACIÓ ENLLUMENAT	70
7.7 ANÀLISI EFICIÈNCIA EDIFICI RESULTANT	70
7.7.1 CRITERI: RENDIBILITAT ECONÒMICA.....	70
7.7.2 CRITERI: MAJOR ESTALVI ENERGÈTIC.....	72
8 ESTUDI DE SOSTENIBILITAT DEL PROJECTE	75
8.1 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE.....	75
8.2 ESTUDI D'ALTERNATIVES	75
8.3 DESCRIPCIÓ DEL MEDI.....	75
8.4 IDENTIFICACIÓ I VALORACIÓ DELS IMPACTES.....	75
8.4.1 IMPACTES AMBIENTALS POTENCIALS	76
8.4.2 VALORACIÓ DELS IMPACTES.....	77
8.5 MESURES PREVISTES	77
9 COST DEL PROJECTE.....	78
9.1 RECURSOS MATERIALS	78
9.2 RECURSOS HUMANS.....	79
9.3 COST TOTAL	79
10 PLANIFICACIÓ	80
11 CONCLUSIONS	82
AGRAÏMENTS	84
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	86

1 PREFACI

1.1 ORIGEN DEL PROYECTO

El present projecte correspon a un Treball de Final de Màster (TFM) en el qual es pretén calcular el consum energètic i d'aigua per un edifici d'oficines dissenyat seguint requeriments normatius i a partir d'aquí estudiar la viabilitat d'introduir diferents millores tant a nivell de tancaments com d'instal·lacions per tal de reduir l'impacte ambiental.

1.2 MOTIVACIÓ

El present any 2018 la Terra ha entrat en deute ecològic el dia 1 d'agost, dos dies abans que l'any passat i 151 dies abans que el 1970, l'any que la ONG *Global Footprint Network* va començar a calcular aquesta dada en funció de diverses estadístiques mediambientals, com ara les emissions de diòxid de carboni, el consum d'aliments i aigua, la sobrepesca i la sobreexplotació dels boscos. Així doncs, des del dia 1 d'agost s'està vivint el dia a dia explotant recursos naturals de les futures generacions [1].

Si les dades a nivell mundial ja són esfereïdores, es calcula que a l'estat espanyol es va entrar en deute ecològic l'onze de juny, gairebé dos mesos abans. L'any 2017 les emissions de diòxid de carboni van augmentar un 4,4 % respecte l'any anterior, assolint 338,8 milions de tones de CO₂ equivalent. Aquest ha estat el major augment interanual des de l'any 2002.

Pel que fa al consum d'aigua, les dades tampoc són massa optimistes, ja que segons el coordinador del departament d'anàlisi econòmic de la Fundació IMDEA Agua, el consum d'aigua a Espanya està creixent i s'estima que d'ara fins l'any 2021 augmentarà un 3,1 % [2].

Tot i que durant els darrers anys s'està conscienciant a la població respecte l'eficiència energètica tant de forma informativa com imperativa a través de requeriments normatius, la societat segueix avançant a un ritme vertiginós que fa que les mesures preses no siguin suficients per reduir el consum energètic anual.

Hi ha múltiples aspectes a considerar per a reduir el consum energètic, però un dels àmbits amb un alt percentatge de contribució al consum total anual són els edificis, als quals els hi correspon el 40 % de l'energia consumida a la Unió Europea [3]. D'aquí la importància de tenir en compte l'eficiència energètica dels edificis.

Segons l'Institut Nacional d'Estadística (INE) [4] el total d'immobles destinats a oficines ascendeixen a 28,6 milions (6,2 % dels edificis a l'estat espanyol). Aquesta tipologia d'edifici té un gran impacte en

termes d'estalvi energètic, ja que se'n fa un ús molt intensiu durant les hores d'obertura de l'establiment. A part, durant els últims anys, el creixement del sector de serveis també ha contribuït en l'increment del consum corresponent a edificis d'aquesta tipologia.

2 INTRODUCCIÓ

2.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE

L'objectiu principal d'aquest projecte consisteix en analitzar la viabilitat de realitzar mesures que millorin l'eficiència energètica partint de la base d'un edifici que es dissenya per a complir les existències actuals.

Per aconseguir l'objectiu principal abans caldrà anar-ne assolint altres de més específics, els quals s'enumeren a continuació:

- Disseny dels tancaments i instal·lacions per a complir els requisits normatius actuals.
- Introduir l'edifici a l'eina unificada LIDER-CALENER (HULC), la qual permetrà conèixer consums, nivell d'emissió i certificació energètica.
- Definir un perfil d'utilització d'aigua de l'edifici per tal d'estimar el consum anual d'aigua.
- Disseny de tota una sèrie de mesures encarades a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici i la reducció del consum d'aigua.
- Càlcul de l'estalvi aconseguit amb les mesures realitzades mitjançant l'eina unificada HULC i estudi de la seva rendibilitat econòmica.
- Càlcul manual de l'estalvi d'aigua aconseguit amb les mesures projectades.
- Disseny d'edifici eficient a partir de les mesures estudiades individualment i càlcul de l'estalvi energètic aconseguit.

2.2 ABAST DEL PROJECTE

L'estudi de viabilitat de diferents tancaments i instal·lacions per a la millora de l'eficiència se centra en els edificis d'oficines, els quals corresponen a un 23 % dels edificis no residencials (essent els edificis no residencials un 15 % del teixit edificatiu espanyol [5]).

En el present projecte s'estudiaran mesures eficients per reduir el consum energètic total anual, així com mesures per a reduir el consum total d'aigua.

3 ESTAT DE L'ART

A nivell d'**eficiència energètica**, no és fins a l'any 1979 que entra en vigor la primera normativa estatal, la Norma Bàsica de l'Edificació sobre les Condicions Tèrmiques dels Edificis (NBE-CT-79). Aquí ja s'exigeix una transmitància tèrmica pels tancaments en funció de la zona climàtica en la que es troben.

L'any 2007 entra en vigor el CTE-HE, amb l'objectiu principal d'adaptar-se al nou context energètic i socioeconòmic mundial, així com a les noves directives de la Unió Europea.

En paral·lel, aquest mateix any comença la obligació de disposar de certificat energètic per a edificis de nova construcció mitjançant el Reial Decret 47/2007.

Però no va ser fins l'1 de juny de 2013, a partir del Reial Decret 235/2013, el qual exigeix certificat energètic als edificis existents que es venguin o es lloguin i a edificis públics, que es va activar totalment el tema de les certificacions energètiques.

Actualment, segons dades de l'Institut Català d'Energia [6], el 20% del parc català edificat està avaluat energèticament. Catalunya és la comunitat autònoma amb més registres de certificació energètica d'edificis, superant els 675.000 registres (dades d'Abril de 2017).

De tot el gruix de certificacions en edificis de nova construcció realitzades, la major part corresponen a edificis d'habitatges (vegeu Figura 1 extreta de l'Institut Català d'Energia [6]).

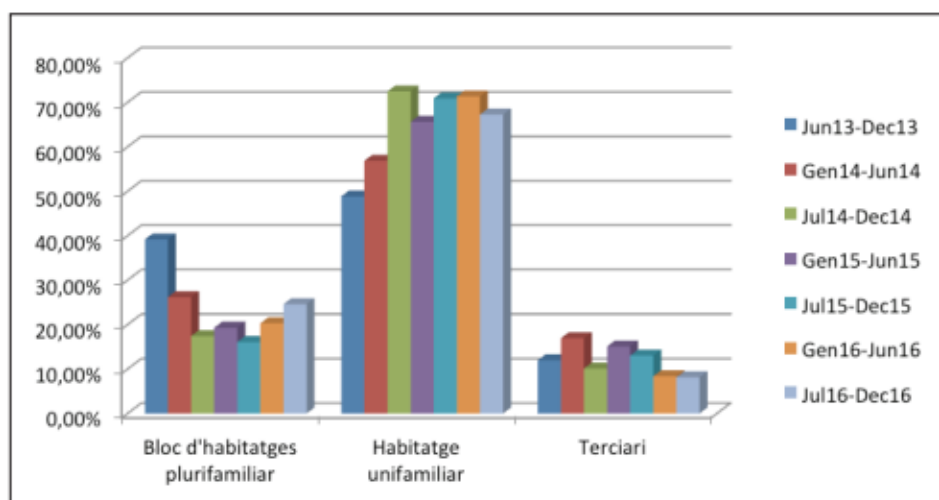


Figura 1. Percentatge de certificacions en edificis de nova construcció segons l'ús.

Atès que els habitatges representen al voltant del 90 % de les certificacions realitzades, durant els últims anys s'han realitzat nombrosos estudis sobre l'eficiència energètica en edificis residencials.

El 10% restant correspon a edificis terciaris, aquesta tipologia engloba múltiples usos, com podrien ser: auditoris, centres comercials, escoles, estacions de tren, oficines, pavellons o tanatoris.

El fet que aquesta tipologia d'edificis pugui tenir tants orígens diferents genera una dificultat a l'hora de realitzar estudis, ja que és difícil treure conclusions generals. Per aquesta raó, es troben menys projectes sobre l'eficiència energètica en edificis terciaris.

Un altre tema a tenir en compte són les subvencions que ofereix la Generalitat o l'estat espanyol relacionades amb l'eficiència energètica.

Segons dades consultades, aquest any 2018 la Generalitat de Catalunya ha obert unes subvencions amb valor de 8,8 milions d'euros destinades a rehabilitació d'edificis existents per tal de millorar-ne l'eficiència energètica [7].

A nivell estatal la major part de subvencions també són per a rehabilitacions d'edificis existents, com seria el programa Pareer II [8].

Pel que fa a mesures generals que produeixin un estalvi energètic, en els quals es podria acollir el present projecte, existeix el programa de finançament "ICO-IDAE" [9]. L'Institut de Crèdit Oficial posa a disposició de les diferents entitats financeres que vulguin subscriure's en aquest programa, els fons necessaris, fins a 100 milions d'euros, per tal que aquestes entitats facilitin els crèdits que permetin dur a terme els projectes d'eficiència energètica, quedant el risc de les operacions garantit al 50 % entre l'entitat financera i l'IDAE a través del Fons Nacional d'Eficiència Energètica.

L'eficiència en el consum d'aigua de l'edifici no està tan controlada com l'eficiència energètica. La primera normativa a l'estat espanyol relacionada amb aquest aspecte no va sorgir fins l'any 1998 a Catalunya mitjançant el Decret 202/1998, de 30 de juliol, en el qual es va exigir la justificació d'instal·lacions que contribueixin a reduir el consum d'aigua. Tot i així aquesta exigència només afectava als edificis de titularitat pública o que havien rebut subvencions de la Generalitat.

La normativa actual limita uns cabals màxims pels aparells sanitaris però no limita el consum total de l'edifici. Així, el principal incentiu que té l'usuari per estalviar aigua és el cost a pagar, ja que les companyies d'aigua apliquen un cost variable que va augmentant d'acord amb l'increment del consum d'aigua [10].

No s'han trobat ajudes i subvencions dins l'estat espanyol per a la instal·lació d'equips destinats a reduir el consum d'aigua.

3.1 MARC NORMATIU

3.1.1 EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

Pel que fa a nivell estatal l'eficiència energètica de l'edifici està regulada pel CTE, concretament pel document bàsic HE.

El requisit d'aquest document bàsic consisteix en assolir un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels edificis, reduint a límits sostenibles el seu consum i aconseguint que part d'aquest consum procedeixi de fonts d'energia renovable.

A nivell autonòmic es disposa del Decret d'Ecoeficiència 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en edificis de nova construcció o procedents de la reconversió d'antiga edificació.

Els paràmetres d'ecoeficiència a complir fan referència a 4 conceptes: aigua, energia, materials i sistemes constructius i residus.

A part, pel que fa a les instal·lacions tèrmiques, el CTE fa referència al Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE).

3.1.2 EFICIÈNCIA DEL CONSUM D'AIGUA

A nivell estatal les instal·lacions d'aigua estan regulades per la secció HS4 del CTE, mentre que a Catalunya són regulades pel Decret d'Ecoeficiència 21/2006.

A nivell municipal alguns ajuntaments disposen de reglaments que limiten el consum d'aigua, sobretot controlant el consum d'aigua per reg en zones verdes públiques i privades .

3.2 MARC LEGAL CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA

La qualificació energètica és el resultat del càlcul del consum d'energia necessari per satisfer la demanda energètica de l'edifici en condicions normals de funcionament i ocupació [11].

Es classifica els edificis dins una escala de set lletres, essent la lletra G l'etiqueta menys eficient i la lletra A l'etiqueta d'edifici més eficient. Per a realitzar aquesta classificació es compara el consum d'energia primària no renovable i les emissions de CO₂ respecte un edifici de referència de similar tipologia i situació.

Cal distingir entre:

- Certificació energètica: document que verifica la conformitat de la qualificació energètica obtinguda.
- Qualificació energètica: distintiu que assenjala el nivell de qualificació energètica.

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, l'exigència de certificació energètica en edificis de nova construcció comença l'any 2007 amb l'entrada en vigor del Reial Decret 47/2007.

D'acord amb la nota informativa sobre el procediment per a la certificació de l'eficiència energètica d'edificis vigent des del 14 de gener de 2016, només són admesos pels Registres de les Comunitats Autònomes els certificats d'eficiència energètica realitzats amb l'última versió actualitzada de l'eina unificada LIDER-CALENER (HULC), del CE3, del CE3X o del CERMA.

Les quatre eines esmentades no podran ser utilitzades de manera indiferent, depèn de si l'edifici és existent o de nova construcció i també de la tipologia de l'edifici (vegeu Taula 1).

Taula 1. Eines de certificació per edificis de nova construcció.

OPCIÓ DE QUALIFICACIÓ	Consideració edifici	Usos
CE3	Existent	Habitatges amb menys 60 % de vidre a l'envolvent
CE3X	Existent	
CERMA	Nova construcció	
CALENER VYP	Existent/Nova construcció	Habitatges Petit terciari
CALENER GT	Existent/Nova construcció	Gran terciari

3.2.1 EINA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC)

Per el present projecte, atès que es tracta d'un edifici petit terciari, s'ha treballat amb l'eina unificada LIDER-CALENER.

L'eina unificada LIDER-CALENER inclou la unificació en una sola plataforma dels anterior programes generals oficials utilitzats per a l'avaluació de la demanda energètica i del consum energètic, així com els canvis necessaris per a la convergència de la certificació energètica amb el Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB-HE) del CTE i amb el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE).

Aquesta eina informàtica permet la verificació de les exigències 2.2.1. i 2.2.2. de la secció HE0 (consum límit d'energia primària no renovable) i 2.2.1.1. (Limitació de la demanda energètica de l'Edifici) de la secció HE1 [12].

Per a realitzar la certificació amb l'eina unificada HULC, en primera instància es verifica la limitació de la demanda energètica de l'edifici (HE1). Per a realitzar aquesta verificació s'introdueixen les següents dades, com a punts principals:

- Situació i ús de l'edifici.
- Càrrega interna d'edifici i perfil d'utilització.
- Orientació de l'edifici.
- Geometria de l'edifici.
- Definició espais habitables/no habitables.
- Definició de renovacions per hora requerides (pel cas d'edificis terciaris).
- Il·luminació dels espais.
- Característiques dels tancaments.

Amb això el HULC calcula la demanda de l'edifici objecte respecte la demanda límit de l'edifici de referència i indica si es compleix l'exigència.

Una vegada verificat el compliment de la secció HE1 del CTE, es procedeix a introduir les instal·lacions en el CALENER-VYP o CALENER-GT.

- Instal·lació de climatització.
- Instal·lació de ventilació.
- Instal·lació d'aigua calenta sanitària.

Amb això es procedeix a verificar el compliment del consum d'energia primària no renovable limitat per la secció HE0. A partir d'aquí HULC retorna la certificació de l'edifici (vegeu Figura 2 on es mostra un exemple de la certificació retornada pel HULC), document al qual apareix, entre d'altres:

- Consum d'energia primària no renovable (kWh EPNR/m²·any).
- Emissions de CO₂ (kg CO₂/m²·any).
- Qualificació energètica obtinguda (lletres A a G).

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A	73,75A	<16.65 A	11,32 A
107.01-173 B		16.65-27.0 B	
173.89-267.5 C		27.05-41.62 C	
267.52-347.77 D		41.62-54.10 D	
347.77-428.03 E		54.10-66.59 E	
428.03-535.03 F		66.59-83.24 F	
=>535.03 G		=>83.24 G	

Figura 2. Exemple de part de les dades retornades pel HULC

Segons dades de l'Institut Català d'Energia [6] (vegeu Figura 3), la qualificació energètica assolida pels edificis terciaris de nova construcció es mou principalment entre la lletra A i la C, essent la lletra C la més freqüent en la major de les localitzacions (C2, C3, D2 i D3).

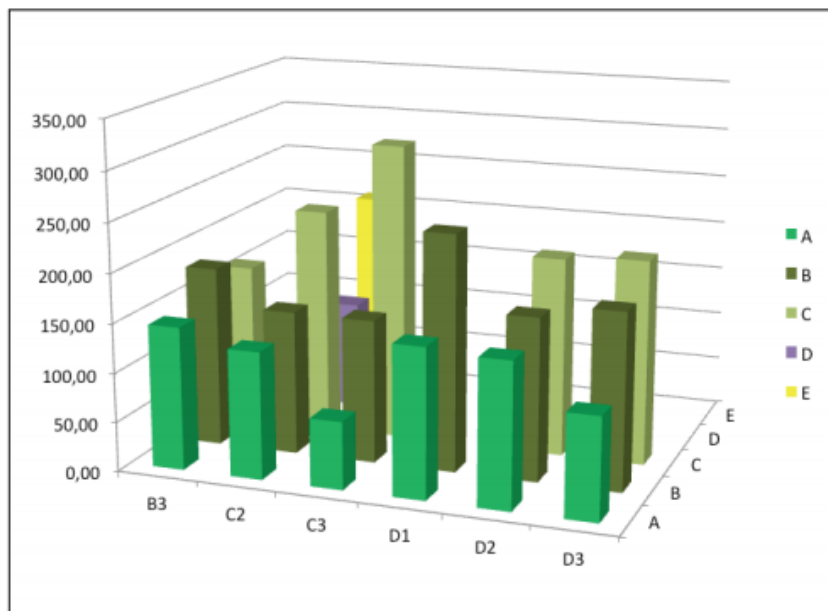


Figura 3. Qualificació energètica assolida per edificis terciaris de nova construcció.

4 METODOLOGIA

En el present apartat s'explica la metodologia que s'ha seguit per a la realització del projecte (a la Figura 4 es mostra el procés seguit de forma esquemàtica):

- Definir edifici de projecte: situació, orientació, geometria, distribució dels espais, usos i perfil d'utilització.
- Disseny tancaments i instal·lacions de l'edifici per a complir amb normativa de referència (edifici base).
- Introducció de l'edifici a l'eina informàtica HULC per a determinar-ne el consum energètic i les emissions de CO₂.
- Estudi de mesures a realitzar per a mesurar l'eficiència energètica de l'edifici.
- Simulació dels canvis a l'eina informàtica HULC per a l'obtenció de l'estalvi aconseguït.
- Introducció de paquet de mesures seleccionades entre totes les que s'han estudiat a l'edifici per tal d'obtenir l'estalvi energètic obtingut.

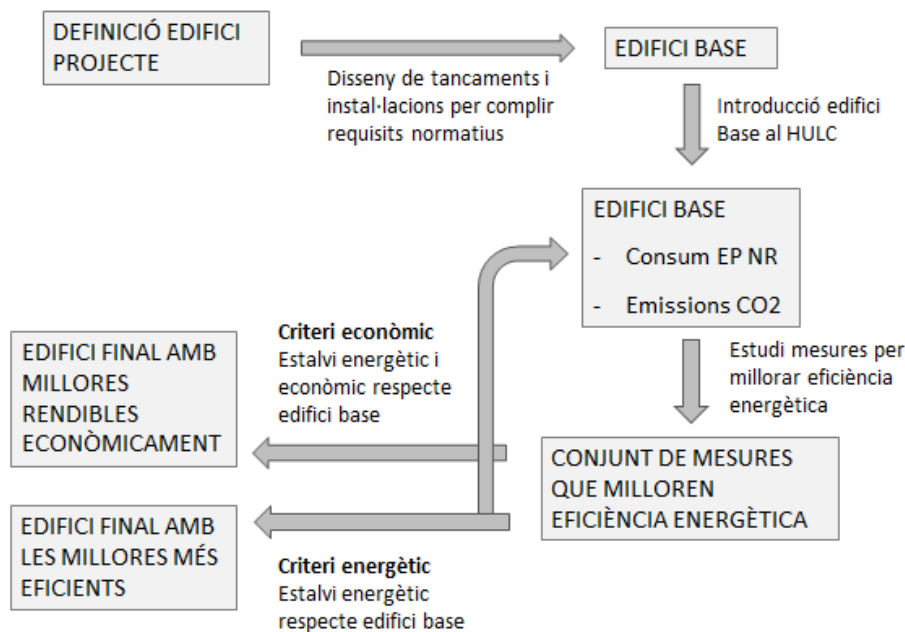


Figura 4. Esquema general de la metodologia seguida per a l'elaboració del projecte.

4.1 DEFINICIÓ EDIFICI DE PROJECTE

S'ha escollit un edifici d'un projecte realitzat al despatx on està treballant el projectista. D'aquest edifici només se n'ha mantingut la situació, l'orientació, la geometria, la distribució dels espais interiors i els usos.

