



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Àlex Florensa i Duaigües

Titulació: Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació

Títol de Treball Final de Grau: Estudi de rehabilitació energètica d'un habitatge unifamiliar mitjançant TRNSYS a Almatret (Lleida)

Director/a: Daniel Chemisana Villegas i Àlex Moreno Bellostas

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2020

Índex de continguts

Capitol 1 Introducció.....	4
1.1 Introducció.....	4
1.2 Objecte.....	6
1.3 Hipotesi de cerca.....	8
1.4 Normativa.....	9
Capitol 2 Definicions.....	10
2.1 Que es BIM?.....	10
2.2 Energia renovable.....	12
2.3 Disseny Sostenible.....	12
Capitol 3 Habitatge objecte d'estudi.....	14
3.1 Localització.....	14
3.2 Dades cadastrals.....	15
3.3 Dades climatiques generals.....	16
3.4 Descripció de l'edifici.....	17
3.5 Planols de l'edifici.....	19
3.6 Reforma de l'envolvent.....	20
Capitol 4 Consum.....	22
4.1 Per que hem de reduir el consum d'energia?.....	22
4.2 Estudi de la demanda energetica de l'edifici.....	25
4.2.1 Consum elèctric per mesos.....	25
4.3 Recursos solars i geotèrmics.....	26
4.4 Energia fotovoltaica.....	27
4.4.1 - L'efecte fotovoltaic.....	27
4.4.2 - Components d'un sistema fotovoltaic.....	28
4.5 Energia solar tèrmica.....	31
4.6 Energia Geotèrmica.....	34
Capitol 5 Programa de simulació TRNSYS.....	35
5.1 Diagrama principal de calcul i outputs de TRNSYS.....	36
5.1.1 Weather data reader: type 15-3.....	36
5.1.2 PV panels. Crystalline modules: type 94a.....	38
5.1.3 Data reader: type 9c.....	39
5.1.4 Online graphical plotter: type 65d.....	40
5.1.5 Quantity integrator: type 24.....	41
5.1.6 Printer without units: type 25c.....	42
Capitol 6 Producció fotovoltaica.....	43
6.1 Dimensionat tècnic.....	43
6.2 Anàlisi de dades.....	46
6.3 Anàlisi de la cobertura i l'autoconsum.....	49
Capitol 7 Bibliografia.....	51
Capitol 8 Glossari.....	52
Annex 1 Planols de l'edifici.....	53
Annex 2 Taules de consum i producció electrica.....	54

Índex d'Il·lustracions

Vista 3D del model de Sketchup per Open Studio.....	10
Vista 3D del model en Revit.....	11
Catalunya.....	14
Segrià.....	14
Almatret.....	14
Localització de la parcel·la dins el teixit urbà del municipi.....	15
Dades cadastrals.....	15
Classificació climàtica Koppen-Geiger.....	16
Dades climàtiques de la comarca del Segrià.....	16
Transmitància tèrmica màxima establerta pel CTE.....	20
Calcul de la transmitància tèrmica del mur exterior.....	20
Calcul de la transmitància tèrmica de les finestres.....	21
Transmitància tèrmica màxima establerta pel CTE.....	21
Preu del Wp instal·lat als últims anys.....	24
Espectre visible.....	26
Soport de panells fotovoltaics fixe.....	29
Soport de panells fotovoltaics de doble eix.....	29
Elements d'un sistema fotovoltaic aïllat.....	30
Esquema bàsic d'una instal·lació termosolar.....	31
Exemple de captador solar pla.....	32
Diferents esquemes d'instal·lació geotèrmica.....	34
Esquema de nodes de TRNSYS.....	36
Rendiment de les plaques en funció de la inclinació i la orientació.....	44
Diferència entre consum i producció al mes de desembre.....	45

Taula de grafiques

Grafica 1: Consums i producció fotovoltaica per hora de desembre.....	46
Grafica 2: Diferencia entre consum i producció al mes de juny.....	47
Grafica 3: Consums i producció fotovoltaica per hora de juny.....	48
Grafica 4: Taula de consums i produccions anuals.....	49

Capítol 1 Introducció

1.1 Introducció

Arran de la publicació del Real Decret 244/2019 de 5 d'abril pel que es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica al BOE del dissabte 6 d'abril del 2019, es va obrir un període daurat per la instal·lació i explotació de plaques solars fotovoltaïques al nostre país.

Aquest real decret en substitueix un altre publicat el 10 d'octubre de 2015 que va quedar íntegrament derogat el dia 7 d'abril de 2019. Tots dos decrets desenvolupen l'article 9 de la llei 54/97 de 27 de novembre del Sector Elèctric però des de dos punts de vista força diferents.

El RD 900/2015 va generar molta polèmica per que va instaurar l'anomenat impost al sol; una taxa que aparentment gravava qualsevol instal·lació que generes energia elèctrica ja fos mitjançant plaques fotovoltaïques, cogeneració o altres. La exposició de motius del real decret parlava de qualsevol instal·lació connectada a la xarxa havia de contribuir per que la generació distribuïda «no redueix els costos de manteniment de les xarxes de transport i distribució ni altres costos del sistema elèctric, provocant, en alguns casos, costos d'inversió addicionals en les xarxes per adequar-les a les necessitats derivades d'aquesta generació distribuïda». De totes maneres, si llegiem detingudament el text del decret, en concret a l'apartat 2 de l'article 7, ens n'adonem que quedaven exemptes de gravamen les instal·lacions de menys de 10kW, que són la immensa majoria de les instal·lacions d'habitatges particulars. Però a l'imaginari popular ja s'havia escampat la falsa creença que la instal·lació de plaques solars, ni que fos exclusivament per autoconsum, estava gravat per un impost i no era una opció atractiva.

En qualsevol cas, a l'abril del 2019 va entrar en vigor el nou real decret superant amb escreix les expectatives del sector i la situació va canviar diametralment. Al tercer paràgraf de la exposició de motius del nou decret ja hi diu literalment que «la energia autoconsumida d'origen renovable, cogeneració o residus, estarà exempta de tot tipus de carregues i peatges».

L'anàlisi de la normativa tampoc es l'objecte d'aquest treball, però només farem dos apunts més:

- Es pot revertir a la xarxa l'energia produïda i no consumida. Es l'anomenat autoconsum amb excedents. S'estableix un sistema de compensacions pels usuaris que vessin energia sobrant a la xarxa.
- Es desenvolupa el concepte d'autoconsum col·lectiu i de consumidor associat.

Aquest canvi legislatiu tan potent sumat al fort desenvolupament tecnològic tan de les plaques fotovoltaïques com dels sistemes d'emmagatzematge d'energia elèctrica han

convertit a aquesta opció en una de les mes esteses ultimament a l'hora de fer una reforma energètica d'un habitatge i fins i tot, d'alguna empresa amb un consum elèctric moderat.

Un altre dels canvis legislatius que ens afecta de ple es el publicat el passat 27 de desembre de 2019 al BOE, modificant el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). En aquesta modificació s'introdueix canvis d'estalvi d'energia, de seguretat, s'actualitzen les exigències bàsiques d'estalvi d'energia i de seguretat en cas d'incendi i s'introdueix una nova exigència de salubritat de protecció davant l'exposició al gas Radó.

Totes elles són transposicions de la directiva europea 2010/31/UE d'eficiència energètica però ja ha estat modificada per la Directiva Europea 2018/844. O sigui, ja anem tard. Ja tornem a estar desfasats.

Tot seguit presentem una taula amb el resum dels canvis més significatius d'un reglament vers l'altre.

Seccions del DB HE 2013	Seccions del DB HE 2019
HE0 Limitació del consum energètic – Consum d'energia primària no renovable (EP_{nrem}) – Qualificació en consum d'energia primària no renovable HE1 Limitació de la demanda energètica Demanda energètica – Demanda de calefacció (D_{cal}) – Demanda de refrigeració (D_{ref}) – Estalvi de la demanda conjunta (%) – Demanda conjunta inferior a la del edifici de referència (D_G) Qualitat de l'envolupant tèrmica – Transmissió tèrmica (U) Limitació de la minva de prestacions de l'envolupant tèrmica – Risc de condensacions HE2 Rendiment de les instal·lacions tèrmiques Limitacions establertes en RITE HE3 Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació VEEI, P_{tot} , Sistemes de control i regulació HE4 Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària Producció mínima en relació a la demanda d'ACS Condicionament de piscines cobertes HE5 Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica Potència mínima a instal·lar	HE0 Limitació del consum energètic – Consum d'energia primària no renovable ($C_{ep,nrem}$) – Consum total d'energia primària ($C_{ep,tot}$) HE1 Condicions per al control de la demanda energètica Característiques tècniques de l'envolupant tèrmica – Transmissió tèrmica de cada element constructiu (U) – Transmissió tèrmica global (K) – Control solar ($q_{sol,ijul}$) – Permeabilitat a l'aire (Q_{100}) – Limitacions de descompensacions (U) – Limitacions de condensacions de l'envolupant HE2 Condicions de les instal·lacions tèrmiques Limitacions establertes en RITE HE3 Condicions de les instal·lacions d'il·luminació VEEI, P_{tot} , Sistemes de control i regulació HE4 Contribució mínima d'energia renovable per a cobrir la demanda d'aigua calenta sanitària – Aportació mínima d'energia procedent de fonts renovables – Escalfament d'aigua de piscines cobertes – Condicionament d'espais oberts de formes permanent HE5 Generació mínima d'energia elèctrica Potència mínima a instal·lar

Taula 1: Quadre dels canvis de seccions, indicadors i característiques addicionals del DB HE.

Font: CAATEB

Mes enlla de l'aplicació de qualsevol normativa, el que es preten es fer un estudi per reduir al màxim possible l'empremta ecològica tot utilitzant les fonts d'energia renovables i locals a l'abast.

1.2 Objecte

L'origen del treball rau en la voluntat de realitzar un projecte global, complet i real, a més d'incorporar totes les nocions apreses de diferents camps i poder-les integrar conjuntament, amb el propòsit de mantenir com a premissa que el treball funcioni tan individualment, com que formi part d'un tot de projecte global de les especialitats d'Arquitectura Tècnica i Edificació.

Més enllà de temes acadèmics, aquest projecte neix de l'interès d'incorporar energies renovables a un element real i proper, com un habitatge unifamiliar. En una situació informal, sorgeix la possibilitat de poder desenvolupar el projecte en un habitatge de familiars propers interessats amb integrar i incorporar sistemes d'energies renovables al seu propi habitatge.

L'origen de l'energia elèctrica i de l'energia tèrmica prové de diferents fonts, tanmateix gran part d'elles utilitzen combustibles fòssils o no renovables.

La tendència actual evolutiva és anar abandonant aquests tipus de combustibles, ja que són elements finits a la natura i, progressivament s'esgoten. A part de la gran repercussió de gasos i elements tòxics que expulsen cap a l'atmosfera, comportant una càrrega a la contribució d'efecte hivernacle important. En aquest context es proposa l'estudi de la incorporació de sistemes d'energies renovables a un habitatge unifamiliar, posant en pràctica així el concepte de generació distribuïda.

A continuació, es presenten els objectius d'aquest treball i l'abast fixat en aquest primer volum del projecte global, així com s'incorporen algunes nocions esquemàtiques sobre la metodologia emprada.

L'objectiu principal del projecte de fi de grau és fer una proposta d'incorporació de diferents sistemes de generació d'energia renovable que es podrien instal·lar a l'habitatge estudiat a fi d'abastir les seves necessitats energètiques. L'assoliment de l'objectiu principal passa pel compliment de premisses inicials més concretes, com per exemple, l'anàlisi de les necessitats elèctriques i tèrmiques de l'habitatge. Realitzant-lo a través de l'anàlisi del perfil de demanda real i actual al llarg de les 24 hores del dia.

Un cop estudiats i analitzats els diferents sistemes, és important detectar aquells sistemes de generació que no encaixin amb el cas d'estudi i descartar-los. Ja sigui per motius diversos: per falta de recurs renovable; per incompliment de les legislacions vigents; per manca d'espai disponible per muntar la instal·lació; per no complir requisits tècnics, de viabilitat; o, perquè els sistemes no siguin prou vàlids per arribar a satisfer la demanda del client.

Com a premissa també s'inclou la connexió de la instal·lació a la xarxa, fet acordat amb els propietaris de l'habitatge objecte del treball. Aquest fet serà també determinant a l'hora de definir els components que la formen. Per tant, a partir dels sistemes de generació escollits, és important assegurar l'existència de certa sinergia entre els diferents sistemes,

Estudi i reforma energètica d'un habitatge unifamiliar.

per una banda, entre els diferents sistemes escollits i, d'altra banda, amb la xarxa elèctrica.

Finalment, aquest estudi pretén contribuir al potenciament de la generació distribuïda, l'autoconsum i les fonts d'energia renovables.

1.3 Hipotesi de cerca

En qualsevol reforma energètica d'un habitatge, la primera hipotesi hauria de ser la renovació dels elements de protecció passiva, o sigui, la envoltant de l'edifici. En aquest cas, l'habitatge data del 1993 i es la reforma d'un antic paller.

De l'edifici original només se'n va aprofitar les parets exteriors, uns murs massissos de pedra calcària local amb un gruix de entre 60 i 65cm amb un coeficient aïllant perfectament acceptable.

Pel que fa la resta de tancaments de la planta primera com són les portes de balcó i les finestres, són amb doble vidre i marc d'alumini amb trencament de pont tèrmic.

Un estudi bàsic d'aquests elements ens porta a la conclusió de que no s'han amortitzat i per millorar-los d'una manera substancial s'hauria d'instal·lar uns elements amb un preu molt elevat.

Amb tot això, s'ha descartat fer qualsevol modificació en l'arquitectura i tancaments i s'ha optat per centrar l'estudi en la optimització dels elements actius com són els consums elèctrics i de combustibles fòssils.

1.4 Normativa

- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).
 - Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB HE)
 - Document Bàsic de Seguretat en cas d'Incendi (DI)
- Normes tecnològiques de l'edificació NTE-IEF.
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE) i les seves Instruccions Tècniques.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) i les seves Instruccions Tècniques Complementàries (ITC-BT).
- Plec de Condicions Tècniques per instal·lacions de baixa temperatura.
- Real Decret 865/2003, del 4 de juliol, que estableix criteris higiènics i sanitaris per la prevenció i control de la legionel·la.
- Real Decret 244/2019, del 5 d'abril, que regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- Recomanació (UE) 2019/786 de la comissió de 8 de maig de 2019 relativa a la renovació d'edificis

Capitol 2 Definicions

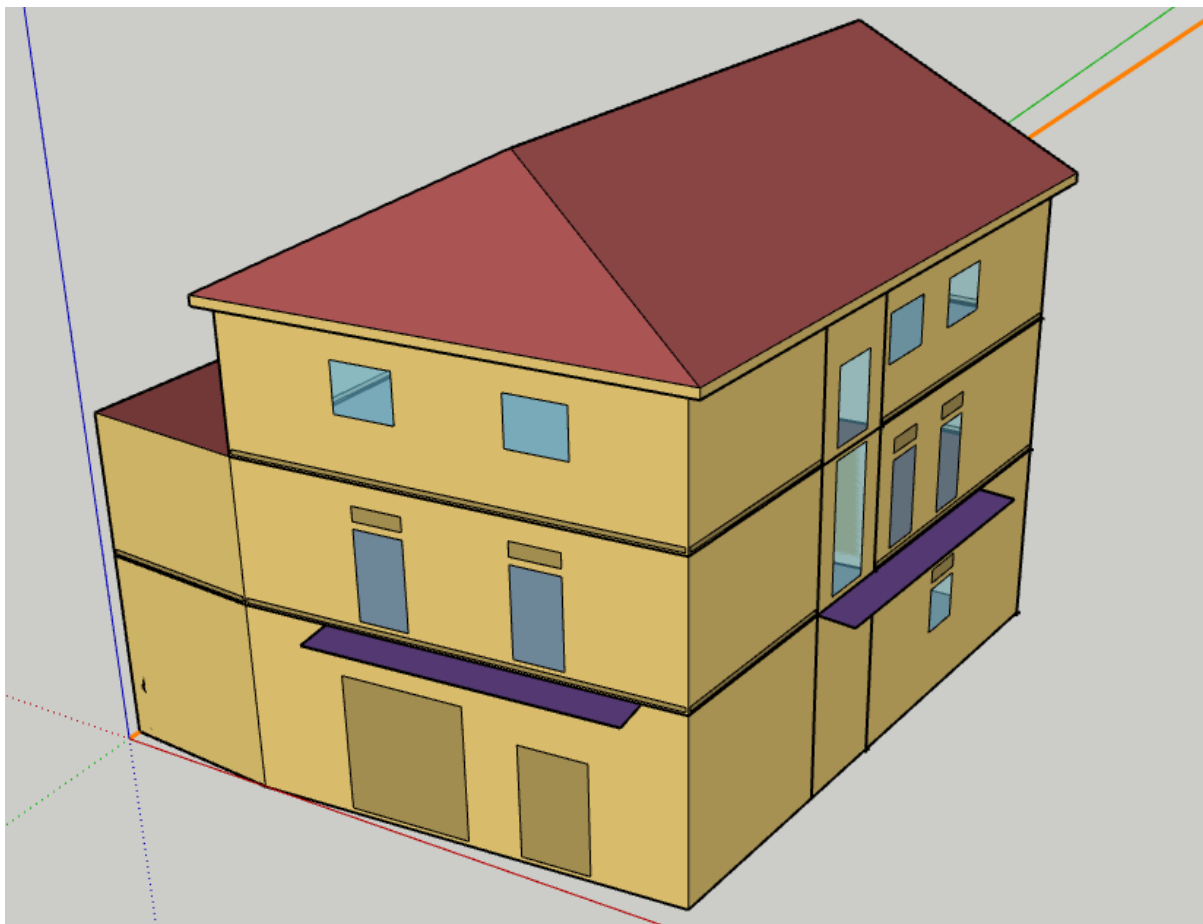
2.1 Que es BIM?

Building Information Modelling es un acrònim de la traducció a l'angles de Informació del Modelat d'Edificis. Es perillós definir una cosa per allo que no es, però BIM no es un edifici en 3D (que també), BIM no es REVIT (si, es pot fer BIM amb aquest software), BIM es un conjunt de techniques, processos i metodologies per projectar edificis i infraestructures, capacitant a tots els agents que intervenen en una obra a col·laborar en el disseny, construcció i operació de l'edifici en un entorn virtual previ a la construcció.

<https://www.youtube.com/watch?v=5Qj9pl5us7o>

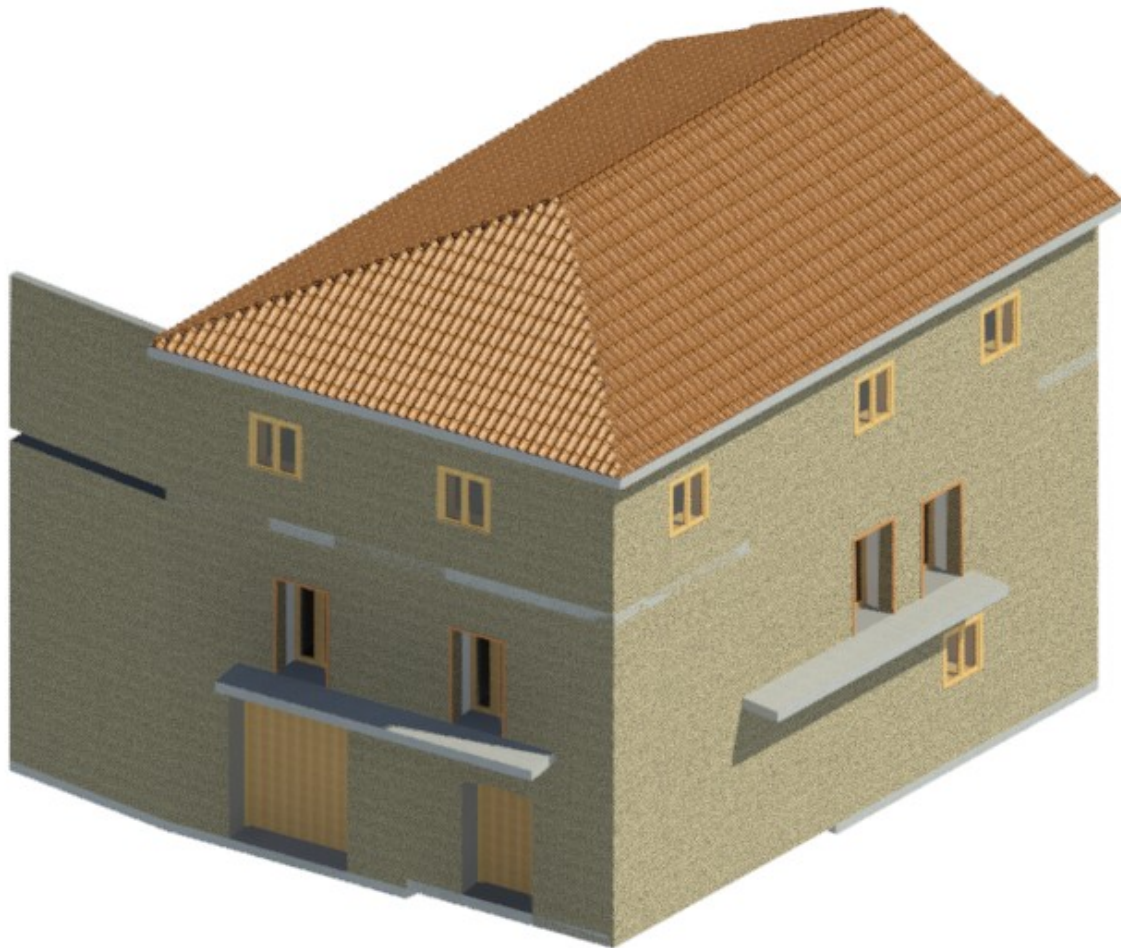
En el nostre cas, hem modelat l'edifici objecte d'estudi en dos softwares diferents amb l'objectiu d'extreure un tipus d'informació de cada un dels models.

S'ha modelat l'edifici en Sketchup per introduir-lo a Open Studio i EnergyPlus per fer-ne un estudi energètic complet.



Il·lustració 1: Vista 3D del model de Sketchup per Open Studio

S'ha modelat l'edifici també amb Revit (Autodesk) per tenir-lo com a repositori de dades com ara volums, superfícies de les diferents habitacions, orientació, un hipotetic estudi solar, etc...



Il·lustració 2: Vista 3D del model en Revit

2.2 Energia renewable

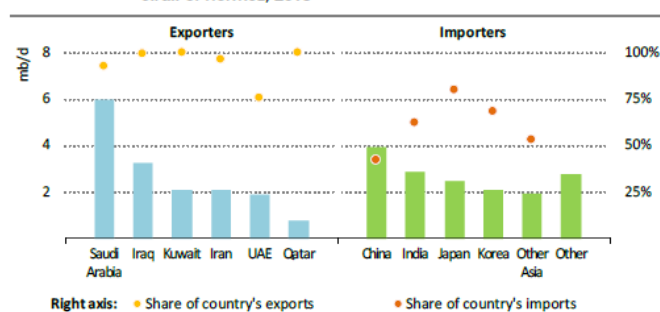
Al llarg de tota la història, la humanitat hem utilitzat energies renovables com a font d'energia, des de molins de vent o d'aigua fins la actualment coneguda com biomassa. No fou fins la revolució industrial, a partir del segle XIX, que es generalitzà l'ús de combustibles fòssils com ara carbó, petroli i gas.

Si be es cert que la abundància d'aquestes matèries primeres va ajudar al desenvolupament i a l'augment del nivell de vida de la seva gent, també s'ha demostrat que des d'un punt de vista mediambiental, son una de les causes principals de l'increment del canvi climàtic.

Una altra raó pel progressiu abandonament de l'ús dels combustibles fòssils es que el ritme de consum d'aquestes fonts d'energia es molt superior al ritme de regeneració que ens pot oferir la natura, amb el risc d'esgotament que això provoca.

Una ultima raó vindria des del punt de vista geopolític. Els grans jaciments de combustibles fòssils son on son i estan en mans de qui estan. Sense entrar en mes detalls que no son objecte d'aquest estudi, no podem continuar depenent energèticament (i per tant econòmicament) d'uns països i d'una gent els interessos dels quals no solen coincidir amb els nostres.

Figure 3.17 ▶ Major exporters and importers of crude oil traded via the Strait of Hormuz, 2018



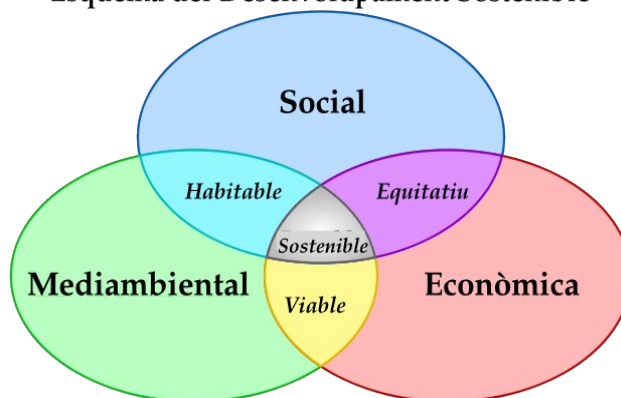
Over 80% of the oil traded via the Strait of Hormuz flows to Asia; most of the world's exporters and importers rely heavily on trade flows via the Strait

Notes: UAE = United Arab Emirates. Other importers include: Europe (with 8% of total imports flowing through the Strait of Hormuz), Africa (6%), Americas (2%) and other Middle Eastern countries.

2.3 Disseny Sostenible

Es clar que un dels camins a explorar es l'ús d'energies renovables per definició i amb la font de l'energia el mes prop possible de l'usuari final, però un altre camí tan o mes important seria l'estalvi i la eficiència en l'ús d'aquesta energia. Dins la filosofia de disseny sostenible i seguint fil per randa la definició que trobem a l'informe Brundtland, per dissenyar de manera sostenible hem de satisfer les necessitats de la generació actual sense comprometre la capacitat per satisfer les necessitats de les generacions futures.

Esquema del Desenvolupament Sostenible



com a confluència de les tres preocupacions

Capítol 3 Habitatge objecte d'estudi

3.1 Localització

L'edifici objecte del present estudi esta situat al carrer Vall nº 38, a la població d'Almatret, al sud de la província de Lleida.



Il·lustració 3: Catalunya



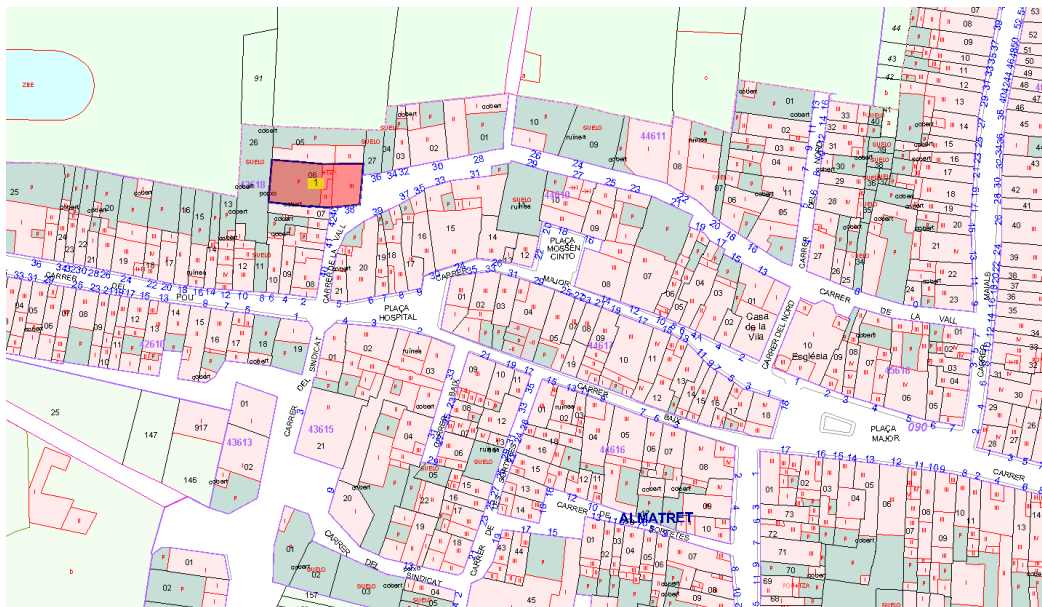
Il·lustració 4: Segrià



Il·lustració 5: Almatret

3.2 Dades cadastrals

Segons les dades que apareixen a la pagina web del cadastre, es una finca de 372m² de classe urbana, amb us residencial i una superfície construïda de 419m².



