



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 2002

**Títol:** Modelació del comportament energètic del complex  
Alexandra

**Document:** Memòria

**Alumne:** Jordi Manich Codina

**Director/Tutor:** Jordi Comas Baron

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria de la construcció

**Convocatòria** (mes/any): 09/2012

1	INTRODUCCIÓ .....	3
1.1	Antecedents .....	3
1.2	Objectius .....	3
1.3	Abast .....	3
1.4	Especificacions.....	4
2	MEMÒRIA DESCRIPTIVA .....	15
2.1	Programari utilitzat .....	15
2.1.1	Design Builder:.....	15
2.1.2	PVSYST .....	24
2.1.3	SCADA Schneider Electric.....	26
3	OBTENCIÓ DEL MODEL INFORMÀTIC.....	32
3.1	Definició del lloc .....	32
3.2	Definició de l'edifici.....	34
3.3	Comprovació del dimensionament dels equips de climatització del projecte original.....	43
3.4	Comprovació de la potència elèctrica consumida pel sistema de climatització del model informàtic amb la potència real monitoritzada.....	50
4	SIMULACIÓ I COMPORAMENT TÈRMIC DEL MODEL .....	56
4.1	Pèrdues tèrmiques per tancaments .....	56
4.1.1	Edifici Transitoris.....	56
4.1.2	Edifici Gent Gran.....	57
4.2	Temperatura de l'aire: .....	58
4.3	Càrregues del sistema .....	61
5	CONSUMS ELÈCTRICS .....	63
5.1	Consum elèctric monitoritzat:: .....	63
5.2	Consum elèctric del model informàtic: .....	64
5.3	Comparació del consum elèctric del model i l'edifici real .....	65
6	DISCUSSIÓ DE RESULTATS.....	67
6.1	Potència elèctrica consumida pel sistema .....	67

6.2	Temperatures .....	67
6.3	Consum elèctric total.....	68
6.4	Conclusió.....	69
7	RESUM DE MILLORES .....	70
7.1	Introducció.....	70
7.2	Millores proposades .....	70
8	PRESSUPOST .....	71
8.1	Pressupost de l'estudi .....	71
8.2	Resum de pressupostos de les millores.....	71
9	BIBLIOGRAFIA.....	72

# 1 INTRODUCCIÓ

## 1.1 Antecedents

Es tracta d'un edifici acabat de construir el Febrer del 2011. Aquest edifici és un complex on es realitzen diferents activitats: habitatges protegits, biblioteca pública i centre de dia per a gent gran. La construcció consta de molts elements d'arquitectura sostenible, incorpora energies renovables, i es realitza control i gestió energètica de tot l'edifici, que es van dissenyar i construir a partir d'un projecte realitzat l'any 2006, amb l'ajuda de programes de simulació energètica que ara han quedat obsolets.

## 1.2 Objectius

Crear un model de simulació energètica informàtic i validar-lo amb les dades que ja es tenen provinents de la monitorització existent. Per tal de realitzar l'estudi s'utilitzarà el programari Design Builder (es tracta d'una versió comercial de l'estàndard de la simulació tèrmica; Energy Plus).

Proposar millores que tendeixin al balanç energètic zero (emprant tècniques d'eficiència energètica, energies renovables, gestió i control, etc..)

## 1.3 Abast

Es realitzarà el model per a la seva simulació amb Design Builder. S'estructurarà amb una memòria explicativa i annexos de càlculs.

El pressupost serà de l'estudi d'enginyeria. En el cas de presentar millores s'adjuntarà un pressupost específic. D'igual manera, les millores proposades seran especificades en un estat d'amidaments annex.

## 1.4 Especificacions

### Descripció complex Alexandra

#### Descripció de l'edifici:

L'edifici consta de 5 parts diferenciades:

- **Biblioteca:** es tracta d'una biblioteca pública. Dins aquest recinte hi han despatxos, sales d'actes, sales d'estudi 24 h, etc. Totes han sigut definides en la simulació i se'n han parametrizat els factors que afecten al comportament energètic de l'edifici.  
La biblioteca consta d'obertures en la coberta per tal d'aprofitar al màxim la llum natural.
- **Centre de Serveis:** es tracta d'un centre de serveis per a gent gran. Està enfocada a ser utilitzada per la gent gran que habita en els habitatges que hi ha en els pisos superiors tot i que pot absorbir demanda externa.
- **Habitatges transitoris:** 50 habitatges per a gent jove. Equipats amb calefacció, refrigeració i sistemes de ventilació.
- **Habitatges gent gran:** 118 habitatges per a gent gran. Equipats amb calefacció, refrigeració i sistemes de ventilació.
- **Pàrking:** Es tracta d'un aparcament poden aparcar els usuaris del complex. Les sales de màquines de l'edifici estan situades en aquest recinte.



Figura 1. Imatge del complexe Alexandra

Per tal de poder estudiar l'edifici de forma més entenedora a partir d'ara es dividirà en el Bloc d'edificis transitoris i el Bloc de la gent gran. Aquests dos blocs diferenciats es poden veure en la figura 1.

### **Descripció del sistema tèrmic de l'edifici:**

Geotèrmia: Les especificacions del projecte original estipulaven que l'energia necessària per tal de climatitzar l'edifici provindria d'un sistema de pous geotèrmics. Seguidament s'explica el funcionament de l'instal·lació en qüestió:

El circuit primari de les bombes de calor recuperarà energia a l'hivern, i cedirà energia a l'estiu, a través de circular l'aigua per un entramat de circuits enterrats fins a 100 metres, que intercanviaran calor amb el terra.

El sistema incorpora doncs un circuit tancat d'impulsió i retorn, de manera que en el seu recorregut fins a les profunditats l'aigua pugui anar recuperant o cedint energia de/o al terra.

Els circuits dels diferents pous s'aniran connectant a través de col·lectors, proveïts de vàlvules de seccionament per a cada circuit, i des d'aquests col·lectors es realitzarà el circuit de connexió cap a les centrals de producció, les bombes de calor.

Les especificacions del sistema han estat descrites en la Taula 1:

EDIFICI	POTENCIA DEMANDADA (KW)	POTENCIA MAQUINES (KW)	POTENCIA INTERCANVI GEOTÈRMIC (KW)
GENT GRAN	400	360	325
TRANSITORI	330	300	270

Taula 1. Especificacions del sistema geotèrmic

Com es pot veure, la potència de màquines és inferior a la potència demandada. El dimensionament d'aquestes es va realitzar mitjançant el sistema de percentil 96, és a dir, només en un 4% del temps hi haurien problemes tèrmics. Per tal d'assegurar el correcte funcionament de l'instal·lació, quan el sistema de control detecta un dèficit de potència per a climatitzar la biblioteca o el centre de serveis redirigeix la potència de climatització de les vivendes cap a ells. Aquest fet no afectarà al confort de les vivendes degut a la gran inèrcia tèrmica que tenen.

En la figura 2 es pot veure un sistema geotèrmic simplificat en forma d'esquema.

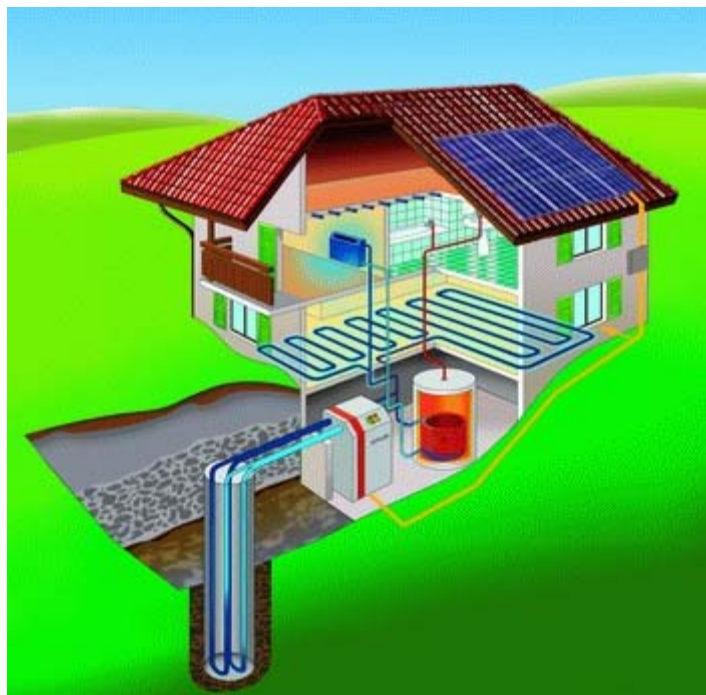


Figura 2. Sistema geotèrmic domèstic

Màquines productores de calor i fred: La utilització de l'energia geotèrmica com a font d'energia renovable imposa la que les màquines productores de calor/fred siguin AIGUA-AIGUA.

El sistema està dividit en 2 centres de producció:

- El primer, situat sota l'Edifici Gent Gran tindrà 6 bombes de calor la potència total de les quals ha sigut calculada segons les necessitats de calefacció i climatització dels habitatges per la gent gran i el Centre de Serveis. Aquestes màquines són idèntiques en quant a potència de calefacció i refrigeració.
- El segon, situat sota l'edifici Transitoris comptarà amb 5 bombes de calor la potència total de les quals ha sigut calculada segons les necessitats de calefacció i climatització dels Habitatges Transitoris i la Biblioteca. Com en el cas anterior, les màquines són idèntiques entre elles:

Model	Potència Calorífica	Potència de Refrigeració
Fighter 1330-60	76,73	59,07

Taula 2. Especificacions de les bombes de calor

Així doncs, la potència total instal·lada en l'edifici serà:

- Potència de Refrigeració: 649,77 kW
- Potència de Calefacció: 844,03 kW

El sistema inclou també un dipòsit d'inèrcia de 2500 litres per tal d'assegurar un funcionament estable de les màquines

Instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa:

Situada a la coberta dels edificis de la gent gran, està formada per 118 panells amb una potència total de 23 kW. Produeix 33,35 MWh, el que representa aproximadament un 3,5 % del consum energètic anual. Aquesta electricitat produïda no s'ha tingut en compte en el balanç de consum elèctric realitzat posteriorment ja que en la seva totalitat es ven "primada"; tot i així, és dona el percentatge d'equivalència.



### Sistema de Calefacció:

Es divideix en dues parts diferenciades:

- Fan-coils AIRE-AIGUA per a la Biblioteca i el Centre de Serveis. El fluid calent arriba provinent de la central de producció que correspon en cada zona. Per tant, l'únic consum elèctric que tindrem als fan-coils serà el que alimenta als ventiladors
- Sistema de terra radiant per als habitatges (tant del bloc de Transitoris com el de Gent Gran). Es tracta d'un sistema de la marca Rehau dimensionat segons la demanda de calefacció en cada zona. Seguidament es descriu el funcionament del sistema:

El fluid portador arriba als col·lectors dels habitatges des de la sala de producció de calor pels portants, el diàmetre dels quals ha estat dimensionat per al cabal de disseny extret de l'estudi de demanda tèrmica.

A l'entrada de cada habitatge hi ha un col·lector amb tants elements d'impulsió i retorn com nombre de circuits hi ha a cada habitatge o zona. Cada element d'impulsió disposa d'una vàlvula per obertura/tancament del circuit a mà. així com cada mòdul de retorn incorpora un cabalímetre entre 0 - 250 l/h.

Aquest fet serà de gran ajuda combinat amb el sistema de regulació i control ja que pel bon funcionament del terra radiant és crític utilitzar el cabal de disseny. Per tal d'equilibrar els circuits, a l'entrada de cada col·lector hi ha una vàlvula d'equilibrat tipus K-flow.

Finalment, a l'entrada de cada col·lector hi ha una vàlvula de tres vies comandada per una sonda de temperatura interior a les vivendes que obra o tanca el pas del fluid portador cap a l'interior de l'habitatge o zona.

### Sistema de Refrigeració:

Com en el cas de la calefacció, es divideix en dues parts diferenciades:

- Fan-coils AIRE-AIGUA per a la Biblioteca i el Centre de Serveis. El fluid fred arriba provinent de la central de producció que correspon a cada zona. Per

tant, com en el cas de la calefacció, l'únic consum elèctric que tindrem al fan-coil serà el que alimenta als ventiladors.

- Sistema de terra refrescant per als habitatges (tant del bloc de Transitoris com el de Gent Gran). Aquest utilitza el mateix sistema que el de la calefacció, que ja ha estat explicat anteriorment.

Val a dir que el sistema de terra refrescant està limitat per a la impossibilitat d'impulsar aigua a temperatura massa freda degut a la possibilitat de l'aparició de condensacions (punt de rosada).

El sistema de control monitoritza la humitat present als habitatges per així obtenir la temperatura mínima d'impulsió de l'aigua. En el cas de que aquesta temperatura d'impulsió baixi massa, serà el mateix sistema qui re circularà fluid portant del dipòsit d'inèrcia per tal d'evitar la formació de condensacions.

Pels factors explicats anteriorment, el sistema no arriba a refredar els habitatges fins a la consigna marcada (25°C) en alguns moments de l'estiu. Aquest fet serà analitzat posteriorment

## ACS

Degut a les característiques de l'edifici, sobretot pel que fa als criteris singulars d'utilització, el sistema d'ACS centralitzada es divideix en dues parts:

- La primera abasteix fins a la planta quarta i està alimentada amb aigua a la pressió de xarxa a més, la distribució està repartida amb un sol muntant.
- La segona abasteix de la planta cinquena fins a la desena a partir d'aigua provinent d'un grup de pressió. La distribució també es fa en un sol muntant.

Cada muntant és alimentat per una bomba de calor. Aquesta deriva amb vàlvules de 3 vies cap a la producció d'ACS o cap al dipòsit d'inèrcia (a l'hivern) o cap al circuit de geotèrmia (estiu).

Un altre fet singular del sistema és que cada instal·lació (una per cada centre de producció) compta amb dos dipòsits en paral·lel (ja que un ve alimentat des de la xarxa d'aigua freda, i l'altre des del grup de pressió.)

Pel cas que es vulgui acumular a una temperatura superior a la que ens pugui donar la bomba de calor (que en part dependrà de les condicions de temperatura del terra, de la instal·lació geotèrmica), s'ha disposat en sèrie uns dipòsit més petits amb resistència elèctrica d'energia auxiliar.

Aquest dipòsit auxiliar permet realitzar el tractament anti-legionel·la escalfant tota la instal·lació a 70°C.

### Il·luminació Interior

Tota l' il·luminació està sectoritzada en línies d'acord amb l'ús que tindrà el sector. Tenim dos quadres de control situats respectivament a la consergeria de la biblioteca i la del centre de serveis des d'on es pot controlar totes les línies d'il·luminació del sistema.

Tot el sistema es basa en fluorescents de tub i fluorescència compacte, és a dir, podem considerar que es tracta d'un sistema de baix consum.

### Il·luminació Exterior

Primerament, hem de dir que segons el projecte original, el consum elèctric del sistema d'il·luminació exterior queda compensat per l'aportació energètica de les plaques fotovoltaïques amb les que conta el complex.

Tota la il·luminació exterior de l'edifici es basa en un sistema de lluminàries en base a la tecnologia LED. En conseqüència es tracta d'una instal·lació a molt baixa tensió i amb un grau d'il·luminació equivalent a una instal·lació convencional.

La instal·lació es defineix en quatre parts:

- Transport: es parteix del SQ.Exteriors, situat al hall de la planta baixa. La línia es condueix a través del cel-ras del Centre de Serveis fins a SQ.Control Leds situat a l'exterior.

- Adequació i control: En el SQ. Control Leds s'hi ubica la part electrònica del sistema. En el quadre si realitza la transformació i adequació de l'energia elèctrica per tal de poder subministrar la tensió requerida al sistema.
- Distribució: la distribució fins a les lluminàries és enterrada per evitar problemes amb el sistema de reg de la zona.
- Lluminàries: el sistema de lluminària escollit permet el seu posicionament en diverses posicions per tal d'adaptar-se a les diferents posicions de muntatge. Per tant, només tindrem un tipus de lluminària.

Seguidament, en la figura 3 es pot veure una imatge de la solució lumínica proposada en el projecte original.



Figura 3. Il·luminació exterior

La potència total de la instal·lació és de 2 kW i funciona mitjançant una programació operacional que serà explicada posteriorment.

Com es pot veure amb la reduïda potència, la il·luminació exterior que "penja" del quadre elèctric del complex Alexandra no és la de tot el recinte. La resta d'il·luminació exterior és alimentada per la xarxa municipal i pagada per l'ajuntament, per tant no es tindrà en compte en el present estudi.

#### Sistema de Control:

El sistema de control instal·lat permet la gestió de les següents parts del sistema de l'edifici:

- 2 Centrals de producció de calor i fred mitjançant Bombes de Calor Aigua-Aigua.
- Condensació Geotèrmica
- Distribució de calor i fred als terres radiants de les vivendes
- Distribució de calor i fred a la Biblioteca i al Centre de Serveis
- Producció d'ACS amb Bomba de Calor.
- Comptatge energètic per repercutir despeses a la Biblioteca i al Centre de Serveis
- Software per manteniment i supervisió del funcionament de la instal·lació (Scada)
- Comptatge elèctric i anàlisis de la Qualitat elèctrica de Biblioteca, Centre de Serveis, Habitatges i dels 2 Centres de Producció per separat. També del conjunt de l'edifici.
- Comptatge elèctric individual de cada vivenda.

#### Elements Principals:

- -Vàlvules: es tracta de vàlvules de 3 vies Tot o res i proporcionals.
- -Sondes: de temperatura, humitat, CO, etc..
- -Comptadors: en la gran majoria es tractarà d'analitzadors de xarxes que ens permetran controlar els següents paràmetres:
  - Corrent per fases i neutre
  - Tensions
  - Freqüència
  - Potència per fase i total Activa, Reactiva i Aparent
  - Factor de Potència per fase i total
  - Comptatge d'Energia Activa, Reactiva i Aparent.
  - Valor mitjans actuals i màxims de potències i intensitats
  - Mesura de la Qualitat de l'Energia:
- Controladors:
  - Xenta 300: Com es pot veure en la figura 4, es tracta un controlador compacte i programable amb certificat LonMark. Conta amb 20 entrades i sortides fixes. El controlador pot ser expandit fins a 40 entrades/sortides mitjançant la utilització de dos mòduls d'expansió.



Figura 4. Controlador Xenta 300

- Xenta 401: Tal i com es pot veure en la Figura 5 es tracta controlador programable d'alt rendiment sense entrades i sortides per si mateix. Pot ser expandit fins a 100 entrades/sortides mitjançant 10 mòduls d'expansió. Té una memòria molt àmplia, per tant, el controlador pot ser utilitzat per a funcions d'alt nivell (ex:Gestió centralitzada d'horaris)



Figura 5. Controlador Xenta 401

- Mòduls d'Entrades i Sortides: Per a la supervisió i el comptatge de senyals digitals i de contacte. El mòdul d'entrades digitals és utilitzat només en combinació amb els controladors bàsics TAC Xenta 300/401. El mòdul està disponible amb o sense LEDs d'estat.



Figura 6. Mòduls d'entrades i Sortides

### Sistema de Monitorització

Com s'ha dit anteriorment, el sistema de control envia l'informació recollida a un ordinador situat a la biblioteca. Dins aquest ordinador podem accedir al mòdul Scada. Aquest ens permetrà no només monitoritzar els principals paràmetres del sistema sinó modificar-los (horaris, consignes de calefacció, consignes de ventilació, etc.).

Tot i que la marca comercial que proporciona el sistema Scada (Schneider Electric) dóna la possibilitat de fer servir una passarel·la web per a interactuar amb el control, aquesta és lenta i poc manejable. En la realitat controlem el funcionament de la instal·lació mitjançant escritori remot (VNC viewer). D'aquesta manera connectem amb l'ordinador de la biblioteca i podem controlar el sistema.

Aquest sistema serà explicat de forma més detallada posteriorment.

## 2 MEMÒRIA DESCRIPTIVA

### 2.1 Programari utilitzat

#### 2.1.1 Design Builder:

##### Mòdul Dibuix

Es basa en "nivells". Dins cada nivell podrem definir els paràmetres que afecten al comportament tèrmic de l'edifici.

Primerament tenim el nivell "lloc", on definirem la zona climàtica, la orientació de l'edifici, etc..

Seguidament hi ha el nivell "bloc". Aquests formen les parets exteriors de l'edifici i es poden superposar per a crear les diferents plantes.

Aquests blocs poden ser dividits en "zones", que acabaran següent les diferents habitacions de la planta.

Dins cada zona podrem accedir a cada paret, terra o sostre per poder definir-hi les obertures amb una aplicació de dibuix específica.

Aquests paràmetres es podran definir individualment o creant plantilles (les quals faciliten la modificació de paràmetres i la comparació entre diferents solucions del model). Els principals paràmetres que formen les diferents plantilles són:

##### Activitat:

Dins aquesta pestanya podrem definir l'activitat que es durà a terme en el nivell seleccionat. Els principals paràmetres que seran definits en el nostre sistema seran:



- Densitat d'ocupació (persones/m<sup>2</sup>)
- Control Ambiental
  - Temperatura de consigna de calefacció i refrigeració
  - Temperatura de consigna de la ventilació (diferenciant entre ventilació mecànica i ventilació natural).
  - Aire fresc mínim
  - Il·luminació: definirem el nivell lumínic mínim (lux). Aquest paràmetre funciona com a consigna juntament amb la programació operacional.