Els tipus de tancaments i les instal·lacions s'han definit de nou tal i com s'explica en els apartats 6 i 7 de la present memòria.

4.2 EDIFICI BASE

A partir de l'edifici de projecte es dissenyen els tancaments i les instal·lacions per a complir amb els requisits normatius (apartat 6).

Per a definir les instal·lacions de climatització i de ventilació es confecciona un full de càlcul destinat a calcular les càrregues tèrmiques de l'edifici («Annex A: Càlcul de càrregues tèrmiques»).

Una vegada projectat aquest edifici base, es passa a introduir-lo a l'eina unificada HULC, de la qual es recolliran els següents consums:

- Consum energia primària no renovable (kWh/m²·any).
- Emissions de CO₂ (kg/m²·any).

A l'«Annex F: Recull arxius eina unificada HULC» es mostren els arxius *.ctehexml* i els fulls de verificació i certificació en *.pdf* per a cadascuna de les opcions considerades en el projecte.

Mitjançant aquesta eina s'aconsegueix qualificar el consum en funció dels tancaments, instal·lacions de climatització, ventilació, enllumenat i ACS. En canvi la instal·lació de fontaneria no es pot simular amb aquesta eina, de manera que es definirà un perfil d'utilització i el consum es calcularà de forma manual (en l'apartat 6.5.1 de la present memòria s'explica el perfil d'utilització d'aigua per a l'edifici de projecte).

Aquest disseny se l'anomenarà edifici base i així se'n fa referència durant tota la memòria.

4.3 DISSENY DE MILLORES

Partint del disseny de l'edifici base es van proposant mesures per a millorar l'eficiència de l'edifici, tant per els tancaments com per a les instal·lacions.

Cada millora proposada s'introdueix de forma individual a l'eina unificada HULC, d'aquesta manera es pot calcular l'estalvi energètic que suposa cada mesura.

A partir de l'estalvi energètic s'extreu l'estalvi econòmic generat i a partir d'aquí s'analitza la rendibilitat econòmica de cada mesura.

4.3.1 CONSIDERACIONS PER AL CàLCUL DE L'ESTALVI ECONÒMIC

Per a estudiar la rendibilitat econòmica es calcularà el VAN i el TIR. També es mesurarà la liquiditat sense tenir en compte el valor del diner en el temps mitjançant el *Pay back*.

A l' «Annex G: Fulls de càlcul de la rendibilitat econòmica» es mostra el càlcul de la rendibilitat econòmica detallat per a cadascuna de les opcions considerades en el projecte.

Per a calcular aquests paràmetres caldrà realitzar una sèrie de consideracions que es defineixen a continuació.

Increment del cost de la mesura correctora respecte del cas base (inversió inicial)

L'increment del cost per a cada millora es mostra en l' «Annex C: Amidaments».

Estalvi econòmic de la millora analitzada

L'estalvi econòmic es calcularà a partir del consum d'energia primària no renovable, valor que proporciona l'eina unificada HULC per a cada cas.

Per a poder aplicar el cost de mercat de l'energia corresponent per a cada cas, cal passar el valor d'energia primària no renovable a energia final. Aquesta conversió es realitza amb els factors de conversió extrets del Document Reconegut del RITE publicat en resolució conjunta pels ministeris d'Indústria, Energia i Turisme i el Ministeri de Foment [13]. Els valors utilitzats es poden observar a la Taula 2.

Taula 2. Factors de conversió d'energia primària no renovable a energia final.

FACTORS DE CONVERSIÓ D'ENERGIA PRIMÀRIA NO RENOVABLE A FINAL	
Tipus de font	kWh EP NR/kWh EF
Electricitat convencional nacional	2,007
Gas natural	1,190

A partir del valor d'energia final s'ha aplicat la tarifa del preu de mercat actual [14], considerant costos variables, ja que els costos fixos de la factura seran els mateixos (vegeu Taula 3). En cas que en algun dels casos estudiats aquestes consideracions canviïn, seran explicades en el mateix apartat.

Taula 3. Costos variables energia final consumida.

COSTOS VARIABLES PER ENERGIA FINAL CONSUMIDA	
Tipus de font	PREU €/kWh
Electricitat	0,13
Gas natural	0,05

Amb aquestes consideracions, es pot calcular l'estalvi econòmic de la millora realitzada respecte del cas base.

Per la instal·lació de fontaneria a l'«Annex E: Càlcul consums d'aigua» s'adjunten els fulls de càlcul utilitzats per calcular l'aigua consumida i l'estalvi que proporciona cada mesura analitzada.

Vida útil millora analitzada

A l'apartat 7 de la present memòria, en la qual s'estudien les mesures per a millorar l'eficiència de l'edifici, s'indica la vida útil per a cadascuna d'elles per a poder calcular l'amortització. Aquest paràmetre també determina a els anys que es calcula el VAN.

Per el càlcul de l'amortització de les mesures estudiades es considera que el valor residual és nul.

Increment del cost de manteniment

S'indica la diferència entre el cost de manteniment de la mesura projectada respecte el disseny de l'edifici base. En alguns casos es considerarà que la mesura realitzada no suposa un increment en el preu de manteniment.

Taxa d'utilització o de descompte per al càlcul del VAN

Per aquest cas es realitza la suposició que el capital prové d'un crèdit. S'ha pres un valor d'interès del 4,70 % corresponent a un préstec a 5 anys amb interès fix segons dades actuals consultades [15]. Cal tenir en compte que es calcularà el VAN a un temps superior al préstec ja que la vida tecnològica dels materials és major, tot i així es considera acceptable realitzar aquesta suposició pel tipus d'anàlisi a realitzar.

4.4 INTRODUCCIÓ DE CONJUNT DE MILLORES A L'EDIFICI BASE

Es classifiquen el conjunt de millores proposades en:

- Mesures rendibles econòmicament.
- Mesures que proporcionen un millor estalvi energètic

Amb això s'introduiran per un cantó les mesures rendibles econòmicament i per l'altre les mesures que proporcionen un millor estalvi energètic. D'aquesta manera es podrà calcular:

- Estalvi energètic aconseguit introduint mesures rendibles econòmicament.
- Estalvi energètic obtingut introduint les mesures que proporcionen una millor eficiència energètica sense tenir en compte termes econòmics.

5 EDIFICI DE PROJECTE

L'edifici estudiat se situa al municipi de La Garriga, en una parcel·la situada a 222 metres sobre el nivell del mar (vegeu Figura 5 en la qual no es mostra la situació exacta per temes de confidencialitat).

La classificació climàtica és C1.



Figura 5. Situació de l'edifici de projecte.

L'**horari de treball** tant de les oficines com de la nau serà:

- Vuit hores de dilluns a divendres.
- Sis hores el dissabte.

El **nombre de persones que treballen a la nau adjunta** i que utilitzaran les instal·lacions del menjador i els vestuaris seran divuit. Mentre que hi haurà un total de vint-i-dues **persones a oficines**.

L'edifici de projecte tracta de la zona d'oficines d'una nau industrial. Està situat al costat de la nau i té estructura metàl·lica independent. A part de l'activitat d'ús administratiu, aquest edifici també disposa de menjador i vestuaris en planta baixa utilitzats pel personal de la nau. A la Taula 4 es mostra la relació de superfícies útils del cos d'oficines i l'ocupació considerada per cada cambra, determinada comptant cadires.

A part de la distribució interior, es disposa d'una zona exterior enjardinada de 100 m².

Taula 4. Superfície útil dependències.

NÚM	DEPENDÈNCIES	SUPERFÍCIE ÚTIL (m ²)	OCUPACIÓ
PLANTA BAIXA			
1	Entrada	48,18	3
2	Sala 1	9,89	4
3	Sala 2	9,89	4
4	Oficines	58,41	10
5	Lavabo adaptat	4,90	- (*)
6	Vestuaris	60,70	18
7	Menjador	20,60	18
TOTAL PLANTA BAIXA		212,57	
PLANTA PRIMERA			
8	Oficines-1	76,79	8
9	Sala rack	11,02	- (*)
10	Arxiu	16,63	- (*)
11	Sala juntes	21,45	10
12	Lavabo-1	3,60	- (*)
13	Lavabo-2	5,87	- (*)
14	Office-gimnàs	18,93	4
15	Despatx-1	17,34	5
16	Despatx-2	28,64	5
17	Escala-ascensor	16,16	- (*)
18	Passadís	16,85	- (*)
TOTAL PLANTA PRIMERA		233,28	
SUPERFÍCIE ÚTIL TOTAL		445,85	

(*) Es consideren espais no condicionats d'ocupació nul·la.

A les Figura 6 i Figura 7 es mostra els plànols de la distribució de l'edifici de projecte en planta baixa i planta altell respectivament. L'orientació de cada façana segons l'indicat a la secció 1 del document bàsic HE del CTE s'indica a la Figura 6.

Tal i com ja s'ha comentat, el tipus de tancament es definirà per a cada opció. Però com a requeriment inicial es desitja que part de la façana sigui vidriada. A la Taula 5 es descriu quin percentatge de superfície de cada façana serà vidriat (vidres 1,00 x 1,20 m amb un percentatge de marcs FM=17%).

Taula 5. Descripció façanes.

FAÇANA	TIPUS TANCAMENT	SUPERFÍCIE [m ²]	PERCENTATGE
Façana nord	Tancament opac	41,40	72,45 %
	Finestra	15,74	27,55 %
Façana sud-oest	Tancament opac	159,39	72,79 %
	Finestra	59,57	27,21 %
Façana sud-est	Tancament opac	127,33	70,55 %
	Finestra	45,22	25,06 %
	Porta	7,92	4,39 %
Façana est	Tancament opac	41,35	71,47 %
	Finestra	16,51	28,53 %

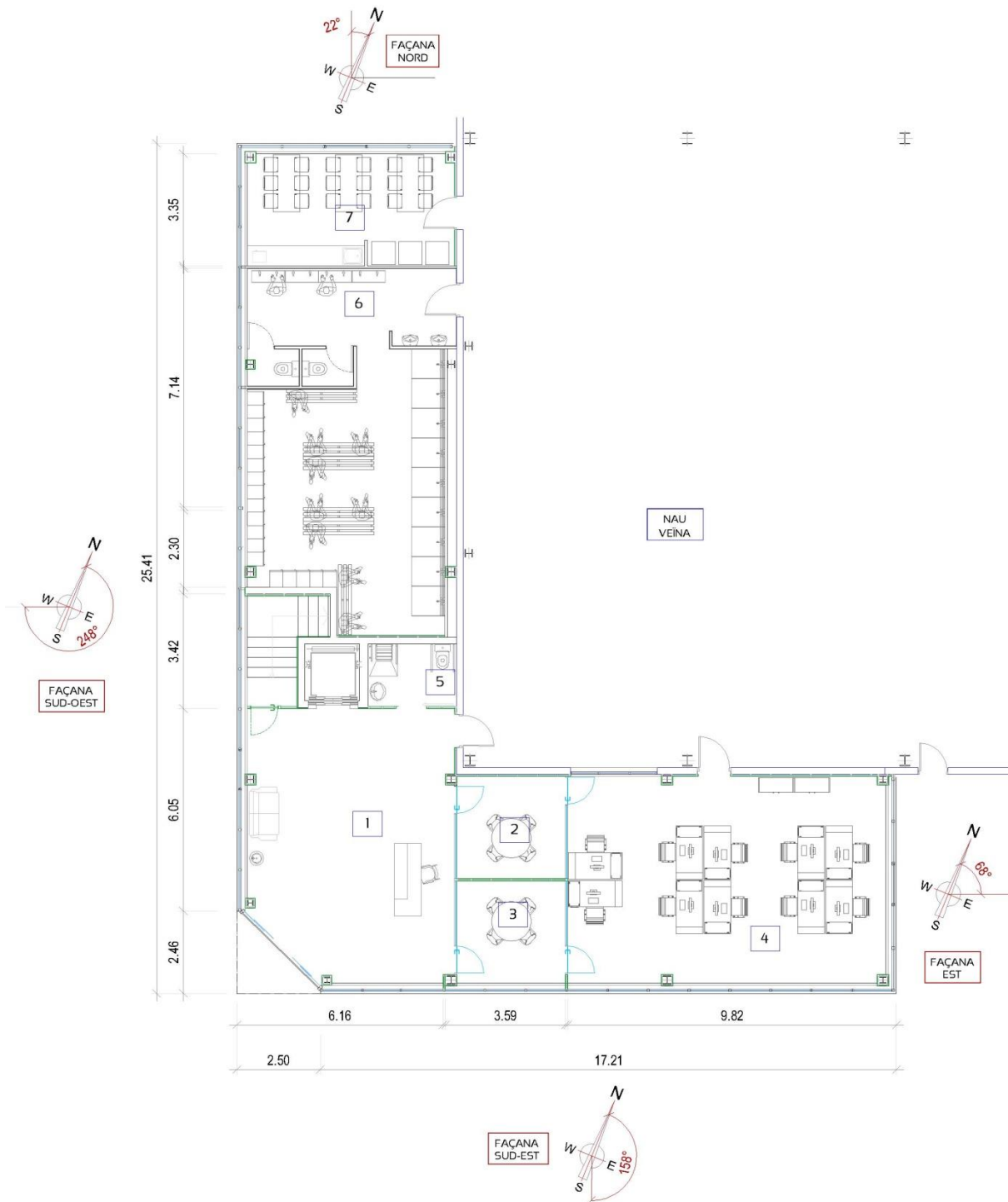


Figura 6. Distribució en planta altell.

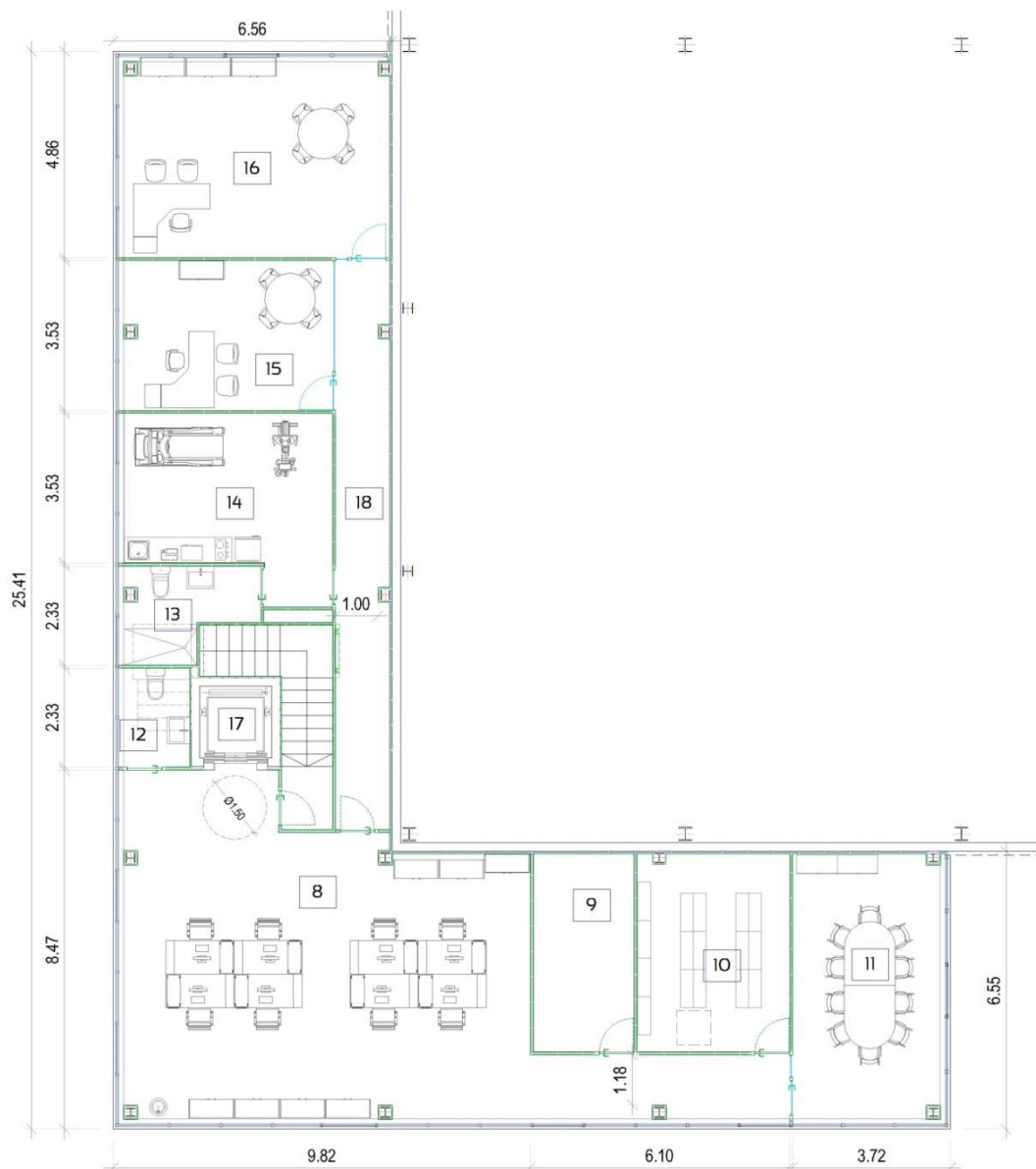


Figura 7. Distribució en planta altell.

A l' «Annex H: Plànols» s'adjunta els plànols 01- Situació, 02- Emplaçament, 03- Cotes i superfícies, 04- Seccions i 05-Façanes on es pot veure tota aquesta informació de forma més detallada.

6 DISSENY AMB CONDICIONS MÍNIMES SEGONS NORMATIVA

6.1 DIMENSIONAT TANCAMENTS

6.1.1 MARC NORMATIU TANCAMENTS

Per el dimensionat dels tancaments li serà d'afectació les següents seccions del document bàsic HE del CTE:

- HE0: Limitació del consum energètic.
- HE1: Limitació de la demanda energètica.

En la secció HE0 es limita el consum energètic d'energia primària no renovable de l'edifici. Aquesta limitació implica tan l'arquitectura de l'edifici com les instal·lacions de climatització, ventilació, ACS i enllumenat. Per a realitzar la comprovació global de tots aquests aspectes s'utilitza l'eina unificada LIDER-CALENER (HULC).

La secció «HE1: Limitació de la demanda energètica» indica que es dissenyaran els tancaments de manera que es limiti adequadament la demanda energètica necessària per a aconseguir el benestar tèrmic en funció del clima.

El percentatge d'estalvi de la demanda energètica conjunta de calefacció i refrigeració, respecte a l'edifici de referència (paràmetres característics establerts a l'Apèndix D) depèn de la càrrega de les fonts internes.

Aquesta secció indica una limitació de la transmitància tèrmica dels tancaments en funció de la tipologia de tancament i la zona climàtica. Per a les obertures de façana, també influirà l'orientació.

En el present projecte es distingeixen diferents tipus de tancaments:

- Murs: tancaments de façana i particions interiors.
- Obertures: finestres i porta.
- Coberta.
- Terres.

Tenen consideració de partició interior els murs de cada dependència amb contacte amb la nau i els tancaments amb contacte amb espais no habitables.

Pel que fa als tancaments de façana, totes les dependències donen a l'exterior, excepte la Sala 1, la sala *rack*, l'arxiu i el passadís.

6.1.2 TANCAMENTS PROJECTANTS AMB EL MÍNIM INDICAT PEL MARC NORMATIU

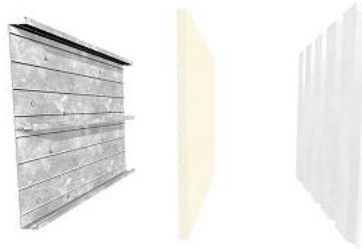
S'escullen els tancaments per a complir la transmitància tèrmica límit U_{lim} . En alguns casos, dissenyar els tancaments per a complir aquest valor no és suficient per a la verificació de la secció HE1 del CTE i per tant s'ha hagut d'anar a buscar valors per sota.

MURS:

La part opaca de façana consisteix en panells sandvitx realitzats in situ amb aïllament de llana de roca de 60 mm. La part interior serà extradossada amb plaques de cartró guix.

A la Taula 6 es mostra el càlcul de les transmitàncies tèrmiques de les parts opaques de façana.

Taula 6. Transmitància tèrmica façana de panell sandvitx.

FAÇANA: PANELL SANDVITX IN SITU ($U_{lim}=0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$)						
	Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	
	Rse	-	-	-	0,04	
	Acer galvanitzat	1	7800	50,000	$2 \cdot 10^{-5}$	
	Llana de roca	60	40	0,031	1,94	
	Acer galvanitzat	1	7800	50,000	$2 \cdot 10^{-5}$	
	Placa de cartró guix	15	825	0,250	0,06	
	Rsi	-	-	-	-	0,13
				DE [kg/m ²] 30,375	R_{tot} [m ² K/W] U_{tot} [W/m ² K]	2,17 0,46

OBERTURES

Per a les **finestres** s'escull un marc amb trencament de pont tèrmic (longitud de poliamida de 14,6 mm) amb acabat lacat de color gris. D'aquests marcs, dos de cada sis tenen la fulla practicable i tenen les propietats següents:


- Transmitància tèrmica: $3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Absortivitat (color gris): 0,65

Pel que fa als vidres, es col·loca doble envidrament amb baixa emissivitat tèrmica i amb la cara interior laminada 6/8/4+4 per tal de complir els requeriments de seguretat que estableix el CTE-DB-SUA. Aquests vidres aporten les següents característiques:

- Transmitància tèrmica: $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Factor solar: 37%
- Transmissió lluminosa: 38%

A la Taula 7 es mostra la transmitància tèrmica i el factor solar per a cada orientació de la finestra calculats segons la documentació de suport del CTE-DB-HE.