Il·lustració 6: Localització de la parcel·la dins el teixit urbà del municipi

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral	4361806BF8746S000111
Localización	CL VALL 38 25187 ALMATRET (LLEIDA)
Clase	Urbano
Uso principal	Residencial
Superficie construida	419 m ²
Año construcción	1993

PARCELA CATASTRAL

Parcela construida sin división horizontal	
Localización	CL VALL 38 ALMATRET (LLEIDA)
Superficie gráfica	372 m ²

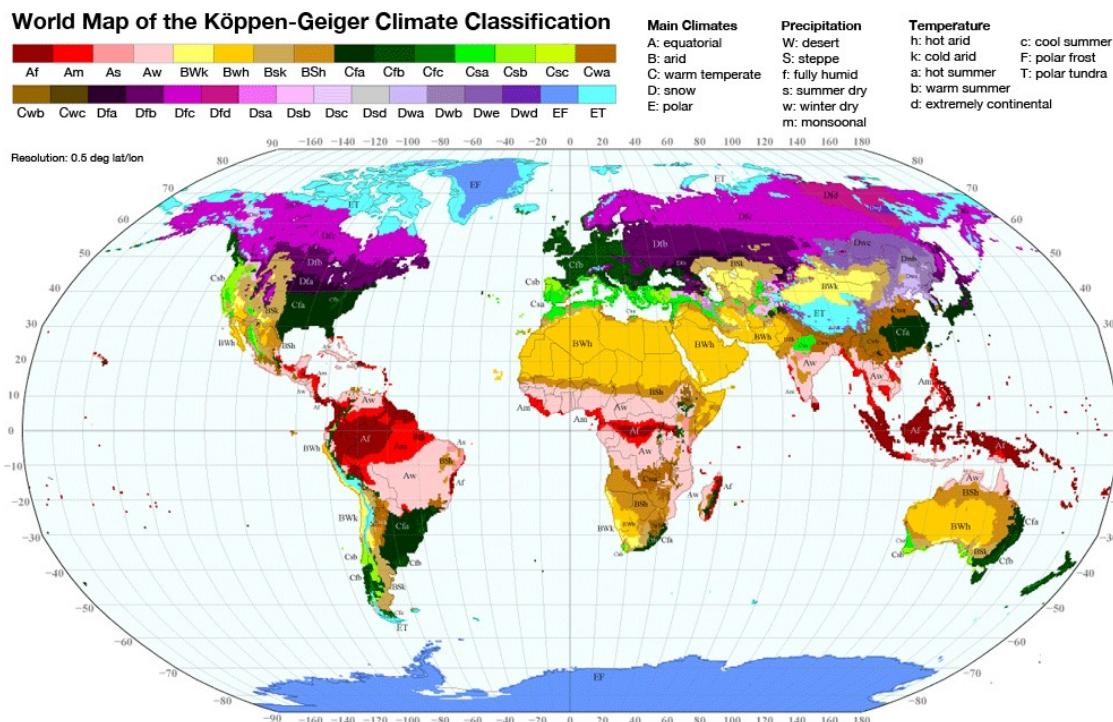
CONSTRUCCIÓN

Uso principal	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m ²	Tipo Reforma	Fecha Reforma
ALMACEN	1	00	01	134		
VIVIENDA	1	00	02	22		
VIVIENDA	1	01	01	146		
ALMACEN	1	02	01	117		

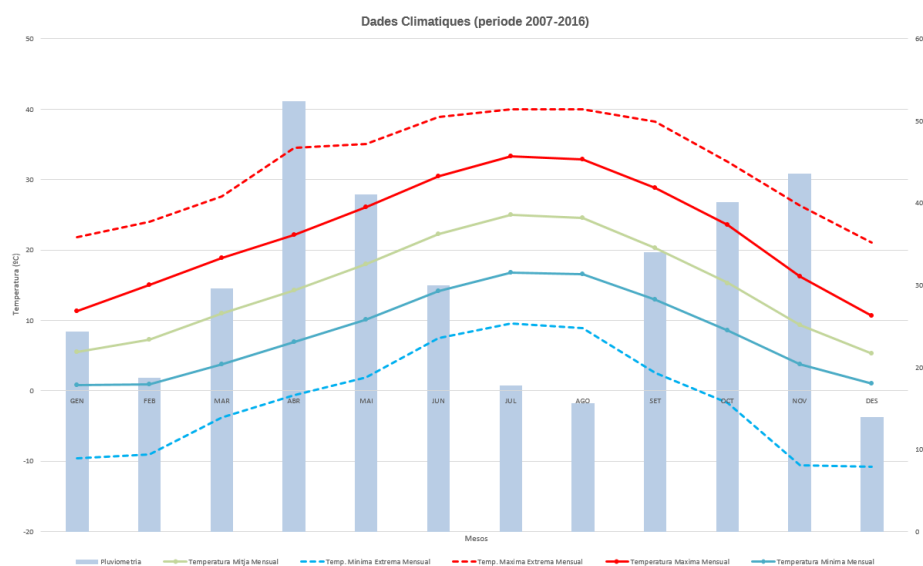
Il·lustració 7: Dades cadastrals

3.3 Dades climatiques generals

D'acord amb les classificacions climatiques de Koppen i Geiger, Almatret esta en una zona classificada com BSk o be, clima mediterrani continentalitzat. La temperatura mitja anual es de 15,2°C i les precipitacions estan en una mitja de 423mm.



Il·lustració 8: Classificació climatica Koppen-Geiger



Il·lustració 9: Dades climatiques de la comarca del Segrià

3.4 Descripció de l'edifici

- Descripció geomètrica

L'objecte del nostre estudi es un habitatge unifamiliar aïllat que consta de planta baixa mes dos amb un jardí a la part oest.

La planta baixa consta d'una entrada peatonal que dona a l'escala d'accés a les plantes superiors i una altra porta d'entrada per a vehicles que dona accés a una zona d'aparcament, diverses habitacions per a instal·lacions un accés a una cisterna on s'emmagatzema aigua de pluja, un lavabo i una altra porta per on s'arriba al jardí.

QUADRE DE SUPERFÍCIES – PLANTA BAIXA	
VESTÍBUL	13,95m ²
MAGATZEM	69,10m ²
SALA INSTAL·LACIONS	7,60m ²
TRASTER 1	18,20m ²
TRASTER 2	10,05m ²
BANY	6,55m ²
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	125,45m ²
TOTAL SUPERFÍCIE CONSTRUÏDA	155,80m ²

La planta primera es l'habitatge principal que consta d'un menjador-sala d'estar, una cuina, dos lavabos i quatre habitacions. Te una galeria coberta a la façana oest on s'hi accedeix per una porta a la cuina i una altra porta d'una altra habitació. A la façana est hi ha un balcó amb dos portes que hi accedeixen des de dos respectives habitacions i a la façana sud també hi ha un balcó amb dos portes que hi donen acces des del menjador i des d'una altra habitació.

QUADRE DE SUPERFÍCIES – PLANTA PRIMERA	
SALA MENJADOR	26,20m ²
HABITACIÓ 1	14,85m ²
HABITACIÓ 2	9,10m ²
HABITACIÓ 3	14,20m ²
HABITACIÓ 4	9,70m ²
CUINA	9,75m ²
BANY 1	5,55m ²
BANY 2	4,90m ²

DISTRIBUÏDOR	10,00m ²
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL INTERIOR	104,25m ²
TERRASSA COBERTA (S.UTIL)	18,60m ²
TERRASSA COBERTA (S. CONST)	9,30m ²
TOTAL SUPERFÍCIE CONSTRUÏDA	145,90m ²

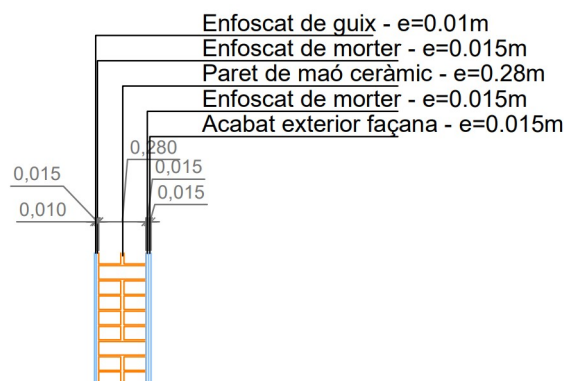
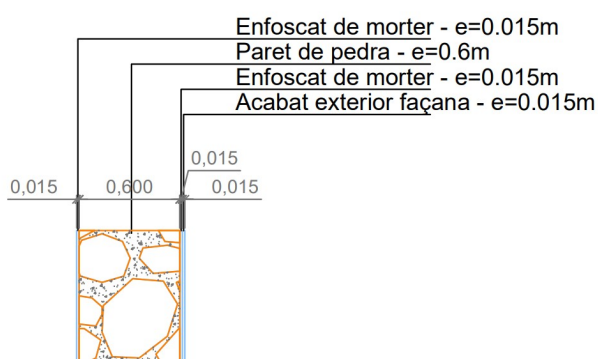
La segona planta encara no està acabada per ser habitable però reuneix totes les condicions per ser-ho només amb una petita reforma i condicionament. Hi ha envans divisoris que formen tres habitacions que actualment s'utilitzen com a traster. Consta de tres finestres a la façana oest, dos finestres a la façana sud i tres finestres mes a la façana est.

QUADRE DE SUPERFÍCIES – PLANTA SEGONA	
SALA	55,15m ²
HABITACIÓ 1	12,50m ²
HABITACIÓ 2	9,35m ²
HABITACIÓ 3	17,40m ²
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	94,40m ²
TOTAL SUPERFÍCIE CONSTRUÏDA	117,30m ²

La forma de la planta de l'edifici es quadrada i sensiblement orientada als punts cardinals, situació que fa que la façana principal estigui situada al sud i la resta de façanes als altres punts, deixant la façana orientada al nord sense cap obertura.

- Memòria constructiva

L'estructura general de l'edifici està formada per parets exteriors de carrega com a elements verticals. La paret exterior de la planta baixa i de la primera planta es una paret de pedra farcida de morter de calç amb un gruix total de 0,6m i la paret exterior de la segona planta està formada per una paret doble de totxo ceràmic perforat alleugerit, revestit amb morter de ciment per les dos cares i una capa de guix per la cara interior. La caixa de l'escala també està formada per una paret de totxo perforat alleugerit. Tots els envans interiors son de maons ceràmics de 4 cm de gruix.



Els elements horitzontals son forjats unidireccionals amb biguetes i revoltos ceràmics. El forjat de la primera planta, el que dona a la planta baixa te una capa de poliuretà de 6 cm de gruix com a aïllament tèrmic.

La coberta es de teula arab i les pendents estan formades per envans de sostremort recolzats al forjat que fa de sostre a la segona planta.

- Tancaments

Les portes de la planta baixa son de fusta de pi d'una capa amb un bastidor posterior, sense cap obertura. Les finestres son de marcs d'alumini amb trencament de pont tèrmic i vidre simple.

A la planta primera tots els tancaments exteriors son de marc d'alumini amb trencament de pont tèrmic i doble vidre amb càmera d'aire.

A la planta segona tots els tancaments exteriors son de marc d'alumini amb trencament de pont tèrmic i vidre simple.

3.5 Planols de l'edifici

Els planols de l'edifici es troben a l'annex 1 d'aquest document.

3.6 Reforma de l'envolvent

Actualment, l'objectiu primer de qualsevol reforma d'un habitatge, tan si se'n vol dir reforma energètica o només reforma, ha de ser la reducció del consum d'energia. De fet, el mateix Codi Tècnic de l'Edificació ja estableix uns límits molt clars tan en el consum d'energia no renovable com en el consum d'energia total.

En el nostre cas particular, un estudi de la transmissió tèrmica de l'envolvent ens dona un valor de 0,318 W/m²K a la paret de pedra que conformen la planta baixa i la planta primera, lleugerament per sota del límit de 0,41 W/m²K que ens indica el CTE.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de *transmitancia térmica*, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_m)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37

Il·lustració 10: Transmissió tèrmica màxima establerta pel CTE

– Mur exterior de pedra

$$R_{SI} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{SE} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_N = \sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.6}{1.4} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.015}{0.7} = 2.97 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_T = R_{SI} + R_N + R_{SE} = 0.13 + 2.97 + 0.04 = 3.141 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3.141} = 0.318 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Il·lustració 11: Càlcul de la transmissió tèrmica del mur exterior

Pel que fa als tancaments practicables, a la primera planta son tots de marc d'alumini amb trencament de pont tèrmic i doble vidre amb camara d'aire assolint un valor de $2,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ que tot i estar per sota del que demana actualment el Codi Tècnic, que es $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, la inversió que s'hauria de fer per assolir el valor demanat no justifica l'estalvi que suposa.

– Finestra tipus 1

$$S_{\text{marc}} = (1.20 \cdot 1.00) - (1.10 \cdot 0.90) = 0.21 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{forat}} = 1.10 \cdot 0.90 = 0.99 \text{ m}^2$$

$$FM = \frac{S_{\text{marc}}}{S_{\text{forat}} + S_{\text{marc}}} = \frac{0.21}{0.99 + 0.21} = 0.175 \text{ m}^2$$

$$U_{F1} = ((1 - FM) \cdot U_{HN}) + (FM \cdot U_{HM}) =$$

$$= ((1 - 0.175) \cdot 2) + (0.175 \cdot 2.77) = 2.13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

– Porta balco

$$S_{\text{marc}} = (2.1 \cdot 0.9) - (2.0 \cdot 0.8) = 0.29 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{forat}} = 2.00 \cdot 0.80 = 1.60 \text{ m}^2$$

$$FM = \frac{S_{\text{marc}}}{S_{\text{forat}} + S_{\text{marc}}} = \frac{0.29}{1.60 + 0.29} = 0.153$$

$$U_{F1} = ((1 - FM) \cdot U_{HN}) + (FM \cdot U_{HM}) =$$

$$= ((1 - 0.153) \cdot 2) + (0.153 \cdot 2.77) = 2.12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Il·lustració 12: Calcul de la transmissió tèrmica de les finestres

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmissió tèrmica, U_{lim} [$\text{W/m}^2\text{K}$]

Elemento	Zona climàtica de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H) ^a	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80

Il·lustració 13: Transmissió tèrmica màxima establerta pel CTE

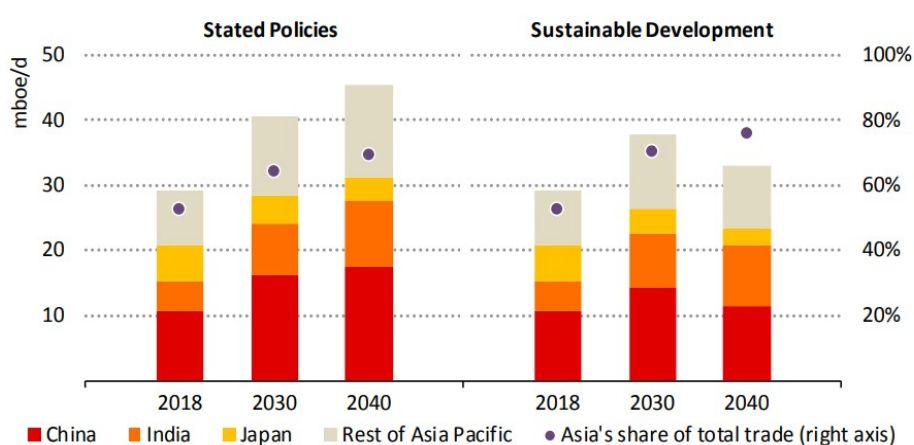
Capítol 4 Consum

4.1 Per que hem de reduir el consum d'energia?

Doncs per una pila de raons. Comencem.

Hi ha raons de caire econòmic, simplement per estalviar diners. La factura de la llum, del gas, del gasoil i d'altres combustibles que fem servir en una casa no ha parat mai de créixer i no ho farà pas en el futur. Al contrari. Depèn de quina font d'energia tinguem, cada cop serà més cara.

Figure 1.7 ▶ Net oil and gas imports to Asia by scenario



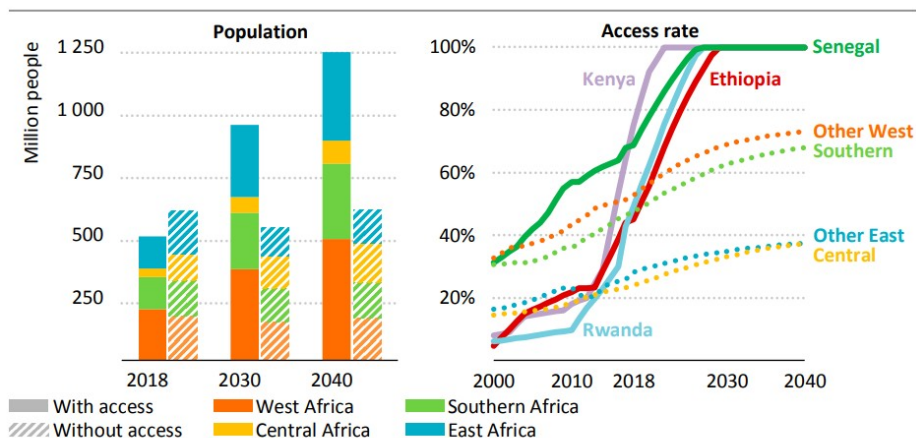
Some 70% of global net oil and gas imports flow to Asia by 2040 in both scenarios

Note: mboe/d = million barrels of oil equivalent per day.

Segons les previsions de la IEA (Agència Internacional de l'Energia), en un horitzó del 2040, tot i aplicar unes polítiques de desenvolupament sostenible, uns continents superpoblats com l'Àsia i l'Àfrica demanaran cada cop més fonts d'energia. Tenint en compte que aquestes fonts d'energia són un bé escàs,

l'augment de la demanda provocaran inevitablement una pujada de preus. També és veritat que aquestes previsions estaven fetes abans de la pandèmia, però a mesura que anem recuperant els nivells d'activitat, els nivells de consum i de contaminació malauradament també tornen a lloc.

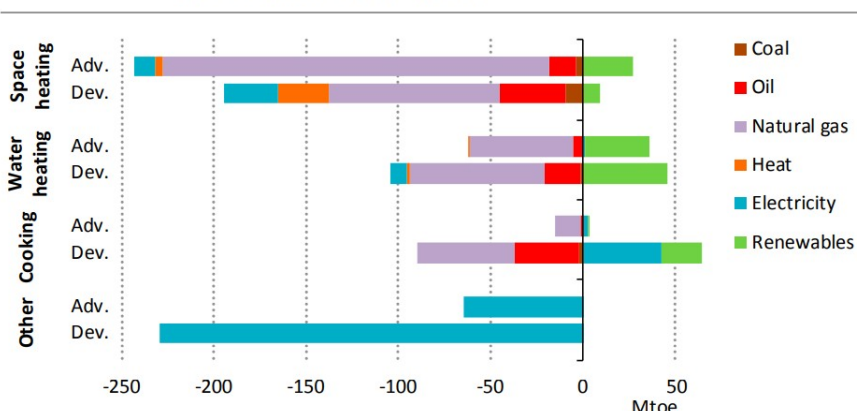
Figure 1.19 ▶ Electricity access by sub-Saharan region in the Stated Policies Scenario



A combination of affordable technologies and strong policy support is key to the rapid increase in access rates in East African countries

Hi ha raons de caire ecològic. Tot sovint surt estudis que diuen que el sector de l'habitatge es el que mes contaminació genera i el que mes tones de CO₂ llença a l'atmosfera. Ens hem de conscienciar i revertir aquests informes. Està clar que consumirem energia per escalfar-nos, per cuinar, per il·luminar el lloc on som, però hem d'aprendre a fer-ho d'una manera mes eficient i mes neta.

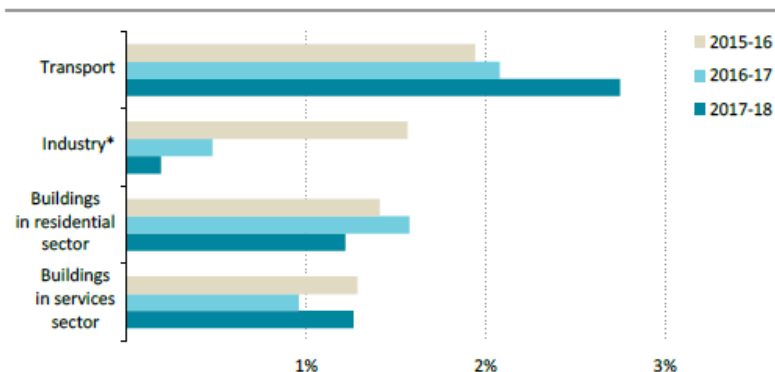
Figure 2.22 ▶ Change in energy demand by end-use in the buildings sector in the Sustainable Development Scenario relative to the Stated Policies Scenario, 2050



Sustainable Development Scenario sees significant improvements in buildings efficiency as well as fuel switching: gas is the hardest hit, with demand cut by two-thirds

Note: Adv = advanced economies; Dev = developing economies.

Figure 7.2 ▶ Year-on-year changes in the share of global energy consumption covered by mandatory efficiency standards by selected end-uses



Efficiency standards expanded for transport in 2018 while there was very little coverage increase in efficiency policies in the industry and buildings sectors

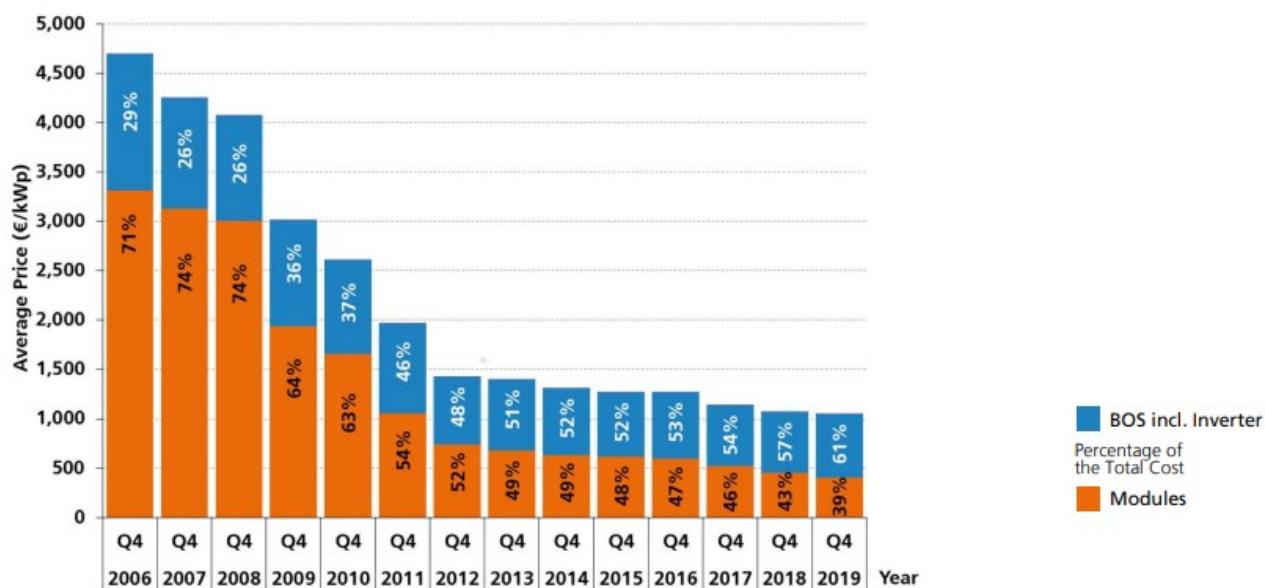
* In this case industry includes only final energy consumption of industry and not feedstock demand for chemicals or fuel transformation in blast furnaces and coke ovens.

Podem agafar en ultima instancia raons de caire legal.

El RD 732/2019 de 20 de desembre de 2019 pel que s'aprova la modificació del Codi Tècnic de la Edificació, fa referència a la seva exposició de motius a les exigències relatives a la eficiència energètica dels edificis de la directiva 2002/91/CE, la 2010/31/UE i la 2018/844 del Parlament Europeu que es van modificant una rere l'altra i van

posant uns marges cada vegada mes restrictius al consum energètic dels edificis, tot i que la normativa espanyola no sempre s'actualitza amb la mateixa velocitat. De fet, El RD de desembre 2019 es posterior a la actualització de 2018/844 però no la recull.

Cal anomenar un últim apunt respecte el tema econòmic que es l'enorme descens del preu del Wp instal·lat durant els últims anys.



Il·lustració 14: Preu del Wp instal·lat als últims anys

Aquest descens tan acusat del preu del panell, acompanyat d'un descens tan o més acusat dels sistemes d'emmagatzematge d'energia, fan cada vegada més atractives aquestes instal·lacions.

4.2 Estudi de la demanda energetica de l'edifici

Aquest estudi es basa en la reforma energètica d'un habitatge en us, per tant, no hem de fer cap estimació teòrica dels consums; ens venen donats per les empreses subministradores.

De fet, tenim modelat l'edifici amb totes les característiques físiques dels tancaments i les condicions climàtiques de l'entorn i això ens dona una aproximació força bona del comportament i de les corbes de consum energètic. El que es més difícil d'ajustar de manera teòrica es la quantitat de gent i el calendari d'us; es una segona residència amb un us mes intensiu als períodes vacacionals i caps de setmana i una ocupació en nombre molt aleatòria.

Pero reiterem que, en aquest cas hem aconseguit les corbes horàries de consum elèctric per part de l'empresa distribuïdora Electrica Serosense, S.L. que ens permeten tenir el consum real de l'any anterior i fer una projecció de consum igual de cara a un futur.

Pel que fa a la demanda d'aigua calenta sanitària, adjuntem una taula amb les dades que ens indica el CTE per abastir un habitatge amb 5 persones d'aigua calenta sanitària.

	Temp in	Temp out	l/persona	persones	dies	kJ/l °C	kJ	J	kWh
gener	9	60	28	5	31	4.18	925201.2	925201200	257.0
febrer	10	60	28	5	28	4.18	819280	819280000	227.6
març	11	60	28	5	31	4.18	888918.8	888918800	246.9
abril	12	60	28	5	30	4.18	842688	842688000	234.1
maig	14	60	28	5	31	4.18	834495.2	834495200	231.8
juny	17	60	28	5	31	4.18	780071.6	780071600	216.7
juliol	19	60	28	5	30	4.18	719796	719796000	199.9
agost	19	60	28	5	31	4.18	743789.2	743789200	206.6
setembre	17	60	28	5	30	4.18	754908	754908000	209.7
octubre	15	60	28	5	31	4.18	816354	816354000	226.8
novembre	12	60	28	5	30	4.18	842688	842688000	234.1
desembre	10	60	28	5	31	4.18	907060	907060000	252.0

Taula 2: Demanda d'aigua calenta sanitària segons el CTE

Pel que fa a la calefacció, segons les indicacions del propietari hi ha un consum de 1.000,00€/any de gasoil. Despres d'una inspecció visual a la caldera, proposem subsituir-la per una caldera de biomassa. D'aquesta manera reduim d'una manera molt considerable la emissió de CO₂ a l'atmosfera.