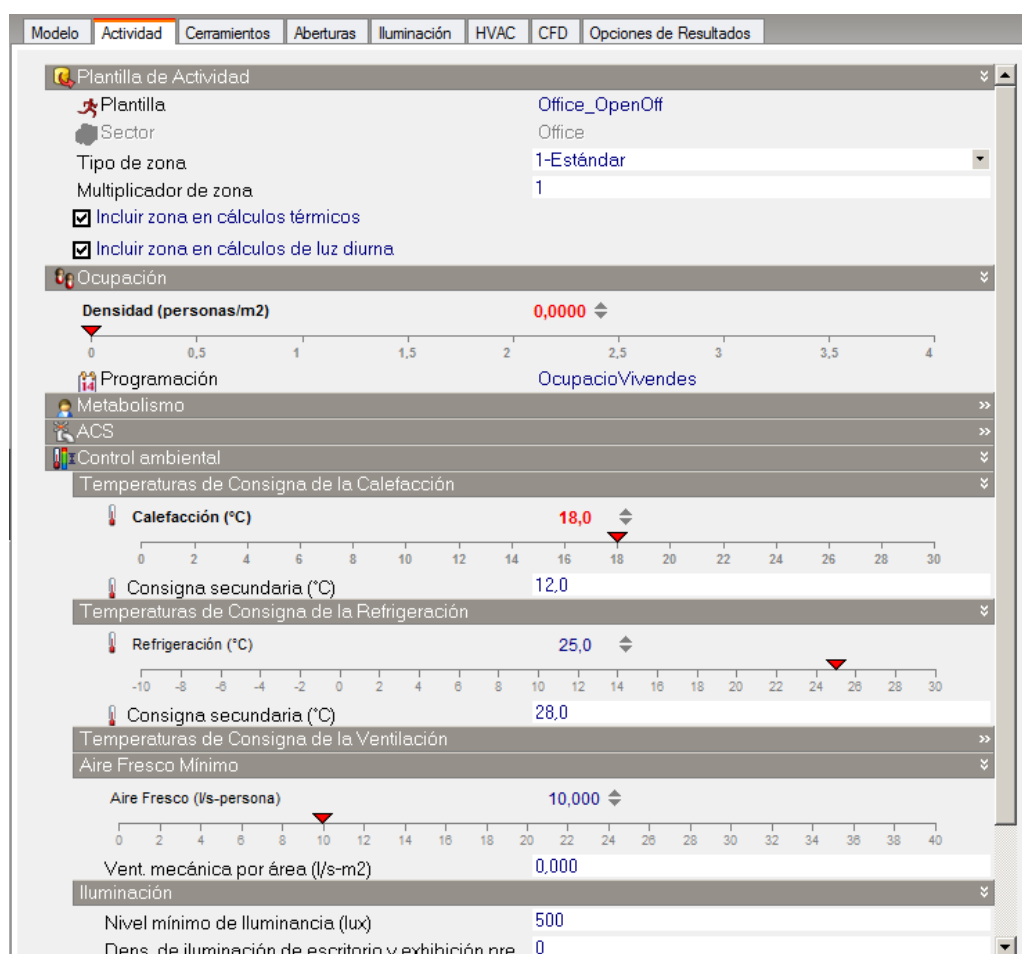


Figura 7. Paràmetres de control ambiental

### Tancaments:

Com es pot veure en la figura 8, en el nostre cas s'ha utilitzat una plantilla on s'han definit els diferents tancaments que formen l'embolcall tèrmic de l'edifici. Dins aquesta plantilla també podem definir l'infiltració dels tancaments (renov/hora).



Figura 8. Definició de Tancaments

Obertures:

D'igual manera que en els tancaments, s'ha utilitzat una plantilla que porta inclosa les diferents composicions de les finestres i les portes emprades en l'edifici. Una part important d'aquest apartat serà la possibilitat de afegir elements de protecció solar a les finestres que ho requereixin.

Com es pot veure en la Figura 9, aquests elements són definits pel tipus (lames, cortines, persianes, etc.), posició (interior, exterior, intermèdia o canviant) i pel tipus de control (sempre activat, control solar, horari, etc..)

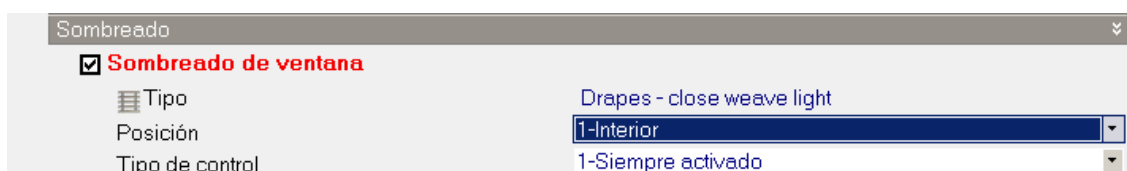


Figura 9. Descripció dels sistemes de protecció solar

## Il·luminació

Com es pot veure en la figura 10, els principals paràmetres que es poden definir són:

- Energia d'iluminació ( $W/m^2$  100 lux) : es tracta d'una mesura del rendiment energètic del sistema d'il·luminació.
- Programació : es defineix mitjançant plantilles d'operació que són explicades posteriorment.
- Tipus il·luminaria: pot ser suspesa, empotrada , superficial, ventilada, etc.
- Control d'iluminació: dóna la possibilitat de definir un sistema de control lumínic que governara el funcionament de la il·luminació de l'edifici (passant per sobre la programació definida anteriorment en el cas que es requereixi).

The screenshot shows a software interface for configuring lighting. It is divided into several sections:

- Plantilla de iluminación**: Includes a 'Plantilla' dropdown set to 'Reference' and 'Iluminación general'.
- Activar**: A checked checkbox.
- Energía de iluminación (W/m2-100 lux)**: A slider set to 3.00, with a scale from 0 to 40.
- Programación**: A dropdown set to 'Iluminacio'.
- Tipo de luminaria**: A dropdown set to '1-Suspendida'.
- Fracción radiante**: A text input set to 0.420.
- Fracción visible**: A text input set to 0.180.
- Fracción convectiva**: A text input set to 0.400.
- Control de Iluminación**: A checked checkbox.
- Tipo de control**: A dropdown set to 'i-Lineal'.
- Fracción mínima de salida de luz**: A text input set to 0.100.
- Fracción mínima de potencia de entrada**: A text input set to 0.100.
- Deslumbramiento**: A section with two text inputs for 'Área de iluminación 1' and 'Área de iluminación 2'.
- Iluminación de Escritorio y Exhibición**: A section with an unchecked 'Activar' checkbox.

Figura 10. Paràmetres d'il·luminació

## HVAC

Es tracta de la definició del "motor" de l'edifici. Dins aquest apartat es defineixen els següents paràmetres:

- Ventilació mecànica: ens ofereix la possibilitat de definir-la per zona (renovacions/hora), aire fresc mínim (per persona), aire fresc mínim (per zona) o l'aire fresc mínim (seleccionant el que sigui major; per persona o per zona).

Serà controlat mitjançant una plantilla de programació que serà explicada de forma detallada posteriorment. En la figura 11 es pot veure els principals paràmetres explicats anteriorment.

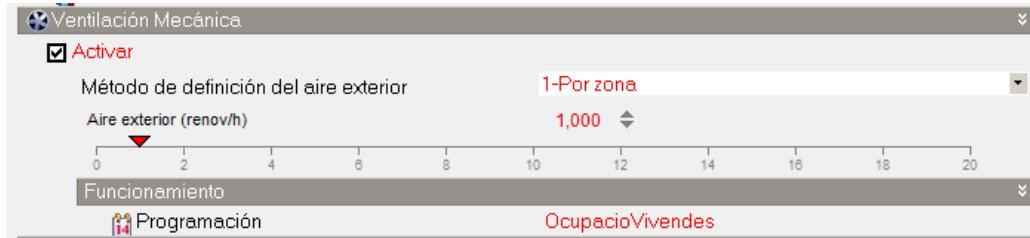


Figura 11. Definició del sistema de ventilació mecànica

- **Energia Auxiliar:** en aquest apartat definirem l'energia que requereix el sistema per a usos no relacionats amb la climatització de l'edifici. En el cas d'una casa inclouríem els consums de electrodomèstics, etc.. El programa els utilitza per a trobar el consum total de la vivenda i així poder avaluar-lo en certificacions que tinguin en compte aquest consum (per exemple, LEED)
- **Calefacció:** tal i com es pot veure en la Figura 12, en aquesta finestra definirem els principals paràmetres del sistema de calefacció:
  - **Combustible:** podem definir el tipus de combustible utilitzat en el sistema. En el nostre cas és gas natural
  - **CoP del sistema:** definim el coeficient d'operació del sistema per al càlcul del consum energètic final
  - **Tipus de Calefacció:** convectiva o radiant/convectiva. També podem definir la temperatura de l'aire impulsat i el nivell d'humitat de l'aire impulsat (en el cas de que sigui convectiva) o la distribució radiant (uniforme o terra, aquest últim cas ens permet definir terres radiants).
  - **Programació:** d'igual manera que en els casos anteriors, serà definida mitjançant una plantilla d'operació que serà explicada de forma detallada posteriorment.

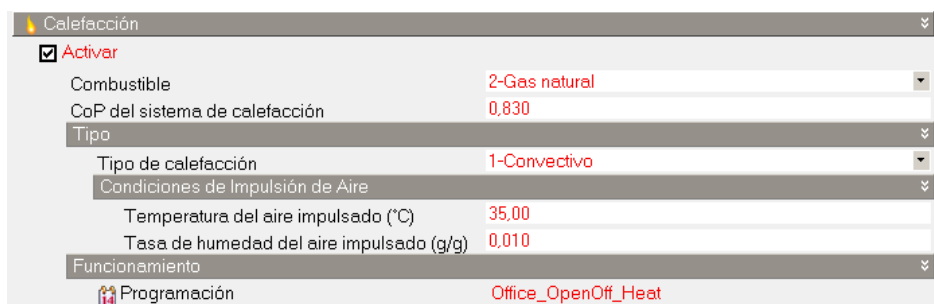


Figura 12. Definició del sistema de calefacció

- Refrigeració: els paràmetres són idèntics als explicats en el cas de la calefacció exceptuant el tipus de sistema. Aquest només podrà ser mitjançant impulsó d'aire (que és la utilitzat en la gran majoria dels casos). En la figura 13 es poden veure els diferents paràmetres a definir.

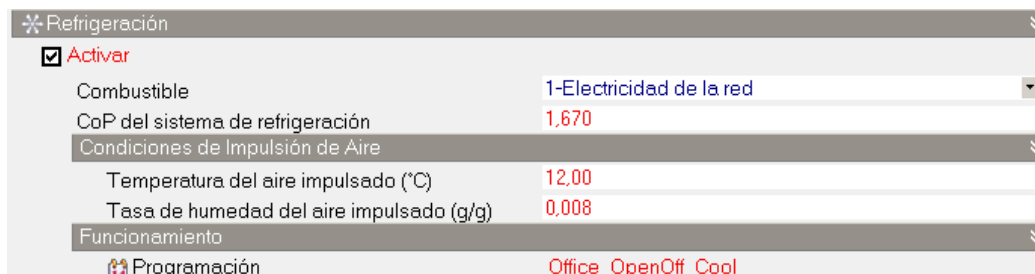


Figura 13. Definició del sistema de refrigeració

### Mòdul Visualització

Aquest mòdul permet la visualització renderitzada del model. La part més útil des del punt de vista tècnic és l'estudi del ombrejat en diferents moments de l'any. Ens permetrà realitzar un estudi acurat de la solució i proposar millores en els ombrejats, les proteccions solars de les obertures, etc.

Aquest ombrejat es pot calcular en moments puntuals (com s'ha explicat anteriorment) o mitjançant animacions amb un període de temps determinat. Finalment, com es pot veure en la figura 14 ens permet visualitzar el diagrama solar que afecta l'edifici.

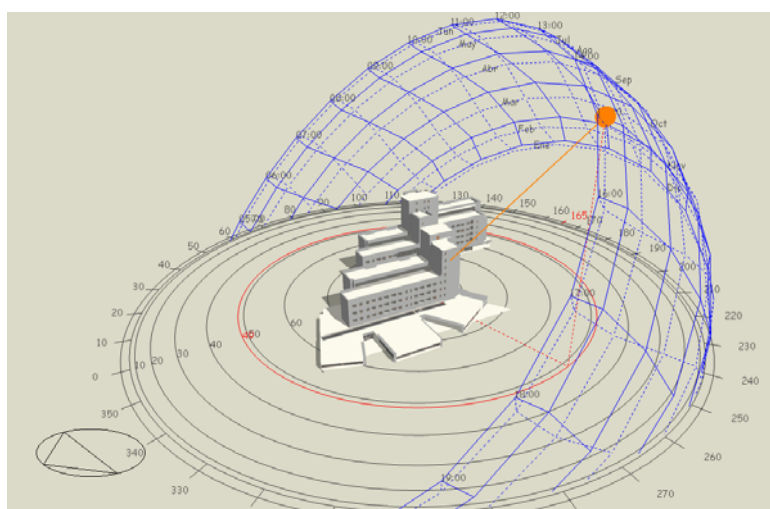


Figura 14. Diagrama solar

### Mòdul Simulació:

La pedra angular del programa. En la fase preliminar del projecte l'utilitzem per a dimensionar els sistemes de calefacció i refrigeració (realitzant simulacions en el dia de disseny). En les fases posteriors podrem definir els sistemes requerits i estudiar el comportament de l'edifici.

Gràcies al potent motor de càlcul que ofereix Energy Plus permet realitzar simulacions del comportament tèrmic de l'edifici en el període que requerim (des de un dia a un any) i amb el mostreig màxim de mitja hora.

Les sortides de càlcul del programa es donen en forma de gràfiques o en format de fulla de càlcul (Excel).

Les principals dades que ens ofereix aquest mòdul són les següents:

- Confort
  - Temperatura de l'aire
  - Hores de desconfort: serà útil per a avaluar el correcte funcionament dels sistemes de climatització en les hores on tenim ocupació en la zona estudiada.
  - Avaluació del confort segons Índexs oficials: són indicadors del confort des ocupants de la zona estudiada.
  - Humitat relativa

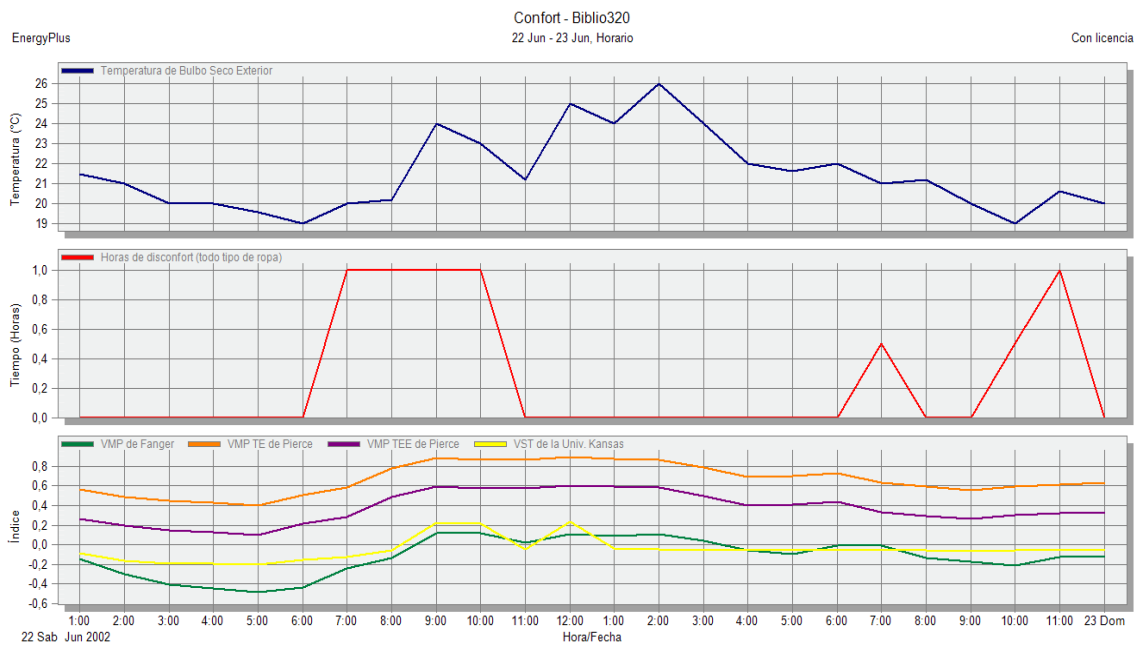


Figura 15. Dades relatives al confort a l'edifici

- Guanys Interns: com es pot veure en la figura 16, els principals són:
  - Il·luminació General: avalua els guanys tèrmics deguts a la il·luminació.
  - Ocupació: guanys tèrmics deguts a la ocupació.
  - Guanys Solars per finestres exteriors: guanys tèrmics deguts a la radiació solar, molt útil per a comprovar com reacciona l'edifici a modificacions en les obertures, ombrejats, etc.

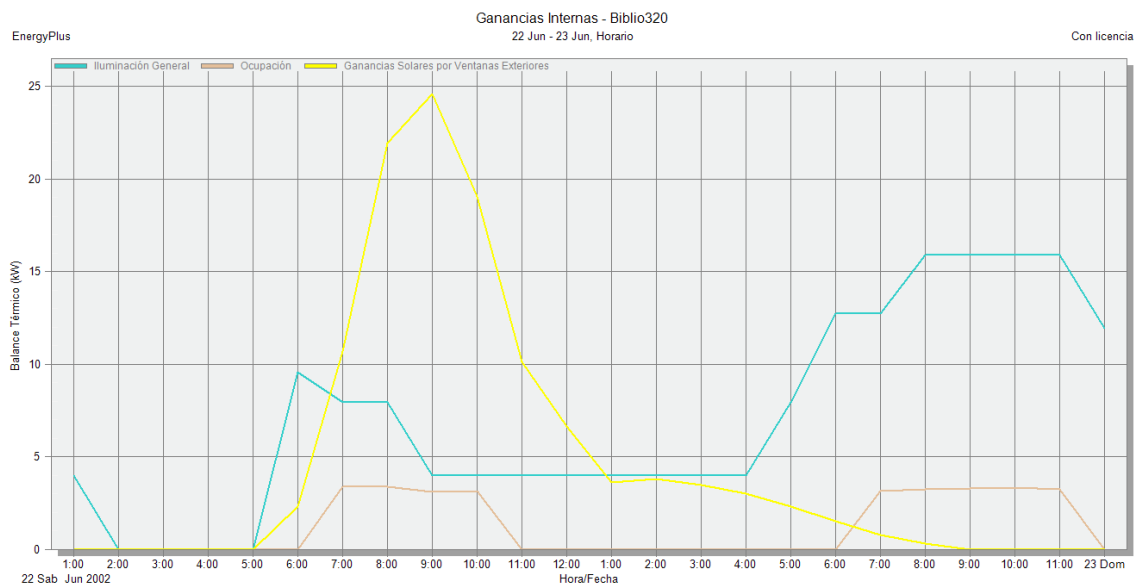


Figura 16. Guanys Interns en l'edifici

- Tancaments i Ventilació
  - Balanç tèrmic de tancaments i per ventilació exterior
  - Aire fresc mínim (renovacions aire en cada moment del dia): bàsicament segueix la programació de ventilació que s'ha definit en la fase preliminar de l'estudi detallant-ne els cabals.

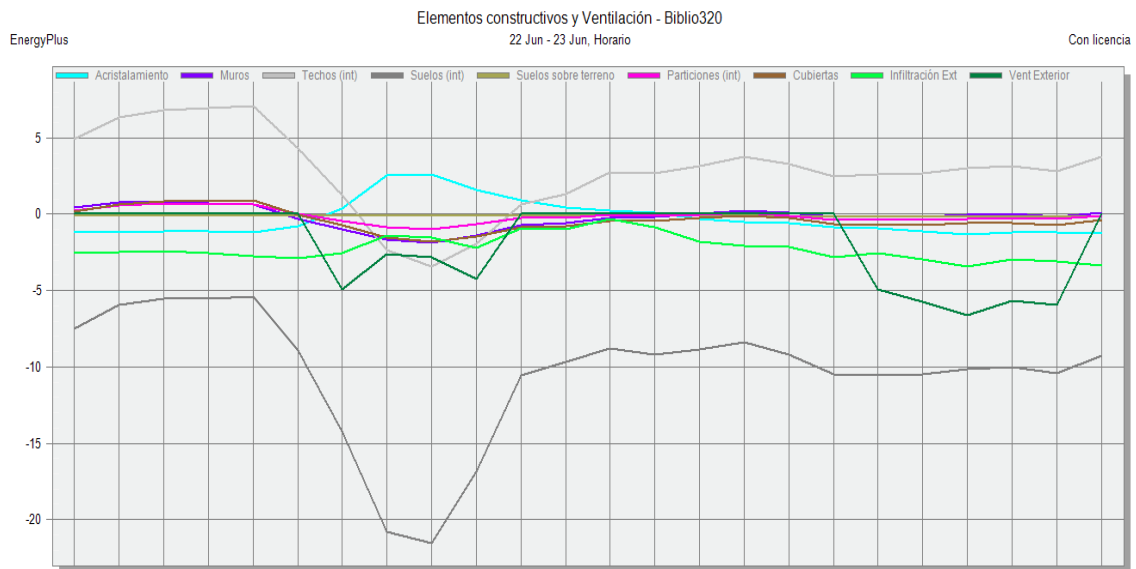


Figura 17. Balanç tèrmic per tancaments i ventilació

- Càrregues del sistema (indica quan s'engeguen els sistemes de climatització de l'edifici).
- Desglòs de combustible (consum d'energia per a cada part de la instal·lació)
  - Il·luminació
  - Energia Auxiliar (consum de bombes, ventiladors..)
  - Energia per a climatització
  - Total de combustible: converteix aquesta energia a cada combustible utilitzat i en gràfica el consum.
- Producció de CO<sub>2</sub>: converteix el combustible total en CO<sub>2</sub> fent servir factors de conversió normalitzats.



## 2.1.2 PVSYST

Aquest programa s'ha utilitzat en l'apartat de millores proposades. Es tracta d'un software de disseny de instal·lacions de plaques solars fotovoltaïques. En el nostre cas s'han utilitzat dos dels mòduls disponibles en el programari:

- Mòdul de pre-dimensionament: com es pot veure en la Figura 18, serveix per a realitzar un estudi previ de les instal·lacions fotovoltaïques. S'ha utilitzat per a decidir la inclinació òptima dels captadors, el tipus de plaques utilitzades i la producció aproximada d'energia.

