



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Les noves tecnologies i el seu impacte en la implantació de l'eficiència energètica en l'habitatge**

**ENGINYERIA EN AUTOMÀTICA I ELECTRÒNICA INDUSTRIAL**

**AUTOR:** Jordi Toribio López .  
**DIRECTOR:** Esteban del Castillo Pérez.

DATA: Juny / 2009.

# 1 Índex

1	Índex.....	2
2	Memòria Descriptiva.....	6
2.1	Introducció .....	6
2.1.1	Antecedents .....	6
2.1.2	Consum Energètic .....	6
2.1.3	Justificació del Projecte.....	8
2.1.4	Marc Legal .....	9
2.2	Eficiència Energètica .....	11
2.2.1	Teoria de l’Eficiència Energètica.....	11
2.2.1.1	Definició d’Eficiència Energètica .....	11
2.2.1.2	Certificació Energètica dels Edificis .....	12
2.2.2	Eficiència Energètica Passiva .....	12
2.2.2.1	Definició d’Eficiència Energètica Passiva .....	12
2.2.2.2	Microclima i Orientació .....	13
2.2.2.3	Forma i Volum .....	13
2.2.2.4	Inèrcia Tèrmica.....	14
2.2.2.5	Obertures i Proteccions Solars .....	14
2.2.2.6	Il·luminació Natural.....	15
2.2.2.7	Ventilació Natural .....	16
2.2.2.8	L’Envoltant de l’Edifici: Aïllament Tèrmic .....	17
2.2.3	Eficiència Energètica Activa.....	18
2.2.3.1	Definició d’Eficiència Energètica Activa.....	18
2.2.3.2	Sistemes Intel·ligents o Tecnològics .....	18
2.3	Tecnologia Actual.....	20
2.3.1	Definició de Domòtica .....	20
2.3.2	Estudi d’Acceptació de la Domòtica (2007) .....	21
2.3.3	Classificació dels Sistemes Domòtics .....	21
2.3.3.1	Tipologia o Arquitectura .....	21
2.3.3.2	Topologia de Xarxa .....	22
2.3.3.3	Medis de Transmissió.....	23
2.3.3.4	Tipus de Protocols .....	24
2.3.3.5	Nivells de Domotització .....	25

2.3.4	Elements d'un Sistema Domòtic .....	25
2.3.4.1	Introducció.....	25
2.3.4.2	L'Interface d'Usuari .....	26
2.3.4.3	La Central de Control .....	26
2.3.4.4	La Comunicació .....	26
2.3.4.5	La Infraestructura .....	26
2.3.4.6	Els Sensors .....	27
2.3.4.7	Els Actuadors .....	29
2.3.5	Principals Sistemes Domòtics .....	30
2.3.6	Complements a la Domòtica .....	34
2.3.7	Escenes .....	35
2.3.8	Futur de la Domòtica.....	36
2.4	Consum Energètic en l'Habitatge .....	37
2.4.1	Fonts de Consum en l'Habitatge .....	37
2.4.2	Il·luminació en l'Habitatge.....	38
2.4.2.1	Sistemes d'Il·luminació .....	38
2.4.2.2	Formes d'Estalvi en la Il·luminació .....	41
2.4.2.3	Elecció del Sistema d'Il·luminació.....	41
2.4.3	Climatització en l'Habitatge.....	42
2.4.3.1	Sistemes de Climatització .....	42
2.4.3.2	Formes de Control de la Climatització.....	45
2.4.3.3	Formes d'Estalvi en la Climatització .....	46
2.4.3.4	Elecció del Sistema de Climatització .....	46
2.4.4	Equipament Elèctric en l'Habitatge .....	46
2.4.4.1	Principal Equipament Elèctric.....	46
2.4.4.2	Formes d'Estalvi en l'Equipament Elèctric.....	47
2.4.4.3	Elecció de l'Equipament Elèctric .....	47
2.4.5	L'Aigua en l'Habitatge .....	48
2.4.5.1	Sistemes d'Aigua.....	48
2.4.5.2	Formes d'Estalvi en l'Aigua.....	49
2.4.5.3	Elecció del Sistema d'Aigua .....	49
3	Memòria de Càlcul.....	50
3.1	Càlcul en la Il·luminació .....	50
3.1.1	Càlcul del Consum en la Il·luminació .....	50
3.1.2	Càlcul de la Vida Útil de la Làmpada .....	50

3.1.3	Decisió del Temps de Funcionament de la Il·luminació .....	51
3.1.4	Conclusions en el Sistema d'Il·luminació .....	52
3.2	Càlcul en la Climatització .....	52
3.2.1	Càlcul del Consum en la Climatització .....	52
3.2.1.1	Estimacions en els Càlculs de Climatització .....	53
3.2.1.2	Càlcul de l'Energia a Subministrar .....	54
3.2.1.3	Càlcul de l'Energia de Canvi de Temperatura Interior .....	54
3.2.1.4	Càlcul de l'Energia Perduda pels Canvis de Temperatura .....	55
3.2.1.5	Càlcul de l'Energia Subministrada pels Sistemes .....	55
3.2.1.6	Càlcul de l'Energia Perduda per Transmissió .....	55
3.2.1.7	Càlcul de l'Energia Rebuda per la Radiació del Sol .....	57
3.2.1.8	Càlcul de l'Energia per Ventilació .....	58
3.2.1.9	Càlcul de l'Energia Subministrada .....	59
3.2.1.10	Unitats de Mesura .....	62
3.2.2	Decisió del Sistema de Control de Temperatura .....	62
3.2.3	Decisió del Sistema de Control de Finestres .....	63
3.2.4	Decisió del Sistema de Ventilació .....	63
3.2.5	Conclusions en el Sistema de Climatització .....	64
3.3	Càlcul de l'Equipament Elèctric .....	64
3.3.1	Càlcul del Consum en l'Equipament Elèctric .....	64
3.3.2	Estalvi Energètic amb l'Equipament Elèctric .....	64
3.3.3	Estalvi amb el Racionalitzador de Consum .....	64
3.3.4	Conclusions en l'Equipament Elèctric .....	65
3.4	Càlcul de l'Aigua .....	65
3.4.1	Càlcul del Consum d'Energia en l'ACS .....	65
3.4.2	Estalvi Energètic en els Sistemes d'ACS .....	65
3.4.3	Estalvi Energètic amb un Sistema Termosolar .....	66
3.4.4	Conclusions en el Sistema d'Aigua .....	66
3.5	Càlcul de l'Eficiència Energètica .....	66
3.6	Càlcul de les Emissions de CO <sub>2</sub> .....	67
4	Aplicació Pràctica .....	68
4.1	Elecció d'una Aplicació Pràctica .....	68
4.2	Estudi Energètic en una Vivenda Unifamiliar .....	69
4.2.1	Característiques de la Vivenda Unifamiliar .....	69
4.2.2	Disseny d'unes Instal·lacions Convencionals .....	72

4.2.3	Resultats del Disseny Convencional .....	73
4.2.4	Disseny d'unes Instal·lacions Eficients.....	74
4.2.5	Resultats del Disseny Eficient.....	76
4.3	Estudi de l'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar .....	77
4.3.1	Comparativa Energètica del Sistema Eficient i el Convencional.....	77
4.3.2	Conclusions de l'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar....	78
5	Pressupost.....	79
6	Conclusions .....	80
7	Annexes.....	81
7.1	Annex 1. Manual d'Usuari del Càlcul Energètic d'un Habitatge .....	81
7.1.1	Estructura del Llibre de Càlcul Energètic .....	81
7.1.2	Plantilla de Disseny.....	82
7.1.3	Resultat dels Paràmetres Generals .....	85
7.2	Annex2. Manual d'Usuari Càlcul Eficiència Energètica d'un Habitatge..	87
7.2.1	Estructura del Llibre de Càlcul d'Eficiència Energètica.....	87
7.2.2	Entrada de Paràmetres Generals.....	87
7.2.3	Resultat dels Paràmetres Generals .....	87
	Referències.....	88

## 2 Memòria Descriptiva

### 2.1 Introducció

#### 2.1.1 Antecedents

Les necessitats energètiques de la població s'incrementen dia a dia, i cal dir què, d'una forma considerable.

Les principals fonts d'energia que s'utilitzen tenen una vida limitada, de manera què, si no es busquen alternatives s'acabaran esgotant en un termini curt.

L'impacte mediambiental, tant local com global, que es deriva de la producció, del transport i del consum d'energia és motiu més que suficient per plantejar canvis en la forma de consum energètic què, fins ara, hem tingut.

Tots estarem d'acord en que el consum d'energia en la forma de vida actual és imprescindible, però també estarem d'acord en que cal buscar solucions per tal de fer un ús que sigui el més racional possible.

Per tot això, la societat s'està marcant una sèrie d'objectius, com ara, els d'estalviar energia, el d'aprofitar els avanços tecnològics per millorar l'eficiència energètica, els d'obtenir energia de forma renovable o els d'investigar per aconseguir fonts d'energia més eficients i netes, entre d'altres.

Per assolir els objectius fixats, podem observar que s'estan utilitzant diverses estratègies, de les quals podem destacar la conscienciació de la població, l'obligació legal, les ajudes i inversions en instal·lacions i investigació sobre energies i formes d'estalvi energètic, així com, l'increment del cost de l'energia. Aquest increment s'utilitza com a principal indicador de què s'ha d'actuar, fent que l'estalvi energètic sigui econòmicament atractiu, o dit d'una altra manera, fent que el no estalviar energia suposi un cost econòmic molt gran, i serà major com més s'incrementi el cost de l'energia.

#### 2.1.2 Consum Energètic

L'energia és la base del funcionament de la societat actual, és per això què, cal buscar les formes d'assegurar el poder-ne disposar sempre que sigui necessari.

La feina a realitzar per garantir l'energia és molt gran i complexa, ja què, hi ha molts factors relacionats amb l'energia. Cal analitzar les formes d'energia que utilitzem, en quina proporció en fem ús, de quins tipus d'energies disposem i quina previsió d'existències tenim, quines alternatives energètiques tenim o s'estan estudiant i quina viabilitat tenen, quines formes d'estalvi podem aconseguir, com podem ser més eficients i consumir menys energia, i així ens podem plantejar tot allò que ajudi energèticament a la nostra existència.

Una de les mesures que inicialment s'ha plantejat, és la de reduir el consum d'energia final. Cal saber què, per a que l'energia estigui preparada per al consum final, són necessàries successives operacions de transformació i de transport, és a dir, que l'estalvi de l'energia final suposa un major estalvi de l'energia primària:

$$\begin{aligned} \text{Energia Final} &= \text{Energia primària} - \text{Pèrdues en la Transformació} \\ &\quad - \text{Pèrdues en el Transport} \end{aligned} \quad (1)$$

Segons dades estadístiques (IDAE<sup>1</sup>) [8], tenim que l'energia primària de la que més depenem és la d'origen fòssil com són el petroli i el carbó, tot i què, cal destacar els esforços que s'han realitzat per augmentar el subministrament d'energia renovable:

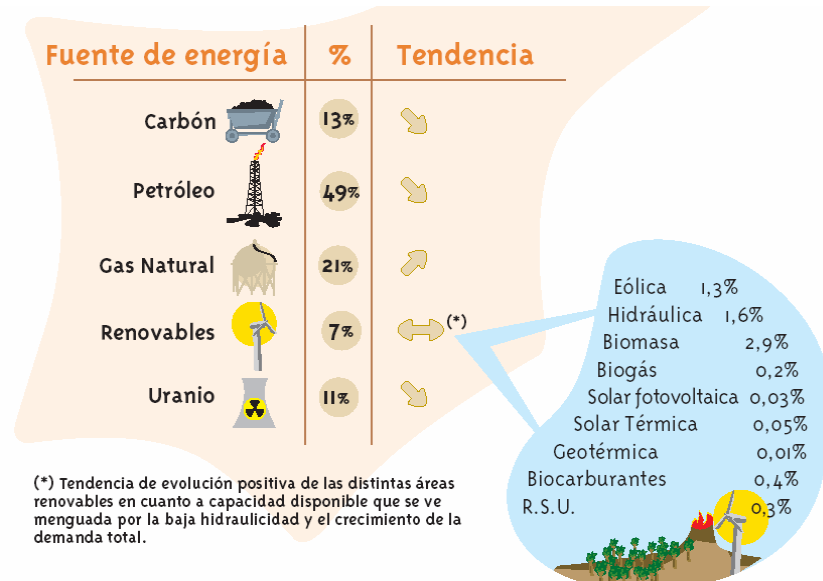


Fig. 1. Consum d'energia primària (IDAE 2007)

Cal tenir molt present els greus problemes que les energies d'origen fòssil plantegen, com la contaminació ambiental, l'esgotament de les seves reserves, la dificultat de l'abastament i la dependència energètica.

L'esgotament de les reserves d'energia no renovable, al ritme actual de consum, es preveu que es produeixi en un termini de temps relativament curt:

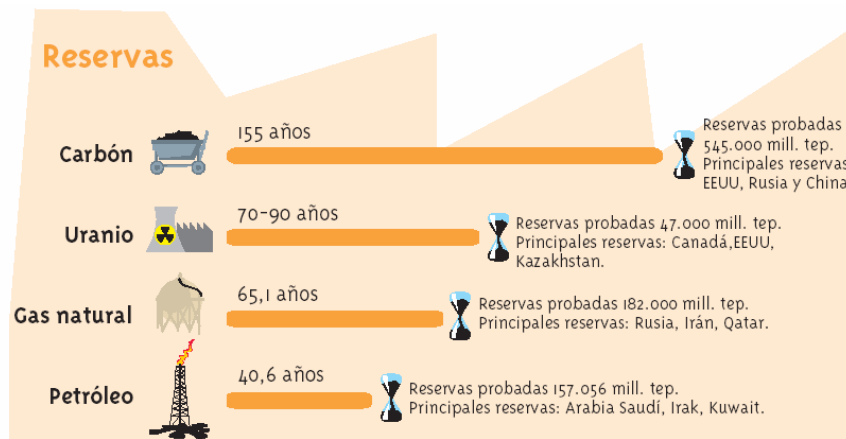


Fig. 2. Reserves d'energia no renovable (IDAE 2007)

Les reserves d'energia no renovable tenen un cicle de formació de milions d'anys, de manera què, cal fer-ne un ús el més reduït possible i allargar la seva existència al màxim. La millor alternativa són les energies renovables, ja què, no s'esgoten degut a que la seva renovació és produeix de forma natural, i què, a més a més, tenen un impacte ambiental pràcticament nul.

<sup>1</sup> Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

### 2.1.3 Justificació del Projecte

Tenint tant clar que hem de millorar la nostra situació energètica, hem d'estudiar com fer-ho, per això, analitzem les següents formules:

$$\text{Millora energètica} = \text{Reducció del consum d'energia} + \text{Energia Renovables} \quad (2)$$

$$\text{Reducció del consum d'energia} = \text{Conscienciació} + \text{Eficiència Energètica} \quad (3)$$

D'aquestes, ens centrarem en l'eficiència energètica, i invertirem esforços per estudiar formes d'eficiència i estendre el seu ús.

Analitzant com es distribueix el consum d'energia en els diferents sectors, observem que un sector prou important és la vivenda, amb un percentatge de consum elevat i amb una tendència de consum creixent:



Fig. 3. Consum d'energia per sectors (IDAE 2007)

L'augment del nombre de població que té accés a un consum mig-alt d'energia, que cada cop es disposa de més equipaments, i que cada cop, es vol més qualitat de vida, tot plegat fa que l'increment de consum energètic en la vivenda sigui molt important.

El nombre de vivendes és elevat, de manera que, hem de veure quins sistemes i estratègies podem aconseguir per optimitzar el consum en cada vivenda. Aquest estalvi individual mesurat en conjunt ens donarà un gran estalvi energètic.

Per millorar l'eficiència energètica podem utilitzar la tecnologia que tenim al nostre abast, però aquesta té una característica molt important a tenir en compte: la ràpida evolució i canvis que sofreix (sobretot en els darrers anys). Això fa que hi hagi certa reticència i cert desconeixement per part de l'usuari, i si alhora s'apliquen certs dissenys tecnològics que no són ni adequats, ni pràctics, ni orientats a les necessitats de l'usuari final, s'està desqualificant unes eines que de lo contrari poden ser molt útils.

Així doncs, el nostre estudi es centrarà en l'eficiència energètica de la vivenda, i en com la tecnologia i els seus avanços poden ser una eina per millorar aquesta eficiència.

Estudiarem les diferents formes de consum en la vivenda, les formes d'estalvi d'energia, les tecnologies de que disposem, quins sistemes podem dissenyar i de quins equipaments disposem per estalviar energia, així com, quins avantatges obté l'usuari que inverteix en aquests sistemes, tant econòmics (inversió inicial, amortització de la inversió i facilitats en el manteniment), com mediambientals, de qualitat de vida, etc.

### 2.1.4 Marc Legal

L'evident problemàtica de l'energia ens esta portant a un marc legal de lleis, reglaments i normatives per tal d'afavorir l'estalvi energètic i l'ús d'energies renovables.

El marc legal i documentació de referència en temes d'eficiència energètica és molt extens, i sobretot, s'ha incrementat en els darrers anys. A continuació fem una relació d'aquells que es considera interessant mencionar:

- **Protocol de Kyoto** [8]. És un acord internacional que té com a objectiu reduir les emissions de sis gasos provocadors de l'escalfament global en un percentatge d'un 5% entre el 2008 i el 2012, en comparació a les emissions de l'any 1990. Aquests gasos són: diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), gas metà (CH<sub>4</sub>), òxid nitrós (N<sub>2</sub>O); i tres gasos industrials fluorats: hidrurfluorocarbonats (HFC), perfluorocarbonats (PFC) i hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>). Aquest percentatge és global, de manera que, cada país té un marge diferent en funció de diverses variables econòmiques i mediambientals.
- **Pla d'Acció d'Estalvi i Eficiència Energètica 2008-2012** [8]. Consisteix en l'anàlisi d'escenaris i potencials d'estalvi agregats i sectorials, en l'anàlisi d'impactes globals i de cost-benefici, i en un marc de mesures a complir. Tots aquests anàlisis i mesures s'estudien als diferents sectors de la nostra economia.
- **Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015** [10]. És la guia que marca l'actuació de l'Administració Pública Catalana i l'orientació energètica del país en els propers anys, i alhora, una crida a la responsabilitat col·lectiva de la nostra societat per fer front als reptes energètics del futur. Els temes que tracta són:
  - o Plantejaments generals de la política energètica de Catalunya
  - o Previsions energètiques de Catalunya en l'horitzó dels anys 2010-2015
  - o Pla d'energies renovables
  - o Estratègia d'estalvi i eficiència energètica
  - o Pla d'infraestructures energètiques
  - o Programa de foment de la recerca i del desenvolupament tecnològic en l'àmbit energètic
- **Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). Real Decret 314/2006** [9]. Té l'objectiu de millorar la qualitat dels edificis i les seves instal·lacions, marcant les exigències que han de complir els edificis per satisfer els requisits de seguretat i habitabilitat de l'edificació. Les exigències bàsiques en que es divideix aquest codi són:
  - o **Seguretat Estructural (SE)**
  - o **Seguretat en cas d'incendi (SI)**
  - o **Seguretat d'utilització (SU)**
  - o **Salubritat. Higiene, salut i protecció del medi ambient (HS)**
  - o **Protecció en front del soroll (HR)**
  - o **Estalvi d'energia (HE)**. Aquestes consisteixen en la limitació de la demanda d'energia (HE1), en el rendiment de les instal·lacions tèrmiques (HE2, que es basa principalment en el RITE), en l'eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació (HE3), en la contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària (HE4) i en la contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica (HE5).
- **Criteris Ambientals i d'Ecoeficiència en els Habitatges. Decret 21/2006** [10]. Complement del codi tècnic de l'Edificació, més restrictiu en l'eficiència energètica a Catalunya.
- **Reglament de les Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE)** [8]. Real Decret 1027/2007. Marca els requisits energètics, ambientals, de seguretat i de manteniment que han de complir les noves instal·lacions tèrmiques.

- **Certificació Energètica dels Edificis. Real Decret 47/2007** [10]. Procediment bàsic de certificació energètica en els edificis de nova construcció que proporciona una informació objectiva de l'eficiència energètica, tant als compradors com als usuaris de l'edifici en qüestió. Amb aquesta, també es fomentarà l'increment d'inversió en l'estalvi energètic de la vivenda.
- **Guia Pràctica de l'Energia. Consum eficient i responsable. IDAE 2007** [8]. Té com a principal objectiu contribuir a la conscienciació del valor de l'energia, analitzant-la des de tots els punts de vista i donant consells per reduir-ne el consum. També mencionarem les eines legals o de referència, que, a nivell tecnològic, també ens són molt interessants:

- **Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT). Real Decret 842/2002** [11]. Amb especial atenció a la instrucció Tècnica Complementària ITC-BT-51, que estableix les condicions de les instal·lacions dels sistemes d'automatització, gestió tècnica de l'energia i seguretat per a les vivendes i els edificis.
- **Especificació AENOR EA0026:2006. Instal·lacions de sistemes domòtics en vivendes** [12]. Estableix els requisits mínims que han de complir les instal·lacions de sistemes d'automatització i els requisits per a l'avaluació de la seva aptitud per a la vivenda.
- **Instal·lacions Domòtiques. Quadern de Bones Pràctiques per a promotors i constructors** [12]. AENOR 2008. En què s'explica a promotors i constructors el que s'ha de conèixer dels sistemes domòtics i els avantatges de la seva aplicació a la vivenda.
- **Guia d'eficiència i estalvi energètic** [19]. CEDOM 2008. En la què s'explica com estalviar energia instal·lant domòtica en la vivenda.
- **UNE 202008IN. Guia de revisió periòdica de les instal·lacions elèctriques en les vivendes** [14]. La Plataforma de Revisió d'Instal·lacions Elèctriques (PRIE), recomana la inspecció periòdica cada 10 anys.
- **UNE 216301:2007. Guia d'eficiència energètica en les empreses** [14]. Sembla interessant treure'n idees que serveixin a altres tipus d'activitat (per exemple en l'habitatge).

En tot aquest marc legal, destacarem que l'eficiència energètica en les vivendes és generalista, és a dir, que solament obliga a ser una mica eficient, incidint principalment en els sistemes passius o en energies renovables, de manera que, ens queda molta energia a estalviar amb els sistemes intel·ligents.

També podem destacar que les normes d'obligat compliment en quant a sistemes intel·ligents és reduït i només ens dóna unes pautes o bases a seguir. Val a dir, que s'estan fent diversos esforços per a que en breu es disposi de certes normes que obliguin, d'una forma concreta, a que aquests sistemes compleixin una sèrie de requisits que garanteixin els criteris desitjats.

Els equipaments tecnològics sí que disposen de normes, que obliguen a complir amb una sèrie de requeriments, que dit equipament ha de tenir.

Finalment, volem ressaltar la importància dels principals prescriptors (arquitectes, enginyers, instal·ladors, etc) que són els que realitzen els projectes i els que han de ser conscients de la seva posició, ja que, són la principal influència per plantejar millores del consum energètic en dit projecte, i orientar i aconsellar als propietaris per tal d'obtenir un projecte energèticament eficient, i a poder ser, més enllà de les obligacions legals.

## 2.2 Eficiència Energètica

### 2.2.1 Teoria de l'Eficiència Energètica

#### 2.2.1.1 Definició d'Eficiència Energètica

L'eficiència energètica es pot definir com la reducció del consum d'energia mantenint o millorant el confort, la qualitat de vida i els serveis energètics disponibles, protegint el medi ambient, assegurant l'abastament i fomentant un comportament sostenible en el seu ús [13].

La millor reducció de consum d'energia s'obté no generant-lo, d'aquí la importància de la conscienciació de la població, però també, podem buscar solucions que evitin el consum d'energia sempre que sigui possible o que optimitzin la seva utilització quan sigui necessari, i, sempre, garantint i millorant la qualitat de vida de l'usuari.

L'eficiència energètica la podem obtenir de dues formes clarament diferenciades: en funció de si aquesta es produeix de forma passiva, gràcies al seu entorn, o si, al contrari, cal tenir un sistema intel·ligent que actuï per reduir el consum d'energia:

$$\text{Eficiència Energètica} = \text{Elements Passius} + \text{Sistemes Actius} \quad (4)$$

Cal insistir que per tal que els sistemes passius funcionin correctament i s'obtinguin els beneficis energètics i de confort ambiental desitjats, és important una participació activa i responsable dels usuaris. A més a més, disposem dels sistemes actius, que permeten regular i controlar de forma intel·ligent l'energia, evitant el consum no necessari i aprofitant de forma activa els sistemes passius.

L'estudi de l'eficiència energètica en l'habitatge és molt complex, ja que, són molts els factors que hi influeixen,. Esquemàticament tenim el conjunt d'aquests:

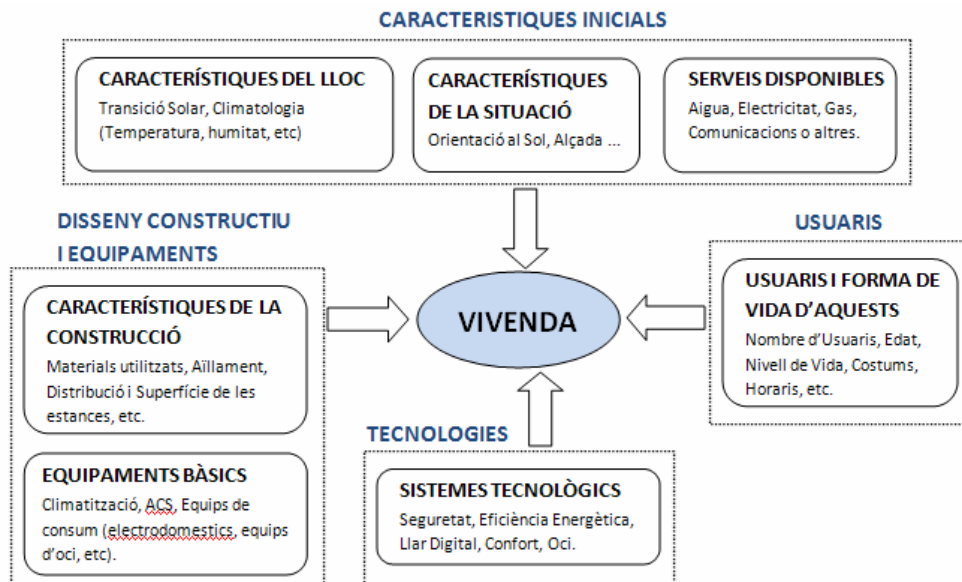


Fig. 4. Resum de factors d'influència en una vivenda.

### 2.2.1.2 Certificació Energètica dels Edificis

El certificat d'eficiència energètica de grans edificis del sector terciari, d'obligat compliment pel Real Decret 47/2007 [10], és una etiqueta que dona una informació tècnica objectiva sobre la classe energètica d'eficiència (A, B, C, D, G sent l'A per als més eficients).

Els càlculs es realitzen amb un programa de simulació que l'Administració ha desenvolupat, anomenat CALENER, que té en compte el que envolta l'edifici i els sistemes tèrmics de calefacció, de refrigeració, d'aigua calenta sanitària i d'il·luminació, però que, té molt poc en compte els equipaments intel·ligents. Aquesta certificació no la utilitzarem per al nostre estudi, ja que, ens volem centrar en la influència de la tecnologia.

## 2.2.2 Eficiència Energètica Passiva

### 2.2.2.1 Definició d'Eficiència Energètica Passiva

Definim com Eficiència Energètica Passiva a aquella energia que s'obté de forma natural, gràcies a les característiques de l'habitatge (com s'ha dissenyat i construït), de forma que s'aprofitin al màxim els recursos naturals (llum, clima, pluja, etc), i d'aquesta forma natural, es redueixi el consum d'energia de l'habitatge [18].

El disseny inicial de l'habitatge és fonamental. Quan es realitzen reformes és més difícil aconseguir certs nivells d'eficiència energètica amb un cost acceptable, en canvi, quan es projecta un nou habitatge, dotar-lo d'eficiència i preveure futures millores suposa un cost ínfim.

El disseny passiu de l'edifici, suposa incorporar solucions arquitectòniques i constructives, adequades al clima i a l'ecosistema de la zona a on s'implanta l'edifici per tal d'aconseguir confort interior per si sol, de forma gratuïta, reduint al màxim les aportacions energètiques que suposin consum energètic. Aquestes solucions arquitectòniques i constructives han de tenir en compte el lloc on està construït l'habitatge, els materials, l'orientació de l'edifici, les obertures de que es dota, etc.

Les condicions de confort a l'hivern i a l'estiu són molt diferents a l'igual que ho són per climes humits o climes secs. Els paràmetres que s'hauran de controlar són: temperatura de sensació, moviment de l'aire, humitat i qualitat de l'aire, nivell d'il·luminació, color de llum i enlluernament, etc. Per tant, s'han de preveure estratègies per a cada una de les situacions, i, com aquestes afecten a les diferents costums de vida de cada família.

Per controlar les necessitats energètiques, les estratègies a l'hivern són limitar les pèrdues (amb aïllament) i promoure els guanys (orientació de les finestres, dimensions d'aquestes, etc). Les estratègies a l'estiu són limitar els guanys (protecció i control solar) i facilitar les pèrdues (ventilació).

En el nostre clima, simplement utilitzant elements de captació solar a l'hivern i de refrigeració i ventilació natural a l'estiu, els edificis consumirien molt poca energia per arribar a les condicions de confort ambiental interior.

Finalment cal insistir que, per tal que els sistemes passius funcionin correctament, i, s'obtinguin majors beneficis energètics i de confort ambiental, és important una participació activa i responsable dels usuaris. Avui dia també disposem de sistemes intel·ligents que permeten regular i controlar de forma automàtica els sistemes passius, fent-los molt eficients, i així, aprofitar al màxim tota l'energia.

A continuació s'estudiaran els principals factors que funcionen com a sistemes passius d'estalvi energètic [17]. Aquests sistemes són:

- Microclima i orientació
- Forma i volum
- Comportament de la massa de l'edifici: inèrcia tèrmica
- Obertures i proteccions solars
- Il·luminació natural
- Ventilació natural
- L'envoltant de l'edifici: Aïllament tèrmic

#### 2.2.2.2 Microclima i Orientació

Cadascuna de les diferents orientacions geogràfiques té unes condicions de radiació solar i d'exposició al vent diferents que afecten a la temperatura i humitat. S'hauran de tenir en compte per tal d'aconseguir un estalvi energètic màxim [17].

També és convenient ordenar els espais interiors segons l'orientació de les façanes, agrupant per usos i hores d'ocupació semblants.

En l'orientació de les façanes i de les estances s'hauran de tenir presents les següents afirmacions:

- La superfície que més sol rep a l'hivern és la façana sud (unes tres vegades més que a l'estiu), i a l'estiu és la coberta (unes 4,5 vegades més que a l'hivern).
- Les façanes amb orientació est i oest reben 2,5 vegades més radiació a l'estiu que a l'hivern, per tant, caldrà tenir molta cura de les proteccions solars.
- Les façanes d'orientació sud-est i sud-oest reben una quantitat de radiació molt similar al llarg de tot l'any.
- La façana nord rep molt poca radiació directa, i, aquesta, només es produeix a l'estiu.

Per tant, l'orientació més favorable de tot l'edifici és cap al sud, ja que, permet una protecció fàcil de la radiació solar al migdia mitjançant ràfecs o lames horitzontals i la resta del dia està a exposició reduïda.

Per exemple, l'orientació correcta de la sala d'estar, menjador i dormitoris serà la sud, sud-est o sud-oest, ja que, podran acumular l'energia radiant a l'hivern reduint les necessitats de calefacció, i, a l'estiu, amb protecció solar passiva serà fàcil controlar l'entrada de radiació solar.