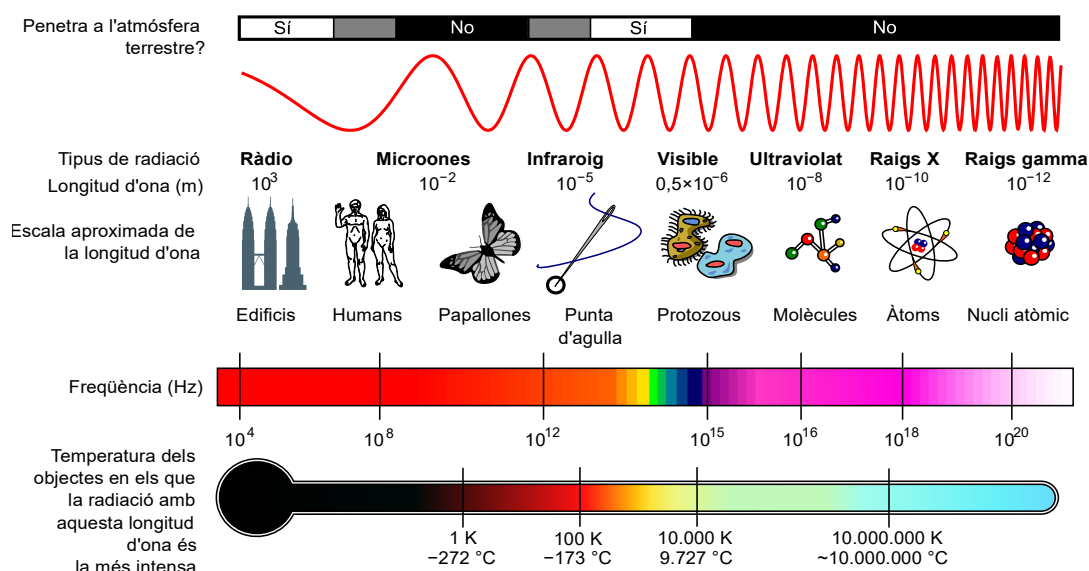
4.2.1 Consum elèctric per mesos

Les taules de consum elèctric per mesos es troben a l'annex 2 d'aquest document

4.3 Recursos solars i geotèrmics

- El Sol:

La font de tota la llum diürna es el sol, una estrella que es al voltant de 150 milions de quilometres de la terra, amb un diàmetre de 1,3 milions de quilometres. Des del nostre planeta, el sol sembla un disc amb un angle d'obertura de $0,5^\circ$ envoltat d'un halo circumsolar amb un angle aproximat d'obertura de 5° . La temperatura de la superfície del sol es d'uns 5800K. Aquesta temperatura determina la distribució espectral de la radiació emesa pel sol. El rang espectral està dividit en ultra-violeta (UV) per sota de 380nm de longitud d'ona, un rang visible entre 380nm i 780nm i un rang infraroig per sobre de 780nm. A partir d'aquí hi ha teories força desenvolupades, com la teoria del cos negre, les línies de Fraunhofer, etc que ja s'aparten força del nostre àmbit d'estudi.



Il·lustració 15: Espectre visible

La mitjana total de radiació solar per unitat de superfície que arriba al capdamunt de l'atmosfera terrestre es de 1367 W/m^2 . Aquesta quantitat s'anomena la constant solar. Al voltant del 30% d'aquesta radiació es directament reflectida cap a l'espai, el 20% es absorbidida pels gasos a l'atmosfera i el 4% es reflecteix a la superfície de la terra. El 46% restant es absorbidida i convertida en diferents formes d'energia com ara evaporació de l'aigua, vent i radiació infraroja llunyana. Només el 0,1% de la radiació solar absorbidida es convertida en biomassa i una part molt petita d'aquesta es converteix en combustible fòssil.

Al 2009, la energia global utilitzada a tot el planeta terra va ser de $1,3 \times 10^{14}$ kWh.

El global de radiació solar que incideix a l'atmosfera de la terra durant el transcurs d'un any puja a $1,5 \times 10^{18}$ kWh. Si la humanitat aconseguís convertir una fracció del percentatge de la radiació del sol que arriba al nivell del mar en formes d'energia utilitzables, el nostre ús d'energia podria assolir-se teòricament a les centrals solars tèrmiques situades en zones riques de sol prop de l'equador. Però, per molt seductora i prometedora que pugui semblar aquesta solució global al problema de l'energia, no pot resoldre els problemes recurrents de la seguretat energètica, emmagatzematge temporal de l'energia i distribució de potencia. Tal com explicàvem abans, sempre seran preceptives les solucions energètiques locals, incloent-hi edificis energèticament eficients.

A partir d'aquí, anem a explicar breument un seguit de fonts d'energia renovable.

4.4 Energia fotovoltaica

4.4.1 - L'efecte fotovoltaic

El fenomen físic pel que es converteix la llum en energia elèctrica s'anomena efecte fotovoltaic. L'efecte fotovoltaic es un efecte fotoelèctric caracteritzat per la producció d'un corrent elèctric entre dues peces de material diferent que estan en contacte i exposades a la llum. Aquest efecte consisteix en convertir la llum solar en energia elèctrica per mitjà de cèl·lules fotovoltaiques. Aquestes cèl·lules són uns dispositius semiconductors elaborats generalment amb silici pur amb addició d'impureses de certs elements químics. Les cèl·lules fotovoltaiques són capaces de generar electricitat en corrent continu utilitzant com a font la radiació solar que arriba a la superfície de la terra.

L'efecte fotovoltaic s'inicia en el moment en que un fotó impacta amb un electró de la capa de valència d'un àtom de silici. Aquest electró rep l'energia amb la qual viatjava la partícula de llum radiant. Si aquesta energia és suficient, l'electró surt de la seva òrbita i queda lliure de l'àtom i, per tant, pot viatjar a través del material. Cada electró alliberat deixa enrere un forat (hole) fins que l'ocupi un electró que ha saltat d'un altre àtom. Aquests moviments dels electrons alliberats o dels espais que deixen enrere és el que s'anomena carrega elèctrica.

Aquest corrent de carregues elèctriques pot arribar fins als contactes i sortir del material on s'han generat amb la finalitat de realitzar un treball útil. Per a que això passi de manera constant i regular cal la presència d'un camp elèctric de polaritat constant. Aquest camp polaritza les partícules i actua com una bomba que impulsa els electrons en un sentit i els forats (holes) en el sentit oposat.

En les cèl·lules solars convencionals el camp elèctric (0,5V) es forma gràcies a una unió PN, és a dir, una zona del material té excés d'electrons (carrega negativa) mentre que l'altra té manca d'ells (carrega positiva) de manera que en ser alliberat un electró, és impulsat mitjançant el material fins als conductes de baixa resistivitat.

4.4.2 - Components d'un sistema fotovoltaic

Les instal·lacions fotovoltaiques es classifiquen, segons el seu funcionament, en tres categories: instal·lacions aïllades, quan no existeix cap connexió amb la xarxa de distribució pública; instal·lacions assistides, quan si que hi ha connexió amb la xarxa però mai poden treballar en paral·lel, una de les dos fonts d'energia serà la principal i l'altra quedarà com a font auxiliar; i per ultim, les instal·lacions interconnectades on hi ha connexió amb la xarxa de distribució pública i normalment treballen en paral·lel.

- Modul fotovoltaic

Un modul fotovoltaic (o panell solar) es un conjunt de cèl·lules elèctriques unides elèctricament, muntades en un marc. Es l'element principal de tota instal·lació fotovoltaica per que es l'encarregat de convertir la energia lumínica en energia elèctrica. A les instal·lacions es connecten diversos mòduls en serie i en paral·lel per aconseguir la potencia desitjada.



Els mòduls es classifiquen segons la tecnologia de fabricació de les cèl·lules i son fonamentalment dos: silici cristal·lí, que pot ser monocristal·lí o policristal·lí i de silici amorf. Generalment, els mòduls de silici monocristal·lí son els que tenen un rendiment millor però tenen un procés de fabricació mes complex i son mes cars. Els mòduls de silici amorf son els mes barats però amb un rendiment per sota del 10%.

Les característiques elèctriques per definir el funcionament del modul que ens dona el fabricant son:

Potencia nominal o màxima (P_{max}): També coneguda com a potencia pic del modul. Es el valor màxim de potencia que es pot obtenir del panell i s'obté del producte entre la tensió i la corrent de sortida del panell.

Rendiment (η): Relació entre la potència elèctrica produïda i la irradiació incident.

Tensió de circuit obert (V_{oc}): es el valor màxim del voltatge que es mesuraria al modul si no hi hagues pas de corrent elèctric entre els bornes del modul (intensitat de 0 Amperes).

Intensitat de curt-circuit (I_{sc}): es la màxima intensitat que es pot obtenir del panell fotovoltaic (tensió de sortida de 0 Volts).

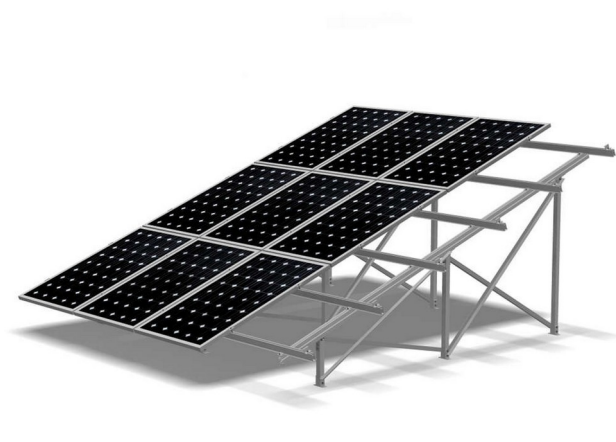
Tensió en el punt de maxima potencia (V_{max}): es el valor de la tensió en el punt de màxima potencia o potencia pic, que acostuma a ser del 80% de la potencia de buit.

Intensitat de corrent maxima (I_{max}) Es el valor de la corrent elèctrica al punt de màxima potencia o potencia pic.

Els fabricants de mòduls acostumen a donar les especificacions elèctriques a unes condicions determinades, generalment una irradiació de $1000W/m^2$ i una temperatura de la cèl·lula de $25^{\circ}C$. En aquestes condicions la potencia produïda pel modul es màxima. La potencia comença a disminuir si augmenta la temperatura o si baixa la radiació.

- Estructura

L'estructura d'una instal·lació solar es la encarregada de donar subjecció a panells i de fixar-los al terra, a la coberta, a la façana o on estiguin instal·lats. Pot ser fixa o pot portar un seguidor. Un seguidor es un mecanisme que varia la posició dels panells segons la posició del sol. Els seguidors poden ser d'un o de dos eixos. Els seguidors de dos eixos son capaços de mantindre el modul solar sempre perpendicular als rajos de sol amb el conseqüent increment de rendiment, però al tenir un mecanisme complex, te un cost mes alt.



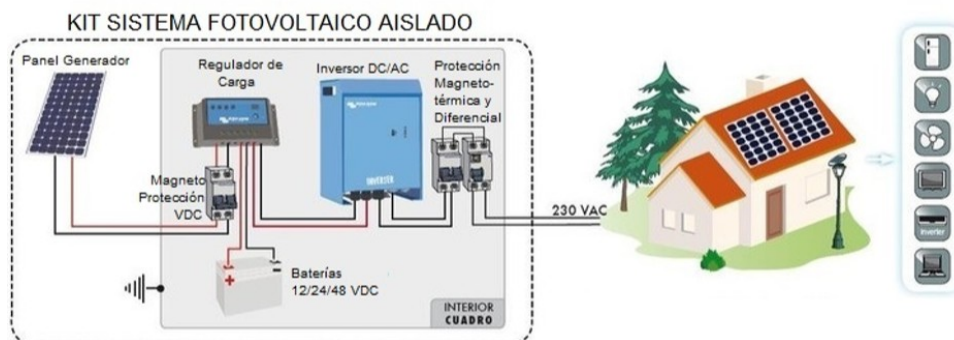
Il·lustració 16: Soport de panells fotovoltaics fixe



Il·lustració 17: Soport de panells fotovoltaics de doble eix

- Caixa de connexió

Si la instal·lació té un nombre de mòduls molt alt, aquests s'agrupen en diverses cadenes amb els mòduls en sèrie i les cadenes s'agrupen en caixes de connexió per



Il·lustració 18: Elements d'un sistema fotovoltaic aïllat

agrupar les cadenes en un mateix cable. D'aquesta manera es redueixen el nombre de cables de la instal·lació. Hi ha caixes de connexió que porten díodes de protecció, que només permeten el pas de corrent en una direcció, per protegir els mòduls i els inversors.

- Inversor

L'inversor es l'encarregat de convertir la corrent continua generada pels mòduls fotovoltaics en corrent altern, igual en valor i en freqüència al de la xarxa elèctrica. A les instal·lacions connectades a la xarxa aquest és un element fonamental. Els inversors venen caracteritzats principalment per la tensió d'entrada des dels panells o des de les bateries, la potència màxima que poden proporcionar i la eficiència o rendiment de potència, que és la relació entre la potència elèctrica que entrega pel seu ús i la potència elèctrica que extreu del sistema de mòduls o bateries. En instal·lacions aïllades aquest element només serà necessari si s'utilitza la instal·lació per alimentar càrregues en corrent altern.

- Altres elements

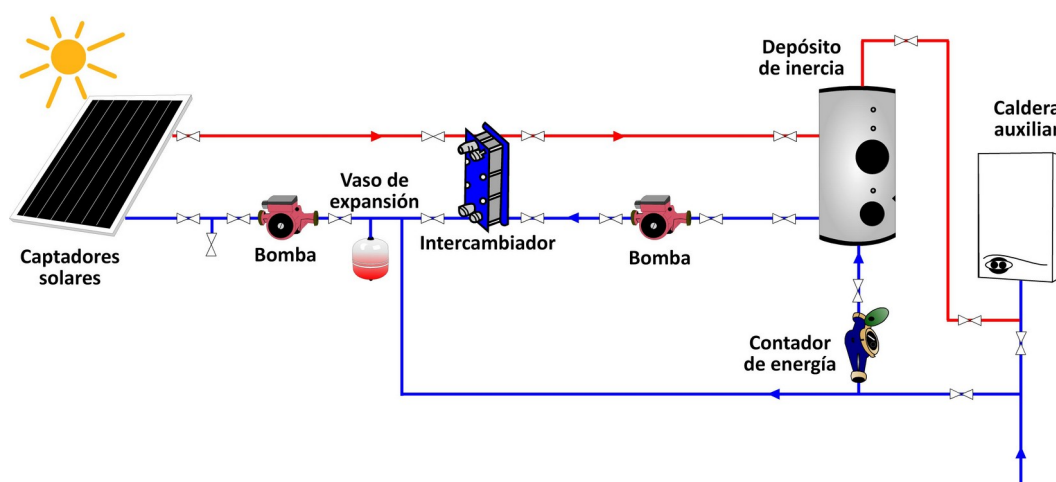
En instal·lacions solars aïllades de la xarxa i en les hores del dia en les que no hi ha llum del sol, no hi haurà disponibilitat d'energia. Per resoldre aquest problema es pot anar a l'ús de bateries o acumuladors. En aquestes instal·lacions, per assegurar un correcte funcionament, s'instal·la un sistema de regulació de càrrega entre els panells i les bateries per evitar la descarrega i sobrecàrrega de les bateries.

A més d'aquests elements, és necessària la instal·lació de proteccions que segueixin la reglamentació vigent a l'objecte d'evitar condicions perilloses i avaries o disminucions de la seguretat.

4.5 Energia solar tèrmica

La energia solar tèrmica consisteix en aprofitar la energia que ens arriba del sol, en aquest cas només l'energia tèrmica, per produir calor. Aquesta calor s'aprofita posteriorment ja sigui simplement per escalfar aigua per l'ús domèstic (aigua calenta sanitària), per calefacció o fins i tot per generar energia mecànica i posteriorment electricitat.

Els encarregats de captar l'energia tèrmica de la radiació solar són els col·lectors. Els col·lectors solars es classifiquen com a col·lectors de baixa, mitja i alta temperatura segons el seu funcionament.



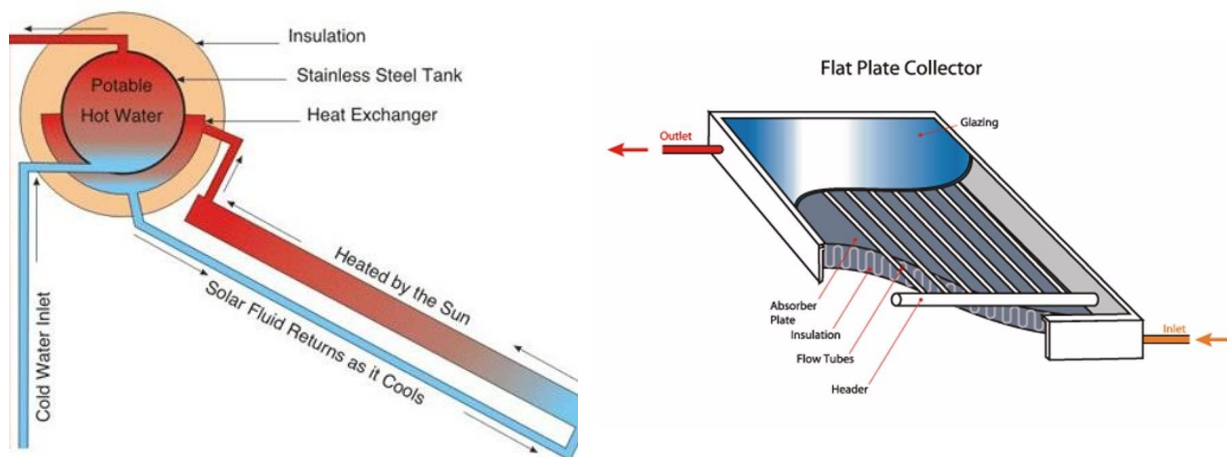
Il·lustració 19: Esquema bàsic d'una instal·lació termosolar

- Els col·lectors de baixa temperatura proveeixen calor útil a temperatures menors de 65 graus Celsius.
- Els col·lectors de mitjana temperatura són dispositius que concentren la radiació solar per lliurar calor útil entre 100 i 130 graus Celsius.
- Els col·lectors d'alta temperatura treballen a temperatures superiors als 500 graus Celsius i s'utilitzen generalment per la generació d'energia elèctrica mitjançant energia mecànica.

Pel que fa als sistemes de captació, hi ha una gran quantitat de sistemes de captació de la radiació solar. La tria d'un sistema o un altre depen de l'ús que se'n vulgui fer.

Captador solar pla:

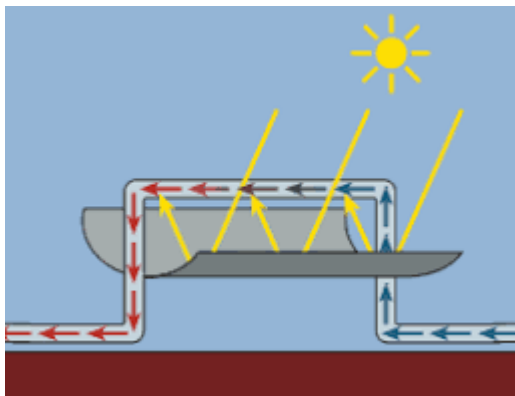
El col·lector solar de placa plana té una bona relació cost/eficiència en climes moderats i s'adapta correctament a un gran nombre d'aplicacions d'energia solar tèrmica. Podem distingir dos tipus bàsics en funció de la configuració de l'absorbidor: el paral·lel tipus 'graella' i el tipus 'serpentí'. Una altra forma de classificar els col·lectors solars plans es si son vidriats o no vidriats; en els vidriats la temperatura de funcionament es entre 30 i 60 graus Celsius mentre que en els no vidriats la temperatura de funcionament es com a maxims a 3 graus.



Il·lustració 20: Exemple de captador solar pla

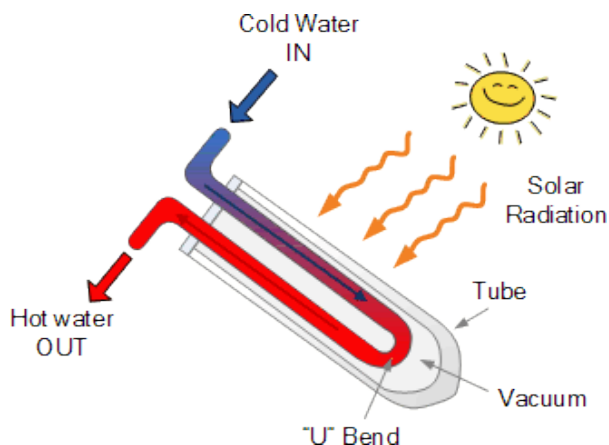
Captador solar de cilindre parabòlic:

Un col·lector (o captador) solar tèrmic de cilindre parabòlic s'utilitza per concentrar tota la radiació solar en un element situat al focus de la parabola que forma el mirall reflector. El fluid emprat normalment es un oli tèrmic que actualment pot arribar als 400 graus Celsius.



Captador solar de tubs de buit:

El captador solar de tubs de buit consta d'un conjunt de tubs cilíndrics. Els tubs estan formats per un absorbidor selectiu situat sobre un assentament reflector i envoltat d'un cilindre de vidre transparent. Entre el tub exterior transparent i l'absorbidor interior s'ha fet el buit per evitar les pèrdues termodinàmiques per conducció i per convecció des de la superfície absorbent. Amb aquest sistema s'assoleixen temperatures de més de 100 graus i aprofiten molt més la radiació solar.



4.6 Energia Geotèrmica

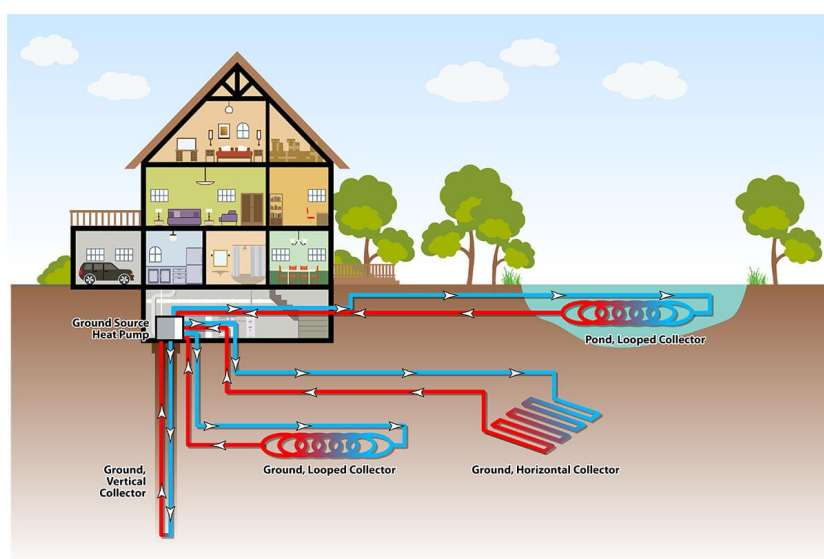
L'energia geotèrmica es un tipus d'energia que aprofita el calor del subsol per climatitzar, tan per la calefacció com per la refrigeració així com per obtenir aigua calenta sanitària.

A diferència de la majoria de les fonts d'energia renovables, la geotèrmia no depen del clima, ni del vent, ni de la radiació solar sinó que rau en la diferència de temperatura existent entre l'interior de la terra i la superfície.

Podem distingir dos tipus d'energia geotèrmica, hi ha una geotèrmia d'alta temperatura que treballa a més de 90 graus destinada a l'obtenció d'electricitat però només esta disponible en zones del planeta amb una activitat tectònica molt activa on s'aprofita la poca profunditat d'estrats geològics molt calents. En el nostre cas centrarem l'estudi a l'anomenada geotèrmia de baixa temperatura, amb un interval de treball de entre 17 i 90 graus, centrant-nos a aprofitar no tant la alta temperatura del subsol com la estabilitat de temperatures en aquestes capes.

Les principals avantatges de la geotèrmia son una rapida amortització de la inversió, un estalvi energètic superior al 50% respecte altres sistemes de clima, baix cost de manteniment i llarga vida de la instal·lació, sovint superior als 50 anys.

Per aquest sistema de climatització es necessari un circuit de captació format per uns tubs de polietilè d'alta densitat que s'introdueixen al terreny en uns pous que poden anar dels 50 als 200 metres de profunditat. Aquests tubs s'omplen d'un liquid amb alta capacitat d'intercanvi tèrmic. D'aquesta manera, a l'hivern el calor del subsol s'aprofita per preescalfar l'aire i a l'estiu s'aprofita la mateixa temperatura del subsol per refrescar-lo. També es necessària una bomba de calor que serà l'encarregada d'aprofitar l'energia obtinguda del terreny i, amb una aportació d'energia extra, aconseguir la temperatura necessaria per climatitzar un edifici.



Il·lustració 21: Diferents esquemes d'instal·lació geotèrmica

Capítol 5 Programa de simulació TRNSYS

De totes les fonts d'energia descrites al capítol 4, hem seleccionat la instal·lació de plaques fotovoltaiques a la coberta de l'edifici. Per a realitzar tots els càlculs de dimensionament de les plaques en funció de la orientació, inclinació, rendiment, insolació a cada una de les hores de l'any utilitzarem TRNSYS.

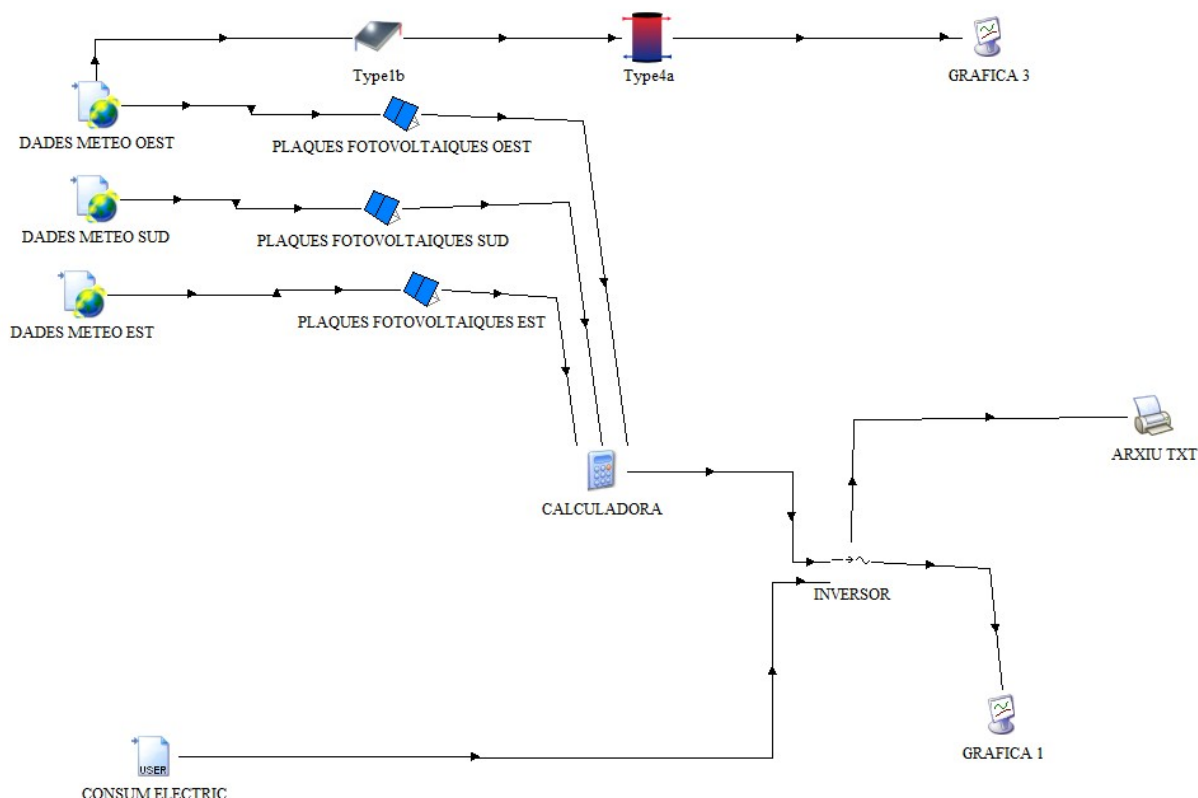
TRNSYS es un software de simulació utilitzat principalment als camps de l'enginyeria de les energies renovables i la simulació. Es un paquet de software desenvolupat durant mes de trenta anys per la Universitat de Wisconsin, als Estats Units.