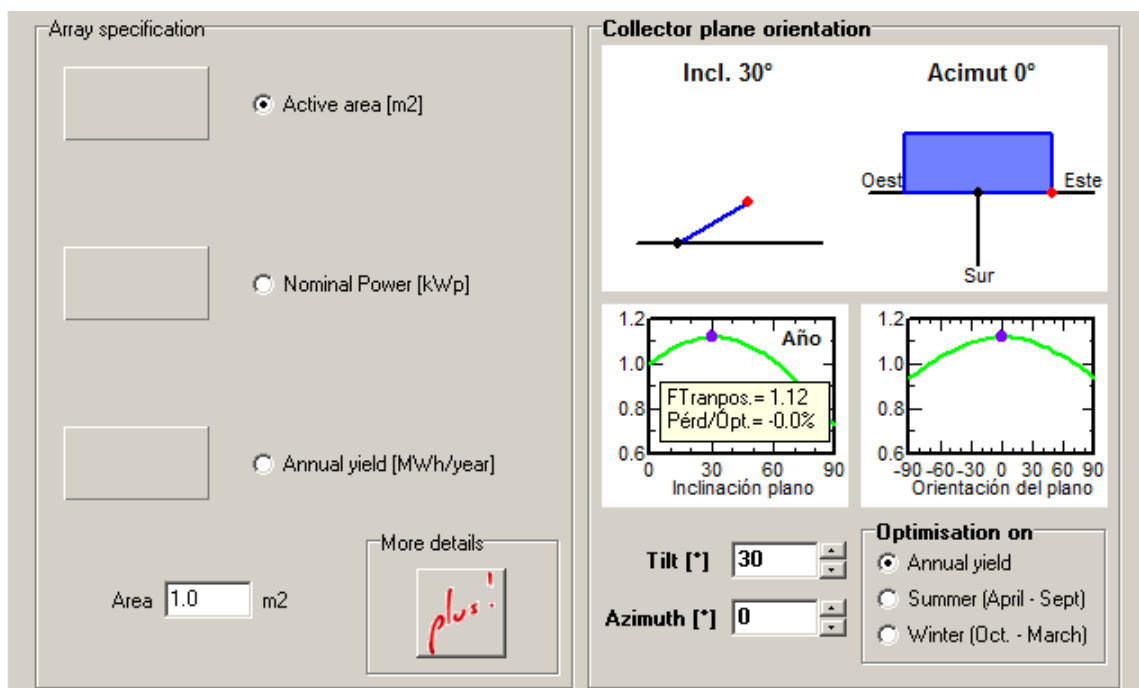


Figura 18. Mòdul de pre-dimensionament fotovoltaïc

- Mòdul de projecte: un cop pre-dimensionat el sistema fotovoltaic es passa a definir els paràmetres detallats del sistema. Com es pot veure en la figura 19, els principals paràmetres a decidir són:
  - Selecció del mòdul FV: el programa conté un extens catàleg de captadors fotovoltaics amb les respectives característiques tècniques.
  - Selecció de l'inversor: d'igual manera que amb els captadors, el programa conté una base de dades amb diferents inversors.

- Disseny del generador FV (nombre de mòduls i cadenes): dins aquesta part definirem el sistema de connexió del sistema fotovoltaic. Depenent del nombre de mòduls, la seva potència i la potència de l'inversor el software ens proporciona les condicions necessàries de muntatge.
- Comprovació del funcionament: aquest mòdul comprova el correcte funcionament de la instal·lació. En el cas que el sistema no estigui correctament dissenyat el programa ens dóna una alarma per a poder decidir el canvi en la instal·lació.

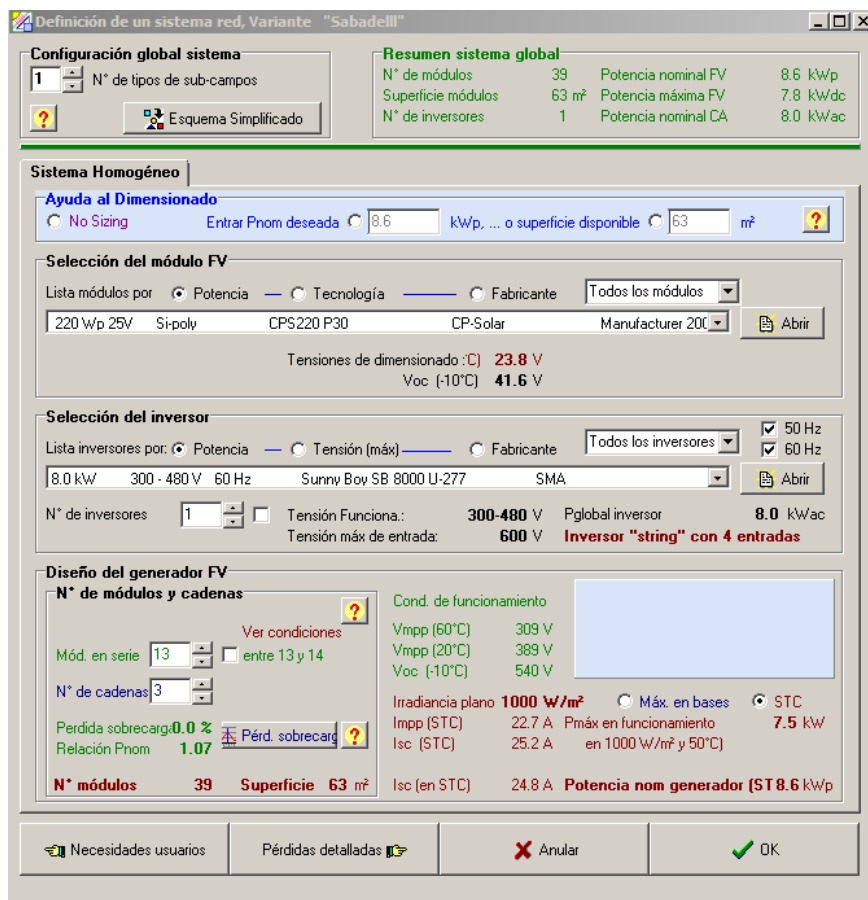


Figura 19. Mòdul de projecte fotovoltaic

- Mòdul de simulació i resultats: Un cop definit el sistema i comprovat el seu correcte dimensionament es realitzarà la simulació per tal de comprovar que les condicions de funcionament i de rendiment siguin els adequats. Aquesta fase de post-procés es divideix en dues parts diferenciades:
  - Paràmetres de simulació: en aquest apartat podem definir el període de mostreig pel qual volem els resultats (mensual, diari, horari).
  - Resultats: un cop realitzada la simulació, aquest mòdul permet un anàlisi detallat de diferents paràmetres de la instal·lació ja sigui en

forma de gràfiques o de taules de valors. El punt més important per a nosaltres serà la realització dels informes. El programa crea un document en forma de text on tenim detallats tots els paràmetres de la instal·lació, muntatge, producció energètica, etc..

### 2.1.3 SCADA Schneider Electric

Com s'ha explicat anteriorment, podem accedir al sistema de monitorització i control mitjançant un ordinador ubicat a la zona de la Biblioteca del complex.

Aquest sistema es tracta d'un entorn SCADA on podem monitoritzar diferents paràmetres de la instal·lació tèrmica i elèctrica. D'aquests paràmetres en podem extreure gràfics, històrics, etc..

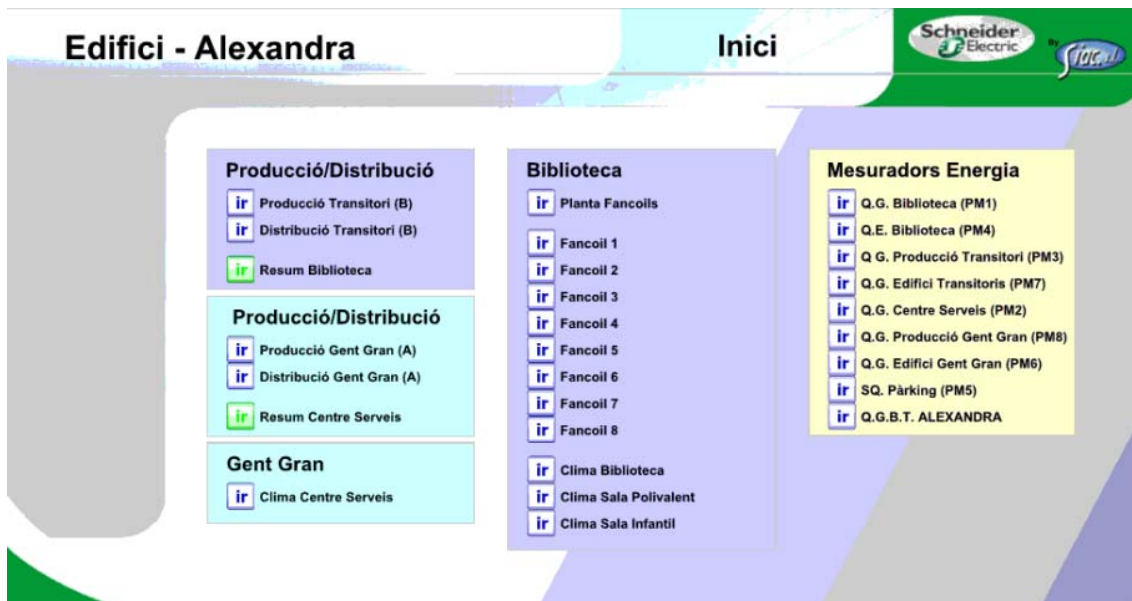


Figura 20. Pantalla principal del mòdul SCADA

Com es pot veure en la Figura 20, el sistema de monitorització està dividit en blocs:

- Producció/Distribució:
  - Producció: En aquesta finestra es poden monitoritzar les diferents temperatures d'acumulació d'ACS així com la del dipòsit d'inèrcia. També es pot controlar el funcionament dels intercanviadors de calor i

el sistema de geotèrmia. En la part esquerra es poden veure els controls per a passar a funcionament manual o automàtic. En el cas de funcionar en manual podem modificar les obertures de les vàlvules i les diferents consignes. En la Figura 21 adjuntada a continuació es poden veure tots els paràmetres a controlar

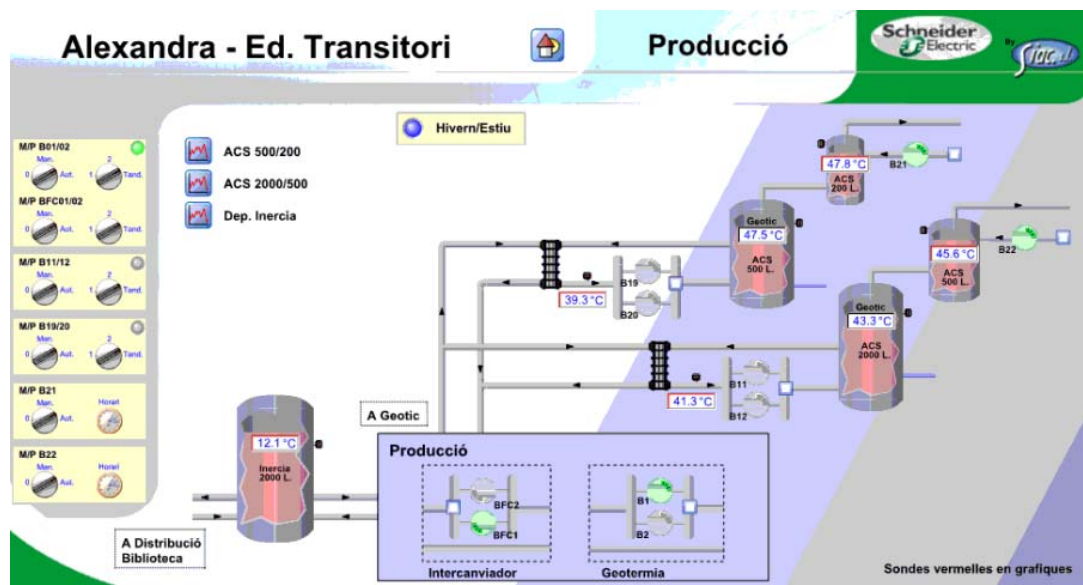


Figura 21. Esquema de producció edifici transitoris

- Distribució:

En la finestra de distribució es pot controlar el funcionament dels diferents circuits de distribució de cada centre de producció. Els principals circuits són:

- Climatitzador Biblioteca
- Fan-Coil's Biblioteca
- Terra Radiant Habitatges:

En cada circuit podem controlar principalment els següents paràmetres:

- Consignes de fred i calor
- Obertura de la vàlvula
- Contador d'energia
- Temperatura de Retorn

- Els paràmetres que controlem en el cas dels pisos pilot ja han sigut explicats anteriorment. Val a dir que el més important per a nosaltres serà el de la temperatura ambient, ja que serà útil per a comprovar el correcte funcionament del model.

En la figura 22 adjuntada a continuació es pot veure els detalls del sistema de control.

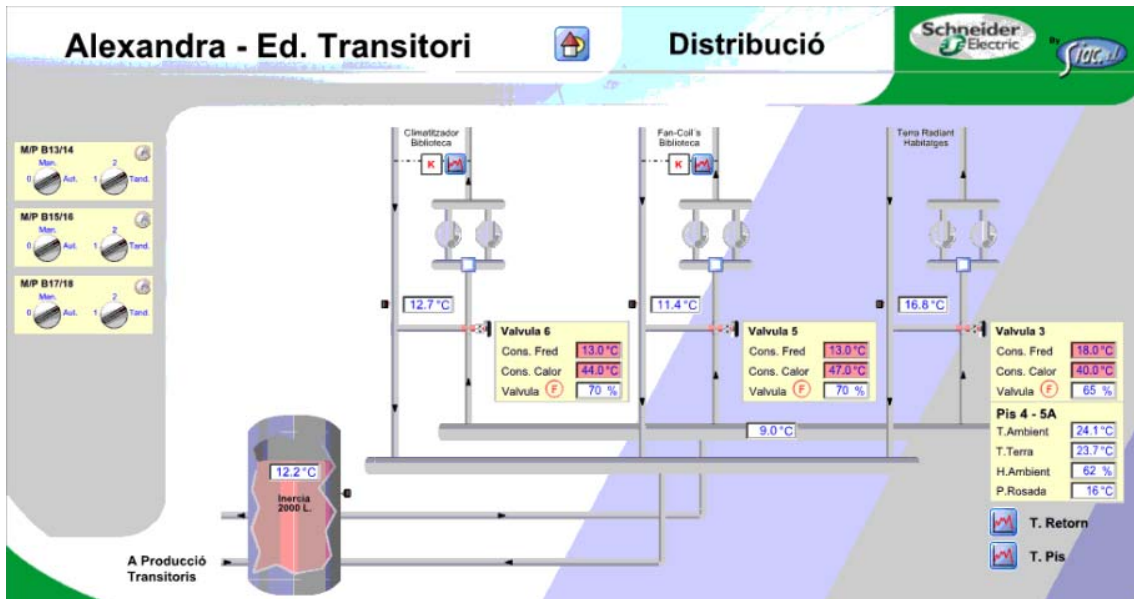


Figura 22. Esquema de distribució de l'edifici transitoris

- Resum:

En el quadre resum (Figura 23) podem veure les principals consignes de funcionament dels diferents climatitzadors presents en el sistema així com el sistema de fan-coils. També es poden veure i modificar els horaris d'encesa i apagada i el seu sistema de marxa (automàtic, manual o parat).

A caire informatiu, com es veurà en apartats posteriors, es pot veure que les consignes de climatització del Centre de Serveis és diferent a les que s'han utilitzat per a modelitzar el sistema. Aquest fet és degut a que les consignes poden ser modificades pels usuaris del mateix. S'ha preferit utilitzar les consignes de temperatura que es van fer servir en el projecte original per evitar un sobre-dimensionament de la potència tèrmica demandada pel sistema.

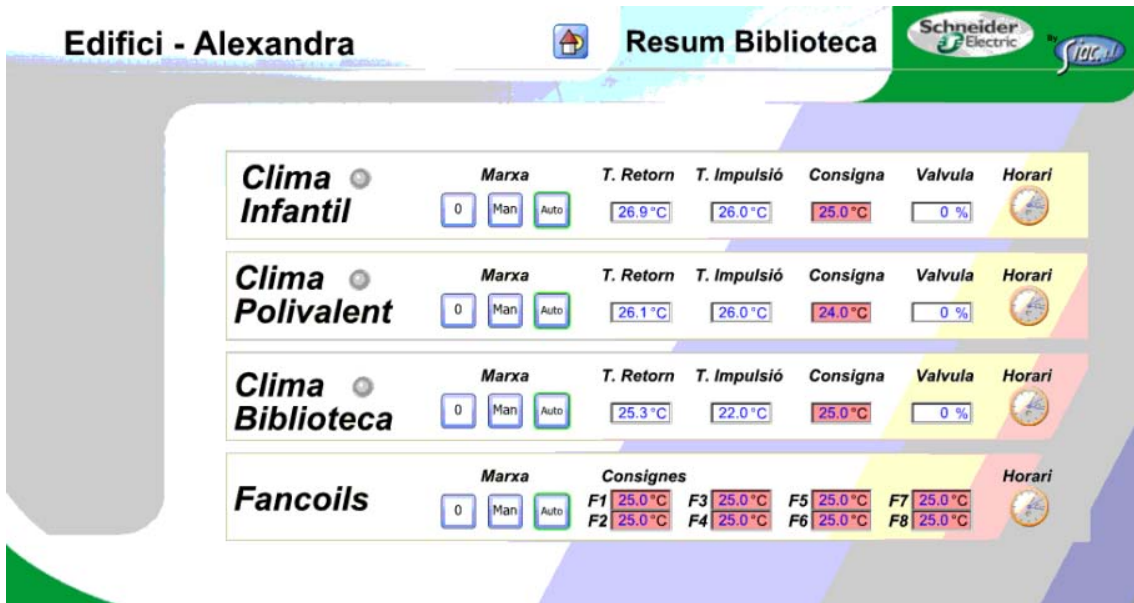


Figura 23. Resum consignes i funcionament

- Climatitzador Centre de Serveis:

En les finestres dels climatitzadors es poden controlar i modificar els diferents paràmetres de funcionament dels mateixos. Com es pot veure en la figura 24, en aquest cas, els climatitzadors ténen com a consigna mestre el nivell de CO.



Figura 24. Control i monitorització del climatitzador del Centre de Serveis

- Mesuradors d'energia: es divideixen en quadres elèctrics i quadres d'emergència. En el present estudi només ens interessen els quadres elèctrics. Estan dividits per zones:
  - Q.G. Biblioteca (PM1): tots els consums elèctrics de la biblioteca menys els de climatització.
  - Q.G Producció Transitori (PM3): Consums elèctrics de les bombes de calor de la sala de producció de l'edifici transitori.
  - S.Q Pàrking (PM5): Consums elèctrics per il·luminació i ventilació mecànica del pàrking.
  - Q.G Edifici Transitoris (PM7): Aquest comptador engloba tots els consums del bloc de transitoris. Val a dir que també inclou els consums del pàrking, aquests hauran de ser restats per a tenir el consum real de l'edifici (el pàrking no serà estudiat en aquest estudi).

Els següents comptadors funcionen d'igual manera que en el cas anterior però en el sector de l'edifici per la gent gran. (En aquest cas, el consum del pàrking no es comptabilitza).

- Q.G Centre de Serveis (PM2):
- Q.G Producció Gent Gran (PM8):
- Q.G. Edifici gent Gran (PM6):
- Q.G.B.T ALEXANDRA: Comptador general de tot l'edifici.

Els principals paràmetres que analitzarem en l'estudi realitzat seran l'històric de potència activa i l'energia activa consumida total. Com es pot veure en la figura 25, el sistema de monitorització ens proporciona també dades relacionades amb la qualitat de l'electricitat consumida al sistema. Aquest factor, però, no s'analitzarà en aquest estudi.

	Instantanea	Mes Anterior	Any Anterior
POTENCIA	Activa (kW)	77	
	Aparent (kVA)	81	
	Reactiva C. (kvarA)	0	
	Reactiva I. (kvarA)	24	
	Factor Pot. (%)	95	
ENERGIA	Activa (kWh)	1356735	1342593
	Reactiva C. (kvarhA)	606	606
	Reactiva I. (kvarhA)	407951	402909
INTENSITAT	Fase 1 (A)	95	
	Fase 2 (A)	140	
	Fase 3 (A)	108	
	Neutre (A)	36	
TENSIO	Trifásica (V)	1-2 404	1-3 403
	Monofásica (V)	2-3 402	1-N 233
		2-N 233	3-N 232

Figura 25. Monitorització dels mesuradors d'energia

En resum, els principals paràmetres a analitzar en el nostre projecte seran:

- Temperatura dels pisos, biblioteca i centre de serveis
- Potència elèctrica consumida per a la climatització: inclourà principalment la potència consumida per les bombes de calor així com els elements secundaris que fan possible el correcte funcionament del sistema (bombes de recirculació, ventiladors dels fan-coils, etc.)
- Consums elèctrics
  - Centres de Producció
  - Il·luminació

Com s'ha dit anteriorment, a part de monitoritzar els paràmetres explicats anteriorment, el sistema permet la modificació de consignes de temperatura, horaris de funcionament, obertura de vàlvules, etc..

En fases posteriors del projecte, aquesta característica del sistema serà utilitzada per a provar les millores provades en el model informàtic..