#### 2.2.2.3 Forma i Volum

Cadascuna de les tipologies edificatòries, edifici aïllat o entre mitgeres, en alçada o extensiu té una superfície d'exposició de façanes i un comportament tèrmic diferent [17].

La forma de l'edifici ha de ser el resultat de considerar les variables de clima (altitud relativa, latitud, pendent, vents dominants, radiació solar a l'estiu i a l'hivern) i de microclima (vegetació i aigua, dimensions dels carrers, edificis veïns), etc. En entorns urbans no és habitual tenir opcions en l'ús de variables bioclimàtiques, sinó que, la normativa urbanística, sovint poc adaptada, és la que dona els límits permesos.

La forma de l'edifici determina la superfície de pell exterior que està en contacte amb l'ambient exterior, i, per tant, la que es veu directament afectada per la radiació solar i l'exposició als vents. És, en definitiva, un indicador de les pèrdues o guanys d'energia interior vers l'exterior. Quanta més superfície hi hagi, més intercanvis tèrmics hi hauran, situació que és favorable en el cas de clima temperat i desfavorable en el cas de clima continental.

El volum és un indicador de la quantitat d'energia emmagatzemada dins de l'edifici. La relació entre superfície i volum de l'edifici és el factor de forma, molt útil perquè dona una primera valoració de la sensibilitat de les condicions interiors a variacions de les condicions exteriors.

La normativa actual HE-1, calcula els valors límit de transmitància tèrmica per a cada grup d'elements de l'envoltant (façanes, obertures de façanes, cobertes, forjats, tancaments en contacte amb el terreny, etc) sense tenir en compte el factor de forma.

#### 2.2.2.4 Inèrcia Tèrmica

Els edificis dissenyats amb sistemes passius poden arribar al confort tèrmic consumint un mínim d'energia, sempre que, la pròpia construcció actuï com a regulador tèrmic, és a dir, que acumuli calor a l'hivern, quan és necessari, o bé, dissipï calor a l'estiu [24]. Això és possible si els elements constructius tenen inèrcia tèrmica (capacitat d'un material per acumular i cedir calor). El disseny i dimensionament dels elements constructius dependrà del clima, l'orientació i l'ús d'aquests.

En principi, a més massa tenim més poder d'acumulació, però, no sempre uns murs excessivament gruixuts funcionaran més bé. En un clima fred i a l'hivern, un gruix gran fa que no arribi a escalfar-se interiorment tot el mur, i, per tant, pot agafar la calor acumulada per escalfar-se ell mateix abans de cedir-la a l'ambient.

Els elements amb inèrcia tèrmica es consideren de captació solar indirecta. Presenten l'avantatge d'amortidor de la calor de la radiació directa, emmagatzemant l'energia, evitant sobreescalfaments, per tal d'alliberar-la cap a l'interior quan la temperatura ambiental sigui baixa. Han d'estar dissenyats per tal que, a l'estiu, serveixi com a element ventilador o que tingui proteccions solars per tal d'evitar la captació de calor. Hi ha dos sistemes principals: murs d'acumulació de calor (murs inèrcia, murs trombre, llits de còdols) i les cobertes d'aigua.

Normalment, la majoria de construccions a Espanya, es realitzen utilitzant una paret bastant gruixuda i molt ben aïllada, de manera que, amb la inèrcia tèrmica d'aquesta es mantingui al màxim la temperatura que tinguem a l'interior, quedant l'opció als usuaris d'aprofitar la temperatura exterior, si reuneix millors condicions que les interiors, mitjançant les obertures de la vivenda.

#### 2.2.2.5 Obertures i Proteccions Solars

Les finestres tenen un paper molt important en el funcionament tèrmic i confort lumínic dels edificis [24]. Són elements de captació solar directa, de ventilació natural, i d'entrada de llum natural, elements vitals per la bona salut de les persones.

Deixen passar el calor molt més fàcilment i tenen pèrdues més importants que la part opaca de la pell exterior. Són una discontinuïtat, un pont tèrmic important i, per tant, la superfície, forma, situació (que dependrà del clima i de l'ús de l'edifici) i coeficient global de transmissió de calor (vidre i marc) s'ha de controlar.

La situació de finestres en façanes sud  $\pm 15$  és l'òptima per a la captació solar directa o semidirecta (finestres, galeries, col·lectors, etc.) garantint el sol fins al migdia i amb protecció solar, per tal d'evitar sobreescalfament durant l'estiu. A la façana nord les obertures han de ser petites. A les façanes est i oest cal tenir molta cura de les proteccions solars. A la coberta, s'han d'evitar les claraboies i lucernaris sense protegir.

S'ha de controlar les dimensions d'una obertura exposada al fred, disposant-se aïllaments mòbils (a l'hivern per les nits) i evitar les infiltracions. En cas d'estar exposada al sol, cal proteccions solars mitjançant persianes contra la radiació directa (ràfec, porxos...) i, també, respecte de la radiació difosa i reflectida.

L'estanquitat dels habitatges a infiltracions d'aire és una norma bàsica per a l'estalvi energètic durant l'hivern, evitant que el sistema de calefacció aporti la quantitat de calor perduda. Està calculat que les pèrdues totals de calefacció per ventilació d'un habitatge ben aïllat està entre el 30 i el 40% (sigui del tipus voluntària, de renovació natural de l'aire o per infiltracions de les obertures). Però, una estanquitat excessiva limita les renovacions d'aire i perjudica la qualitat ambiental de l'aire interior, acumulant la quantitat de CO<sub>2</sub> derivat de la respiració humana, la humitat interior (risc de condensacions), la concentració de partícules i compostos volàtils, etc. Així doncs, s'ha de trobar l'equilibri entre l'estanquitat dels habitacles i la ventilació desitjada.

Les proteccions solars de les obertures són imprescindibles per controlar la captació solar directa durant tot l'any, però especialment, a l'estiu evitant el sobreescalfament. Els sistemes per controlar les obertures poden ser fixes o mòbils. També es poden considerar els elements externs a l'edifici tipus vegetació que millora el microclima.

Als climes temperats com els nostres, en que són molt variables les condicions climàtiques al llarg de l'any, s'han d'incorporar a les façanes els elements necessaris per adaptar-se al grau de sol, ventilació o aïllament.

A l'hivern es busca una protecció dels efectes de la llum (enlluernament) i no del calor, i per tant, és adequat col·locar els elements de control solar a la cara interior del vidre. Al contrari que a l'estiu que es vol protegir del calor, i, per tant, s'ha de col·locar a la cara exterior del vidre i més ben separat per tenir un entorn immediat més fresc.

#### 2.2.2.6 Il·luminació Natural

Dins dels paràmetres de confort ambiental, el confort lumínic és fonamental per adequar l'espai al seu ús [18]. Intervenien tres factors: nivell d'il·luminació, l'enlluernament (brillantor excessiva) i el color de la llum.

La qualitat i la quantitat de la llum que entra per les obertures varia en funció de:

- L'accés a la llum: obstacles com edificacions i ombres projectades.
- Les dimensions i disposició de les finestres.
- Orientació d'una façana a l'altra. La façana sud rep la majoria del temps llum directa blanca mentre que la façana nord rep llum indirecta, estable. En les façanes est i oest hi ha molta diferència en funció de l'hora del dia: directa de les primeres o darreres hores del dia, vermellosa i direccional, i la resta del dia llum indirecta estable i blavosa. La coberta rep llum directa tot el dia, i, per tant, caldrà controlar-la.
- Les proteccions solars i complements que redueixen la quantitat de llum, però controlen l'enlluernament.

Per a solucionar l'accés a la llum natural directa als espais interiors que no tenen obertures hi ha solucions constructives com ara els conductes de sol i de llum. Són conductes amb recobriment interior especular que capten la llum natural a la part superior de l'edifici i mitjançant reflexions interiors, la condueixen a zones internes de l'edifici.

També estan els patis interiors. En quan a la quantitat de llum que capten, depèn de les dimensions i dels acabats interiors del pati. Quan més profund sigui menor llum, i al contrari amb superfícies llises i colors clars entrarà llum a les finestres de plantes inferiors.

#### 2.2.2.7 Ventilació Natural

El vent és un paràmetre de clima important a l'hora de quantificar els consums energètics de l'edifici, degut a la capacitat d'infiltrar-se a l'interior per les obertures o de refredar les superfícies exteriors de la pell de l'edifici. A mesura que augmenta la densitat edificatòria, disminueix l'efecte del vent [17].

El vent té els beneficis de la ventilació natural, disminuint la sensació de calor degut a l'efecte evaporatiu sobre la pell, i, per tant, és adequat en climes càlids i humits. La ventilació s'afavoreix en el cas que es produeixi una corrent d'aire entre diferents finestres de l'habitatge, situades en façanes oposades o en façana i patis interiors i comunicades entre elles (la solució preferible és amb orientacions nord i sud).

La distribució interior (i les fusteries) dels edificis i dels habitatges ha de permetre la circulació dels fluxos d'aire entre les diferents estances.

La ventilació va molt lligada amb la refrigeració natural. Hi ha diversos sistemes en funció del principi físic que es faci servir:

- **Moviment de l'aire.** L'efecte de tiratge tèrmic (moviment de l'aire per diferència de pressió i temperatura). L'aire calent tendeix a pujar i el seu buit s'ocupa per aire que surt de l'edifici. Els sistemes més habituals són la ventilació natural creuada, les xemeneies solars (climes càlids i assolellats) o les torres de vent (climes càlids amb vents frescos i constants). Aquests últims, si l'aire de renovació que penetra a l'edifici es fa passar per llocs freds com ara soterranis o cisternes, augmenta la seva efectivitat com a sistema de refrigeració.
- **Inèrcia.** S'aprofita la inèrcia tèrmica del terreny amb temperatures més estables al llarg de l'any que la de l'aire exterior (solucions bioclimàtiques). S'aprofita per baixar la temperatura de l'aire interior als climes càlids. El sistema més habitual és el soterrament de part de l'edifici i els conductes soterrats (amb control mecànic o natural).
- **Humidificació.** L'evaporació de l'aigua refrigera i humidifica l'aire. És molt adequat en climes càlids secs. Els sistemes més habituals són fonts (millors perquè l'aigua esta en moviment).
- **Radiació.** Patis interiors que radien calor a l'exterior durant la nit.

Per mantenir la qualitat de l'aire dels espais interiors cal assegurar una renovació d'aire mínima (de l'ordre de 0,5 ren/hora). S'ha de controlar el moment del dia que es fa i la durada en funció de l'època de l'any (estiu- hivern).

La renovació d'aire es pot aconseguir amb les infiltracions de les fusteries exteriors, la ventilació voluntària i els sistemes de ventilació mecànics.

El RITE, d'obligat compliment pel Real Decret 1027/2007, defineix el nombre de renovacions en funció de l'ocupació i l'ús dels espais.

### 2.2.2.8 L'Envoltant de l'Edifici: Aïllament Tèrmic

Un edifici mal aïllat necessita més energia per a mantenir la temperatura interior i es refreda més ràpidament quan se'n va la font de calor [17]. Un aïllament deficient, també genera ponts tèrmics i pot provocar l'aparició de condensacions.

Per evitar ponts tèrmics la millor solució és donar continuïtat a l'aïllament en les trobades entre forjat i façanes.

Als tancaments on el problema és el sobreescalfament a l'estiu (façanes est i oest i cobertes) és més eficient utilitzar cambres d'aire ventilades que milloren la transmissió tèrmica i faciliten el control energètic. Per aconseguir els efectes de refredament a dins de la cambra d'aire aquesta ha d'estar realment ventilada i assegurar el tiratge tèrmic.

La normativa actual d'aplicació als projectes d'edificació per calcular l'aïllament tèrmic és el DB HE-1 Limitació de la demanda energètica. L'objectiu que pretén és un ús racional de l'energia necessària per a l'ús dels edificis, reduint a límits sostenibles el consum. Segons càlculs previs, pot suposar un estalvi energètic de l'ordre del 15-35% respecte el consum que hi havia amb la normativa anterior, depenen del tipus d'edifici i de la zona geogràfica (dades Escola Superior d'enginyeria de Sevilla).

Aquesta normativa presenta les següents novetats respecte de l'anterior CT-79:

- Limita la demanda energètica màxima tant en règim d'estiu com d'hivern.
- Defineix una nova classificació climàtica (radiació solar).
- Té en compte les diferents orientacions de les façanes.
- Té en compte l'ús dels edificis.
- Defineix una envoltant tèrmica de l'edifici: Els tancaments de l'edifici (façanes, cobertes, forjats, mitjaneres, tancament en contacte amb el terreny), particions interiors i ponts tèrmics
- Treballa amb els valors límits de transmissibilitats tèrmiques (U) de cada element de l'envoltant i del factor solar modificat d'obertures. S'utilitzen noves unitats de càlcul.
- Per a cada tipus de zona climàtica, defineix la classificació de les fusteries segons la permeabilitat a l'aire: Defineix exigències més altes de permeabilitat a l'aire de les fusteries exteriors i lucernaris.
- Comprovació de les condensacions (sobretot en materials més porosos com ara la ceràmica, guixos, fusta..) i dels ponts tèrmics.

És destacable la millora en quan a evitar descompensacions de qualitat tèrmica entre diferents espais. Es calcula el gruix i el material d'aïllament adequat segons l'orientació de les façanes i de la coberta, (fins ara sovint el gruix de l'aïllament era unitari per a tota la pell de l'edifici).

Per a calcular la demanda energètica de l'edifici, es pot utilitzar l'opció simplificada del DB HE1 [9] a partir de taules de limitacions (hi ha limitacions segons el % de buits de les façanes i de cobertes respecte de la part opaca) o amb l'opció general amb la simulació de l'edifici de projecte i un programa de càlcul (LIDER) que permetrà fer una comparació amb un edifici de referència que compleix.

Les limitacions condicionen el disseny, i, per tant, s'han d'analitzar i tenir en compte a l'hora de projectar. Per exemple, les façanes, les cobertes, el doble envidrament i fusteria

exterior adequada (amb ruptura de pont tèrmic), hauran de complir amb uns coeficients de transmitància tèrmica establerts. També tenim que les obertures s'han de dissenyar amb molta cura: En orientacions Sud, Sud-est, Sud-oest, Est i Oest, per climes càlids amb molta radiació solar, amb proporcions d'envidrament superiors al 40% s'han de col·locar proteccions solars per l'exterior que permetin l'enfosquiment total (també limita el factor solar de vidre), i no s'accepta més del 50 % d'obertures respecte el total de façana per cap orientació i clima.

També tenim el decret d'ecoeficiència, que dona una sèrie de puntuacions per les solucions constructives i de materials que són més ecoeficients. Per complir-lo, s'han d'incloure al disseny opcions amb un mínim de 10 punts.

### **2.2.3 Eficiència Energètica Activa**

#### **2.2.3.1 Definició d'Eficiència Energètica Activa**

Considerem eficiència energètica activa aquella en que es provoca conscientment una actuació automàtica per tal d'estalviar energia. Aquesta actuació automàtica l'obtindrem dels sistemes intel·ligents o tecnològics [2].

Els sistemes actius, alhora que busquen millorar l'eficiència energètica, també han d'estar dissenyats per a que augmentin els nivells de confort vers els usuaris. Aquests dissenys han de ser pràctics, senzills i còmodes per a que tinguin l'èxit desitjat. També s'hauran d'utilitzar aquells que tècnica i econòmicament s'adaptin millor a les necessitats del conjunt de factors que afecten a la vivenda.

Ja hem comentat la complexitat que envolta una vivenda, així doncs, analitzarem aquells dissenys i situacions en que puguem obtenir la major eficiència energètica possible. Les tècniques més estratègiques que utilitzarem per aconseguir-ho seran:

- Evitar el consum sempre que sigui possible.
- Actuar sobre els elements de la vivenda per a que s'aprofiti al màxim els elements d'eficiència energètica passiva (descrits en l'apartat anterior).
- Quan sigui inevitable el consum d'energia, aquest el farem de la forma més òptima i eficient possible.

El present projecte es centrarà en estudiar aquests dissenys i situacions que ens són favorables per estalviar energia, i com ens pot ajudar, de forma activa, la tecnologia que tenim al nostre abast a millorar l'eficiència energètica.

#### **2.2.3.2 Sistemes Intel·ligents o Tecnològics**

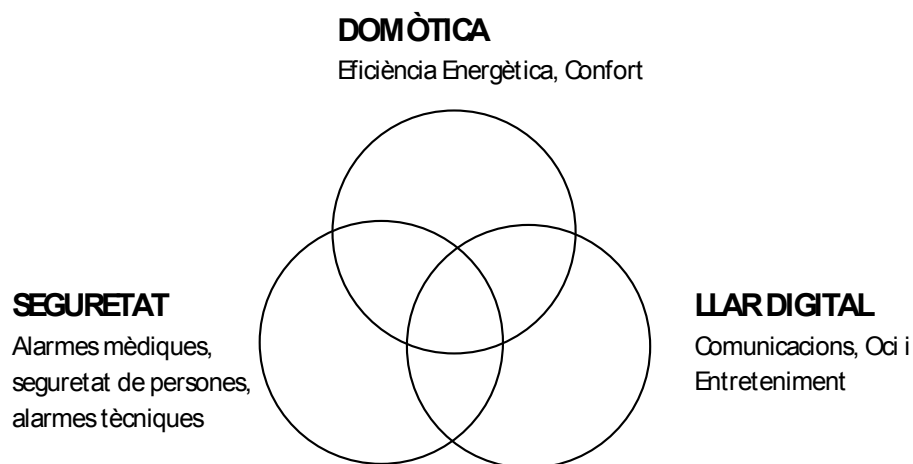
Els sistemes intel·ligents o tecnològics que desitgem són els que actuen de forma automàtica per oferir a l'usuari diversos serveis que millorin la seva vida, la de la seva vivenda i alhora que s'optimitzi el consum d'energia [20].

Les funcionalitats d'interès que un sistema intel·ligent ens pot proporcionar són les que a continuació es descriuen:

- **Alarmes Mèdiques.** Aquelles persones que tenen o poden tenir alguna dificultat en que sigui necessària l'assistència de personal mèdic qualificat, necessiten disposar de sistemes (teleassistència, polseres o penjolls mèdics, polsadors d'alarma mèdica, etc) que alertin a una central mèdica per a que puguin actuar conseqüentment a la situació d'alarma.

- **Seguretat de bens i de persones.** Són aquells sistemes que detecten si hi ha hagut alguna intrusió no desitjada en la vivenda, i avisen a les persones que s'hagin d'informar (personal de seguretat, propietaris, etc). Existeixen diferents sistemes que permeten detectar dita intrusió tant si s'està o no en l'interior de la vivenda. Per a complementar dita seguretat existeixen equipaments i eines com la vídeo vigilància, el control d'accessos, la simulació de presència, etc.
- **Alarmes tècniques.** Són alarmes provocades per sistemes de detecció de mal funcionament de parts o instal·lacions de la vivenda, com poden ser incendis, fugues de gas, escapes d'aigua, falta de subministrament elèctric...
- **Eficiència energètica.** Són aquells sistemes que s'encarreguen de regular les fonts de consum d'energia de la vivenda (climatització, il·luminació, equipaments, etc), per tal de reduir aquest consum millorant o mantenint la qualitat de vida de l'usuari.
- **Confort.** Entenem per confort la millora de la qualitat de vida i del benestar de la persona. Les funcionalitats de seguretat i alarmes ens donen confort o tranquil·litat d'una forma indirecta. L'eficiència energètica ens pot donar confort i benestar gràcies a la regulació automàtica de les instal·lacions. Altres formes de confort són les de comoditat per a l'usuari, com pot ser el disposar d'uns comandaments, fixes o mòbils, que ens permet actuar còmodament sobre totes les parts de la casa, per exemple, disposem de sistemes que la tasca de contestar al timbre es pot fer utilitzant el vídeo porter, o el PC, o el televisor, o el comandament a distància o el telèfon fix o mòbil; i alguns d'ells, estant o no en la vivenda.
- **Comunicacions o Passarel·la residencial.** Consisteix a tenir comunicats un o diversos equipaments de la vivenda entre sí i/o amb l'exterior, amb les avantatges i funcionalitats que això ens dona (Internet, telecontrol, etc).
- **Oci i Entreteniment.** Consisteix en disposar d'equips que ens facilitin aquelles estones d'oci que vulguem tenir, millorant la nostra mobilitat. Per exemple, podem parlar dels Media Center, de les consoles de jocs, dels ordinadors personals, dels televisors, dels equips d'àudio, etc.

Els principals sistemes que actualment s'estan utilitzant en el nostre país, ho fan de forma que ofereixen diferents funcionalitats de les anteriorment descrites i val a remarcar que molts cops no són tant intel·ligents com desitjaríem:



**Fig. 5.** Principals sistemes utilitzats en la vivenda.

Són els usuaris els que han d'eleger quines d'aquestes funcionalitats desitgen o necessiten. Aquestes poden funcionar de forma independent o de forma conjunta, integrades en un o diversos sistemes.

Les recomanacions que els prescriptors haurien de donar, és que sempre es plantegin els sistemes de seguretat i alarmes que es creguin necessaris, i també estudiar quina eficiència energètica es pot o es vol obtenir. La resta de funcionalitats quedarien totalment a elecció de l'usuari final.

Aquests sistemes, que competeixen dins del mateix mercat, tot i que la seva filosofia es fonamenta en unes funcionalitats concretes, alhora i per donar millor servei a l'usuari es complementen amb altres funcionalitats. Nosaltres ens centrarem en els sistemes domòtics i altres amb els que puguem obtenir eficiència energètica.

## **2.3 Tecnologia Actual**

### **2.3.1 Definició de Domòtica**

La paraula domòtica prové del francès "domotique", i és una contracció de "domus" (casa) i automàtica [1].

La definició que ens dóna la ADAPT<sup>2</sup>, és que la domòtica és la integració de serveis i tecnologies, aplicat en la vivenda i petits edificis per automatitzar-los i obtenir millores en temes com la seguretat i protecció, la gestió tècnica, el confort i la comunicació.

El Diccionari Larousse la defineix com el conjunt de serveis proporcionats per sistemes tecnològics integrats, com el millor mitjà per satisfer les necessitats bàsiques de seguretat, comunicació, gestió energètica i confort, de l'home i del seu entorn més pròxim.

El Diccionari de la Llengua Espanyola el defineix com un conjunt de sistemes que automatitzen les diferents instal·lacions d'una vivenda.

La història de la domòtica s'inicià als Estats Units a finals dels anys 70, i la seva evolució ha passat per diferents dificultats, de manera que, avui encara podem parlar de perjudicis o desavantatges que són millorables [48]:

- La convergència eficient entre dispositius de diferents empreses és inexistent, per tant, les possibilitats de configuracions de la nostra vivenda o edifici són més reduïdes i amb molta dependència de l'empresa que fabrica els equips utilitzats.
- Les millores que ofereixen els dispositius de manera individual són pràcticament insignificants, obligant a contractar paquets complets a les empreses que s'hi dediquen.
- Els costos són excessivament alts comparats amb els dispositius sense dites capacitats. Els principals sistemes que actualment es munten són petits paquets o petites configuracions amb un cost relativament baix i amb unes prestacions modestes.
- Un sistema domòtic pot ser molt complex, tant a nivell de equipament com de utilització, i queda en mans del professional que munta el sistema fer que sigui senzill, fàcil, còmode, i que sigui adequat a la vivenda que gestiona i als usuaris que

---

<sup>2</sup> Asociación para el Desarrollo, el Adelanto y la Productividad a través de las Tecnologías

en fan ús. La diversitat de sistemes complica dita tasca als muntadors, que sovint només apliquen els dos o tres sistemes que coneixen més a fons.

- Una avaria en el sistema pot suposar una catàstrofe tant a nivell de seguret com de convivència. Dita avaria queda en mans d'uns professionals molt especialitzats, amb una presència d'actuació molt inferior a la dels sistemes convencionals i amb un cost molt més alt.
- Com qualsevol dispositiu connectat a la xarxa pot convertir-se en víctima d'atacs informàtics.

En l'actualitat, a España, es poden trobar, que s'utilitzen de forma general, més de trenta sistemes domòtics/inmòtics diferents, molts dels quals utilitzen protocols diferents, amb els seus avantatges i els seus inconvenients. Això provoca que l'usuari (enginyer/instal·lador) es vegi abordat i hagi de decidir-se entre una multitud de sistemes.

### **2.3.2 Estudi d'Acceptació de la Domòtica (2007)**

És interessant comentar i analitzar els resultats obtinguts de l'estudi Mint-Casadomo [23], en que es va avaluar l'acceptació i interès de la població en vers dels productes i serveis de domòtica i seguretat aplicats a vivendes de nova construcció en l'any 2007, en que cal destacar les següents conclusions:

- Es van instal·lar 47.715 sistemes domòtics en vivendes de nova promoció.
- El 8,23% de les vivendes d'obra nova incloïen un sistema domòtic.
- El preu mig per sistema domòtic és d'uns 2.500€, i l'import total invertit en aquests sistemes va ser d'uns 120 milions d'Euros.
- El 80% dels sistemes domòtics instal·lats tenen un preu inferior als 3.000€.
- La varietat de funcionalitats i interfaces que presenten són molt diversos.
- Els sistemes de comunicació més utilitzats són el cablejat propi i els sistemes inal·làmbrics.
- Els protocols propietaris són els més utilitzats, però també tenen una alta representació els protocols TCP/IP, Contact ID, KNX/EIB i X10.

### **2.3.3 Classificació dels Sistemes Domòtics**

#### **2.3.3.1 Tipologia o Arquitectura**

L'arquitectura d'un sistema domòtic especifica el mode en que s'ubicaran els diferents elements de control del sistema [3]. És important conèixer les diferents formes en que és poden distribuir els sistemes domòtics i veure quina d'elles és la que millor s'adapta a les nostres necessitats:

- **Centralitzat.** Es caracteritzen per tenir un únic node que rep tota la informació, que la processa i envia les ordres d'acció corresponents. Aquest sistema té els avantatges de poder disposar d'elements de tipus universal, tenir un cost moderat, i la instal·lació és bastant senzilla; i els inconvenients de que hi haurà molt cablejat, que tot depèn d'un únic equip, i l'ampliació pot ser reduïda.
- **Descentralitzat.** Tots els elements (senyors i actuadors) de la xarxa funcionen de forma independent els uns dels altres, compartint la mateixa xarxa de comunicació i

disposant alhora de les funcions de control i comandament. És necessari en aquest sistema que hi hagi un protocol de comunicació per a que tots els elements actuïn de forma coordinada. Aquest sistema té els avantatges de reduir el cablejat, poder ampliar amb facilitat, i disposar de més seguretat de funcionament; i els inconvenients de que els elements no són universals, el cost pot ser elevat, i la complexitat de la programació pot ser elevada.

- **Distribuït.** Aquests sistemes combinen els dos anteriors per tal d'aprofitar les avantatges i reduir-ne els inconvenients. Són els més utilitzats. Consisteixen en diferents nodes que centralitzen els seus elements per temes i/o per zones. També serà necessari disposar d'un protocol de comunicació entre els diferents nodes. El principal inconvenient és el que requereixen programació i/o configuració.

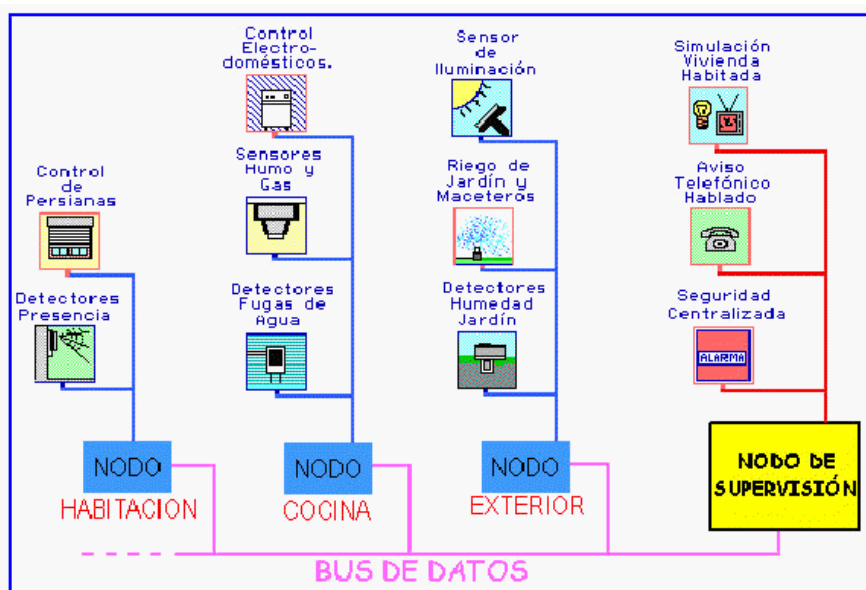


Fig. 6. Esquema d'una tipologia distribuïda.

### 2.3.3.2 Topologia de Xarxa

La topologia d'una xarxa de comunicació és la forma d'interconnectar els diferents sistemes o equips de dita xarxa [1]. Els criteris de disseny que es tenen en compte a l'hora de definir i dimensionar una xarxa, estan relacionats amb factors com el cost, la modularitat, la fiabilitat, la flexibilitat, etc.

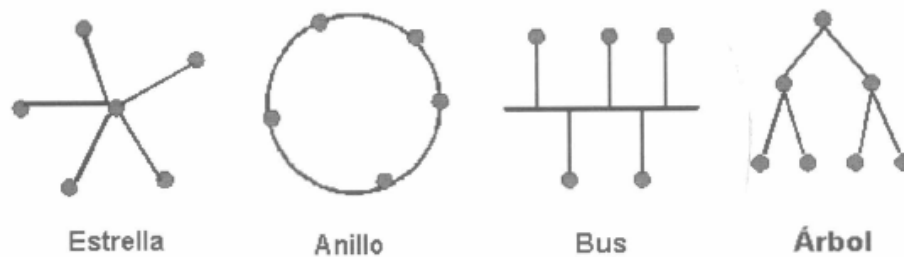
Existeixen molts tipus diferents de tipologies: bipunt, estrella, bus, anell, arbre, malla, línia. Les més comuns són les que es descriuen a continuació:

- **Topologia en estrella.** Tots els elements estan units entre sí a través d'un node principal. Les seves avantatges són la facilitat per afegir nous elements al sistema, i el que una avaria en un element (no central) no afecta a la resta. Els inconvenients són que una avaria en el node central inhabilita tot el sistema, el gran volum de cablejat, i que es pot produir un embut en l'element central.
- **Topologia en bus.** Els elements comparteixen la mateixa línia o bus de comunicació. Cada element sol estar identificat per una direcció única i es poden comunicar dos elements de forma simultània. Les seves principals avantatges són la facilitat per afegir i treure elements, que no necessita un controlador principal, que una avaria d'un element no afecta a la resta, que la velocitat de transmissió és

elevada i que el cablejat es minimitza respecte de l'anterior. Els seus inconvenients són que els elements han de disposar d'un cert grau d'intel·ligència i que es necessiten mecanismes de control per evitar que més de dos elements accedeixin alhora al bus.

- **Topologia en arbre.** És una topologia que mescla part de les altres topologies, en particular de les topologies d'estrella i de bus, permetent alhora una jerarquia entre els elements de la xarxa. Segons la configuració que s'utilitzi s'aprofitaran els avantatges i/o es tindran els inconvenients de cada topologia utilitzada.
- **Topologia en anell.** Els elements es connecten formant un anell tancat. La informació passa per tots els elements. Les seves avantatges són que tingui un control senzill i que es redueixi al mínim el cablejat. Els seus principals inconvenients són la vulnerabilitat davant una avaria, ja que si falla un element falla tot el sistema, i que per afegir o treure elements és més complicat ja que s'ha de paraitzar la xarxa.