Taula 7. Transmitància tèrmica i factor solar finestra.

FINESTRES: doble envidriament amb baixa emissivitat tèrmica + laminat (6/12/4+4)					
	Orientació	U_{lim} [W/m²K]	F_{lim}	U [W/m²K]	F
	Nord	2,6	1,00	2,32	0,32
	Sud-oest	3,9	0,60	2,32	0,32
	Sud-est	3,9	0,60	2,32	0,32
	Est	3,0	0,56	2,32	0,32

La **porta exterior** és corredissa de 4 fulles. Les dues fulles laterals són fixes i les centrals són d'obertura automàtica. Els vidres tenen laminades tant la cara exterior com la interior tal i com estableix el CTE-DB-SUA per tal d'evitar lesions en cas d'accident (vidres 4+4/6/4+4).


- Transmitància tèrmica: 3,2 W/m²·K
- Factor solar: 70%
- Transmissió lluminosa: 80%

El marc de la porta corredissa és de color gris i no disposa de trencament de pont tèrmic.

- Transmitància tèrmica: 5,70 W/m²·K
- Absortivitat (color gris): 0,65

A la Taula 8 es mostra la transmitància tèrmica i factor solar de la porta corredissa.

Taula 8. Transmitància tèrmica i factor solar porta corredissa entrada.

PORTA corredissa 4 fulles amb vidres 4+4-6-4+4 i marc d'alumini gris.					
	Orientació	U_{lim} [W/m²K]	F_{lim}	U [W/m²K]	F
	Sud-est	3,9	0,60	3,7	0,59

PARTICIONS INTERIORS

Les parets amb contacte amb la nau seran de bloc de formigó amb la part interior extradossada amb plaques de cartró guix. Entre el bloc de formigó i els plaques de cartró guix s'hi col·locarà aïllament de llana de roca de 40 mm de gruix.

A la Taula 9 es mostra la transmitància tèrmica de la partició interior.

Taula 9. Transmitància tèrmica partició interior de bloc de formigó massís.

PARTICIÓ INTERIOR de bloc de formigó massís ($U_{lim}=0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$)					
	Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Espai no habitable	Rse	-			0,040
	Bloc de formigó	200	860	0,909	0,220
	XPE	40	40	0,0340	1,176
	Placa cartró guix	10	825	0,250	0,040
	Rsi	-			0,130
				DE[kg/m ²] 181,85	R _{tot} [m ² K/W] 1,606

Els tancaments en contacte amb espais no habitables dins el cos d'oficines, seran de plaques de cartró guix amb aïllament de llana de roca (vegeu Taula 10) o bé de bloc de formigó extradossat amb plaques de cartró guix i amb aïllament de llana de roca (vegeu Taula 9).

Taula 10. Transmitància tèrmica de partició amb espai no habitable.

PARTICIÓ INTERIOR de plaques de cartró guix amb aïllament de llana de roca ($U_{lim}=0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$)					
	Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Espai no habitable	Rse	-			0,040
	Placa cartró guix	12,5	825	0,250	0,050
	Llana de roca	45,0	40	0,031	1,452
	Placa cartró guix	12,5	825	0,250	0,050
	Rsi	-			0,130
				DE[kg/m ²] 22,425	R _{tot} [m ² K/W] 1,722

COBERTA

L'espai habitable està en contacte amb un fals sostre construït a partir de làmines de cartró guix i aïllament de llana mineral.


La coberta en contacte amb l'exterior consisteix en una coberta tipus deck. Entre aquesta i el fals sostre es disposa d'una cambra d'aire.

S'ha calculat la transmitància tèrmica de tot el conjunt de coberta a partir de les indicacions que dona la documentació de suport del document bàsic del CTE-HE1 per a cobertes amb l'espai no habitable.

La transmitància tèrmica del fals sostre i de la coberta deck són les següents (Taula 11 i Taula 12 respectivament).

Taula 11. Transmitància tèrmica fals sostre.

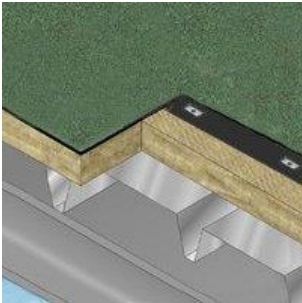
COBERTA: fals sostre planta primera [16][17]



Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Rsi	-	-	-	0,17
Llana mineral	60,0	40	0,034	1,76
Làmines cartró guix	12,5	825	0,250	0,05
Rsi	-	-	-	0,17
DE [kg/m²]			R_T [m²K/W]	2,155
12,71			U_p [W/m²K]	0,464

Taula 12. Transmitància tèrmica coberta deck.

COBERTA DECK: Fixació mecànica i impermeabilització mitjançant làmines asfàltiques [18]



Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
Rse	-	-	-	0,04
Làmina de betum	5	1100	0,23	0,02
Llana de roca	50	70	0,04	1,25
Xapa acer	1	7800	50,00	-
Rsi	-	-	-	0,17
DE [kg/m²]			R_T [m²K/W]	1,48
16,80			U_T [W/m²K]	0,67

La **transmitància total de la coberta** és inferior a la $U_{lim} = 0,41 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

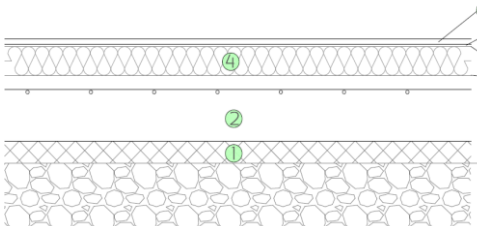
TERRA

La solera de les oficines consta d'una capa de formigó armat de 20 cm de gruix sobre una capa de roca calcària dura de 15 cm de gruix que s'ha utilitzat per a anivellar el terreny.

Sobre la capa de formigó s'hi col·loca una làmina de polietilè que actua com a barrera de vapor i una capa de 7 cm de poliestirè extruït com a aïllament tèrmic. Com a acabat es col·loca gres porcellànic.

A la Taula 13 es mostra la resistència tèrmica de cada element que forma la solera.


Taula 13. Resistència tèrmica de cada element de la solera.

SOLERA de formigó amb acabat de gres porcellànic ($U_{lim}=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)					
	Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
	1- Calcària dura	150	2.095	1,700	0,088
	2- Formigó armat	200	2.400	2,300	0,087
	3- Làmina PE	1	980	0,330	0,003
	4- Polièstirè extruït	70	100	0,0340	2,059
	5- Làmina PE	1	980	0,330	0,003
	6- Morter autonivellant	5	1.740	0,400	0,013
	7- Gres porcellànic	12	2.500	2,300	0,005
			DE [kg/m²] 840,15		

A partir de les resistències tèrmiques de la Taula 13 es calcula la transmitància tèrmica de la solera $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

El forjat de planta primera es tracta d'un forjat col·laborant amb acabat de gres porcellànic. A una altura de 2,70 m de planta baixa se situa un fals sostre acústic de 15 cm de gruix de llana de roca volcànica. Entre mig del fals sostre i el forjat es disposa d'una cambra d'aire de 0,8 m d'altura tal i com es pot observar en el plànol 04-Seccions de l' «Annex H: Plànols» (vegeu Taula 14).

Taula 14. Resistència tèrmica de cada element del forjat.

FORJAT: Fals sostre panell acústic de llana de roca volcànica i forjat col·laborant					
	Material	Gruix [mm]	Densitat ρ [kg/m ³]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
	Panell llana de roca volcànica	15	825	0,041	0,366
	Cambra d'aire	800	-	-	0,18
	Xapa acer	1	7.800	50,000	-
	Formigó armat	180	2.400	2,300	0,078
	Gres porcellànic	10	2.500	2,300	0,004
				DE [kg/m²] 14,46	RT [m²K/W] 0,628

6.1.3 COMPROVACIÓ DEL COMPLIMENT DE LA SECCIÓ HE1 del CTE

Tal i com s'ha explicat en la metodologia del treball, la comprovació del compliment de la demanda energètica definida en el Document Bàsic HE-1 del Codi Tècnic de l'Edificació s'ha realitzat mitjançant l'eina unificada LIDER-CALENER, HULC.

Amb els tancaments projectats en aquest apartat, tal i com es pot observar en la Figura 8, es dóna compliment a aquest document bàsic. La demanda de l'edifici objecte (24,39 kWh/m²·any) és inferior a la demanda límit (24,65 kWh/m²·any).

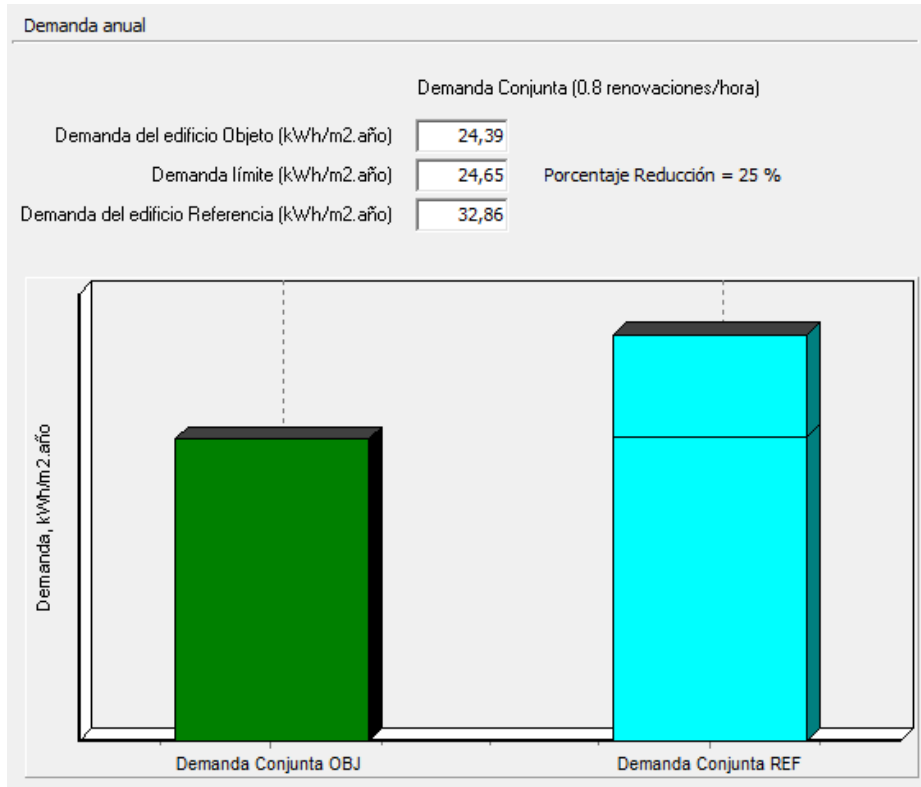


Figura 8. Resultats comprovació amb l'eina unificada LIDER-CALENER.

6.2 INSTAL·LACIÓ DE CLIMATITZACIÓ

Per el càlcul de les instal·lacions tèrmiques li és d'aplicació la secció 2 del document bàsic HE: Estalvi d'energia del CTE. Aquesta exigència es desenvolupa actualment en el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE).

El RITE estableix unes condicions en el disseny de les instal·lacions tèrmiques que s'han tingut en compte per el càlcul de les càrregues tèrmiques a partir de les quals s'ha dissenyat la instal·lació (vegeu «Annex A: Càlcul de càrregues tèrmiques»).

A part també li aplicarà la secció «HE0: Limitació del consum energètic» ja que la instal·lació de climatització projectada tindrà influència en el consum energètic total de l'edifici.

A la Taula 15 es mostren les càrregues tèrmiques demandades per a cada cambra segons càlculs adjunts a l'«Annex A: Càlcul de càrregues tèrmiques».

A partir de l'anàlisi de les càrregues tèrmiques i els requeriments de l'edifici s'ha dissenyat la instal·lació de climatització. Per aquesta opció s'ha optat per un sistema de Volum de Refrigerant Variable (VRV).

Aquest sistema s'inclou dins els d'expansió directa i es disposa d'una unitat exterior connectada a diferents unitats internes a través de canonades de coure aïllades. A diferència d'altres, té l'avantatge de poder regular o variar el volum de refrigerant aportat a les bateries de condensació-evaporació, fet que provoca un estalvi energètic d'entre l'11 i el 20 %.

Amb aquest sistema les unitats exteriors es poden adaptar a la demanda de cada sala, cadascuna funcionant segons les seves necessitats tèrmiques. Però la instal·lació serà de 2 tubs, de manera que no es podrà donar calor i fred a la vegada. Atès que l'activitat realitzada a totes les sales és similar, no es creu necessari que el sistema ofereixi aquesta propietat.

Ahora, els equips instal·lats utilitzen compressors controlats amb tecnologia *inverter*, de manera que es regula la velocitat del compressor perquè treballi a diferents velocitats en funció de les necessitats de càrrega tèrmica provocant una reducció del consum elèctric. [19]

Es disposarà de dues unitats exteriors. L'una alimentarà a les sales de planta baixa i l'altra a les de planta altell. El model serà el mateix per a les dues unitats exteriors i tindrà les característiques que es mostren a continuació:

- Model: PUHY-P200YKB-A1 de la marca Mitsubishi o similar.
- Potència nominal de refrigeració i calefacció: 22,40 /25,0 kW
- Consum nominal de refrigeració i calefacció: 5,19 / 5,81 kW

Les unitats interiors seran tipus cassette, excepte a la sala rack que serà una unitat de paret. Aquestes es mostren a la Taula 15.

Taula 15. Càrregues tèrmiques i instal·lació de climatització dissenyada

Dependència	Hora projecte	Càrrega R/C requerit (kW)	Unitat interior
PLANTA 0			
Entrada	15:00	4,06 / 2,39	PLFY-P32VCM-E
Sala 1	15:00	1,04 / 0,70	PLFY-P15VCM-E
Sala 2	12:00	1,29 / 0,88	PLFY-P15VCM-E
Oficines PB	12:00	4,77 / 3,20	PLFY-P40VCM-E
Vestuaris	15:00	6,58 / 3,03	2 x PLFY-P32VCM-E
Menjador	15:00	6,51 / 2,63	PLFY-P63VBM-E
PLANTA 1			
Oficines-1	15:00	6,30 / 3,59	2 x PLFY-P32VCM-E
Sala <i>rack</i>	15:00	1,00 / 0,25	PKFY-P15VBM-E
Sala de juntes	12:00	4,17 / 2,43	PLFY-P40VCM-E
Office-gimnàs	15:00	7,12 / 1,01	PLFY-P63VBM-E
Despatx-1	15:00	2,29 / 1,18	PLFY-P20VCM-E
Despatx-2	15:00	2,98 / 1,86	PLFY-P25VCM-E

Els conductes encarregats de transportar el fluid refrigerant consistiran en una línia frigorífica doble mitjançant dos tubs de coure amb diàmetre segons convingui i amb un aïllament de 10 mm de gruix de cautxú sintètic flexible cadascuna.

Segons la IT 1.2.4.7.2. els locals no habitables no s'han de climatitzar, excepte quan s'utilitzin fonts d'energia renovable o energia residual. De manera que els lavabos, l'arxiu, el passadís, l'ascensor i l'escala no es climatitzaran, essent espais no condicionats.

En el plànol 06 de l' «Annex H: Plànols» es mostra la instal·lació de climatització esmentada i s'enumeren les millores projectades en l'apartat 7.37.2.

6.3 INSTAL·LACIÓ VENTILACIÓ

Per al càlcul de la instal·lació de ventilació li serà d'aplicació el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE).

A part, també li aplicarà la secció «HE0: Limitació del consum energètic» ja que la instal·lació de ventilació projectada tindrà influència en el consum energètic total de l'edifici.

Depenent de la funció realitzada a cada sala, la instrucció tècnica IT-1.1.4.2. del RITE defineix uns nivells de cabal mínim d'aire exterior de ventilació per aconseguir uns nivells determinats de qualitat de l'aire interior.

En l'edifici de projecte, s'han classificat les zones netes amb categoria IDA 2 i les zones brutes amb categoria IDA 3. Atès que les persones tenen una activitat metabòlica al voltant de 1,2 met i la producció de substàncies contaminants diferents als humans és baixa, els nivells de ventilació requerits són els que es mostren a la Taula 16.

Taula 16. Classificació cambres i cabal requerit.

Dependència	Ocupants (*)	IDA	Ventilació unitària [l/s·ocup.]	Cabal ventilació requerit [l/s]
PLANTA 0				
Entrada	3	3	8,0	24,0
Sala 1	4	2	12,5	50,0
Sala 2	4	2	12,5	50,0
Oficines	10	2	12,5	125,0
Vestuaris	18	3	8,0	144,0
Menjador	18	3	8,0	144,0
PLANTA 1				
Oficines-1	8	2	12,5	100,0
Sala de juntes	10	2	12,5	125,0
Office-gimnàs	4	3	8,0	32,0
Despatx-1	5	2	12,5	62,5
Despatx-2	5	2	12,5	62,5
TOTAL				0,92 m³/s

(*) L'ocupació de cada sala s'ha determinat comptant cadires.

Segons l'establert a la taula 1.4.2.4 de la instrucció tècnica 1.1.4.2.3, per als espais no dedicats a la ocupació humana permanent la ventilació requerida serà menor, tal i com es pot observar a la Taula 17.

Taula 17. Cabal de ventilació requerit en zones no dedicades a l'ocupació permanent.

Dependència	Superfície (m ²)	Categoria	Cabal requerit per unitat de superfície	Cabal requerit (l/s)
PLANTA 0				
Lavabo adaptat	4,90	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	2,70
PLANTA 1				
Lavabo -1	3,60	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	1,98
Lavabo -2	5,87	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	3,23
Arxiu	16,63	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	9,15
Escala-ascensor	16,16	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	8,88
Passadís	16,85	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	9,27
Sala rack	11,02	IDA 3	0,55 dm ³ /m ² ·s	6,06
TOTAL				41,27 (0,041 m³/s)

Als lavabos aquests nivells de ventilació requerits s'aconseguiran mitjançant extracció forçada i una impulsió natural (per sota les portes).

Pel que fa a l'arxiu i la sala rack, no es disposa de ventilació forçada, la ventilació serà natural a través de portes i finestres.

El passadís i l'escala atès que es tracten de zones de pas, les portes s'aniran obrint i tancant contínuament de manera que es ventilaran de forma natural.

Pel que fa a la ventilació de la resta de zones, segons la Instrucció tècnica 1.2.4.5.2 del RITE, quan el cabal d'aire expulsat sigui superior a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ es recuperarà l'energia del mateix.

Atès que en aquest cas, tal i com es mostra a la Taula 16, se supera el límit esmentat, caldrà una instal·lació de recuperació de calor amb els paràmetres mínims establerts a la Taula 2.4.5.1. del RITE.

- Eficiència mínima: 44 %
- Pèrdua de pressió: 140 Pa

Es projecten dos recuperadors de calor tèrmics (recuperen la calor sensible). Un d'ells, amb les característiques que es mostren a continuació per la ventilació del menjador, vestuaris i entrada en planta baixa:

- Model CADB-D 18 AH de la marca Soler&Palau o similar.
- Cabal màxim: $1.900 \text{ m}^3/\text{h}$
- Eficiència sensible: 51,60 %

L'altre per a la resta de sales de l'altell, més les oficines i les dues sales en planta baixa. Disposarà de les següents característiques:

- Model CADB-D 30 AH de la marca Soler&Palau o similar.
- Cabal màxim: $3.100 \text{ m}^3/\text{h}$
- Eficiència sensible: 52,50 %

Els lavabos es ventilaran amb extractors de les següents característiques:

- Model EDM-80N de la marca Soler & Palau o similar.
- Cabal en descàrrega lliure: $80 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Potència absorbida en descàrrega lliure: 0,009 kW.

En el plànol 07 de l'«Annex H: Plànols» es mostra la instal·lació de ventilació esmentada i s'enumeren les millores projectades en l'apartat 7.3.

6.4 INSTAL·LACIÓ ACS

Per al disseny de les instal·lacions d'aigua calenta sanitària li és d'aplicació la secció «HE-4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària».

A nivell de Catalunya li serà d'aplicació el Decret d'Ecoeficiència [20].

A nivell municipal, al tractar-se d'un edifici situat al municipi de La Garriga, li serà d'aplicació l'Ordenança reguladora de la implantació de sistemes de captació d'energia solar [21].

Per el disseny de la instal·lació d'aigua calenta sanitària, en primer lloc es determina el consum d'aigua calenta sanitària a partir de la Taula 4.1 de la secció 4 del document bàsic CTE-HE. Aquesta taula defineix uns valors unitaris de la demanda de referència a 60 °C.

Les divuit persones de la nau que faran ús dels vestuaris se solen dutxar al final del dia, mentre que les vint-i-dues persones d'oficines no es dutxen al acabar el torn. Únicament es dutxaran els treballadors d'oficines que fan ús del gimnàs al temps d'esbarjo (es consideren 6 treballadors).

$$18 \text{ treballadors nau} \rightarrow 18 \cdot 21 \text{ l/dia-persona} = 378 \text{ l/dia}$$

$$6 \text{ persones oficines que fan ús del gimnàs} \rightarrow 6 \cdot 21 \text{ l/dia-persona} = 126 \text{ l/dia}$$

$$16 \text{ persones oficines no fan ús del gimnàs} \rightarrow 16 \cdot 2 \text{ l/dia-persona} = 32 \text{ l/dia}$$

El consum total serà de 536 l/dia (demanda de referència a 60 °C). Al tractar-se d'un consum d'aigua calenta superior a 50 l/dia, es requerirà una contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària.