### 3 OBTENCIÓ DEL MODEL INFORMÀTIC

#### 3.1 Definició del lloc

La definició del lloc és crítica en la obtenció d'un model tèrmic. En aquest cas s'ha creat un fitxer climàtic de la zona de Sabadell a partir d'un de ja existent (Barcelona). El software permet la creació i modificació dels fitxers de dades meteorològiques per tal de precisar al màxim en els càlculs posteriors. Els paràmetres utilitzats en l'estudi són:

- Temperatura:

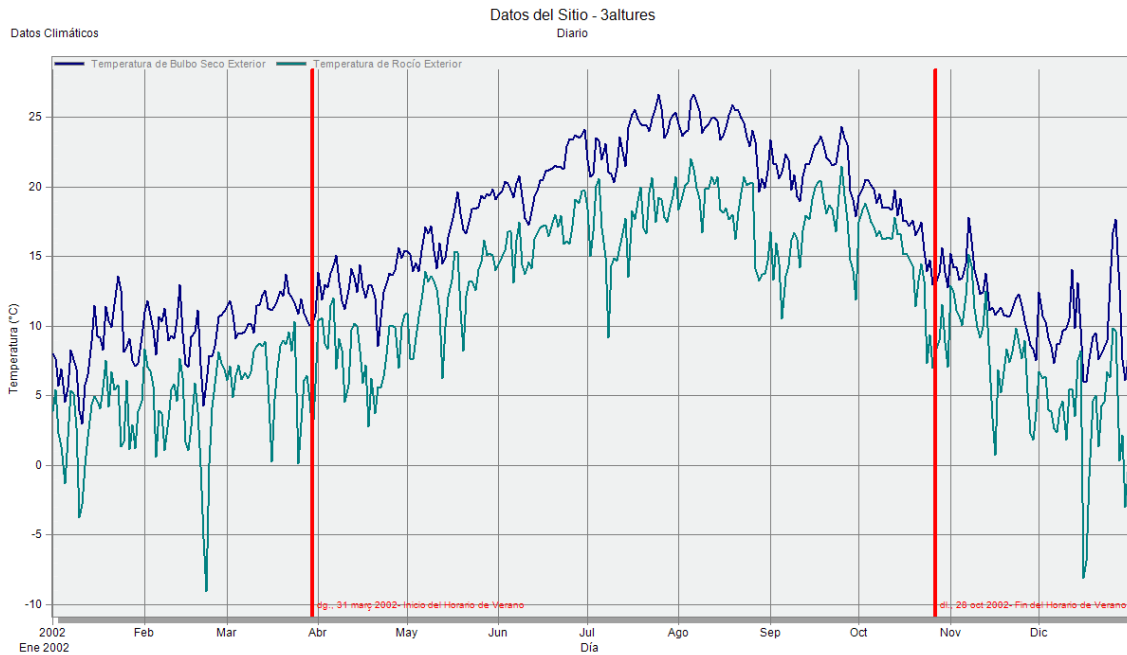


Figura 26. Temperatura anual de l'emplaçament de l'edifici

- Velocitat i direcció del vent

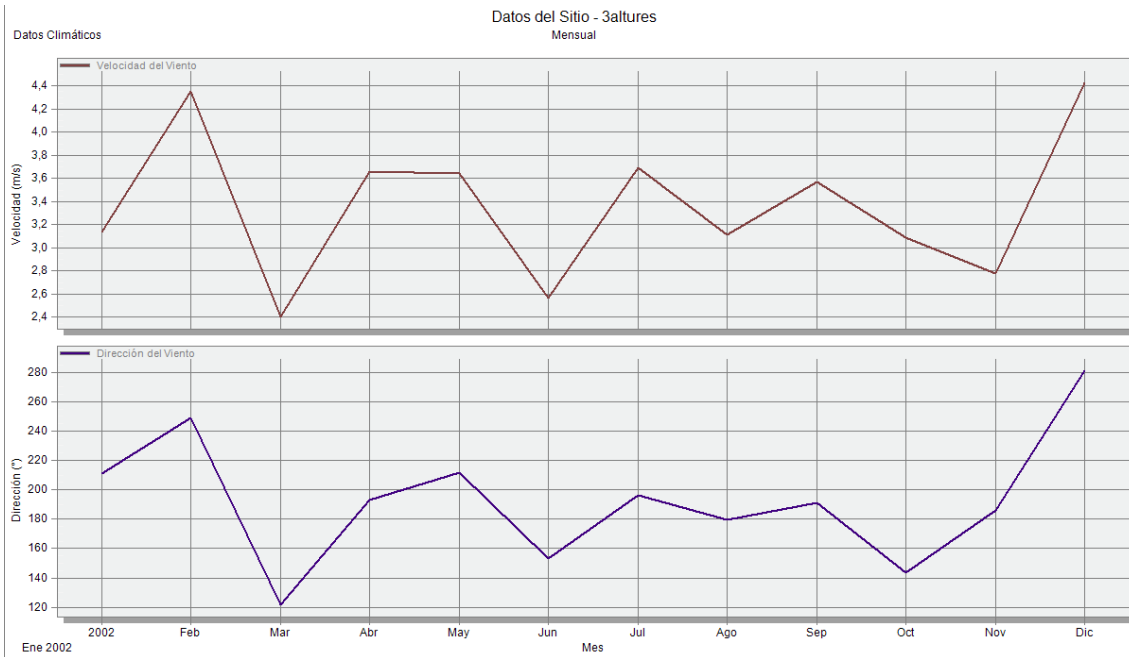


Figura 27. Velocitat i direcció del vent en l'emplaçament de l'edifici

- Pressió atmosfèrica

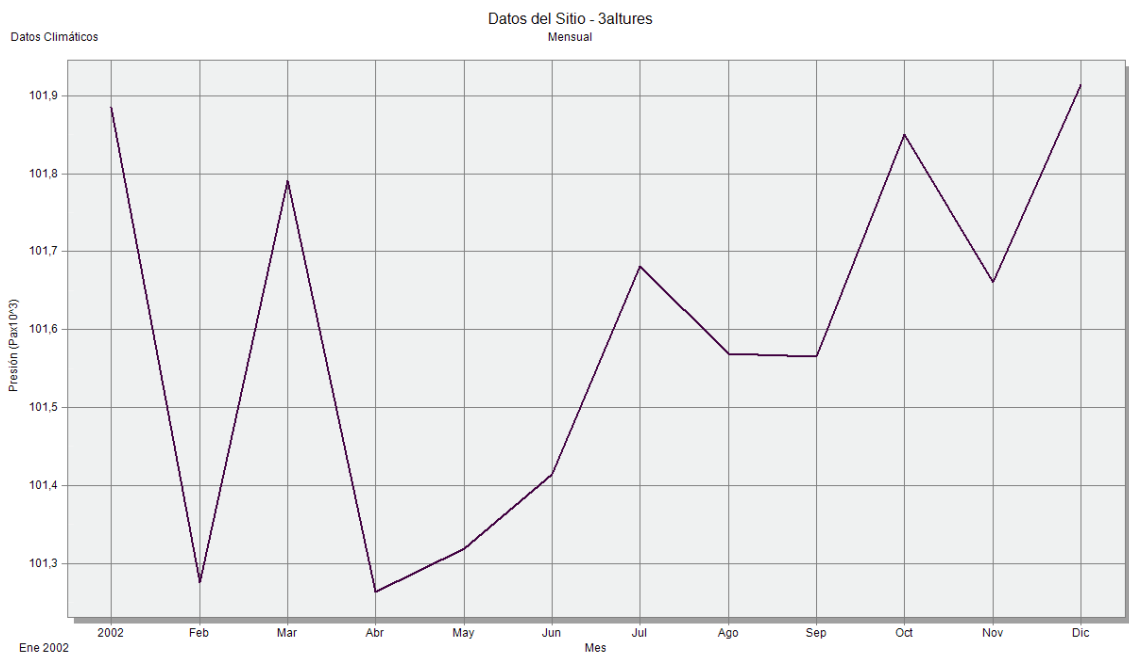


Figura 28. Pressió atmosfèrica anual en l'emplaçament de l'edifici

- Radiació Solar (Directa i difusa)

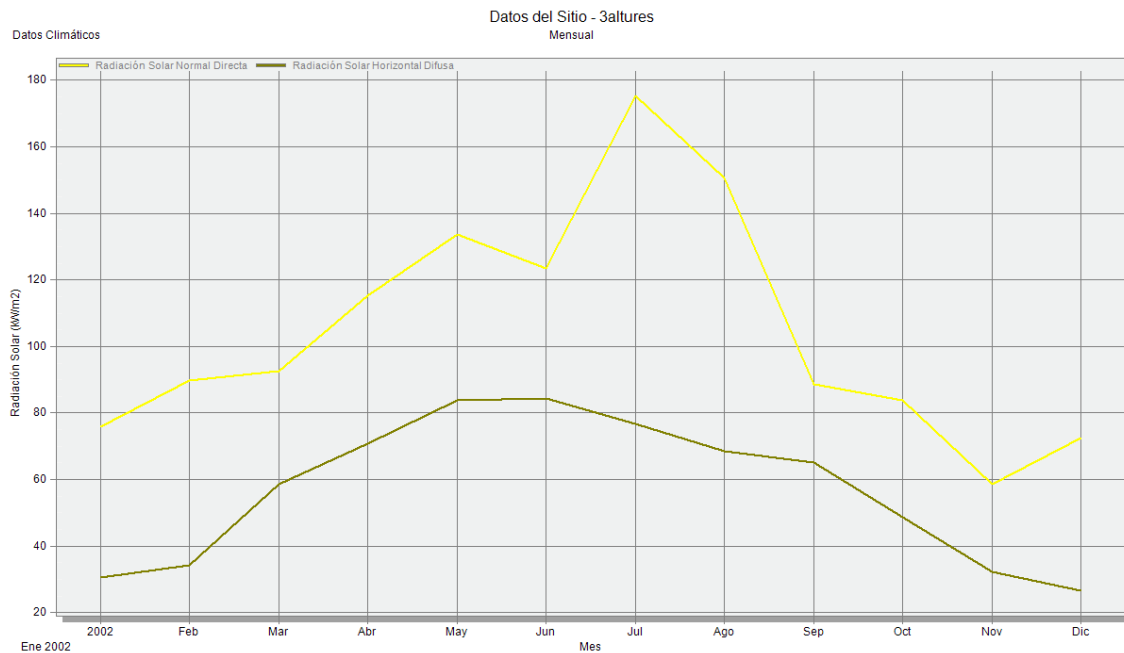


Figura 29. Radiació solar anual en l'emplaçament de l'edifici

### 3.2 Definició de l'edifici

Per tal de poder analitzar els resultats de forma més detallada s'ha separat l'edifici en 2 parts:

- Biblioteca + Vivendes transitori + Pàrquing
- Centre de Serveis + Vivendes Gent gran

Com s'ha explicat anteriorment, l'edifici consta de dues centrals de producció, una per a cada bloc, al realitzar simulacions per separat es podran desglossar els consums.

La geometria externa de l'edifici és exacte a la realitat. En el cas de la geometria interna (separacions, etc..) s'han realitzat simplificacions per tal d'agilitzar els càlculs.

Aquesta simplificació pot ser observada en la Figura 30 i ha consistit principalment en dividir cada planta d'habitatges en tres zones diferents; dues de vivendes i una de corredor.

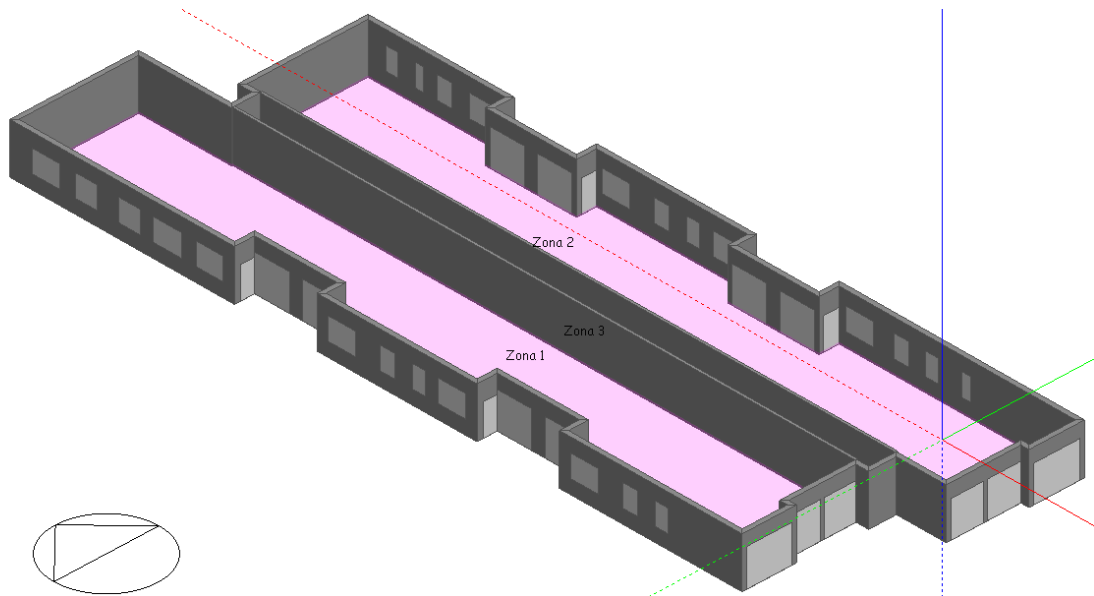


Figura 30. Simplificació de les vivendes de l'edifici

D'altra banda, s'han tingut en compte els ombrejats propis de l'edifici, ja que al ser una edificació aïllada, són els únics que afecten al comportament tèrmic del sistema.

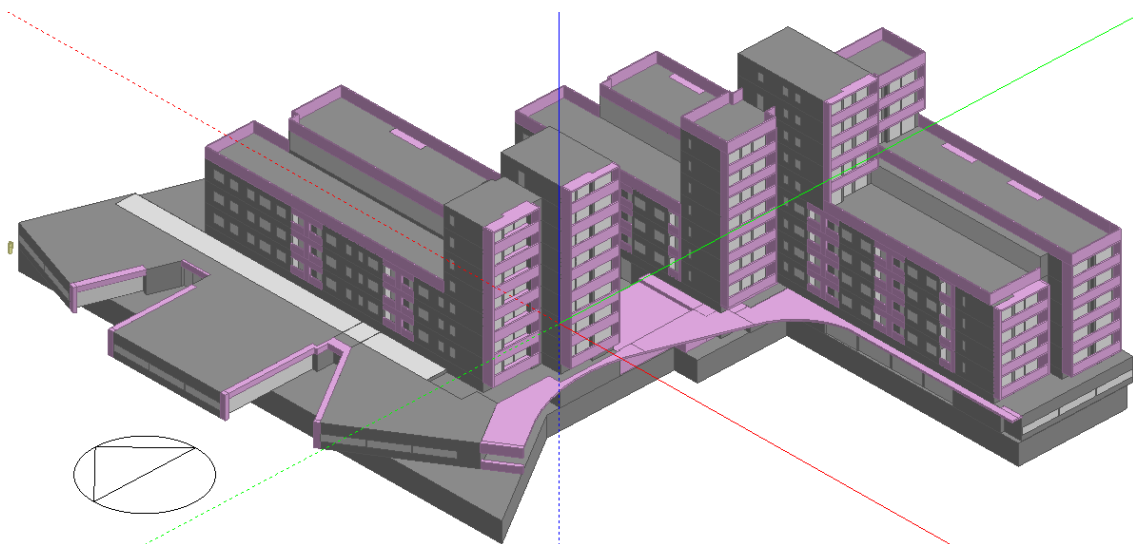


Figura 31. Vista general del model informàtic

Tancaments

Les principals composicions emprades en l'edifici són:

**Parets Exteriors ( U= 0,477 w/m<sup>2</sup> °K)  
(Biblioteca i Centre Serveis)**

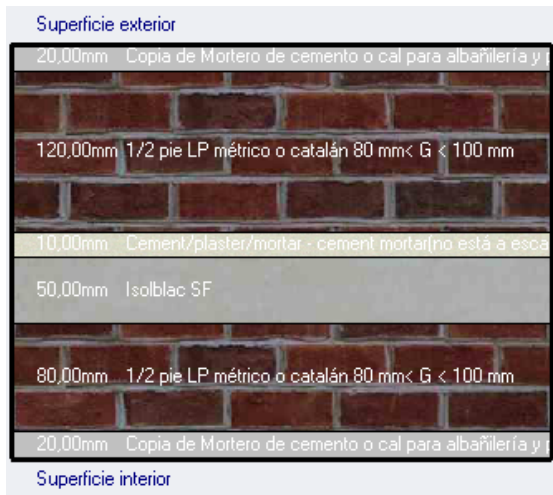


Figura 32. Composició de les parets exteriors

**Coberta ( U= 0,476 W/m<sup>2</sup> °K)**

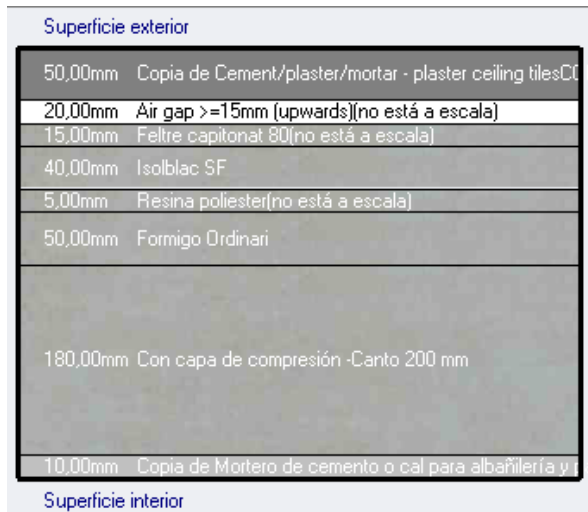


Figura 33. Composició de la coberta

**Forjat Intern  
(U= 1,685 W/m<sup>2</sup> °K)**



Figura 34. Composició del forjat intern

**Forjat en contacte amb el terreny  
(U= 1,923 W/m<sup>2</sup> °K)**



Figura 35. Composició del forjat en contacte amb el terreny

**Tàbics**  
( U= 1,517 W/m<sup>2</sup> °K)



Figura 36. Composició dels tàbics interns

**Paret exterior habitatges**  
(0,681 W/m<sup>2</sup> °K)

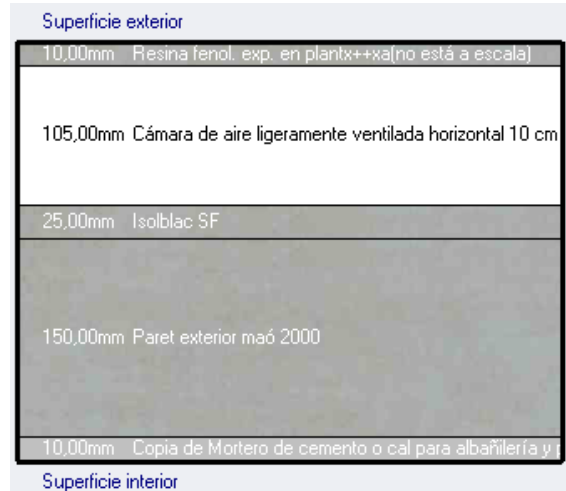


Figura 37. Composició de la paret exterior de les vivendes

Finestres

El sistema de finestres està format per un doble vidre de 4 mm de gruix amb una càmera d'aire de 10 cm. En la figura 38 queden descrits els paràmetres de càlcul utilitzats pel programa.

Valores Calculados	
Transmisión solar total (SHGC)	0,742
Transmisión solar directa	0,67
Transmisión de luz	0,801
Valor-U (ISO 10292/ EN 673) (W/m <sup>2</sup> -K)	2,866
<b>Valor U (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>2,725</b>

Figura 38. Característiques tècniques de les finestres

Portes:

S'han utilitzat portes estàndard extretes de la base de dades del mateix software.

## Enllumenat

Seguidament, en la figura 39 es pot veure la programació operacional que controla la il·luminació de l'edifici.

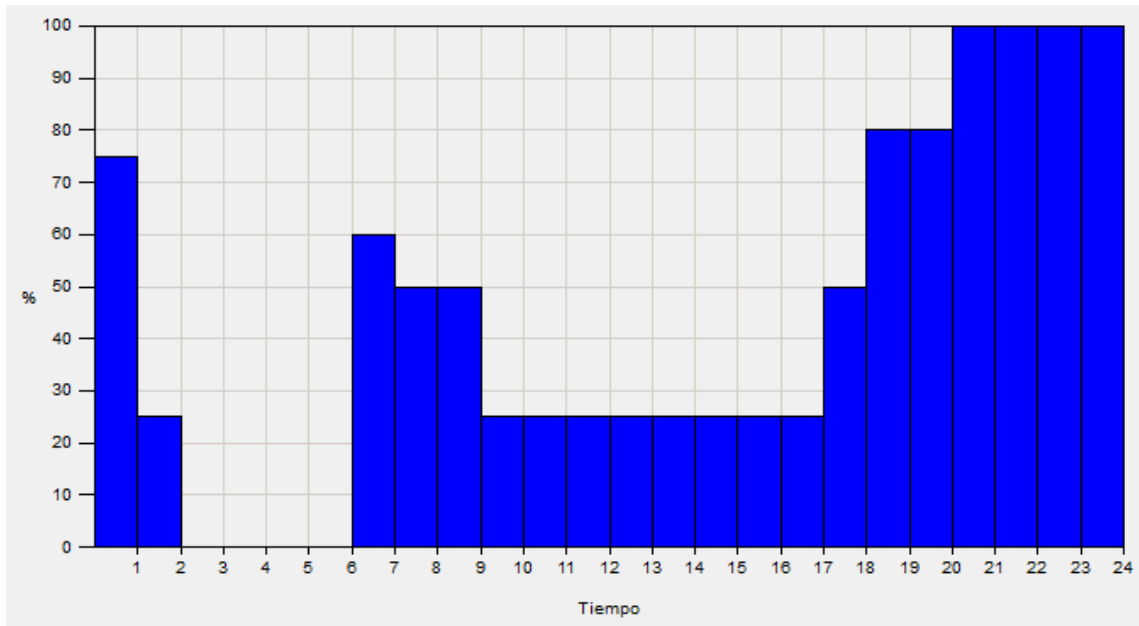


Figura 39. Programació d'enllumenat

La potència d'il·luminació s'ha considerat:

- Biblioteca: 10 W/m<sup>2</sup>
- Centre de Serveis i Vivendes: 5 W/m<sup>2</sup>

## Ocupació

Els guanys tèrmics per ocupació són crítics en el dimensionament del sistema de climatització. També marquen el moments en els que el confort de la instal·lació ha de ser òptim.

L'ocupació ha estat desglossada en els 2 blocs:

- Bloc Transitori: la seva densitat és de 0,02 persones/m<sup>2</sup> (50 habitatges \* 1,5 persones + 50 persones biblioteca) i funciona segons la següents programacions:
  - Biblioteca: Tanca els diumenges. Obra durant tot el dia els dimarts i els dissabtes, la resta de dies només obra a la tarda. Tal i com es pot veure en la Figura 40, els dies complets (matí i tarda) segueixen la següent distribució:

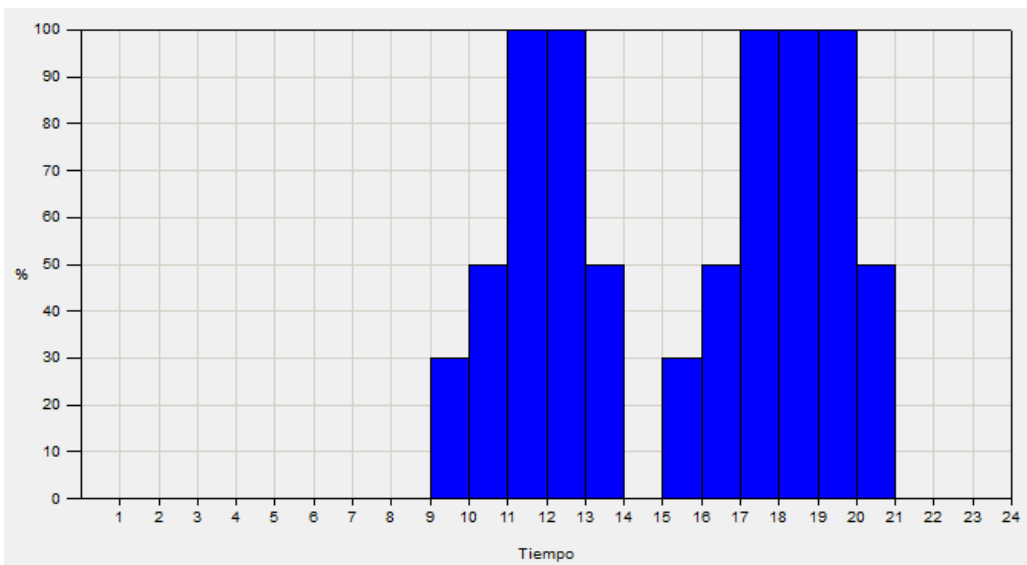


Figura 40. Perfil d'ocupació de la biblioteca

- Habitatges: el perfil d'ocupació dels habitatges pot veure's de forma detallada en la figura 41, adjuntada a continuació.