Un projecte amb TRNSYS es realitza mitjançant la connexió gràfica de components a una aplicació anomenada Simulation Studio. Cada component anomenat 'type' es una capsula on hi ha, entre altres, inputs, outputs i paràmetres. Per executar el projecte es crida el programa TRNEXE i dona com a resultat dotzenes de outputs definides al projecte ja siguin gràfiques com arxius de dades.

5.1 Diagrama principal de calcul i outputs de TRNSYS

Un cop definit l'habitatge i les sol·licitacions energètiques que tindrà, ja es pot definir el diagrama principal de calcul al TRNSYS Simulation Studio. Es començarà amb el generador de dades climàtiques i aquestes s'introduiran a l'habitatge obtenint els valors dels outputs escollits a l'apartat anterior.

A la imatge següent es pot observar l'esquema basic de funcionament del software



Il·lustració 22: Esquema de nodes de TRNSYS

5.1.1 Weather data reader: type 15-3



Aquest component serveix per llegir dades climàtiques a intervals regulars de temps des d'un arxiu de dades meteorològiques externes, interpolar les dades (incloent-hi la radiació solar per superfícies inclinades) en passos de temps de menys d'una hora i tenir-les disponibles per altres components de TRNSYS. El model també calcula diversos termes útils, inclosos els principals de temperatura de l'aigua, temperatura efectiva del cel i les funcions de temporada de calefacció i refrigeració.

Aquest component llegeix dades del format TMY, TMY2, IWECC, CWECC i METEONORM, però a nosaltres només ens interessa el del format EnergyPlus Weather File (EPW). L'arxiu proporcionat per EnergyPlus i que s'han fet servir es: ESP_Lerida.081710_SWEC.epw.

A continuació es citen tant els inputs com els outputs d'aquest component.

Inputs

Tipus d'arxiu a llegir

Mode de radiació total en superfície inclinada

Reflectància del terra

Numero de superfícies

Mode de seguiment

Pendent de la superfície

Azimut de la superfície

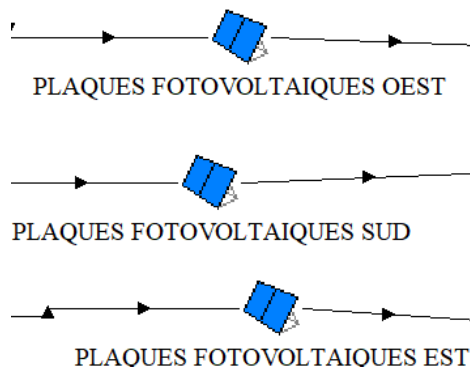
Outputs

En total te 59 variables per extreure però aquí només enumeraré les mes importants

Temperatura de bulb sec i humit	°C
Humitat relativa	%
Velocitat del vent	m/s
Direcció del vent	graus
Pressió atmosfèrica	atmosfera
Radiació horitzontal global	kJ/h
Radiació total en superfície inclinada	kJ/h
Angle solar zenital	graus
Angle solar azimutal	graus

i així fins a 59...

5.1.2 PV panels. Crystalline modules: type 94a



Aquest component modela el rendiment electric d'una matriu fotovoltaica. El type94a es pot utilitzar en simulacions que involucren bateries d'emmagatzematge elèctric, acopaments de carrega directa i connexions a xarxa elèctrica. Empra equacions per un model de circuit empíric equivalent per predir les característiques del voltatge de corrent d'un sol modul.

Inputs

Radiació incident total	$\text{kJ/h}\cdot\text{m}^2$
Temperatura ambient	K
Voltatge	V
Pendent de la matriu	graus
Radiació de feix	$\text{kJ/h}\cdot\text{m}^2$
Radiació difusa	$\text{kJ/h}\cdot\text{m}^2$
Angle d'incidència de la radiacio de feix	graus

Outputs

Voltatge de la matriu	V
Intensitat de la matriu	Amperes
Potencia de la matriu	W
Potencia pic	W
Fracció de la potencia pic usada	
Voltatge al pic	V
Intensitat al pic	A
Voltatge de curtcircuit	V
Intensitat de curtcircuit	A
Temperatura de la matriu	K

5.1.3 Data reader: type 9c



CONSUM ELECTRIC

Aquest component serveix per llegir dades a intervals regulars de temps des d'un arxiu de dades, convertir-los a un sistema d'unitats desitjat i posar-los a disposició d'altres components de TRNSYS. Aquest component es de naturalesa molt general i pot llegir tipus d'arxius molt

diferents. Les dades de línia a línia han d'estar en intervals de temps constants i en un arxiu de text separat per tabulacions. En aquest cas, la companyia elèctrica ens ha facilitat la lectura horària de consum de l'habitatge objecte d'estudi.

Inputs

Linies d'encapçalament a ignorar

Numero de valors a llegir

Interval temporal de les dades

Outputs

Hi ha fins a 100 linies de sortida diferents en funció de les dades a l'arxiu llegit.

5.1.4 Online graphical plotter: type 65d



GRAFICA 1

Aquesta eina s'utilitza per mostrar les variables elegides mentre la simulació s'està processant. Aquest component s'utilitza habitualment i es recomana el seu ús ja que proporciona informació instantània sobre una variable i permet a l'usuari saber si el sistema funciona correctament. La informació es mostra a la pantalla en una finestra separada de la pàgina principal. En aquest type en concret no es crea cap fitxer de dades extern.

En el cas que ens ocupa hi ha tres online graphical plotters; el gràfic de consums energètics globals de calefacció i refrigeració, el gràfic de consums energètics per zones tèrmiques i el gràfic de l'evolució de temperatures de cada zona tèrmica. Aquests són els inputs d'aquests tres types; els outputs no es defineixen perquè no existeixen com a tals sinó com a desplegament de les dades a través de la pantalla.

Inputs

QHEAT [kJ/h]

QREFRIG [kJ/h]

Taula 7.1. Inputs corresponents al type 65d de consums energètics globals de calefacció i refrigeració Els valors de QHEAT i QREFRIG de la taula 7.1 corresponen als outputs del type 56 SQHEAT i SQCOOL respectivament.

QHAB1 [kJ/h]

QCUINA [kJ/h]

QSALON [kJ/h]

QBANY [kJ/h]

QHAB2 [kJ/h]

Taula 7.2. Inputs corresponents al type 65d de consums energètics per zones tèrmiques THAB1 [°C]

TCUINA [°C]

TSALON [°C]

TBANY [°C]

THAB2 [°C]

Taula 7.3. Inputs corresponents al type 65d de temperatures de cada zona tèrmica Les variables definides a la taula 7.2 corresponen als outputs del type 56 QSENSi. En canvi les variables definides a la taula 7.3 són els outputs del type 56 TAIRi.

5.1.5 Quantity integrator: type 24



TYPE24

Aquest component integra series de quantitats en un període de temps. Cada component pots integrar fins a 500 inputs. També pot integrar en intervals donats però en el cas que ens ocupa s'integra fins al final de la simulació, o sigui fins a l'hora 8760 (1 any).

En aquest cas s'integren dues variables, que corresponen als outputs del type 56 SQHEAT i SQCOOL i per tant a cada iteració, a la sortida d'aquest component, hi haurà la demanda d'aquella hora (kJ/h) sumada a la demanda de les hores anteriors. Per tant a la iteració 8760h s'obtiniran les demandes energètiques de calefacció i refrigeració anuals (kJ/any). Seguidament es defineixen els inputs i outputs de l'integrador, així com l'explicació dels càlculs del component.

Inputs

Input to be integrated- 1 (SQHEAT) [kJ/h]

Input to be integrated- 2 (SQCOOL) [kJ/h]

Outputs

Result of integration-1 (SUMA CALOR) [kJ/h]

Result of integration-2 (SUMA FRED) [kJ/h]

Càlculs

El càlcul de la integració és molt senzill i ve donat per la equació 7.5 a través dels següents paràmetres.

X_i [kJ/h] El iéssim input a integrar

Y_i [kJ/h] La integració iéssima de X_i

$$Y_i = \int_{i=0}^{8760} X_i \cdot dt = \sum_{i=0}^{8760} X_i$$

5.1.6 Printer without units: type 25c



ARXIU TXT

Aquest type, igual que el online graphical plotter s'utilitza com a output de variables amb els intervals de temps especificats. Aquest component crea un fitxer extern al qual s'imprimeixen els valors de la variable que es desitgin, on hi figura el nom de la variable (input) i l'instant de temps en que es troba la simulació.

A la figura 7.1 del diagrama de càlcul bàsic existeixen dos printers; el de consums globals energètics de calefacció i refrigeració, i el de consums energètics per zones tèrmiques. Aquests són els inputs que defineixen aquests dos types a les taules 7.4 i 7.5. Com a outputs es consideren els arxius creats.

Capítol 6 Producció fotovoltaica.

6.1 Dimensionat tècnic

Amb les dades de consum elèctric que ens venen donades per la companyia i les dades d'insolació que treiem del TRNSYS, només ens queda dimensionar correctament la instal·lació fotovoltaica per ajustar-la al màxim als consums de l'usuari.

Quins tipus d'instal·lació d'autoconsum existeixen? Doncs bàsicament n'hi ha 4 tipus:

- Autoconsum instantani amb excedents, on els kW excedents s'envien a la xarxa i la companyia els 'retribueix' compensant el pagament dels kW consumits. Hom calcula que s'assoleix d'un 20% a un 30% de cobertura solar.
- Autoconsum instantani sense excedents, on els kW excedents es cremen. Quan no es vol passar pels tràmits de la companyia distribuïdora. Un 20% o 30% de cobertura solar.
- Autoconsum instantani amb gestió de carregues, on els kW excedents s'aprofiten per emmagatzemar ACS. D'un 40% a un 70% de cobertura solar.
- Autoconsum instantani amb acumulació, on els kW excedents s'emmagatzemen en bateries. D'un 50% a un 90% de cobertura solar.

La orientació de la façana principal de l'edifici al sud i la configuració de la coberta a tres aigües es ideal per repartir les plaques als vessants sud, est i oest. D'aquesta manera optimitzem el sol des de que surt per l'horitzó de l'est fins que es pon per l'oest.

Un altre factor a tenir en compte a l'hora d'instal·lar els panells fotovoltaics en una coberta es la inclinació a la que estaran les plaques. També hi ha diferents opcions:

- Estructura coplanar: si parlem d'una coberta inclinada i la pendent de la coberta ja ens va be per la col·locació de les plaques, simplement es una estructura metal·lica que uneix les plaques amb la coberta.



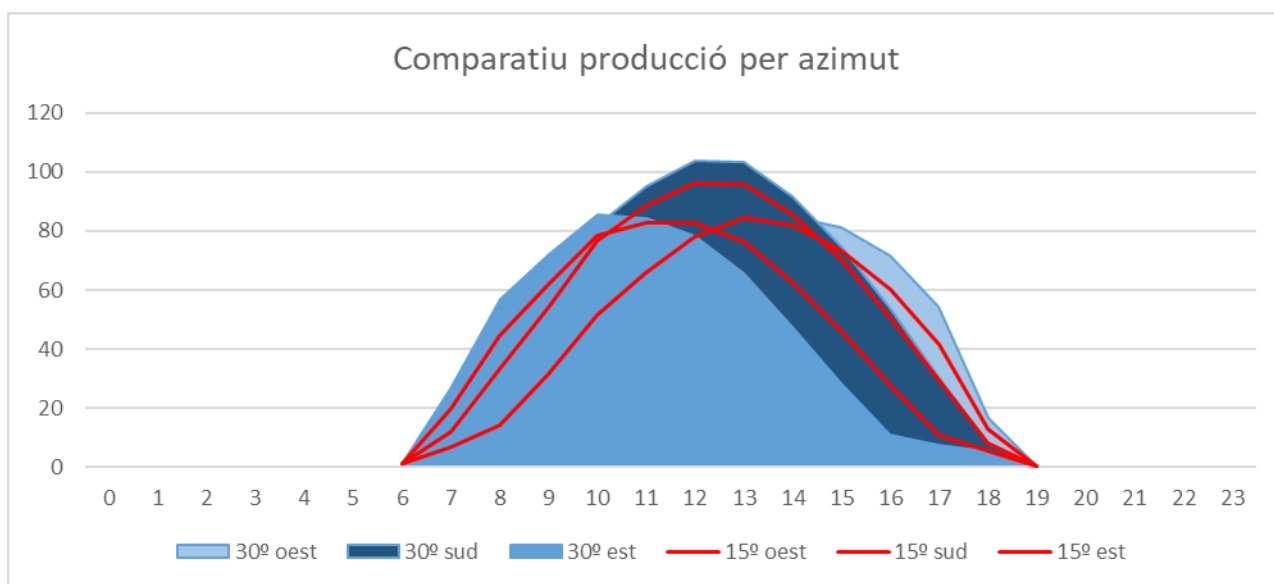
- Estructura amb llast: si hem d'instal·lar les plaques en una coberta plana, una opció es una estructura metal·lica amb un element pesant a la base per evitar moviments en cas de vent fort.



- Estructura de formigó: Tambe parlem d'una instal·lació en una coberta plana però en lloc d'una estructura metal·lica per suportar les plaques, s'enganxen directament en una peça de formigó prefabricat que ja li dona la massa suficient per evitar moviments indesitjats.



Pel que fa a la inclinació, en el nostre cas particular tenim una coberta amb una inclinació de 15° que incrementarem fins arribar als 30° per millorar el rendiment de les plaques, tal com es veu a la grafica de sota. Assolim aquesta inclinació amb una estructura coplanar modificada de manera que s'enganxarà perfectament a la coberta i li donarem una inclinació addicional de 15° .



Il·lustració 23: Rendiment de les plaques en funció de la inclinació i la orientació

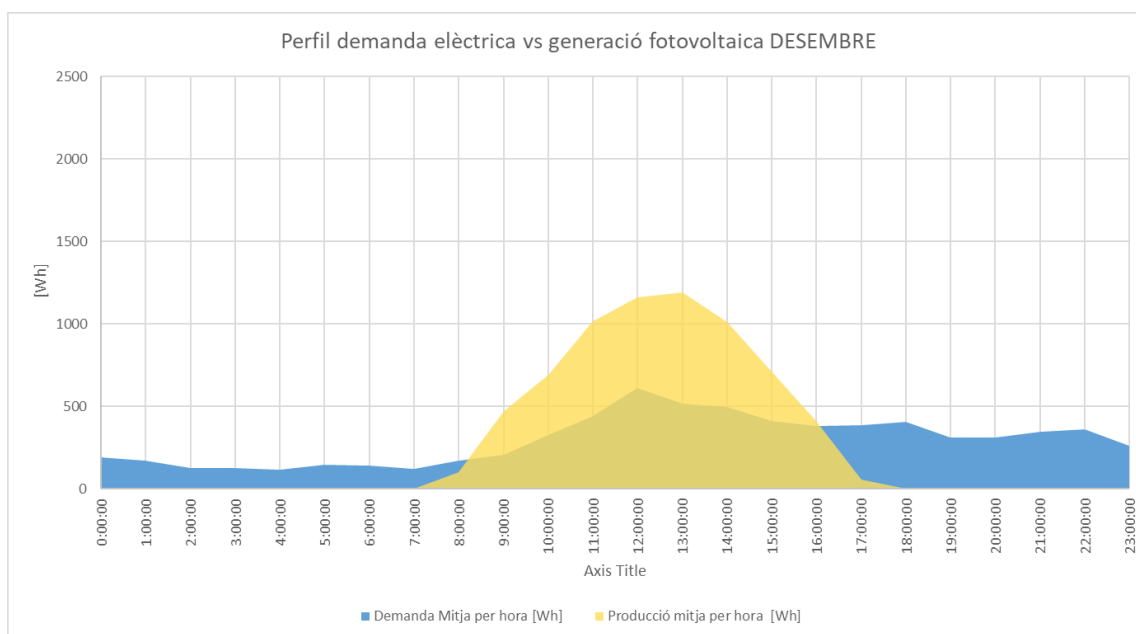
De totes maneres, en aquest cas en particular, el propietari ens ha demanat que no instal·lem cap panell fotovoltaic a la cara sud, que es la que dona a la façana, per raons merament estètiques. Com es pot observar a la gràfica 1, les plaques orientades al sud son les que tenen un comportament mes bo, però el solapament de la producció fotovoltaica de les altres dos orientacions ens supleix la carència.

Per a realitzar l'estudi, hem instal·lat un modul fotovoltaic monocristal·lí Powitt serie 6M72 amb 72 cel·les, amb una potencia de 370Wp i una eficiència del 19,1%. Aquestes dades les hem introduin al modul corresponent del programa TRNSYS per que, combinat amb

les dades d'insolació que arriben a la latitud corresponent, ens dongui la electricitat que genera la nostra placa cada hora de l'any.

De fet, el software ens torna un arxiu de text amb les dades horàries tan de generació d'electricitat com del que li demanem que es pugui extreure de l'arxiu d'Energy Plus que li posem com a base. També ens treu unes gràfiques força rudimentàries, però es molt més aconsellable generar material gràfic amb algun altre programa mes avesat.

Per determinar el numero de plaques necessàries contrastem les dades de consum màxim amb les dades de producció fotovoltaica mínima. La mínima producció anual es dona al solstici d'hivern, al desembre.



Il·lustració 24: Diferencia entre consum i producció al mes de desembre

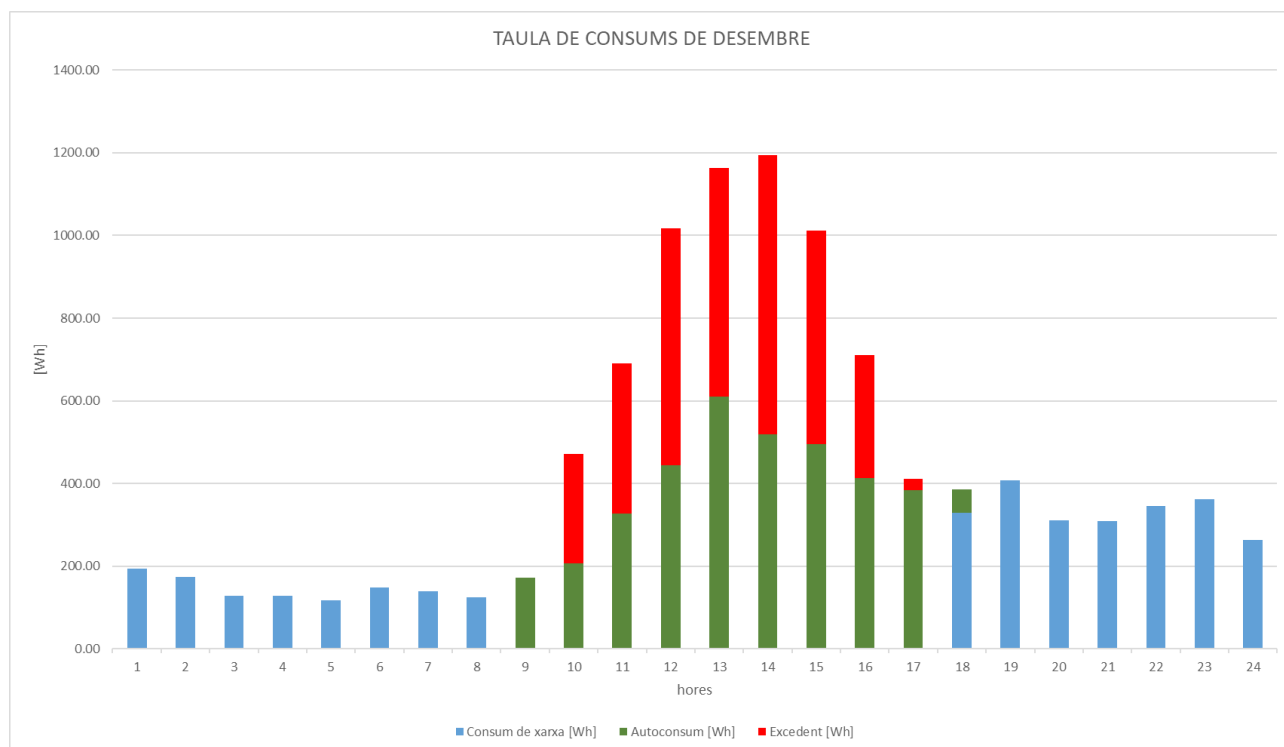
L'objectiu en aquest cas es suplir el maxm possible d'hores de consum d'electricitat amb les plaques fotovoltaiques i, amb l'energia sobrant de la part central del dia, utilitzar-la per escalfar l'aigua calenta sanitària de l'habitatge i emmagatzemar-la en un dispositiu acumulador. La unica limitació que tenim en aquest cas es la superfície de la coberta, que només ens permet instal·lar una matriu de 9x2 plaques a cada costat, o sigui a l'oest i a l'est. Amb això assolim 36 plaques de 1956x942mm que fan un total de 66,33m² de captació solar.

6.2 Anàlisi de dades

Estudiem en concret el mes de desembre, que es el mes amb menys producció d'energia fotovoltaica degut a la posició del sol.

Desembre	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5990.00	193.23	0.00	0.00	193.23	0.00	0.00
1:00:00	5385.00	173.71	0.00	0.00	173.71	0.00	0.00
2:00:00	3970.00	128.06	0.00	0.00	128.06	0.00	0.00
3:00:00	3986.00	128.58	0.00	0.00	128.58	0.00	0.00
4:00:00	3632.00	117.16	0.00	0.00	117.16	0.00	0.00
5:00:00	4597.00	148.29	0.00	0.00	148.29	0.00	0.00
6:00:00	4338.00	139.94	0.00	0.00	139.94	0.00	0.00
7:00:00	3848.00	124.13	0.00	0.00	124.13	0.00	0.00
8:00:00	5309.00	171.26	3102.57	100.08	0.00	171.26	0.00
9:00:00	6405.00	206.61	14628.26	471.88	0.00	206.61	265.27
10:00:00	10141.00	327.13	21408.59	690.60	0.00	327.13	363.47
11:00:00	13766.00	444.06	31526.69	1016.99	0.00	444.06	572.93
12:00:00	18935.00	610.81	36048.71	1162.86	0.00	610.81	552.06
13:00:00	16082.00	518.77	36999.58	1193.53	0.00	518.77	674.76
14:00:00	15329.00	494.48	31381.24	1012.30	0.00	494.48	517.81
15:00:00	12791.00	412.61	22018.58	710.28	0.00	412.61	297.66
16:00:00	11876.00	383.10	12722.90	410.42	0.00	383.10	27.32
17:00:00	11931.00	384.87	1725.25	55.65	329.22	55.65	0.00
18:00:00	12626.00	407.29	0.00	0.00	407.29	0.00	0.00
19:00:00	9606.00	309.87	0.00	0.00	309.87	0.00	0.00
20:00:00	9600.00	309.68	0.00	0.00	309.68	0.00	0.00
21:00:00	10681.00	344.55	0.00	0.00	344.55	0.00	0.00
22:00:00	11227.00	362.16	0.00	0.00	362.16	0.00	0.00
23:00:00	8159.00	263.19	0.00	0.00	263.19	0.00	0.00
TOTALS		7103.55		6824.59	3479.06	3624.49	3271.28

Taula 3: Consums i producció fotovoltaica per hora de desembre

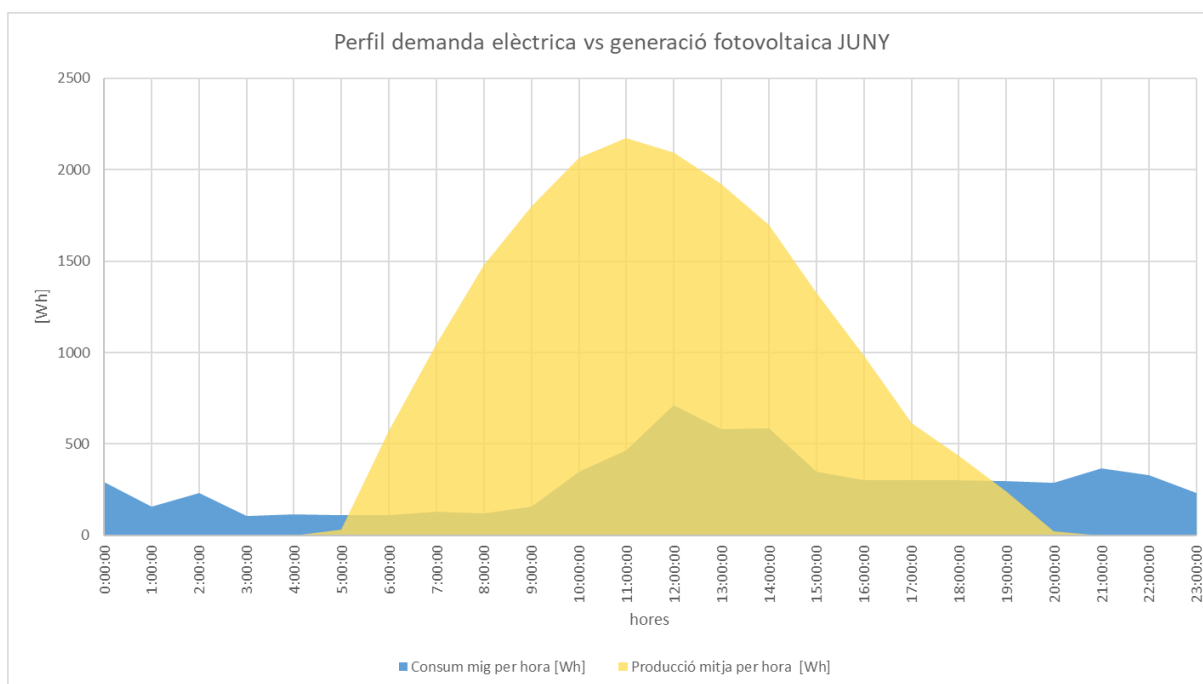


Grafica 1: Consums i producció fotovoltaica per hora de desembre

Analitzant les dades de desembre, veiem que en total es consumeix 7,1kWh de mitja diària i es produeix 6,8kWh. Això suposa un 96% del consum. El problema és que aquesta producció es concentra a les hores centrals del dia i una gran part no s'aprofita. En la modalitat que hem triat d'autoconsum instantani amb gestió de carregues s'aprofitarà aquesta energia produïda i no consumida per escalfar aigua calenta sanitària.