Atès que l'edifici de projecte es troba al municipi de La Garriga, al qual li correspon la zona climàtica III [22], i la demanda total d'ACS de l'edifici es troba entre el rang de valors entre els 50 i 5.000 l/d, la contribució solar mínima anual per ACS segons la secció 4 del CTE-HE serà del 40%.

Segons el Decret d'Ecoeficiència, com que l'energia de suport projectat per a aquesta opció és un termo elèctric (efecte Joule), la producció solar mínima haurà de ser del 70%.

La normativa municipal de La Garriga estableix un mínim d'aportació solar per a ACS del 60%.

De les tres normatives esmentades, s'ha de prendre el valor més restrictiu, de manera que la **contribució solar mínima anual per ACS és del 70%** requerida pel Decret d'Ecoeficiència.

Pel que fa a la temperatura mitjana de l'aigua freda de la xarxa, s'ha consultat a l'Apèndix B del CTE-DB-HE4. Atès que la Garriga no és capital de província, es prenen les temperatures de Barcelona, les quals s'han de corregir mitjançant l'expressió (1) [23].

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot A_Z \quad (1)$$

Essent A_Z la diferència entre l'altura de la localitat i la capital de província (la diferència entre La Garriga i Barcelona és de 243 m). El paràmetre B es pren 0,0066 pels mesos d'octubre a març i 0,0033 pels mesos d'abril a setembre.

El càlcul de la instal·lació d'energia solar es mostra a l' «Annex B: Càlcul energia solar tèrmica».

Es projecta una instal·lació formada per tres captadors solars amb les següents característiques:

- Model SRV 2.3 de la casa SAUNIER DUVAL o similar.
- Superfície útil: 2,35 m².
- Rendiment òptic: 0,79.
- Coeficient de pèrdues al primari: 2,41 W/m²·K
- Coeficient de pèrdues al secundari: 0,048 W/m²·K²
- Orientació: sud.
- Inclinació: 45°.

L'energia tèrmica s'acumularà en un interacomulador de 600 l amb aïllament de 50 mm de gruix amb poliuretà d'alta densitat. Amb això es dona compliment al requeriment establert per la secció 4 del CTE, segons el qual el volum de l'interacomulador s'ha de moure entre $50 < V/A < 180$, essent V el volum de l'interacomulador (l) i A la suma de les àrees dels captadors (m²).

L'energia de suport serà mitjançant un termos elèctric de 400 l amb una potència de 4500 W.

Per tal de tractar contra la legionel·la l'aigua de l'interacomulador, es disposarà d'un sistema de recirculació amb el termos elèctric per tal de fer circular aigua a 70°C i matar les bactèries.

Es projecta un aerotermos com a dissipador d'energia contra el sobreescalfament de la instal·lació solar tèrmica ja que el rendiment al juliol i a l'agost està per sobre el 100 % tal i com es mostra a l' «Annex B: Càlcul energia solar tèrmica». Aquest tindrà una potència 10 kW per un $\Delta T=80$ °C.

En el plànol 08 de l' «Annex H: Plànols» es mostra la instal·lació d'ACS per l'edifici base i s'enumeren les millores projectades en l'apartat 7.4.

6.5 INSTAL·LACIÓ FONTANERIA

Per a la instal·lació de fontaneria li serà d'aplicació el document bàsic HS4 del CTE a nivell estatal i el Decret 21/2006 d'Ecoeficiència a nivell autonòmic.

El cabal màxim permès és més exigent a la normativa autonòmica, la qual indica que les aixetes de lavabos, aigüeres i dutxa obtindran un cabal màxim de 12 l/min a una pressió dinàmica d'1 bar. Per les cisternes del vàters requereix de mecanismes de doble descàrrega o de descàrrega interrompible.

En l'edifici de projecte, es disposa de quatre cambres higièniques, el menjador i la sala office-gimnàs. Cadascuna d'elles disposa dels sanitaris que es mostren a la Taula 18.

Taula 18. Sanitaris per a cada dependència.

DEPENDÈNCIA	RENTAMANS	AIGÜERA	DUTXA	URINARI	VÀTER
Lavabo adaptat	1	0	1	0	1
Vestuaris	8	0	9	1	2
Menjador	1	1	0	0	0
Gimnàs-office	1	1	0	0	0
Lavabo -1	1	0	0	0	1
Lavabo -2	1	0	1	0	1

Ahora es disposa d'una font d'aigua tipus "Canaletas" que queda fora de l'estudi d'eficiència del consum d'aigua ja que només s'utilitza per beure.

A la Taula 19 es mostra el tipus aixetes escollit per a cadascun dels sanitaris per a l'edifici base.

Taula 19. Models i cabals de sanitaris escollits.

Aparell sanitari	Tipus	Model	Cabal	Índex eficiència
Rentamans	Mesclador monocomandament	Atlas de la casa ROCA o similar	5 l/min	2
Aigüera	Mesclador monocomandament	L20 de la casa ROCA o similar	8 l/min	1
Dutxa	Mesclador monocomandament	Monodin-N de la casa ROCA o similar	12 l/min	0
Urinari	Aixeta de pas recte temportizat	Sprint-N de la casa ROCA o similar	1,2 l/ús	0
Vàter	Cisterna de doble descàrrega	Victoria de la casa ROCA o similar	3/6 l/ús	1

S'ha pres com a referència per a l'eficiència de les aixetes, els valors de indicats per l'eina BREEAM. Aquesta tracta d'una eina per a l'avaluació de la sostenibilitat d'edificis desenvolupada per l'Institut Tecnològic de Galícia (ITG) [24]. Els nivells d'eficiència dels aparells sanitaris s'ordenen de 0 a 5 (de menys a més eficient).

Els aparells escollits donen compliment a la normativa vigent en termes d'instal·lacions de fontaneria.

A part, es disposa d'una zona enjardinada de 100 m² que cal regar, el consum d'aigua de la qual s'estima de 400l/m²-any, essent el consum diari dels dies que es rega (ja que en els mesos d'hivern el consum d'aigua serà gairebé nul) de 5 l/m².

En el plànol 08 de l' «Annex H: Plànols» es mostra la instal·lació de fontaneria per a l'edifici base i s'enumeren les millores projectades en l'apartat 7.5.

6.5.1 CÀLCUL CONSUM TOTAL D'AIGUA

Per a calcular el consum total d'aigua, es defineix un perfil d'utilització dels aparells sanitaris. L'Institut Català d'Energia (ICAEN) defineix els consums mitjans diaris segons dispositiu per persona [25]. A partir d'aquí s'ha definit els perfils d'utilització per el personal d'oficines i pels treballadors de la nau que utilitzaran menjador i vestuaris.

Taula 20. Perfil d'utilització d'aigua pel personal d'oficines.

PERFIL UTILITZACIÓ AIGUA PERSONAL D'OFICINA		
Aparell sanitari	Freqüència diària	Durada servei
Vàter descàrrega total	0,50	-
Vàter descàrrega parcial	2,00	-
Rentamans	3,00	20 s
Dutxa	0,25	420 s
Aigüera	1,00	40 s

Taula 21. Perfil d'utilització d'aigua pels treballadors de la nau.

PERFIL UTILITZACIÓ AIGUA TREBALLADORS NAU		
Aparell sanitari	Freqüència diària	Durada servei
Vàter descàrrega total	0,5	-
Vàter descàrrega parcial	1,0	-
Urinaris	1,0	-
Rentamans	4,0	30 s
Dutxa	1,0	420 s
Aigüera	1,0	40 s

Aigües de Barcelona cobra el consum d'aigua de forma bimestral, per això en aquest apartat es calcula el consum d'aigua per dos mesos. Es decideix fer aquest càlcul per a dos mesos d'estiu ja que és quan el consum d'aigua de reg de la zona enjardinada és més elevat.

Amb el perfil d'utilització definit, els cabals dels aparells projectats per aquesta opció i el consum d'aigua de reg de la zona enjardinada, el consum d'aigua bimestral és de 932 m³. El càlcul del consum d'aigua es justifica a l' «Annex E: Càlcul consums aigua».

6.6 INSTAL·LACIÓ ENLLUMENAT

Al tractar-se d'una instal·lació d'un edifici de nova construcció en el qual s'hi desenvoluparà una activitat d'ús administratiu, li és d'aplicació el document bàsic HE-3: Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació del Codi Tècnic de l'Edificació.

L'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació d'una zona es determina mitjançant el valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI (W/m²) per cada 100 lux, amb l'expressió (2) [23].

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (2)$$

Essent,

- P la potència de la làmpada i l'equip auxiliar [W].
- S la superfície de la il·luminada.
- E_m la il·luminació mitjana horitzontal mantinguda [lux]

Per aquest cas, l'eficiència energètica a cada cambra dependrà de l'ús que li estigui donant:

- Zones comunes (lavabos, vestuari i sala office): $VEEI_{lim} = 4,0$
- Oficines: $VEEI_{lim} = 3,0$
- Menjador: $VEEI_{lim} = 8,0$

Per a les sales d'ús administratiu s'han projectat pantalles quadrades de 60x60 cm per col·locar en fals sostre de 40 W cadascuna. En canvi a la resta de zones s'hi ha situat lluminària tipus downlight de 30 W o de 15 W en funció de les necessitats d'il·luminació.

La instal·lació d'enllumenat projectada compleix amb el requeriments d'eficiència energètica tal i com es mostra a la Taula 22.

Taula 22. Justificació de l'eficiència energètica de la instal·lació.

Zona	L·luminàries led [W]	Potència [W]	Superfície [m ²]	Em [lux]	VEEI
PLANTA BAIXA					
Entrada	6x40 W	240	48,18	275	1,81 < 3
Sala -1	2x30 W	60	9,89	375	1,62 < 3
Sala -2	2x30 W	60	9,89	405	1,50 < 3
Oficines	9x40 W	360	58,41	310	1,99 < 3
Lavabo adaptat	2x15 W	30	4,90	332	1,84 < 4
Vestuaris	9x30 + 2x15 W	300	60,70	195	2,53 < 4
Menjador	2x30 + 3x15 W	105	20,60	275	1,85 < 8
PLANTA ALTELL					
Oficines -1	12x40 W	480	76,79	310	2,02 < 3
Sala de juntes	6x40 W	240	21,45	418	2,68 < 3
Lavabo -1	2x15 W	30	3,60	282	2,96 < 4
Lavabo-2	3x15 W	45	5,87	205	3,74 < 4
Office-gimnàs	5x30 W	150	18,93	318	2,49 < 4
Despatx -1	4x40W	160	17,34	444	2,08 < 3
Despatx -2	5x40W	200	28,64	370	1,89 < 3

El càlcul de la luminància mitjana mantinguda [lux] s'ha realitzat mitjançant el programa DIALux.

La potència instal·lada en il·luminació serà de 6,39 W/m² inferior a la màxima permesa per una zona d'ús administratiu (12 W/m²).

L'arxiu, la sala rack, l'escala i el passadís queden exclosos de la present exigència però també cal projectar una instal·lació que suposi un estalvi energètic.

Per això a la sala *rack*, a l'arxiu i al passadís s'hi ha instal·lat *downlights* led encastats al sostre de 30 W. A l'escala s'hi ha situat dos aplics amb lluminària tipus led de 16 W cadascun.

Les instal·lacions d'il·luminació disposaran d'un **sistema de control i regulació**.

Cada sala disposarà del seu propi interruptor d'encesa. En els espais d'ús esporàdic s'hi disposarà detectors de presència o polsadors temporitzats.

Atès que la major part de les sales tenen una profunditat inferior a 6 m, s'instal·larà un equip de fotocèl·lula crepuscular per a detecció d'intensitat lluminosa i dispositiu de regulació de la il·luminació per a totes les lluminàries tal i com exigeix la secció 3 del document bàsic HE del CTE.

En el plànol 09 de l'«Annex H: Plànols» es mostra la instal·lació d'enllumenat per a l'edifici base.

6.7 AMIDAMENTS EDIFICI BASE

S'ha realitzat uns amidaments del cost dels tancaments i instal·lacions projectades per l'edifici base, les partides dels quals es poden observar a l' «Annex C: Amidaments».

En aquest Annex C, es mostren les partides de l'edifici base de color gris fluix i amb l'encapçalat de color blau.

A partir del amidaments del cas base s'ha calculat l'increment de cost que suposen les millores projectades en l'apartat 7 de la present memòria. En el mateix Annex C es mostren partides de color negre i amb l'encapçalat de color taronja que corresponen a les millores. Per a cada una d'elles es mostra l'increment respecte la solució de l'edifici base.

A continuació, a la Taula 23, es mostra les partides generals dels amidaments de l'edifici base, a partir de les quals s'ha calculat la inversió necessària per a cada millora.

Taula 23. Amidaments edifici base.

RESUM GENERAL AMIDAMENTS OPCIÓ 1	
PARTIDA	IMPORT €
01. TANCAMENTS LATERALS	119.329,90
02. COBERTA	58.030,17
03. TERRES	23.662,71
04. INSTAL·LACIÓ IL·LUMINACIÓ	4.664,38
05. INSTAL·LACIÓ CLIMATITZACIÓ	47.261,15
06. INSTAL·LACIÓ VENTILACIÓ	6.961,56
07. INSTAL·LACIÓ ENERGIA SOLAR	7.943,77
08. INSTAL·LACIÓ FONTANERIA	5.029,86
TOTAL	272.883,5 €

6.8 ANÀLISI EFICIÈNCIA EDIFICI BASE

A continuació es mostren les dades de consum d'energia i emissions de CO₂ de l'edifici base, calculades a partir de l'eina unificada LIDER-CALENER (vegeu Figura 9). A partir d'aquests valors s'analitza l'estalvi d'energia i d'emissions obtingut per a les millores projectades a l'apartat 7.

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	B	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	B
		3,00		1,79	
		Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹		REFRIGERACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	A
		1,13		5,40	

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	C	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	B
		17,68		10,57	
		Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹		REFRIGERACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	A	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	A
		6,70		38,80	

Figura 9. Resultats certificació corresponent a l'edifici base.

A tall de resum:

- Consum de energia primària no renovable: 73,75 kWh/m²·any
- Emissions de CO₂ a l'atmosfera: 11,32 kg/m²·any
- Qualificació energètica: A

Aplicant el factor de conversió 2,007 kWh EP NR/kWh EF [13] i el preu 0,13 €/kWh [14] de l'energia elèctrica (aquests factors s'expliquen amb més profunditat a l'apartat 4.3.1 de la present memòria):

- Consum energia final: 18.946,80 kWh/any
- Cost energia consumida: 2.463,08 €/any

S'observa que la instal·lació que més consumeix és la d'enllumenat, tot i que la instal·lació requerida per la normativa ja és molt eficient, aquesta és l'única instal·lació que estarà en funcionament durant totes les èpoques de l'any (amb més o menys intensitat) i durant més hores.

El consum de la instal·lació de calefacció és major a la de refrigeració ja que la duració de la temporada de calefacció és major a la de refrigeració. A part, el fet de tenir uns vidres amb un factor solar baix afavoreix a l'estiu però perjudica a l'hivern.

Cal tenir present que l'edifici base dissenyat per a complir requisits normatius obté una qualificació A, la qual representa el millor indicador de l'eficiència de l'edifici.

A partir d'aquí s'estudien mesures per a millorar l'eficiència energètica de l'edifici, però cal tenir en compte que el nivell d'eficiència obtinguda per l'edifici base ja és bona.

Pel que fa al consum anual d'aigua referent a la instal·lació de fontaneria, aquest és de 932 m³.

7 DISSENY DE L'EDIFICI MILLORANT LA SEVA EFICIÈNCIA

En aquesta part del projecte s'analitzarà la viabilitat de realitzar un conjunt de canvis per a millorar l'eficiència energètica de l'edifici. En primer lloc es tracten els tancaments i a continuació les instal·lacions.

De cadascuna de les mesures estudiades se n'analitza l'estalvi energètic respecte l'edifici base mitjançant l'eina informàtica HULC i la rendibilitat econòmica.

7.1 TANCAMENTS

Per tal de millorar l'eficiència dels tancaments s'analitza la influència de cada element de l'envolvent sobre la càrrega tèrmica total dels tancaments. Tal i com es pot observar a la Taula 24, l'element que té una major influència en la càrrega tèrmica dels tancaments són les finestres.

Aquests valors s'extreuen del càlcul manual de les càrregues tèrmiques de cada cambra que s'ha adjuntat a l' «Annex A: Càlcul de càrregues tèrmiques».

Taula 24. Anàlisi influència dels tipus de tancament a la càrrega tèrmica total dels tancaments.

% Afectació en la càrrega tèrmica dels tancaments	Part opaca façana	Finestres façana	Particions interiors	Solera	Coberta
PB. Entrada	8 %	85 %	3 %	4 %	-
PB. Sala 1	-	-	66 %	34 %	-
PB. Sala 2	11 %	85 %	-	4 %	-
PB. Oficines	11 %	79 %	4 %	5 %	-
PB. Vestuaris	9 %	73 %	12 %	6 %	-
PB. Menjador	11 %	82 %	4 %	4 %	-
P1. Oficines	10 %	74 %	2 %	-	15 %
P1. Sala rack	-	-	57 %	-	43 %
P1. Sala juntes	13 %	80 %	3 %	-	4 %
P1. Office-gimnàs	6 %	65 %	18 %	-	10 %
P1. Despatx -1	8 %	77 %	4 %	-	11 %
P1. Despatx -2	10 %	76%	3 %	-	11 %

7.1.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES

S'analitzen diferents millores per tal de reduir la càrrega tèrmica aportada pels tancaments (classificades com TX, essent X el nombre identificador de la millora).

OBERTURES EN FAÇANA

En primer lloc s'analitzen mesures a realitzar en les obertures de façana, ja que tal i com s'ha observat a la Taula 24, corresponen a l'element de l'envolvent que té més influència sobre les càrregues tèrmiques de l'edifici.

- **Millora T1: Vidres finestres 6/12/4+4 de baixa emissió i laminats per la cara interior.**
Es canvien els vidres de les finestres, de 6/8/4+4 a 6/12/4+4. L'ampliació de la càmera d'aire dóna unes millors propietats tèrmiques ($U=1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ i un factor solar del 36%).
- **Millora T2: Vidres finestres 6/16/4+4 de baixa emissió i laminats per la cara interior.**
Se segueix millorant els tipus de vidres a instal·lats, augmentat la mateixa proporció de la càmera d'aire que a la millora T1. Les propietats tèrmiques que dóna aquest vidre són: $U=1,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ i un factor solar de 36%.
- **Millora T3: Vidres finestres 6/16/4+4 de baixa emissió i laminats per la cara interior. Cambra intermèdia de gas argó.**
Es valora la opció de posar els vidres amb la cambra de gas argó, amb el qual donen unes millors propietats tèrmiques: $U=1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ i un factor solar de 36%.
- **Millora T4: Marc de les finestres amb trencament de pont tèrmic de poliamida de 24 mm.**
L'augment de pont tèrmic redueix la transmitància tèrmica dels marcs, que passarà a ser $U=2,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
- **Millora T5: Col·locació de marquesines per sobre les finestres**
La millora T5 consisteix en introduir una marquesina a totes les finestres, excepte les que tenen orientació nord, les quals només tenen incidència directe de la radiació solar a primera i última hora i no genera un estalvi significatiu. Cada marquesina projectada disposa de l'amplada de la finestra (1,00 m) i sobresurt 1,25 m respecte de façana.

TANCAMENTS OPACS DE FAÇANA

Després de les obertures de façana, l'element que té més incidència a les càrregues tèrmiques de l'edifici (vegeu Taula 24) són els panells de façana.

En el cas base s'han projectat panells sandvitx in situ amb aïllament de llana de roca de 60 mm. En primer lloc s'estudia la rendibilitat d'augmentar el gruix de l'aïllament (millores T6 i T7).

També s'estudia l'opció de col·locar aïllament de llana de roca entre el panell i l'extradossat de plaques de cartró guix (millora T8).

- **Millora T6: Panell sandvitx amb aïllament de llana de roca de 80 mm.**
S'augmenta l'aïllament dels panells sandvitx in situ de façana de 60 a 80 mm, la qual cosa comporta una reducció de la transmitància tèrmica a $U=0,36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

- **Millora T7: Panell sandvitx amb aïllament de llana de roca de 100 mm.**
S'augmenta l'aïllament dels panells sandvitx in situ de façana de 60 a 100 mm, la qual cosa comporta una reducció de la transmissió tèrmica a $U=0,29 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
- **Millora T8: Aïllament de llana de roca de 50 mm entre extradossat i panell.**
S'estudia l'opció de col·locar aïllament de llana de roca entre la perfil·laria que aguanta l'extradossat interior. Aquesta mesura és la que suposa una inversió econòmica més gran.

COBERTA

Tal i com es pot observar a la Taula 24, la coberta té un percentatge d'afectació a les càrregues tèrmiques similar a la part opaca de façana.

En el cas base es disposa d'un fals sostre amb aïllament de llana mineral de 60 mm i d'una coberta deck amb aïllament de 50 mm.

S'estudia la rendibilitat econòmica d'augmentar el gruix dels tancaments de coberta.