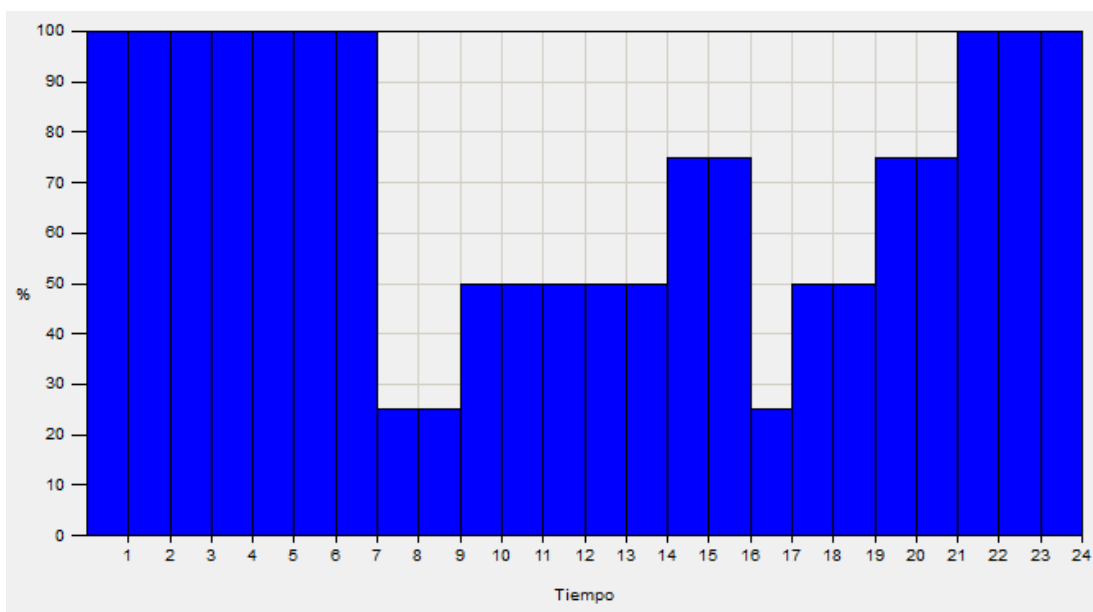


Figura 41. Perfil d'ocupació de les vivendes

- Bloc Gent Gran: La densitat considerada és de 0,03 persones/m<sup>2</sup> (118 habitatges\*1,5 persones + 15 persones CS) i funciona segons les següents programacions:
  - Centre de Serveis:

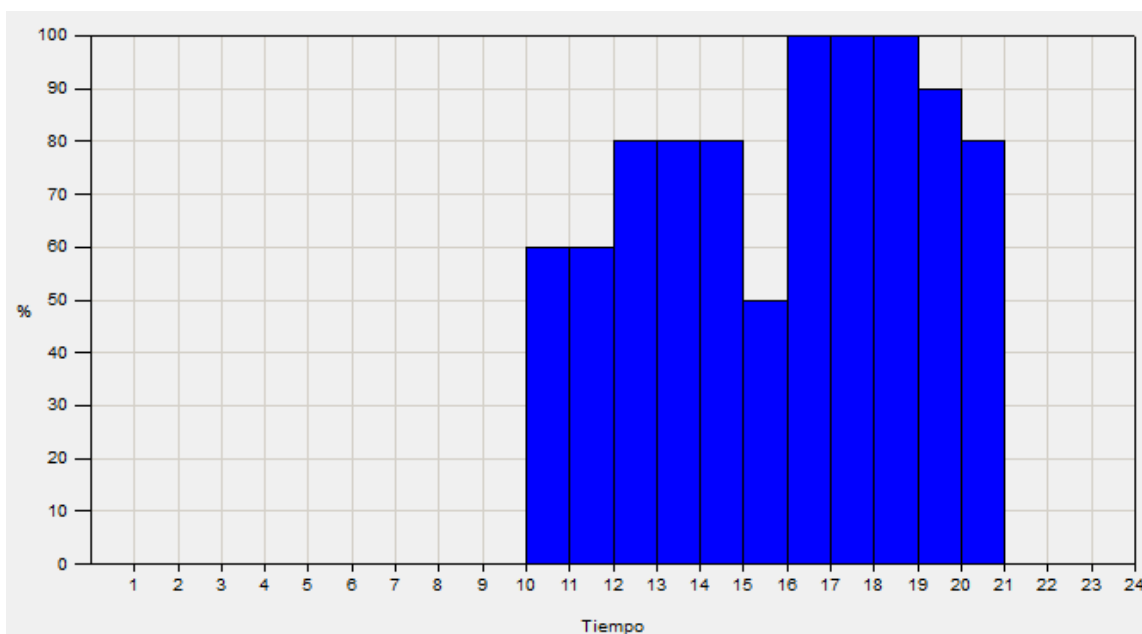


Figura 42. Perfil d'ocupació del Centre de Serveis

- Habitatges: el funcionament és idèntic al cas de les vivendes del bloc de transitoris. aquest ja ha estat descrit anteriorment en la figura 41.

## Sistemes HVAC:

- Ventilació:
  - Vivendes: Les vivendes no contenen cap sistema de ventilació mecànica. Hi ha ventilació natural durant les hores nocturnes gràcies a la obertura per part dels usuaris de una finestra i una reixa que hi ha a la part superior de la porta principal; per altra banda les dues finestres del passadís distribuïdor de cada planta seran obertes.  
Aquesta ventilació s'ha modelitzat seguint la següent programació:
    - 0,5 renovacions/hora
    - De 20:00 a 00:00.
  - Biblioteca: La biblioteca conta amb un sistema de ventilació mecànica amb un règim de 0,5 renovacions/hora. Està consignada per un sistema de "free-cooling" que s'ha parametrizat al software de simulació amb una consigna de 22°C. Si la temperatura interior és major als 22°C i la exterior és més baixa es ventilarà.  
L'altre consigna que s'haurà de complir per al funcionament del sistema de ventilació és la d'ocupació. En l'edifici real, la ventilació va governada per una sonda de CO<sub>2</sub> que s'activa normalment en les hores quan l'ocupació és més elevada.  
El perfil d'ocupació de la biblioteca ha estat explicat anteriorment.
  - Centre de Serveis: El sistema de ventilació del Centre de Serveis és idèntic al de la biblioteca. S'ha parametrizat amb 0,5 renovacions/hora i les consignes que la controlen són la ocupació del centre i la consigna de free-cooling (igual que en el cas de la biblioteca).
  - Pàrking: El pàrking consta amb un sistema de ventilació per a evacuar els fums produïts pels vehicles. S'ha parametrizat amb 1 renovació/hora i en funcionament constant.
- Climatització: El sistema de climatització és alimentat pels pous de geotèrmia, per tant, l'únic consum elèctric que tindrem en el procés de climatització serà el consum dels compressors de les bombes de calor, el dels ventiladors dels fan-coils i climatitzadors, bombes de recirculació, etc..  
Definirem aquest comportament del sistema ajustant el COP (Coeficient d'operació). Aquest és una relació entre la potència tèrmica entregada i la

potència consumida. Aquest COP serà elevat (el consum elèctric dels compressors és petit si el comparem amb la potència tèrmica entregada per la bomba de calor).

- Calefacció:
  - Biblioteca i Centre de serveis: a partir de fan-coils aigua-aigua alimentats pel sistema de geotèrmia.
  - Vivendes: Circuits de terra radiant alimentats pel sistema de geotèrmia
- Refrigeració
  - Biblioteca i Centre de Serveis: a partir de fan-coils Aigua-Aire alimentats pel sistema de geotèrmia.
  - Vivendes: Circuits de terra refrescant alimentats pel sistema de geotèrmia.

Programacions de Temperatura

En totes les parts climatitzades de l'edifici les consignes de temperatura són

	Calefacció		Refrigeració	
	Primària	Secundària	Primària	Secundària
E. Transitori	21°C	12°C	25°C	28°C
E. Gent gran	21°C	12°C	25°C	28°C

Taula 3. Consignes de climatització

La consigna secundària té com a funció evitar les variacions excessives de temperatura de l'edifici. Aquestes ocasionen pics de consum. Les programacions d'encesa i parada dels sistemes de climatització s'han extret del projecte original i segueixen les programacions descrites en la taula 4:

	Calefacció		Refrigeració	
	Encesa	Parada	Encesa	Parada
Biblioteca	09:00	21:00	09:00	14:00
	14:00	21:00	14:00	21:00
Centre de Serveis	10:00	21:00	10:00	21:00
Vivendes	17:00	10:00	11:00	20:00

Taula 4. Horaris de funcionament del sistema de climatització

### 3.3 Comprovació del dimensionament dels equips de climatització del projecte original

Tot i que no és l'objectiu del nostre estudi s'ha realitzat una comparativa entre el dimensionament tèrmic original i el del model segons Design Builder. Per tal de realitzar el dimensionament mitjançant Design Builder s'han utilitzat tots els paràmetres explicats anteriorment.

#### Dimensionament Original

- Edifici Gent Gran: Com es pot veure en la taula 5, la demanda tèrmica del bloc és:

Àrea	[m²]: 9.520	Volum	[m³]: 27.669
Zones	[N.]: 124	Espais	[N.]: 384
Persones	[N.]: 412		

	REFRIGERACIÓ			CALOR
	Potència max. [W]	Hora	Mes	Potència max. [W]
ESPAIS	356.830	19	7	362.216
VENTILACIO (*)	75.200	17	7	72.197
<b>TOTAL SIMULTANEEES</b>	<b>400.538</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>426.938</b>

Taula 5. Demanda tèrmica segons projecte original del bloc de gent gran

- Edifici Transitori: Com es pot veure en la taula 6, la demanda tèrmica del bloc és:

Àrea	[m <sup>2</sup> ]: 5.212	Volum	[m <sup>3</sup> ]: 15.754
Zones	[N.]: 53	Espais	[N.]: 173
Persones	[N.]: 269		

	REFRIGERACIÓ			CALOR
	Potència max. [W]	Hora	Mes	Potència max. [W]
ESPAIS	223.994	19	7	316.763
VENTILACIO (*)	77.984	17	7	74.869
<b>TOTAL SIMULTANEEES</b>	<b>270.222</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>383.881</b>

Taula 6. Demanda tèrmica segons el projecte original del bloc de transitoris

### Dimensionament segons Design Builder

El programari realitza el dimensionament mitjançant una simulació de l'edifici durant el "dia de disseny". En el nostre cas s'ha utilitzat el 15 de Juliol (dia de disseny de refrigeració) i el 15 de Gener (dia de disseny de calefacció).

Una part molt útil del procés de dimensionament seguit és la possibilitat d'analitzar els guanys interns així com el balanç tèrmic dels diferents tancaments definits en l'edifici. D'aquesta manera podem estudiar el comportament tèrmic de l'edifici de forma molt acurada.

### Edifici Transitori

- Calefacció:

En la figura 43 es poden veure els guanys i pèrdues de calor per als diferents paràmetres que formen el sistema tèrmic de l'edifici. Es pot veure que les principals pèrdues són per ventilació i infiltració.

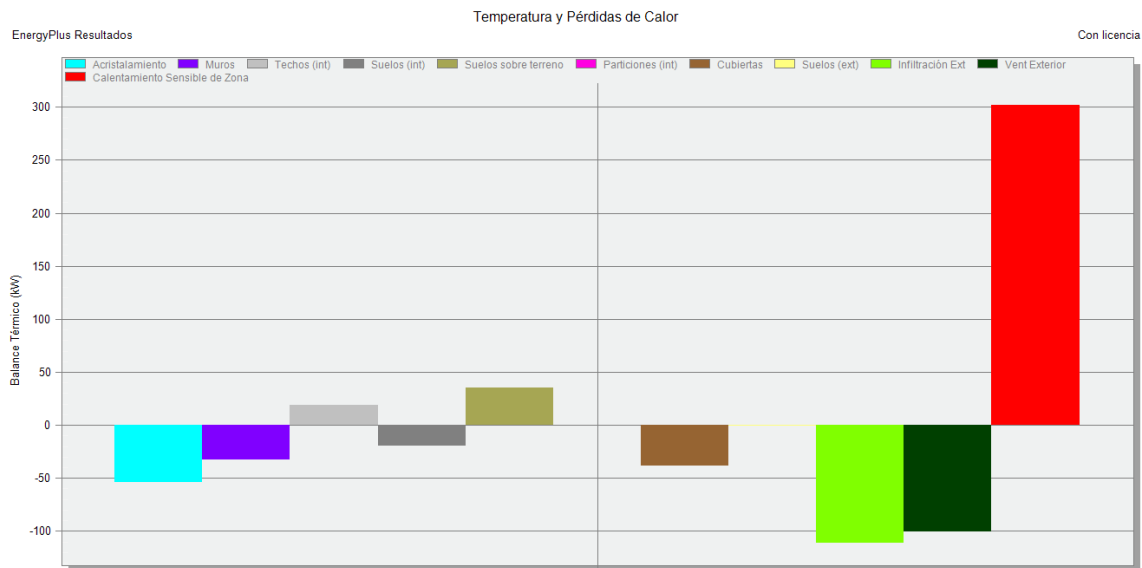


Figura 43. Pèrdues de calor durant el dia de disseny d'hivern en el bloc de transitòris

Cal recordar que els resultats anteriors són fruit d'una simulació en el dia més crític de l'any en quant a demanda tèrmica de calefacció, així trobarem la potència màxima necessària.

Per ta de trobar la potència màxima, apart de triar un dia de l'any crític, el programa no té en compte els factors que "ajuden" al sistema de calefacció (com per exemple, l'ocupació de l'edifici).

- Refrigeració

En la figura 44 podem veure el balanç tèrmic de l'edifici durant el dia de disseny d'estiu. En quant a entrada de calor a l'edifici (perjudicial en aquest cas) veiem que les parts més crítiques del sistema són la coberta i les obertures. Finalment podem veure que els terres en contacte amb el terreny (del pàrquing) extreuen molta calor de l'edifici.

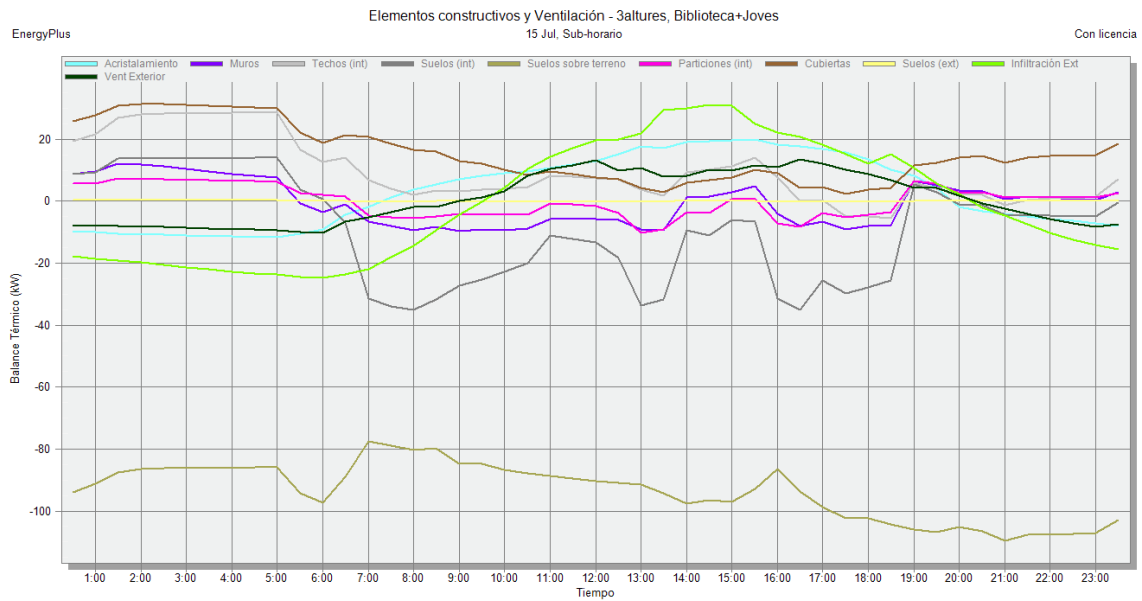


Figura 44. Pèrdues tèrmiques per elements constructius durant el dia de disseny d'estiu

Com en el cas anterior, ens trobem davant d'una simulació diària en el dia de disseny de refrigeració (en aquest cas, el 15 de Juliol).

En la figura 45 es poden veure els guanys interns de l'edifici. Tot i la gran quantitat d'obertures presents en l'edificació els guanys solars per finestres exteriors són relativament baixos, aquest fet serà degut a la bona protecció solar de les finestres i a l'ombregat produït pel bloc del centre de serveis.

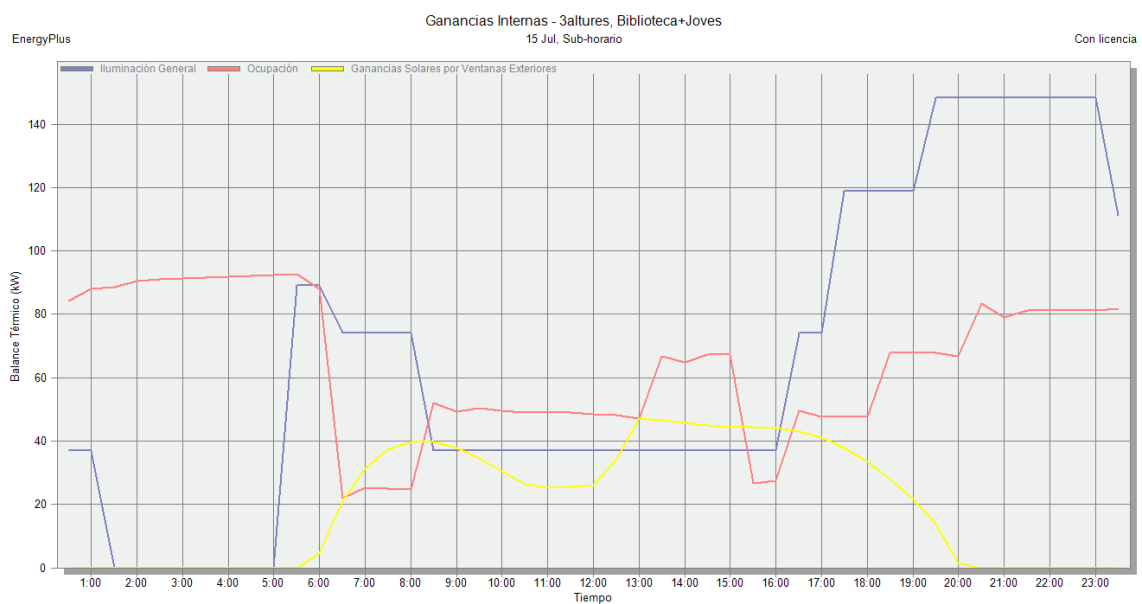


Figura 45. Guanys interns en el bloc de Transitoris durant el dia de disseny d'estiu

En aquest cas, el sistema té en compte l'ocupació màxima de l'edifici a estudiar ja que té en compte aquesta produirà un escalfament al sistema.

### Edifici de Gent Gran

- Calefacció

En la figura 46 es poden veure les principals pèrdues de calor, que un cop més es donen per ventilació exterior i infiltració.

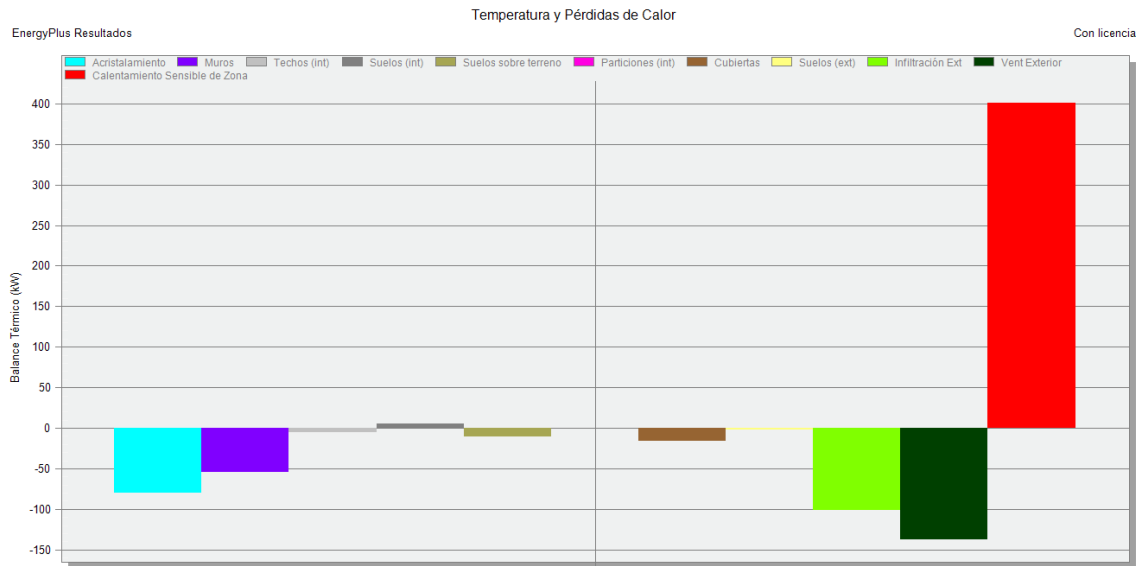


Figura 46. Pèrdues tèrmiques durant el dia de disseny d'hivern en el bloc de gent gran

- Refrigeració

En el cas del centre de serveis, les principals aportacions de calor en el moment crític (quan volem refrigerar) són degudes a les finestres. Aquest fet



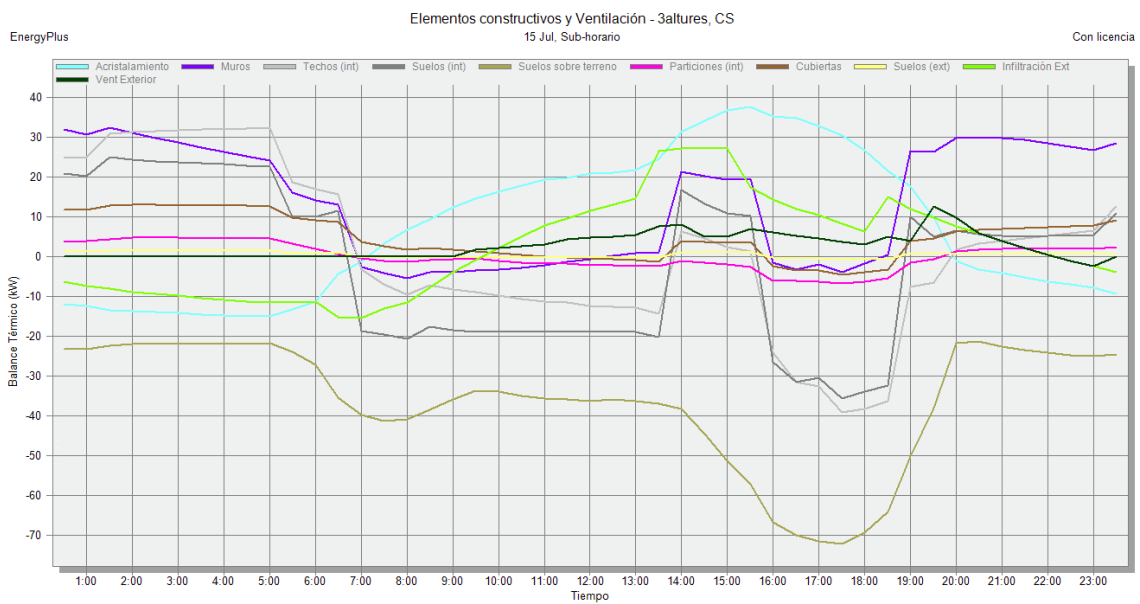


Figura 47. Pèrdues tèrmiques en elements constructius durant el dia de disseny d'estiu

Com es pot veure en la figura 48, la il·luminació provoca uns guanys per il·luminació importants. A diferència de la biblioteca, els guanys solars per finestres exteriors en el cas del Centre de Serveis és més important.