Les topologies sovint es barregen per tal d'aconseguir millors prestacions. Una forma comú de topologia mixta és la d'utilitzar una topologia entre els nodes i una altra entre la resta d'elements i dits nodes.



**Fig. 7.** Topologies de Xarxa més utilitzades

### 2.3.3.3 Medis de Transmissió

El medi de transmissió és el suport físic que utilitzen els diferents elements per a intercanviar informació els uns amb els altres [22]:

- **Metàl·lics.** Són cables metàl·lics de coure com a suport de transmissió de les senyals elèctriques que processa. En general es poden distingir dos tipus:
  - o **Parell metàl·lic.** Els cables formats per diversos conductors de coure poden donar suport a un ampli rang d'aplicacions. Aquests poden transportar dades, veu i alimentació. Existeixen diferents tipus d'aquests cables, però els més utilitzats són el parell trenat i el parell apantallat.
  - o **Coaxial.** Un parell coaxial és un circuit físic asimètric, constituït per un conductor filiforme que ocupa l'eix longitudinal de l'altre conductor en forma de tub, i es manté el caràcter coaxial mitjançant un dielèctric apropiat. És un cable molt utilitzat en transmissió d'audiovisuals, ja que permet una alta transmissió de dades.
- **Corrents portadores.** Utilitzen línies de distribució ja existents en la vivenda per a la transmissió de dades. Les més utilitzades són les línies de distribució de energia elèctrica, encara que també s'utilitza la línia telefònica tradicional. Encara que no és el medi més adequat, és una bona alternativa ja que s'aprofita una instal·lació

existent, amb el baix cost que això suposa, però té com a principals inconvenients la poca fiabilitat en la transmissió de dades i la baixa velocitat de transmissió.

- **Fibra òptica.** Esta constituïda per un material dielèctric transparent, conductor de llum, compost per un nucli amb un índex de refracció menys que el del revestiment que envolta dit nucli. Aquests dos elements formen una guia per a que la llum es desplaci. La llum transportada és normalment infraroja, de manera que, no és visible per l'ull humà. Els seus avantatges són la fiabilitat en la transferència de dades, la immunitat en front d'interferències electromagnètiques, l'alta seguretat en la transmissió de dades, la gran velocitat i la gran distància de transmissió. Els principals inconvenients són l'elevat cost seva de la connexió, així com, la delicadesa en la seva utilització.
- **Inal·làmbrics o sense cables.** És un sistema que utilitza senyals radiades. Els dos tipus que s'utilitzen són:
  - o **Infrarojos.** La comunicació es realitza entre un díode emissor que emet una llum en la banda IR, sobre la que es superposa una senyal, convenientment modulada amb la informació de control, i un fotodíode receptor que extrau dita informació. Els seus avantatges són la inexistència de cables, i la immunitat en front d'interferències electromagnètiques. El principal inconvenient és que necessita tenir visió directa entre transmissor i receptor. L'aplicació més coneguda és la del comandament a distància del televisor.
  - o **Radiofreqüència.** Aquest mitjà de transmissió pot semblar, en principi, ideal per al control a distància, degut a la gran flexibilitat que suposa el seu ús, però resulta particularment sensible a les perturbacions electromagnètiques produïdes tant pels mitjans de comunicació com pels equips domèstics i es pot anul·lar amb inhibidors.

També en els medis de transmissió trobem solucions mixtes, utilitzant el medi de transmissió que millor s'adapti a les necessitats de cada aplicació.

#### 2.3.3.4 Tipus de Protocols

El protocol de comunicació és l'idioma o format dels missatges que els diferents elements de control del sistema han d'utilitzar per entendre's, i així poder intercanviar informació d'una forma coherent [3].

Els protocols, els poden dividir en dos grans grups atenent a la seva estandardització:

- **Protocol obert.** Són publicats i oberts a terceres persones i solen estar recolzats per alguna organització. Els protocols oberts són utilitzats àmpliament per diferents empreses que fabriquen productes que són compatibles entre sí. Alguns exemples són: EIB, EHS, X-10, Lonworks, Batibus, etc. Tenen l'avantatge de que poden conviure en un mateix sistema diferents elements de diferents fabricants. L'inconvenient és que solen ser més cars que els propietaris.
- **Protocol estàndard o normalitzat.** És aquell protocol obert que s'ha normalitzat i documentat per tal de donar una garantia als consumidors.
- **Protocol propietari, privat o patentat.** És aquell desenvolupat per una empresa, i únicament pot comunicar-se amb altres productes de dita empresa. Alguns exemples són: Simon Vis, Domaïke, Amigo, etc. Tenen l'avantatge de que solen ser més econòmics, però tenen l'inconvenient de que si l'empresa o el producte desapareix també desapareix el suport tècnic i els recanvis.

### 2.3.3.5 Nivells de Domotització

Existeixen diferents classificacions en quant al nivell de domotització, però la majoria d'elles coincideixen en 3 nivells (mínim, mig i alt) [19].

Podem destacar de la norma EA0026 que l'Associació Espanyola de Domòtica (CEDOM) a realitzat, la taula d'avaluació per a classificar el grau de domotització d'una vivenda. Consisteix en puntuar cadascuna de les aplicacions que es dota a la vivenda en funció del nombre d'equips o de les condicions que es compleixen en les funcionalitats d'alarma d'intrusió, d'alarmes tècniques, de simulació de presència, d'equipament de vídeo porter, de control de persianes, de control d'il·luminació, de control de clima, de les programacions, dels interfaces d'usuari, de les xarxes de comunicació i de les xarxes multimèdia; així com el nombre de funcionalitats que s'han de complir. Els graus de domotització establert ens els dona els resultats obtinguts segons la següent taula:

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Grado domotización	Mínimo	Medio	Alto
Suma mínima ponderada	13	30	45
Funcionalidades mínimas a incluir	3	3	6

Fig. 8. Grau de domotització norma EA0026 (CEDOM).

### 2.3.4 Elements d'un Sistema Domòtic

#### 2.3.4.1 Introducció

Els sistemes domòtics, tal i com s'ha vist fins ara presenten moltes configuracions, topologies i tipologies. A continuació representem de forma esquemàtica les parts bàsiques de que es compona un sistema domòtic:

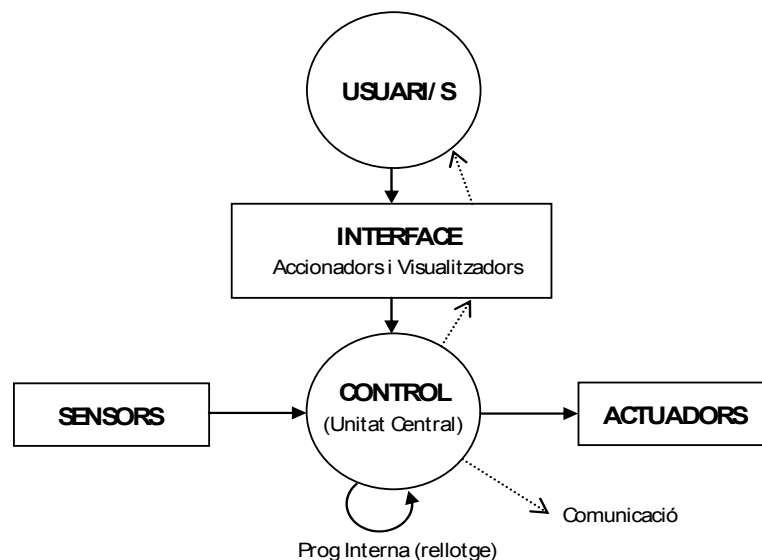


Fig. 9. Esquema bàsic d'un sistema domòtic.

#### 2.3.4.2 L'Interface d'Usuari

L'Interface el formen els elements que serveixen de comunicació entre l'usuari i el control.

Tenim dos tipus principals d'interface, que són els visualitzadors i els accionadors, que permeten a l'usuari realitzar diverses tasques com poden ser:

- Consultar els estats del sistema
- Canviar consignes
- Actuar de forma immediata (l'exemple més clar són els polsadors).

Els elements més usuals que ens serveixen d'interface són la pantalla tàctil, el PC, el vídeo porter, la televisió, el comandament a distància, el telèfon (fix o mòbil), la PDA, els polsadors, reguladors, panells de control...

#### 2.3.4.3 La Central de Control

La central de Control o de gestió, és la unitat que s'encarrega d'actuar en funció dels estats rebuts (interface, sensors, programació interna o comunicació d'altres sistemes interns o externs).

El control pot estar dedicat en un equip central, o distribuït en diversos equips centrals (comunicats o no entre ells), o també ens podem trobar que cada element és intel·ligent per si mateix, o sistemes mixtes que combinen els anteriors.

La programació de dit control pot estar predefinida a on l'usuari configura opcions i paràmetres, o totalment oberta a un programador especialitzat que coneix el producte.

#### 2.3.4.4 La Comunicació

La comunicació del sistema de control es basa en dos tipus: per l'interior de la vivenda intercanviant dades amb altres sistemes (cablejat dedicat, bus, altres), o des de l'exterior de la vivenda per tal d'informar dels estats a l'usuari o per a que aquest realitzi accions sobre el sistema. Els mecanismes més utilitzats per a la comunicació exterior són el telèfon (fix o mòbil) i Internet.

#### 2.3.4.5 La Infraestructura

La previsió d'espais i conductes per a poder dotar una vivenda de sistemes intel·ligents és fonamental, s'implementin inicialment o no, sempre preveient les futures ampliacions.

Si inicialment només es vol deixar una preinstal·lació, cal tenir present la complexitat de tot el sistema (usuari, vivenda, elements, etc), que fa que sigui molt difícil el disseny d'aquests espais. El cost reduït que suposa deixar una preinstal·lació comparat amb el cost de tota l'obra o tenint en compte el cost de les obres en un futur, ens porta a considerar que sempre s'hauria de deixar com a mínim certa preinstal·lació.

Cal tenir present que les normatives dels sistemes elèctrics i d'infraestructures de telecomunicacions no permeten el pas d'altres sistemes que no siguin els seus (comentar que possiblement, les infraestructures de telecomunicacions permetran en una futura revisió de la normativa el pas de sistemes domòtics).

Les recomanacions d'elements i característiques d'una preinstal·lació domòtica són les següents:

- Canalització des d'un punt d'accés d'usuari fins a la caixa de distribució principal de telecomunicacions (PAU).
- Caixa de distribució. El node central es podrà ubicar en el quadre elèctric, així doncs, cal dimensionar dit quadre per ubicar-hi aquest en un futur (aconsellable preveure uns 24 elements per cada 100 m<sup>2</sup>).
- Caixes de registre. Instal·lar-ne una a la vora de cada caixa de connexions i de derivació de la instal·lació elèctrica o ampliar dites caixes un 50%.
- Canalitzacions. Realitzar una instal·lació independent (tub mètrica 20mm) entre les caixes de registre i la de distribució, així com elements perifèrics que es puguin preveure d'interès.
- Caixes de mecanismes domòtics. Assegurar-se la comunicació entre aquests i les caixes de registre del sistema domòtic. La majoria de vegades s'aprofitaran els caixetins dels mecanismes convencionals, però cal preveure diversos caixetins amb tapa cega per ubicar-hi nous mecanismes domòtics.

#### 2.3.4.6 Els Sensors

Els sensors són els encarregats de detectar qualsevol canvi físic en la vivenda, i transmetre dita informació a la unitat de control per a que actuï convenientment.

Els sensors s'utilitzen per conèixer diferents estats físics com són la temperatura, la humitat, la lluminositat, la presència de gas, la intrusió, el consum, etc.

A continuació es detallen els principals tipus de sensors utilitzats en una vivenda:

- **Detector d'intrusió.** Tenen la missió de detectar l'entrada d'intrusos al recinte controlat per aquest detector, i s'ha de tenir en compte la ubicació d'aquests detectors, sigui en l'interior o en l'exterior, ja que les seves característiques físiques i mecàniques seran diferents. Tenim diferents tipus en funció de l'àrea de cobertura: els **puntuals** són contactes magnètics o mecànics (protegeixen un punt en concret, per exemple una porta); els **lineals** són de rajos infrarojos (protegeixen al llarg d'una línia, per exemple un passadís); els **superficials** són inercials, piezoelèctrics, de vibració, de contacte, etc (protegeixen una superfície, per exemple de la trenca de vidres o catifes de pressió); i els **volumètrics** que són detectors de presència (cobreixen un volum, per exemple una habitació, i tant poden servir per alarmar d'una intrusió com encendre una llum en zones de pas).
- **Detector de Gas.** S'utilitzen per detectar fuites de gas. S'ha de muntar el detector corresponent al gas a detectar (**Gas Natural, Propà, Butà**, etc). És col·loquen pròxims als llocs on es pugui produir una fuga (caldera, cuina, etc), i és molt important l'alçada a la que es col·loqui, ja que cada tipus de gas es comporta d'una manera diferent ( el gas natural i el gas ciutat tenen una densitat menor que l'aire, amb el que es recomana col·locar el sensor a uns 30 cm del sostre, i el gas butà i propà al revés d'aquests, és a dir, entre 10 i 30 cm del terra).
- **Detector d'Incendi.** Són elements que detecten el foc mitjançant algun del fenòmens associats a aquests, com són els gasos de combustió (detector **iònic**, que detecta fums visibles i invisibles, amb el que no es poden instal·lar a la cuina), el fum (detector **òptic**, tampoc és pot col·locar a la cuina), o per augment de la

temperatura (de forma **fixa** a una temperatura consigna o que detecten la velocitat de creixement de la temperatura, anomenats **termovelocimètrics**, que són els més utilitzats en les vivendes), etc. La ubicació dels detectors d'incendi és al sostre i sempre tenint en compte les formes d'aquests, separant-los uns 50 cm de la paret. Normalment un detector d'incendi cobreix una superfície d'uns 30 m<sup>2</sup>, però sempre s'ha de mirar les especificacions del fabricant.

- **Detector d'Inundació.** Es col·loquen en les cambres humides (principalment en cuines i banys). La sonda, ja sigui interior o exterior a l'equip, sempre es col·loca a ras de terra i en llocs estratègics que evitin falses alarmes.
- **Termòstat.** És un dispositiu elèctric que tanca o obre un circuit depenent de la temperatura mesurada per un sensor de temperatura. En el cas dels termòstats, el sensor de temperatura sol ser de tipus electromecànic, és a dir, que té dos materials de diferent coeficient de dilatació que al escalfar-se, el que menys es dilata tira de l'altre provocant la desconexió. És molt important la ubicació on es posi el termòstat, ja que no pot tenir incidència directa dels rajos del sol, no pot estar en llocs amb corrents d'aire, s'ha d'allunyar de fonts de calor que falsegin la mesura, no s'han de posar en llocs tapats o amagats, i s'aconsella col·locar-lo a una alçada d'uns 1,5 metres del terra, excepte en sistemes de terra radiant que s'aconsella a 0,80 metres del terra (sempre tenir en compte l'estratificació del calor). En la vivenda és sol col·locar una per zona a controlar de l'interior, amb el que els sistemes de climatització han d'estar degudament dimensionats amb aquesta hipòtesi.
- **Sonda de Temperatura.** A diferència dels termòstats que ens donen una senyal si la temperatura coincideix amb una consigna marcada (senyal digital, o si/no), les sondes de temperatura ens donen en tot moment, la mesura en sí de la temperatura (senyal analògica). Els tipus de sensors que normalment incorporen les sondes de temperatura són les NTC (material semiconductor que a major temperatura ens dona menor resistència), els RTD (la resistència dels materials augmenta amb l'augment de temperatura) i els Termoparells (molt econòmics, però només utilitzats en aplicacions industrials ja que donen mesures des de -200°C fins a 1700°C, amb baixa sensibilitat per a temperatures ambient). També és molt important la ubicació física a on es col·loquin, assegurant-se sempre que no hi ha influència de fenòmens externs que puguin ocasionar desviacions en la mesura. En la vivenda és sol col·locar una única sonda de temperatura exterior en la cara nord, de referència de les condicions climàtiques que en cada moment tenim.
- **Detector de Pluja.** És un sensor que s'instal·la principalment per conèixer el volum de pluja. S'instal·la en l'exterior, i majorment s'utilitza per evitar malgastar aigua, i també es pot utilitzar per baixar les finestres per evitar que s'embrutin els vidres. De vegades, pel jardí s'utilitzen els detectors d'humitat, i només es rega quan la humitat és baixa.
- **Detector de presència.** Principalment s'utilitzen com a detectors de presència els sensor volumètrics, que controlen un volum determinat, tot i que puntualment també es poden utilitzar qualsevol dels detectors de penetració, però amb una finalitat diferent. Normalment s'utilitzen per encendre i apagar llums, i es solen muntar en zones de pas (s'ha de tenir en compte el tipus de llum que fan funcionar, ja que hi han alguns tipus de llums que amb moltes enceses i apagades contínues s'escurça moltíssim la seva vida útil). Les tecnologies més utilitzades en els detectors volumètrics són els infrarojos o IR (són rajos de llum no visible que es

comporten igual que la llum visible, el detector memoritza la quantitat de radiació infraroja existent i s'activa davant d'una variació significativa), i els microones (porten emissor i receptor en el propi equip, de manera que, emet ones electromagnètiques que es reflecteixen en els objectes, detectant així objectes o persones en moviment). S'han de col·locar segons l'angle de detecció i l'abast que tenen (s'ha de conèixer que els microones poden traspasar parets, i que els infrarojos s'han de col·locar lluny de fonts de calor). Els detectors volumètrics per infrarojos són els més utilitzats en aplicacions domòtiques.

- **Anemòmetre.** És un sensor capaç de mesurar la velocitat del vent. S'utilitzen principalment per recollir els tendal i evitar que es trenquin, i rarament per baixar les persianes i protegir la vivenda. És col·loquen pròxims a l'element a controlar si aquest és únic, o en una situació elevada si es vol donar més utilitats. Sovint podem trobar estacions meteorològiques que integren en un sol equip la mesura del vent, mesura de la pluja i detector crepuscular
- **Detector Crepuscular.** És una fotocèl·lula que ens tanca o obre un circuit en funció del nivell de llum. S'utilitzen normalment en exterior, per aplicacions d'enllumenat (per exemple en el jardí). També es pot trobar certs detectors volumètrics que integren alhora un crepuscular, de manera que, la llum s'encén amb dues condicions: que és detecti moviment i que el nivell de llum sigui baix.
- **Detector de Luminositat.** S'encarrega de mesurar els nivells lumínics per tal decidir si encendre o apagar certes llums. És una aplicació poc utilitzada, ja que s'utilitzen més els crepusculars.
- **Detector de Consum Elèctric.** Se'n poden trobar de molts tipus i en la vivenda s'utilitzen molt poc (si que s'utilitzen molt en aplicacions industrials). Consisteixen en mesurar diferents magnituds elèctriques per a actuar conseqüentment. Un exemple dels més utilitzats en la vivenda és la mesura de la corrent d'intensitat a través d'un toroïdal per actuar amb un racionalitzador de consum.

#### 2.3.4.7 Els Actuadors

Els actuadors són aparells que a partir de les ordres rebudes, actuen i transformen la informació rebuda en accions físiques.

Els principals tipus d'actuadors que s'utilitzen en una vivenda són:

- **Relés o mòduls de Maniobra.** Consisteixen en aquells equipaments que fan que es produeixi una senyal (de corrent o de tensió, de 230V o de 24V, etc) que actui sobre algun sistema de la vivenda o sobre altres actuadors: electrovàlvules, caldera de calefacció, llums, equipament, mòdul de persiana, motor de porta, ventilador, emissor tèrmic, etc.
- **Regulador de Luminositat.** Consisteix en un equip que regula el pas de corrent per tal de que la il·luminació i el consum d'aquesta sigui adequat a la tasca a realitzar. S'utilitza molt com a confort, per exemple per veure la televisió o escoltar música en un ambient tènue i relaxat.
- **Mòdul de Persiana.** S'utilitzen per automatitzar la pujada i baixada de les persianes. Aquestes es poden utilitzar tant per a seguretat, com per a eficiència energètica (climatització i il·luminació), com per a confort... Es recomana col·locar com a mínim en les persianes principals de la vivenda.

- **Racionalitzador de Consum.** Consisteix en un equip que anirà obrint diversos circuits elèctrics en funció del consum total o parcial, per evitar que puntualment es tingui un excés de consum elèctric (evitant el tall de subministrament per excés de corrent que cada circuit té amb l'equip de protecció d'interruptor automàtic). L'obertura dels circuits es munta per prioritats, de gens important a poc important, evitant el tall a circuits principals (enllumenat, nevera, etc).
- **Electrovàlvula.** Són elements que intercalats en un conducte poden impedir el subministrament temporalment. En la vivenda s'utilitzen les electrovàlvules d'aigua i de gas. S'utilitzen les de tipus normalment obert (deixen passar el fluït quan no hi ha tensió), ja que si hi ha un tall de subministrament elèctric continuen funcionant, i només consumeixen energia quan es produeix una situació d'alarma. L'electrovàlvula d'aigua serà de rearmament automàtic i la de gas de rearmament manual (per a que l'usuari sigui conscient de que es torna a obrir el subministrament de gas). Es recomana col·locar-les després de la clau de pas i en un lloc accessible i ventilat.
- **Sirenes d'Alarma.** Serveixen per informar òptica o acústicament de la detecció d'una alarma (d'intrusió, alarma tècnica, etc). Es poden col·locar tant en interior com en exterior, però sempre complint el paràmetres de les normes que ho regulen (s'aconsella sempre consultar a un instal·lador autoritzat de sistemes d'alarma).

### 2.3.5 Principals Sistemes Domòtics

Actualment es comença a veure en els sistemes domòtics, una iniciativa per integrar i convergir els diversos elements que formen el sistema, cosa que es creu de vital importància per al creixement de la implantació de sistemes domòtics [1].

Tal i com hem mencionat anteriorment, la penetració d'elements amb capacitats domòtiques en les nostres vivendes, actualment, es podria qualificar de puntual, elitista i inclús anecdòtica.

El mercat està ple de dispositius domèstics carregats de tecnologia, arribant a un punt en que es "trepitgen" entre ells. Si muntéssim la nostra vivenda amb tots els electrodomèstics més tecnològics, podríem trobar situacions complicades. Per això doncs, tornem a remarcar la importància de tenir molt clar que és el que d'una forma senzilla, pràctica, còmoda i el més econòmicament possible ens ajuda a cobrir les nostres necessitats i a obtenir les prestacions desitjades.

A continuació detallem els principals sistemes domòtics disponibles actualment en el mercat i més implementats en el nostre país, que s'associen a diferents tipus de protocols:

- **X-10 (1978)** [26]. És un protocol estàndard per a la transmissió d'informació per corrents portadores (PLC, Power Line Carrier). Es tracta d'una tecnologia de corrents portadores pel que es controla qualsevol dispositiu mitjançant la línia de corrent elèctric domèstica. S'han desenvolupat versions OEM (Original Equipment Manufacturer) per part de més de 200 fabricants que han adoptat aquest estàndard en els seus dispositius. Aquest protocol permet la configuració de sistemes indistintament de forma distribuïda o centralitzada (és comú trobar un/s equip/s central/s que gestionen el sistema). És important destacar el filtre que s'ha de posar al inici de la instal·lació elèctrica, per evitar que entrin senyals no desitjades de l'exterior i que no surtin senyals del nostre sistema cap a l'exterior.

- **KNX** (1992) [25]. Neix en mans de EIBA (associació de 9 empreses), com a convergència de tres estàndards (Batibus, EIB i EHS). Actualment està formada per més de 115 empreses associades (Asociación KNX). És un sistema obert i flexible, i el gran nombre d'empreses augmenta les possibilitats de configuracions dels sistemes desitjats. Cada component del sistema és intel·ligent, de manera que, no és necessària una unitat de control central, i, per tant, aquest sistema s'utilitza tant per a petits com per a grans configuracions (pot disposar fins a 60.000 components). Els sistemes de comunicació estan normalitzats a nivell europeu (EN50090 i EN13321-1) i mundial (ISO/EIC 14543), i totes les empreses participants garanteixen la compatibilitat amb el protocol de comunicació. Aquest sistema ofereix 4 medis de transmissió de dades:
  - “Twisted Pair” (TP). És un bus de control utilitzant un cablejat independent (par trenat) d'ús exclusiu per a la comunicació KNX.
  - “Power Line”(PL). S'utilitza el cablejat elèctric existent. És molt útil per a instal·lacions ja existents, a on és difícil disposar de nou cablejat.
  - Radiofreqüència (RF). La comunicació es realitza utilitzant senyals de radiofreqüència (el medi físic és l'aire).
  - Protocol IP. Amb el protocol IP es poden aprofitar tots els avantatges de sistemes tant oberts com Ethernet o Internet.
- **Lonworks** (1988) [27]. Associació de fabricants que en l'actualitat té més de 500 membres. El protocol que utilitza s'anomena LonTalk® i està normalitzat a Europa (EN-14908), Estats Units (EIA-709-1) i China (GB/Z 20177), de manera que, és un protocol obert i disponible a qualsevol grup d'interès (pot disposar fins a 32.000 elements). Permet que les aplicacions funcionin independents del medi de transmissió (principalment par trenat i PLC), la instal·lació es pot fer amb dispositius de múltiples fabricants i disposa d'una eina d'instal·lació estàndard.
- **X2D** (1984) [28]. És de la casa Delta Dore, però molts fabricants han optat per utilitzar-lo, ja que dona una molt bona relació qualitat-preu. Consisteix en corrents portadores segons la norma EN50065-1.
- **Domotium** (2005) [29]. Va ser impulsada per Microsoft, i actualment composta per més de 800 empreses. Recull els avantatges de les xarxes TCP/IP i del UPnP (Universal Plug and Play). Arquitectura molt oberta i distribuïda de forma independent al fabricant, sistema operatiu, llenguatge de programació, etc.
- **BUSing** (1998) [23]. Neix en el departament d'I+D+i de l'empresa Ingenium, i cada cop més és utilitzat per diferents fabricants (permet fins a 65.536 elements). Està definit seguint les capes ISO - OSI. És un sistema distribuït a on tots els elements es comuniquen pel bus, fàcilment ampliable, i a més a més permet tecnologia inal·làmbrica.
- **Teletask** (1984) [30]. És un sistema modular programable en entorn Windows (fàcil programació). Consisteix en una unitat central que té diferents mòduls d'entrades i sortides, així com un bus de 5 fils utilitzant un cable RS485 (distància màxima de l'AUTOBUS de 1km).
- **My Home** (1988) [31]. És de l'empresa Bticino. Utilitza el protocol SCS (Sistema de Cablejat Simplificat) i actualment han desenvolupat un protocol obert basat en TCP/IP. Consisteix en un conjunt modular on cadascuna de les solucions pot funcionar independentment o conjuntament.

- **Vivimat** (1993) [32]. Comunicació a través d'un bus sèrie RS485, protocol obert que permet una topologia distribuïda. S'ha adaptat per donar comunicació a través d'una xarxa basada en l'estàndard IP.
- **ComuniTEC** (2003) [33]. És de l'empresa Miniatic. S'ha dissenyat exclusivament per a ús residencial (comunitat de veïns). Tot es centralitza en una unitat basada en PC i totes les línies de les diferents vivendes que estan connectades funcionen conjuntament a través del vídeo porter, i dintre de la vivenda els diferents mòduls és connecten en un bus sèrie amb cablejat FTP (sense programació). Destacar que és el primer sistema domòtic que incorpora senyals audiovisuals en el bus domòtic. Pot gestionar 100 vivendes i cadascuna d'elles pot disposar de 1.024 dispositius (Plug & Play). El protocol de comunicació està basat en l'estàndard RS-485.
- **DiLARTEC** (2001) [34]. Pertany a l'empresa Lartec Desarrollos Inteligentes, i està molt dedicat al sector residencial, amb un assessorament dedicat al professional. Es basa en la tecnologia PLC (instal·lació senzilla, baix cost, flexibilitat...). Disposa de diferents solucions amb tres nivells d'automatització, en que disposem de paquets més o menys predefinits, amb diferents dispositius de control (pantalla tàctil, televisor, mòbil, PDA, PC, etc). El protocol és propietari, però també té passarel·les per a productes d'altres fabricants.
- **E-domo** (1998) [35]. És un sistema de control centralitzat amb múltiples entrades i sortides (digitals i analògiques). La comunicació es basa en TCP/IP (permet el control directe o de forma remota). El principal interface de l'usuari és la televisió, però també es pot utilitzar altres (pantalla tàctil, PC, PDA, WebPad, etc).
- **Domonet** (2004) [36]. És de l'empresa Orbis i es basa en el protocol i la tecnologia Zigbee, que consisteix en comunicació inal·làmbrica, amb descentralització de les funcions (una malla de nodes especialitzats interconnectats entre si). Permet comunicar 65.000 dispositius amb una distància d'uns 100 metres (autonomia d'uns 4 anys).
- **Chorus** (2006) [37]. És de l'empresa Gewiss i està basat en la tecnologia KNX. Cal destacar les petites dimensions dels components i que sigui de fàcil connexió.
- **Dupline** (1986) [38]. És un bus de dos fils amb un protocol molt senzill però robust, que permet connexions en diferents tipologies alhora, el que li dona gran flexibilitat de construcció i d'ampliació. No té límit d'elements a connectar-se, però sí en el nombre de senyals que es pot gestionar en el parell de fils Dupline (128). És possible formar 32 xarxes Dupline, el que ens donaria 4.096 senyals de comunicació. Es pot afegir un PLC o PC per donar més intel·ligència al sistema.
- **IO-Homecontrol** (2004) [39]. Protocol que es basa en una comunicació de radio bidireccional (tant emissors com receptors són intel·ligents, i poden canviar la freqüència automàticament per evitar interferències). Sistema Plug&Play.
- **Zelio Hogar** (2004) [40]. És de la casa Schneider Electric. Consisteix en un autòmat amb diferents entrades i sortides que centralitza tota la informació, estant preprogramat només cal connectar els elements.
- **In One by Legrand** (2002) [41]. És de l'empresa Legrand i es basa en corrents portadores (també utilitza altres medis de transmissió com la radiofreqüència i els infrarojos), però amb un protocol propietari. Cada element és intel·ligent (permet fins a 999.999 elements). La configuració es realitza sense software a través de pulsacions.

- **Cardio** (1996) [42]. Es tracta d'un sistema descentralitzat sense programació que pot utilitzar cablejat punt a punt, corrents portadores o control per radiofreqüència. Limitació de 160 zones d'il·luminació i 40 aparells. El protocol que utilitza és obert.
- **BJC Dialon** (2005) [43]. Esta pensat per aplicacions domèstiques senzilles i preconfigurades, per disposar del mínim espai i al millor cost. Es basa en un mòdul central ubicat en el quadre elèctric de la vivenda, amb diverses entrades i sortides, analògiques i digitals, i un port sèrie per comunicar-se amb un PC. Pot ser integrat amb el sistema BJC Dialogo. Es comunica amb protocol propietari i Lonworks.
- **Osiris ZIG** (2004) [44]. És de l'empresa Domodesk. És un sistema domòtic inal·làmbric distribuït, basat en Zigbee. És un sistema de baix consum, de reduïdes dimensions i alt nivell d'integració amb diversitat d'interfaces de comunicació.
- **Sicov** (1996) [45]. Sistema Integrat de Control de Vivendes. És un sistema centralitzat de l'empresa ISDE. És un paquet que dona les funcions bàsiques necessàries per a promocions, preprogramat permeten alguns canvis. Alguns elements es connecten directament a la central (sensors de presència, foc, gas, fum, aigua, etc) i altres es comuniquen amb la interface RS485 (pantalles, servidor web).
- **SimonVOX.2** (1989) [46]. És un sistema totalment propietari, molt pensat per a comunicació via telèfon. És un petit autòmat amb certes entrades i sortides tot preprogramat. Les principals aplicacions que dona és la de seguretat, telegestió i confort.
- **SimonVIT@** (1992) [47]. És un sistema totalment propietari, amb una pantalla tàctil d'alta gama per canviar consignes i cada element del sistema té la seva intel·ligència per funcionar de forma independent, permetent tipologia distribuïda. Es comunica a través d'una xarxa LON.
- **Autòmat o PLC**. Consisteix en petits equips de programació industrials que permeten a un programador avançat realitzar totes les configuracions que necessita. Amb sistemes domòtics tradicionals no es disposa de tota la llibertat de programació, ja que sovint les programacions i els sensors estan preconfigurats. En el mercat podem mencionar-ne dos molt utilitzats que són molt similars: Zelio de la marca Schneider Elèctric i Logo de la marca Siemens.