- **Millora T9: Fals sostre amb aïllament de llana de roca de 80 mm.**
S'augmenta el gruix de l'aïllament de llana de roca del fals sostre, de 60 a 80 mm.
- **Millora T10: Coberta deck amb aïllament de llana mineral de 60 mm i reduint la conductivitat tèrmica $\lambda=0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.**
S'augmenta el gruix de l'aïllament de llana mineral de la coberta deck i es col·loca un aïllament amb una millor conductivitat tèrmica, de $\lambda=0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

SOLERA

Per acabar amb el conjunt de millores analitzades per a l'envolvent tèrmica de l'edifici, s'estudia la rendibilitat de millorar el comportament tèrmic de la solera. Cal tenir present que la solera és el tancament que proporciona una afectació menor a les càrregues tèrmiques de l'edifici, al voltant del 5% (vegeu Taula 24).

- **Millora T11: Augment gruix de l'aïllament de poliestirè extruït a 80 mm.**
- **Millora T12: Augment gruix de l'aïllament de poliestirè extruït a 100 mm.**

7.1.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA

Es calcula el consum energètic per a cada mesura proposada mitjançant l'eina unificada HULC. A continuació (Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21) s'adjunten els resultats obtinguts per a cada millora proposada.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	72,81A		11,16 A

Figura 10. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T1.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	72,47A		11,10 A

Figura 11. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T2.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	72,00A		11,03 A

Figura 12. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T3.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	73,64A		11,30 A

Figura 13. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T4.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	72,76A		11,18 B

Figura 14. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T5.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	73,32A		11,25 A

Figura 15. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T6.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	73,01A		11,20 A

Figura 16. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T7.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	72,94A		11,18 A

Figura 17. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T8.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A 107.01-173 B 173.89-267.5 C 267.52-347.77 D 347.77-428.03 E 428.03-535.03 F =>535.03 G	73,63A	<16.65 A 16.65-27.0 B 27.05-41.62 C 41.62-54.10 D 54.10-66.59 E 66.59-83.24 F =>83.24 G	11,30 A

Figura 18. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T9.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A 107.01-173 B 173.89-267.5 C 267.52-347.77 D 347.77-428.03 E 428.03-535.03 F =>535.03 G	73,64A	<16.65 A 16.65-27.0 B 27.05-41.62 C 41.62-54.10 D 54.10-66.59 E 66.59-83.24 F =>83.24 G	5,90A

Figura 19. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T10.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A 107.01-173 B 173.89-267.5 C 267.52-347.77 D 347.77-428.03 E 428.03-535.03 F =>535.03 G	73,77A	<16.65 A 16.65-27.0 B 27.05-41.62 C 41.62-54.10 D 54.10-66.59 E 66.59-83.24 F =>83.24 G	11,32 A

Figura 20. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T11.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A 107.01-173 B 173.89-267.5 C 267.52-347.77 D 347.77-428.03 E 428.03-535.03 F =>535.03 G	73,75A	<16.65 A 16.65-27.0 B 27.05-41.62 C 41.62-54.10 D 54.10-66.59 E 66.59-83.24 F =>83.24 G	11,32 A

Figura 21. Resultats corresponents a l'edifici base amb la introducció de la mesura T12.

A partir d'aquests resultants, aplicant els factors de conversió per a passar d'energia primària no renovable a energia final explicats a l'apartat 4.3.1 es pot calcular l'estalvi d'energia final aconseguit respecte l'edifici base i també l'estalvi econòmic.

Aquests resultats s'adjunten a la Taula 25, en els quals també es mostra l'anàlisi de la rendibilitat econòmica.

La procedència de l'increment de cost que suposa cada millora (inversió inicial) es pot observar a l'«Annex C: Amidaments», on s'ha calculat el preu de la millora i la diferència de la mateixa respecte l'element constructiu dissenyat en l'edifici base. Per a determinar la vida útil de cada mesura s'ha consultat bibliografia [26] [27]. Pel càlcul del cost decennal de manteniment, es pren la diferència de cost de la millora projectada respecte de la solució del cas base, en alguns casos, tal i com s'indica a la Taula 25, aquesta diferència és nul·la [28].

Taula 25. Recull de mesures analitzades en tancaments

	Inc. cost (€)	Estalvi consum EF final (kWh/any)	Estalvi CO ₂ (kg)	Estalvi econòmic (€)	Vida Útil (anys)	Cost decennal manteniment (€)[28]	VAN (€)	TIR (%)	Pay Back (anys)
T1	84,82	241,46	82,48	31,40	50	- (*)	373,94	28,26	3,54
T2	239,40	328,79	113,42	42,74	50	- (*)	396,90	13,87	7,20
T3	1.221,62	449,52	149,51	58,44	50	239,40	-543,03	1,24	35,25
T4	1.448,86	30,80	10,31	4,00	50	-	-1252,83	-3,51	>50
T5	9.095,34	254,30	72,18	33,06	30	1300,00	-8745,58	-9,84	>50
T6	146,55	110,45	36,09	14,36	30	- (*)	44,26	7,15	12,22
T7	605,49	190,08	61,86	24,71	30	- (*)	-230,30	1,03	25,68
T8	3235,72	208,07	72,18	27,05	30	65,56	-2546,91	-5,37	>30
T9	613,44	30,82	10,31	4,01	30	- (*)	-484,36	-5,16	>30
T10	399,65	28,26	9,32	3,70	30	- (*)	-302,50	-4,44	>30
T11	260,26	-	-	-	30	-	-	-	-
T12	399,65	-	-	-	30	-	-	-	-

(*) No suposa un increment en el cost de manteniment.

7.1.3 CONCLUSIONS PARCIALS

OBERTURES EN FAÇANA

Com conclusions dels canvis proposats per les obertures de façana, s'ha observat que és rendible millorar el comportament tèrmic fins a un cert punt.

Pel que fa als vidres, les millores T1 i T2 són dues opcions a realitzar que surten rendibles econòmicament. Per escollir entre les dues, en termes econòmics caldria analitzar les necessitats del client, quant li costa el diner a invertir o l'interès en recuperar la inversió més aviat. En termes

d'estalvi energètic, s'optaria per la opció T2, vidres 6/16/4+4, ja que comporta un estalvi major d'energia i d'emissions de diòxid de carboni.

A partir d'aquí, els vidres amb la cambra intermèdia de gas argó (mesura T3) proporcionen un major estalvi energètic, però al ser la inversió inicial més elevada, aquesta mesura no surt rendible econòmicament.

Pel que fa als marcs de les finestres, en el cas base s'ha projectat uns marcs amb un trencament de pont tèrmic mitjançant una làmina de polietilè de 14,6 mm, els quals s'han considerat necessaris per complir amb la secció HE1 del CTE. En el present apartat s'ha determinat que no és rendible col·locar uns marcs amb un trencament de pont tèrmic superior (millora T3). Si bé cal tenir present que en aquest cas, el percentatge dels marcs (17%) és bastant inferior respecte els vidres, fet que provoca que no tingui tanta influència. En altres casos on el percentatge dels marcs fos superior, la present conclusió podria anar en sentit contrari.

S'estudia, també, l'opció de posar marquesines a sobre les finestres per a què creïn ombra i així reduir el factor solar de les mateixes. Aquesta mesura crea un estalvi energètic de 254,30 kWh/any però suposa una inversió inicial bastant elevada, no resulta rendible econòmicament. Analitzant més profundament els resultats de la certificació energètica, s'observa que aquesta mesura provoca una reducció del consum de refrigeració i un augment en calefacció. Això és degut a què la reducció de la radiació que incideix sobre les finestres a l'hivern provocarà que la instal·lació de calefacció hagi de treballar més.

TANCAMENTS OPACS DE FAÇANA

En la mateixa línia comentada per les obertures de façana, surt rendible econòmicament millorar el comportament tèrmic dels tancaments opacs fins a un cert punt.

Tal i com es pot observar a la Taula 25, surt rendible augmentar l'aïllament del tancament de panell sandvitx in situ fins a 80 mm (millora T6, $U_{\text{tancament}}=0,36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), a partir d'aquí l'increment del cost (inversió inicial) es dispara i deixa de ser rendible.

Tampoc surt a compte afegir aïllament entre l'extradossat i el panell sandvitx in situ (millora T8). El fet a que tot i afegir un aïllament de 50 mm de gruix no proporcioni resultats d'estalvi energètic gaire superiors a les altres mesures (T6 i T7) és degut a què es tracta d'un aïllament per l'interior, que no actua contra els ponts tèrmics de la mateixa manera que ho fa un aïllament per l'exterior.

COBERTA

Tal i com es pot observar a la Taula 25, no és rendible augmentar les propietats tèrmiques dels tancaments de coberta.

Això és degut a què el tancament projectat a l'edifici base per a complir el marc normatiu ja proporciona unes bones propietats tèrmiques, a partir d'aquí millorar-les suposa una inversió addicional elevada que no genera un estalvi suficient perquè la mesura surti rendible econòmicament.

A part, tal i com ja s'ha comentat anteriorment, en el present edifici la coberta té un percentatge d'influència a les càrregues tèrmiques al voltant del 10 %, de manera que les millores en aquest tancament tenen un impacte poc significatiu al consum total d'energia.

SOLERA

Les millores a la solera (T11 i T12), que consisteixen en augmentar l'aïllament de poliestirè extruït, no suposen un estalvi significatiu de l'energia consumida final. Es pot afirmar, que per aquest cas, no té sentit millorar el comportament tèrmic de la solera per sobre el que exigeix la normativa.

7.2 INSTAL·LACIO DE CLIMATITZACIÓ

Per tal de millorar l'eficiència de la climatització, s'estudia realitzar una instal·lació geotèrmica (millora C1).

7.2.1 DESCRIPCIÓ I CÀLCUL INSTAL·LACIÓ GEOTÈRMIA

Per al disseny de la instal·lació de geotèrmia s'utilitza la metodologia de disseny de la Internacional *Ground Source Heat Pump Association* (IGSHPA), metodologia vàlida per a una primera aproximació del disseny de sistemes geotèrmics [29].

1) DEFINICIÓ DE LA BOMBA DE CALOR AIGUA-AIGUA I DEL FLUX CIRCULANT

Partint de les necessitats tèrmiques de l'edifici del cas base, s'escull una bomba de calor aigua-aigua model RED MAX-63 de TECNA o similar amb les següents característiques (el fabricant indica que aquestes dades s'han calculat d'acord amb el que estableix la norma EN 14551-3:2001).

- Refrigeració:
 - Potència màxima: 48,30 kW.
 - EER: 4,17
 - Temperatura entrada/sortida usuari: 7/12 °C (d'acord amb EN 14551-3:2001).
 - Temperatura entrada/sortida sondes: 35/30 °C (d'acord amb EN 14551-3:2001).
- Calefacció:
 - Potència màxima: 68,40 kW.
 - COP: 5,89.
 - Temperatura entrada/sortida usuari: 35/30 °C (d'acord amb EN 14551-3:2001).
 - Temperatura entrada/sortida sondes: 7/10 °C (d'acord amb EN 14551-3:2001).

Com a flux circulant, s'escull un fluid portador d'aigua i anticongelant propilenglicol al 30 % en volum, el qual té una viscositat cinemàtica $7,01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

2) ELECCIÓ DE CONFIGURACIÓ

Es decideix projectar l'intercanviador de calor amb el terra mitjançant una **configuració de tubs verticals** ja que ocupa menys espai i proporciona una major eficiència. Cal esmentar, però, que és més car. Tot i així en aquesta cas s'ha prioritzat l'espai, ja que no es disposa d'un espai suficient sense formigonar per a realitzar una configuració horitzontal.

Per a l'intercanvi de calor amb el sòl, es projecten **sondes geotèrmiques doble U** ja que ofereixen un major rendiment, fet que provoca que la longitud requerida sigui menor.

Es realitzaran un total de 10 perforacions amb una separació entre elles de 8 m, quedant una matriu de 5 per 2 que ocupa una superfície total de 256 m².

A continuació es realitza un anàlisi detallat per a determinar la profunditat de les perforacions.

3) DEFINICIÓ DEL DIÀMETRE DE LES SONDAS

Perquè l'intercanvi de calor es produeixi d'una forma òptima, el flux s'ha de trobar en fase turbulenta, de manera que es calcularà el diàmetre de la sonda per tal que el flux es trobi en aquesta fase ($Re > 2.300$) a partir de l'expressió (3).

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot D} > 2.300 \quad (3)$$

Essent:

- Q el cabal que circula pels tubs.
- ϑ la densitat cinemàtica del fluid tèrmic.
- D el diàmetre de les sondes a determinar.

El cabal que circula pels tubs es calcula a partir de les necessitats tèrmiques \dot{Q} , la calor específica C_p del fluid tèrmic i l'increment de temperatura a l'intercanviador ΔT a partir de l'expressió (4).

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (4)$$

Essent \dot{m} el cabal màssic del fluid, a partir del qual es calcula el cabal que passa pels tubs.

A partir d'aquestes expressions es calcula el diàmetre màxim requerit per a dimensionar les sondes (vegeu Taula 26).

Taula 26. Càlcul diàmetre màxim de l'intercanviador amb el subsòl.

	\dot{Q} (kW)	C_p (kJ/kg·K)[29]	ΔT [°C]	ρ_{fluid} (kg/m ³) [29]	Q (m ³ /s)	ϑ (m ² /s)	$D_{màx}$ (mm)
Refrigeració	48,11	2,50	5,00	863,00	$4,46 \cdot 10^{-3}$	$7,01 \cdot 10^{-5}$	35,20
Calefacció	23,15	2,50	3,00	863,00	$3,57 \cdot 10^{-3}$	$7,01 \cdot 10^{-5}$	28,20

S'escullen unes sondes geotèrmiques per a instal·lació vertical model Geo Vertis D32 de "UPONOR IBERIA" formada per dos tubs de polietilè reticulat (PE-Xa) de 32 mm i 2,9 mm de gruix. El diàmetre interior és de 26,2 mm, inferior als 28,2 mm limitats per mantenir el règim turbulent en mode de calefacció.

4) LONGITUD DE L'INTERCANVIADOR ENTERREAT

El mètode de disseny IGSHA proposa les expressions (5) i (6), per a calcular la longitud de l'intercanviador en mode calefacció i en mode refrigeració respectivament.

$$L_c = \frac{Q_c \cdot \frac{COP - 1}{COP} \cdot (R_p + R_s \cdot f_c)}{T_L - T_{MIN}} \quad (5)$$

$$L_r = \frac{Q_r \cdot \frac{EER + 1}{EER} \cdot (R_p + R_s \cdot f_r)}{T_{MAX} - T_H} \quad (6)$$

Els paràmetres d'aquestes expressions es defineixen a continuació:

- **Temperatura màxima i mínimes de la terra (T_H i T_L)**

Les fluctuacions diàries de temperatura deixen d'apreciar-se a partir dels 8 m, així que al tractar-se d'una instal·lació vertical s'utilitza el valor de temperatura mitjana anual [29].

$$\circ T_m = T_H = T_L = 15,5^\circ C \quad [30]$$

- **Temperatures màximes i mínimes d'entrada del fluid tèrmic a la bomba de calor (T_{MIN} i T_{MAX})**

Tal i com s'ha definit a les propietats de la bomba de calor.

$$\circ T_{MIN} = 7^\circ C$$

$$\circ T_{MAX} = 35^\circ C$$

- **Resistència dels tubs al flux de calor R_p**

Es calcula aquest paràmetre a través de l'expressió (7).

$$R_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_p} \cdot \ln\left(\frac{D_{ext}}{D_{int}}\right) \quad (7)$$

Essent:

- D_{ext} el diàmetre exterior dels tubs, 32 mm.
- D_{int} el diàmetre interior dels tubs, 26,2 mm.
- K_p la conductivitat tèrmica dels tubs → Polietilè reticulat 0,41 W/m·K [31].

Per tant, la resistència tèrmica R_p dels tubs de polietilè val 0,078 m·K/W.

- **Resistència tèrmica del sòl R_s**

Per determinar la resistència del sòl exacte caldria realitzar un assaig tècnic de la parcel·la on es construeix l'edifici. Aquest estudi té un cost econòmic que no es pot assumir en el present projecte.

El Ministeri de Medi Ambient d'Espanya disposa d'un catàleg amb informació dels sondejos realitzats arreu del país. Atès que es tracta d'un projecte teòric on s'estudia la viabilitat de realitzar millores en l'eficiència de l'edifici, es considera acceptable prendre les dades d'un estudi existent proper a la zona.

L'estudi geotècnic més proper que s'ha trobat realitzat a una profunditat suficient per a la instal·lació geotèrmica se situa a 9,60 km de La Garriga, al terme municipal de Sant Antoni de Vilamajor (vegeu Figura 22) i recull els següents resultats [32]:

- Sondeig nº 4579, fitxa 393.
- Tipus de sondeig: clava + rotació.
- Profunditat del sondeig: 154,00 m.
- Tipus de terreny: Graves i argiles.

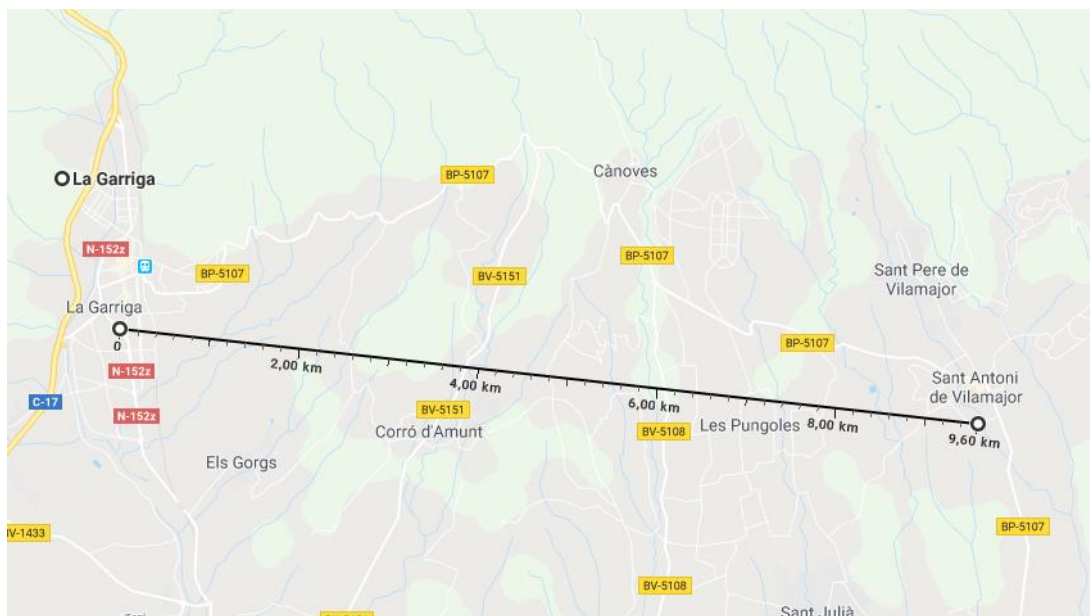


Figura 22. Situació de l'estudi geotècnic més proper.

La conductivitat tèrmica per a les graves i argiles s'aproxima a 1,0 W/m·K [29], de manera que la resistència tèrmica del sòl R_s és de 1,0 m·K/W.

- **Factor d'utilització de refrigeració i de calefacció f_r i f_c**

El factor d'utilització representa la fracció de temps que està en funcionament la bomba de calor i, per tant, el temps de funcionament estacional de la instal·lació.

És un factor molt important en el disseny de sistemes geotèrmics, ja que determina la quantitat de calor que el sistema intercanvia amb el terra al llarg de l'any, és a dir, la calor que s'extreu del subsòl durant el mode de calefacció i la que s'hi injecta durant el mode de refrigeració.

Per a determinar els factors d'utilització s'han realitzat els càlculs segons indica la Guia Tècnica de Disseny de l'IDAE [29]. A l' «Annex D: Càlcul factors d'utilització de la instal·lació de geotèrmia» s'indica el procediment seguit per a la determinació dels factors d'utilització:

- $f_r=0,254$
- $f_c=0,457$

Amb això, ja es pot calcular la longitud de l'intercanviador amb el subsòl en mode calefacció i refrigeració:

- $L_c= 3574,25$ m
- $L_r= 1019,54$ m

Per a determinar la profunditat de cada sondeig es pren la longitud més desfavorable, de 3574,25 m.

Considerant que es realitzen 10 perforacions i que la sonda és de doble U, la profunditat requerida serà de 89,35 m. A partir d'aquest valor, s'escull el valor comercial major → **La longitud de les perforacions serà de 100 m.**

5) DEFINIR UNITATS INTERIORS

Com a unitats terminals es projecten fan-coils tipus cassette, els models i el preu dels quals es mostra a l' «Annex C: Amidaments».

7.2.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I RENDIBILITAT ECONÒMICA

Es calcula l'estalvi energètic respecte l'edifici base, tornant a calcular l'edifici amb l'eina informàtica HULC introduint la instal·lació geotèrmica i comparant els consums i emissions de CO₂ respecte els resultats obtinguts per l'edifici base (vegeu Figura 23).

A partir d'aquests resultats, aplicant els factors de conversió per a passar d'energia primària no renovable a energia final i el preu de l'electricitat explicats a l'apartat 4.3.1, es pot calcular l'estalvi de consum d'energia aconseguit respecte l'edifici base i també l'estalvi econòmic.

L'increment de cost de la instal·lació de climatització amb geotèrmia respecte el sistema VRV projectat en l'edifici base es mostra de forma desglossada per partides a l' «Annex C: Amidaments».