Aquest fet és degut a la orientació que té i a l'absència de ombrejats per edificis veïns ( cal recordar que l'edifici transitori queda ombrejat pel bloc del centre de serveis durant els moments crítics per a refrigerar de dia.

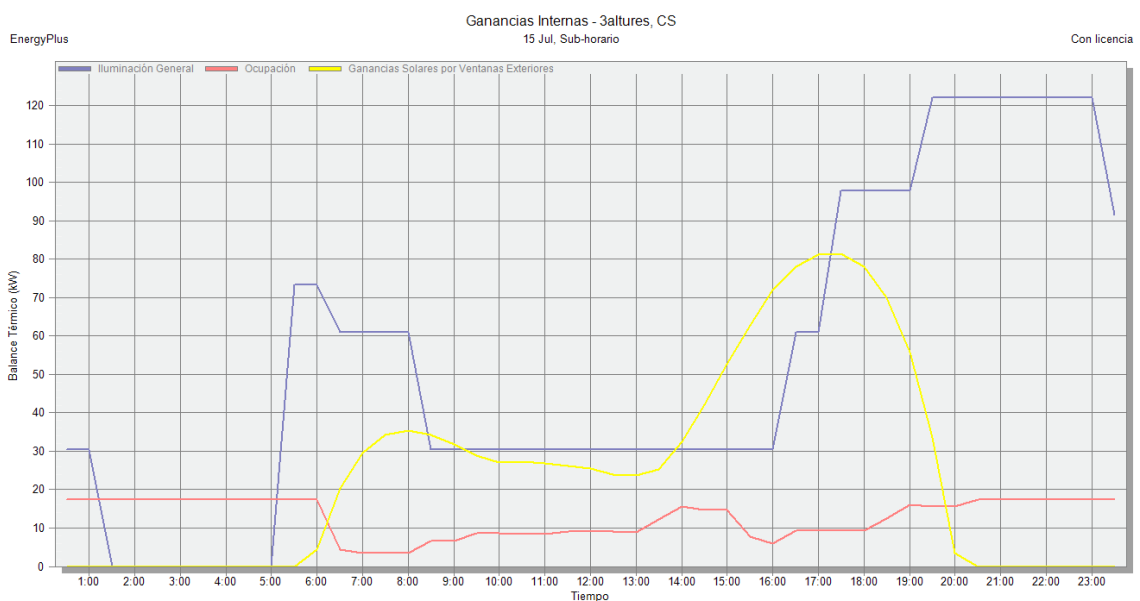


Figura 48. Guanys Interns en el bloc de gent gran durant el dia de disseny d'estiu

Comparació resultats:

Seguidament, en la Taula 7 es presenten les potències dimensionades totals del sistema.

Calefacció	Projecte Original (kW)	Model (kW)	Diferència Relativa (%)
Edifici Transitoris	383,88	332,85	13,3
Edifici Gent Gran	426,94	441,65	3,17

Refrigeració	Projecte Original (kW)	Model (kW)	Diferència Relativa (%)
Edifici Transitoris	270,22	294,22	8,15
Edifici Gent Gran	400,538	337,77	15,67

Així doncs, la comparació de potències totals de l'edifici és:

	Segons DB	Model (kW)	Diferència Relativa (%)
Calefacció	810,82	774,5	4,37
Refrigeració	631,99	631,99	5,67

Com es pot veure, el dimensionament segons Design Builder demanda de l'ordre d'un 5% més de potència. Seguidament se'n expliquen els possibles motius.

Diferències en les potències dimensionades:

Com es pot veure, hi han diferències en els dimensionaments. Els principals motius d'aquestes són:

- Diferències en la metodologia de càlcul dels dos programaris utilitzat (Design Builder treballa sobre Energy Plus, el referent en simulació energètica). En el cas del projecte original es va utilitzar el mètode simplificat.
- En quant als guanys solars, Energy Plus té en compte tota la radiació solar (difusa, directa...)

- Consideració de ocultacions: tot hi haver dimensionat els dos edificis per separat, en cada simulació s'ha tingut en compte tant les ocultacions ocasionades per l'edifici veí com les pròpies.
- Diferències en la definició de les programacions de funcionament de l'edifici (ocupació, ventilació, il·luminació...)
- Possibles diferències en els factors de majoració utilitzats (en el nostre cas s'ha utilitzat un factor de 1,1).

Es pot veure però que les diferències entre les potències no són rellevants si tenim en compte la dimensió de l'edifici.

Considerem que l'objectiu d'aquest estudi no és el de redimensionar la instal·lació tèrmica del sistema sinó trobar un model informàtic que es comporti de forma similar a l'edifici real.

Finalment, s'ha de tenir en compte que en les simulacions de funcionament que es faran a partir d'ara la potència de climatització instal·lada serà la que hi ha en la realitat i per tant els càlculs que s'han realitzat anteriorment són de caire informatiu.

### **3.4 Comprovació de la potència elèctrica consumida pel sistema de climatització del model informàtic amb la potencia real monitoritzada**

En aquest apartat es compararà la potència dimensionada amb els pics de potència de l'edifici que monitoritza el sistema de control. La comparació de potències es realitzarà separatament per a cada edifici i dividint-la entre potència de calefacció i de refrigeració.

Per tal de poder realitzar els càlculs, s'ha definit al model informàtic la potència de climatització instal·lada a l'edifici. En el cas de la potència de refrigeració de les vivendes, aquesta s'ha aproximat al 40% de la potencia de calefacció. Com es va explicar en el seu moment, el sistema terra refrescant instal·lat no cobreix la demanda tèrmica requerida.

Abans de començar amb la comparació, val a dir que es troben moments on la monitorització de l'edifici ha fallat i el valor de potència és estimat, per tant aquest valor no serà real.

Per aquest motiu s'han realitzats simulacions amb un període llarg de mostreig, de forma que els períodes de temps on la lectura de potència sigui aproximada afecti el menys possible a la comprovació que volem realitzar. Per altre banda, és important entendre que el que es busca en aquesta comprovació és veure que la potència de climatització i ACS demandada pel model segueix el mateix perfil que l'edifici real, no ens interessa un valor exacte (que d'altra banda seria impossible d'aconseguir en un edifici tan gran).

Finalment, si ens fixem en les potències màximes de les simulacions realitzades a continuació no arriben ni de bon tros a la potència dimensionada dels aparells (tant la nostra com la del projecte original).

Com s'ha explicat anteriorment, aquest fet és degut a que en les simulacions es té en compte els factors de funcionament reals de l'edifici (ocupació, consignes, horaris de funcionament, etc.)

En els gràfics següents podem veure la potència elèctrica consumida pels diferents centres de producció. Aquesta potència inclou:

- Consum elèctric de les bombes de calor
- Consum elèctric de les bombes de recirculació
- Consum elèctric de la resistència elèctrica per escalfar ACS per sobre els 60° (tractament anti-legionel·la)
- Accessoris i complements del Centre de Producció

Per tal de poder analitzar de forma adequada l'assemblança entre els dos perfils de potències, en tots els casos s'han superosat les lectures, tant les monitoritzades com les simulades en el model.

## Edifici Transitoris

- Potència de Calefacció i ACS

En la figura 49 podem veure la comparació entre la potència monitoritzada i la simulada en el model. El període de mostreig i simulació és del 20 d'Octubre a l'1 d'Abril:

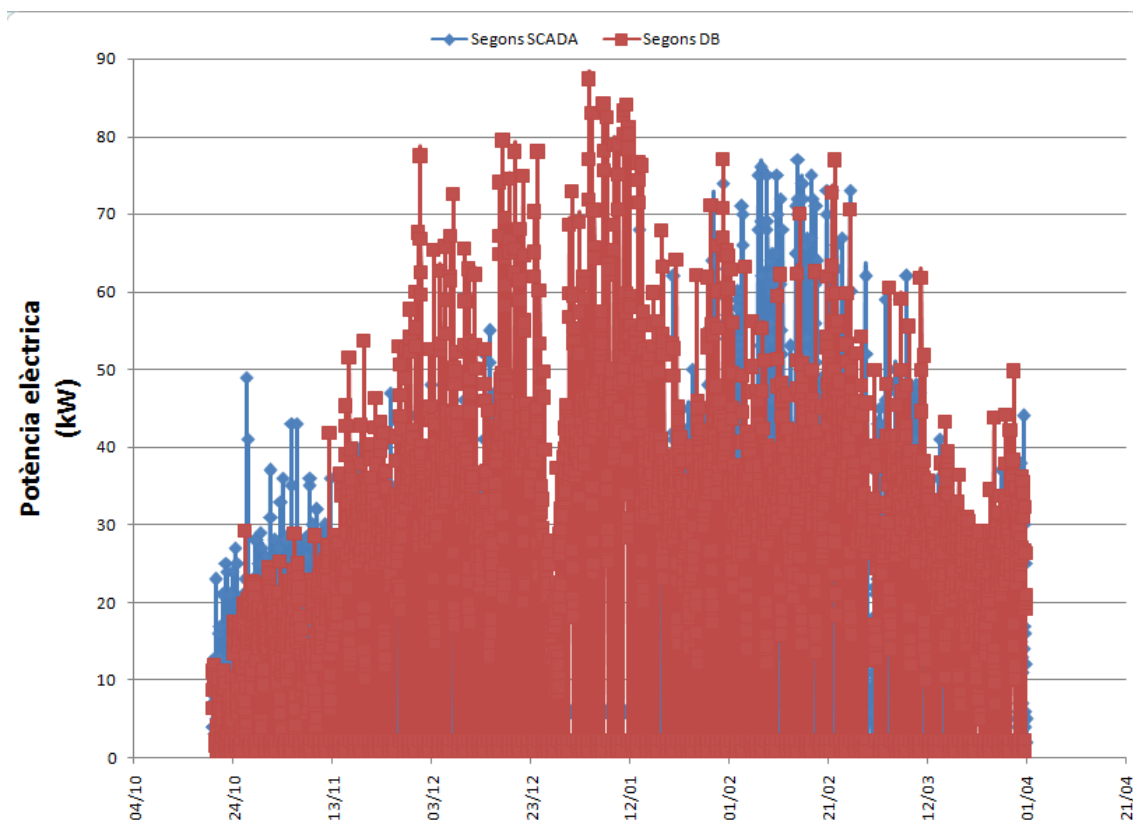


Figura 49. Comparació de la potència de calefacció del bloc de transitoris

Com es pot veure, la potència demandada segons el model informàtic és molt similar a la potència demandada per l'edifici real segons el sistema de monitorització. Durant els mesos d'hivern el sistema de control va fallar i no tenim els valors reals de l'edifici. Tot i així es pot comprovar que el model segueix el perfil de potència de l'edifici real de forma molt acurada.

- Potència de Refrigeració i ACS

Com es pot veure en la figura 50, per errades en la base de dades del sistema de monitorització, el període de mostreig s'ha escurçat. Serà del 25 Juny al 8 d'Agost. Com en el cas de la calefacció seguidament es pot veure el gràfic comparatiu:

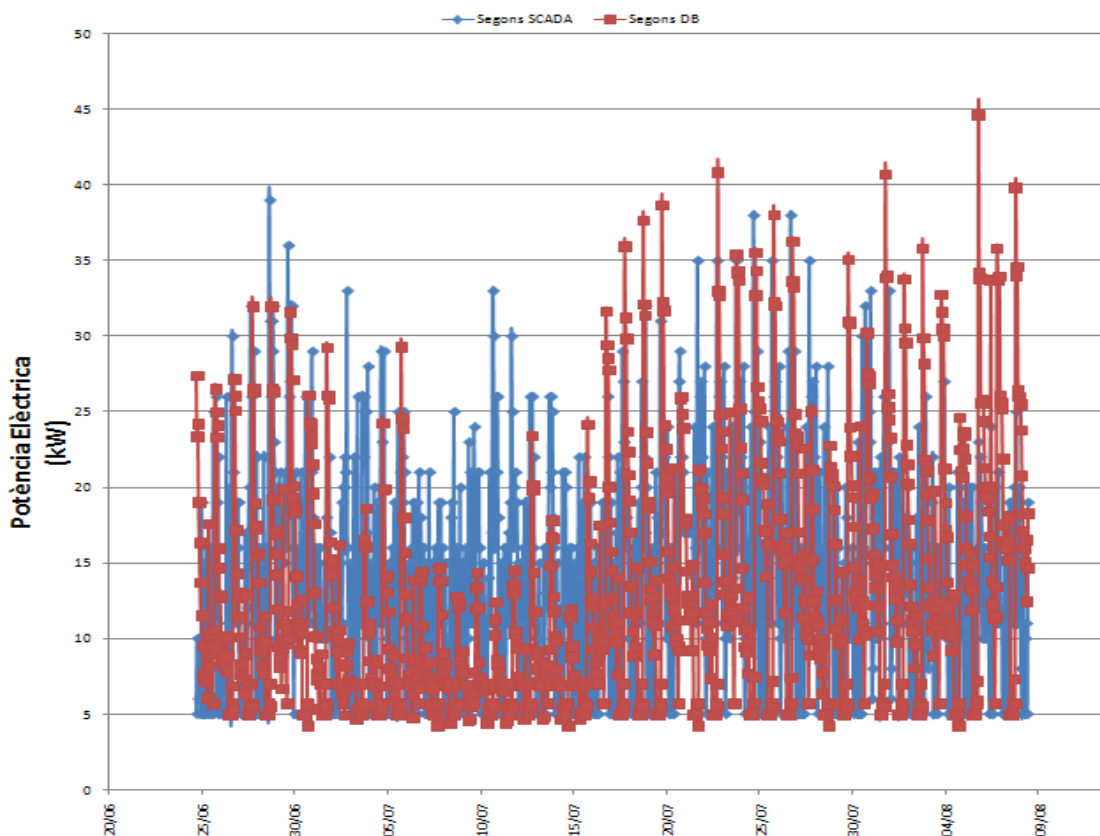


Figura 50. Comparació de la potència de refrigeració del bloc de transitoris

La potència simulada segueix el mateix perfil que la potència monitoritzada. Els valors màxims difereixen en alguns períodes, aquest fet és degut a que la potència de refrigeració de les vivendes és aproximada ja que no es pot saber el valor exacte. Com s'ha dit anteriorment, en el nostre cas s'ha dimensionat com a un 40% de la potència de calefacció. En quant als valors mínims de potència, deguts a les bombes de recirculació i a altres accessoris del sistema de climatització concorden.

### Edifici Gent Gran

- Potència de calefacció i ACS:

Seguidament, en la figura 51, es pot veure la comparació entre la potència monitoritzada i la simulada en el bloc de gent gran.

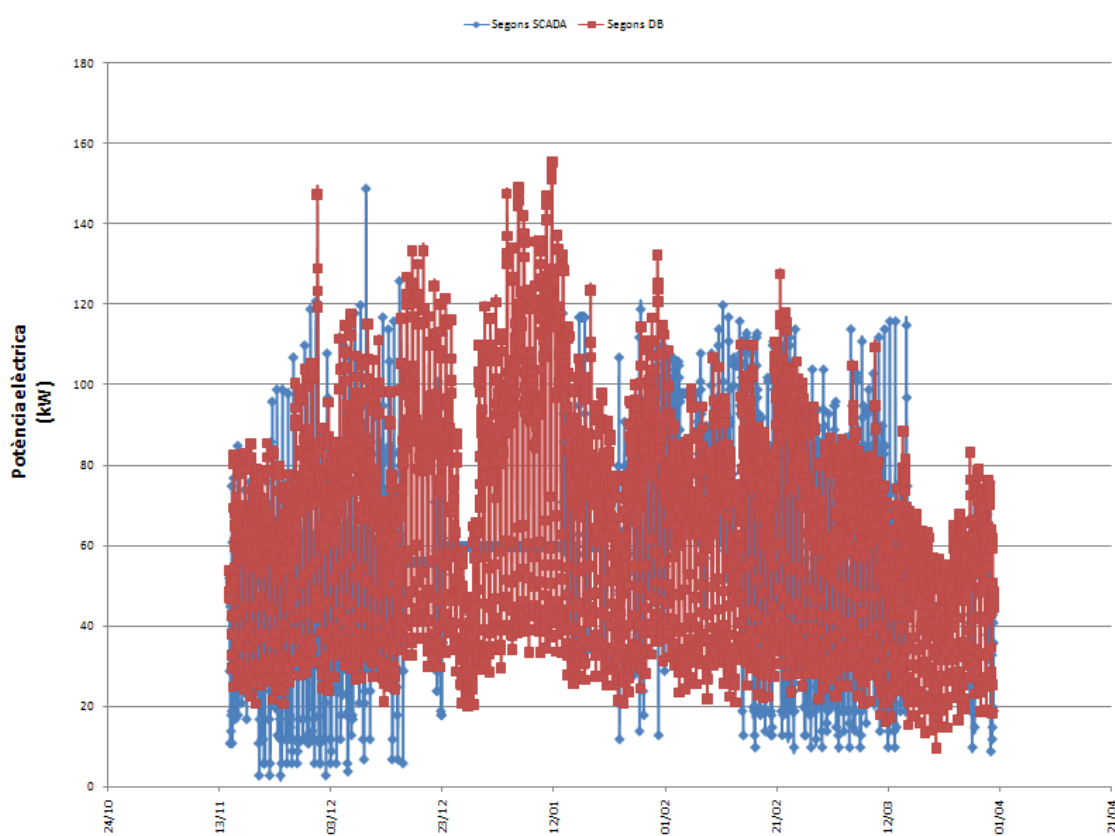


Figura 51. Comparació de la potència de calefacció en el bloc de gent gran

Com en el cas de la potència de calefacció de l'edifici de Transitoris, durant el més de desembre hi ha un període on el sistema de monitorització va fallar. En aquest període, tot i així el model segueix la tendència de l'edifici real.

Val a dir que els valors monitoritzats per sota els 20 kW no són fiables, ja que en la seva majoria coincideixen en períodes on el sistema de monitorització va estimar el valor. En definitiva, podem veure que el perfil de la potència elèctrica consumida pel model informàtic segueix la mateixa distribució que l'edifici real.

- Potència de refrigeració i ACS: en la figura 52 es pot veure la comparació de la potència de refrigeració i ACS monitoritzada amb la simulada dins l'entorn informàtic.

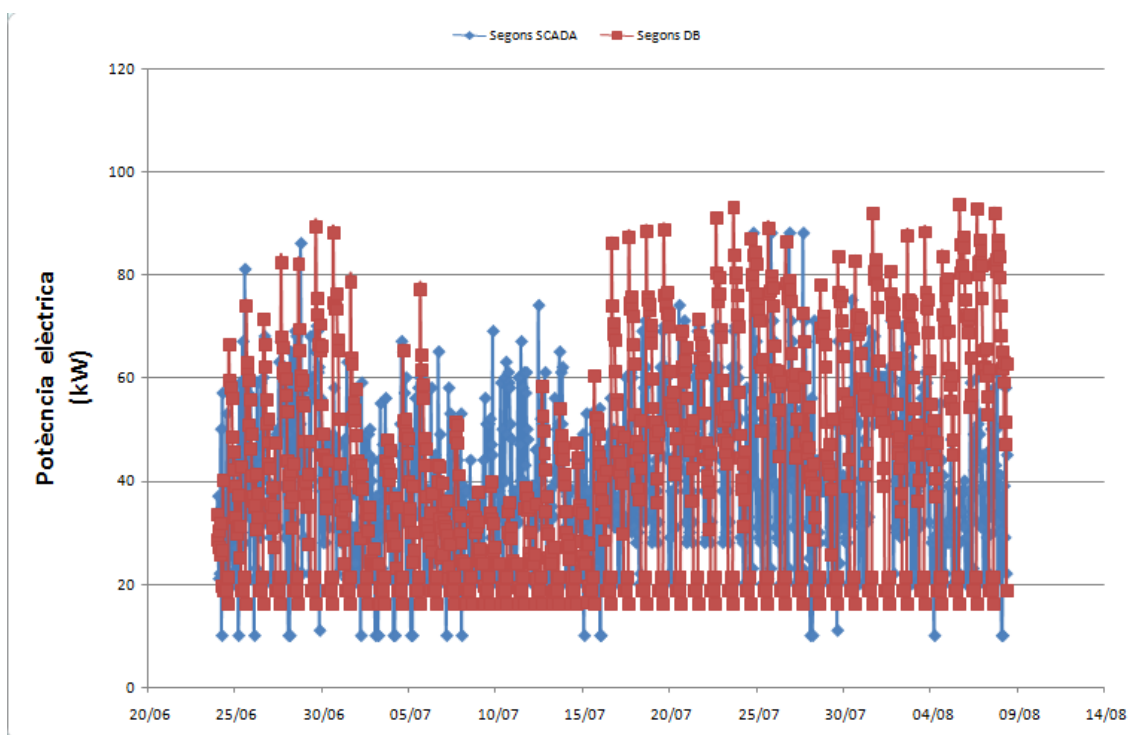


Figura 52. Comparació de la potència de refrigeració en el bloc de gent gran

Com en els casos anteriors, els valors per sota els 16 kW del sistema de monitorització són deguts a fallades en el sistema. Aquest valor doncs serà estimat. Tot i la aproximació de la potència de refrigeració, en aquest cas el sistema es comporta de forma molt similar.