Els Wh reals que s'aprofiten com a energia elèctrica són 3,62kWh, que suposen un 51% del total.

Si analitzem el que passa al mes de juny ens trobem amb el següent:



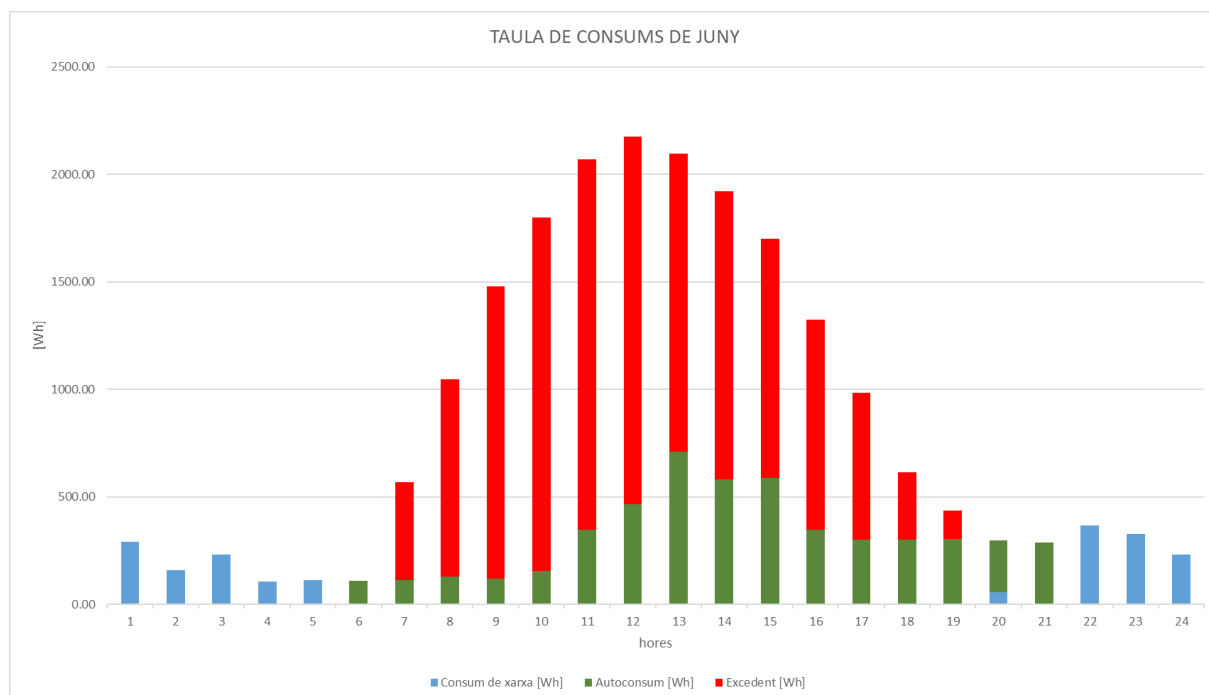
Gràfica 2: Diferència entre consum i producció al mes de juny

La corba de consum és la real i la corba de producció d'energia fotovoltaica té un pic al migdia (hora UTC/GMT).

Juny	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	291.13	0.00	0.00	291.13	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	158.80	0.00	0.00	158.80	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	231.73	0.00	0.00	231.73	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	107.30	0.00	0.00	107.30	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	113.97	0.00	0.00	113.97	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	111.00	955.73	31.86	0.00	111.00	0.00
6:00:00	3395.00	113.17	17096.35	569.88	0.00	113.17	456.71
7:00:00	3948.00	131.60	31428.01	1047.60	0.00	131.60	916.00
8:00:00	3611.00	120.37	44384.49	1479.48	0.00	120.37	1359.12
9:00:00	4679.00	155.97	54007.60	1800.25	0.00	155.97	1644.29
10:00:00	10438.00	347.93	62059.03	2068.63	0.00	347.93	1720.70
11:00:00	13974.00	465.80	65223.46	2174.12	0.00	465.80	1708.32
12:00:00	21338.00	711.27	62871.20	2095.71	0.00	711.27	1384.44
13:00:00	17491.00	583.03	57682.14	1922.74	0.00	583.03	1339.70
14:00:00	17621.00	587.37	51014.32	1700.48	0.00	587.37	1113.11
15:00:00	10450.00	348.33	39729.61	1324.32	0.00	348.33	975.99
16:00:00	9023.00	300.77	29491.99	983.07	0.00	300.77	682.30
17:00:00	9053.00	301.77	18453.13	615.10	0.00	301.77	313.34
18:00:00	9113.00	303.77	13069.16	435.64	0.00	303.77	131.87
19:00:00	8975.00	299.17	7226.19	240.87	58.29	240.87	0.00
20:00:00	8620.00	287.33	724.40	24.15	0.00	287.33	0.00
21:00:00	11056.00	368.53	0.00	0.00	368.53	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	329.17	0.00	0.00	329.17	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	232.13	0.00	0.00	232.13	0.00	0.00
TOTALS		7001.40		18513.89	1891.06	5110.34	11512.49

Taula 4: Consums i producció fotovoltaica per hora de juny

En aquest cas el consum mitjà diari es de 7kWh i la producció fotovoltaica es de 18,5kWh, que suposaria un 264%. de totes maneres, només n'autoconsumim uns 5,11kWh que es un 73%, xifra gens menyspreable.



Gràfica 3: Consums i producció fotovoltaica per hora de juny

6.3 Anàlisi de la cobertura i l'autoconsum

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Total [kWh]
Consum agregat [Wh]	213738.00	144178.00	210042.00	210042.00	210042.00	210042.00	210042.00	147230.00	163146.00	147230.00	193707.00	220210.00	2279.65
Producció agregada [Wh]	231623.59	231623.59	538489.83	421784.29	516371.38	555416.81	588186.18	514928.88	394380.45	281531.76	174627.26	211562.37	4660.53
Consum de xarxa [Wh]	87446.00	59581.00	70328.00	66933.00	54983.00	54983.00	54983.00	45485.00	56376.00	61961.00	93342.00	97645.00	804.05
Autoconsum [Wh]	126292.00	126292.00	139714.00	143109.00	155059.00	155059.00	155059.00	101745.00	106770.00	85269.00	100365.00	122565.00	1517.30
Excedent [Wh]	117935.42	157399.60	407497.58	289436.09	376998.19	412376.48	445871.35	422965.82	299343.40	203557.18	83105.31	101409.55	3317.90

Grafica 4: Taula de consums i produccions anuals

Analitzant les dades que ens proporciona la gràfica anterior, veiem que el consum elèctric total de l'habitatge es de prop de 2280kWh, la instal·lació generarà 4660kWh però només n'aprofitarem com a energia elèctrica uns 1517kWh, o sigui un 66,5%. També hem de tenir en consideració que aprofitem tota l'energia no consumida com a tal per escalfar l'aigua calenta sanitària de l'habitatge, amb el que l'aprofitament de l'energia fotovoltaica es del 100%

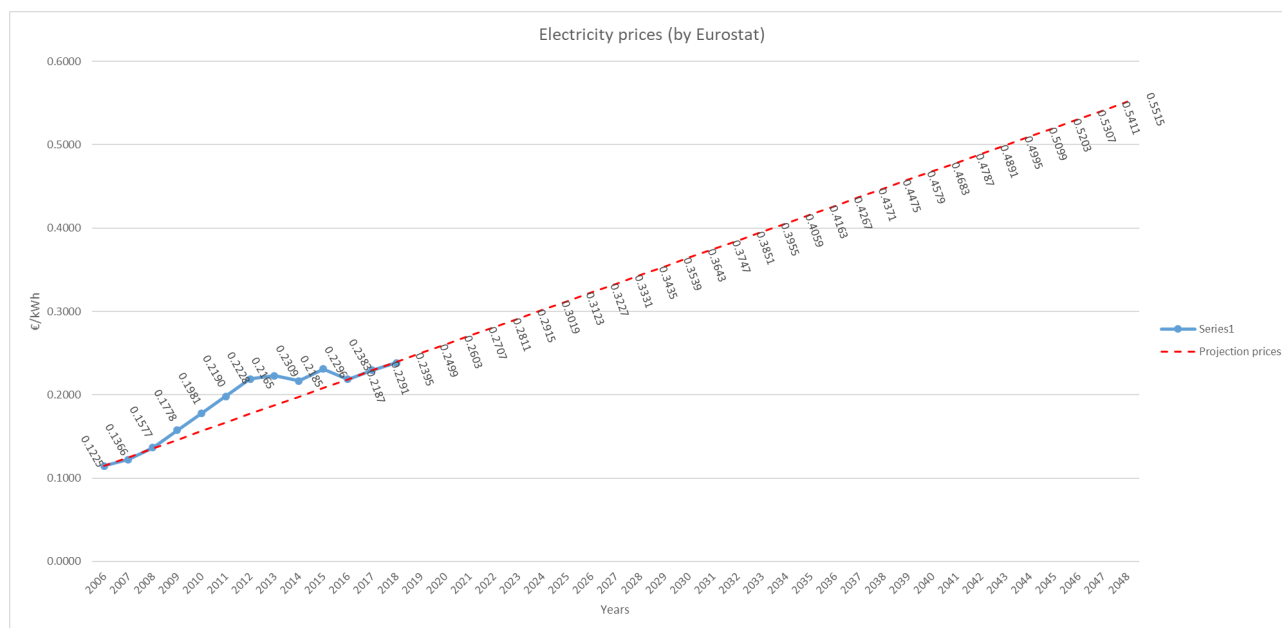
Tot i així, quin es l'estalvi assolit? L'estalvi induït per cada kWh produït i autoconsumit instantàniament serà equivalent al preu de cada kWh que es deixa de comprar. Això sempre referent al terme d'energia de la factura d'electricitat. En cas que es vulgui estalviar en el terme de potència, s'hauria d'instal·lar sistemes d'acumulació, que en aquest cas hem descartat.

En primer lloc calculem el pressupost de la instal·lació de les plaques fotovoltaïques a la coberta de l'edifici.

Concepte	Preu	Unitats	Subtotal
POWITT Monocrystalline Solar Module 6M72 Series	191.30 €	36	6,886.80 €
Estructura coplanar K2 SolidRail	24.00 €	36	864.00 €
SMA Sunny Tripower 15000TL-30	2,038.05 €	1	2,038.05 €
Material elèctric	1,764.00 €	1	1,764.00 €
Instal·lació	3,125.00 €	1	3,125.00 €
Transport i grua	56.00 €	5	280.00 €
			14,957.85 €

Taula 5: Pressupost de la instal·lació fotovoltaica

Una vegada obtingut el pressupost, fem la projecció d'una producció fotovoltaica i d'un consum elèctric igual durant els propers 15 anys. El que no es manté igual és el preu de l'energia elèctrica que paguem a l'empresa distribuïdora. Per determinar aquest preu, agafem la evolució dels preus dels últims anys i en fem una previsió agafant la regressió lineal.



Taula 6: Previsió d'augment dels preus de l'energia electrica durant els propers anys.

Amb la projecció dels preus de l'electricitat en els propers anys, fem un estudi de la rendibilitat de la instal·lació.

Considerant que s'aprofita tota la generació electrica, tan en consum directe com en acumulació d'aigua calenta sanitaria, amb uns tipus d'interès d'un 1% (superiors als actuals), es calcula una amortització de la instal·lació en prop de 13 anys. Pero si considerem un període d'amortització de 15 anys (força mes baix que la vida útil de les plaques fotovoltaïques) els numeros que surten son força mes atractius:

VAN	5,767.40 €
TIR	5.18%

Taula 7: Parametres d'amortització a 15 anys

Capítol 7 Bibliografia

- IEA (International Energy Agency) (2019), World Energy Outlook, All rights reserved.
- Source: IEA World Energy Balances 2019 <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2019>
- Wordometers. All rights reserved.
- *Directiva 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 realtiva a la eficiencia energética de los edificios*
- *Directiva 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.*
- *Directiva (UE) 2018/2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables*
- *Ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector Electrico*
- *RD 900/2015 de 9 de octubre por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo*
- *RD 244/2019 de 5 de abril por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.*
- *RD 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.*
- *RD 732/2019 de 20 de diciembre por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el RD 314/2006 de 17 de marzo.*
- C. Reinhart, *Daylighting Handbook I. Fundamentals. Designing with the Sun.* Boston (MA) USA, 2014.
- C. Reinhart, *Daylighting Handbook II. Daylighting Simulations. Dynamic Façades.* Boston (MA) USA, 2018.

Capitol 8 Glossari

Ktoe: es una unitat de mesura de l'energi a que equival a la quantitat d'energia obtinguda per la combustió de mil tones de petroli. Aquesta energia en principi dependrà de la composició química exacta del petroli utilitzat, però per fixar-la hom ha consensuat donar-li el valor de 4000×10^{10} Joules.

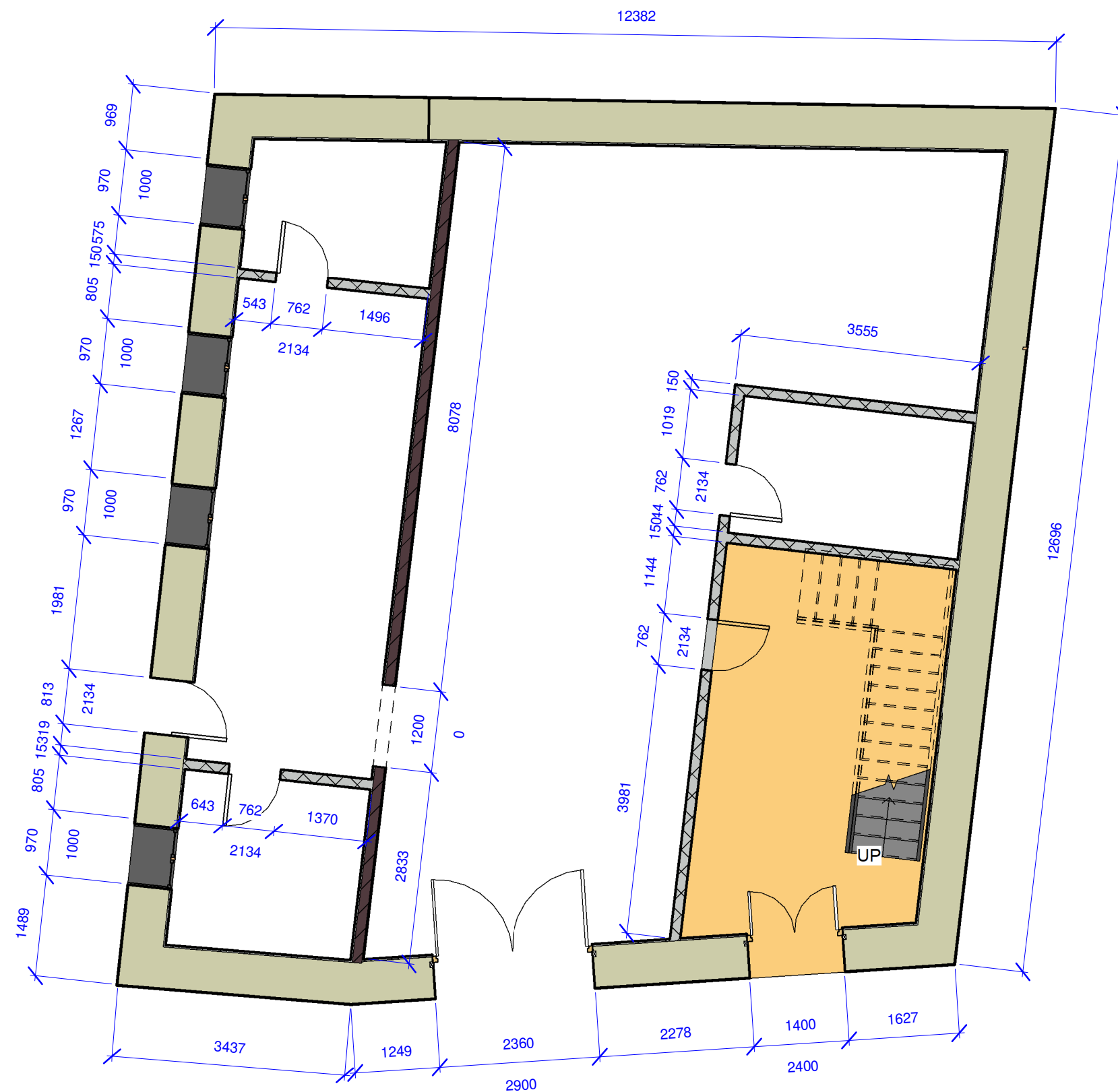
Kwh: unitat de mesura d'energia equivalent a mil watts hora

GWh: unitat energetica equivalent a un milió de watts hora

NOCT (Normal Operating Cell Temperature): es la temperatura a la que arriben les cel·lules fotovoltaïques en determinades condicions, que pot arribar a 49°C. Les condicions son: una radiació de 800W/m², temperatura ambient de 20°C, velocitat mitja de l'aire d'1m/s, amb la cel·lula o el modul en un estat de circuit electric obert, el vent orientat en paral·lel al pla de la matriu i totes les parts de la matriu exposades al vent.

STC (Standard Test Conditions): En aquest cas les condicions son: radiació de 1000W/m² i temperatura ambient de 20°C.

Annex 1 Planols de l'edifici



1 Planta Baixa 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



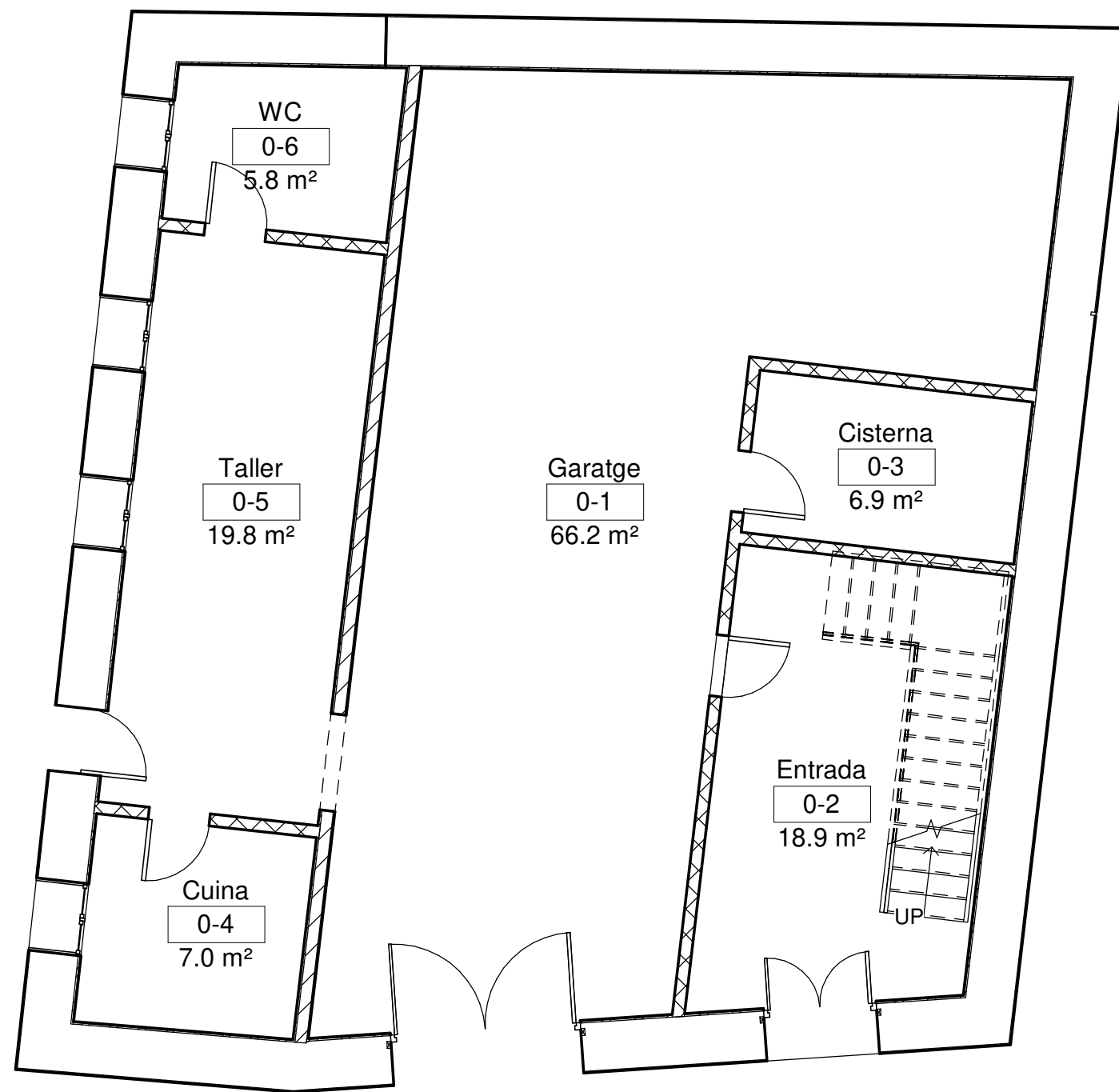
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/05/2020	-

Planta Baixa - Distribució

Escala
1 : 75

Num de Planol
A100

Hoja:
1
de
7



1 Planta Baixa Espais 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



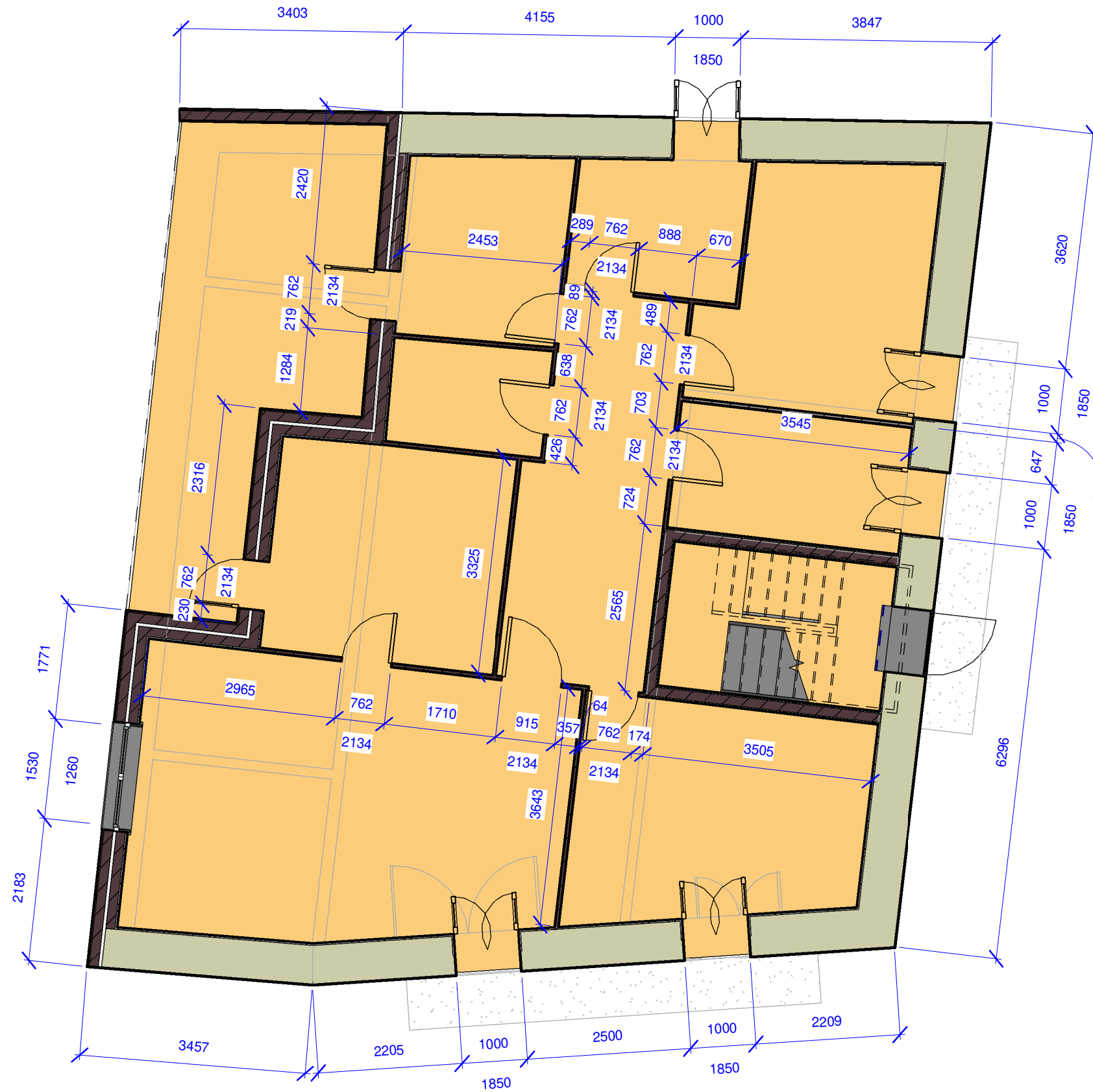
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/07/2020	-

Planta Baixa - Espais

Escala
1 : 75

Num de Planol
A101

Hoja:
2
de 7



1 Planta Primera 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



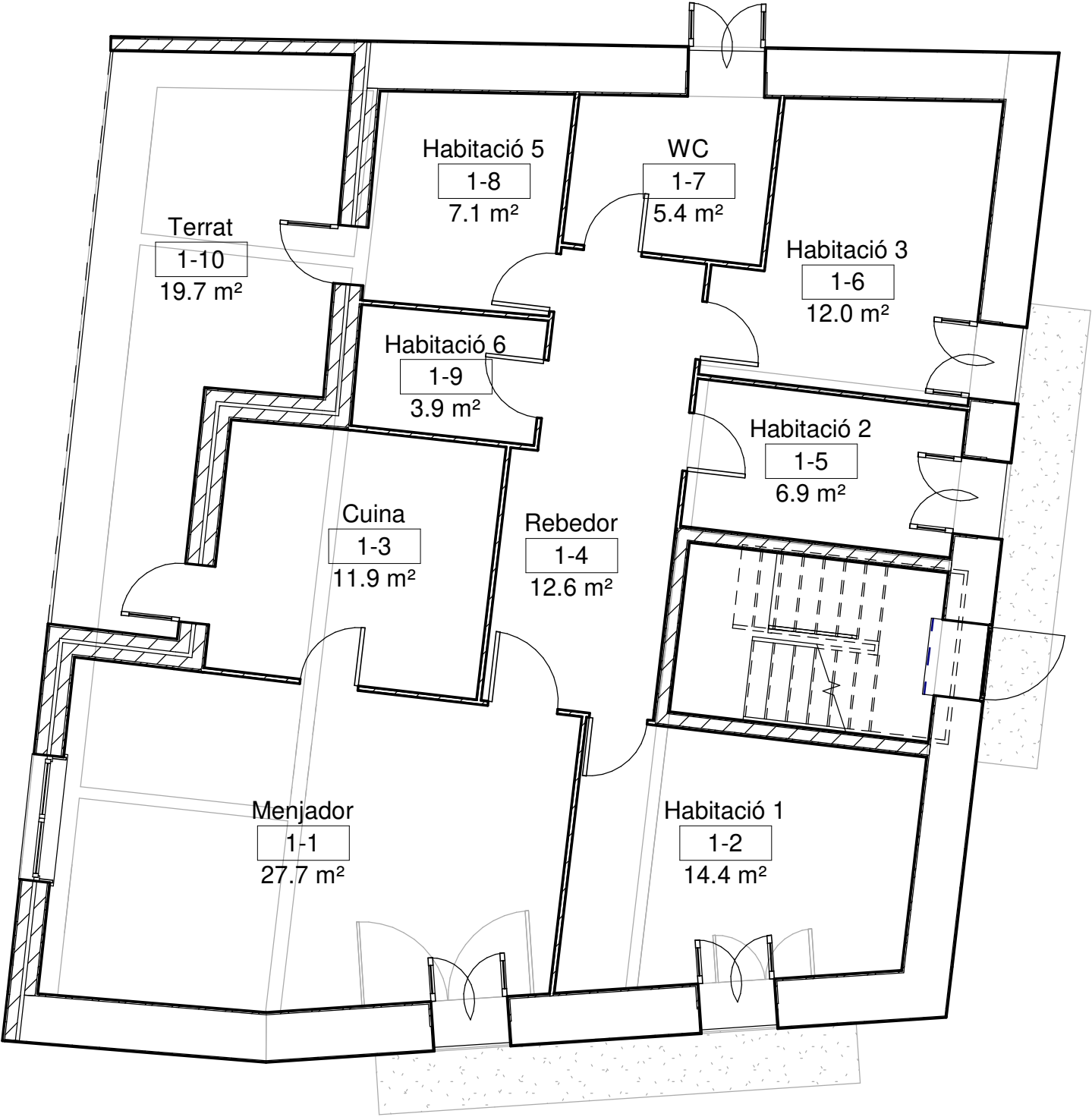
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/07/2020	-