A continuació es resumeixen els principals sistemes que més potencial tenen degut al seu protocol estàndard o obert, així com la principal tipologia que tenen:

Sistema	Protocol	Tipologia
X-10	Estàndard	Distribuït
KNX	Estàndard	Distribuït
Lonworks	Estàndard	Distribuït
Domotium	Estàndard	Distribuït
X2D	Obert	Centralitzat
BUSng	Obert	Distribuït
Vivimat	Obert	Centralitzat
E-domo	Obert	Centralitzat
Domonet	Obert	Descentralitzat
Chorus	Obert	Centralitzat
Cardio	Obert	Descentralitzat

**Fig. 10.** Sistemes domòtics amb protocols estàndards i oberts.

La resta de sistemes són propietaris. A continuació els resumim indicant la principal tipologia que presenten:

Sistema	Protocol	Tipologia
My Home	Propietari	Distribuït
Dupline	Propietari	Descentralitzat
In One By Legrand	Propietari	Descentralitzat
Osiris ZIG	Propietari	Descentralitzat
Smon Vit@	Propietari	Descentralitzat
Teletask	Propietari	Centralitzat
ComuniTEC	Propietari	Centralitzat
DiLARTEC	Propietari	Centralitzat
IO-Homecontrol	Propietari	Centralitzat
Zelio Hogar	Propietari	Centralitzat
BJCDialon	Propietari	Centralitzat
Scov	Propietari	Centralitzat
Smon VOX2	Propietari	Centralitzat

**Fig. 11.** Sistemes domòtics amb protocols propietaris.

### 2.3.6 Complementos a la Domòtica

És molt interessant tenir presents diferents components que tot i les seves petites prestacions, poden contribuir a millorar i complementar tant als sistemes senzills com als complexes. Aquests components també són atractius pel seu baix cost. Entre ells podem destacar els següents:

- **Telerruptor.** És un element que té dos estats possibles i cada cop que rep tensió canvia d'estat. Són útils per fixar estats a través de polsadors o relés, i els que suporten corrents reduïdes (fins a 10A) són molt econòmics. Existeixen tant per a instal·lacions monofàsiques com trifàsiques.
- **Contactador.** És un element que mentre rebí tensió mantindrà tancat un contacte que habilita el pas de corrent d'un circuit de major corrent. Es solen maniobrar utilitzant telerruptors o relés. Existeixen tant per a instal·lacions monofàsiques com trifàsiques.
- **Rellojge.** Són elements programables de forma digital o analògica. La seva programació més habitual sol ser diària o setmanal, i es munten normalment en el quadre elèctric. Sovint, també s'utilitzen els rellotges astronòmics (sobretot en enllumenats públics), que introduint els paràmetres de localització, simulen la zona horària, estalviant-se així de muntar un crepuscular (fotocèl·lula en l'exterior).
- **Minutera.** És un element que quan rep un impuls de tensió tanca un circuit durant un temps regulat. Els més comuns són les minuteretes de quadre que permeten regulació entre 2 i 7 minuts (tot i que es comencen a utilitzar que poden comptar fins a 20 minuts), i els de pastilla per ubicar en caixes de registre que són fixes de 3 minuts (molt utilitzats en escales). Es solen accionar a través de polsadors.

Aquests elements s'utilitzen tant combinats entre ells, com directament amb sensors, o amb sistemes més complexes.

Aquests elements poden ajudar a cobrir certes necessitats amb un cost molt reduït. Podem dir que molts cops, aquests complementos i algun sensor poden contribuir a un gran estalvi energètic, i és per això que, s'utilitzen moltíssim.

### 2.3.7 Escenes

Les escenes consisteixen en un conjunt d'accions sobre un o diversos sistemes per tal d'adequar aquests a les necessitats marcades per dita escena [47]. Les escenes es solen produir normalment a voluntat de l'usuari, però també pot donar-se per temps o per ambos. Sovint aquestes escenes busquen el confort o la seguretat de l'individu, però també s'ha de buscar que siguin amb eficiència energètica o exclusivament per aconseguir l'eficiència energètica.

A continuació en fem una relació de les escenes més usuals en una vivenda:

- **Alarma mèdica.** Quan l'usuari accioni algun dels mecanismes de que disposi per demanar ajuda mèdica, el sistema seguirà el procediment d'avisos (metge, familiars, etc).
- **Alarma tècnica.** Quan el sistema detecti alguna alarma tècnica (fuita d'aigua, incendi o fuita de gas), procedirà a tancar els sistemes corresponents (aigua, gas i electricitat), i avisarà als propietaris de la vivenda (òpticament, acústicament o telefònicament).
- **Alarma Antirobatori.** Tot i que es comercialitza com un producte, també es podria considerar com una escena, ja que consisteix en activar o desactivar aquesta escena, i en cas de detecció d'alarma, el sistema procedeix a realitzar un conjunt d'accions (trucada a servei d'alarma RCA i/o a client, sirena, llums, etc).
- **Ningú a Casa (\*).** Consisteix en que l'usuari activa l'alarma de casa, de manera que, el sistema estarà alerta de tots els detectors d'intrusisme i alhora reduirà el consum de climatització. Si detecta o l'usuari li ha indicat que estarà diversos dies a fora, el sistema de climatització es parará totalment, i també realitzarà simulació de presència (amb llums, persianes i algun equip d'àudio) per tal de dissuadir possibles robatoris.
- **Arribada a Casa (\*).** El sistema, ja sigui per activació de l'usuari (telèfon, Internet, desconexió del sistema antirobatori, etc) o per programació del propi sistema, procedeix a actuar segons programació (principalment condicionar climatològicament la vivenda, o obrir persianes, etc).
- **Climatologia desfavorable (\*).** Consisteix en reduir les aportacions de temperatura des del carrer ja que ens són desfavorables, baixant persianes i climatitzant de forma controlada les estances que s'estiguin utilitzant o es prevegin utilitzar. Això pot produir-se quan faci molta calor o molt fred a l'exterior.
- **Plou o fa vent.** Es procedeix a recollir tendals i baixar persianes per tal d'evitar que aquests factors meteorològics afectin o embrutin els nostres habitatges.
- **Ventilació (\*).** Consisteix en controlar la temperatura exterior per realitzar ventilacions de forma forçada, aprofitant les condicions favorables de l'exterior (a l'estiu cap a les 5 del matí que refresca, i a l'hivern cap a les 12 del matí quan faci sol i calor).
- **Bon dia (\*).** Consisteix en despertar a l'usuari o usuaris a l'hora desitjada, amb els sons que aquests desitgin (música, televisió, telèfon, etc), havent adequat amb antelació la climatització de les diferents estances a utilitzar i havent realitzat una recirculació de l'aigua calenta si els usuaris tenen costum de dutxar-se pel matí.
- **Dutxa (\*).** Consisteix en augmentar la temperatura del bany ja que s'ha indicat que l'usuari es vol dutxar (la resta del dia, en aquesta estança es tindrà una temperatura

normal-baixa d'uns 15°C, ja que la pèrdua d'energia per ventilació natural és molt pronunciada en dites estances), i realitzar una recirculació de l'aigua calenta. També es pot complementar amb l'equip d'àudio.

- **Cinema o àudio (\*).** Consisteix en adequar la sala corresponent per a veure la televisió o escoltar música, baixant les persianes, regulant el nivell de llum i encenent l'equip de cinema, la televisió i l'equip d'àudio (segons es programi).
- **Festa o sopar d'amics.** Consisteix principalment en climatitzar i ventilar la sala menjador, ja que es preveu una gran concentració de persones.
- **Altres.** En funció de les necessitats o desitjos de l'usuari, es poden programar altres escenes que es creguin interessants.

S'ha indicat amb un \* aquelles escenes que tenen eficiència energètica gràcies al sistema intel·ligent (domòtic) instal·lat.

### ***2.3.8 Futur de la Domòtica***

El futur i èxit de la domòtica es preveu que serà de forma natural cap a sistemes en que el protocol sigui estàndard i no depengui ni del producte utilitzat ni del medi de transmissió (cable, radiofreqüència, etc). Es podria apostar a que aquest estàndard sigui el TCP/IP.

Els equips permetran dimensionar sistemes distribuïts amb una flexibilitat i ampliació immensa. Per exemple, els sensors i actuadors són elements senzills, que concentrats en equips distribuïts estratègicament redueixen el cablejat, i aquests connectats al sistema de control (un o diversos, amb o sense redundància, etc), permeten una configuració senzilla i econòmica.

L'experiència obtinguda en els darrers anys, sumada als avanços tecnològics, també permetran disposar de rutines de programació modular fàcilment implementables al nous sistemes (per exemple rutines d'eficiència energètica de la climatització d'una sala que integri la calefacció, l'aire condicionat, el control de les finestres, la ventilació, etc), de manera que, la intel·ligència dels sistemes serà major a un baix cost. I també comentar que, seria desitjable el disposar d'un únic o principal entorn de programació a alt nivell (per exemple HTML o similar), o simplement que vinguin totes les programacions de fàbrica (o que es puguin afegir posteriorment, com actualitzacions per Internet o similar) i que l'instal·lador o l'usuari només hagi de configurar els sistemes existents. Dit entorn de configuració i control del sistema serà també molt senzill, còmode, intuïtiu, que permeti la manipulació de tot tipus d'usuari.

Comentar també que serà una evidència que l'usuari pugui controlar el sistema, de forma parcial o total, independentment del lloc on estigui (comandament a distància, pantalles tàctils, telèfon mòbil, Internet, etc), segons els requeriments o necessitats de dit usuari, amb uns entorns de canvi de paràmetres molt intuïtius i fàcils d'utilitzar.

S'espera que el mercat ens porti a que els sistemes més bàsics i necessaris per reduir el consum d'energia tinguin un cost molt assequible pels usuaris, ja sigui per reduir les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, o per l'increment del cost de l'energia.

## 2.4 Consum Energètic en l'Habitatge

### 2.4.1 Fonts de Consum en l'Habitatge

Per aconseguir eficiència energètica cal tenir en compte les diferents energies que es consumeixen i de quina forma es poden actuar sobre elles. L'actuació sobre aquestes de forma individual millorarà l'eficiència energètica de cada habitatge, però la importància és el gran estalvi energètic que es pot aconseguir de forma col·lectiva.

La primera tasca és detectar les fonts de consum energètic de la vivenda, conèixer actualment com es consumeixen i els diferents equips i sistemes dels que se'n fa ús. Aquestes fonts de consum són les que es detallen a continuació, a on també es descriu el percentatge de consum que actualment tenen (IDAE 2007) [8]:

- La climatització (42%)
- L'enllumenat (9%)
- L'electricitat de potència o equipament elèctric (23%)
- L'aigua (26%)

Les diferents formes d'estalvi energètic en l'habitatge sempre s'han de basar en les següents pautes:

- El factor humà. L'estalvi de l'usuari és fonamental.
- Disposar de la màxima eficiència energètica passiva de forma natural, tal i com s'ha explicat en l'apartat 2.2.
- Fer que el sistema automàtic actuï per aprofitar els recursos naturals, és a dir, fer que de forma activa es tingui eficiència energètica passiva. Per donar un exemple, seria quan a l'hivern, el sistema automàtic s'encarrega de pujar les finestres solejades en les hores més òptimes de sol i aprofitar tant la llum com l'escalfor per reduir el nostre consum.
- Fer que el consum d'energia estigui controlat pel sistema automàtic, i que sigui aquest el que optimitzi dit consum. Per exemple, controlar les temperatures de les diferents estances de la vivenda en funció de la utilitat que tenen, els horaris en que s'utilitzen, etc.

Una de les tasques a la que sovint no se li dóna la importància que realment té és la del manteniment. El manteniment és molt i molt important, i sempre de tots els equips i sistemes implicats, així que, sempre s'haurà de tenir present. Els manteniments els classifiquem segons les metodologies utilitzades tal que així:

- **Manteniment correctiu.** Consisteix a corregir els defectes que presenten els diferents equips i productes durant la seva utilització i funcionament. Aquest és obligatori quan ja tenim un mal funcionament de la instal·lació.
- **Manteniment preventiu.** Consisteix en actuar per tal de mantenir els nivells de funcionament desitjats. Aquest és opcional, però el més important, ja que fa que tot el sistema treballi en les seves millors condicions, optimitzant els recursos i evitant danys majors i sovint costosos.
- **Manteniment predictiu.** Persegueix conèixer i informar permanentment de l'estat i operativitat de la instal·lació. Aquest és opcional, i normalment s'utilitza en parts importants o crítiques del sistema, per tal d'evitar grans catàstrofes.

## 2.4.2 Il·luminació en l'Habitatge

### 2.4.2.1 Sistemes d'Il·luminació

La il·luminació té tres punts de dificultat com són el tipus de làmpada a utilitzar, els nivells de llum que donar a cada zona i l'estètica de la lluminària [4]. Tots tres van molt lligats, ja que una lluminària concreta permet una o dues làmpades diferents i dona uns certs nivells de lluminositat.

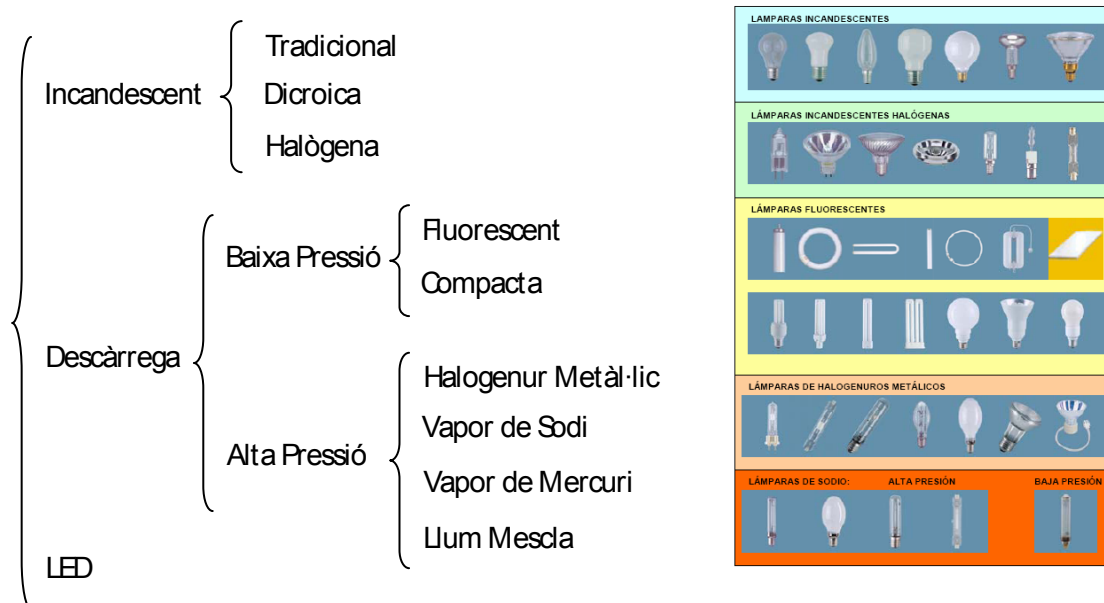
La il·luminació d'un habitatge és més senzilla que altres aplicacions com són oficines o naus, ja que la utilització de cada estança és coneguda per tothom, i a més a més no són d'obligat compliment certes normatives que marquen paràmetres com la luminància mitja mantinguda ( $E_m$ ), el rendiment lumínic, eficiència energètica de la il·luminació (VEEI), l'índex de enlluernament unificat (UGR), no existeix enllumenat d'emergència, pla de manteniment, etc.

És interessant conèixer els paràmetres de la temperatura del color  $k$  ( $T_c$ ) que ens dona l'aparença de color que emet una làmpada (apreciació visual de la llum emesa), i l'índex de reproducció cromàtica ( $R_a$ ) que ens proporciona una indicació objectiva de les propietats de rendiment en color d'una font lluminosa:

$R_a < 60$	Color Pobre	$T_c < 3300K$	Blanc Càlid
$60 < R_a < 80$	Color Bo		Blanc Neutre
$80 < R_a < 90$	Color Molt Bo	$T_c > 5400K$	Blanc Fred
$R_a < 90$	Color Excel·lent		

**Fig. 9.** Índex de reproducció cromàtica i temperatura del color.

Els principals tipus de làmpades existents en el mercat, normalment, es solen classificar en funció de la forma en que es produeix la llum:



**Fig. 12.** Esquema tipus de làmpades i representació d'aquestes.

Finalment ens interessa conèixer les diferents característiques de cadascuna de les làmpades per saber quina utilitat tenen.

#### 2.4.2.1.1 *Làmpades incandescents*[5]

- **Incandescent** (tradicional). Les làmpades incandescents generen llum mitjançant l'escalfament elèctric d'un filferro (el filament) a una temperatura alta en que la radiació s'emet en el camp visible de l'espectre. Són la font de llum més antiga amb la que s'obté la millor reproducció dels colors, amb una llum molt propera a la llum natural del sol. Els desavantatges són la poca vida de funcionament, la baixa eficiència lluminosa (ja que el 90% de l'energia es perd en forma de calor) i la pèrdua lluminosa amb el temps. Per contra tenen un cost baix, la instal·lació és senzilla, no necessiten equips auxiliars, permeten múltiples enceses, són de baix cost, i existeixen en diferents formes. Aparença de color: blanc càlid. Temperatura de color: 2600K. Reproducció de color: Ra 100. Vida útil: 1000 h. Comentar que hi ha un calendari de supressió progressiva d'aquests tipus de làmpades que s'inicia a finals del 2009.
- **Halògena** (incandescent de Tungstè). Tenen un funcionament similar al de la làmpada incandescent normal, però l'halogen incorporat ajuda a conservar el filament. D'aquesta manera augmenten la vida útil, milloren l'eficiència lluminosa, i tenen una reproducció del color excel·lent sense perdre-la amb el pas del temps. Aparença de color: blanc. Temperatura de color: 29000K. Reproducció de color: Ra 100. Vida útil: 2000 - 5000 h. Es fabriquen principalment en tipus barreta, entre 60W i 2000W.
- **Dicroica** (ull de bou). Té les mateixes característiques que la làmpada halògena, però conté un reflector dicroic, amb el que permeten diversos graus d'obertura. Es fabriquen tant per anar muntades directament a la xarxa elèctrica (230V) o mitjançant un transformador (12V). Són les més utilitzades per múltiples enceses i per regulació. Les potències oscil·len entre els 20W i els 100W.

#### 2.4.2.1.2 *Làmpades de descarrega de baixa pressió* [5]

- **Fluorescent** (fluorescent lineal). La llum es produeix al convertir la radiació ultraviolada de la descàrrega del mercuri en radiació visible, utilitzant pols fluorescent de la superfície, interna. Tenen major eficàcia lluminosa que les incandescents normals i molt baix consum energètic. Són més cares, però es compensa amb la vida de funcionament. Els fabriquen amb diferents tonalitat, però la reproducció de color és molt dolenta. Cada cop més s'utilitza una reactància electrònica per controlar l'encesa en front del cebador que és menys eficient. La vida útil és d'unes 12000h (calculat amb enceses de 10h), però amb enceses de poca durada és pot reduir moltíssim la seva vida útil (amb enceses de 3h tindriem una vida útil d'unes 8000h).
- **Compacta** (fluorescent compacta). Les làmpades compactes estan substituint als tubs. Són més petites amb casquet de rosca o "baioneta", i les que més s'utilitzen són les que porten incorporat el balast i la reactància electrònica i que es coneixen com a de **baix consum**. Suposen un estalvi d'energia fins el 70% (respecte les incandescents) i unes bones prestacions. Són recomanables en espais on la llum estigui encesa una estona llarga. Aparença de color: diferents blancs, temperatura de color: 2600-6500K, reproducció de color: Ra 50-Ra 95, vida útil: 10000 h, però al igual que les fluorescents, amb múltiples enceses és redueix moltíssim la seva vida útil (estan estudiant i es comencen a comercialitzar aquests tipus de làmpades que permeten múltiples enceses, però amb un cost molt elevat).

#### 2.4.2.1.3 Làmpades de descàrrega d'alta pressió [5]

- **Vapor de mercuri.** La descàrrega es produeix en un tub de descàrrega a dins del qual hi ha una petita quantitat de mercuri i gas inert. Augmenta l'eficàcia lumínica i millora la qualitat de color i la reproducció de color. aparença de color: blanc, temperatura de color: 4000K, reproducció de color: Ra 45, vida útil: 16000 h.
- **Halogenurs metàl·lics.** La diferència respecte de les anteriors és que a dins del tub a més hi ha una quantitat d'halurs metàl·lics. Fins fa poc tenien problemes d'estabilitat de color, poca vida útil i cost alt. Actualment han millorat la tecnologia aconseguint eficàcia lumínica i millora en la reproducció del color. Aparença de color: blanc fred, temperatura de color: 4800-6500K, Ra 65-Ra 95, vida útil: 9000h.
- **Vapor de Sodi.** La llum es produeix al convertir en radiació visible la radiació de la descàrrega del sodi. Són de color groc, la reproducció del color és menys valorada que la d'altres tipus de làmpades, però són les que tenen més eficiència lluminosa i més vida útil. Respecte de l'anterior millora la temperatura i la reproducció del color. Aparença de color: blanc-groc, temperatura de color: 2000-2500K, reproducció de color: Ra 25- Ra 80, vida útil: 16000 h.
- **Llum mescla.** Les làmpades de llum mescla són una combinació de les de mercuri a alta pressió amb les incandescents, habitualment, amb un recobriment fluorescent. Tenen una eficàcia entre 20 i 60 lm/W, i ofereixen una bona reproducció del color: Ra 60, i una temperatura de color: 3600K. Presenten una duració d'unes 6000h, i no necessiten balast per funcionar. Anteriorment s'utilitzaven per substituir làmpades d'incandescència, però actualment s'utilitzen molt poc.

#### 2.4.2.1.4 LED [15]

El led és un dispositiu semiconductor que emet llum incoherent d'espectre reduït quan es polaritza de forma directa la unió PN del mateix i és travessat per corrent elèctric. El color depèn del material semiconductor emprat en la construcció del díode podent variar des de l'ultraviolat, passant per l'espectre de llum visible, fins a l'infraroig. El dispositiu semiconductor està comunament encapsulat en una coberta de plàstic de major resistència que les de vidre que usualment s'usen en les peretes. Encara que el plàstic pot estar acolorit, és només per raons estètiques, ja que això no influeix en el color de la llum emesa.

Les característiques d'aquests tipus de làmpades són:

- Llargua vida útil. D'unes 50000 hores davant de les 2000 hores d'una convencional.
- Alta eficiència lumínica. Són molt lluminosos i concentren la il·luminació sense dispersar-la, al contrari d'una convencional que dispersa la llum en totes direccions.
- Baix consum energètic. Una làmpada LED de 5W, aconsegueix el mateix efecte que amb una convencional de 40W, això ens representa un elevat estalvi energètic.
- No produeixen escalfor. Una bombeta convencional utilitza un 10% de l'energia que consumeix en produir llum, el 90% restant és convertit en calor, amb les llums LED, el 90% de l'energia es transforma en llum.
- Ambient net. No emeten radiacions infraroges o ultraviolats la qual cosa evita atreure mosquits al voltant de la làmpada, poden utilitzar-les en zones d'alimentació.

- Les làmpades fluorescent LED no produeixen flaixos, ja que treballen a tensió constant, d'aquesta manera tindrem una visió més neta, evitant molèsties visuals.
- No contenen materials contaminants. Compleixen amb la normativa RoHS, en la que es prohibeix la utilització de mercuri, i de plom en els circuits.
- Baix cost en manteniment. Les làmpades LED es connecten directament a xarxa, no necessiten reactàncies ni cebadors, reduint així, el cost de manteniment de les instal·lacions i averies produïdes per aquests elements. El voltatge d'operació va des d'1,5 a 2.2 V aproximadament i la gamma d'intensitats que ha de circular per ell va de 10 a 20 mA en els díodes de color roig i entre 20 i 40 mA per als altres LEDs.

Les aplicacions d'aquests tipus de làmpades són moltes (decoració, senyalització, aparadors, etc), però avui per avui, encara que s'han realitzat grans avanços en aplicacions d'il·luminació, el seu cost resulta tant elevat que s'utilitzen molt poc. Actualment s'està apostant molt per utilitzar-les en aplicacions d'enllumenat públic.

#### 2.4.2.2 Formes d'Estalvi en la Il·luminació

A continuació descriurem diferents formes d'estalvi energètic en la il·luminació:

- Aprofitar la llum natural. (\*)
- Utilitzar el tipus de làmpada i de lluminària adequada al tipus d'activitat a realitzar.
- Apagar la llum en sales que no s'estiguin utilitzant. (\*)
- Adequar la intensitat de la llum a les necessitats de l'activitat que es realitzi. (\*)
- Evitar enceses curtes de làmpades que poden veure escurçada la seva vida útil. (\*)
- Mantenir netes les làmpades i lluminàries.
- Utilitzar colors clars tant en parets com en sostres.

S'indica amb un \* aquelles formes en que un sistema automàtic pot contribuir en part o totalment per facilitar i millorar l'eficiència energètica.

#### 2.4.2.3 Elecció del Sistema d'Il·luminació

Per aconseguir una bona il·luminació cal analitzar les necessitats de llum que és té en cadascuna de les parts de la vivenda. En funció d'aquestes necessitats i de l'ús que tinguin, s'elegirà un model de lluminària i làmpada o un altre.

Una de les errades més comú que és té és el d'associar el watt (W) que ens dona la potència elèctrica com a potència lumínica. La potència lumínica es dona en lúmens, i la relació dels lúmens respecte els watts que consumeix la làmpada ens dona l'eficiència de dita làmpada.

Així doncs, per a l'elecció de la làmpada a utilitzar, es relacionarà l'estètica desitjada amb l'aplicació que té (no utilitzarem mai les incandescents). Amb tot això es resumeix les làmpades a utilitzar en funció de l'estança a il·luminar:

- Cuina: S'utilitzaran làmpades de baix consum, compactes (down light) o fluorescentes, ja que són llocs on s'està molta estona i es necessita molta llum.
- Bany, passadís: S'utilitzen llums dicroïques, ja que donen bona llum, i la seva utilització és puntual, amb moltes enceses. Es pot complementar amb halògenes o de baix consum (que permetin múltiples enceses) per llocs com el mirall o altres.

- Sala d'Estar, Menjador: es mira bastant l'estètica, però si les estones d'utilització es preveuen llargues millor muntar làmpades de baix consum. En aquestes estances també es sol desitjar que permeti la regulació (ahora es redueix el consum).
- Habitacions: es pot utilitzar tot tipus de làmpades, ja que l'estona d'utilització sol ser reduïda. Per estones llargues d'utilització utilitzar làmpades de baix consum.
- Zones de lectura o estudi: són aconsellables les làmpades de baix consum, ja que donen molta llum i es solen utilitzar molta estona.
- Magatzem o grans superfícies: S'utilitzaran fluorescents, ja que cobreixen amb facilitat grans superfícies, i per enceses de pas o poca durada es pot complementar amb halògenes.
- Exteriors: s'utilitzaran les d'halogenurs metàl·lics. Grans àrees i llarga vida.

En la següent taula es descriuen de forma resumida les característiques de les principals làmpades utilitzades [6]:

Tipus	Potència (W)	Rendim (lm/W) %	Flux (lum)	Duració mitja (h)	Múlt. Enceses	Equip Comp.	Color	IRC	Apropiat	Observacions
Incandescent	25-100	8-12	200-1.800	1.000	S	No	Blanc	1	Petites llums	Poca vida. Molta calor.
Dicroica Ull de Bou	20-50	16-18	320-800	2.000	S	Transf.	Blanc	1	Llum puntual y molt particular	Poca llum. Calor.
Halògena	150-500	16-22	2.500-44.000	2.000	S	No	Blanc	1	Projectors. Àrees grans	Calor. Gran tamany luminària
Fluorescent Compacta	18-58	75-85	1.350-6.000	10.000	No	S	Diverses Tonalitats	1-2	Zones de servei. Indirecta	Llum difusa.
Baix Consum	7-55	36-81	250-3.000	8.000	No	S/No	Blanc o Groc	1	Zones de servei. Indirecta	Per substituir incandescent normal
Halogenurs (HQL)	80-1.000	80-85	6.400-300.000	10.000	No	S	Blanc o Blau	1-2	Àrees molt grans	Instal·lació cara. Molta vida.
Sodi Blanc	35-100	40-50	1.300-4.800	9.000	No	S	Blanc o Groc	1-2	Projectors. Àrees grans.	Instal·lació cara. Molta vida.

**Fig. 13.** Resum de làmpades per a aplicacions d'Interior.

### 2.4.3 Climatització en l'Habitatge

#### 2.4.3.1 Sistemes de Climatització

La climatització és un dels sistemes que més consumeixen en l'habitatge, és per això que, cal estudiar a fons totes les opcions d'estalvi que es puguin aconseguir [6].

Considerem climatització tota aquella variació en la temperatura per tal d'assolir la temperatura de confort desitjada.

La complexitat de definir un valor de confort és molta, ja que són molts els factors que hi influeixen (la temperatura, la humitat, les característiques físiques i l'activitat dels individus que ocupen i utilitzen dit espai, la roba que portin, etc). Així doncs, podem considerar la noció de confort com a subjectiva.

Segons el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE) es determinen els següents paràmetres de disseny [42]:

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

**Fig. 14.** Criteris de Disseny en l'Interior d'Edificis (RITE 2007).

Nosaltres agafarem, segons la norma ASHRAE 55-1981, com a valors de confort tèrmic el de 25°C a l'estiu, i el de 21°C a l'hivern. Una premissa també important i recomanada és que a l'estiu no es permeti una diferència major de 8°C entre la temperatura interior i exterior de l'edifici (per diversos motius: sensació desagradable a l'entrar i sortir, per la climatització del cos humà, pel malgastament d'energia, etc). Dita norma també ens recomana que s'evitin tenir diferències de temperatura de 2°C en una mateixa sala.

En la climatització tenim dos components importants a tenir en compte: la generació i la transmissió del calor. En la següent taula és fa un resum dels principals sistemes de climatització que s'utilitzen, quina forma de transmissió del calor permeten i quin tipus de climatització poden donar, així com si amb el mateix equip de generació és pot aprofitar per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS):

Descripció	Font d'Energia	Forma de Transmissió	CALOR	FRED	ACS
Caldera de Gas	Gas (natural o propà)	Radiadors / Terra Radiant	SI	NO	SI
Bomba de Calor	Electricitat	Aire	SI	SI	NO
Emissor Tèrmic / Acumulador	Electricitat	Radiadors / Aire	SI	NO	NO
Caldera de Gasoil	Gasoil	Radiadors / Terra Radiant	SI	NO	SI
Caldera de Biomassa	Pellets, Cascara, llenya, carbó, etc	Radiadors / Terra Radiant	SI	NO	SI

**Fig. 15.** Criteris de Disseny en l'Interior d'Edificis (RITE 2007).

L'equip de generació dependrà de la font d'energia que s'utilitzi, i la transmissió es realitzarà segons les necessitats de l'usuari o les opcions físiques de distribució que l'edifici permeti al projectista i instal·lador. El rendiment de dit equip de generació i l'aïllament del sistema de distribució seran molt importants per evitar pèrdues d'energia.