Conclusió:

La potència elèctrica consumida per a climatització per part model informàtic s'adequa en gran mesura a la potència consumida per l'edifici objecte. Les possibles diferències entre les dues potències seran analitzades en apartats posteriors.



## 4 SIMULACIÓ I COMPORTAMENT TÈRMIC DEL MODEL

Un cop comprovada la fidelitat del model informàtic es realitzarà una simulació del comportament anual de l'edifici. Els principals paràmetres que seran analitzats en la simulació són els següents:

### 4.1 Pèrdues tèrmiques per tancaments

Com es va fer en el dimensionament dels sistemes HVAC, s'analitzaran els punts crítics del sistema en quant a pèrdues tèrmiques. A diferència de l'estudi inicial, s'ha realitzat una simulació anual. Val a dir que les dues simulacions es basen en valors mitjans diaris, molt útils per entendre el comportament global del sistema, però poc precisos. En els estudis detallats realitzats posteriorment s'ha utilitzat valors horaris.

#### 4.1.1 Edifici Transitoris

Primer de tot s'ha de dir que tota la zona del pàrking s'ha inclòs en el bloc de l'edifici de transitoris, és per aquest motiu que el balanç tèrmic dels terres amb contacte amb el terreny és tan elevat.

Com es pot veure en la figura 53, la majoria dels elements constructius que formen el sistema extreuen calor de l'edifici fins i tot durant els mesos d'estiu. Aquest fet serà contraproduent durant els mesos d'hivern.

Per altra banda, cal tenir en compte que en un sistema com el nostre, deficient en refrigeració (en les vivendes), aquest fet ajuda a mantenir la temperatura dins valors raonables durant els mesos d'estiu.

Com es pot veure, les parets exteriors extreuen calor del sistema durant tot l'any, fins i tot a l'estiu. Aquest fet és degut en gran part a l'ombrejat ocasionat per l'edifici del bloc de Gent gran.

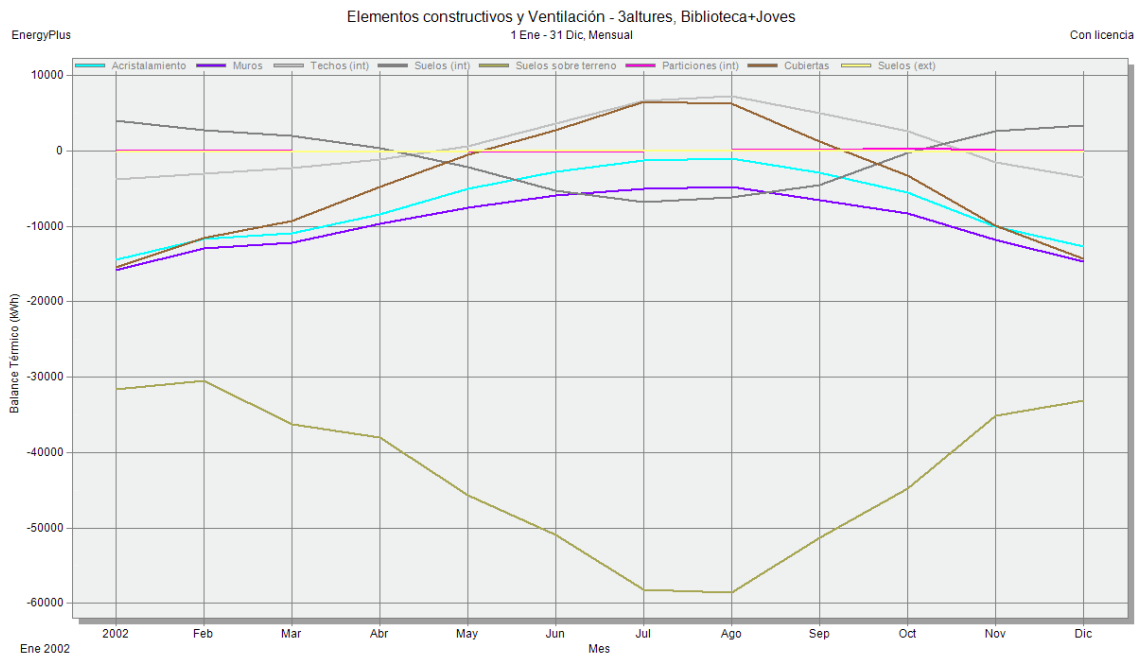


Figura 53. Pèrdues tèrmiques anuals per tancaments en l'edifici de transitoris

#### 4.1.2 Edifici Gent Gran

D'igual manera que en l'edifici de transitoris, el sistema constructiu té tendència a extreure calor del sistema com es pot veure en la figura 54. Al contrari que en el bloc de transitoris, la falta d'ombregat en les parets exteriors ocasiona un guany de calor al sistema durant els mesos d'estiu.

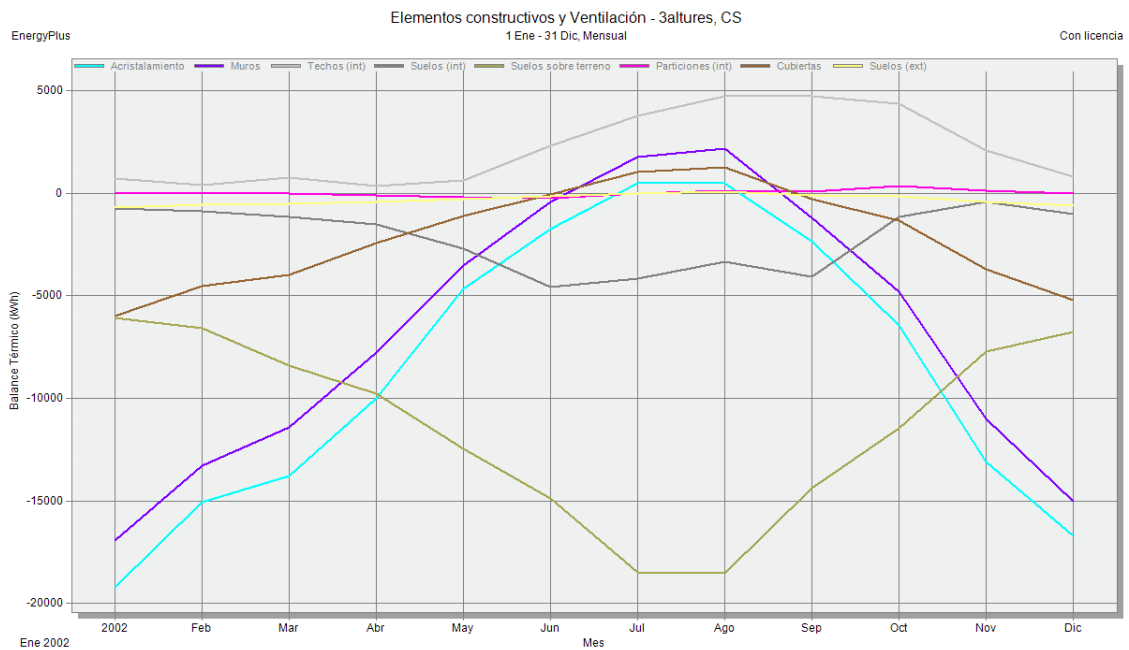


Figura 54. Pèrdues tèrmiques anuals per tancaments en l'edifici de gent gran

## 4.2 Temperatura de l'aire:

Gràcies al programa de simulació i a la definició de les diferents zones del sistema en el model informàtic, podem saber la temperatura dels recintes més crítics del sistema (ja sigui perquè requereixen més energia per a la seva climatització degut a la seva gran superfície o per una necessitat de confort; per exemple les vivendes).

Mitjançant el sistema de monitorització s'han extret dades de temperatures d'aquestes zones. Aquestes seran graficades juntament amb les dades de la simulació per a comprovar la fidelitat del model un cop més. S'han comparat les temperatures d'un dia d'hivern (15 de desembre) i un d'estiu (15 de Juny).

- Biblioteca:
  - Hivern: com es pot veure en la figura 55, a diferència de la temperatura monitoritzada, la del model no supera els 21°C. Aquest fet és degut a la modificació de la consigna de calefacció per part dels usuaris de la instal·lació.

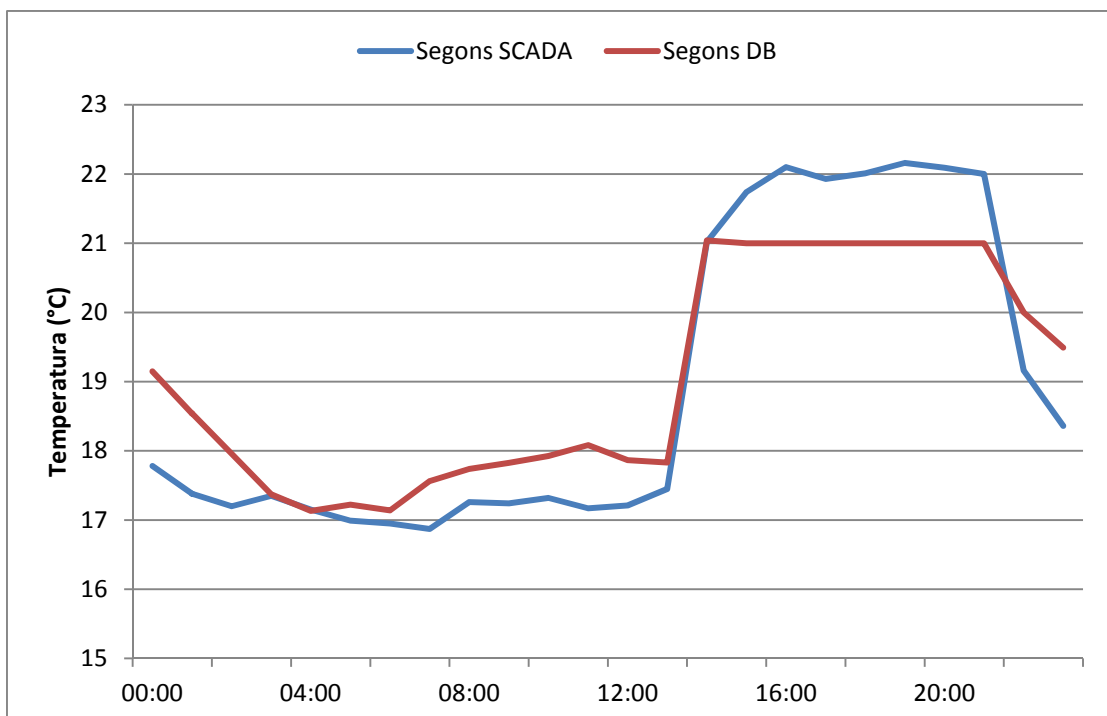


Figura 55. Comparació de temperatura a la biblioteca durant el dia de disseny d'hivern

- Estiu: Com es pot veure en la figura 56, en el cas del sistema de refrigeració, es pot veure que la temperatura monitoritzada no arriba mai a la consigna de disseny (25°C). Mitjançant el sistema de control s'ha comprovat que aquest fet és degut a la modificació de la consigna de fred per part dels usuaris.

Tot i així es veu que les diferències entre els perfils de funcionament són raonablement petites.

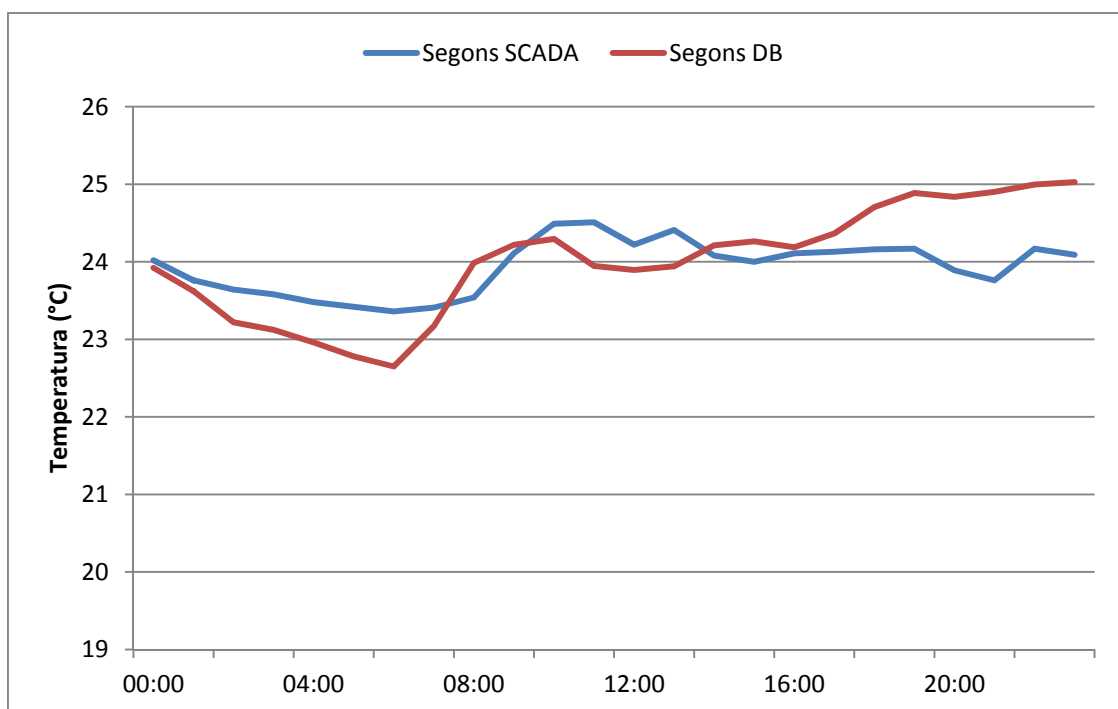


Figura 56. Comparació de temperatura a la biblioteca durant el dia de disseny d'estiu

- Centre de Serveis
  - Hivern: En la figura 57 podem comprovar que en aquest cas apart de modificar la consigna de temperatura (fins a 22°C) s'ha modificat l'horari d'encesa (aproximadament una hora abans).

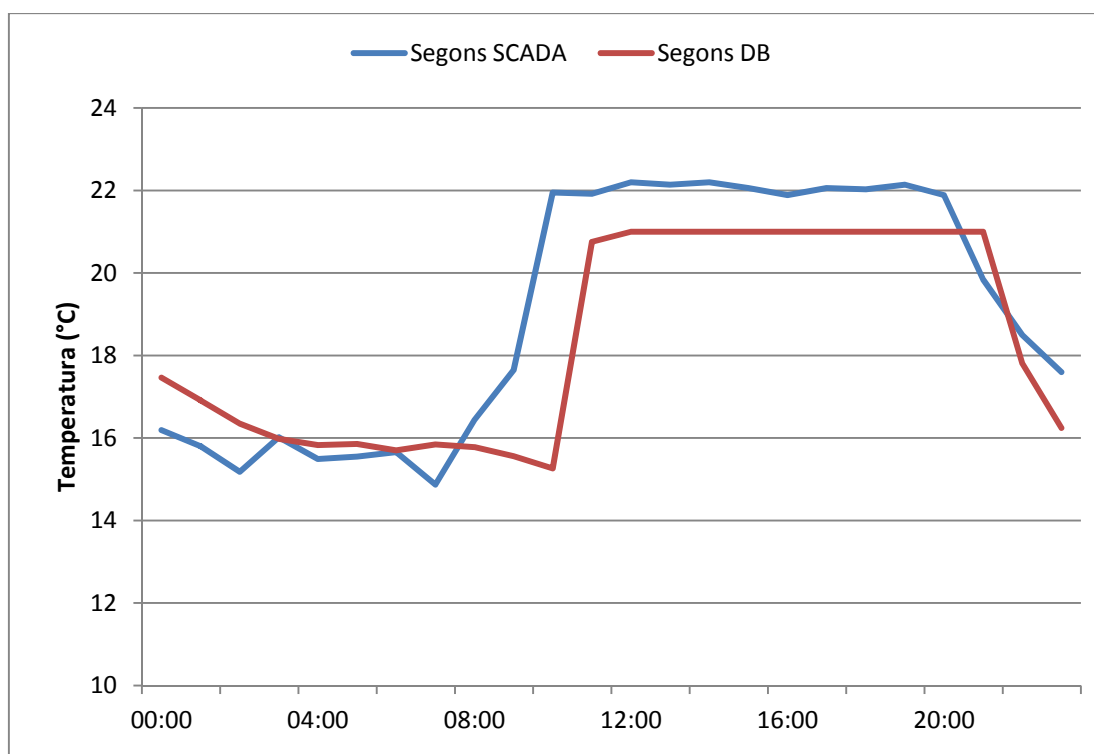


Figura 57. Comparació de temperatura al centre de serveis durant el dia de disseny d'hivern

- Estiu: en aquest cas, com es pot veure en la figura 58, s'ha observat mitjançant el sistema de control que la consigna de fred s'ha modificat fins a arribar als 20°C.

Aquest fet provoca que la temperatura monitoritzada sigui inferior a la del model en els períodes on el sistema de refrigeració està funcionant. Val a dir que fixar la consigna de fred a 20°C provocarà un consum energètic més elevat apart de no oferir una sensació de confort adequada.

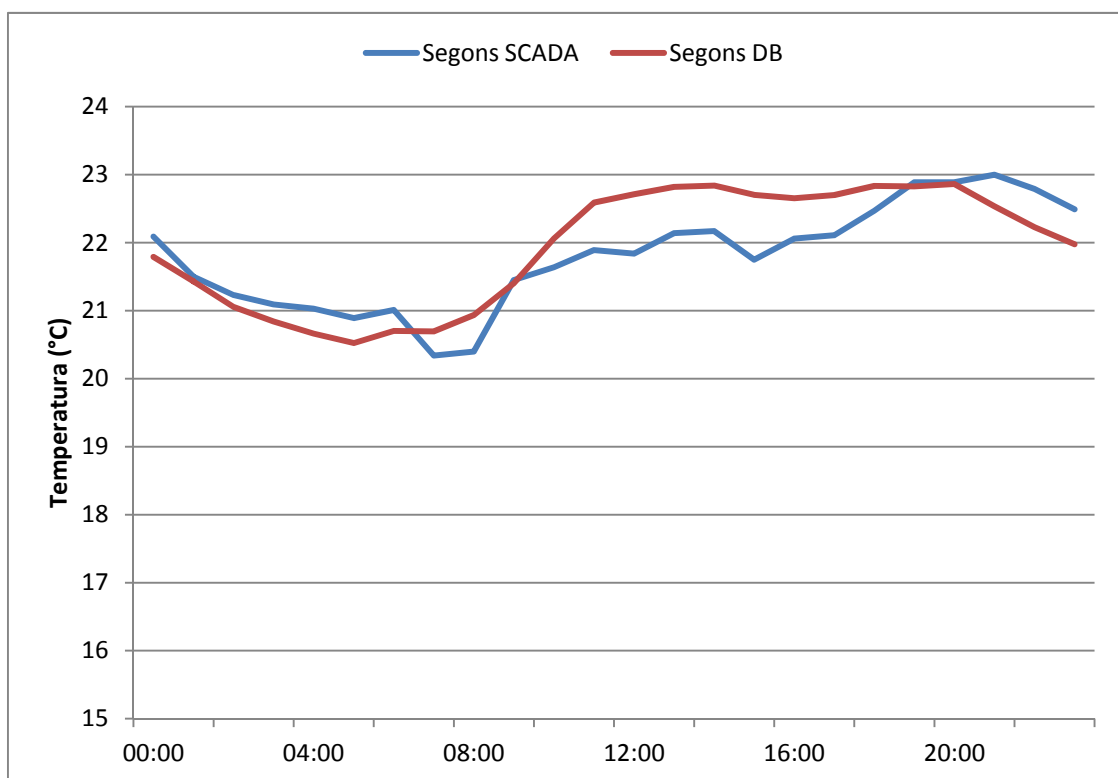


Figura 58. Comparació de temperatura al centre de serveis durant el dia de disseny d'estiu

Val a dir, que la modificació de les consignes de temperatura que s'ha comentat en els casos anteriors, és un fet aïllat que es produeix en els dies on més demanda tèrmica hi ha (que són justament els que s'han estudiat).

### 4.3 Càrregues del sistema

En aquest apartat s'ha realitzat una simulació anual per analitzar el funcionament dels sistemes HVAC durant l'any. Com en els casos anteriors, s'ha desglossat per als dos blocs que formen l'edifici:

- Bloc edificis transitoris: com es pot veure en la figura 59, durant l'any té més influència la càrrega de calefacció que la de refrigeració. Aquest fet es dona també en l'edifici real. Val a dir que tot i que la refrigeració s'activa en un període de temps més curt, la càrrega mitjana és més elevada que la calefacció; aquest fet demostra la necessitat d'estudiar aquest sistema per tal de millorar-ne el rendiment i reduir-ne el consum.