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<107.01 A	62,20A	<16.65 A	9,36A
107.01-173 B		16.65-27.0 B	
173.89-267.5 C		27.05-41.62 C	
267.52-347.78 D		41.62-54.11 D	
347.78-428.03 E		54.11-66.59 E	
428.03-535.04 F		66.59-83.24 F	
=>535.04 G		=>83.24 G	

Figura 23. Resultats obtinguts aplicant la millora C1.

A la Taula 27 es mostra la inversió que suposa aquesta millora, l'estalvi energètic aconseguit i la seva rendibilitat econòmica.

La vida útil de la instal·lació s'ha determinat de 50 anys, prenent el valor corresponent al sistema de captació [33]. Atès que la vida útil de la bomba serà inferior, en el cost decennal de manteniment, a part del cost de conservació de la instal·lació, s'ha considerat que cada 20 anys caldrà canviar la bomba de calor.

Taula 27. Rendibilitat econòmica de instal·lació de geotèrmia per a la climatització.

	Inc. cost (€)	Estalvi consum EF final (kWh/any)	Estalvi CO ₂ (kg)	Estalvi econòmic (€)	Vida Útil [33] (anys)	Cost decennal manteniment (€) [28]	VAN	TIR (%)	Pay Back (anys)
C1	66.366,87	2.966,86	1010,46	385,69	50 (*)	2.827,81	-57.752,73	-4,23	>50

(*) Es considera la vida útil del sistema de captació. La bomba de calor té una vida útil menor, 20 anys, aquest fet es veu reflectit en el cost decennal de manteniment.

7.2.3 CONCLUSIONS PARCIAIS

Tal i com es pot observar en la Taula 27, la millora proposada per a la instal·lació de climatització no surt rendible econòmicament.

Tot i que la instal·lació geotèrmica proposada provoca una reducció del consum energètic i d'emissions de CO₂ molt considerables, necessita d'una inversió econòmica inicial molt alta.

7.3 INSTAL·LACIÓ DE VENTILACIÓ

7.3.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES PROPOSADES

Per millorar l'eficiència de la instal·lació de ventilació, s'analitzarà la instal·lació de recuperadors entàlpics, els quals recuperen tant la calor sensible com la latent i ofereixen un major rendiment.

Aquest tipus de recuperadors disposen d'un rotor format per plaques d'alumini tractat amb productes dessecatius com el gel de silicó, el qual es un gran absorbent de la humitat.

L'inconvenient que té recuperar el vapor es que tot i que els fluxos d'aire d'entrada i de sortida segueixen estant separats, el vapor d'aire transferit pot ser portador de virus i bacteries. Aquest fet serà crític en àmbits sanitaris, però per aquest cas no és determinant.

Pel que fa a la demanda d'aire de ventilació i el cabal mínim, atès que les condicions d'ús de l'edifici no s'han modificat, seran les mateixes que en el cas base.

En el cas base es disposa de dos recuperadors de calor sensible, un destinat a menjador, vestuaris i entrada, i l'altre destinat a la resta de zones. En el present apartat s'analitzen els canvis que es mostren a continuació (es classifiquen com millora VX, essent X el nombre d'identificació de la millora):

- **Millora V1: recuperador entàlpic amb eficiència 70 % de menjador, vestuaris i entrada.**

Es projecta un recuperador entàlpic projectat per al menjador, vestuaris i entrada que té les següents característiques:

- Model: MURE 1500 de la casa MundoClima o similar.
- Cabal màxim: 1500 m³/h
- Eficiència: 70%

- **Millora V2: recuperador entàlpic amb eficiència 85 % de menjador, vestuaris i entrada.**

S'estudia l'opció d'instal·lar un recuperador entàlpic per al menjador, vestuaris i entrada amb una major eficiència:

- Model: LGH-150RVX-E de MITSUBISHI o similar
- Cabal màxim: 1500 m³/h
- Eficiència: 85%

- **Millora V3: recuperador entàlpic amb eficiència 69 % per la resta de sales.**

S'analitza la rendibilitat d'instal·lar un recuperador entàlpic a la resta de les sales, aquest tindrà les següents característiques:

- Model: CFR-PHE + 320 de TECNA o similar
- Cabal màxim: 3000 m³/h
- Eficiència nominal: 69%

- **Millora V4: substituir els dos recuperadors per a recuperadors entàlpics d'alta gamma**

En aquest cas no es tenen en compte aspectes econòmics i es projecten dos recuperadors entàlpics del mercat amb bona eficiència. Amb això es pretén simular l'estalvi màxim de consum i d'emissions de CO₂ que es pot obtenir amb els models del mercat actuals.

Per al menjador, vestuaris i entrada es projecta el mateix model que per la opció V2.

Per la resta de sales es projecta un recuperador entàlpic amb les següents característiques:

- Model: LGH-250 RVXT-E de MITSUBISHI o similar
- Cabal màxim: 2500 m³/h
- Eficiència nominal: 77 %

La ventilació dels lavabos, es manté segons el disseny projectat en l'edifici base, consistent en extractors de bany model EDM-80N de la marca Soler&Palau o similar.

7.3.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA

A continuació (Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27) es mostren els resultats obtinguts amb l'eina unificada HULC, una vegada introduïdes les millores de V1 a V4 respectivament.

A partir d'aquests resultats es realitza, com a la resta dels casos, una comparativa amb els resultats obtinguts en l'edifici base (dissenyat seguint requeriments normatius).

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	71,84 A		11,00 A

Figura 24. Resultats corresponents a la introducció de la millora V1.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	71,15 A		10,88 A

Figura 25. Resultats corresponents a la introducció de la millora V2.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

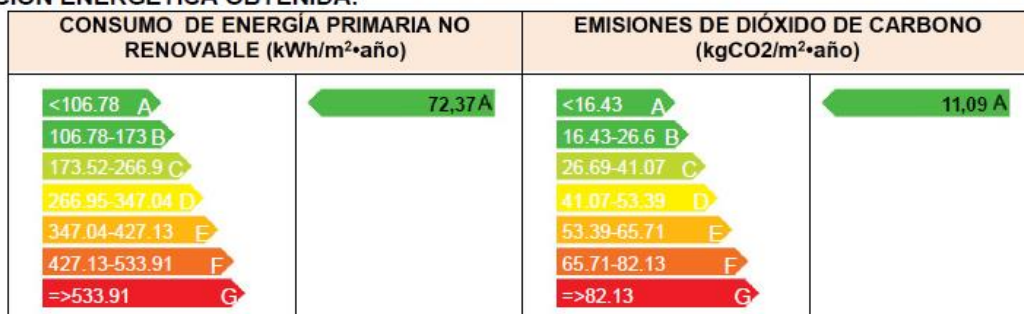


Figura 26. Resultats corresponents a la introducció de la millora V3.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

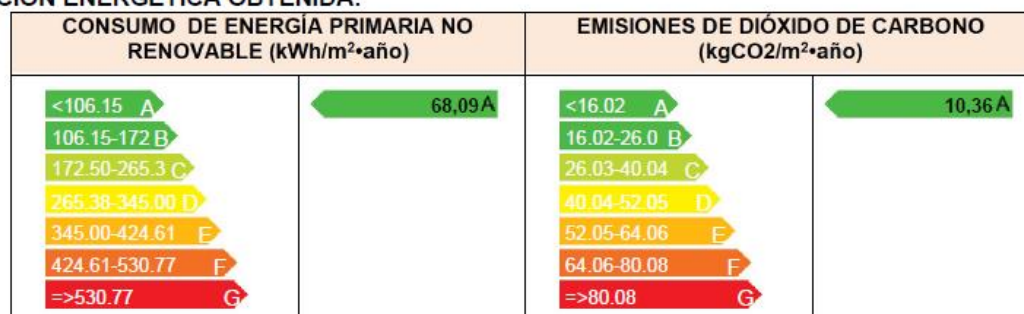


Figura 27. Resultats corresponents a la introducció de la millora V4.

A la Taula 28 es mostra l'estalvi energètic de cada millora respecte l'edifici base i també la rendibilitat econòmica.

Com a la resta de casos, l'increment de cost de cada opció respecte l'edifici base es justifica de forma desglossada per partides a l' «Annex C: Amidaments».

Els recuperadors entàpics projectant requereixen d'un manteniment major als recuperadors de calor de l'edifici base [28], així es reflecteix a la Taula 28.

Taula 28. Recull de mesures analitzades per a la instal·lació de ventilació.

	Inc. cost (€)	Estalvi consum EF final (kWh/any)	Estalvi CO ₂ (kg)	Estalvi econòmic (€)	Vida Útil [34] (anys)	Cost decennal manteniment (€)[28]	VAN	TIR (%)	Pay Back (anys)
V1	221,73	490,62	164,97	63,78	20	240	239,75	18,91	4,38
V2	3.551,73	667,86	226,84	86,82	20	280	-2368,05	-6,48	32,43
V3	1.384,06	354,58	118,57	46,08	20	240	-906,55	-7,76	37,10
V4	9.490,79	1453,89	494,92	189,01	20	560	-6594,51	-6,99	42,90

7.3.3 CONCLUSIONS PARCIALS

Tal i com s'indica a la Taula 28, surt rendible econòmicament substituir el recuperador del menjador, vestuaris i entrada per a un recuperador entàlpic (V1). Cal dir però, que per aquesta millora s'ha escollit un equip de gamma baixa del mercat, el qual proporciona una eficiència del 70%, ja que si es projecta un equip de gamma mitjana-alta (V2) aquesta millora no surt rendible econòmicament.

Pel que fa al recuperador de la resta de sales, no surt rendible substituir el recuperador del cas base (exigit per la normativa) per un recuperador entàlpic de gamma baixa (V3). Això es deu a què el recuperador de menjador, vestuaris i entrada no requereix tant de cabal, i al ser un equip més petit la diferència de preu no és tan elevada.

Respecte l'última millora estudiada, substituir els dos recuperadors del cas base per a recuperadors entàlpics de gamma alta (V4), aquesta opció no surt rendible econòmicament però és la que proporciona uns nivells de reducció d'estalvi energètic i d'emissions de CO₂ més elevats.

Com a conclusió parcial, es pot afirmar que en alguns casos pot sortir rendible econòmicament projectar un recuperador entàlpic de gamma baixa en comptes del recuperador exigit per normativa. Però com a regla general, en edificis amb les característiques del cos d'oficines de projecte, no surt rendible en termes econòmics augmentar l'eficiència per sobre dels nivells establerts per la normativa.

7.4 INSTAL·LACIÓ ACS

7.4.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES A REALITZAR

CALDERA DE GAS AUXILIAR

Es proposa una primera millora consistent en canviar el tipus d'energia de suport a les plaques solars, en comptes d'un termos elèctric es projecta una caldera de gas natural (millora ACS1).

A part de la caldera de gas, es projecta un dipòsit per a emmagatzemar l'aigua calenta provinent de la font de suport ja que no es permet la connexió d'un sistema de generació auxiliar a l'acumulador solar (Document bàsic HE4 del CTE).

UTILITZAR ENERGIA GEOTÈRMICA PER A ACS

Alhora, s'analitza una altra opció a partir de la instal·lació de geotèrmia projectada en l'apartat 7.2 per a la climatització de l'edifici (millora C1).

La metodologia de la millora ACS2 és diferent a la resta, ja que aquí s'analitza la rendibilitat econòmica respecte una de les millores (C1) en comptes de fer-ho respecte de l'edifici base. Considerant que s'hagués decidit realitzar la instal·lació de geotèrmia, s'estudia si també surt a compte utilitzar aquesta instal·lació per a l'aigua calenta sanitària enlloc d'utilitzar plaques solars.

Per aquest cas s'ha escollit una bomba de calor que disposa de dos intercanviadors, un per climatització i l'altre per ACS. A l'estiu pot refrigerar i donar ACS a la vegada, ja que la calor sobrant de la climatització l'utilitza per a escalfar l'aigua. En canvi a l'hivern treballarà en mode calefacció o bé escalfant l'aigua.

7.4.2 ANÀLISI DE L'ESTALVI ENERGÈTIC I LA RENDIBILITAT ECONÒMICA

A la Figura 28 i Figura 29 es mostra els consums energètics i d'emissions de diòxid de carboni obtingudes amb la introducció de la millora ACS1 i ACS2 respectivament.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

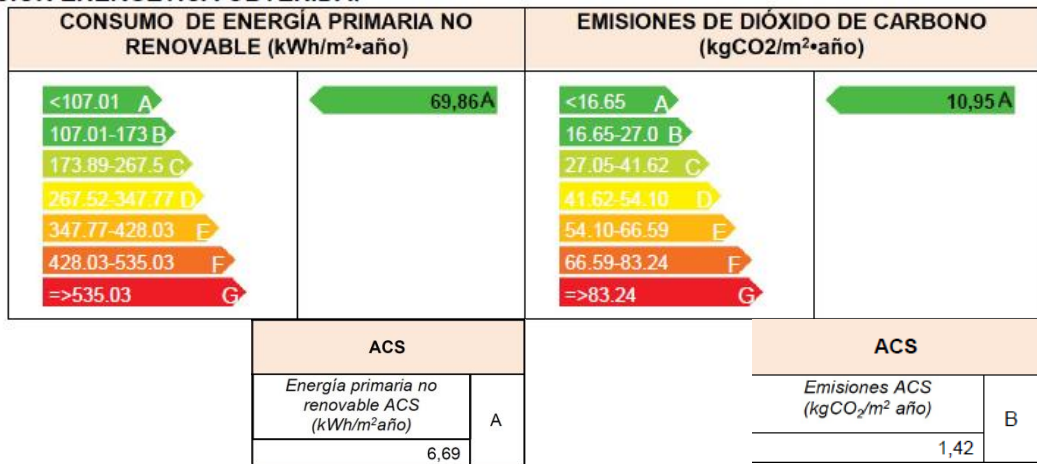


Figura 28. Introducció de la mesura ACS1 a l'eina unificada HULC.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
	55,99A		8,31A
ACS		ACS	
Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	A
4,37		0,74	

Figura 29. Introducció de la mesura ACS2 a l'eina unificada HULC.

Per a la mesura ACS1 no té sentit calcular el valor d'energia final estalviada ja que s'estan comparant dues energies diferents (el termos elèctric del cas base amb una caldera de gas natural). Per aquesta raó a la Taula 29 es proporciona el valor de l'estalvi de consum d'energia primària no renovable.

En aquest cas, a banda del cost de la caldera de gas natural i el dipòsit, caldrà tenir en compte el cost de la instal·lació de gas a realitzar, ja que en l'edifici base no es disposa de cap instal·lació que funcioni amb gas natural [35].

Per a les instal·lacions d'aigua calenta sanitària que funcionen amb gas natural la revisió periòdica exigida pel RITE és cada 5 anys, aquest preu es té en compte en el cost de manteniment decennal.

Taula 29. Mesura ACS1 per a millorar l'eficiència de la instal·lació d'ACS.

	Inc. cost (€)	Estalvi consum EP NR (kWh/any)	Estalvi CO ₂ (kg)	Estalvi econòmic (€)	Vida Útil (anys)	Cost decennal manteniment (€) (*)	VAN	TIR (%)	Pay Back (anys)
ACS1	1.567,87	2.000,30	190,75	209,40	15	500	135,74	6,02	8,56

(*) Es té en compte el preu de la revisió requerit per a la instal·lació de gas natural.

Les millores introduïdes a la instal·lació d'ACS es comparen en diferents taules, ja que per la mesura ACS2, sí que es pot comparar energia final consumida, ja que l'energia final és electricitat tant en l'edifici base com en la millora ACS2 (vegeu Taula 30).

Com a cost de la millora, es pren el sobrecost que suposa utilitzar la instal·lació de geotèrmia per ACS respecte només utilitzar-lo per a la climatització de l'edifici. I com a increment del cost (inversió inicial) es compara aquest sobrecost amb la instal·lació d'ACS del cas base (plaques solars i termos elèctric de suport).

Pel que fa al cost de manteniment decennal, es considera la diferència entre el cost de manteniment de la bomba de calor i la instal·lació de plaques solars.

Taula 30. Mesura ACS2 per a millorar l'eficiència de la instal·lació d'ACS.

	Inc. cost (€)	Estalvi consum EF final (kWh/any)	Estalvi CO ₂ (kg)	Estalvi econòmic (€)	Vida Útil [34] (anys)	Cost decennal manteniment (€)[28]	VAN	TIR (%)	Pay Back (anys)
ACS2	1.261,31	1.592,60	541,32	207,04	20	619,68	446,50	9,27	7,37

7.4.3 CONCLUSIONS PARCIALS

Tal i com es pot observar a la Taula 29, col·locar una caldera auxiliar de gas natural i un dipòsit com a energia de suport a les plaques solars surt rendible econòmicament.

Tot i així, la TIR és bastant baixa i el *pay back* bastant elevat, de manera que el client no obtindrà un gran estalvi econòmic amb aquesta mesura.

Cal tenir en compte que per a la opció ACS1, s'ha considerat el cost de fer arribar la instal·lació de gas natural a l'edifici, suposant que prèviament no tenia connexió de gas. En cas que es tractés d'un edifici que sí que disposés d'instal·lació de gas, aquesta millora seria molt més rendible econòmicament.

Tal i com es pot observar a la

Les millores introduïdes a la instal·lació d'ACS es comparen en diferents taules, ja que per la mesura ACS2, sí que es pot comparar energia final consumida, ja que l'energia final és electricitat tant en l'edifici base com en la millora ACS2 (vegeu Taula 30).

Com a cost de la millora, es pren el sobrecost que suposa utilitzar la instal·lació de geotèrmia per ACS respecte només utilitzar-lo per a la climatització de l'edifici. I com a increment del cost (inversió inicial) es compara aquest sobrecost amb la instal·lació d'ACS del cas base (plaques solars i termos elèctric de suport).

Pel que fa al cost de manteniment decennal, es considera la diferència entre el cost de manteniment de la bomba de calor i la instal·lació de plaques solars.

Taula 30, en cas que es decideixi realitzar una instal·lació geotèrmica per a la climatització, surt rendible adaptar la instal·lació perquè doni aigua calenta sanitària ja que el sobrecost que suposa es recupera en 7 anys i escaig.

La rendibilitat econòmica és major per a la millora ACS2 però en aquest cas les dues millores no són comparables, ja que cal tenir present que la opció d'utilitzar geotèrmia s'està avaluant suposant que la instal·lació geotèrmica és existent i només cal un sobrecost per adaptar la bomba de calor, en cas que s'hagués de realitzar la instal·lació geotèrmica únicament per a aigua calenta sanitària no seria rendible.

D'altra banda, amb una instal·lació de geotèrmia només treballant per ACS, de la mateixa manera que passa amb l'aerotèrmica, no es podria justificar la secció HE4 del CTE.

7.5 INSTAL·LACIÓ FONTANERIA

7.5.1 DESCRIPCIÓ DE LES MESURES ESTUDIADES

En el present apartat es proposen diferents canvis per tal d'assolir una reducció en el consum d'aigua potable.

Per tal de tenir un indicatiu econòmic per estudiar la rendibilitat de les mesures estudiades, cal determinar el preu de l'aigua consumida. Per això s'han considerat els costos variables pel consum d'Aigües de Barcelona [10], els quals consisteixen en una tarifa progressiva en funció del consum (vegeu Taula 31).

Taula 31. Costos variables pel consum d'aigua a Barcelona.

PREUS SEGONS TRAM CONSUM AIGUA		
Tram	Consum mensual	Preu €/m ³
1	0-6 m ³	0,6087 €/m ³
2	7-9 m ³	1,2175 €/m ³
3	10-15 m ³	1,8262 €/m ³
4	16-18 m ³	2,4349 €/m ³
5	>18 m ³	3,0436 €/m ³

Els costos fixos no s'han considerat, ja que seran els mateixos i no influiran en la comparativa de la rendibilitat econòmica.

Atès que el consum bimestral (freqüència amb la qual Aigües de Barcelona passa la factura) pel cas base és de 149 m³ sense tenir en compte l'aigua de reg, superior a 18 m³, el cost variable utilitzat per a analitzar la rendibilitat de les millores estudiades serà $C_{v5_aigua}=3,0436 \text{ €/m}^3$.

MESURES ANALITZADES PELS APARELLS SANITARIS

En primer lloc s'estudien canvis en les aixetes dels aparells sanitaris (es classifiquen com millora FX, essent X el número d'identificació de la mesura):

- **Millora F1 (vàter):**

Es projecta un vàter amb un cabal de 4,5 l/ús amb descàrrega total i 3 l/ús amb descàrrega parcial.

- **Millora F2 (vàter):**

Es projecta un vàter amb un cabal de 4 l/ús amb descàrrega total i 2 l/ús amb descàrrega parcial.

- **Millora F3 (urinari):**

Es projecta un urinari que funciona sense aigua. Aquest urinari disposa d'una capa d'acabat que evita l'adhesió de líquid a la seva superfície i facilita que llisqui pel sifó. El sifó porta un líquid especial, d'una densitat inferior que l'aigua, que permet que l'orina traspassi la capa de líquid i desaiigüi cap a la xarxa de clavegueram.

- **Millora F4 (rentamans):**

S'estudia l'estalvi de consum d'aigua amb la instal·lació d'una aixeta temporitzada.

- **Millora F5 (rentamans):**

En aquesta millora es projecta un mesclador electrònic per al rentamans.

- **Millora F6 (dutxa):**

Es projecta una aixeta termostàtica. Aquest tipus d'aixetes disposen d'un selector de temperatura amb una escala graduada que permet triar la temperatura, evitant el malbaratament d'aigua durant el temps que s'ajusta manualment la temperatura de l'aigua desitjada.