Tant en el disseny com en els càlculs de consum cal tenir molt present la gran varietat de factors que influeixen en la climatització, com poden ser el lloc on estigui situada la vivenda (temperatura, humitat, alçada, entre edificis, totalment aïllada, etc), l'orientació que tingui (nord, sud, etc), les característiques constructives (superfície exterior, els materials de construcció, etc), les persones que la utilitzin (nombre de persones, hores d'utilització, costums, etc), els sistemes de climatització utilitzats, etc.

Els sistemes de climatització que volem estudiar són la calefacció, l'aire condicionat i la ventilació.

#### 2.4.3.1.1 La Calefacció

La calefacció consisteix en un sistema que gràcies a un increment de temperatura dels seus elements s'incrementa per transmissió la temperatura de l'aire [7].

Tal i com s'observa en la Figura 13, disposem de diversos sistemes de calefacció, així doncs, caldrà veure quins d'ells és el que millor s'adapta a la nostra forma de vida i quin estalvi energètic es pot aconseguir en cadascun d'ells.

Inicialment cal tenir en compte de quina font d'energia disposem i quina implicació física comporta, és a dir, cal saber que és té subministrament de l'energia que volem utilitzar, que disposem dels espais físics per ubicar-hi el dipòsit en cas de ser necessari i la

caldera corresponent, que tot estigui degudament ventilat, sense risc d'incendi, explosió o fugues, i que es compleixin les normatives corresponents.

Posteriorment cal decidir quina o quines formes de transmissió necessitem, ja que totes elles treballen de forma diferent:

- Radiadors: són elements que ocupen un espai en la paret (s'han d'ubicar en parts baixes), que emeten calor d'una forma molt ràpida. Són els sistemes més utilitzats, ja que energèticament són bastant eficients i són bons per als canvis de temperatura ràpids.
- Terra radiant: és un sistema que degut a la inèrcia tèrmica de tot el sistema no són bons per als canvis de temperatura ràpids, en canvi, són els més eficients ja que l'energia es reparteix molt uniformement i el sistema de producció treballa a menys temperatura. Són els més confortables ja que la sensació de confort és major (més sensació de calor i menys moviment de l'aire).
- Aire: són elements en que és molt important la temperatura i velocitat en que surt l'aire (també s'ha de considerar el soroll que poden tenir). Es solen utilitzar com a complement puntual de certes zones, situacions o èpoques de l'any.

També és interessant conèixer que com més moviment d'aire més embrutiment es produeix de les parets.

#### 2.4.3.1.2 *L'Aire Condicionat*

L'aire condicionat consisteix en un sistema per tal de refredar la temperatura de l'aire interior de la sala a climatitzar, o definint-ho de forma més tècnica seria el fet de treure calor de l'aire existent [51].

Disposem de molts sistemes d'aire condicionat, però majoritàriament podem mencionar els aire-aire, és a dir, que utilitzen aire per a la producció de fred i que emeten aire refredat directament a la sala. Els aparells d'impulsió d'aire més utilitzats són:

- Split: Aparell mural col·locat en la part superior de la sala, en que es pot regular la temperatura desitjada (la temperatura d'impulsió sempre és la mateixa, i el que es varia és el caudal d'aire). Els més eficients són els de tecnologia inverter, que en funció de la temperatura de l'aire de retorn varia automàticament en més o menys el caudal d'aire d'impulsió. Cal col·locar un aparell per cada sala a condicionar.
- Conductes: Consisteix en un aparell situat al sostre d'una sala (normalment un bany o similar), que utilitzant uns conductes i unes reixes, distribueixen l'aire refredat cap a altres sales. Normalment s'utilitza el passadís com a retorn d'aire, amb el que les portes no poden estar tancades o han de disposar d'algun sistema de pas d'aire (de vegades es posen retorns dedicats, però cal tenir en compte l'espai que ocupen).

La tecnologia de fabricació d'aquests sistemes aire-aire permeten que aquests equips a més a més d'aire condicionat, també pugin calefactar. Aquests equips s'anomenen bomba de calor i actualment són els equips més fabricats com a sistemes d'aire condicionat. Cal tenir en compte, que com més desfavorables siguin les temperatures exteriors, pitjor serà el rendiment de dit equip.

Les recomanacions de la velocitat d'aire com a confort agradable està compresa entre 0,15 i 0,24 m/s.

També podem mencionar un sistema semblant al terra radiant de calefacció, però en aire condicionat (aire-aigua o aigua-aigua). Consisteix en tubs d'aigua refredada que

transmeten el fred a l'aire per reduir la temperatura. Inicialment es van començar a muntar en el terra, però si no es disposa alhora d'un equip deshumidificador produeixen molta humitat al terra, i també treballen d'una forma molt ineficient (el fred no és transmet cap amunt), és per això que, actualment s'estan intentant muntar en el sostre o parets, però dóna certes dificultats degut a la disposició d'altres serveis (llums, fals sostre de pas de serveis, etc).

#### 2.4.3.1.3 La Ventilació

La ventilació en sí no es pot considerar com un sistema de climatització, però és una necessitat que ens afectarà a la temperatura interior, així doncs, la tindrem present en els nostres estudis [6].

La ventilació d'una sala es pot produir de dues formes diferents: de forma natural per les diferents obertures que disposa la pròpia construcció, i de forma forçada quan sigui de forma conscient i controlada a través d'elements o sistemes. Estimarem entre 2 i 3 renovacions d'aire al dia de forma natural (inevitable, més pronunciada en banys, cuina i entrada principal), i la ventilació forçada d'unes 2 renovacions més d'aire. La ventilació forçada es realitzarà en les hores que siguin més favorables, és a dir, en que es produeixi menys pèrdua de la temperatura de confort.

També existeix un sistema de ventilació amb recuperador d'energia, però només es munta en grans edificis (amb grans volums de ventilació), sobretot en sector terciari, que consisteix en creuar l'aire extret amb el nou que s'impulsa, de manera que, es ventila l'aire i es recupera part de la temperatura d'aquest.

#### 2.4.3.2 Formes de Control de la Climatització

Existeixen diverses formes de control de la climatització, de manera que, explicarem les que més ens interessin amb els seus avantatges i inconvenients:

- Punt de control únic:

És el que més s'utilitza per a sistemes de calefacció amb radiadors o terra radiant, tot i que és dels menys eficients. És més econòmic de muntatge inicial.

Consisteix en que es dimensiona cada estança en funció de la utilització que tindrà (més temperatura en el menjador i bany, menys en les habitacions, i molt poca en el passadís i cuina), però el punt de control es col·loca en un únic punt (normalment en el menjador o en el passadís), de manera que, tota la calefacció treballa alhora.

- Punt de control per zones:

És un sistema que s'està a començar a utilitzar bastant, sobretot amb l'aplicació de les noves tecnologies, ja que permet controlar cada zona en funció de la seva utilització i de les hores en que es fa ús. És més costós econòmicament, ja que s'han de disposar electrovàlvules i sistemes de control, però els beneficis a curt termini li donen la raó de ser.

- Control integrat en l'equip de producció:

Aquest sistema el trobem en les bombes de calor i en els emissors tèrmics, ja que els fabricants ens donen la seva regulació integrada en el propi equip.

Donen molt bon resultat, ja que cada lloc climatitzat té control independent, de manera que, en funció de la seva utilització i de les hores que es fa ús, es consumirà l'energia corresponent.

Val a dir que la majoria d'aquests equips domèstics (bombes de calor i emissors tèrmics) encara no disposen d'un sistema de comunicació per integrar-se als sistemes domòtics existents, però esperem que en breu ho tinguin, ja que suposarà un gran pas de control en aquests sistemes de climatització.

#### 2.4.3.3 Formes d'Estalvi en la Climatització

A continuació descriurem diferents formes d'estalvi energètic en la climatització:

- Construir i aïllar correctament totes les sales de la vivenda (importantíssim).
- Climatitzar cada zona en funció de les hores que se'n fa ús, reduint a uns mínims quan es preveu una llarga estona sense utilització o apagar-la totalment si s'està diversos dies sense anar-hi. (\*)
- Controlar la temperatura de cada zona en funció de l'activitat que s'hi desenvolupa, i mantenir els límits de 25°C a l'estiu i 21°C a l'hivern. (\*)
- Baixar les persianes quan les condicions exteriors siguin desfavorables a la climatització desitjada. (\*)
- Ventilar quan les condicions exteriors siguin més favorables. (\*)
- Mantenir els equips de producció i distribució en condicions òptimes.

S'indica amb un \* aquelles formes en que un sistema automàtic pot contribuir en part o totalment per facilitar i millorar l'eficiència energètica.

#### 2.4.3.4 Elecció del Sistema de Climatització

Tal i com hem remarcat diverses vegades en aquest projecte, l'elecció del sistema de climatització és molt complicada, ja que hi ha molts factors que hi influeixen. Inicialment cal veure quines formes d'energia disposem, quins espais físics tenim, quina climatologia té la zona, quan d'aïllada està la vivenda, quin tipus de vida s'hi desenvolupa, quins tipus d'usuaris seran els que l'utilitzin, etc.

Inicialment caldrà elegir la principal font d'energia a utilitzar en la climatització, que normalment es sol elegir per aquest ordre: gas, gasoil, biomassa, electricitat i complementat amb energies renovables.

Posteriorment cal decidir de quina forma es vol distribuir la climatització, que normalment es sol elegir de la següent manera: terra radiant o radiadors complementat amb bomba de calor per conductes o Split en les principals estances (menjador).

### ***2.4.4 Equipament Elèctric en l'Habitatge***

#### 2.4.4.1 Principal Equipament Elèctric

El principal equipament elèctric de la vivenda correspon als electrodomèstics, encara que també s'han de tenir en compte els sistemes de calefacció elèctrica (principals o complementaris) [49].

És interessant observar l'evolució dels darrers anys en quan a l'equipament de les vivendes a Espanya, i com cada cop són més les vivendes que amplien els tipus d'equips, i també cal tenir en compte que el nombre d'habitatges també va creixent, amb el que ens podem fer una idea del volum d'equips que representa aquesta evolució:

	1998	2000	2002	2004
Televisión en color	99,0	99,2	99,3	99,7
Frigorífico	99,2	99,5	99,6	99,7
Lavadora automática	97,0	97,7	98,0	98,6
Video	70,3	72,2	75,1	75,5
Microondas	44,7	54,3	64,0	73,4
Cadena hifi	56,8	59,8	62,1	64,4
Cocina no eléctrica	64,3	62,7	60,1	56,1
Ordenador personal	25,1	30,5	36,4	45,0
Cocina eléctrica	17,5	23,1	28,3	34,9
Lavavajillas	20,9	24,6	29,0	32,6
Congelador	26,6	28,1	30,5	31,4

**Fig. 16.** % Equipament vivendes de España 1998-2004 (Caixa Catalunya - INE)

#### 2.4.4.2 Formes d'Estalvi en l'Equipament Elèctric

En l'equipament elèctric s'han de seguir les següents pautes per tal d'estalviar energia:

- Equipar la vivenda amb aparells eficients (etiqueta energètica).
- Realitzar el manteniment corresponent en cada equip per tal de que treballin en les seves òptimes condicions i que consumeixin el que el fabricant ha dissenyat i previst.
- Apagar els equips totalment quan no s'estan utilitzant, i evitar que es quedin en mode repòs o similar, ja que encara que menys, també consumeixen energia. (\*)
- Rentar, tant la roba com la vaixela, a plena càrrega.
- Cuinar i/o escalfar allò que s'ha de menjar, evitant perdre energia en reescalfar diversos cops.
- Si s'ha de descongelar algun aliment, es pot fer deixant-lo en la nevera diverses hores, de manera que, tota l'energia de descongelació estalvia energia a la nevera.
- Evitar obrir i tancar repetidament la nevera.
- L'assecadora s'ha d'utilitzar per extreure humitat a la roba, i evitar que tot el treball d'assecament el realitzi aquesta, ja que sinó, a part de danyar bastant la roba, es consumeix molta energia, mentre que extreure una mica d'humitat significa poc consum d'energia.

#### 2.4.4.3 Elecció de l'Equipament Elèctric

L'elecció de l'equipament elèctric queda en mans de l'usuari i de les seves necessitats, però, és molt aconsellable que compri equipament eficient.

Per tal de que l'usuari pugui conèixer quin equip és més eficient que un altre, existeixen diversos reals decrets que regulen l'obligatorietat legal de l'etiqueta per als diferents tipus d'electrodomèstics que existeixen en el mercat. Aquesta etiqueta conté diferent informació segons el tipus d'electrodomèstic, però la part comú a tots és una lletra identificativa de l'eficiència energètica fins a 7 nivells (de la A que significa més eficient, fins a la G que significa poc eficient).

El frigorífic i el congelador són els electrodomèstics que més implantació tenen en la vivenda, i són també els que més consumeixen (ja que funcionen 24h al dia). Per a aquests existeix un nou identificador especial d'eficiència energètica, que és el A+ si consumeixen menys del 42% de la mitja d'un aparell equivalent, i A++ si consumeixen menys del 30%.

És interessant veure quina eficiència en electrodomèstics està consumint la població d'Espanya, per exemple en l'any 2002:

	Frigoríficos	Congeladores	Lavadoras	Lavavajillas	Secadoras
A	8,6	1,1	29,1	12,9	1,6
B	38,3	4,3	24,9	23,4	0,8
C	25,5	18,4	19,0	29,3	55,9
D	0,5	14,7	1,4	3,5	10,0
E	0,1	21,1	0,0	0,0	5,2
F	0,0	2,2	0,0	0,0	3,0
G	0,1	7,4	1,0	0,0	0,3
Sin identificar	26,9	30,9	24,5	30,9	23,4

**Fig. 17.** % Venta d'Electrodomèstics per classe d'eficiència Energètica a Espanya 2002 (Caixa Catalunya - Ministeri d'Economia)

## 2.4.5 L'Aigua en l'Habitatge

### 2.4.5.1 Sistemes d'Aigua

En la vivenda trobem que l'aigua ens interessa distribuir-la tant amb temperatura freda com calenta. De l'aigua freda només comentarem que s'han d'aïllar els tubs i energèticament no ens suposa cap despesa, i de l'aigua calenta sanitària (ACS) si que volem conèixer la despesa energètica que podem tenir i com reduir-la [49].

La producció d'ACS ve marcada normalment pel sistema de calefacció, ja que al produir aigua calenta per als radiadors o per al terra radiant s'aprofita el mateix sistema. Els diferents tipus de sistemes d'ACS i la font d'energia que utilitzen són:

Descripció	Font d'Energia	CLIMA
Termosolar	<b>Renovable (Sol)</b>	NO
Caldera de Gas	Gas (natural o propà)	SI
Termo Elèctric	Electricitat	NO
Caldera de Gasoil	Gasoil	SI
Caldera de Biomassa	Pellets, Cascara, llenya, carbó, etc	SI

**Fig. 18.** Principals sistemes d'ACS.

D'aquests sistemes volem destacar el termosolar, que és un complement a l'ACS, i que actualment està obligat per llei a que les noves vivendes disposin d'una contribució solar mínima. Amb aquest s'aconsegueix cobrir entre un 30 i un 70% de l'energia d'ACS segons la zona climàtica de radiació solar en la que estigui situada la vivenda (CTE-HE-4). Comentar que l'acumulador d'ACS sempre serà independent del que utilitza el termosolar

També existeix un sistema basat en la geotèrmia, que consisteix a construir per sota de l'edifici un serpentí de tubs per tal d'aprofitar la temperatura de la terra (sempre sol tenir uns 15°C) per reduir el consum d'energia en la producció d'ACS. Val a dir que és un sistema poc conegut i econòmicament car de muntar, pel que la seva implantació és poca.

Comentarem que els sistemes d'ACS més eficients són els centralitzats, però per contra, l'equipament per controlar el consum (d'aigua i d'energia) individual és car, de

manera que, trobem més sistemes individuals. A partir d'ara i aprofitant els sistemes i infraestructures comuns d'ACS, serà més rentable i eficient muntar sistemes centralitzats.

Els sistemes d'ACS els podem dividir principalment en dos tipus:

- Sistemes Instantanis: escalfen l'aigua en el mateix moment en que es demana. Tenen l'inconvenient de que fins a que l'aigua aconsegueix la temperatura desitjada en el punt de demanda es perd molta aigua i energia (sobretot com més lluny es trobi situada la caldera). Un altre desavantatge és que cada cop que es demana aigua calenta es posa en marxa la caldera, amb l'increment de consum i deteriorament de l'equip que suposa repetides enceses i apagades. També tenen la limitació de no poder abastir a dos punts simultàniament. Tenen l'avantatge que el seu espai és més reduït que les d'acumulació.
- Sistemes d'Acumulació: escalfen l'aigua i l'acumulen en un dipòsit degudament aïllat, per al seu ús posterior. Eviten enceses continues i permeten la simultaneïtat d'utilització. A més, si es disposa d'un sistema de recirculació (segons demanda) és poden evitar despeses d'aigua. Els acumuladors elèctrics, han de disposar d'un rellotge programador per a que escalfi l'aigua només quan s'hagi de consumir.

#### 2.4.5.2 Formes d'Estalvi en l'Aigua

A continuació descriurem diferents formes d'estalvi energètic en l'aigua:

- Aïllar tèrmicament tots els tubs i elements, tant d'aigua freda com d'ACS.
- Utilitzar sistemes d'ACS centralitzats. (\*)
- Utilitzar sistemes de recirculació intel·ligents o controlats. (\*)
- Tancar l'aigua sempre que no s'utilitzi (afaitat, rentat de dents, etc).
- Disposar de airejadors (reductors de cabal) en cada aixeta.
- Dutxar-se en comptes de banyar-se.
- Inodors de doble polsador o de descàrrega parcial per a la cisterna.
- Realitzar el manteniment corresponent de tots els elements, sobretot per evitar pèrdues d'aigua.
- Recollida d'aigües pluvials i aprofitament per a jardins, inodors, etc.

S'indica amb un \* aquelles formes en que un sistema automàtic pot contribuir en part o totalment per facilitar i millorar l'eficiència energètica.

#### 2.4.5.3 Elecció del Sistema d'Aigua

Tal i com hem mencionat, l'elecció del sistema d'aigua va relacionat i/o condicionat amb l'elecció del sistema de climatització.

Cal tenir en compte el sistema termosolar que ens complementarà la producció d'ACS, i tots els sistemes que es relacionen entre aquests.

També podem afirmar que són preferibles els sistemes de producció centralitzada, ja que optimitzen tant els equips que s'han d'instal·lar, com l'energia consumida en l'ACS, com la contractació més reduïda, etc, i també són aconsellables els sistemes d'acumulació, que conjuntament amb el termosolar donen grans rendiments a un baix cost per als usuaris.

### 3 Memòria de Càlcul

#### 3.1 Càlcul en la Il·luminació

##### 3.1.1 Càlcul del Consum en la Il·luminació

En el consum de la il·luminació cal tenir en compte els tipus de làmpades instal·lades, la potència d'aquestes, el número d'enceses i el temps de funcionament.

Per cada tipus de làmpada calcularem la potència consumida per les enceses ( $P_e$ ) i la potència consumida pel funcionament ( $P_f$ ):

$$P_e = n_e * P_l * C_o * t_e \quad (5)$$

$$P_f = P_l * t \quad (6)$$

Sent:

- $n_e$ , el número d'enceses
- $P_l$ , la potència de la làmpada en kW
- $C_o$ , el coeficient de sobreintensitat en l'encesa
- $t_e$  i  $t$ , el temps d'encesa i el temps de funcionament en hores

També caldrà calcular el nombre de reposicions de les làmpades degut al nombre d'enceses i de les hores que estiguin en funcionament.

##### 3.1.2 Càlcul de la Vida Útil de la Làmpada

El fabricant ens dona un valor mig estadístic resultant de l'anàlisi d'assaig d'una població de làmpades d'un lot representatiu treballant en unes condicions especificades (es calcula el temps fins a que un 50% de les làmpades fallen). La metodologia de l'assaig inclou un cicle de commutació, que varia en funció del tipus de làmpada (en làmpades fluorescents es sol treballar amb 2,45 hores enceses i 0,15 hores apagades).

Una dada molt important que no ens donen els fabricants, és que com més enceses curtes tinguem, més disminuirà la vida útil de la làmpada, de manera que, estimarem els següents paràmetres de càlcul:

Característiques de les Làmpades				Coef Reducció Vida útil				
Tipus Làmpada	Vida Útil (h)	Coefficient Encesa	Temps Encesa (s)	Fins 0,1h	Fins 0,5h	Fins 1h	Fins 3h	Fins 5h
Incandescent	1000	15	0,4	10%	7%	5%	2%	0%
Dicroica	2200	15	0,6	12%	6%	4%	1%	0%
Halògena	2500	15	0,6	14%	8%	5%	2%	0%
Fluorescent	10000	2	5	80%	65%	40%	17%	0%
Compacta (Baix Consum)	9000	2	2,8	85%	70%	45%	19%	0%
Halogenurs Metàl·lics	12000	1,3	120	55%	35%	20%	10%	0%

**Fig. 19.** Principals sistemes d'ACS.

Val a dir, que els fabricants estan fent grans esforços per millorar la vida útil de les làmpades en front del nombre d'enceses (sobretot en les de baix consum), i els resultats són bons, però el cost, encara és molt gran.

Per fer el càlcul de la reducció de la vida útil ho farem de la següent forma:

$$V_u = V_f - (V_f * Cr) = V_f * (1 - cr) \quad (7)$$

$$n_e = V_u / t_{de} = V_f * (1 - cr) / t_e \quad (8)$$

$$V_f = n_e * (t_{de} + t_{pr}) = n_e * t_g \quad (9)$$

$$t_g = V_f / n_e = t_{de} / (1 - cr) \quad (10)$$

sent;

$V_f$ , la vida útil que ens dona el fabricant (h)

$V_u$ , la vida útil real que tindrà la làmpada (h)

$cr$ , el coeficient de reducció de la vida útil del fabricant en funció de cada  $t_{de}$  (%)

$n_e$ , el número d'enceses

$t_{de}$ , el temps de duració de cada encesa (h)

$t_{pr}$ , el temps perdut per reducció de vida útil en cada encesa (h)

$t_g$ , el temps gastat de vida útil per la duració de l'encesa (h)

Calculant, per exemple, l'encesa d'una làmpada de baix consum durant 0,1 hora, representa en front de la vida útil del fabricant un consum de temps de 0,667 hores.

Així doncs, si calculéssim d'una làmpada de baix consum, fent enceses de duració de 0,5 hores, sense tenir en compte la reducció de la vida útil tindriem unes 16.000 enceses (8.000 hores de funcionament), en canvi si tenim en compte dita reducció ens resulta d'un 8.800 enceses (4.400 hores de funcionament). Caldrà tenir-ho molt en compte que les làmpades més cares són les que més es veuen afectades per les múltiples enceses.

### **3.1.3 Decisió del Temps de Funcionament de la Il·luminació**

Sempre hem sentit que les làmpades fluorescents és millor deixar-les enceses en comptes d'encendre-les i apagar-les contínuament. Això es relacionava al consum que té la làmpada en l'encesa, però els temps d'encesa són molt curts, de manera que, el cost que ens suposa aquest pic respecte del funcionament normal de la làmpada és ridícul. El que realment ens afecta és la reducció de vida útil degut a la duració de cada encesa, així doncs, serà interessant calcular el cost que suposa les múltiples enceses (pic de corrent i reducció de la vida útil de la làmpada), en front de deixar-la llargues estones enceses.

Per fer el càlcul de l'estona de temps que econòmicament és més interessant deixar encesa la llum respecte del cost que suposa la reducció de vida útil ho farem tal que així:

$$C_{ele} * P_l * t = C_{lam} * t_g / V_f \quad (11)$$

Sent,

$C_{ele}$ , el cost de l'electricitat (€/kWh)

$P_l$ , la potència de la làmpada (kW)

$t$ , el temps que deixarem la llum encesa (h)

$C_{lam}$ , el cost de la làmpada (€)

$t_g$ , el temps gastat de vida útil per la duració de l'encesa (h)

$V_f$ , la vida útil que ens dona el fabricant (h)

D'aquesta fórmula ens resulta que per llums fluorescents i de baix consum, és més econòmic deixar-les sobre uns 20 minuts enceses en front de varies enceses i apagades. Cal pensar que són làmpades de poca potència (com més potència tinguin les làmpades, menys estona és interessant deixar-les enceses) amb un cost elevat, el que fa que sigui més econòmic deixar-les enceses en front del cost de la reducció de vida útil amb les enceses i apagades. Hem comentat que els fabricants estan treballant per millorar aquesta reducció de vida útil amb les enceses i apagades, de manera que, esperem que aviat es puguin utilitzar segons necessitats de llum, i alhora amb un consum molt reduït.

Aquestes conclusions ens poden ajudar a l'hora de programar el funcionament de certs tipus de làmpades.

### ***3.1.4 Conclusions en el Sistema d'Il·luminació***

Cal triar la potència i el tipus de llum més adequada a cada estança (veure apartat 2.4.2.3). Cal tenir present els consums de cadascuna de les làmpades i el cost que ens suposa.

És molt interessant complementar la vivenda amb petits equips que controlin el temps d'encesa o la intensitat. Els més utilitzats en la vivenda són els següents:

- En la cuina es solen utilitzar fluorescents o downlight, que complementat amb un detector de moviment (regulat a uns 20 minuts) assegurin que com a mínim estarà encesa la llum durant l'estona desitjada i no s'encendrà si la sala té suficient il·luminació. Aquest detector també es pot aprofitar per al sistema d'alarma.
- En el passadís es solen instal·lar llums dicroïques o halògenes, de manera que, també és molt interessant complementar-ho amb detector/s de moviment, amb una regulació de temps curta (de segons), i reduir el consum d'energia i aprofitar al màxim la vida útil de la làmpada.
- En el menjador i/o en l'habitació de matrimoni es solen posar reguladors de flux, que alhora que redueixen el consum, donen un gran confort lumínic a cada activitat que s'hi desenvolupa (televisió, sopar, etc).
- Protecció rearmable en el/s circuit/s d'il·luminació, de manera que, en certes situacions es pot controlar la llum de tota la vivenda.

Des del punt de vista energètic, un sistema domòtic no es podria justificar només amb la il·luminació, però si s'instal·la amb altres objectius, és aconsellable afegir-hi els sistemes anteriorment descrits (igualmente no s'aconsella domotitzar tota la il·luminació de la vivenda).

## **3.2 Càlcul en la Climatització**

### ***3.2.1 Càlcul del Consum en la Climatització***

Establir un sistema que imiti el comportament de la climatització seria una tasca pràcticament impossible d'assolir, ja que tal i com s'ha mencionat anteriorment, hi influeixen molts factors, de manera que, sempre es dissenya i es calculen els consums tenint en compte els principals factors i l'experiència acumulada. Així doncs, caldrà establir quins factors volem considerar per a realitzar els nostres càlculs i quins es podrien desestimar (degut a que la seva influència es pot considerar poc important).

### 3.2.1.1 Estimacions en els Càlculs de Climatització

Tal i com hem comentat, en la climatització s'han de decidir quines variables es consideren, quines es desestimen i quines es valoren aproximadament.

Així doncs, podem descriure les següents afirmacions:

- Cal tenir en compte que tots els sistemes de climatització treballen amb histèresi, és a dir, que els equips es posen en marxa quan la temperatura està per sota uns 0,5°C de la temperatura consigna i es paren quan la temperatura supera uns 0,5°C la temperatura consigna. Això es fa per aprofitar més estona el funcionament dels equips, i evitar enceses i parades continues. En els nostres càlculs no tindrem en compte dita histèresi.
- No es tindrà en compte la inèrcia tèrmica dels diferents elements que constitueixen l'habitatge, però sí que es calcularan les pèrdues d'energia en les parets degut a transmissió d'energia per la diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior. Com a càlcul de la inèrcia tèrmica dels materials s'estimaran unes pèrdues generals del 5% de l'energia, és a dir, que al càlcul total d'aportació d'energia final li afegirem un 5% per dites pèrdues.
- Estimarem intervals de càlcul per hores, utilitzant els valors mitjos de temperatura que en dita hora es poden tenir. També s'establiran els valors mitjos de temperatura per a les diferents estacions de l'any, en funció del lloc on estigui situat l'habitatge.
- No tindrem en compte la carga latent, és a dir, la variació de la temperatura degut als canvis de la humitat (la humitat és un paràmetre de càlcul que en la realitat no es té en compte en pràcticament cap habitatge. Si que existeixen equips en el mercat, com els humidificadors i deshumidificadors, però es munten de manera totalment aleatòria i independent).
- Es desestimarà l'estratificació de la temperatura (entre la part inferior i superior d'una sala s'hi pot trobar fins a 1,2°C de diferència de temperatura), agafant sempre el valor mig que surti del càlcul o de la necessitat de dita temperatura.
- Es desestimarà la corba d'estat entre l'inici del canvi de temperatura fins a que s'aconsegueix la temperatura desitjada, estimant unes pèrdues generals del 2%. És a dir, la màquina de producció comença a treballar al rendiment que ens dona el fabricant com a paràmetre de referència passats uns minuts de treball.
- S'estimaran i es calcularan els valors de pèrdua en la distribució en funció del mètode elegit (terra radiant, radiadors, etc).
- S'estimaran i es fixaran uns valors de pèrdua en la producció, tot i que, dits valors haurien de donar-se en funció de la corba de rendiment de la màquina de producció de climatització.

En definitiva ens queda que la quantitat de calor a produir és la que calcularem ( $Q_s$ ) incrementada amb aquestes pèrdues aproximades:

$$Q_{\text{total}} = Q_s + 2\% + 5\% + \% \text{distribució} + \% \text{producció} \quad (12)$$

Posteriorment es comentaran les estimacions dels percentatges de pèrdues en la distribució i en la producció en funció del mètode utilitzat.

### 3.2.1.2 Càlcul de l'Energia a Subministrar

L'energia total que caldrà subministrar al sistema ( $Q_s$ ), s'obté de la suma de l'energia d'equilibri ( $Q_e$ ) i l'energia de canvi de temperatura interior ( $Q_c$ ) entre la que es té a la que es vol tenir (variacions de confort):

$$Q_s = Q_e + Q_c \quad (13)$$

L'equació que ens resol el càlcul de l'energia d'equilibri és tal que així:

$$Q_e + Q_a + Q_t + Q_r + Q_v = 0 \quad (14)$$

On  $Q_e$  és la quantitat d'energia d'equilibri per mantenir la temperatura desitjada,  $Q_a$  és la quantitat de calor aportada pels sistemes,  $Q_t$  és la quantitat d'energia transmesa per les parets en funció de la climatologia exterior,  $Q_r$  és l'energia rebuda per la radiació del sol i  $Q_v$  és l'energia que s'obté de la ventilació (natural i forçada).

Sempre que parlem d'un valor positiu d'energia, estarem parlant de calor (que hem de donar o que ens dóna el sistema), així doncs,  $Q_a$  sempre serà positiva, ja que és energia aportada pel conjunt,  $Q_r$  sempre serà positiva ja que és energia transmesa pel sol, i  $Q_t$  i  $Q_v$  serà positiva quan a l'exterior faci calor, ja que per transmissió tindrem un excés de calor cap a l'interior, i quan faci fred passarà al revés.