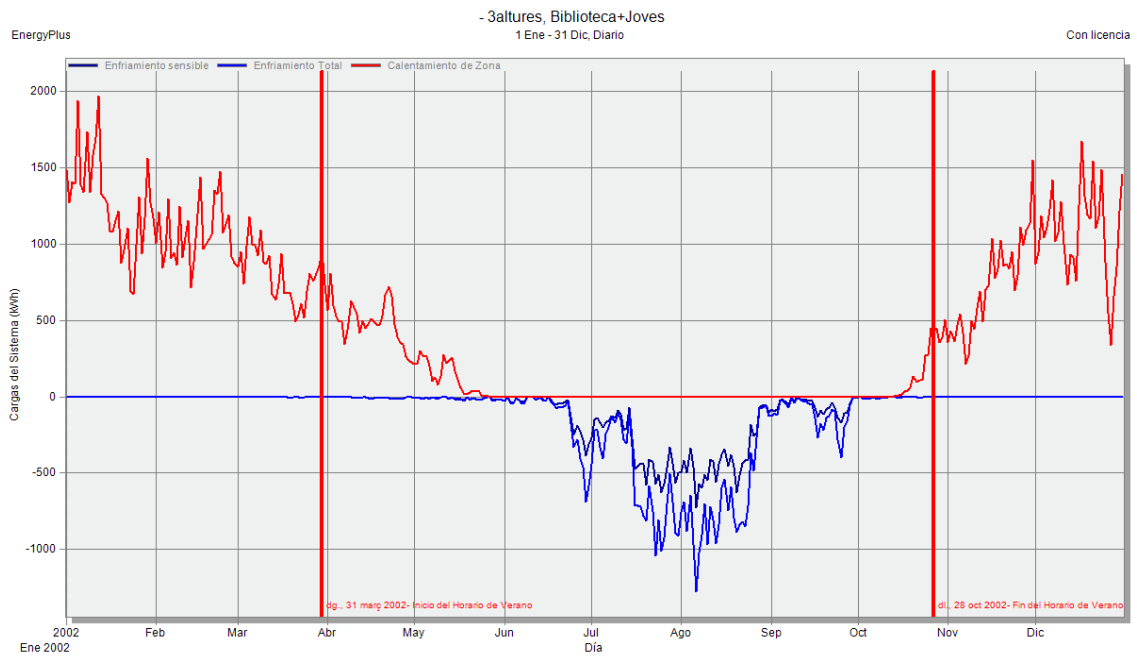


Figura 59. Càrregues sensibles anuals en l'edifici de transitoris

- Bloc gent gran: Com es pot veure a la figura 60, en el cas de l'edifici de transitoris, la càrrega de calefacció també ocupa més part de l'any que la de refrigeració. .

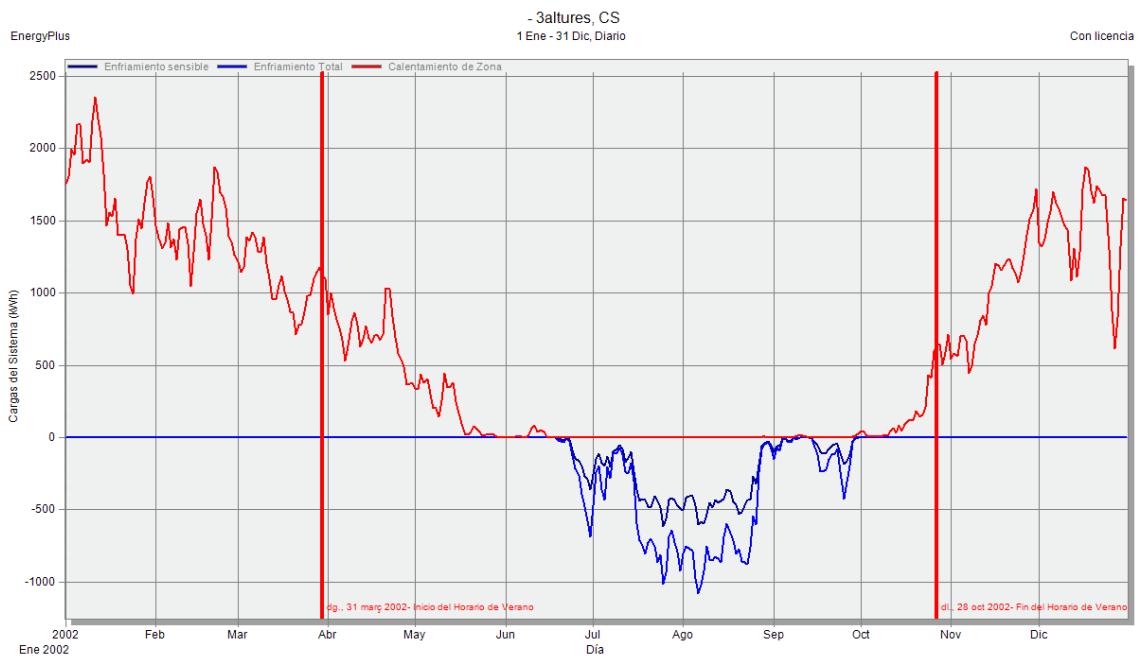


Figura 60. Càrregues sensibles anuals en l'edifici de gent gran

## 5 CONSUMS ELÈCTRICS

En aquest apartat compararem el consum elèctric del model informàtic amb el consum real monitoritzat. Aquest consum inclou:

- Consum elèctric per a la climatització i ACS (inclou tot el sistema; bombes de circulació, vàlvules, control, etc..)
- Consum elèctric per a la il·luminació (exterior i interior)
- Consums miscel·lanis del sistema (ordinadors, electrodomèstics, etc..). Aquest consum no s'ha tingut en compte en el model ja que és relativament petit si el comparem amb el global.

A diferència de les altres comparacions que s'han realitzat en aquest estudi, el consum elèctric serà el total del sistema (el del comptador general).

### 5.1 Consum elèctric monitoritzat::

En la taula 8 s'han adjuntat els consums elèctrics desglossats mensualment monitoritzats pel sistema de control de l'edifici.

	Total KWh	Preu mig En. activa €/ KWh.	Cost Total €
ABRIL	65.401	0,062811	6.444,89
MAIG	68.929	0,063032	6.758,94
JUNY	65.065	0,090801	8.476,14
JULIOL	73.672	0,105655	10.481,50
AGOST	76.207	0,051593	6.216,77
SETEMBRE	73.239	0,073871	7.883,62
OCTUBRE	66.581	0,062487	6.457,20
NOVEMBRE	52.775	0,072602	6.111,48
DESEMBRE	88.752	0,093394	10.796,71
GENER 2012	110.626	0,100136	13.840,09
FEBRER 2012	121.750	0,100575	15.290,29
MARÇ 2012	96.687	0,072627	9.678,38
<b>TOTALS</b>	<b>959.684</b>	<b>0,079132</b>	<b>108.436,03</b>

Taula 8. Consum elèctric anual monitoritzat

Com es pot veure, l'energia elèctrica consumida pel complex és de 959.684 kWh.



## 5.2 Consum elèctric del model informàtic:

Com es pot veure en la taula 9, en el cas del model informàtic, podem desglossar el consum elèctric en les diferents demandes existents (il·luminació, calefacció, refrigeració i energia auxiliar). L'energia auxiliar serveix al model per definir els consums secundaris del sistema (bombes de recirculació, ventiladors de fan-coils, etc..)

	Il·luminació kWh	Energia Auxiliar kWh	Calefacció kWh	Refrigeració kWh	ACS kWh
GENER	32842,88	8520,27	77359,31	0	6062,548
FEBRER	29664,54	9433,16	58618,39	0,282	5475,849
MARÇ	32842,88	9128,86	48983,24	13,542	6062,548
ABRIL	31783,43	9433,16	30079,48	49,619	5866,982
MAIG	32842,88	9128,86	7514,48	109,111	6062,548
JUNY	31783,43	9433,16	345,730	3400,509	5866,982
JULIOL	32842,88	9433,16	21,382	17937,154	6062,548
AGOST	32842,88	9128,86	41,276	23733,868	6062,548
SETEMBRE	31783,43	9433,16	135,168	3368,789	5866,982
OCTUBRE	32842,88	9128,86	8393,825	31,511	6062,548
NOVEMBRE	31783,43	9433,16	42997,8	0,822	5866,982
DESEMBRE	32842,88	9433,16	65315,44	0	6062,548
Total Desglossat	386698,42	111067,854	339805,534	48645,208	71381,613

<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>957598,63 kWh/any</b>
--------------------	--------------------------

Taula 9. Consum elèctric del sistema segons el model informàtic

En la taula anterior podem veure els consums desglossats per mesos. Crida l'atenció l'engegada del sistema de refrigeració en mesos on no hauria de funcionar, s'ha comprovat que aquest fet és degut a que l'ocupació del sistema provoca que en alguns moments es requereixi reduir la temperatura per a assegurar el confort dels propis usuaris.

En la figura 61 adjuntada a continuació podem veure els consums d'energia elèctrica desglossats durant l'any de simulació.

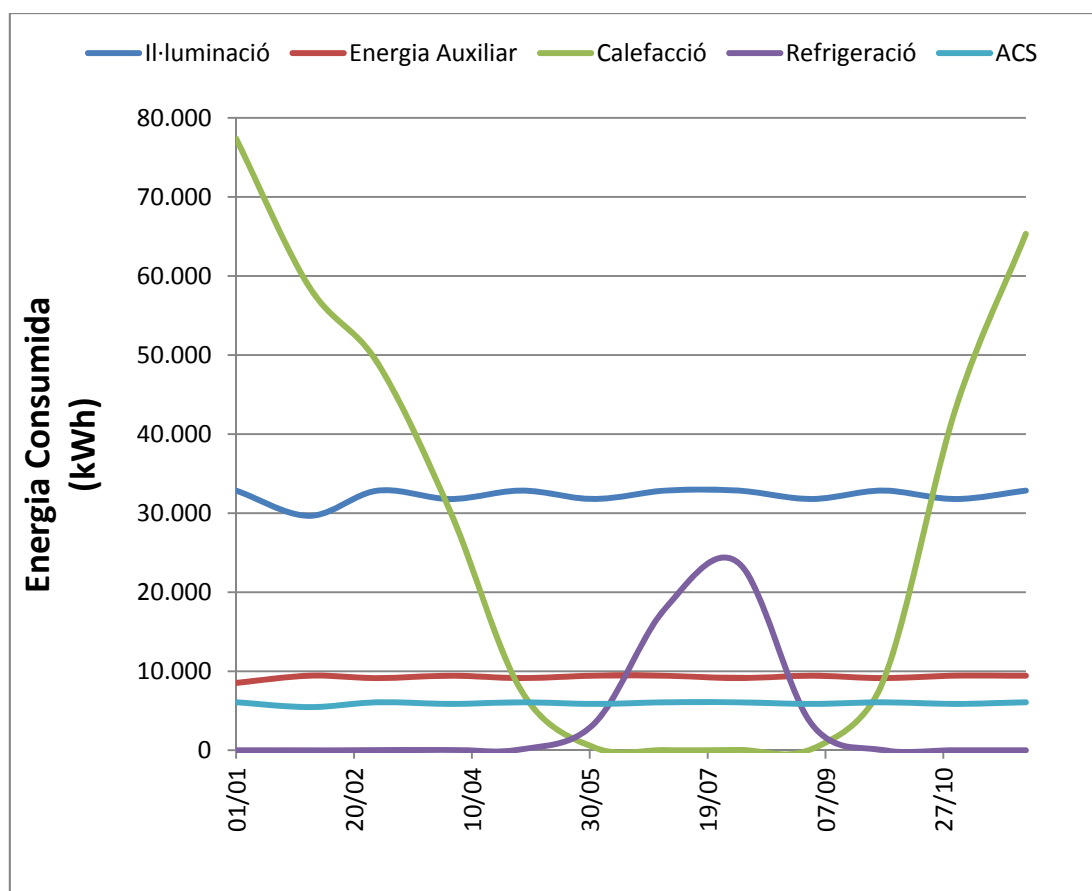


Figura 61. Consums elèctrics desglossats del model informàtic

### 5.3 Comparació del consum elèctric del model i l'edifici real

	Consum energètic anual (kWh)
Model Informàtic	957.598
Edifici Real	959.684

Taula 10. Comparació del consum energètic anual

Com es pot veure, el consum anual d'energia difereix en només 2000 kWh. Aquesta diferència és relativament petita si tenim en compte les grans dimensions del sistema. Tot i així, s'analitzarà de forma més detallada posteriorment.

De la figura 62 adjuntada a continuació es pot extreure que el model s'adapta a la corba de consum elèctric anual de l'edifici real. Un cop més, tot i que les diferències són relativament petites, seran explicades posteriorment.

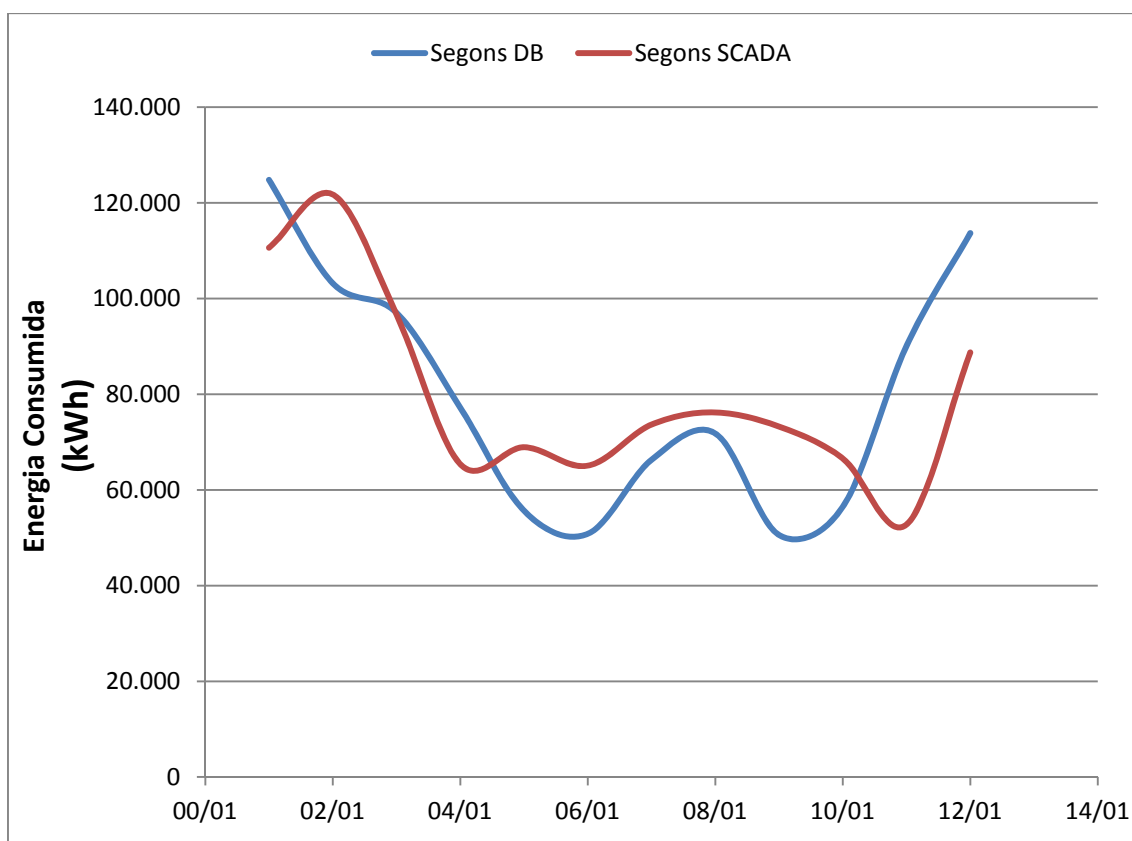


Figura 62. Comparació del consum elèctric total monitoritzat amb el simulat

Com ja s'ha dit anteriorment, no es busca una exactitud de valors entre el model informàtic i l'edifici real (ja que això seria impossible) sinó uns perfils de funcionament i de reacció a canvis iguals.

D'altra banda, és important tenir en compte que el model de simulació fa servir un fitxer de dades meteorològiques d'un any típic. Per altra banda, només s'han pogut extreure valors de la base de dades del sistema de monitorització de l'últim any. Seria interessant fer mitjanes de consums monitoritzats durant un període de 5-10 anys per poder comparar-los de forma més eficaç amb el model informàtic.

Aquest fet no ha sigut possible de moment.

## 6 DISCUSSIÓ DE RESULTATS

En aquest apartat es discutiran els possibles motius de les diferències detectades entre el model i l'edifici real. Tot i que van lligades entre si i repercuteixen tots els factors estudiats a continuació s'han diferenciat en tres grups per fer més entenedores les seves conseqüències en les diferents parts del sistema.

### 6.1 Potència elèctrica consumida pel sistema

Tot i que com s'ha dit anteriorment la potència elèctrica consumida pel model segueix el mateix perfil que la monitoritzada hi han diferències que s'han d'analitzar. Aquestes diferències seran degudes principalment a:

- Diferències en les consignes de temperatura: dins el model informàtic s'han definit consignes fixes tant de calefacció (21°C) com de refrigeració (25°C). En la realitat, s'ha observat que els usuaris modifiquen aquestes consignes fins a valors que no són lògics ni saludables (20°C en el cas de la refrigeració del centre de serveis). Aquest fet en particular provocarà un augment notable en la potència de refrigeració demandada per l'edifici.
- Diferències en les consignes de ventilació mecànica: com s'ha explicat anteriorment, els sistemes de ventilació presents a la biblioteca i al centre de serveis funcionen sota una consigna de concentració de monòxid de carboni (CO). En el software de simulació no podem introduir aquest tipus de consigna ja que requeriria d'un càlcul molt acurat de les condicions de salubritat de l'habitatge. Tot i que en el software s'ha programat la ventilació segons l'ocupació present en cada zona (i serà aquest període on la concentració de monòxid de carboni serà més elevada), aquest fet pot ocasionar diferències notables. Val a dir que en edificis tan grans, la ventilació té un paper crític.

### 6.2 Temperatures

- Factor humà: com en el cas anterior, les consignes de temperatura de calefacció i refrigeració poden ser modificades pels usuaris. En aquests moments, les temperatures simulades seran diferents a les reals. També és

important entendre que la simple obertura de una finestra en la vivenda pot ocasionar diferències importants de temperatura.

### 6.3 Consum elèctric total

Val a dir que els factors que s'han analitzat fins ara repercutiran en el consum final d'energia. Altres factors que podran afectar i causar diferències entre l'energia monitoritzada i la simulada són:

- Càrregues miscel·lànies del sistema: englobem dins aquest grup tots els electrodomèstics, equips informàtics, làmpades individuals, etc.. Aquestes càrregues en definitiva consumiran una energia que no ha estat parametrizada dins el model ja que podrien distorsionar el comportament tèrmic del sistema. Hem de tenir en compte que estem analitzant un complex molt gran, i que tot i que l'energia consumida per aquests aparells és petita individualment; pot ser important globalment.
- Vacances i festius: tant la biblioteca com el centre de serveis (que representen una part important del consum elèctric total) realitzen dies festius i vacances. Durant aquest període es paren els equips de climatització, il·luminació, etc. Tot i que el software permet la definició d'aquests períodes vacacionals, s'ha comprovat que distorsionen els resultats i no eren positius per a una correcta modelització de l'edifici, per tant no s'han definit. Aquest fet pot ocasionar diferències entre el consum elèctric del model i el de l'edifici real durant els períodes vacacionals (desembre-gener i agost-setembre). Tot i així, s'ha considerat que aquestes diferències no eren representatives.
- Aproximació de la potència del sistema de refrigeració: com s'ha explicat anteriorment, la potència de refrigeració és variable i difícil de definir exactament. En el model s'ha definit com un 40% de la potència de calefacció. Si ens fixem en el gràfic comparatiu anterior, es pot veure que en els mesos d'estiu l'energia consumida per part del model és una mica inferior a la real.
- S'ha de tenir en compte també el COP (Coeficient d'Operació) de les bombes de calor. En el cas del model s'ha definit com un valor fix. No serà així en el cas del sistema real ja que aquest anirà fluctuant segons l'eficiència d'intercanvi del sistema de geotèrmia, que al mateix temps dependrà de la demanda de l'edifici i de les condicions meteorològiques.

## 6.4 Conclusió

El model es satisfactori en els paràmetres que es desitjaven:

- Comportament tèrmic
- Potència de climatització i ACS consumida
- Consum energètic total

Aquest model serà de gran utilitat per a intentar millorar el rendiment de la instal·lació sense haver d'interrompre les activitats que si duen a terme.

## 7 RESUM DE MILLORES

### 7.1 Introducció

Seguidament s'adjunten els resums de les propostes de millora que s'han estudiat gràcies al model informàtic que s'ha obtingut.

Degut a que l'edifici ja està en funcionament i no es poden realitzar grans canvis físics, ens hem centrat en actuacions que afectin en la mínima mesura possible les diferents activitats que es porten a terme al complexe Alexandra.

### 7.2 Millores proposades

Seguidament s'adjunta la taula 11, un resum de les millores proposades. Algunes estan enfocades a reduir el consum energètic i d'altres a millorar el confort en diferents zones de l'edifici. Totes les millores proposades han estat descrites de forma detallada en el document corresponent.

Millora	Estalvi energètic (kWh/any)	Estalvi econòmic (€/any)
Confort a la Sala d'Estudi	-	-
Coberta Vegetal	3759	563,85
Augment ventilació natural vivendes	6520	978
Ampliació instal·lació fotovoltaica	15780	2367
Free-cooling nocturn biblioteca	315,	47,30
<b>TOTAL</b>	<b>26374 kWh/any</b>	<b>3956,15 €/any</b>

Taula 11. Resum de les millores proposades

Nota: L'estalvi econòmic descrit en la taula anterior es considera un cop amortitzat el cost de la millora. Aquest fet és descrit de forma detallada posteriorment.

## 8 PRESSUPOST

### 8.1 Pressupost de l'estudi

En concepte de feina en la modelització i comprovació del model informàtic, els honoraris d'enginyeria són de 2577,30 €

CONCEPTE	HORES	PREU HORA	COST
Definició del Model	40	30	1200
Obtenció de dades monitoritzades	6	30	180
Posada en marxa del model	15	30	450
Comprovació de Resultats	10	30	300
		<b>SUBTOTAL</b>	2130
		<b>IVA( 21%)</b>	447,3
		<b>TOTAL</b>	<b>2577,3 €</b>

Taula 12. Pressupost de l'obtenció del model

### 8.2 Resum de pressupostos de les millores

Seguidament es s'adjunten els pressupostos resumits de les millores proposades, aquests s'han adjuntat de forma detallada en els documents pertinents.

Millora	TOTAL (€)
Confort a la Sala d'Estudi	2093,3
Coberta Vegetal	4528,29
Augment ventilació natural vivendes	217,8
Ampliació instal·lació fotovoltaica	28247,16
Free-cooling nocturn biblioteca	217,8

Taula 13. Resum dels pressupostos de les millores proposades



## 9 BIBLIOGRAFIA

- John M Swift, Tom Lawrence, Amelia Pavlik. ASHRAE GreenGuide 2009
- COENGER. Projecte executiu d'instal·lacions del complexe Alexandra
- Design Builder official page (<http://www.designbuilder.co.uk>)
- Sol arq (<http://www.sol-arq.com/designbuilder/>)
- Aurea Consulting (<http://www.ecoeficiente.es>)
- Foro oficial del software Design Builder (<http://www.forosdesignbuilder.es>)
- Co2en Energy Consulting (<http://www.co2en.com>)