Planta Primera - Distribució

Escala
1 : 75

Num de Planol
A110

Hoja:
3
de
7



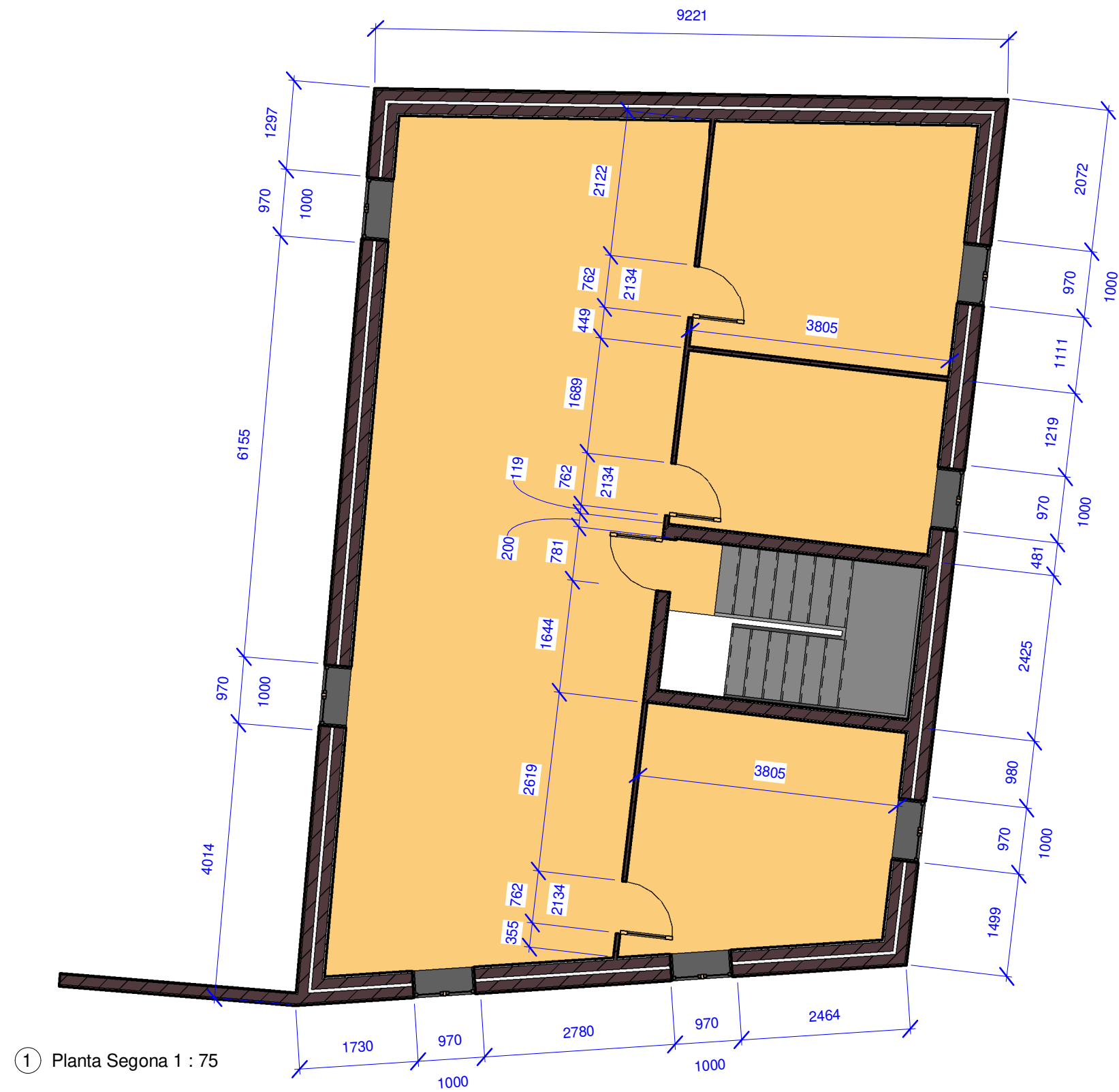
1 Planta Primera Espais 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/07/2020	-



① Planta Segona 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



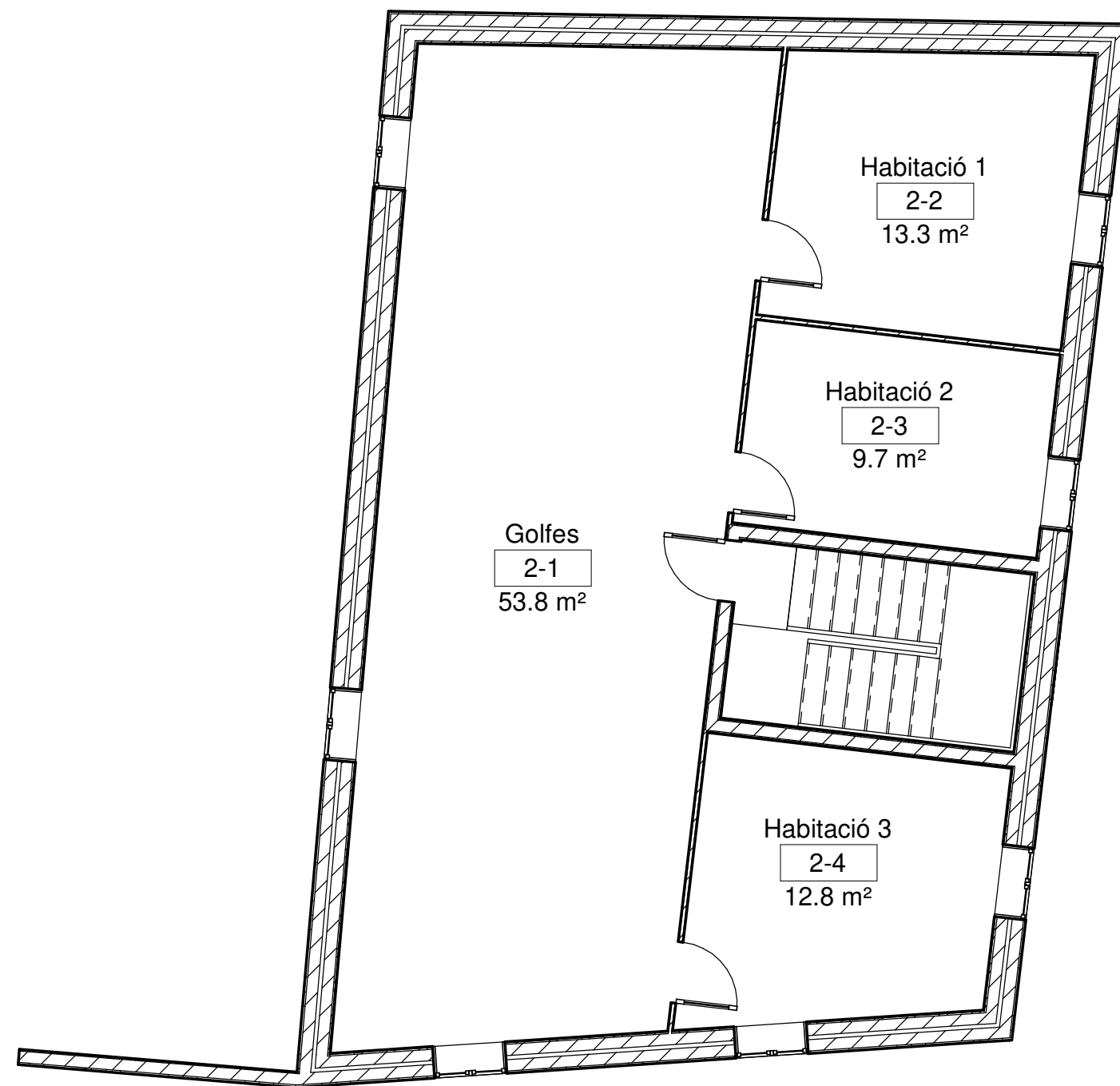
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/05/2020	-

Planta Segona - Distribució

Escala
1 : 75

Num de Planol
A120

Hoja:
5
de 7



① Planta Segona Espais 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellotas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



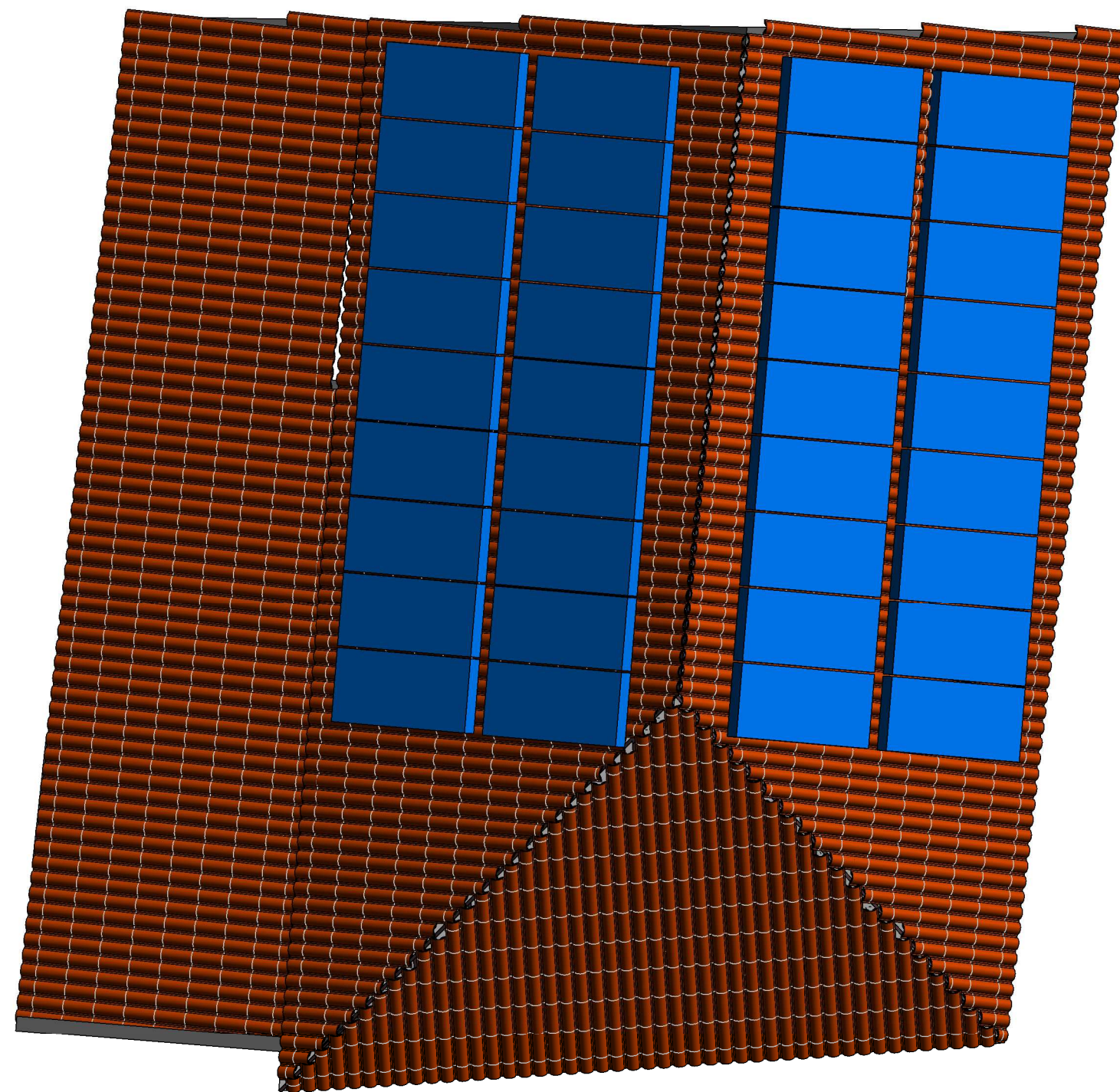
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/07/2020	-

Planta Segona - Espais

Escala
1 : 75

Num de Planol
A121

Hoja:
6
de 7



① Planta Coberta Amb Plaques 1 : 75

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



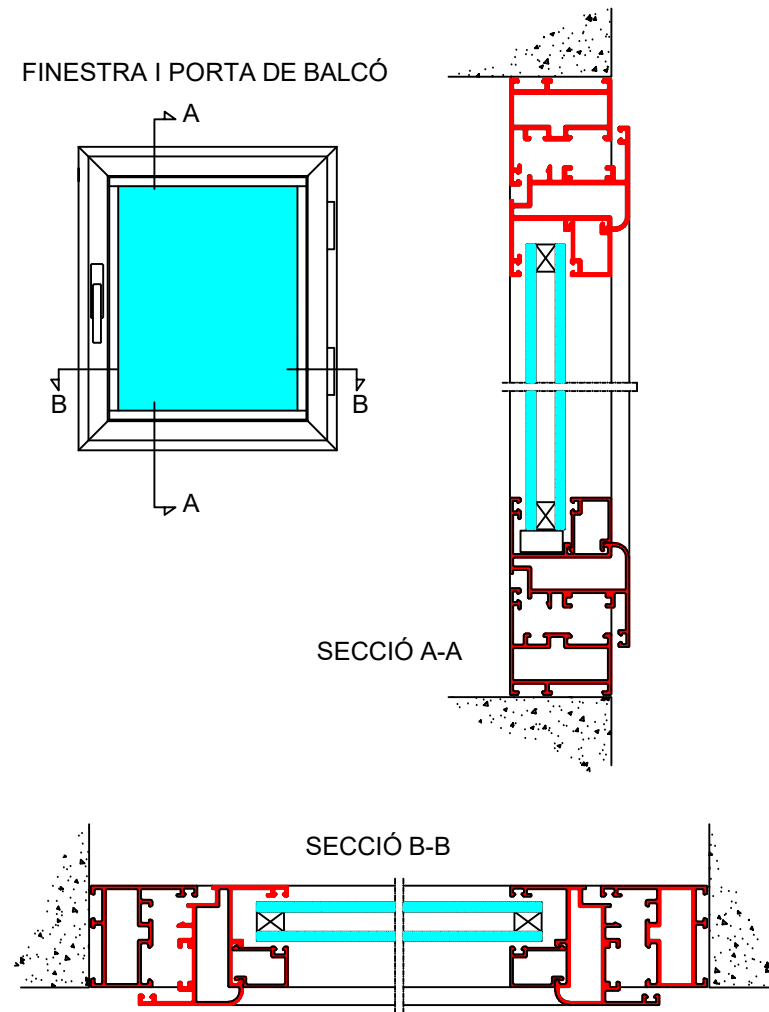
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	11/07/2020	-

Planta Coberta - Situació Plaques
fotovoltaïques

Escala
1 : 75

Num de Planol
A200

Hoja:
7
de 7



– Finestra tipus 1

$$S_{marc} = (1.20 \cdot 1.00) - (1.10 \cdot 0.90) = 0.21 \, m^2$$

$$S_{forat} = 1.10 \cdot 0.90 = 0.99 \, m^2$$

$$FM = \frac{S_{marc}}{S_{forat} + S_{marc}} = \frac{0.21}{0.99 + 0.21} = 0.175$$

$$U_{F1} = ((1 - FM) \cdot U_{HN}) + (FM \cdot U_{HM}) =$$

$$= ((1 - 0.175) \cdot 2) + (0.175 \cdot 2.77) = 2.13 \, W/m^2 \cdot K$$

– Finestra tipus 2 (lavabo i cuina)

$$S_{forat} = 0.65 \cdot 0.90 = 0.585 \, m^2$$

$$S_{marc} = (0.75 \cdot 1.00) - (0.65 \cdot 0.90) = 0.165 \, m^2$$

$$FM = \frac{S_{marc}}{S_{forat} + S_{marc}} = \frac{0.165}{0.585 + 0.165} = 0.22$$

$$U_{F2} = ((1 - FM) \cdot U_{HV}) + (FM \cdot U_{HM}) =$$

$$= ((1 - 0.22) \cdot 2) + (0.22 \cdot 2.77) = 2.17 \, W/m^2 \cdot K$$

– Porta balco

$$S_{marc} = (2.1 \cdot 0.9) - (2.0 \cdot 0.8) = 0.29 \, m^2$$

$$S_{forat} = 2.00 \cdot 0.80 = 1.60 \, m^2$$

$$FM = \frac{S_{marc}}{S_{forat} + S_{marc}} = \frac{0.29}{1.60 + 0.29} = 0.153$$

$$U_{F1} = ((1 - FM) \cdot U_{HN}) + (FM \cdot U_{HM}) =$$

$$= ((1 - 0.153) \cdot 2) + (0.153 \cdot 2.77) = 2.12 \, W/m^2 \cdot K$$

Projecte de reforma energètica
d'un habitatge unifamiliar a Almatret
Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



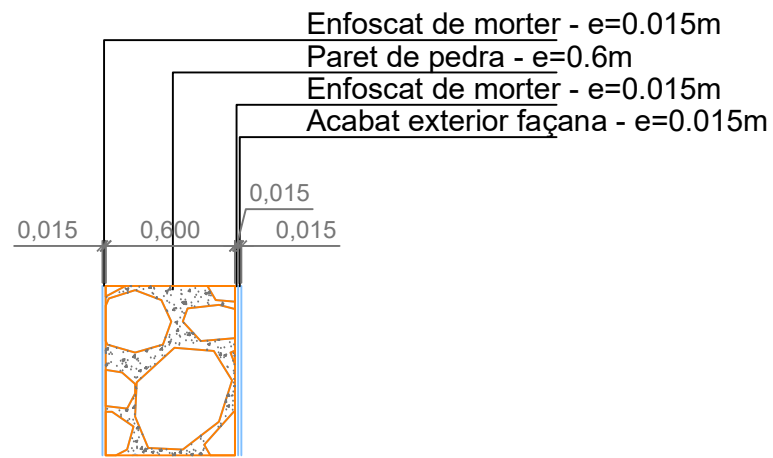
Rev.	Per	Data	Motiu:
0	À. Florensa	01/07/2020	

Detalls constructius
de l'envoltant

Escala
1 : 75

Num de Planol
D001

Hoja:
de



– Mur exterior de pedra

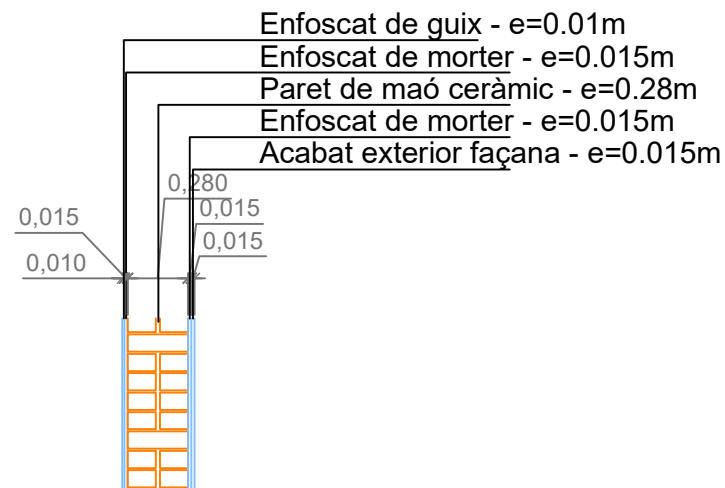
$$R_{SI} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_{SE} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_N = \sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.6}{1.4} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.015}{0.7} = 2.97 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_T = R_{SI} + R_N + R_{SE} = 0.13 + 2.97 + 0.04 = 3.1414 \, m^2 \cdot K/W$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3.141} = 0.318 \, W/m^2 \cdot K$$



– Mur exterior de maó ceràmic doble.

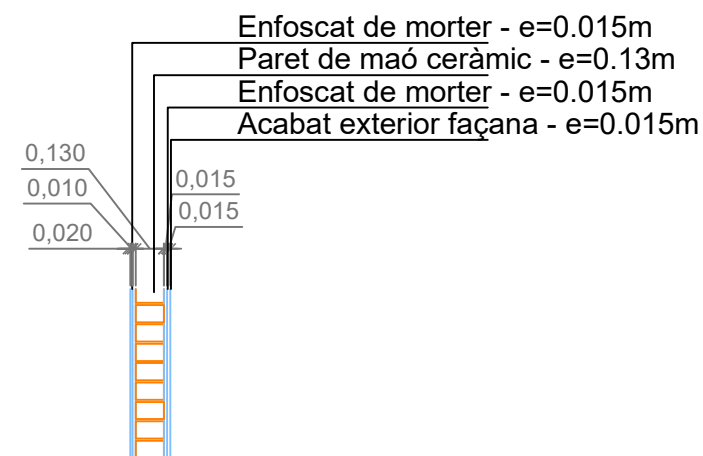
$$R_{SI} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_{SE} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_N = \sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{0.8} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.28}{0.512} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.015}{0.7} = 0.591 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_T = R_{SI} + R_N + R_{SE} = 0.13 + 0.591 + 0.04 = 0.761 \, m^2 \cdot K/W$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.761} = 1.313 \, W/m^2 \cdot K$$



– Mur exterior de maó ceràmic simple.

$$R_{SI} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_{SE} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_N = \sum \frac{e}{\lambda} = \frac{0.01}{0.8} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.13}{0.512} + \frac{0.015}{1.4} + \frac{0.015}{0.7} = 0.298 \, m^2 \cdot K/W$$

$$R_T = R_{SI} + R_N + R_{SE} = 0.13 + 0.298 + 0.04 = 0.468 \, m^2 \cdot K/W$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.468} = 2.134 \, W/m^2 \cdot K$$

Projecte de reforma energètica
 d'un habitatge unifamiliar a Almatret
 Treball de Final de Grau d'Arquitectura Tècnica

Director: Daniel Chemisana Villegas
 Codirector: Alexandre Moreno Bellostas
 Estudiant autor: Àlex Florensa Duaigües



Rev. 0 Per À. Florensa Data 01/07/2020 Motiu:

Detalls constructius
 de l'envolent

Escala
 1 : 75

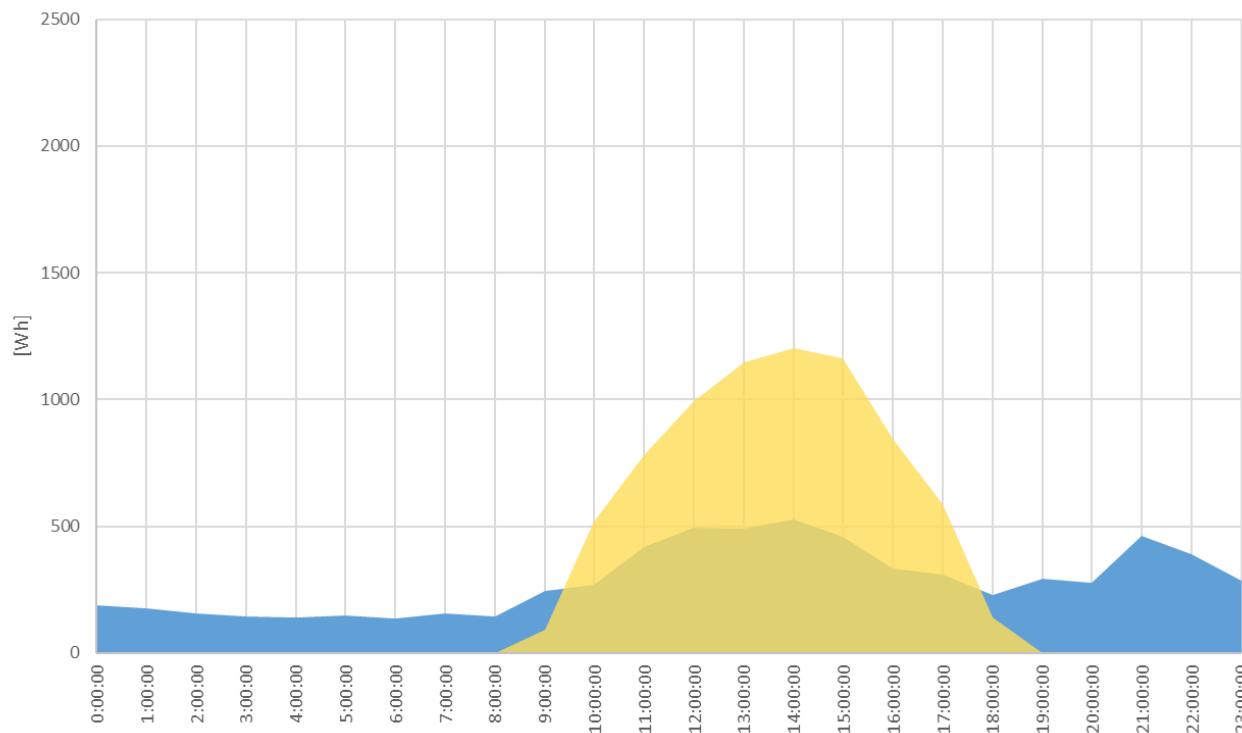
Num de Planol
 D001

Hoja:
 de

Annex 2 Taules de consum i producció elèctrica

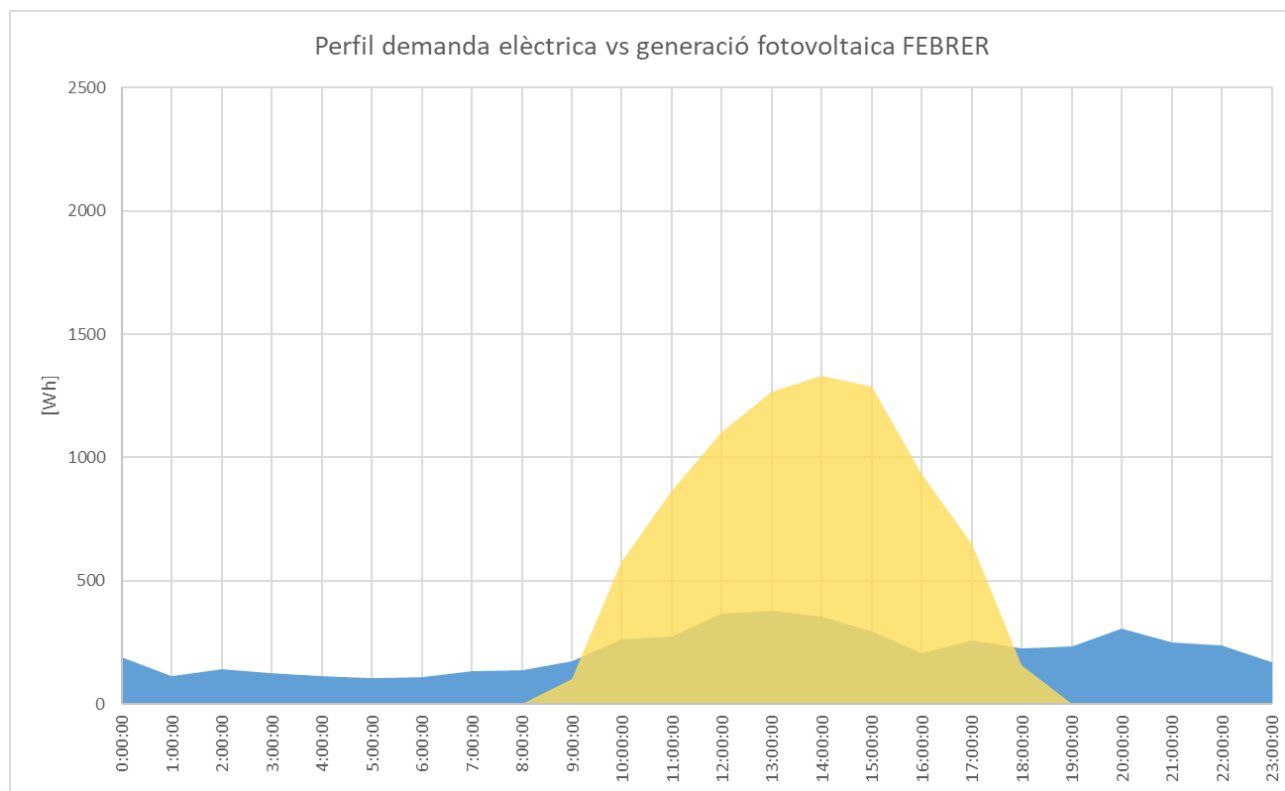
Gener	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum mig per hora [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5898.00	190.26	0.00	0.00	5898.00	190.26	0.00	0.00	0.00
1:00:00	5475.00	176.61	0.00	0.00	5475.00	176.61	0.00	0.00	0.00
2:00:00	4903.00	158.16	0.00	0.00	4903.00	158.16	0.00	0.00	0.00
3:00:00	4469.00	144.16	0.00	0.00	4469.00	144.16	0.00	0.00	0.00
4:00:00	4365.00	140.81	0.00	0.00	4365.00	140.81	0.00	0.00	0.00
5:00:00	4663.00	150.42	0.00	0.00	4663.00	150.42	0.00	0.00	0.00
6:00:00	4288.00	138.32	0.00	0.00	4288.00	138.32	0.00	0.00	0.00
7:00:00	4912.00	158.45	0.00	0.00	4912.00	158.45	0.00	0.00	0.00
8:00:00	4479.00	144.48	0.00	0.00	4479.00	144.48	0.00	0.00	0.00
9:00:00	7586.00	244.71	2872.89	92.67	0.00	0.00	7586.00	244.71	0.00
10:00:00	8312.00	268.13	16072.47	518.47	0.00	0.00	8312.00	268.13	250.34
11:00:00	12981.00	418.74	24164.78	779.51	0.00	0.00	12981.00	418.74	360.77
12:00:00	15303.00	493.65	30830.24	994.52	0.00	0.00	15303.00	493.65	500.88
13:00:00	15233.00	491.39	35481.17	1144.55	0.00	0.00	15233.00	491.39	653.17
14:00:00	16374.00	528.19	37319.31	1203.85	0.00	0.00	16374.00	528.19	675.66
15:00:00	14214.00	458.52	36093.00	1164.29	0.00	0.00	14214.00	458.52	705.77
16:00:00	10364.00	334.32	26180.22	844.52	0.00	0.00	10364.00	334.32	510.20
17:00:00	9654.00	311.42	18160.41	585.82	0.00	0.00	9654.00	311.42	274.40
18:00:00	7142.00	230.39	4412.92	142.35	0.00	0.00	7142.00	230.39	0.00
19:00:00	9129.00	294.48	36.18	1.17	0.00	0.00	9129.00	294.48	0.00
20:00:00	8640.00	278.71	0.00	0.00	8640.00	278.71	0.00	0.00	0.00
21:00:00	14328.00	462.19	0.00	0.00	14328.00	462.19	0.00	0.00	0.00
22:00:00	12136.00	391.48	0.00	0.00	12136.00	391.48	0.00	0.00	0.00
23:00:00	8890.00	286.77	0.00	0.00	8890.00	286.77	0.00	0.00	0.00
TOTALS	213738.00		231623.59		87446.00		126292.00		3931.18

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica GENER



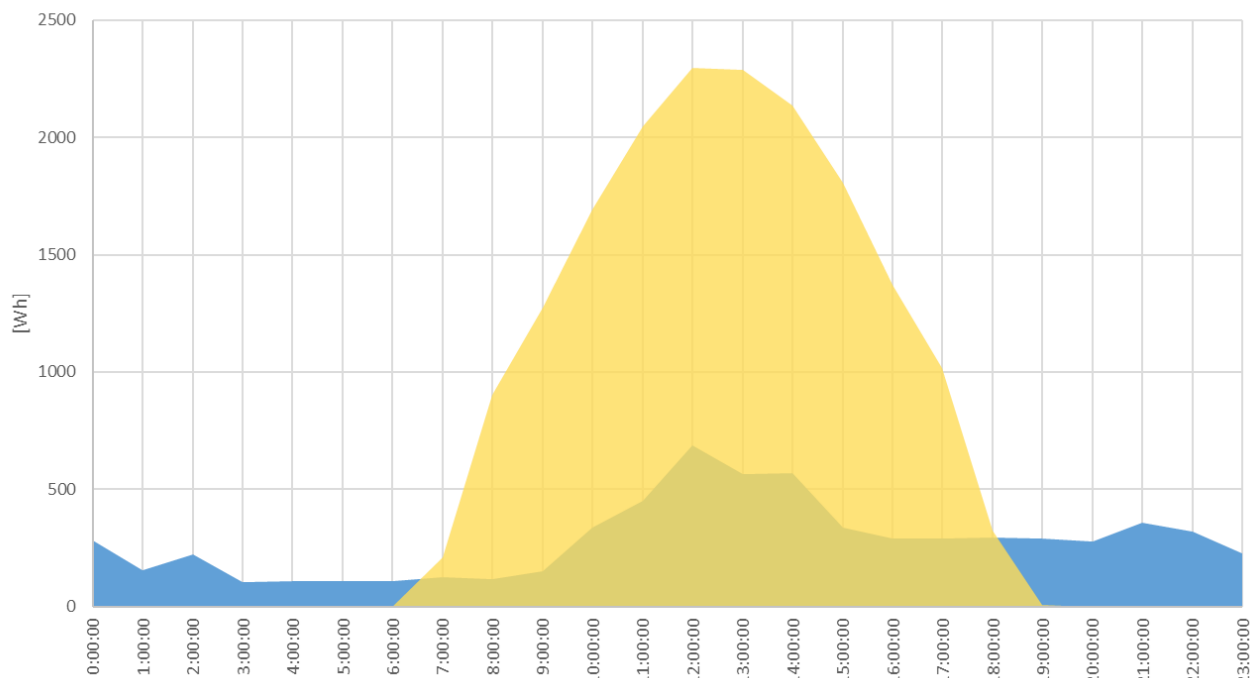
Febrer	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5333.00	190.46	0.00	0.00	5333.00	190.46	0.00	0.00	0.00
1:00:00	3205.00	114.46	0.00	0.00	3205.00	114.46	0.00	0.00	0.00
2:00:00	3991.00	142.54	0.00	0.00	3991.00	142.54	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3539.00	126.39	0.00	0.00	3539.00	126.39	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3140.00	112.14	0.00	0.00	3140.00	112.14	0.00	0.00	0.00
5:00:00	2956.00	105.57	0.00	0.00	2956.00	105.57	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3001.00	107.18	0.00	0.00	3001.00	107.18	0.00	0.00	0.00
7:00:00	3687.00	131.68	0.00	0.00	3687.00	131.68	0.00	0.00	0.00
8:00:00	3879.00	138.54	0.00	0.00	3879.00	138.54	0.00	0.00	0.00
9:00:00	4834.00	172.64	2872.89	102.60	0.00	70.04	4834.00	102.60	0.00
10:00:00	7344.00	262.29	16072.47	574.02	0.00	0.00	7344.00	262.29	311.73
11:00:00	7680.00	274.29	24164.78	863.03	0.00	0.00	7680.00	274.29	588.74
12:00:00	10228.00	365.29	30830.24	1101.08	0.00	0.00	10228.00	365.29	735.79
13:00:00	10628.00	379.57	35481.17	1267.18	0.00	0.00	10628.00	379.57	887.61
14:00:00	9894.00	353.36	37319.31	1332.83	0.00	0.00	9894.00	353.36	979.48
15:00:00	8244.00	294.43	36093.00	1289.04	0.00	0.00	8244.00	294.43	994.61
16:00:00	5711.00	203.96	26180.22	935.01	0.00	0.00	5711.00	203.96	731.04
17:00:00	7173.00	256.18	18160.41	648.59	0.00	0.00	7173.00	256.18	392.41
18:00:00	6277.00	224.18	4412.92	157.60	0.00	66.57	6277.00	157.60	0.00
19:00:00	6584.00	235.14	36.18	1.29	0.00	233.85	6584.00	1.29	0.00
20:00:00	8521.00	304.32	0.00	0.00	8521.00	304.32	0.00	0.00	0.00
21:00:00	6971.00	248.96	0.00	0.00	6971.00	248.96	0.00	0.00	0.00
22:00:00	6670.00	238.21	0.00	0.00	6670.00	238.21	0.00	0.00	0.00
23:00:00	4688.00	167.43	0.00	0.00	4688.00	167.43	0.00	0.00	0.00
TOTALS	144178.00	5149.21	231623.59		59581.00		84597.00		5621.41

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica FEBRER

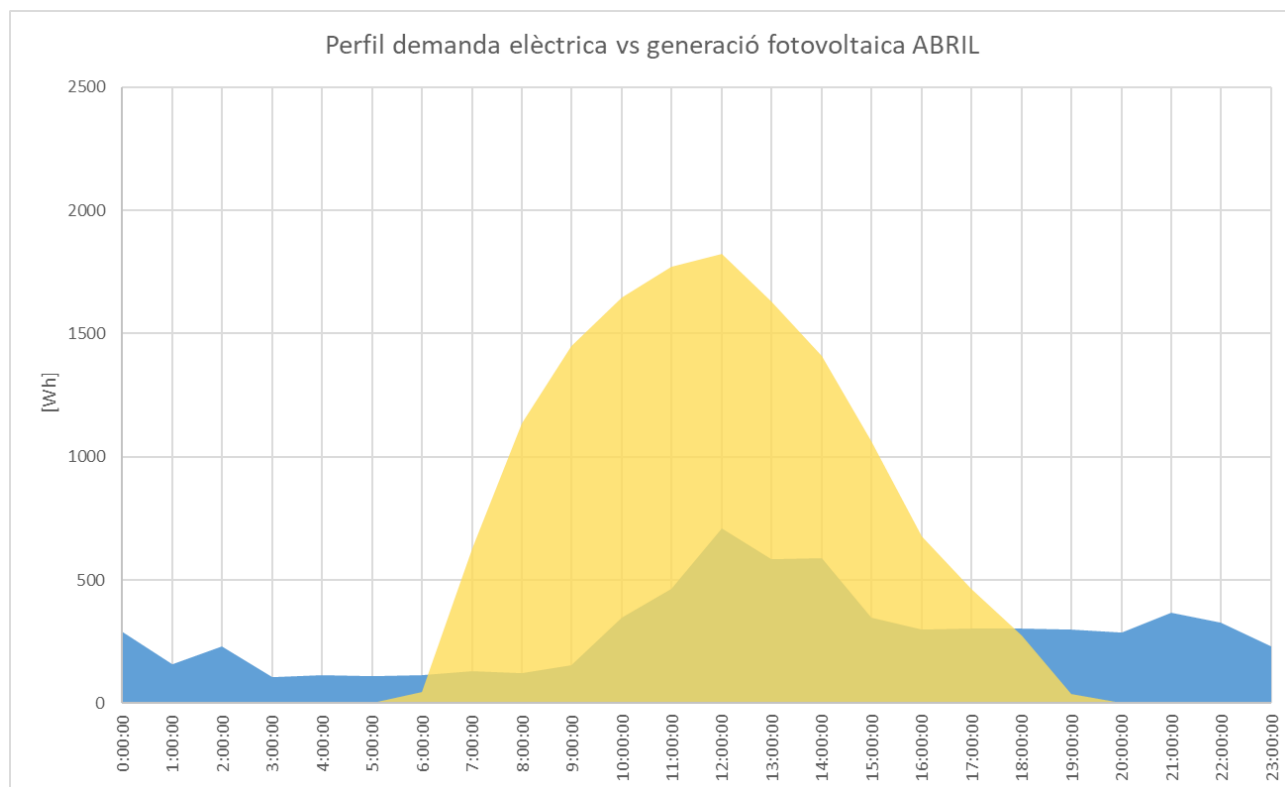


Març	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	281.74	0.00	0.00	8734.00	281.74	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	153.68	0.00	0.00	4764.00	153.68	0.00	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	224.26	0.00	0.00	6952.00	224.26	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	103.84	0.00	0.00	3219.00	103.84	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	110.29	0.00	0.00	3419.00	110.29	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	107.42	0.00	0.00	3330.00	107.42	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3395.00	109.52	0.00	0.00	3395.00	109.52	0.00	0.00	0.00
7:00:00	3948.00	127.35	6547.67	211.22	0.00	0.00	3948.00	127.35	83.86
8:00:00	3611.00	116.48	27996.40	903.11	0.00	0.00	3611.00	116.48	786.63
9:00:00	4679.00	150.94	39484.66	1273.70	0.00	0.00	4679.00	150.94	1122.76
10:00:00	10438.00	336.71	52469.21	1692.56	0.00	0.00	10438.00	336.71	1355.85
11:00:00	13974.00	450.77	63521.05	2049.07	0.00	0.00	13974.00	450.77	1598.29
12:00:00	21338.00	688.32	71145.16	2295.01	0.00	0.00	21338.00	688.32	1606.68
13:00:00	17491.00	564.23	70925.44	2287.92	0.00	0.00	17491.00	564.23	1723.69
14:00:00	17621.00	568.42	66159.19	2134.17	0.00	0.00	17621.00	568.42	1565.75
15:00:00	10450.00	337.10	56022.39	1807.17	0.00	0.00	10450.00	337.10	1470.08
16:00:00	9023.00	291.06	42487.79	1370.57	0.00	0.00	9023.00	291.06	1079.51
17:00:00	9053.00	292.03	31480.44	1015.50	0.00	0.00	9053.00	292.03	723.47
18:00:00	9113.00	293.97	9997.19	322.49	0.00	0.00	9113.00	293.97	28.52
19:00:00	8975.00	289.52	253.25	8.17	0.00	0.00	8975.00	281.35	8.17
20:00:00	8620.00	278.06	0.00	0.00	8620.00	278.06	0.00	0.00	0.00
21:00:00	11056.00	356.65	0.00	0.00	11056.00	356.65	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	318.55	0.00	0.00	9875.00	318.55	0.00	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	224.65	0.00	0.00	6964.00	224.65	0.00	0.00	0.00
TOTALS	210042.00		538499.83		70328.00		139714.00	4225.56	13145.08

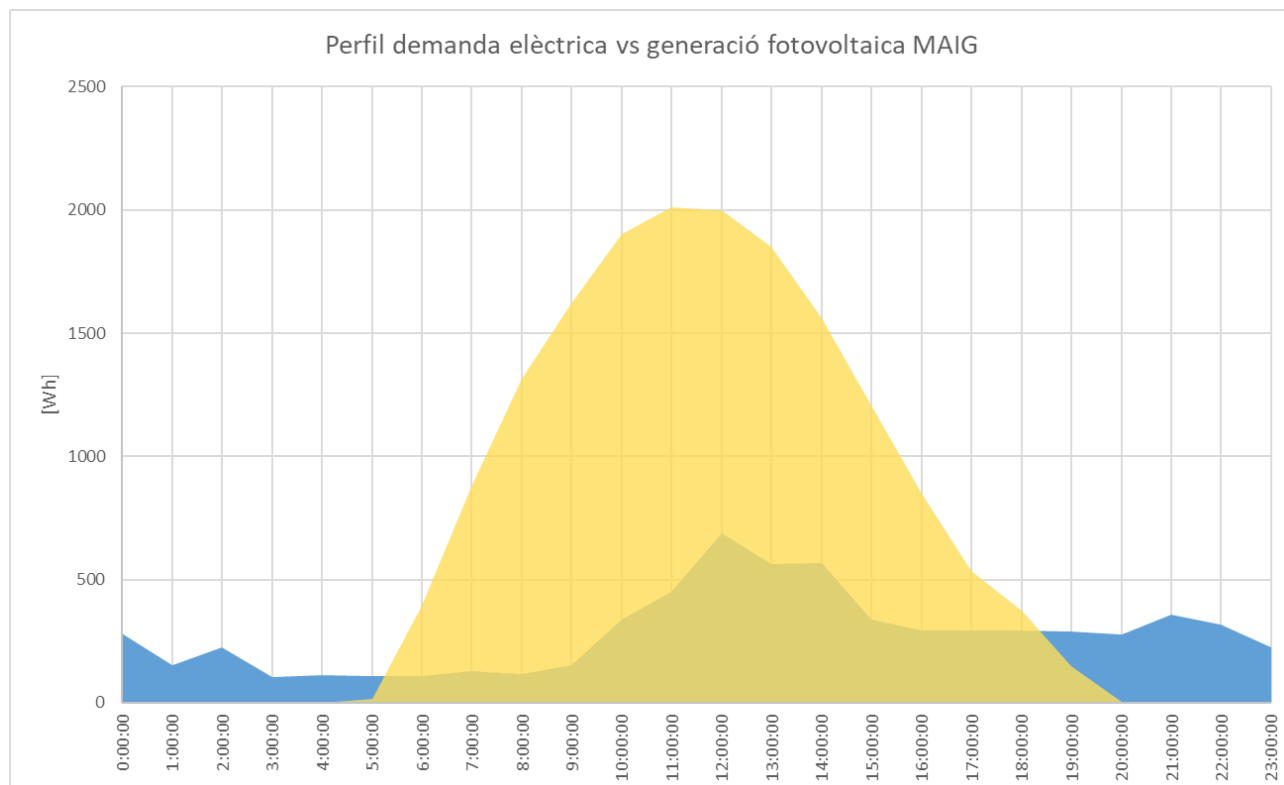
Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica MARÇ



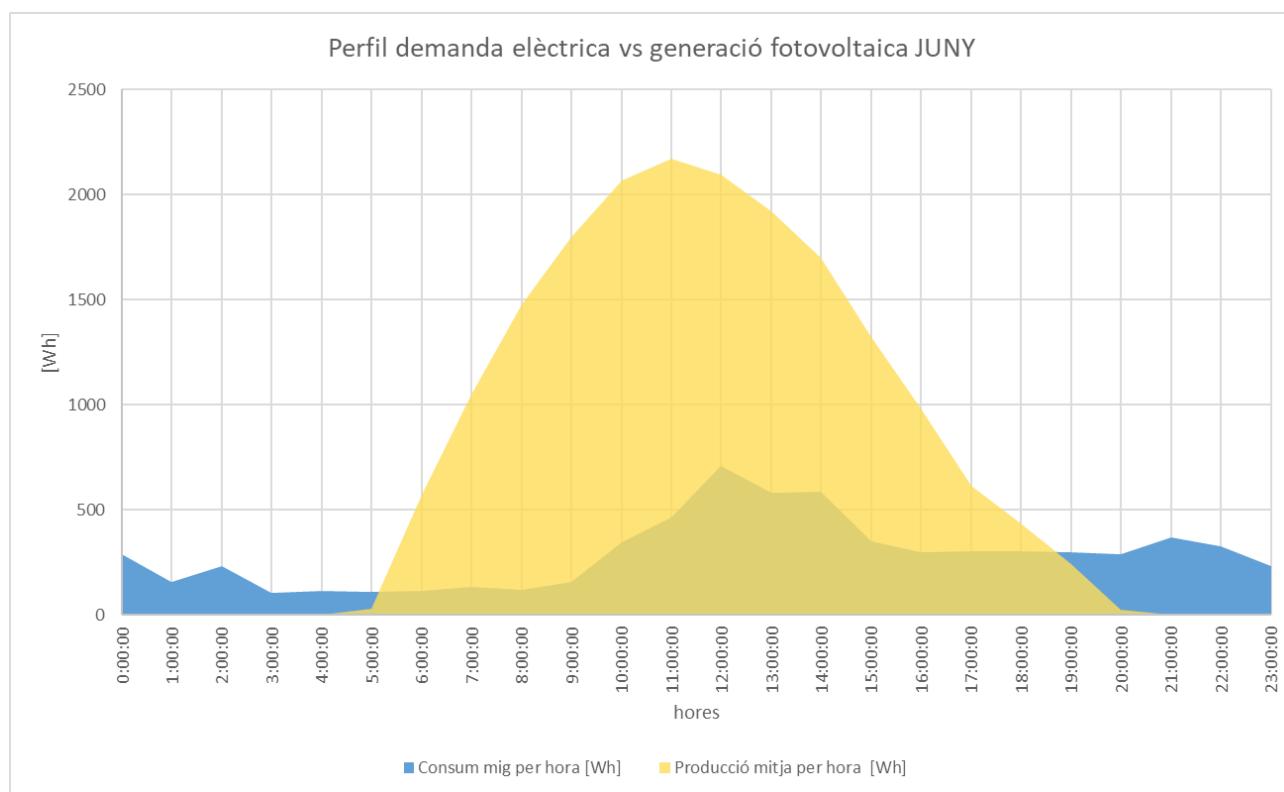
Abril	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	291.13	0.00	0.00	8734.00	291.13	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	158.80	0.00	0.00	4764.00	158.80	0.00	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	231.73	0.00	0.00	6952.00	231.73	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	107.30	0.00	0.00	3219.00	107.30	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	113.97	0.00	0.00	3419.00	113.97	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	111.00	0.00	0.00	3330.00	111.00	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3395.00	113.17	1367.91	45.60	0.00	0.00	3395.00	113.17	0.00
7:00:00	3948.00	131.60	18904.69	630.16	0.00	0.00	3948.00	131.60	498.56
8:00:00	3611.00	120.37	34099.59	1136.65	0.00	0.00	3611.00	120.37	1016.29
9:00:00	4679.00	155.97	43432.62	1447.75	0.00	0.00	4679.00	155.97	1291.79
10:00:00	10438.00	347.93	49382.55	1646.09	0.00	0.00	10438.00	347.93	1298.15
11:00:00	13974.00	465.80	53129.56	1770.99	0.00	0.00	13974.00	465.80	1305.19
12:00:00	21338.00	711.27	54748.15	1824.94	0.00	0.00	21338.00	711.27	1113.67
13:00:00	17491.00	583.03	48869.77	1628.99	0.00	0.00	17491.00	583.03	1045.96
14:00:00	17621.00	587.37	42281.64	1409.39	0.00	0.00	17621.00	587.37	822.02
15:00:00	10450.00	348.33	31919.88	1064.00	0.00	0.00	10450.00	348.33	715.66
16:00:00	9023.00	300.77	20358.83	678.63	0.00	0.00	9023.00	300.77	377.86
17:00:00	9053.00	301.77	13934.80	464.49	0.00	0.00	9053.00	301.77	162.73
18:00:00	9113.00	303.77	8202.86	273.43	0.00	30.34	9113.00	273.43	0.00
19:00:00	8975.00	299.17	1151.44	38.38	0.00	260.79	8975.00	38.38	0.00
20:00:00	8620.00	287.33	0.00	0.00	8620.00	287.33	0.00	0.00	0.00
21:00:00	11056.00	368.53	0.00	0.00	11056.00	368.53	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	329.17	0.00	0.00	9875.00	329.17	0.00	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	232.13	0.00	0.00	6964.00	232.13	0.00	0.00	0.00
TOTALS	210042.00		421784.29		66933.00		143109.00	4479.18	9647.87



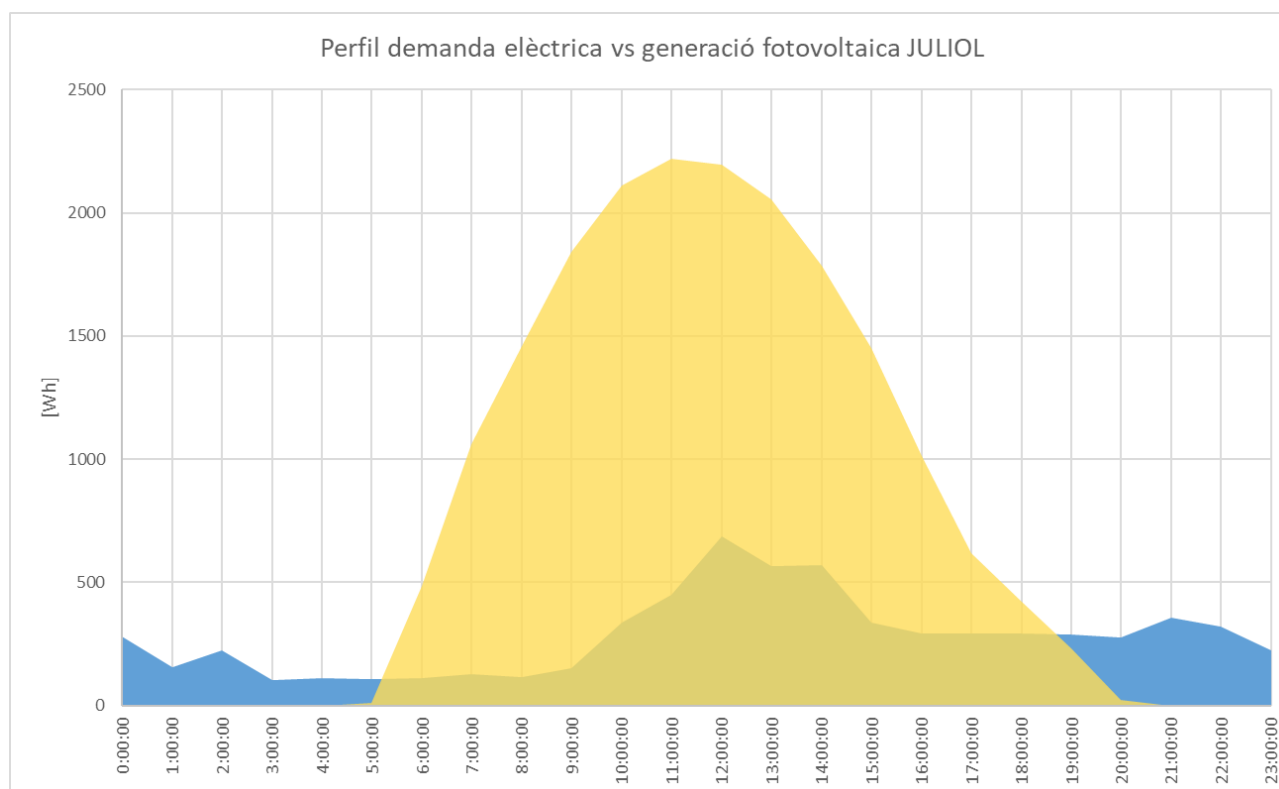
Maig	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	281.74	0.00	0.00	8734.00	281.74	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	153.68	0.00	0.00	4764.00	153.68	0.00	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	224.26	0.00	0.00	6952.00	224.26	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	103.84	0.00	0.00	3219.00	103.84	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	110.29	0.00	0.00	3419.00	110.29	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	107.42	539.45	17.40	0.00	0.00	3330.00	107.42	0.00
6:00:00	3395.00	109.52	12179.37	392.88	0.00	0.00	3395.00	109.52	283.37
7:00:00	3948.00	127.35	27114.72	874.67	0.00	0.00	3948.00	127.35	747.31
8:00:00	3611.00	116.48	40711.71	1313.28	0.00	0.00	3611.00	116.48	1196.80
9:00:00	4679.00	150.94	50304.87	1622.74	0.00	0.00	4679.00	150.94	1471.80
10:00:00	10438.00	336.71	58942.48	1901.37	0.00	0.00	10438.00	336.71	1564.66
11:00:00	13974.00	450.77	62330.58	2010.66	0.00	0.00	13974.00	450.77	1559.89
12:00:00	21338.00	688.32	61964.81	1998.86	0.00	0.00	21338.00	688.32	1310.54
13:00:00	17491.00	564.23	57375.44	1850.82	0.00	0.00	17491.00	564.23	1286.59
14:00:00	17621.00	568.42	48408.44	1561.56	0.00	0.00	17621.00	568.42	993.14
15:00:00	10450.00	337.10	37346.73	1204.73	0.00	0.00	10450.00	337.10	867.64
16:00:00	9023.00	291.06	26268.99	847.39	0.00	0.00	9023.00	291.06	556.32
17:00:00	9053.00	292.03	16596.33	535.37	0.00	0.00	9053.00	292.03	243.33
18:00:00	9113.00	293.97	11587.74	373.80	0.00	0.00	9113.00	293.97	79.83
19:00:00	8975.00	289.52	4622.70	149.12	0.00	0.00	8975.00	149.12	0.00
20:00:00	8620.00	278.06	77.04	2.49	0.00	0.00	8620.00	278.06	0.00
21:00:00	11056.00	356.65	0.00	0.00	11056.00	356.65	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	318.55	0.00	0.00	9875.00	318.55	0.00	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	224.65	0.00	0.00	6964.00	224.65	0.00	0.00	0.00
TOTALS	210042.00		516371.38		54983.00		155059.00	4861.51	12161.23