- **Millora F7 (aigüera):**

Per aquest cas se segueix projectant un mesclador monocomandament, però se n'escull un que consumeix un cabal inferior.

ALJUB AIGÜES PLUVIALS

A continuació s'analitza l'opció de construir un aljub de recollida d'aigües pluvials per a l'alimentació dels vàters, urinaris i el reg de la zona enjardinada (millora F8).

La capacitat de captació d'aigua de pluja es determina segons l'expressió (8).

$$V_{captació} = \frac{MAP \cdot S_{captació} \cdot f}{1000} \quad (8)$$

Essent:

- $V_{captació}$: capacitat de captació d'aigua pluvial (m^3).
- MAP : Mitjana anual de precipitació (mm), 621 mm per el municipi de La Garriga [25].
- $S_{captació}$: Superfície de captació en projecció horitzontal (m^2), 250,53 m^2 .
- f : Factor d'eficiència de captació, coberta deck $\rightarrow f = 0,9$.

Així la capacitat de captació d'aigua de pluja $V_{captació}$ serà de 140 m^3 .

Es pot estimar el volum del dipòsit de captació com entre una sisena i una quarta part de la capacitat de captació d'aigua de pluja [25], per tant per el cas estudiat el volum de l'aljub es mourà entre 23,33 i 35 m^3 .

Es sobredimensionarà el dipòsit per tal que durant els mesos d'estiu, que és quan hi ha demanda pel reg de la zona enjardinada i quan els registres pluvials són menors, es pugui tirar d'aigua acumulada dels mesos anteriors. Així, es decideix realitzar un aljub soterrat de recollida d'aigües pluvials de 6 x 3,5 m per 2 m de profunditat (42 m³).

7.5.2 ANÀLISI ESTALVI D'AIGUA I RENDIBILITAT ECONÒMICA

Per aquest cas, l'eina unificada HULC no simula el consum d'aigua, de manera que l'estalvi aconseguit s'ha calculat de forma manual. A l'«Annex E: Càlcul consums aigua» es pot observar el full de càlcul utilitzat per a calcular els estalvis d'aigua respecte l'edifici base que es mostren a la Taula 32.

Pel càlcul de la vida útil dels aparells sanitaris, s'ha consultat el nombre d'usos mitjà dels aparells sanitaris [36], i a partir del perfil d'utilització de l'apartat 6.5.1 s'ha aproximat la durada.

El cost de manteniment de les mesures estudiades es considera que no augmenta respecte les solucions projectades per l'edifici base, excepte per el cas de l'urinari sense aigua. Aquest model requereix d'un filtre que s'ha de canviar cada 6.000 usos i té un cost de 168,90 €. Segons el perfil d'utilització definit a l'apartat 6.5.1, l'urinari s'utilitza 5.724 vegades l'any, de manera que s'aproxima que caldrà substituir el filtre cada any. Atès que el cost del filtre és major a l'estalvi anual obtingut (Taula 32), ja no té sentit estudiar la rendibilitat econòmica d'aquesta mesura.

Taula 32. Recull de mesures estudiades per a la instal·lació de fontaneria.

	Cabal (**)	Inc. cost (€)	Estalvi aigua bimestral (m³)	Estalvi € econòmic anual	Vida Útil (anys)	Cost anual manteniment (€)	VAN	TIR (%)	Pay Back (anys)
Vàter									
F1	4,5/3 l/ús (4)	268,00	1,59	29,0	15	- (*)	9,72	5,23	10,22
F2	4/2 l/ús (5)	1.043,60	5,40	98,7	15	- (*)	-75,17	3,63	11,42
Urinari									
F3	0 l/ús (5)	330,34	1,14	20,9	15	-168,90	-	-	-
Rentamans									
F4	3 l/min (5)	227,59	6,15	112,3	10	- (*)	476,94	37,92	2,53
F5	2 l/min (5)	2.982,76	9,22	168,4	10	- (*)	-1408,85	-6,61	14,85
Dutxa									
F6	8 l/min (2)	1.197,90	34,87	636,9	10	- (*)	2779,57	41,01	2,36
Aigüera									
F7	5 l/min (5)	592,90	4,24	77,4	10	- (*)	-21,91	3,94	8,14

(*) No suposa un increment en el cost de manteniment.

(**) Nivells d'eficiència indicats per l'eina de certificació BREEAM [24]

De la mateixa manera que s'ha realitzat per el cas base, a la Taula 32 s'indica el nivell d'eficiència aconseguit segons el cabal consumit per a les aixetes projectades mitjançant els valors de referència

indicats per l'eina BREEAM [24]. Totes les mesures preses, tenen un major indicador d'eficiència que pel cas base.

ALJUB AIGÜES PLUVIALS

Per al càlcul de l'estalvi aconseguit amb l'aljub d'aigües pluvials, el procés és una mica diferent que el realitzat pels aparells sanitaris.

Amb les dades de les precipitacions registrades [37] i els consums, es fa una aproximació del funcionament de l'aljub de recollida d'aigües pluvials. Tal i com es pot observar a la Taula 33, l'únic període bimestral en el qual l'aigua acumulada no serà suficient per alimentar el consum d'aigua de reg, vàters i urinaris, serà el juliol i l'agost, essent l'aigua a consumir de la xarxa de 4,14 m³.

Taula 33. Estimació del funcionament d'aigües pluvials.

Mes	Precipitació mitjana (mm)	Pluges bimestral (m ³)	Consum WC/Urinari (m ³)	Consum reg (m ³)	Consum total (m ³)	Pluvials-consum	Estat aljub	Estalvi €
Gener	50,00							
Febrer	43,00	20,97	17,36		17,36	3,61	31,57	52,80
Març	44,00							
Abril	53,00	21,87	17,36		17,36	4,51	36,08	52,80
Maig	58,00							
Juny	30,00	19,84	17,36	13,50	30,86	-11,02	25,06	93,90
Juliol	24,00							
Agost	41,00	14,66	17,36	26,50	43,86	-29,20	0,00	120,90
Setembre	75,00							
Octubre	91,00	37,43	17,36		17,36	20,07	20,07	52,80
Novembre	66,00							
Desembre	46,00	25,25	17,36		17,36	7,89	27,96	52,80

L'estalvi econòmic anual total es quantifica de 426,0 €, a la Taula 34 se n'analitza la rendibilitat econòmica.

Els costos de manteniment decennal consideren la substitució d'almenys una vegada durant els 50 anys de vida útil de l'aljub (com a element constructiu) tant de l'equip de filtratge com de bombatge.

Taula 34. Rendibilitat econòmica aljub recollida d'aigües pluvials.

	Cost aljub €	Estalvi consum (m ³)	Estalvi Anual €	Vida útil	Cost manteniment decennal	VAN	TIR (%)	Pay back (anys)
F8	7.041,82	140,07	426,0	50	686,89	-1.048,98	3,70	22,76

7.5.3 CONCLUSIONS PARCIALS

MESURES APARELLS SANITARIS

Pel que fa al vàter, surt rendible econòmicament col·locar un vàter amb cisterna de 4,5/3 l per ús (F1), però a partir d'aquí millorar més ja no surt a compte (F2) ja que requereix d'una inversió inicial molt més elevada.

L'urinari sense aigua (F3), tal i com s'ha comentat a l'apartat anterior, requereix de la substitució anual d'un filtre, el cost del qual és superior a l'estalvi obtingut. Per tant no surt a compte instal·lar-lo.

Pel que fa al rentamans, surt rendible econòmicament col·locar una aixeta temporitzada(F4), però igual que passa amb els vàters, a partir d'aquí no surt a compte seguir millorant l'eficiència de les aixetes. D'aquesta manera, per un perfil d'utilització com el definit en el present projecte, el mesclador electrònic no surt rendible (F5).

Per les dutxes sí que surt a compte instal·lar una aixeta termostàtica en comptes del mesclador monocomandament (F6). Aquesta millora és la més rendible de totes ja que les dutxes suposen un percentatge important del consum d'aigua total de l'edifici, i el fet de reduir el cabal consumit per cada ús té una gran influència.

En canvi, per les aigüeres, atès que són l'aparell sanitari amb un ús més residual en el present edifici, no surt a compte millorar-ne l'eficiència.

ALJUB AIGÜES PLUVIALS

Tal i com es pot observar a la Taula 34, l'aljub de recollida d'aigües pluvials no surt rendible econòmicament amb la taxa de descompte considerada. Cal considerar però que si s'aconseguissin els diners per a fer la inversió amb un interès inferior al 3,70 %, la inversió seria rendible.

Per tant, s'observa que aquesta millora està molt al límit entre ser rendible o no ser-ho, el que sí que es pot afirmar és que en cap dels casos el client hi traurà massa benefici.

Tot i així, si es considera l'estalvi d'aigua aconseguit (140,07 m³), aquesta mesura suposa un estalvi del 15,03 % de l'aigua total consumida anual.

7.6 INSTAL·LACIÓ ENLLUMENAT

A l'edifici base s'ha projectat tot l'enllumenat tipus led i a part, per requeriments normatius, s'ha instal·lat un equip de fotocèl·lula crepuscular per a detecció d'intensitat lluminosa i dispositiu de regulació de la il·luminació per a totes les lluminàries. Es considera que no hi ha marge per a realitzar millores en aquesta instal·lació.

7.7 ANÀLISI EFICIÈNCIA EDIFICI RESULTANT

En els apartats anteriors s'han estudiat per separat una sèrie de mesures per a millorar l'eficiència de l'edifici. Mentre que ara es pretén calcular l'estalvi total aconseguit adoptant les mesures de forma conjunta.

Es farà aquest estudi per a dos casos, en un d'ells es prioritzarà que les mesures adoptades siguin rendibles econòmicament, mentre que a l'altre s'enfocarà a les mesures que donen un estalvi energètic major.

7.7.1 CRITERI: RENDIBILITAT ECONÒMICA

En el present apartat es calcula el consum d'energia final escollint el conjunt de mesures que donen una major rendibilitat econòmica (vegeu Taula 35).

Taula 35. Recull de mesures que donen una major rendibilitat econòmica.

ID mesura	Explicació mesura
T2	Vidres finestres 6/16/4+4
T6	Panell sandvitx façana 80 mm
V1	Recuperador entàlpic 70 % vestuaris, menjador i entrada
ACS1	Caldera de gas natural com a suport de les plaques solars

Pel que fa a la instal·lació de fontaneria, a la Taula 36 es mostren el conjunt de mesures que surten rendibles econòmicament.

Taula 36. Recull de mesures instal·lació fontaneria rendibles econòmicament.

ID mesura	Explicació mesura
F1	Vàter amb cisterna de doble descàrrega 4,5/3 l/ús.
F4	Aixeta temporitzada rentamans cabal 3 l/min
F6	Aixeta termostàtica dutxa cabal 8 l/min

L'aplicació d'aquest conjunt de mesures, suposen el següent estalvi energètic (vegeu Figura 30):

- Reducció d'energia final consumida: 1.931,37 kWh/any (reducció del 10,19% respecte de l'edifici base)
- Estalvi econòmic per reducció d'energia consumida: 251,12 €
- Reducció d'emissions de CO₂: 510,38 kg (reducció del 8,74 % respecte de l'edifici base)
- Reducció consum aigua: 255,66 m³ (reducció del 27,53 % respecte de l'edifici base)
- Estalvi econòmic per reducció de consum d'aigua: 778,13 €

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
	10,33 A	CALEFACCIÓN		ACS		
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹	A	Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	B	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	B
			2,14	1,42		
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	A	
		1,37		5,40		

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
	66,23 A	CALEFACCIÓN		ACS		
	Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹	A	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	C	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	A
			12,66	6,69		
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	A	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	A	
		8,08		38,80		

Figura 30. Resultats certificació energètica mesures rendibles amb l'eina unificada HULC.

Les mesures aplicades conjuntament segueixen essent rendibles econòmicament. Atès que cada mesura aplicada té una vida útil diferent, es pren la menor entre el conjunt de millores aplicat ja que és la més restrictiva.

- Inversió inicial= 3.214,81 €
- Vida útil considerada=15 anys
- VAN=5.452,13
- TIR= 24,63 %
- Pay back= 3,89

7.7.2 CRITERI: MAJOR ESTALVI ENERGÈTIC

En el present apartat es calcula com millora l'eficiència de l'edifici prenent el conjunt de millores que suposen un millor estalvi energètic.

Pel que fa a les instal·lacions està clar les millores que es prendran, la instal·lació de geotèrmia per a climatització i aigua calenta sanitària, i els dos recuperadors entàlpics de gamma alta per a la ventilació.

En canvi pels tancaments no es prendran totes les mesures que proporcionin estalvi energètic, ja que tal i com s'ha explicat a l'apartat 7.1, hi ha mesures que suposen un estalvi energètic residual, com són la millora d'aïllament a coberta i solera.

A la Taula 37 es mostra el recull de mesures en tancaments, instal·lació de climatització, ventilació i ACS que proporcionen un millor estalvi energètic.

Taula 37. Conjunt de mesures que aporten una millor eficiència energètica.

ID mesura	Explicació mesura
T3	Vidres finestres 6/16/4+4 amb càmera intermèdia d'argó
T5	Marquesines
T7	Panell sandvitx façana 100 mm
T8	Aïllament llana de roca 50 mm entre extradossat i panell
C1	Instal·lació geotèrmica
V4	Dos recuperadors entàlpics d'alta gamma
ACS2	Instal·lació geotèrmica

Pel que fa a la instal·lació de fontaneria, el conjunt de mesures que ofereixen un major estalvi d'aigua es mostren a la Taula 38. En aquest cas no s'hi inclou l'urinari *waterless*, ja que el fet de projectar un vàter amb un consum inferior provoca que tota l'aigua de vàters, urinaris i reg provingui de l'aljub d'aigües pluvials (en anys en els quals hi ha una pluviometria sobre la mitjana) i per tant aquesta mesura no suposaria cap reducció en el consum d'aigua final.

Taula 38. Conjunt de mesures de la instal·lació de fontaneria que aporten una eficiència energètica millor.

ID mesura	Explicació mesura
F2	Vàter amb cisterna de doble descàrrega 4/2 l/ús.
F5	Mesclador electrònic rentamans 2 l/min
F6	Aixeta termostàtica dutxa cabal 8 l/min
F7	Mesclador monocomandament
F8	Aljub recollida d'aigües pluvials 40 m ³

L'aplicació d'aquest conjunt de mesures, suposen el següent estalvi energètic:

- Reducció d'energia final consumida: 6.059,59 kWh/any (reducció del 31,99 % respecte l'edifici base).
- Estalvi econòmic per reducció d'energia consumida: 787,75 €
- Reducció d'emissions de CO₂: 2.057,00 kg (reducció del 35,25 % respecte l'edifici base).
- Reducció consum aigua: 430,08 m³ (reducció del 46,15 % respecte l'edifici base).
- Estalvi econòmic per reducció de consum d'aigua: 1.309,00 €

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	7,33 A			
	CALEFACCIÓN <i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>		ACS <i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	
	0,41	A	0,74	A
	REFRIGERACIÓN <i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>		ILUMINACIÓN <i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	0,78	A	5,40	A

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	50,16 A			
	CALEFACCIÓN <i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m² año)</i>		ACS <i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m² año)</i>	
	2,41	A	4,37	A
	REFRIGERACIÓN <i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m² año)</i>		ILUMINACIÓN <i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m² año)</i>	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m² año)¹</i>	4,59	A	38,80	A

Figura 31. Resultats certificació energètica mesures més eficients amb l'eina unificada HULC.

Tal i com es mostra ens els paràmetres següents aquest conjunt de mesures no és rendible econòmicament.

- Inversió inicial= 104.136,12 €
- Vida útil considerada= 15 anys
- VAN= -71.962,67
- TIR= - 9,12 %
- *Pay back* = 35,60 anys

8 ESTUDI DE SOSTENIBILITAT DEL PROJECTE

En base a les directius exposades a la Llei 21/2013, de 9 de desembre, d'Avaluació Ambiental [38], es realitza l'estudi de sostenibilitat d'aquest projecte.

8.1 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE

Aquest projecte consisteix, com bé reflexa el títol, en l'estudi de viabilitat dels tancaments i instal·lacions d'un edifici d'oficines tenint en compte diferents nivells d'eficiència energètica.

Per a estudiar els consums d'energia de l'edifici i analitzar l'estalvi produït amb els canvis projectats, s'han realitzat simulacions amb l'eina unificada HULC.

De manera que bàsicament es considera l'estudi de sostenibilitat en la realització d'aquesta tasca.

8.2 ESTUDI D'ALTERNATIVES

Es tracta d'un projecte teòric i per tant es considera que no hi ha alternatives a la seva realització.

8.3 DESCRIPCIÓ DEL MEDI

Aquest projecte s'ha realitzat a les instal·lacions de Bellavista Enginyeria, lloc de treball del projectista i ha tingut una durada sis mesos. Durant aquest temps s'ha estat treballant mitja jornada en el present projecte ocupant un lloc de treball del despatx.

8.4 IDENTIFICACIÓ I VALORACIÓ DELS IMPACTES

En aquest apartat, s'estudien els diferents impactes potencials que es poden produir sobre el medi ambient durant la realització del projecte. La causa d'aquests impactes pot ser l'existència del projecte, la utilització de recursos naturals o l'emissió de contaminants.

D'altra banda, a l'hora de realitzar l'estudi de sostenibilitat d'un projecte, aquest es divideix en unes fases principals que cal considerar: la construcció, realització i desmantellament de l'activitat. Atès que aquest projecte és un estudi teòric només té sentit analitzar l'etapa de realització del projecte.

Els recursos que han estat necessaris per desenvolupar aquesta activitat són el consum d'electricitat i el consum de materials propis d'oficina.

8.4.1 IMPACTES AMBIENTALS POTENCIALS

La causa dels impactes ambientals pot ser l'existència del projecte, la utilització de recursos naturals o l'emissió de contaminants.

Per tant s'ha analitzat l'impacte provocat pel projecte per a les diferents causes.

Impacte per l'existència del projecte

Es produeix un efecte positiu en la realització del projecte. El fet de treballar amb una eina de simulació, a part de fer més viable aquest projecte, evita haver de fer experiments a petita o gran escala per a mesurar la reducció del consum energètic, els quals provocarien un augment dels residus derivats del projecte.

D'altra banda l'estudi sobre la viabilitat de les mesures estudiades per a millorar l'eficiència en edificis tindrà un benefici social ja que aporta una informació a tenir en compte per els projectistes a l'hora de dissenyar edificis. També aporta informació a nivell governamental a l'hora d'analitzar normativa o destinar subvencions econòmiques.

Impacte per l'ús de recursos

Es produeix un impacte directe per l'ús de recursos. Els recursos utilitzats són bàsicament material d'oficina, a banda d'aspectes relacionats amb l'ús d'equips informàtics.

La gestió de residus es realitza segons s'exposa a la Taula 39, en la qual també s'identifica cada residu generat segons la normativa exigida per l'Agència Catalana de Residus[39].

Taula 39. Classificació dels residus generats.

Codi	Residu generat	Procés en què es genera	Via de gestió
200101	Paper	En impressions i prenent anotacions a mà	Contenedor blau de recollida selectiva
080309	Tinta d'impressió	En impressions	Contenedor de tòners i cartutxos d'impressora.
200199	Material d'oficina	Durant l'elaboració del projecte	Contenedor groc de recollida selectiva
160602	Piles i altres acumuladors	Durant l'elaboració del projecte	Punts de recollida selectiva o dipositar-los als contenidors que els productors posen en diferents punts de fàcil accés.
200136	RAEE	Durant l'elaboració del projecte	Sistema de recollida selectiva que implanti el fabricant.

Impacte per emissions

Es considera l'existència d'un impacte de tipus indirecte derivat del consum d'energia elèctrica que suposa una emissió de gasos de CO₂ a l'atmosfera.

El temps de durada de cada simulació mitjançant l'eina informàtica HULC és de 4 minuts, aproximant el nombre de simulacions realitzades a 300, l'ordinador ha estat treballant a plena càrrega durant 20 hores.

Els ordinadors que s'han utilitzat per córrer les simulacions tenen un processador Intel® Core i7-3770, el consum a plena càrrega del quals és de 140 W [40].

Amb el temps total de les simulacions i el consum a plena càrrega en el tipus d'ordinador utilitzat, s'ha determinat que l'energia consumida per l'equip informàtic al llarg del projecte és de 2,80 kWh.

A part d'això, cal considerar el temps que s'ha estat treballant amb l'ordinador a mitja càrrega (75 W), que correspon a la majoria del temps durant el qual s'ha estat redactant, buscant informació, fent càlculs i delineant els plànols entre d'altres. Sabent que s'ha dedicat mitja jornada durant 27 setmanes, el temps total treballant a mitja càrrega és de 540 h i la potència consumida 41 kWh.

Finalment, prenent el valor d'emissió de CO₂ per kWh d'energia final elèctrica del Document Reconegut del RITE publicat en resolució conjunta pels ministeris d'Indústria, Energia i Turisme i el Ministeri de Foment [13], 0,357 kg CO₂/kWh, la massa de CO₂ alliberada per la realització d'aquest projecte és de 15,64 kg de CO₂.

8.4.2 VALORACIÓ DELS IMPACTES

Tots els impactes derivats d'aquest estudi es poden valorar com a impactes compatibles i, per tant, l'impacte global associat al projecte també.

8.5 MESURES PREVISTES

Per tal de minimitzar l'impacte ambiental s'ha dut a terme una correcta gestió dels residus generats.