Així doncs, l'energia a subministrar serà:

$$Q_s = Q_c - Q_a - Q_t - Q_r - Q_v \quad (15)$$

### 3.2.1.3 Càlcul de l'Energia de Canvi de Temperatura Interior

I la quantitat d'energia per als canvis de temperatura de confort interior es calcula amb la següent fórmula:

$$Q_c = V * C_e * \Delta t' \quad (16)$$

Sent:

- $V$ , el volum d'aire que s'ha de climatitzar en  $m^3/h$
- $C_e$ , el coeficient específic de l'aire, sent de  $0,29 \text{ cal/ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- $\Delta t'$ , la diferència de temperatura entre la desitjada i l'existent en  $^\circ\text{C}$

Si resollem dita equació ens resulta:

$$Q_c = V * C_e * [(t_1 - t_0) + (t_2 - t_1) + \dots + (t_n - (t_{n-1}))] = V * C_e * (t_n - t_0) \quad (17)$$

De manera que, obtenim que l'energia necessària per a passar d'un estat a un altre de confort desitjat es compensa per si sola amb els diferents increments i decrements que es produeixen, de manera que, dit càlcul és innecessari, però si que serà necessari controlar l'energia que es perd en cada canvi de temperatura  $Q_{cp}$  (sobretot durant la producció de calefacció per als increments de temperatura). De manera que, el càlcul d'energia a subministrar serà:

$$Q_s = Q_{cp} - Q_a - Q_t - Q_r - Q_v \quad (18)$$

Tot i les pèrdues d'energia en la producció de calefacció, és interessant reduir la temperatura interior si es preveu no utilitzar dita estança durant molta estona o si la diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior és molt gran, ja que d'aquesta forma les pèrdues d'energia per transmissió de calor per les parets seran menors.

### 3.2.1.4 Càlcul de l'Energia Perduda pels Canvis de Temperatura

Tal i com hem deduit en l'apartat anterior, en els canvis de temperatura per adequar en cada moment la que millor ens convingui per confort o per estalviar energia, l'energia es compensa, de manera que, el consum d'energia per climatitzar a una certa temperatura s'acumula per inèrcia tèrmica dels materials i ens la cedeix posteriorment, però si que cal considerar que la producció i distribució de l'energia té unes pèrdues, així doncs, en la cessió d'energia no ens afecta, però en tots els consums d'energia per climatitzar caldrà calcular dita pèrdua:

$$Q_{cp} = V * C_e * \Delta t'' \quad (19)$$

Sent:

- V, el volum d'aire que s'ha de climatitzar en m<sup>3</sup>/h
- C<sub>e</sub>, el coeficient específic de l'aire, sent de 0,29 cal/ m<sup>3</sup> °C.
- Δt'', la diferència de temperatura en la climatització en °C

### 3.2.1.5 Càlcul de l'Energia Subministrada pels Sistemes

Com quantitat de calor aportada pels sistemes (Q<sub>a</sub>), estimarem les següents aportacions:

$$Q_a = Q_p + Q_l \quad (20)$$

Sent,

- Q<sub>p</sub>, l'energia que desprenen les persones, estimant una mitja de 3000 kcal/dia per persona.
- Q<sub>l</sub>, l'energia que desprenen els equips elèctrics, estimant que un 60% dels kW elèctrics consumits es transformen en energia calorífica o calcularem tal que així:

$$Q_l = 0,6 * 0,239 * kW \quad (21)$$

### 3.2.1.6 Càlcul de l'Energia Perduda per Transmissió

La quantitat d'energia que es perd per transmissió de les parets (Q<sub>t</sub>) es calcula de la següent forma:

$$Q_t = C_s * C_i * K * S * \Delta t \quad (22)$$

Sent:

- K, la constant de transmissió tèrmica de les parets, sent diferent en funció de la superfície a considerar i de la zona climàtica on estigui situat l'edifici (W/m<sup>2</sup>K):

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con <i>espacios no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos <sup>(2)</sup>	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

- C<sub>s</sub>, un coeficient en funció de les superfícies exteriors (1,15 Nord; 1,1 Est; 1,05 Sud-est; 1 Sud; 1,05 Sud-oest; 1,05 Oest).

- $C_i$ , un coeficient de seguretat en els càlculs amb valor 1,1
- $S$ , la superfície a considerar en  $m^2$
- $\Delta t$ , la diferència de temperatura entre l'exterior i l'interior en  $^{\circ}C$

**Fig. 14.** Transmissió tèrmica màxima de les parets de l'edifici (CTE-HE1 2007).

On les zones climàtiques són les que es descriuen en la següent taula:

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			$\geq 200$ <400	$\geq 400$ <600	$\geq 600$ <800	$\geq 800$ <1000	$\geq 1000$
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

**Fig. 20.** Zones climàtiques en funció de la temperatura exterior (CTE-HE1 2007).

Comentar que la lletra correspon a la severitat climàtica deguda a l'hivern SCI, que és el paràmetre que ens interessa per a dimensionar l'aïllament mínim que ha de tenir el nostre habitatge i per dimensionar els sistemes de calefacció. El número correspon a la severitat climàtica deguda a l'estiu SCV, que ens dona la quantitat d'energia per radiació solar, i que ens ajudarà a calcular la quantitat de calor que per radiació podem tenir en el nostre habitatge.

### 3.2.1.7 Càlcul de l'Energia Rebuda per la Radiació del Sol

L'energia rebuda directament del sol l'obtindrem a través de finestres i parets, així doncs, caldrà saber l'orientació de la façana exterior de cada estança i la superfície de dites finestres i parets.

La formula de càlcul que ens dóna l'energia radiada pel sol és:

$$Q_r = tr * R * K * S \quad (23)$$

Sent:

- tr, és el temps de radiació en hores i que s'obté en funció de l'orientació de la façana principal de l'estança i de l'època de l'any:

Orientació	hores de radiació				
	Cs	Primavera	Estiu	Tardor	Hivern
Nord	1,15	0	0	0	0
Est	1,10	1	2	1	0
Sud-est	1,05	6	9	6	3
Sud	1,00	8	12	8	5
Sud-oest	1,05	6	9	6	3
Oest	1,05	1	2	1	0

**Fig. 21.** Hores de radiació segons l'orientació i l'estació de l'any.

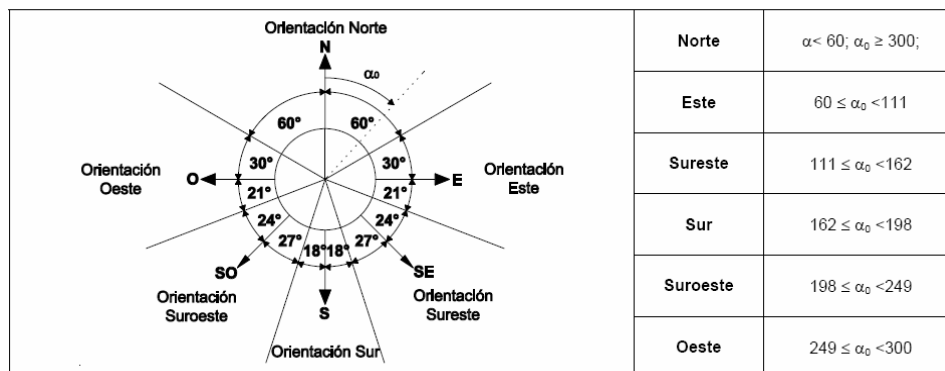
- R, és l'energia de radiació del sol en funció de la zona climàtica:

Zona climàtica	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

**Fig. 22.** Valors de radiació globals (CTE-HE4 2007).

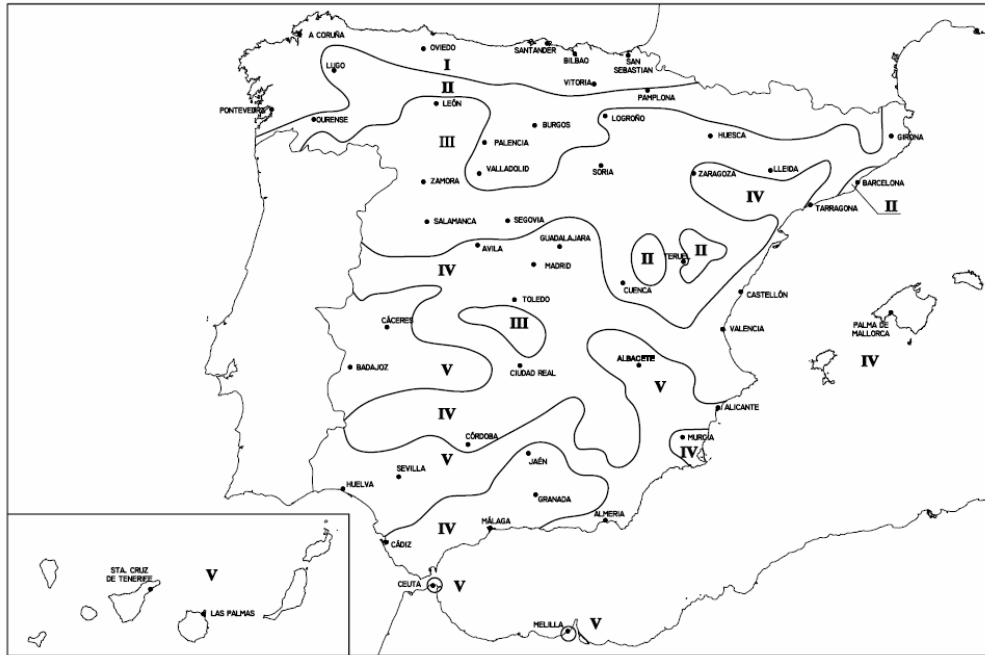
- S, la superfície a considerar en m<sup>2</sup>
- K, la constant de transmissió tèrmica de les parets, sent diferent en funció de la superfície a considerar i de la zona climàtica on estigui situat l'edifici.

L'orientació a considerar per a la radiació del sol serà la següent:



**Fig. 23.** Orientació de la façana principal de cada estança (CTE-HE1 2007).

I les zones climàtiques en funció de la radiació del sol les obtenim de la següent figura:



**Fig. 24.** Zones climàtiques en funció de la radiació del sol (CTE-HE4 2007).

### 3.2.1.8 Càlcul de l'Energia per Ventilació

Podem tenir dos tipus de ventilació, en funció del mode en que aquesta es produeix: ventilació natural i ventilació forçada.

$$Q_v = Q_{vn} + Q_{vf} \quad (24)$$

A on  $Q_{vn}$  és la ventilació natural i  $Q_{vf}$  la forçada.

La ventilació natural és aquella que es produeix de forma involuntària per aquelles obertures fixes o mòbils, grans o petites, que un recinte té. La ventilació forçada és produeix utilitzant equips que forcin l'entrada d'aire exterior (els més utilitzats són els ventiladors), de manera que, s'haurà de fer en les hores més favorables.

El càlcul de la ventilació tant la natural ( $Q_{vn}$ ) com la forçada ( $Q_{vf}$ ) es calcula de la mateixa forma, la diferència està en l'interval de temps que cadascuna d'elles utilitza:

$$Q_{vn} = V * C_e * \Delta t \quad (25)$$

$$Q_{vf} = V * C_e * \Delta t \quad (26)$$

Sent:

- $V$ , el volum d'aire que es renova i que s'ha de climatitzar en  $m^3/h$
- $C_e$ , el coeficient específic de l'aire, sent de  $0,29 \text{ cal/ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- $\Delta t$ , la diferència de temperatura entre l'exterior i l'interior en  $^\circ\text{C}$ , durant el temps que dura la ventilació (la natural tot el dia, i la forçada durant uns 20 minuts al dia durant la diferència de temperatura més favorable).

### 3.2.1.9 Càlcul de l'Energia Subministrada

Tot i el càlcul de l'Energia a Subministrar ( $Q_{total}$ ) que ens interessa realitzar per estudiar els consums que una vivenda pot tenir, en realitat el disseny dels sistemes de calefacció és calculen en funció de unes taules i uns paràmetres que tot seguit veurem, estimant en funció de l'experiència els elements necessaris per climatitzar dita vivenda. Així doncs, treure'm conclusions entre el càlcul de l'energia subministrada pel sistema dissenyat ( $Q_s'$ ) en vers l'energia que hem calculat que s'hauria de subministrar ( $Q_s$ ), el que ens donarà els valors del temps que està funcionant la climatització, el consum en funció del rendiment, etc.

A continuació explicarem algunes formes de disseny per al càlcul dels sistemes de calefacció i aire condicionat. Existeixen moltes formes de càlcul, de manera que, en aquest estudi explicarem les més habituals i/o més senzilles:

- Càlcul de l'aire condicionat:

La forma més senzilla per dimensionar un sistema d'aire condicionat és aplicant 100 Frigories per  $m^2$ , i incrementar aproximadament fins a 50 Frigories més si dita sala té molta radiació solar i/o moltes aportacions de calor. Aquest mètode és molt poc precís, però molt utilitzat.

Un altre mètode de càlcul més precís s'obté aplicant a cada situació el valor d'energia que es transmet, de manera que, sumant totes les parts de la situació en concret ens dona l'energia aportada i que cal compensar. Dits càlculs es detallen a continuació en la següent taula:

Ordre per al càlcul	Quantitat	Factor multiplicador		Frig/h
		Vent. S/tendal	Vent. C/tendal	
1. Finestres amb sol de cara:				
a. Nord-est, Nord y Est	$m^2$	122,5	67,5	0
b. Nord-oest	$m^2$	162,5	107,5	0
c. Oest	$m^2$	275	162,5	0
d. Sud-est	$m^2$	95	67,5	0
2. Finestres de cara al Sud	$m^2$	37,5		0
3. Parets				
a. Construcció senzilla amb sol	m	75		0
b. Construcció pesada amb sol	m	40		0
c. Amb ombra i no incloses en a i b	m	25		0
4. Sostre				
a. Sostre sense aïllament	$m^2$	42,5		0
b. Sostre amb 3 cm o més d'aïllament	$m^2$	18,75		0
c. Entre pisos	$m^2$	8		0
5. Pis (no considerar els pisos que estan directament a sobre de terra)	$m^2$	8		0
6. Nombre de Persones que normalment ocupen el lloc	nº	125		0
7. Aparells elèctrics en ús	w	0,85		0
8. Portes que solen estar obertes a espais no refrigerats	m	250		0
<b>Resultat en Frig/h</b>		<b>0</b>		

**Fig. 25.** Taula de disseny de l'aire condicionat.

Després del càlcul de les necessitats de condicionament de l'aire, es busca la màquina existent en el mercat amb les prestacions que més s'aproximin al valor calculat. En cas de no trobar el valor exacte o aproximat s'agafaria la màquina de mercat amb el valor immediatament superior al calculat, sobre dimensionant una mica el nivell de condicionament de la sala. Val a dir que actualment existeixen unes màquines amb tecnologia Inverter que optimitzen molt la seva producció, ja que en funció de la temperatura de retorn regulen la quantitat d'aire a expulsar, de manera que, es pot acceptar el sobre dimensionament que es pugui realitzar respecte del càlcul de disseny.

En el mercat podem trobar diversos equips i formes de climatitzar amb aire condicionat del tipus aire-aire, però podem afirmar que en els habitatges s'utilitzen principalment dos tipus: els Split's i els conductes. Per aquests sistemes s'estimaran unes pèrdues del 2% en la producció, i del 0'5% en la distribució si s'utilitzen Split's i del 2% si s'utilitzen conductes.

- Càlcul de la calefacció amb radiadors d'aigua:

Aquest sistema s'utilitza molt ja que dona un rendiment molt bo, és econòmic, és senzill, i és un sistema molt ràpid, és a dir, que de seguida que es demanda energia s'obté un canvi notable de la temperatura.

El mètode de càlcul més senzill que s'utilitza és el de 125kcal/h per m<sup>2</sup> i incrementar aquest valor fins a 50kcal/h en funció de les pèrdues que s'observin que es puguin produir.

Un altre mètode de càlcul més precís s'obté amb la següent taula:

Elements de càlcul		Quantitat	Graus de disseny exterior					Kcal/h	
			Zona Nord		Centre	Zona Sud			
			-6	-3	0	3	6		
1- Terra		m <sup>2</sup>	25	19	13	8	6	0	
2- Volum de la habitació		m <sup>3</sup>	5					0	
3- Finestres	NO oE	m <sup>2</sup>	165	150	135	120	115	0	
	NE	m <sup>2</sup>	260	240	230	220	210	0	
	N	m <sup>2</sup>	345	330	315	300	285	0	
	O o SE	m <sup>2</sup>	205	190	175	165	155	0	
4- Parets exteriors		m <sup>2</sup>	57	50	45	36	30	0	
5- Tabics (totes les parets interiors que donen a espais sense condicionar)		m <sup>2</sup>	25	21	17	11	8	0	
6- Teulada o sostre	sostre amb espai dalt sense condicionar		m <sup>2</sup>	25	19	13	8	6	0
	sostre	sense aïllament	m <sup>2</sup>	45	40	35	27	22	0
		50mm2 o més d'aïllament	m <sup>2</sup>	14	11	11	8	8	0
	Teulada sense aïllament		m <sup>2</sup>	72	66	59	53	46	0
<b>GUANY TÈRMIC</b>									
7- Persones			-120					0	
8- Llums i equips elèctrics en ús	Incandescents i equips		w	-1,0625					0
	Fluorescents		w	-0,86					0
Càrrega de calefacció total en Kcal/h			<b>0</b>						

**Fig. 26.** Taula de disseny de la calefacció.

Posteriorment s'agafen tants elements com siguin necessaris per cobrir o superar les necessitats de calefacció calculades (els elements més utilitzats donen 114kcal/h). Per aquests sistemes s'estimaran unes pèrdues del 5% en la producció, i del 8% en la distribució.

- Càlcul de la calefacció amb bomba de calor:

És un sistema poc eficient, ja que la bomba de calor es sol col·locar en la part superior de la sala, de manera que, dita sala es calefacterà al revés de la forma com voldríem (de baix cap a dalt). I també tenim que si la temperatura de l'exterior és molt baixa, també baixa molt el rendiment ja que la màquina exterior treballa fora del seu rang normal. Així doncs, aquestes màquines es solen utilitzar com a complement de calefacció (aquells dies que en certes hores fa una mica de fred) o com a principal font de calefacció en zones amb un clima poc fred.

El càlcul de la bomba de calor és realitza amb el mètode de l'aire condicionat i en funció de les Frig/h que té la màquina elegida ens dona unes kcal/h normalment una mica superiors a dites Frig/h. S'estimaran unes pèrdues del 3% en la producció, i del 0'5% en la distribució si s'utilitzen Split's i del 2% si s'utilitzen conductes.

- Càlcul de la calefacció amb emissors tèrmics:

És un sistema que s'utilitza en llocs on es vol complementar el principal sistema de calefacció o en llocs on no hi ha possibilitat d'utilitzar calderes, degut a que el cost de climatització és major que els sistemes amb calderes.

El mètode de càlcul més utilitzat i bastant senzill és aplicant les taules que ens donen els fabricants de dits emissors tèrmics, com per exemple:

Vivenda Individual (W per m2)

	Vivenda sense aïllament						Vivenda amb aïllament					
	Una Façana			Dos Façanes			Una Façana			Dos Façanes		
	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta
Zona A	73	55	84	95	80	105	35	32	40	46	43	50
Zona B	84	64	96	110	95	120	40	37	45	54	50	60
Zona C	96	74	110	125	100	135	48	44	55	60	57	65
Zona D	105	80	120	135	115	150	52	47	60	66	62	70
Zona E	108	83	124	140	125	155	55	50	65	70	65	75

Vivenda en Bloc (W per m2)

	Vivenda sense aïllament						Vivenda amb aïllament					
	Una Façana			Dos Façanes			Una Façana			Dos Façanes		
	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta	1a Planta	Entre planta	Última Planta
Zona A	58	44	71	84	70	97	33	29	36	43	40	47
Zona B	67	51	83	97	81	113	38	34	42	51	46	55
Zona C	77	59	95	104	93	129	45	39	48	58	53	62
Zona D	84	64	103	120	101	140	48	42	53	63	57	68
Zona E	87	66	107	125	104	145	50	44	55	65	59	70

**Fig. 27.** Taula de disseny dels emissors elèctrics.

Posteriorment s'agafa l'emissor tèrmic de mercat que dona o supera les necessitats de calefacció calculada.

També existeixen en el mercat un sistema elèctric com són els acumuladors tèrmics, però cada cop s'utilitzen menys, ja que la tarifa que anteriorment s'utilitzava per a aquests era més econòmica que l'actual, tenen l'inconvenient que són lents a reaccionar als canvis de temperatura, i també suposen un cost bastant elevat per utilitzar-los com a principal sistema de calefacció.

- Càlcul de la calefacció amb terra radiant:

És el sistema més eficient, ja que la distribució és realitza a una temperatura de 38-40°C (el sistema amb radiadors treballa a 65-70°C), la forma de repartir el calor és molt uniforme, tant en superfície com en l'estratificació (de baix cap a dalt), i amb menys energia s'obté la temperatura desitjada. Per contra tenen que és un sistema lent, és a dir, que no reacciona com desitjaríem a les necessitats de canvi de temperatura (degut a canvis en l'exterior o a petició de l'usuari), de manera que, en certs dies o situacions pot treballar fora del confort desitjat.

Els mètodes de càlcul són els mateixos que amb la calefacció amb radiadors, però amb un 20% menys d'energia consumida.

Posteriorment s'agafen els materials (aïllant, diàmetre del tub, separació entre tubs, etc) en funció dels paràmetres que ens indiqui cada proveïdor i/o fabricant. Per aquests sistemes s'estimaran unes pèrdues del 3% en la producció, i del 4% en la distribució.

### 3.2.1.10 Unitats de Mesura

Existeixen diverses mesures en la climatització, així que caldrà conèixer la conversió entre aquestes per treballar sempre amb la mateixa mesura:

$$1 \text{ kcal/h} = - 1 \text{ Frig/h} = - 4 \text{ BTU} \quad (27)$$

$$1 \text{ kW/h} = 0,86 \text{ kcal/h} \quad (28)$$

$$1 \text{ W/ m}^2\text{K} = 0,86 \text{ cal/ m}^2\text{°C} \quad (29)$$

En els nostres càlculs sempre treballarem amb la unitat d'energia kcal/h, encara que podem comentar que també s'utilitza molt el kW tèrmic, però cal tenir en compte i deixar clar que el kW elèctric no és directament proporcional al kW tèrmic, ja que la relació depèn del rendiment de cada màquina.

### 3.2.2 Decisió del Sistema de Control de Temperatura

Caldrà decidir en quantes zones climàtiques volem dividir la vivenda, ja que les diferents estances de la vivenda no s'utilitzen de la mateixa forma.

Actualment, el sistema més utilitzat és un únic termòstat per planta, però d'aquesta manera no es poden separar els horaris de climatització, cosa que fa que el sistema ho climatitzi tot o res. Així doncs, el sistema no serà eficient energèticament. Tampoc cal dividir les zones de climatització individualment per cada estança de la vivenda, ja que el sobrecost de tot l'equipament, la programació, no ho justificaria. Així doncs, cal dividir i alhora agrupar al màxim en funció de la utilització que tingui cada estança. Com a proposta de divisió podem dir el següent:

- Sala menjador i estar. És una sala en la que es vol molt confort, poc utilitzada en dies laborals i molt el dia que es descansa a casa.
- Cuina, passadís, bany, rentador. Aquestes sales, normalment estan a una temperatura més reduïda, ja que solen estar molt ventilades de forma natural, i la seva utilització és molt puntual o amb molta activitat (cuina). El bany també es podria posar en un altre grup o independentment. També es pot afegir a aquí alguna habitació poc utilitzada.
- Habitacions. S'aconsella dividir-les entre 1 i 3 grups, en funció del nombre d'habitacions que tingui la vivenda i la utilització que es faci de cada habitació.

Sigui quin sigui el disseny de distribució de punts de control de la climatització, sempre s'aconsella que aquests siguin programables, de manera que, a més a més de controlar per temperatura, s'utilitzi la climatització en les hores que es necessitin (si s'està fora de la vivenda s'aconsella reduir la temperatura interior i alhora reduir el consum per pèrdues, que major serà l'estalvi com major sigui la reducció).

Aquestes divisions i aquests controls poden contribuir moltíssim a un gran estalvi d'energia, i en conseqüència, una gran reducció d'emissions de CO<sub>2</sub>. El valor depèn de molts factors, però podem parlar que la diferència d'instal·lar aquests sistemes o no, en un habitatge senzill podem afirmar unes pèrdues de l'ordre de les 8500kcal al dia.

### **3.2.3 Decisió del Sistema de Control de Finestres**

És aconsellable motoritzar i controlar les finestres de les sales que més radiació solar tenen i de les que més s'utilitzen.

El principal motiu de la radiació és el d'evitar pèrdua d'energia quan les condicions exteriors són desfavorables (molt fred, molta calor), i per aprofitar l'energia quan la radiació és directa a l'hivern.

El control de finestres, alhora, també ens serveix per simular presència quan no estem a la vivenda, per tancar-se quan la climatologia a l'exterior és desagradable (vent, pluja, etc).

La quantitat d'energia que es pot estalviar amb el control de finestres és molta. Podem parlar de que per cada m<sup>2</sup> i per cada °C de diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior podem tenir unes pèrdues de l'ordre de les 110kcal al dia. Podem afirmar que un habitatge senzill pot tenir unes pèrdues d'un 7100kcal al dia.

### **3.2.4 Decisió del Sistema de Ventilació**

El reglament d'instal·lacions tèrmiques (RITE) i el codi tècnic de l'edificació (CTE), alhora que ens demanen complir amb una eficiència energètica i una estanquitat per evitar les pèrdues energètiques, també ens demanen que totes les dependències estiguin degudament ventilades. Aconseguir això de forma natural és molt difícil, i si volem ser molt exigents en l'eficiència, llavors podem afirmar que serà impossible ventilar de forma natural.

Així doncs, el que podem fer, és aïllar molt l'habitatge, i dotar-lo d'un sistema de ventilació forçada, de manera que, periòdicament realitzi les ventilacions corresponents (principalment en funció de l'ocupació de la vivenda) i que intenti optimitzar la ventilació a aquelles hores en que les condicions climàtiques són més favorables (a migdia a l'hivern, primavera i tardor, i per la nit a l'estiu), de manera que, a l'hivern tindrem menys pèrdua d'energia, però a la resta d'estacions tindrem guanys d'energia (la majoria dels dies, excepte que faci fred, plou, etc).

Aquests sistemes es solen muntar amb un o diversos ventiladors i algun conducte per tal de forçar el moviment de l'aire calent (impulsar-lo cap a l'interior o expulsar-lo de l'interior cap a l'exterior, segons sigui el cas).

Podem parlar de que per cada m<sup>3</sup> i per cada °C de diferència de temperatura entre l'interior i l'exterior podem tenir unes pèrdues de l'ordre de les 7kcal al dia, però considerant que un habitatge pot tenir molts m<sup>3</sup>. Podem afirmar, que un habitatge senzill pot tenir unes pèrdues de 2100kcal al dia.

### **3.2.5 Conclusions en el Sistema de Climatització**

La climatització és el sistema en que més energia es pot estalviar, de manera que, dotar-lo d'intel·ligència serà la millor solució.

Com a conclusions dels principals criteris en el disseny tecnològic s'aconsellen els següents requeriments:

- Dividir la vivenda en diferents zones a climatitzar, aconsellant un mínim de 2 i un màxim de 5.
- Controlar cada zona per horaris d'utilització. Programació en funció de la vida de les persones que hi habiten.
- Motoritzar i controlar les finestres amb més radiació solar, les de les estances més utilitzades i els grans finestrals.
- Aïllar el màxim possible la vivenda, i ventilar de forma forçada i controlada.

Remarcarem, tot i que s'ha comentat en diversos cops, que l'actitud de l'usuari és molt més important que qualsevol sistema que s'instal·li.

## **3.3 Càlcul de l'Equipament Elèctric**

### **3.3.1 Càlcul del Consum en l'Equipament Elèctric**

El càlcul del consum de l'equipament elèctric és senzill, ja que només cal conèixer la potència de cada equip i les hores que estan funcionant.

Per als nostres càlculs no tindrem en compte el pic de consum en la posta en funcionament de cada equip, ni el consum en estat de repòs, ja que són valors poc significatius comparats amb el consum total d'aquests.

### **3.3.2 Estalvi Energètic amb l'Equipament Elèctric**

L'equipament elèctric d'una vivenda és gran, i cada dia ho sol ser més, de manera que, cal tenir-ho molt en compte a l'hora d'equipar l'habitatge.

També podem afirmar, que hi ha certs equips que s'utilitzen moltíssim, i que solen ser d'una potència considerable (entre 700 i 1400W), com poden ser la nevera, el congelador, la rentadora, el rentaplats i l'assecadora. Així doncs, és aconsellable l'adquisició d'equips d'alta eficiència energètica (classe A), que alhora que consumeixen menys, també redueixen l'emissió de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

Afegir que s'ha d'evitar deixar els equips consumint energia si no s'estan utilitzant. Això pot passar sovint amb equips com l'extractor, la planxa, l'ordinador, i també amb equips que es queden en estat de baix consum ("stand by"), de manera que, cal apagar-los amb el botó si no s'han d'utilitzar fins al cap de moltes hores.

### **3.3.3 Estalvi amb el Racionalitzador de Consum**

El racionalitzador de consum, és un equip que principalment ens serveix per reduir la contractació de potència elèctrica, ja que s'encarrega de controlar el nostre consum i parar aquells circuits no prioritaris per tal d'evitar l'excés de consum i alhora evitar que salti l'interruptor de control de potència (ICP) que la companyia ens obliga a instal·lar.

Aquest equip només ens estalvia diners en la tarifa fixa que ens cobra la companyia subministradora, de manera que, també ens interessa. Per calcular quan d'estalvi obtenir ho fem de la següent manera:

$$C_{ele} = P_c \times P_{ele} \quad (30)$$

De manera que, si contractem de forma fixa 9,2kW pagariem a l'any 181,31 euros, i si contractem 5,75kW pagariem a l'any 113,32 euros, de manera que, ens estalviem 68 euros a l'any. Aquest equip té un cost d'uns 50 euros, així que, en menys d'un any estaria amortitzat.

### **3.3.4 Conclusions en l'Equipament Elèctric**

En definitiva, es recomana adquirir equips d'eficiència energètica alta, utilitzar-los adequadament, apagar-los quan no s'estan utilitzant, i a més a més, disposar d'un racionalitzador de consum en el quadre elèctric per reduir la contractació amb la companyia.

## **3.4 Càlcul de l'Aigua**

### **3.4.1 Càlcul del Consum d'Energia en l'ACS**

El càlcul del consum d'Energia en l'ACS l'obtenim tal que així:

$$Q_c = V \cdot C_e \cdot \Delta t_a \quad (31)$$

Sent:

- V, el volum en litres
- C<sub>e</sub>, el coeficient específic de l'aigua, sent de 1 kcal/l °C.
- Δt<sub>a</sub>, la diferència de temperatura de l'aigua entre la desitjada i l'existent en °C

Establirem les pèrdues de producció instantani en funció de les enceses, un 1% per encesa, i les d'acumulació per litres acumulats, un 0,01% per litre acumulat per hora en funcionament del sistema. I establirem les pèrdues de distribució un 0,1% per litre consumit d'ACS.

### **3.4.2 Estalvi Energètic en els Sistemes d'ACS**

És molt més aconsellable utilitzar sistemes d'acumulació, i millor encara com major sigui el nombre d'usuaris que l'utilitzen.

Un sistema d'acumulació evita pèrdues constants d'energia en cada encesa, però també s'ha de programar per escalfar l'aigua quan sigui necessari.

La recirculació programada s'aconsegueix escalfar el circuit d'ACS i a l'obrir l'aixeta tinguem aigua calenta de forma quasi instantània, evitant malgastar així aigua. La recirculació es programarà o es forçarà segons necessitats dels usuaris.