9 COST DEL PROJECTE

A continuació es presten els costos deguts a la realització del projecte. Aquests es divideixen en dues categories: les despeses de recursos materials i les de recursos humans.

9.1 RECURSOS MATERIALS

Els recursos materials consumits per a la realització del treball han estat material d'oficina, programes informàtics i electricitat.

Tal i com s'ha explicat, el projecte s'ha realitzat a les instal·lacions de Bellavista Enginyeria, de manera que durant la mitja jornada que s'ha realitzat el treball s'ha fet ús del material informàtic del qual disposa aquesta empresa. Per a designar un cost corresponent als equips informàtics es pren l'amortització dels mateixos. El preu de mercat d'un dels ordinadors amb el cost del sistema operatiu i les llicències del paquet ofimàtic inclosos és de 1208 € [41]. Sabent que el màxim percentatge anual que es pot aplicar com a costos d'amortització d'un ordinador és del 26% [42] i que el projectista ha estat treballant mig any en la realització del projecte, es taxa l'amortització de l'equip informàtic en 160 €.

Pel que fa a la resta de programari utilitzat, l'eina unificada HULC és un programari lliure de manera que el cost és nul.

El cost de l'electricitat s'ha calculat a partir dels kWh calculats a l'apartat anterior. Així doncs considerant el mateix preu utilitzat en el present projecte (Taula 2 de l'apartat 4.3.1) de 0,13 € kWh, el preu de l'electricitat per a la realització del present projecte ha estat de 6€.

A continuació es mostra la Taula 40 amb el resum dels costos materials vinculats a la realització del projecte.

Taula 40. Costos associats als recursos materials utilitzats.

Concepte	Cost [€]
Amortització de l'equip informàtic	160
Material d'oficina	60
Electricitat	6
TOTAL	226 €

9.2 RECURSOS HUMANS

En aquest apartat es contemplen les hores de dedicació de la persona encarregada del projecte i de les altres dues persones que hi han tingut una participació activa realitzant tasques de direcció.

Es considera un cost 40 €/hora per l'enginyer tècnic que ha realitzat el projecte, el qual hi ha dedicat una mitjana de 20 hores setmanals durant 27 setmanes. La direcció ha estat a càrrec de dos doctors, amb una dedicació de 2 hores setmanals per cadascun. Els honoraris dels doctors s'estimen amb un cost de 70 €/hora.

Amb les dades esmentades, el cost en aquest projecte derivat dels recursos humans es mostra a la Taula 41.

Taula 41. Costos associats als recursos humans del projecte.

Personal	Cost horari [€/hora]	Hores dedicades	Cost total [€]
Projectista (enginyer tècnic)	30	540	16.200
Director projecte (doctor)	70	54	3.780
Co-directora projecte (doctora)	70	54	3.780
TOTAL			23.760

9.3 COST TOTAL

A la Taula 42 es mostren les despeses totals en la realització del projecte.

Taula 42. Cost total associat a la realització del projecte.

Concepte	Cost [€]
Recursos materials	226,00
Recursos humans	23.760,00
SUBTOTAL	23.986,00
Imprevistos (10%)	2.398,60
TOTAL	26.384,60

Així doncs, el cost total de la realització del projecte és de 26.384,60 €.

10 PLANIFICACIÓ

A la Figura 32 s'exposa el cronograma d'activitats seguides en la realització d'aquest projecte, que ha tingut una durada de sis mesos i mig (27 setmanes).

Durant el primer mes s'ha estat buscant informació sobre l'estat actual de l'eficiència en edificis i s'ha llegit a fons la normativa relacionada amb el projecte. Alhora s'ha escollit una geometria d'un dels projectes realitzats al despatx (edifici de projecte).

A partir de la geometria de l'edifici escollida i la seva distribució d'espais, durant les següents dues setmanes s'ha passat a definir tots els tancaments que conformen l'envolvent de la nau. Les tres setmanes següents han estat dedicades al disseny de les instal·lacions de l'edifici per a complir la normativa. Previ a la definició de les instal·lacions, s'ha confeccionat un full de càlcul per a determinar les càrregues tèrmiques de cada espai, de cares a tenir dades per a dissenyar la instal·lació de climatització.

Una vegada definides les característiques de l'envolvent i les instal·lacions per a complir la normativa, s'han dedicat les següents tres setmanes a introduir l'edifici a l'eina unificada HULC. Cal dir que, al ser la primera vegada que s'ha utilitzat aquesta eina, durant aquest temps també s'ha efectuat un exercici d'aprenentatge de la mateixa.

Arribats a aquest punt s'ha passat a redactar una memòria per a realitzar una entrega parcial als tutors del projecte i analitzar l'estat del mateix.

A partir d'aquí, s'han dedicat les dues setmanes següents (15 i a 16) a introduir modificacions arran de la reunió: com són afegir l'estudi de la instal·lació de fontaneria i la decisió definitiva de treballar amb l'eina unificada HULC.

Arribats a aquest punt, s'han dedicat les següents set setmanes (17 a 23) a estudiar mesures que millorin l'eficiència de l'edifici. Cada mesura s'ha introduït al HULC de forma individual i també se n'ha analitzat la seva rendibilitat econòmica.

Una vegada estudiades tot un conjunt de millores possibles, s'ha decidit aplicar un paquet d'aquestes mesures de forma conjunta a l'edifici per a estudiar l'estalvi final aconseguit.

Finalment, s'han dedicat les últimes tres setmanes a la redacció de la memòria del projecte.

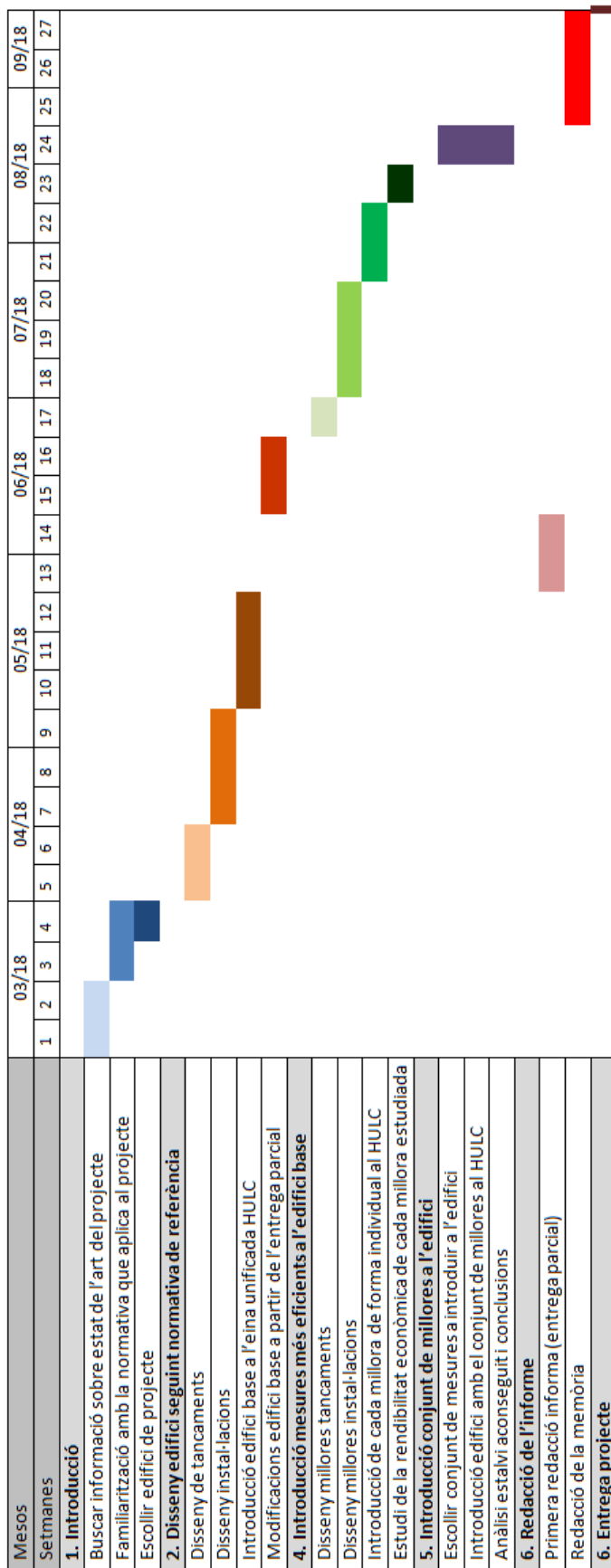


Figura 32. Cronograma d'activitats del projecte.

11 CONCLUSIONS

El treball realitzat durant el desenvolupament d'aquest projecte ha permès extreure les següents conclusions:

Els edificis terciaris de nova construcció dissenyats segons els requisits normatius i amb els productes estàndards que ofereix actualment el mercat aconsegueixen una bona eficiència energètica. L'edifici de projecte ha assolit una qualificació energètica A en el disseny realitzat seguint exigències.

Partint d'un edifici amb una bona eficiència energètica és complicat seguir millorant l'edifici amb mesures que surtin rendibles econòmicament. No és el mateix trobar mesures rendibles per edificis existents amb un comportament molt poc eficient, que per edificis de nova construcció.

Tot i així, s'ha aconseguit reduir les emissions de CO₂ en 510,38 kg (8,74%), l'energia consumida en 1.931,37 kWh/any (10,20%) i el consum d'aigua en 255,66 m³ (27,43%) aplicant mesures rendibles econòmicament, com seria millorar el comportament dels vidres, augmentar l'aïllament dels panells de façana, instal·lar un recuperador entàlpic de gamma baixa, una caldera de gas natural en comptes d'un termos elèctric com a font auxiliar a l'energia solar tèrmica i instal·lar aixetes amb un menor consum d'aigua.

Pel que fa a les instal·lacions, s'ha observat que les que ofereixen un major estalvi energètic requereixen una gran inversió inicial que difícilment surti rendible econòmicament. Per això s'ha estudiat l'estalvi energètic considerant un conjunt de millores sense tenir en compte la rendibilitat econòmica, sinó que únicament l'estalvi energètic. Amb aquest conjunt de millores s'han reduït les emissions de CO₂ anuals en 2.057,00 kg (35,25 %), l'energia consumida en 6.059,59 kWh/any (31,99%) i el consum d'aigua en 430,08 m³ (46,15%).

Es pot afirmar, doncs, que és possible millorar l'eficiència respecte el disseny realitzat seguint normativa amb mesures rendibles econòmicament, però que aquesta millora es mourà al voltant del 10 % en edificis de les característiques de l'edifici de projecte.

Per a aconseguir que els edificis de nova construcció assoleixin una major eficiència energètica respecte l'edifici requerit per normativa, caldrien més subvencions de l'estat. Tal i com s'ha explicat a l'inici d'aquesta memòria, en l'actualitat s'estan donant ajudes per a rehabilitacions que suposin un increment de l'eficiència energètica però no per edificis de nova construcció. Cal tenir en compte, que tot i que el disseny seguint normativa ja sigui eficient, de vegades és més fàcil pel client millorar l'eficiència de l'edifici a l'hora de construir-lo que no pas començar una rehabilitació. Ja que costos

com el projecte tècnic o les taxes de l'ajuntament ja les estarà pagant igualment, faci l'edifici més o menys eficient.

Cal remarcar que la instal·lació de fontaneria es diferencia amb la resta de mesures, ja que amb aquesta s'aconsegueix un major percentatge d'estalvi (27,53%) amb mesures rendibles econòmicament.

Tenint en compte que per a la instal·lació de fontaneria hi ha bastant marge de millora amb mesures rendibles econòmicament, caldria tenir en compte l'opció d'augmentar l'exigència de les normatives actuals de manera que els edificis de nova construcció consumeixin menys aigua.

AGRAÏMENTS

Agraeixo a Jaume Balañá Lladó i Núria Forcada Matheu, director i co-directora del projecte respectivament, pel que m'han ajudat i corregit durant la realització del treball.

Vull agrair als meus companys de feina de Bellavista Enginyeria per tot el que m'han ajudat i em segueixen ensenyant durant la meva introducció al món laboral. Gràcies Edu, Josep, Loli, Manel, Núria, Paco, Raquel i Xavi per estar sempre disposats a solucionar-me els dubtes que m'han anat sorgint durant la confecció del treball.

Per acabar, no vull deixar-me als de sempre, els meus pares i el meu germà, gràcies per ser incondicionals.

GLOSARI

Relació d'abreviacions utilitzades a la present memòria.

Taula 43. Llistat d'abreviacions.

Abreviació	Significat
ACS	Aigua Calenta Sanitària
CTE	Codi Tècnic de l'Edificació
EP NR	Energia Primària No Renovable
HULC	Herramienta Unificada Lider Calener
HE	Document bàsic Estalvi Energia
MAP	Mitjana Anual de Precipitació
RITE	Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis
TIR	Taxa Interna de Retorn
TPT	Trencament de Pont Tèrmic
VAN	Valor Actual Net

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] «Global Footprint Network.» [En línia]. Disponible a: <https://www.footprintnetwork.org/>. [Accedit: 04-set-2018].
- [2] «Consumo de agua en España.» [En línia]. Disponible a: <https://www.iagua.es/noticias/ep/consumo-espana-aumentara-31-2021-pesar-escasez>. [Accedit: 04-set-2018].
- [3] «Edificios zneb - Certificacion Energetica, PASSIVHAUS, LEED, BREEAM, CASAS PASIVAS.» [En línia]. Disponible a: <http://www.cenergetica.es/edificios-zneb>. [Accedit: 04-set-2018].
- [4] «Instituto Nacional de Estadística. (Spanish Statistical Office).» [En línia]. Disponible a: <https://www.ine.es/>. [Accedit: 04-set-2018].
- [5] «Consumo Eléctrico y Rendimiento Energético en Edificios - DEXMA.» [En línia]. Disponible a: <https://www.dexma.com/es/rendimiento-energetico-en-edificios-estudio-europeo/>. [Accedit: 05-set-2018].
- [6] Institut Català de l'Energia, «Observatori de l'estat energètic dels edificis a catalunya», 2017.
- [7] Generalitat de Catalunya, «Convocatòria de subvencions d'obres de rehabilitació d'edificis.» [En línia]. Disponible a: https://web.gencat.cat/ca/actualitat/detall/20180625_Sobre-la-convocatoria-de-subvencions-dobres-de-rehabilitacio-dedificis. [Accedit: 02-set-2018].
- [8] «Segunda Convocatoria del Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios existentes (Programa PAREER II) | IDAE.» [En línia]. Disponible a: <http://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-rehabilitacion-de-edificios-programa-pareer/segunda-convocatoria-del>. [Accedit: 02-set-2018].
- [9] «Línea de financiación "ICO-IDAE Eficiencia Energética 2017-2018" | IDAE.» [En línia]. Disponible a: <http://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/linea-de-financiacion-ico-idae-eficiencia-energetica-2017-2018>. [Accedit: 02-set-2018].
- [10] «Preus i tarifes - Aigües de Barcelona.» [En línia]. Disponible a: <http://www.aiguesdebarcelona.cat/facturadelaigua/preus-tarifες/>. [Accedit: 25-ago-2018].
- [11] «La certificació d'eficiència energètica d'edificis.» [En línia]. Disponible a: http://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/24_usos_energia/02_edificis/01_certificacio_eficiencia_energetica/05_informacio_basica_professional/arxius/130506_documentexplicatiu certificacioprofessionals_lco.pdf. [Accedit: 02-set-2018].

- [12] «Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC).» [En línia]. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>. [Accedit: 02-set-2018].
- [13] Ministerio de Industria Energía y Turismo. Ministerio de Fomento, «Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España.»
- [14] «Tarifas de gas natural del mercado.» [En línia]. Disponible a: <https://tarifasgasluz.com/faq/tarifas-gas-natural-mercado>. [Accedit: 27-ago-2018].
- [15] «Instituto de Crédito Oficial | Préstamos y Créditos - ICO.» [En línia]. Disponible a: <https://www.ico.es/web/ico/home>. [Accedit: 22-ago-2018].
- [16] S. A. Generador de preus de la construcció. CYPE Ingenieros, S.A. Generador de preus de la construcció. CYPE Ingenieros, «Fals sostre registrable de plaques d'escaiola.» [En línia]. Disponible a: http://www.generadordepreus.info/obra_nova/Revestiments_i_extrasdossats/Falsos_sostres/RTB_Registrables__de_plaques_d_esc/RTB025_Fals_sostre_registrable_de_plaques_.html. [Accedit: 04-juny-2018].
- [17] «Tarifa ROCWOOL 2017.» [En línia]. Disponible a: https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-es/herramientas/tarifas/tarifas/tarifa-rockwool_2017_es.pdf. [Accedit: 04-juny-2018].
- [18] S. A. Generador de preus de la construcció. CYPE Ingenieros, S.A. Generador de preus de la construcció. CYPE Ingenieros, «Coberta Deck amb fixació mecànica, impermeabilització mitjançant làmines asfàltiques.» [En línia]. Disponible a: http://www.generadordepreus.info/obra_nova/Cobertes/Planes/No_transitables__no_ventilades/QAD043_Sistema_de_coberta_Deck_amb_fixacio.html. [Accedit: 31-maig-2018].
- [19] «Sistema inverter- Airzone.» [En línia]. Disponible a: <http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-es-un-sistema-inverter/>. [Accedit: 02-ago-2018].
- [20] Generalitat de Catalunya, «Decret ecoeficiència 21/2006.» .
- [21] Ajuntament de La Garriga, «Ordenança reguladora de la implantació de sistemes de captació d'energia solar per a usos tèrmics.» .
- [22] Ministerio de Fomento i Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas, «DA DB-HE/1 Zonificación climática en función de la radiación solar global media diaria anual.» .
- [23] Gobierno de España. Ministerio de Fomento., *Documento básico HE: Ahorro de energía.* .

- [24] «BREEAM.» [En línia]. Disponible a: <http://www.breeam.es/>. [Accedit: 06-ago-2018].
- [25] ICAEN, «Estalvi i eficiència energètica en edificis.» [En línia]. Disponible a: www.icaen.net. [Accedit: 25-ago-2018].
- [26] D. H. Helmer, R. Yoon, S. Mackay, K. Selvey-Clinton, i H. Furukawa, «Worldwide Capital and Fixed Assets Guide 2016.»
- [27] «Useful Life and Disposal Value Table.» [En línia]. Disponible a: https://www.michigan.gov/documents/UsefulLifeDisValue_60662_7.pdf. [Accedit: 16-set-2018].
- [28] «Generador de preus de la construcció. Espanya. CYPE Ingenieros, S.A.» [En línia]. Disponible a: <http://www.generadordepreus.info/>. [Accedit: 16-set-2018].
- [29] IDAE, «Diseño de sistema de intercambio geotérmico de circuito cerrado.»
- [30] «Valores climatológicos normales: Barcelona, Fabra - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España.» [En línia]. Disponible a: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=0200E&k=cat>. [Accedit: 30-ago-2018].
- [31] Roth Indústria Plàstiques, «Fitxa tècnica polietilè reticulat PE-Xa.» [En línia]. Disponible a: http://www.roth-portugal.com/files/Ficha_tecnica_PE-Xc.pdf. [Accedit: 30-ago-2018].
- [32] «Estudio geotécnico 4579, hoja 393 IGN.» [En línia]. Disponible a: https://sig.mapama.gob.es/93/CienteWS/redes-seguimiento/default.aspx?nombre=SONDEOS&claves=N_SONDEO&valores=4579. [Accedit: 30-ago-2018].
- [33] «Climatización geotérmica - Geotics.» [En línia]. Disponible a: <http://www.geotics.net/espanol/preguntas-energia-geotermia>. [Accedit: 31-ago-2018].
- [34] T. Taylor, V. Mendon, i M. Zhao, «Cost-Effectiveness of Heat Recovery Ventilation», 2015.
- [35] «Instalación de gas natural: Precios, tipos y normativa.» [En línia]. Disponible a: <https://preciosgas.com/instalaciones/gas-natural>. [Accedit: 27-ago-2018].
- [36] «Nombre usos aixetes.» [En línia]. Disponible a: <https://www.prestoiberica.com/importancia-las-griferias-temporizadas-los-espacios-publicos/>. [Accedit: 16-set-2018].
- [37] «Aljubs comunitaris.» [En línia]. Disponible a: <https://is.upc.edu/ca/intranet/upc-sostenible-2015/concurs-d2019idees-ambientals-i-sostenibles/propostes-2015/aljubs-comunitaris>. [Accedit: 26-ago-2018].

- [38] Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, «Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental», p. 98151-98227, 2013.
- [39] Agència Catalana de Residus, «Codi CER.» [En línia]. Disponible a: <http://www.arc-cat.net/es/aplicatiu/cer/jr-42000.asp>. [Accedit: 27-ago-2018].
- [40] «Power Consumption And Efficiency - Intel Core i7-3770K Review: A Small Step Up For Ivy Bridge.» [En línia]. Disponible a: <https://www.tomshardware.com/reviews/ivy-bridge-benchmark-core-i7-3770k,3181-23.html>. [Accedit: 27-ago-2018].
- [41] «All in One Asus Z240ICGK-GC097X, i7-6700T, Nvidia GeForce GTX960M, 1TB.» [En línia]. Disponible a: <https://tiendas.mediamarkt.es/p/all-in-one-asus-z240icgk-gc097x-i7-67-1337318>. [Accedit: 02-set-2018].
- [42] «Cálculo amortización.» [En línia]. Disponible a: <https://www.serautonomo.net/%C2%BFcomo-se-calcula-la-amortizacion.html>. [Accedit: 02-set-2018].