També volem recordar a que és molt important disposar sempre d'una vàlvula mescladora a la sortida de la caldera o acumulador, ja que s'encarrega de que l'ACS es distribueixi a una temperatura menor que la d'escalfament (mínim de 60°C per evitar la legionela).

Amb tot plegat podem parlar d'un estalvi energètic de entre el 15% i el 20%

### 3.4.3 Estalvi Energètic amb un Sistema Termosolar

Els sistemes d'aprofitament del sol per a la producció d'aigua calenta sanitària són molt aconsellables, i degut a l'obligació del CTE a que hi hagi uns mínims d'estalvi d'energia, aquests sistemes s'utilitzen molt.

A l'igual que els sistemes d'acumulació, com més usuaris l'utilitzin, més s'aprofita la seva utilització, ja que la demanada d'ACS es reparteix al llarg del dia (cada usuari utilitza l'aigua de forma diferent que els altres, i puntualment i pot haver un pic de consum, però proporcionalment, com major sigui el nombre d'usuaris, menor serà aquest pic).

La contribució d'aquests sistemes sol ser entre el 50% i el 70%, en funció de les característiques de l'habitatge i del seu ús, però prou important com per aconseguir un gran estalvi econòmic.

### 3.4.4 Conclusions en el Sistema d'Aigua

En les instal·lacions d'aigua s'aconsellen les següents característiques:

- Aïllar tots els tubs, tant d'aigua freda com de calenta, per evitar pèrdues d'energia.
- Instal·lar sistemes termosolars en l'edifici, que cobreixin sobre el 70% del consum previst.
- Disposar de sistemes d'acumulació d'ACS, millor si es fa de forma comunitària. Si són pocs els usuaris, afegir-hi un rellotge de funcionament al reescalfament de l'aigua.
- Equipar amb sistemes de recirculació amb programació (2 o 3 cops al dia), per tal de disposar de l'ACS de forma instantània i evitar llençar el mínim d'aigua freda.
- Instal·lar una vàlvula mescladora a la sortida de la caldera o de l'acumulador, per distribuir l'ACS a una temperatura menor i evitar majors pèrdues d'energia.

## 3.5 Càlcul de l'Eficiència Energètica

És evident que amb tota la complexitat que presenta un habitatge, és molt difícil establir un criteri que ens ajudi a definir si un sistema és eficient energèticament o no, i en cara més difícil és dir quan d'eficient és. Així doncs, per avaluar si un sistema és o no eficient utilitzarem un anàlisi comparatiu tal i com s'observa en la següent fórmula:

$$EEH (\%) = \frac{EIC - EIE}{EIC} \times 100 \quad (32)$$

Sent:

EEH, el percentatge d'Eficiència Energètica en l'Habitatge

EIC, la quantitat de consum d'Energia en una Instal·lació Convencional

EIE, la quantitat de consum d'Energia en una Instal·lació Eficient

De manera que, si el consum d'energia en una instal·lació eficient és molt reduït (EIE  $\approx$  0), cosa que desitgem, el càlcul ens confirmarà de que es tracta d'un sistema molt eficient (EEH  $\approx$  100% d'eficiència). Si per lo contrari la instal·lació eficient pràcticament no millora la instal·lació convencional (EIE  $\approx$  EIC), el resultat ens confirmarà que no tenim un sistema eficient (EEH  $\approx$  0% d'eficiència).

Aquest mètode de càlcul el considerem molt interessant per que ens permet avaluar l'eficiència d'un habitatge tant de forma teòrica com de forma pràctica. En aquest estudi ho farem de forma teòrica, amb el que podem preveure que la dificultat estarà en mesurar els consums d'energia, tal i com hem explicat, i les estimacions realitzades, però tot i aquesta dificultat de càlcul, podem continuar confiant en aquest mètode ja que el model plantejat per al càlcul serà el mateix per als dos sistemes comparats (l'error es compensa bastant per si sol).

L'estudi teòric plantejat consistirà en agafar llocs concrets de l'habitatge, aplicar-hi diferents situacions i diferents formes d'ús i calcular el consum tant amb una instal·lació convencional, així com, amb una instal·lació eficient, i valorar-ne l'eficiència energètica obtinguda. Finalment compararem els resultats obtinguts i traurem conclusions del sistemes estudiats.

Complementant aquest estudi d'eficiència energètica, també serà interessant calcular el cost que suposa el muntatge i el manteniment d'un sistema eficient, la diferència que hi ha respecte a un sistema convencional, i gràcies a l'estalvi que s'obté quin període d'amortització podem preveure (si el cost de l'energia continua augmentat, el temps d'amortització d'aquests sistemes també es reduirà). En definitiva, estudiar solucions que justifiquin i motivin a l'usuari a apostar per un sistema eficient.

### 3.6 Càlcul de les Emissions de CO2

Un dels objectius de l'eficiència energètica és el de reduir les emissions de CO2 a l'atmosfera. Per això, és necessari conèixer els valors de conversió entre les diferents energies utilitzades i dita emissió, de manera que, a continuació es presenta la taula de conversió per calcular dites emissions, a on els valors inclouen les emissions de la producció del transport de dita energia [16]:

Font d'energia	Unitat	Factor de conversió
Consum elèctric (2)	kWh	0,5 kg CO2/kWh
Gas natural	m3	1,7 kg CO2/m3
Gasoil	litres	2,6 kg CO2/litre
GLP - gas butà	kg	2,7 kg CO2/kg
Desplaçament en avió	km	0,25 kg CO2/km
Desplaçament en cotxe (3)	km	0,18 kg CO2/km
Desplaçament en autobús	km	0,06 kg CO2/km
Trajecte en metro o tren	km	0,03 kg CO2/km

**Fig. 28.** Taula de conversió per calcular les emissions de CO2.

En aquesta taula observem que el gasoil i el GLP tenen molta emissió a l'atmosfera. El gas natural, tot i que presenta un valor bastant alt, degut al alt poder calorífic i el reduït cost, és una millor opció de climatització en front de l'electricitat.

## 4 Aplicació Pràctica

### 4.1 Elecció d'una Aplicació Pràctica

Fins al moment, hem analitzat les diferents formes de consum de la vivenda, quins criteris d'estalvi tenim, quins sistemes i tecnologies s'estan utilitzant, quina eficiència energètica podem obtenir amb diferents sistemes en diferents situacions i en les diferents estances de la vivenda.

Amb tot aquest anàlisi, ens plantegem d'agafar un model de vivenda i estudiar-ne l'eficiència energètica que es pot aconseguir en funció dels sistemes que s'hi implementin, si són eficients o no.

Els principals models de vivendes que tenim són:

- **Vivenda Plurifamiliar.** Són vivendes, normalment de dimensions reduïdes (70-90 m<sup>2</sup>) construïdes conjuntament formant blocs de pisos amb uns serveis comunitaris. La seva construcció la realitzen promotors, així que, l'aplicació de sistemes intel·ligents dependrà principalment d'aquests, tant dels habitatges com dels serveis comuns. També tenim que aquests habitatges solen tenir unes característiques constructives (poques sales, dimensions reduïdes, complementats tèrmicament pels veïns, etc) en que el consum d'energia és reduït. Podem dir que l'aplicació de sistemes intel·ligents en una vivenda plurifamiliar és, com a mínim, interessant, i l'estalvi energètic aconseguit acceptable.
- **Vivenda Unifamiliar o Adossada.** Aquest tipus de vivenda, cada cop més implementada, sol ser construïda per promotors, així que, caldrà transmetre a aquests la importància i els avantatges d'utilitzar sistemes intel·ligents, i sinó, posteriorment, caldrà que els usuaris els hi afegeixin. Les seves característiques constructives (diferents sales, climàticament tenen bastant volum, també tenen una superfície exterior prou gran, l'equipament també és gran, etc), fan que el consum d'energia sigui considerable. Direm que l'aplicació de sistemes intel·ligents en una vivenda unifamiliar és necessària, i l'estalvi energètic aconseguit molt gran.
- **Xalet.** Consisteix en una vivenda, normalment de grans dimensions, totalment aïllada, i promoguda per un particular. Solament el cost de la seva construcció sol ser prou gran com per a que el cost de complementar-lo amb sistemes intel·ligents sigui ínfim proporcionalment parlant. A més, les seves característiques constructives (moltes zones a climatitzar, moltes parets que donen a l'exterior, molts equipaments, etc), fan que els sistemes actius juguin un paper molt important d'estalvi energètic. Direm que l'aplicació de sistemes intel·ligents en una vivenda tipus Xalet hauria de ser obligada, i l'estalvi energètic aconseguit immens.

Així doncs, per al nostre estudi elegirem una vivenda unifamiliar, ja que és en la que ens ajudarà a fer-nos una idea aproximada intermèdia de l'estalvi i l'eficiència energètica que es pot aconseguir en una vivenda de grau mig.

Per a realitzar els càlculs corresponents, utilitzarem uns fulls de càlcul on s'han considerat tots els paràmetres i fórmules descrites anteriorment. Aquests s'expliquen en l'annex 1 i 2.

## 4.2 Estudi Energètic en una Vivenda Unifamiliar

### 4.2.1 Característiques de la Vivenda Unifamiliar

A continuació descriurem les característiques constructives i climàtiques d'una vivenda unifamiliar elegida per a realitzar els nostres càlculs.

La situarem en la província de Lleida, on la climatologia és prou significant com per a obtenir bons resultats. El clima exterior que utilitzarem per al càlcul és [50]:

Municipi	Estació de l'Any	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Lleida	Primavera	1	1	1	1	1	-1	-1	5	7	9	11	13	14	16	16	14	13	12	10	8	8	5	3	1
	Estiu	24	24	24	23	20	18	20	22	24	28	30	32	34	35	35	35	34	32	30	28	27	26	24	24
	Tardor	1	1	1	1	0	1	2	5	8	10	12	14	16	14	14	14	14	12	10	8	8	5	3	1
	Hivern	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	2	3	4	5	6	6	5	4	2	2	2	0	0	-2	-2

Fig. 29. Mitja de temperatura exterior a Lleida (°C).

Les parts en que està formada dita vivenda són:

- Planta Baixa. La distribució d'aquesta és:

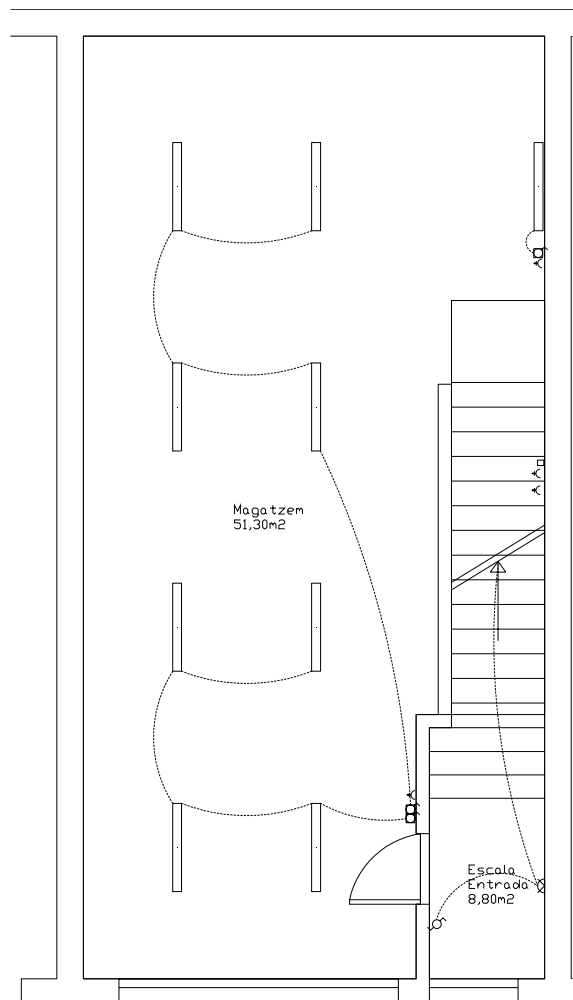
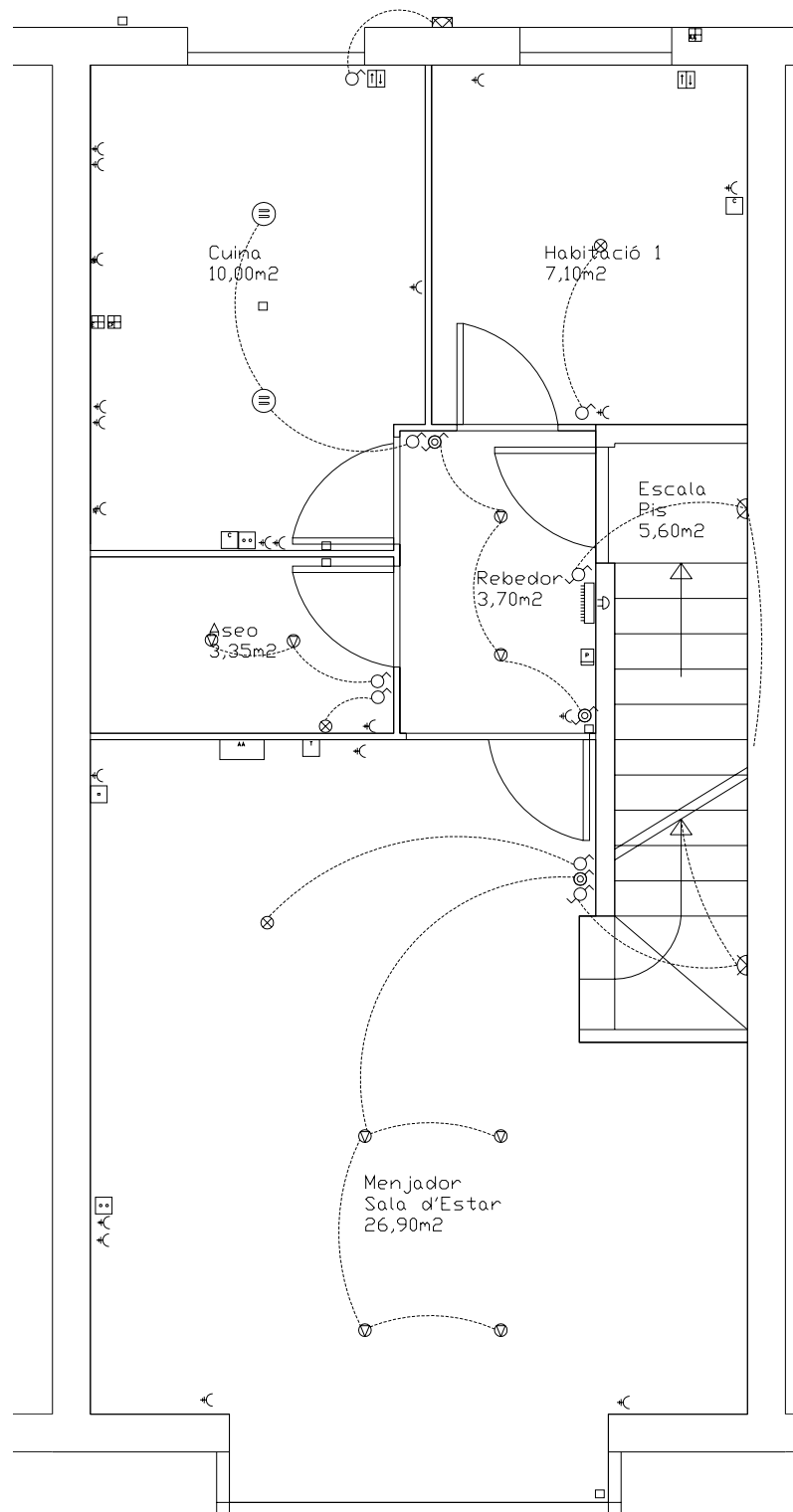


Fig. 30. Planta baixa d'una vivenda unifamiliar.

A on energèticament no s'espera cap resultat, però si que podríem parlar de posar una sonda d'inundació a prop del dipòsit d'aigua freda per al control d'alarma tècnica.

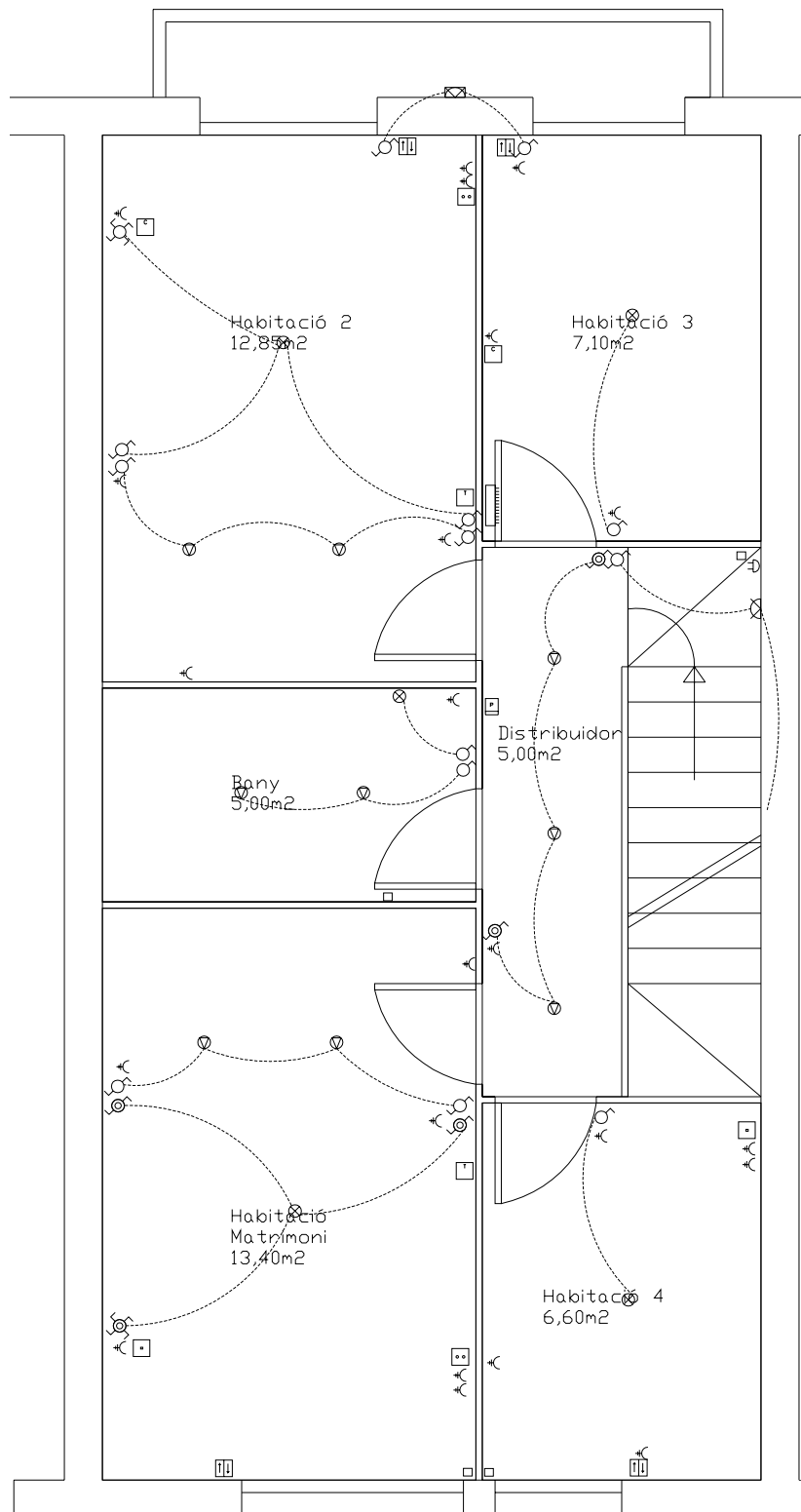
- Planta Primera. La distribució d'aquesta és:



**Fig. 31.** Planta primera d'una vivenda unifamiliar.

A on tenim un rebedor-passadís de 3,70 m<sup>2</sup>, un menjador de 26,90 m<sup>2</sup> amb un gran finestral i orientat al sud-est, una cuina de 10 m<sup>2</sup>, un bany de 3,35 m<sup>2</sup> i una habitació de 7,10 m<sup>2</sup>.

- Planta Segona. La distribució d'aquesta és:



**Fig. 32.** Planta primera d'una vivenda unifamiliar.

A on tenim una habitació de 13,40 m<sup>2</sup>, un bany de 5 m<sup>2</sup>, una habitació de 12,85 m<sup>2</sup>, una habitació de 7,10 m<sup>2</sup>, un passadís de 5 m<sup>2</sup> i un despatx de 6,60 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2 Disseny d'unes Instal·lacions Convencionals

A continuació descriurem els valors que introduïrem en el nostre llibre de càlcul, i que alhora ens mostren el disseny aplicat per a unes instal·lacions convencionals:

- Paràmetres Generals:

Municipi	Lleida		
Ocupació de la Vivenda	2	persones	
Potència Elèctrica Contractada	9,2	kW	
Cost Fix de l'Electricitat	1,6423	€/kW	mes
Cost del Consum d'Electricitat	0,1125	€/kWh	mes
Cost Fix del Gas	5,52	€ mes	
Cost del Consum de Gas	0,0496	€/m3 mes	
Cost Fix de l'Aigua	11,2	€	
Cost del Consum d'Aigua per trams	0,17	0,22	0,27 €/m3
Cànon de l'Aigua per trams	0,3165	0,6704	1,676 €/m3

- Paràmetres de Cost

Cost de la Instal·lació Elèctrica	17.600,00 €
Cost de la Instal·lació de Il·luminació	318,14 €
Cost de la Instal·lació de Fontaneria	2.100,00 €
Cost de la Instal·lació de Calefacció	10.100,00 €
Cost de la Instal·lació d'Aire Condicionat	3.100,00 €
Cost de l'Equipament Elèctric	4.700,00 €
Cost del Sistema Intel·ligent o Domòtic	0,00 €

- Característiques Constructives:

Definició de les característiques constructives i climàtiques de cada estança de la vivenda	Superfície	Alçada	Volum	Principal Orientació	Paret Exterior Amb Sol	Restes Paret Exterior	Paret mitjana	Finestra Amb Sol	Restes Finestra	Control de Clima	Pot. AA	Potència Calefacció
	(m2)	(m2)	(m3)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)		Frig/h	kcal/h
Menjador	26,9	2,4	64,56	Sud-est	5,28	0	25,68	10,56	0	1	3000	3200
Quina	10	2,2	22	Oest	2,75	0	8,47	3,08	0	1		1100
Bany	3,35	2,2	7,37		0	0	3,08	0	0	1		350
Estança A	7,1	2,4	17,04	Oest	3,12	0	6,84	2,88	0	1		910
Passadis	3,7	2,2	8,14		0	0	5,28	0	0	1		0
Bany	5	2,2	11		0	0	3,74	0	0	2		570
Habitacio	13,4	2,4	32,16	Sud-est	2,64	0	10,92	4,44	0	2	1500	1600
Habitacio	12,85	2,4	30,84	Oest	3,77	0	10,44	3,36	0	2		1600
Habitacio	7,1	2,4	17,04	Oest	2,4	0	7,75	2,88	0	2		910
Estança A	6,6	2,4	15,84	Sud-est	2,88	0	7,2	2,4	0	2		800
Passadis	10,6	2,2	23,32		0	0	10,5	0	0	2		0
<b>TOTAL</b>	<b>106,6</b>	<b>25,4</b>	<b>249,31</b>		<b>22,84</b>	<b>0</b>	<b>99,9</b>	<b>29,6</b>	<b>0</b>		<b>4500</b>	<b>11040</b>

- Paràmetres de Climatització:

Zona Climàtica (Temp)	D	
Zona Climàtica (Radiació)	III	
Ventilació Forçada	0	renov/di:
Ventilació Natural	2,5	renov/di:
Font d'Energia de Calefacció	Gas	
Sistema de Distribució de Calefacció	Radiador	

- Punts de Control de la Climatització:

Definició del/s Punt/s de Control de Clima i la programació de Control de Temperatura d'aquest/s	Ubicació	Comfort				Comfort				Comfort				Comfort			
		Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	
1	Menjador	93	0			93	0			93	0			93	0		
2	Habitacio	93	0			93	0			93	0			93	0		
		PRIMAVERA				ESTIU				TARDOR				HIVERN			

- Paràmetres d'il·luminació:

Tipus de Làmpada	Potència	Cost	Funcionament al dia	Enceses al dia 0,1h	Enceses al dia 0,1h-0,5h	Enceses al dia 0,5-1h	Enceses al dia 1-3h	Enceses al dia 3-5h
	(W)	(€)	(h)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)
Fluorescent	288	26,24 €	4,4	4		1	1	
Halògena	100	7,90 €	1,2	12				
Dicroica	70	13,00 €	2	20				
Compacta (Baix Consum)	156	108,00 €	4,7	2	1	1	1	
Dicroica	100	13,00 €	2	5	1	1		
Dicroica	200	26,00 €	1,7	2	1	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,8	3	1	1		
Halògena	60	8,00 €	0,3	3				
Dicroica	100	13,00 €	0,9	4	1			
Dicroica	100	13,00 €	2,4	4	2	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	3,7	2	1		1	
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,1	1		1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,2	2		1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,6	1	1	1		
<b>TOTAL</b>	<b>1274</b>	<b>318,14 €</b>	<b>29</b>					

- Paràmetres d'Equipament Elèctric:

Equip Elèctric	Etiqueta Energètica	Potència (W)
	Nevera	C
Congelador	D	600
Rentaplats	C	500
Rentadora	C	800
Assecadora	D	1000
Fogons	E	2000
Forn	C	1400
Microones	C	900
Extractor	C	150
Planxa	C	800
Ordinador	C	100
Audio/ Video	C	70
Altres	C	2200
<b>TOTAL</b>		<b>11520</b>

- Paràmetres de l'Aigua

Font d'Energia d'ACS	Gas
Acumulador d'ACS	100 litres
Cobertura d'ACS amb Termosolar	65 %
Consum Litres d'Aigua al dia	160 litres
Consum Litres d'Aigua Calenta al dia	96 litres
Número d'obertures d'aixeta al dia	14 obertures
Num Recirculacions al dia	0
Energia per a l'ACS	4374 kcalh

#### 4.2.3 Resultats del Disseny Convencional

Els principals resultats obtinguts es descriuen a continuació:

- Consum i Cost Anual d'una Vivenda Unifamiliar Convencional:

TOTAL	
Consum Electric	8261,69 kWh
Consum Gas	2776,65 m3
Consum Aigua	58,40 m3
Cost Electric	1.178,36 €
Cost Gas	203,96 €
Cost Aigua	161,39 €
Cost TOTAL	1.543,71 €
Emisions de CO2	8851,15 kg

GENERAL	
Cost Fix Contracte d'Electricitat	181,31 €
Cost Fix Contracte de Gas	66,24 €
Cost Fix Contracte de Aigua	134,40 €
Cost Total de les Instal·lacions	37.918,14 €

- Consum Anual en la Climatització:

CALEFACCIÓ			AIRE CONDICIONAT		
Potència Instal·lada	11040	kcal/h	Potència Instal·lada	4500	Frig/h
Hores de Funcionament	1105,89	h	Hores de Funcionament	910,86	h
Consum Total	2455,55	m <sup>3</sup>	Consum Total	1268,19	kWh
Cost Total de Funcionament	121,80	€	Cost Total de Funcionament	142,67	€
Emisió de CO <sub>2</sub>	4174,43	kg	Emisió de CO <sub>2</sub>	634,09	kg

- Consum Anual en la Il·luminació:

IL-LUMINACIÓ	
Potència Instal·lada	1,274 kW
Hores de Funcionament	10585 h
Consum Total	1225,04 kWh
Cost Total de Funcionament	137,82 €
Cost Total de Manteniment	67,61 €
Cost Total	205,43 €
Emisió de CO <sub>2</sub>	612,52 kg

- Consum Anual en l'Equipament Elèctric:

EQUIPAMENT ELÈCTRIC	
Potència Instal·lada	11,52 kW
Hores de Funcionament	8614 h
Consum Total	5768,46 kWh
Cost Total de Funcionament	648,95 €
Emisió de CO <sub>2</sub>	2884,23 kg

- Consum Anual en l'Aigua:

AIGUA	
Consum d'Aigua	58,40 m <sup>3</sup>
Consum d'Energia	321,10 m <sup>3</sup>
Cost de l'Aigua	26,99 €
Cost ACS	15,93 €
Cost Total	42,91 €
Emisió de CO <sub>2</sub>	545,87 kg

#### 4.2.4 Disseny d'unes Instal·lacions Eficients

A continuació descriurem els valors que introduïrem en el nostre llibre de càlcul, i que alhora ens mostren el disseny aplicat per a unes instal·lacions eficients:

- Paràmetres Generals:

Municipi	Lleida			
Ocupació de la Vivenda	2	persones		
Potència Elèctrica Contractada	5,75	kW		
Cost Fix de l'Electricitat	1,6423	€/kW	mes	
Cost del Consum d'Electricitat	0,1125	€/kWh	mes	
Cost Fix del Gas	5,52	€	mes	
Cost del Consum de Gas	0,0496	€/m <sup>3</sup>	mes	
Cost Fix de l'Aigua	11,2	€		
Cost del Consum d'Aigua per trams	0,17	0,22	0,27	€/m <sup>3</sup>
Cànon de l'Aigua per trams	0,3165	0,6704	1,676	€/m <sup>3</sup>

- Paràmetres de Cost

Cost de la Instal·lació Elèctrica	19.200,00 €
Cost de la Instal·lació de Il·luminació	318,14 €
Cost de la Instal·lació de Fontaneria	2.300,00 €
Cost de la Instal·lació de Calefacció	9.550,00 €
Cost de la Instal·lació d'Aire Condicionat	3.100,00 €
Cost de l'Equipament Elèctric	5.200,00 €
Cost del Sistema Intel·ligent o Domòtic	2.400,00 €

- Característiques Constructives:

Definició de les característiques constructives i dimàtiques de cada estança de la vivenda	Superfície	Alçada	Volum	Principal Orientació	Paret Exterior	Arrib Sol	Restra Paret Exterior	Paret mitjera	Finestra Amb Sol	Restra Finestra	Control de Clima	Pot AA	Potència Calefacció
	(m2)	(m2)	(m3)		(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)		Frig/h	kcal/h	
Menjador	26,9	2,4	64,56	Sud-est	5,28	0	25,68	0	0	1	3000	3200	
Quina	10	2,2	22	Oest	2,75	0	8,47	0	0	3		1100	
Bany	3,35	2,2	7,37		0	0	3,08	0	0	3		350	
Estança A	7,1	2,4	17,04	Oest	3,12	0	6,84	0	0	1		910	
Passadis	3,7	2,2	8,14		0	0	5,28	0	0	3		0	
Bany	5	2,2	11		0	0	3,74	0	0	4		570	
Habitacio	13,4	2,4	32,16	Sud-est	2,64	0	10,92	0	0	2	1500	1600	
Habitacio	12,85	2,4	30,84	Oest	3,77	0	10,44	0	0	2		1600	
Habitacio	7,1	2,4	17,04	Oest	2,4	0	7,75	0	0	2		910	
Estança B	6,6	2,4	15,84	Sud-est	2,88	0	7,2	0	0	4		800	
Passadis	10,6	2,2	23,32		0	0	10,5	0	0	4		0	
<b>TOTAL</b>	<b>106,6</b>	<b>25,4</b>	<b>249,31</b>		<b>22,84</b>	<b>0</b>	<b>99,9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>4500</b>	<b>11040</b>	

- Paràmetres de Climatització:

Zona Climàtica (Temp)	D	
Zona Climàtica (Radiació)	III	
Ventilació Forçada	3	renov/dia
Ventilació Natural	1	renov/dia
Font d'Energia de Calefacció	Gas	
Sistema de Distribució de Calefacció	Radiador	

- Paràmetres d'il·luminació:

Tipus de Làmpada	Potència	Cost	Funcionament al dia	Enceses al dia	Enceses al dia	Enceses al dia	Enceses al dia	Enceses al dia
	(W)	(€)	(h)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)
Fluorescent	288	26,24 €	3,2	2			1	
Halògena	100	7,90 €	0,8	8				
Dicroica	70	13,00 €	1,6	16				
Compacta (Baix Consum)	156	108,00 €	6,5		1		2	
Dicroica	100	13,00 €	1,5	5		1		
Dicroica	200	26,00 €	1,2	2		1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	2		2	1		
Halògena	60	8,00 €	0,3	3				
Dicroica	100	13,00 €	0,4	4				
Dicroica	100	13,00 €	2,4	4	2	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	4		2		1	
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,5		1	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	2		2	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,5		1	1		
<b>TOTAL</b>	<b>1274</b>	<b>318,14 €</b>	<b>28,9</b>					

- Punts de Control de la Climatització:

Definició del/s Punt/s de Control de Clima i la programació de Control de Temperatura d'aquest/s	Ubicació	Confort			Dia Laboral			Dia Festiu			Confort			Dia Laboral			Dia Festiu		
		Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	Dies	
1 Menjador		15	68	10	15	58	20	15	68	10	15	68	10	15	68	10			
2 Habitació		15	68	10	15	58	20	15	68	10	15	68	10	15	68	10			
3 Cuina		10	73	10	10	63	20	10	73	10	10	73	10	10	73	10			
4 Estança B		10	73	10	10	63	20	10	73	10	10	73	10	10	73	10			
			PRIMAVERA			ESTIU			TARDOR			HIVERN							

- Paràmetres d'Equipament Elèctric:

Equip Elèctric	Etiqueta Energètica	Potència
		(W)
Nevera	A	1000
Congelador	B	600
Rentaplats	A	500
Rentadora	A	800
Assecadora	B	1000
Fogons	C	2000
Forn	B	1400
Microones	A	900
Extractor	B	150
Planxa	B	800
Ordinador	B	100
Audio/Video	B	70
Altres	B	2200
<b>TOTAL</b>		<b>11520</b>

- Paràmetres de l'Aigua:

Font d'Energia d'ACS	Gas
Acumulador d'ACS	100 litres
Cobertura d'ACS amb Termosolar	65 %
Consum Litres d'Aigua al dia	130 litres
Consum Litres d'Aigua Calenta al dia	78 litres
Número d'obertures d'aixeta al dia	14 obertures
Num Recirculacions al dia	3
Energia per a l'ACS	2484 kcalh

#### 4.2.5 Resultats del Disseny Eficient

Els principals resultats obtinguts es descriuen a continuació:

- Consum i Cost Anual d'una Vivenda Unifamiliar Eficient:

TOTAL		GENERAL	
Consum Electric	5431,32 kWh	Cost Fix Contracte d'Electricitat	113,32 €
Consum Gas	1540,13 m3	Cost Fix Contracte de Gas	66,24 €
Consum Aigua	47,45 m3	Cost Fix Contracte de Aigua	134,40 €
Cost Electric	786,61 €	Cost Total de les Instal·lacions 42.068,14 €	
Cost Gas	142,63 €		
Cost Aigua	146,31 €		
<b>Cost TOTAL</b>	<b>1.075,55 €</b>		
<b>Emissions de CO2</b>	<b>5333,89 kg</b>		

- Consum Anual en la Climatització:

CALEFACCIÓ		AIRE CONDICIONAT	
Potència Instal·lada	11040 kcal/h	Potència Instal·lada	4500 Frig/h
Hores de Funcionament	611,49 h	Hores de Funcionament	203,04 h
Consum Total	1357,78 m3	Consum Total	282,69 kWh
<b>Cost Total de Funcio</b>	<b>67,35 €</b>	<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>31,80 €</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>2308,23 kg</b>	<b>Emisió de CO2</b>	<b>141,35 kg</b>

- Consum Anual en la Il·luminació:

IL·LUMINACIÓ		
Potència Instal·lada	1,274	kW
Hores de Funcionament	10548,5	h
Consum Total	1113,18	kWh
Cost Total de Funcionament	125,23	€
Cost Total de Manteniment	62,27	€
<b>Cost Total</b>	<b>187,51</b>	<b>€</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>556,59</b>	<b>kg</b>

- Consum Anual en l'Equipament Elèctric:

EQUIPAMENT ELÈCTRIC		
Potència Instal·lada	11,52	kW
Hores de Funcionament	8614	h
Consum Total	4035,44	kWh
<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>453,99</b>	<b>€</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>2017,72</b>	<b>kg</b>

- Consum Anual en l'Aigua:

AIGUA		
Consum d'Aigua	47,45	m <sup>3</sup>
Consum d'Energia	182,35	m <sup>3</sup>
Cost de l'Aigua	11,91	€
Cost ACS	9,04	€
<b>Cost Total</b>	<b>20,95</b>	<b>€</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>310,00</b>	<b>kg</b>

### 4.3 Estudi de l'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar

#### 4.3.1 Comparativa Energètica del Sistema Eficient i el Convencional

Comparant els dos dissenys anteriors, ens resulta la diferència entre el sistema eficient i el sistema convencional. Els principals resultats que ens interessin de dita comparativa es descriuen a continuació:

- Resultats de l'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar:

GENERAL	
Diferència Cost de les Instal·lacions	4.150,00 €
Eficiència Energètica en Electricitat	34,26%
Eficiència Energètica en Gas	44,53%
Eficiència Energètica en Aigua	18,75%
Eficiència Energètica Total	36,75%
Estalvi Total d'Emissions de CO2	3517,26 kg
Amortització de la inversió	8,86 € anys

- Comparativa d'Estalvi Anual en una Vivenda Unifamiliar Eficient:

TOTAL	
Estalvi Consum Elèctric	2830,37 kWh
Estalvi Consum Gas	1236,52 m <sup>3</sup>
Estalvi Consum Aigua	10,95 m <sup>3</sup>
Estalvi Cost Elèctric	391,75 €
Estalvi Cost Gas	61,33 €
Estalvi Cost Aigua	15,08 €
<b>Estalvi Cost TOTAL</b>	<b>468,15 €</b>

- Comparativa d'Estalvi Anual en la Climatització:

CALEFACCIÓ		AIRE CONDICIONAT			
Estalvi Consum Calefacció	1097,77	m3	Estalvi Consum Aire Condicionat	985,50	kWh
Estalvi Cost de Calefacció	54,45	€	Cost Total de Funcionament	110,87	€
Estalvi Emisió de CO2	1866,21	kg	Emisió de CO2	492,75	kg

- Comparativa d'Estalvi Anual en la Il·luminació:

IL·LUMINACIÓ	
Estalvi Consum Il·luminació	111,85 kWh
Estalvi Cost en Il·luminació	17,92 €
Estalvi Emisió de CO2	55,93 kg

- Comparativa d'Estalvi Anual en l'Equipament Elèctric:

EQUIPAMENT ELÈCTRIC	
Consum Equipament Elèctric	1733,02 kWh
Cost Funcionament Equipament Elèctric	194,96 €
Emisió de CO2	866,51 kg

- Comparativa d'Estalvi Anual en l'Aigua:

AIGUA	
Estalvi Consum d'Aigua	10,95 m3
Estalvi Consum d'Energia	138,75 m3
Estalvi Cost amb l'Aigua	21,96 €
Estalvi Emisió de CO2	235,87 kg

#### 4.3.2 Conclusions de l'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar

Tal i com podem observar, el consum d'energia a estalviar en una vivenda unifamiliar és prou important com per a que totes elles disposin de sistemes intel·ligents que facilitin aquestes. Si considerem els milers d'habitatges que hi ha en una ciutat, ens podem fer una idea de les grans quantitats d'energia i de contaminació que es poden estalviar.

A més a més de l'estalvi energètic, tenim un estalvi econòmic i un estalvi d'emissions de CO2 a l'atmosfera. Val a dir, que és major l'estalvi d'emissions de CO2 que l'econòmic, però, si algun dia, deixen de cobrar tant import com a servei mínim, i cobren realment per l'energia consumida (encara que sigui més cara que l'actual), l'atractiu i l'estalvi que tindran els sistemes intel·ligents encara seran millors que els actuals.

També veiem que les principals fonts d'estalvi energètic les trobem en la climatització i en l'equipament elèctric. Així doncs, cal que l'usuari en sigui conscient i que ho tingui en compte alhora de configurar el seu habitatge.

Finalment comentar que l'amortització d'aquests sistemes oscil·la entre els 6 anys per un habitatge tipus plurifamiliar, d'uns 8-10 anys per un habitatge unifamiliar, i de l'ordre dels 15 anys en un habitatge xalet. No tenim en compte per a la valoració de l'amortització de la inversió, les altres utilitats que es poden afegir a un sistema intel·ligent (seguretat, confort, etc),.

## 5 Pressupost

Valorarem el cost d'un estudi energètic d'una vivenda, és a dir, que li costaria a algú saber de la seva vivenda (nova o existent) quin consum anual tindrà amb eficiència energètica o sense.

En dit estudi es tindran presents les indicacions del propietari, i se li aconsellarà en tot allò que li pugui ser d'interès.

A continuació detallem les parts de dit estudi energètic i el cost que suposarien per un habitatge de característiques similars a l'estudiat en l'apartat 4 del present projecte:

Pressupost de l'estudi d'Eficiència Energètica en una Vivenda Unifamiliar situada a Lleida:

-	hores	Import/h	Preu
- Presa de dades	2h	32€	64€
- Plànols	3h	21€	63€
- Disseny i Esquemes	4,5h	38€	171€
- Amidaments	1,5h	32€	48€
- Valoració de pressupostos d'instal·lacions	8h	21€	168€
- Conclusions	1h	38€	38€
- <b>TOTAL</b>			<b>552€</b>

Així doncs, aquest és el cost per conèixer quin disseny tecnològic és el més adient a les necessitats del client, quins beneficis (energètics, socials i econòmics) li suposarien, quin cost tindrien totes les seves instal·lacions, etc.

Volem remarcar que en el disseny sempre s'han de preveure les necessitats reals i previsions de futur (la preinstal·lació corresponent, l'equipament ampliable, etc).

## 6 Conclusions

Davant l'evidència de la problemàtica energètica, cal buscar solucions per tal de reduir el consum d'energia. La tecnologia i la seva continua evolució és una eina que ens ajudarà a ser més eficients, i a més a més, sempre cal tenir molt present la importància de la conscienciació de la població.

La vivenda és un sector molt gran que té moltes possibilitats d'eficiència, i és aquí on ens centrem per fer aquest estudi. La calefacció és el sistema que més consum té i alhora en el que més estalvi es pot aconseguir, posteriorment tenim l'equipament elèctric, que adquirint productes eficients també ens ajudaran a estalviar energia. En els altres sistemes com són la il·luminació i l'aigua també existeixen opcions d'estalvi energètic. Amb la il·luminació, simplement, instal·lant làmpades de baix consum, i amb l'aigua calenta sanitària, programant el sistema de recirculació i amb sistemes d'acumulació.

De tecnologia en podem trobar molta, però cal saber seleccionar la que millor s'adapti a les necessitats de l'usuari i del seu entorn.

Actualment, la domòtica és una bona solució molt utilitzada en les vivendes, encara que, també es poden utilitzar petits equips individuals, que amb un baix cost, ajuden a l'estalvi energètic.

Dintre de les prestacions de la domòtica, establim unes prioritats d'aplicació: inicialment les alarmes (mèdiques, tècniques i de antirobatori), posteriorment l'eficiència energètica (actualment quasi tant important com les alarmes), i finalment el confort i les comunicacions.

En definitiva, volem concloure que existeixen moltes opcions d'estalvi energètic, que cal conscienciar-se de què, tot i que s'ha de consumir l'energia necessària, s'ha de fer de forma raonable i mesurada, i què hem d'utilitzar els equipaments que disposem al nostre abast per tal d'assolir aquests objectius d'estalvi energètic dessitjats.

## 7 Annexes

### 7.1 Annex 1. Manual d'Usuari del Càlcul Energètic d'un Habitatge

S'ha creat diverses taules de càlcul a on introduint totes les característiques de la vivenda, del lloc on està situada, de la utilització que es preveu que en facin els usuaris, i dels costos de instal·lació i de funcionament, és pugui calcular l'energia i el cost que dit habitatge pugui suposar.

#### 7.1.1 Estructura del Llibre de Càlcul Energètic

Les diferents taules que s'han d'omplir, s'han identificat amb diversos colors, dels que l'usuari ha de tenir present el groc i el vermell. El groc indica paràmetres a introduir per l'usuari, i el vermell són paràmetres predefinitos de referència que l'usuari pot modificar si ho creu convenient (amb coneixement del que modifica). Posteriorment hi ha el color blau que s'utilitza per identificar títols i apartats, i el color blanc on s'observen tots els càlculs i resultats.

També comentar que en moltes caselles, existeixen menús desplegable, a on només cal seleccionar una de les opcions possibles.

El llibre s'ha estructurat en 5 fulls:

- Útils. Conté informació que pot ser necessària a l'hora de dissenyar o d'introduir paràmetres en la resta de fulls. Aquests són dades com les potències homologades i el cost per part de la companyia elèctrica subministradora Fecsa Endesa, les potències estàndards de les diferents tipus de lluminàries i el seu cost, les diferents zones climàtiques d'Espanya (tant SCV com SCI), i valors de referència de clima mig en l'exterior de les províncies de Catalunya.
- Referències. Conté totes les taules amb paràmetres de referència per als càlculs que realitzarà aquest llibre. Podem destacar la vida útil de les diferents làmpades i la reducció amb el nombre d'enceses, les hores de funcionament dels diferents equips elèctrics, els paràmetres de les diferents zones climàtiques (temperatura, radiació, aïllament de l'habitatge, etc), i la programació de les temperatures interiors per a cada sala.
- Càlculs. El detall de tots els paràmetres de càlcul que es realitzen per determinar l'energia consumida es troben en aquest full. Alhora que ens serveix de pas per poder fer posteriorment el resum de resultat, també ajuda a l'usuari expert a treure conclusions de canvi de paràmetres en el disseny. Tot aquest full només és de consulta.
- Disseny. Aquí és on l'usuari introdueix realment totes les característiques de l'habitatge, lloc on està situat, potència contractada, cost de les diverses instal·lacions i del seu funcionament, utilització dels diferents equips i sistemes, etc. Aquest es detallarà tot seguit en el punt següent.
- Resum. Aquí és on s'observen el resum de resultats tant de consum energètic com de costos de cada instal·lació i de forma global. Aquest també es detallarà posteriorment.

### 7.1.2 Plantilla de Disseny

#### - Disseny de Paràmetres Generals

Com a paràmetres generals caldrà introduir els punts que s'indiquen en la següent taula:

Municipi	Lleida		
Ocupació de la Vivenda	2 persones		
Potència Elèctrica Contractada	5,75	kW	
Cost Fix de l'Electricitat	1,6423	€/kW	mes
Cost del Consum d'Electricitat	0,1125	€/kWh	mes
Cost Fix del Gas	5,52	€	mes
Cost del Consum de Gas	0,0496	€/m3	mes
Cost Fix de l'Aigua	11,2	€	
Cost del Consum d'Aigua per trams	0,17	0,22	0,27 €/m3
Canon de l'Aigua per trams	0,3165	0,6704	1,676 €/m3

I també les valoracions dels costos de les diferents instal·lacions (caldrà realitzar les valoracions o demanar els pressupostos corresponents):

Cost de la Instal·lació Elèctrica	19.200,00 €
Cost de la Instal·lació de Il·luminació	318,14 €
Cost de la Instal·lació de Fontaneria	2.300,00 €
Cost de la Instal·lació de Calefacció	9.550,00 €
Cost de la Instal·lació d'Aire Condicionat	3.100,00 €
Cost de l'Equipament Elèctric	5.200,00 €
Cost del Sistema Intel·ligent o Domòtic	2.400,00 €

#### - Disseny en la Il·luminació

Per a dissenyar la il·luminació caldrà introduir totes les diferents làmpades de que disposa la vivenda i quin ús es preveu realitzar:

Tipus de Làmpada	Potència	Cost	Funcionament al dia	Enceses al dia 0-1h	Enceses al dia 0-1h 0-3h	Enceses al dia 0-5-1h	Enceses al dia 1-3h	Enceses al dia 3-5h
	(W)	(€)	(h)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)	(Núm.)
Fluorescent	288	26,24 €	3,2	2			1	
Halògena	100	7,90 €	0,8	8				
Dicroica	70	13,00 €	1,6	16				
Compacta (Baix Consum)	156	108,00 €	6,5		1		2	
Dicroica	100	13,00 €	1,5	5		1		
Dicroica	200	26,00 €	1,2	2		1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	2		2	1		
Halògena	60	8,00 €	0,3	3				
Dicroica	100	13,00 €	0,4	4				
Dicroica	100	13,00 €	2,4	4	2	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	4		2		1	
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,5		1	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	2		2	1		
Compacta (Baix Consum)	20	18,00 €	1,5		1	1		
<b>TOTAL</b>	<b>1274</b>	<b>318,14 €</b>	<b>28,9</b>					



A on també s'obtenen valors detallats d'ajuda al dissenyador:

	Energia				Total	
	Primavera	Estiu	Tardor	Hivern	Energia Calefacció	Energia Aire Condicionat
	kcal/ any	kcal/ any	kcal/ any	kcal/ any	kcal/ any	kcal/ any
Menjador	749530,00	-504659,90	725976,37	1412752,87	2888259,24	504659,90
Quina	-83383,20	0,00	-83383,20	-83383,20	0,00	250149,60
Bany	-26531,02	0,00	-26531,02	-26531,02	0,00	79593,06
Estança A	213147,59	0,00	206449,53	401751,60	821348,72	0,00
Passadis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bany	115802,40	0,00	111269,03	211003,12	438074,55	0,00
Habitacio	200457,99	-79271,24	191823,76	381776,99	774058,74	79271,24
Habitacio	200457,99	0,00	191823,76	381776,99	774058,74	0,00
Habitacio	114010,48	0,00	109099,76	217135,66	440245,91	0,00
Estança B	162529,68	0,00	156167,06	296144,73	614841,48	0,00
Passadis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					6750887,38	913673,79

### - Disseny en l'Equipament Elèctric

Introduint cada tipus d'equipament, la classe energètica i la potència d'aquests, s'obtenen valors orientatius per al dissenyador:

Equip Elèctric	Etiqueta Energètica	Potència	Funcionament al Dia	Consum	
		(W)	(h)	al'any (kWh)	del Consum Anual (€)
Nevera	<b>A</b>	1000	5,80	1164,35	130,99 €
Congelador	<b>B</b>	600	2,40	394,20	44,35 €
Rentaplats	<b>A</b>	500	3,20	321,20	36,14 €
Rentadora	<b>A</b>	800	1,60	256,96	28,91 €
Assecadora	<b>B</b>	1000	1,40	383,25	43,12 €
Fogons	<b>C</b>	2000	1,00	657,00	73,91 €
Forn	<b>B</b>	1400	0,40	153,30	17,25 €
Microones	<b>A</b>	900	0,60	108,41	12,20 €
Extractor	<b>B</b>	150	0,80	32,85	3,70 €
Planxa	<b>B</b>	800	0,40	87,60	9,86 €
Ordinador	<b>B</b>	100	1,40	38,33	4,31 €
Audio/Video	<b>B</b>	70	4,00	76,65	8,62 €
Altres	<b>B</b>	2200	0,60	361,35	40,65 €
<b>TOTAL</b>		<b>11520</b>	<b>23,60</b>	<b>4035,44</b>	<b>453,99 €</b>

### - Disseny en el Sistema d'Aigua

Solament cal definir com està configurat el sistema d'ACS amb els següents paràmetres:

Font d'Energia d'ACS	Gas
Acumulador d'ACS	100 litres
Cobertura d'ACS amb Termosolar	65 %
Consum Litres d'Aigua al dia	130 litres
Consum Litres d'Aigua Calenta al dia	78 litres
Número d'obertures d'aixeta al dia	14 obertures
Num Recirculacions al dia	3
Energia per a l'ACS	2484 kcalh

Recordar que certs paràmetres estan predefinitos en funció del nombre de persones que ocupen la vivenda i dels valors del full de referència.

### 7.1.3 Resultat dels Paràmetres Generals

Finalment, es resumeixen els resultats obtinguts, que ens donen valors globals, tant de cada sistema individualment com del conjunt de tota la vivenda. Aquests valors ens serviran per comparar aquest disseny amb qualsevol altre i veure les diferències energètiques, de cost, de contaminació, etc.

Remarcar que tots els valors obtinguts en el resum **són valors anuals**.

#### - Resultat General

Ens donen el global d'energia consumida i de cost del funcionament de cada sistema:

<b>TOTAL</b>		
Consum Electric	5431,32	kWh
Consum Gas	1540,13	m3
Consum Aigua	47,45	m3
Cost Electric	786,61	€
Cost Gas	142,63	€
Cost Aigua	146,31	€
<b>Cost TOTAL</b>	<b>1.075,55</b>	<b>€</b>
<b>Emissions de CO2</b>	<b>5333,89</b>	<b>kg</b>

I també els valors del cost de les diferents instal·lacions:

<b>GENERAL</b>	
Cost Fix Contracte d'Electricitat	113,32 €
Cost Fix Contracte de Gas	66,24 €
Cost Fix Contracte de Aigua	134,40 €
<b>Cost Total de les Instal·lacions</b>	<b>42.068,14 €</b>

#### - Resultat en la Il·luminació

<b>IL·LUMINACIÓ</b>		
Potència Instal·lada	1,274	kW
Hores de Funcionament	10548,5	h
Consum Total	1113,18	kWh
Cost Total de Funcionament	125,23	€
Cost Total de Manteniment	62,27	€
<b>Cost Total</b>	<b>187,51</b>	<b>€</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>556,59</b>	<b>kg</b>

#### - Resultat en la Climatització

Tant de la calefacció:

<b>CALEFACCIÓ</b>		
Potència Instal·lada	11040	kcal/h
Hores de Funcionament	611,49	h
Consum Total	1357,78	m3
<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>67,35</b>	<b>€</b>
<b>Emisió de CO2</b>	<b>2308,23</b>	<b>kg</b>

Com de l'aire condicionat:

AIRE CONDICIONAT		
Potència Instal·lada	4500	Frig/h
Hores de Funcionament	203,04	h
Consum Total	282,69	kWh
<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>31,80 €</b>	
<b>Emisió de CO2</b>	<b>141,35</b>	<b>kg</b>

- **Resultat en l'Equipament Elèctric**

EQUIPAMENT ELÈCTRIC		
Potència Instal·lada	11,52	kW
Hores de Funcionament	8614	h
Consum Total	4035,44	kWh
<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>453,99 €</b>	
<b>Emisió de CO2</b>	<b>2017,72</b>	<b>kg</b>

- **Resultat en el Sistema d'Aigua**

AIGUA		
Consum d'Aigua	47,45	m3
Consum d'Energia	182,35	m3
Cost de l'Aigua	11,91 €	
Cost ACS	9,04 €	
<b>Cost Total</b>	<b>20,95 €</b>	
<b>Emisió de CO2</b>	<b>310,00</b>	<b>kg</b>

## 7.2 Annex2. Manual d'Usuari Càlcul Eficiència Energètica d'un Habitatge

Consisteix en un llibre de càlcul on es comparen dos sistemes per tal de extreure l'eficiència energètica dels diferents sistemes, els costos, les emissions de CO<sub>2</sub>, etc.

### 7.2.1 Estructura del Llibre de Càlcul d'Eficiència Energètica

Aquest llibre s'ha estructurat de forma molt senzilla en tres fulls. En un d'ells s'introdueixen els valors obtinguts del full resum del càlcul energètic amb un sistema convencional, i en l'altre full s'introdueixen els valors obtinguts del full resum del càlcul energètic d'un sistema eficient. En el primer full s'obté el resultat de comparar un sistema respecte de l'altre.

### 7.2.2 Entrada de Paràmetres Generals

Simplement comentar i recordar de copiar el full resum de forma sencera (selecció part esquerra superior del full de càlcul o CTRL+E) i en el llibre de càlcul d'eficiència pegar només els valors (pegat especial).

### 7.2.3 Resultat dels Paràmetres Generals

En aquest full es mostren tots els valors de la comparativa de resultats entre un sistema convencional respecte d'un sistema eficient dissenyat amb tal finalitat. La comparativa es mostra tant dels sistemes individualment com de forma conjunta:

## COMPARATIVA EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

VIVENDA CONVENCIONAL A LLEIDA PER A 2 PERSONES ORIENTACIÓ SUD-EST  
COMPARADA AMB UNA VIVENDA EFICIENT A LLEIDA PER A 2 PERSONES ORIENTACIÓ SUD-EST

Nota: Tots els valors són anuals

TOTAL		
Estalvi Consum Electric	2830,37	kWh
Estalvi Consum Gas	1236,52	m <sup>3</sup>
Estalvi Consum Aigua	10,95	m <sup>3</sup>
Estalvi Cost Electric	391,75	
Estalvi Cost Gas	81,33	
Estalvi Cost Aigua	15,08	
<b>Estalvi Cost TOTAL</b>	<b>468,15</b>	

CALEFACCIÓ		
Estalvi Consum Calefacció	1097,77	m <sup>3</sup>
<b>Estalvi Cost de Calefacció</b>	<b>54,45 €</b>	
<b>Estalvi Emisió de CO<sub>2</sub></b>	<b>1866,21</b>	<b>kg</b>

IL-LUMINACIÓ		
Estalvi Consum Il·luminació	111,85	kWh
<b>Estalvi Cost en Il·luminació</b>	<b>17,92 €</b>	
<b>Estalvi Emisió de CO<sub>2</sub></b>	<b>55,93</b>	<b>kg</b>

AIGUA		
Estalvi Consum d'Aigua	10,95	m <sup>3</sup>
Estalvi Consum d'Energia	138,75	m <sup>3</sup>
<b>Estalvi Cost amb l'Aigua</b>	<b>21,96 €</b>	
<b>Estalvi Emisió de CO<sub>2</sub></b>	<b>235,87</b>	<b>kg</b>

GENERAL		
<b>Diferència Cost de les Instal·lacions</b>	<b>4.150,00 €</b>	
<b>Eficiència Energètica en Electricitat</b>	<b>34,26%</b>	
<b>Eficiència Energètica en Gas</b>	<b>44,53%</b>	
<b>Eficiència Energètica en Aigua</b>	<b>18,75%</b>	
<b>Eficiència Energètica Total</b>	<b>36,75%</b>	
<b>Estalvi Total d'Emissions de CO<sub>2</sub></b>	<b>3517,26</b>	<b>kg</b>
<b>Amortització de la inversió</b>	<b>8,86</b>	<b>anys</b>

AIRE CONDICIONAT		
Estalvi Consum Aire Condicionat	985,50	kWh
<b>Cost Total de Funcionament</b>	<b>110,87 €</b>	
<b>Emisió de CO<sub>2</sub></b>	<b>492,75</b>	<b>kg</b>

EQUIPAMENT ELÈCTRIC		
Consum Equipament Elèctric	1733,02	kWh
<b>Cost Funcionament Equipament Elèctric</b>	<b>194,96 €</b>	
<b>Emisió de CO<sub>2</sub></b>	<b>866,51</b>	<b>kg</b>

Els paràmetres que més ens interessaran són els de l'estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> a l'any, el del període d'amortització de la inversió en sistemes intel·ligents i eficients, i el de l'estalvi del cost Total a l'any.

## Referències

- [1] Llibre: Domòtica e Inmòtica: Viviendas y Edificios Inteligentes. Autor: Cristobal Romero Morales, Editorial Ra-Ma, 2006.
- [2] Llibre: Cuaderno de Divulgación: Domòtica. AENOR, 2008.
- [3] Llibre: Domòtica y Hogar Digital. Autor: Stefan Junstrand. Editorial Thomson Paraninfo, 2004.
- [4] Llibre: Manual Pràctico de Iluminación. Autor: Franco Martín Sánchez.. Editorial A. Madrid Vicente, 2005.
- [5] Llibre: Manual d'Il·luminació. Publimedia, Desembre 2009.
- [6] Llibre: Cálculos en Climatización. Autores: Ramón Cabello, Joaquín Navarro i EnriqueTorrella. Editorial A. Madrid Vicente, 2002.
- [7] Llibre: Calefacción: Cálculo y Diseño de las Instalaciones. Autor: Enrique Carnicer. Editorial Thomson Paraninfo, 2000.
- [8] [HTTP://www.idae.es](http://www.idae.es)
- [9] [HTTP://www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- [10] [HTTP://www.gencat.net](http://www.gencat.net)
- [11] [HTTP://www.mityc.es](http://www.mityc.es)
- [12] [HTTP://www.aenor.es](http://www.aenor.es)
- [13] [HTTP://www.icaen.net](http://www.icaen.net)
- [14] [HTTP://www.afme.es](http://www.afme.es)
- [15] [HTTP://www.anfalum.com](http://www.anfalum.com)
- [16] [HTTP://www.ceroco2.org](http://www.ceroco2.org)
- [17] [HTTP://www.csostenible.net](http://www.csostenible.net)
- [18] [HTTP://www.ecoestalvi.cat](http://www.ecoestalvi.cat)
- [19] [HTTP://www.cedom.es](http://www.cedom.es)
- [20] [HTTP://www.domotica-online.com](http://www.domotica-online.com)
- [21] [HTTP://www.domotica.net](http://www.domotica.net)
- [22] [HTTP://www.voltimum.es](http://www.voltimum.es)
- [23] [HTTP://www.casadomo.com](http://www.casadomo.com)
- [24] [HTTP://www.construible.es](http://www.construible.es)
- [25] [HTTP://www.knx.es](http://www.knx.es)
- [26] [HTTP://www.homesystems.es](http://www.homesystems.es)
- [27] [HTTP://www.lonmark.es](http://www.lonmark.es)
- [28] [HTTP://www.deltadore.es](http://www.deltadore.es)
- [29] [HTTP://www.domotimum.com](http://www.domotimum.com)
- [30] [HTTP://www.teletask.es](http://www.teletask.es)
- [31] [HTTP://www.myhome.bticino.es](http://www.myhome.bticino.es)
- [32] [HTTP://www.domotica-vivimat.com](http://www.domotica-vivimat.com)
- [33] [HTTP://www.miniatec.com](http://www.miniatec.com)
- [34] [HTTP://www.lartec.es](http://www.lartec.es)
- [35] [HTTP://www.edomo.es](http://www.edomo.es)
- [36] [HTTP://www.domonet.com.ar](http://www.domonet.com.ar)
- [37] [HTTP://www.gewiss.com](http://www.gewiss.com)
- [38] [HTTP://www.dupline.com](http://www.dupline.com)
- [39] [HTTP://www.tecnipublicaciones.com](http://www.tecnipublicaciones.com)
- [40] [HTTP://www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es)
- [41] [HTTP://www.legrand.es](http://www.legrand.es)

- [42] [HTTP://www.domoval.com](http://www.domoval.com)
- [43] [HTTP://www.bjc.es](http://www.bjc.es)
- [44] [HTTP://www.osiriszig.com/](http://www.osiriszig.com/)
- [45] [HTTP://www.dicsl.com/](http://www.dicsl.com/)
- [46] [HTTP://www.simondomotica.es](http://www.simondomotica.es)
- [47] [HTTP://www.multidomo.com](http://www.multidomo.com)
- [48] [HTTP://www.domocasa.com](http://www.domocasa.com)
- [49] [HTTP://www.elinstaladordigital.com](http://www.elinstaladordigital.com)
- [50] [HTTP://www.clima.meteored.com](http://www.clima.meteored.com)
- [51] [HTTP://www.caloryfrio.com](http://www.caloryfrio.com)