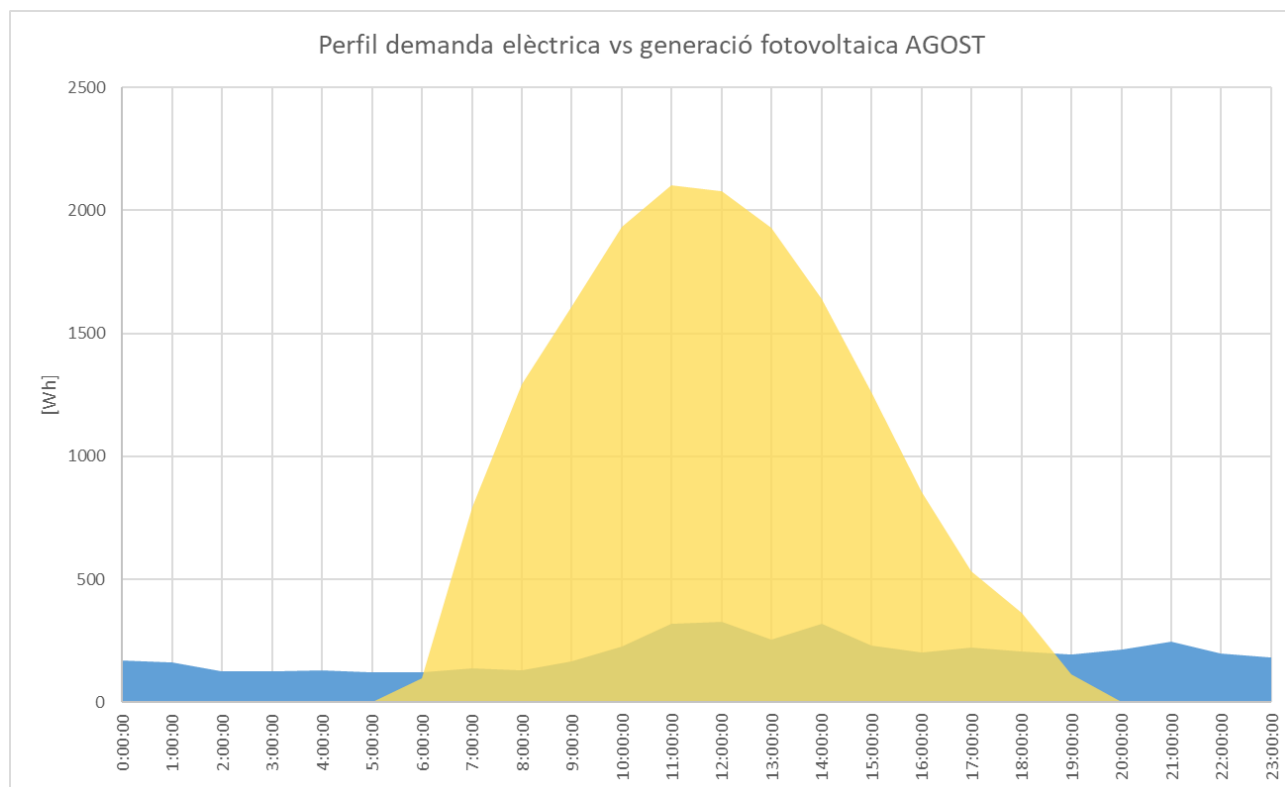
Juny	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	291.13	0.00	0.00	8734.00	291.13	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	158.80	0.00	0.00	4764.00	158.80	0.00	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	231.73	0.00	0.00	6952.00	231.73	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	107.30	0.00	0.00	3219.00	107.30	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	113.97	0.00	0.00	3419.00	113.97	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	111.00	955.73	31.86	0.00	0.00	3330.00	111.00	0.00
6:00:00	3395.00	113.17	17096.35	569.88	0.00	0.00	3395.00	113.17	456.71
7:00:00	3948.00	131.60	31428.01	1047.60	0.00	0.00	3948.00	131.60	916.00
8:00:00	3611.00	120.37	44384.49	1479.48	0.00	0.00	3611.00	120.37	1359.12
9:00:00	4679.00	155.97	54007.60	1800.25	0.00	0.00	4679.00	155.97	1644.29
10:00:00	10438.00	347.93	62059.03	2068.63	0.00	0.00	10438.00	347.93	1720.70
11:00:00	13974.00	465.80	65223.46	2174.12	0.00	0.00	13974.00	465.80	1708.32
12:00:00	21338.00	711.27	62871.20	2095.71	0.00	0.00	21338.00	711.27	1384.44
13:00:00	17491.00	583.03	57682.14	1922.74	0.00	0.00	17491.00	583.03	1339.70
14:00:00	17621.00	587.37	51014.32	1700.48	0.00	0.00	17621.00	587.37	1113.11
15:00:00	10450.00	348.33	39729.61	1324.32	0.00	0.00	10450.00	348.33	975.99
16:00:00	9023.00	300.77	29491.99	983.07	0.00	0.00	9023.00	300.77	682.30
17:00:00	9053.00	301.77	18453.13	615.10	0.00	0.00	9053.00	301.77	313.34
18:00:00	9113.00	303.77	13069.16	435.64	0.00	0.00	9113.00	303.77	131.87
19:00:00	8975.00	299.17	7226.19	240.87	0.00	58.29	8975.00	240.87	0.00
20:00:00	8620.00	287.33	724.40	24.15	0.00	0.00	8620.00	287.33	0.00
21:00:00	11056.00	368.53	0.00	0.00	11056.00	368.53	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	329.17	0.00	0.00	9875.00	329.17	0.00	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	232.13	0.00	0.00	6964.00	232.13	0.00	0.00	0.00
TOTALS	210042.00	7001.40	555416.81	18513.89	54983.00	1891.06	155059.00	5110.34	13745.88



Juliol	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	8734.00	281.74	0.00	0.00	8734.00	281.74	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4764.00	153.68	0.00	0.00	4764.00	153.68	0.00	0.00	0.00
2:00:00	6952.00	224.26	0.00	0.00	6952.00	224.26	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3219.00	103.84	0.00	0.00	3219.00	103.84	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3419.00	110.29	0.00	0.00	3419.00	110.29	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3330.00	107.42	354.45	11.43	0.00	0.00	3330.00	107.42	0.00
6:00:00	3395.00	109.52	14984.34	483.37	0.00	0.00	3395.00	109.52	373.85
7:00:00	3948.00	127.35	32925.53	1062.11	0.00	0.00	3948.00	127.35	934.76
8:00:00	3611.00	116.48	45217.40	1458.63	0.00	0.00	3611.00	116.48	1342.14
9:00:00	4679.00	150.94	57052.73	1840.41	0.00	0.00	4679.00	150.94	1689.48
10:00:00	10438.00	336.71	65422.85	2110.41	0.00	0.00	10438.00	336.71	1773.70
11:00:00	13974.00	450.77	68747.57	2217.66	0.00	0.00	13974.00	450.77	1766.89
12:00:00	21338.00	688.32	68054.35	2195.30	0.00	0.00	21338.00	688.32	1506.98
13:00:00	17491.00	564.23	63692.05	2054.58	0.00	0.00	17491.00	564.23	1490.36
14:00:00	17621.00	568.42	55354.40	1785.63	0.00	0.00	17621.00	568.42	1217.21
15:00:00	10450.00	337.10	44944.30	1449.82	0.00	0.00	10450.00	337.10	1112.72
16:00:00	9023.00	291.06	31435.58	1014.05	0.00	0.00	9023.00	291.06	722.99
17:00:00	9053.00	292.03	19152.25	617.81	0.00	0.00	9053.00	292.03	325.78
18:00:00	9113.00	293.97	13022.01	420.06	0.00	0.00	9113.00	293.97	126.10
19:00:00	8975.00	289.52	7148.20	230.59	0.00	58.93	8975.00	230.59	0.00
20:00:00	8620.00	278.06	678.18	21.88	0.00	0.00	8620.00	278.06	0.00
21:00:00	11056.00	356.65	0.00	0.00	11056.00	356.65	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9875.00	318.55	0.00	0.00	9875.00	318.55	0.00	0.00	0.00
23:00:00	6964.00	224.65	0.00	0.00	6964.00	224.65	0.00	0.00	0.00
TOTALS	210042.00		588186.18		54983.00		155059.00	4942.97	14382.95

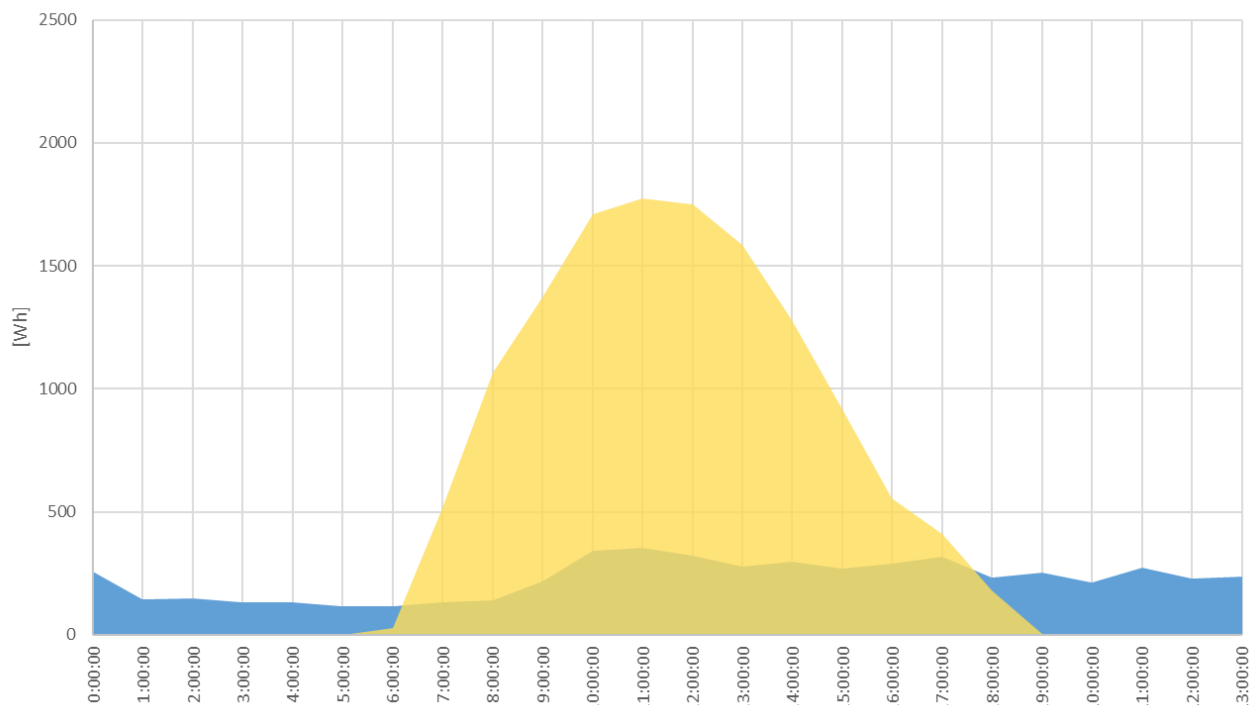


Agost	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5291.00	170.68	0.00	0.00	5291.00	170.68	0.00	0.00	0.00
1:00:00	5009.00	161.58	0.00	0.00	5009.00	161.58	0.00	0.00	0.00
2:00:00	3952.00	127.48	0.00	0.00	3952.00	127.48	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3905.00	125.97	0.00	0.00	3905.00	125.97	0.00	0.00	0.00
4:00:00	4018.00	129.61	0.00	0.00	4018.00	129.61	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3830.00	123.55	0.00	0.00	3830.00	123.55	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3834.00	123.68	3005.58	96.95	0.00	0.00	3834.00	123.68	0.00
7:00:00	4355.00	140.48	24636.63	794.73	0.00	0.00	4355.00	140.48	654.25
8:00:00	4048.00	130.58	40072.57	1292.66	0.00	0.00	4048.00	130.58	1162.08
9:00:00	5171.00	166.81	49772.03	1605.55	0.00	0.00	5171.00	166.81	1438.74
10:00:00	7071.00	228.10	59946.60	1933.76	0.00	0.00	7071.00	228.10	1705.66
11:00:00	9957.00	321.19	65194.52	2103.05	0.00	0.00	9957.00	321.19	1781.86
12:00:00	10106.00	326.00	64414.85	2077.90	0.00	0.00	10106.00	326.00	1751.90
13:00:00	7891.00	254.55	59852.20	1930.72	0.00	0.00	7891.00	254.55	1676.17
14:00:00	9909.00	319.65	50814.45	1639.18	0.00	0.00	9909.00	319.65	1319.53
15:00:00	7155.00	230.81	39127.45	1262.18	0.00	0.00	7155.00	230.81	1031.37
16:00:00	6318.00	203.81	26530.88	855.83	0.00	0.00	6318.00	203.81	652.03
17:00:00	6882.00	222.00	16578.59	534.79	0.00	0.00	6882.00	222.00	312.79
18:00:00	6406.00	206.65	11294.06	364.32	0.00	0.00	6406.00	206.65	157.68
19:00:00	6016.00	194.06	3580.62	115.50	0.00	0.00	6016.00	194.06	0.00
20:00:00	6626.00	213.74	107.86	3.48	0.00	0.00	6626.00	213.74	0.00
21:00:00	7678.00	247.68	0.00	0.00	7678.00	247.68	0.00	0.00	0.00
22:00:00	6181.00	199.39	0.00	0.00	6181.00	199.39	0.00	0.00	0.00
23:00:00	5621.00	181.32	0.00	0.00	5621.00	181.32	0.00	0.00	0.00
TOTALS	147230.00		514928.88		45485.00		101745.00	3203.54	13644.06



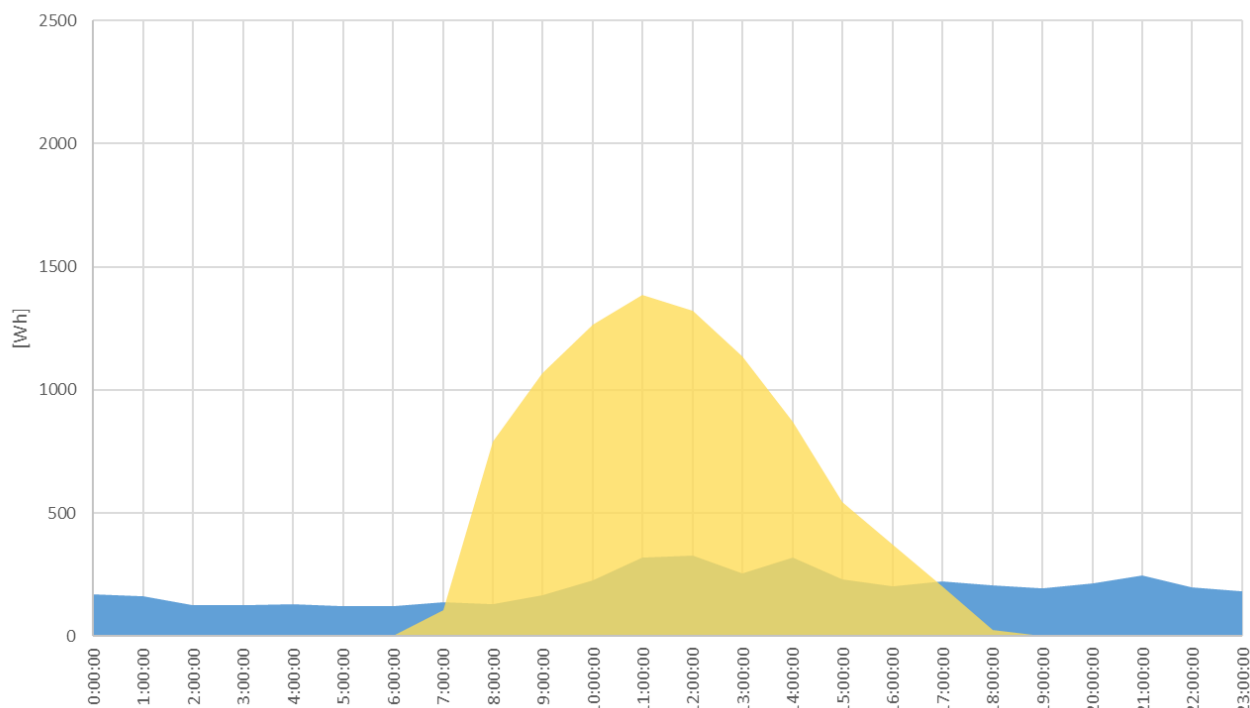
Setembre	Consum agregat [Wh]	Consum mitjà per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitjana per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	7712.00	257.07	0.00	0.00	7712.00	257.07	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4320.00	144.00	0.00	0.00	4320.00	144.00	0.00	0.00	0.00
2:00:00	4442.00	148.07	0.00	0.00	4442.00	148.07	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3936.00	131.20	0.00	0.00	3936.00	131.20	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3962.00	132.07	0.00	0.00	3962.00	132.07	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3526.00	117.53	0.00	0.00	3526.00	117.53	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3542.00	118.07	816.94	27.23	0.00	0.00	3542.00	118.07	0.00
7:00:00	3948.00	131.60	15457.25	515.24	0.00	0.00	3948.00	131.60	383.64
8:00:00	4180.00	139.33	32001.77	1066.73	0.00	0.00	4180.00	139.33	927.39
9:00:00	6535.00	217.83	41148.91	1371.63	0.00	0.00	6535.00	217.83	1153.80
10:00:00	10213.00	340.43	51256.14	1708.54	0.00	0.00	10213.00	340.43	1368.10
11:00:00	10639.00	354.63	53266.33	1775.54	0.00	0.00	10639.00	354.63	1420.91
12:00:00	9582.00	319.40	52502.39	1750.08	0.00	0.00	9582.00	319.40	1430.68
13:00:00	8363.00	278.77	47552.42	1585.08	0.00	0.00	8363.00	278.77	1306.31
14:00:00	8953.00	298.43	38371.14	1279.04	0.00	0.00	8953.00	298.43	980.60
15:00:00	8094.00	269.80	27497.54	916.58	0.00	0.00	8094.00	269.80	646.78
16:00:00	8696.00	289.87	16685.30	556.18	0.00	0.00	8696.00	289.87	266.31
17:00:00	9470.00	315.67	12277.22	409.24	0.00	0.00	9470.00	315.67	93.57
18:00:00	6954.00	231.80	5416.11	180.54	0.00	51.26	6954.00	180.54	0.00
19:00:00	7601.00	253.37	131.00	4.37	0.00	249.00	7601.00	4.37	0.00
20:00:00	6429.00	214.30	0.00	0.00	6429.00	214.30	0.00	0.00	0.00
21:00:00	8189.00	272.97	0.00	0.00	8189.00	272.97	0.00	0.00	0.00
22:00:00	6808.00	226.93	0.00	0.00	6808.00	226.93	0.00	0.00	0.00
23:00:00	7052.00	235.07	0.00	0.00	7052.00	235.07	0.00	0.00	0.00
TOTALS	163146.00		394380.45		56376.00		106770.00	3258.74	9978.11

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica SETEMBRE



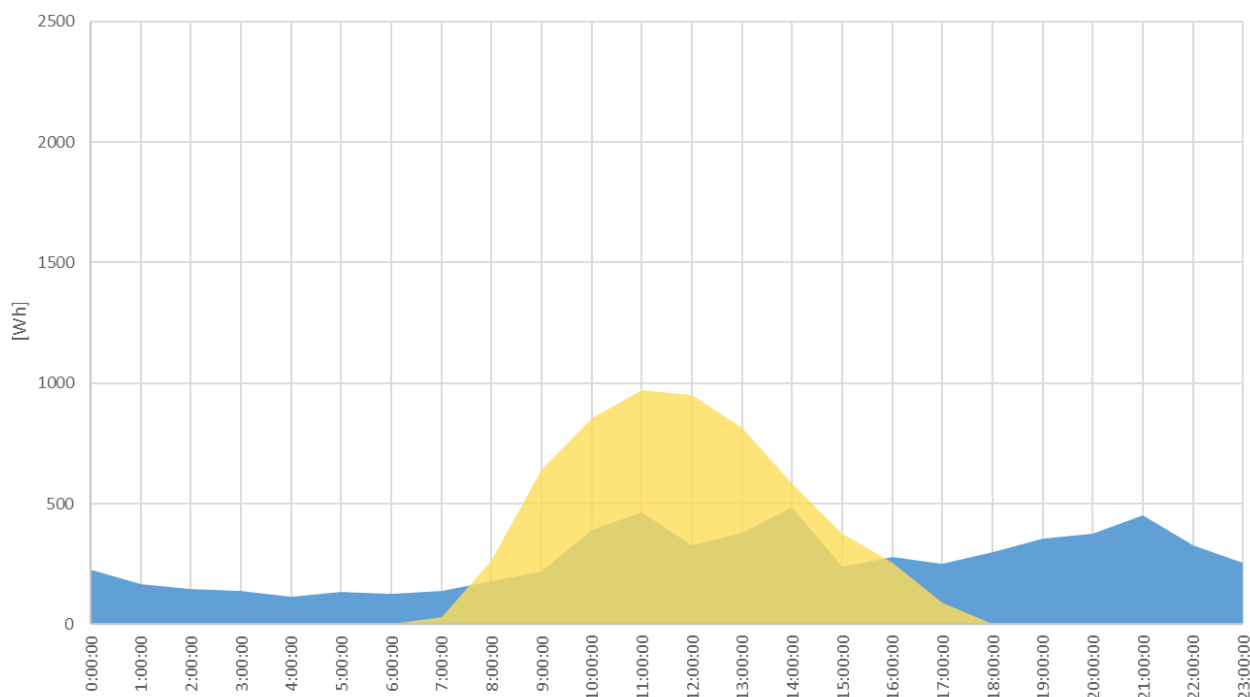
Octubre	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5291.00	170.68	0.00	0.00	5291.00	170.68	0.00	0.00	0.00
1:00:00	5009.00	161.58	0.00	0.00	5009.00	161.58	0.00	0.00	0.00
2:00:00	3952.00	127.48	0.00	0.00	3952.00	127.48	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3905.00	125.97	0.00	0.00	3905.00	125.97	0.00	0.00	0.00
4:00:00	4018.00	129.61	0.00	0.00	4018.00	129.61	0.00	0.00	0.00
5:00:00	3830.00	123.55	0.00	0.00	3830.00	123.55	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3834.00	123.68	0.00	0.00	3834.00	123.68	0.00	0.00	0.00
7:00:00	4355.00	140.48	3296.52	106.34	0.00	0.00	4355.00	140.48	0.00
8:00:00	4048.00	130.58	24446.72	788.60	0.00	0.00	4048.00	130.58	658.02
9:00:00	5171.00	166.81	33142.17	1069.10	0.00	0.00	5171.00	166.81	902.30
10:00:00	7071.00	228.10	39246.06	1266.00	0.00	0.00	7071.00	228.10	1037.91
11:00:00	9957.00	321.19	42945.74	1385.35	0.00	0.00	9957.00	321.19	1064.15
12:00:00	10106.00	326.00	40906.75	1319.57	0.00	0.00	10106.00	326.00	993.57
13:00:00	7891.00	254.55	35195.39	1135.34	0.00	0.00	7891.00	254.55	880.79
14:00:00	9909.00	319.65	26950.36	869.37	0.00	0.00	9909.00	319.65	549.72
15:00:00	7155.00	230.81	16849.46	543.53	0.00	0.00	7155.00	230.81	312.72
16:00:00	6318.00	203.81	11500.53	370.98	0.00	0.00	6318.00	203.81	167.18
17:00:00	6882.00	222.00	6293.87	203.03	0.00	0.00	6882.00	203.03	0.00
18:00:00	6406.00	206.65	758.19	24.46	0.00	0.00	6406.00	24.46	0.00
19:00:00	6016.00	194.06	0.00	0.00	6016.00	194.06	0.00	0.00	0.00
20:00:00	6626.00	213.74	0.00	0.00	6626.00	213.74	0.00	0.00	0.00
21:00:00	7678.00	247.68	0.00	0.00	7678.00	247.68	0.00	0.00	0.00
22:00:00	6181.00	199.39	0.00	0.00	6181.00	199.39	0.00	0.00	0.00
23:00:00	5621.00	181.32	0.00	0.00	5621.00	181.32	0.00	0.00	0.00
TOTALS	147230.00		281531.76		61961.00		85269.00	2549.45	6566.36

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica OCTUBRE



Novembre	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	6836.00	227.87	0.00	0.00	6836.00	227.87	0.00	0.00	0.00
1:00:00	4989.00	166.30	0.00	0.00	4989.00	166.30	0.00	0.00	0.00
2:00:00	4402.00	146.73	0.00	0.00	4402.00	146.73	0.00	0.00	0.00
3:00:00	4128.00	137.60	0.00	0.00	4128.00	137.60	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3416.00	113.87	0.00	0.00	3416.00	113.87	0.00	0.00	0.00
5:00:00	4057.00	135.23	0.00	0.00	4057.00	135.23	0.00	0.00	0.00
6:00:00	3764.00	125.47	0.00	0.00	3764.00	125.47	0.00	0.00	0.00
7:00:00	4147.00	138.23	877.88	29.26	0.00	0.00	4147.00	138.23	0.00
8:00:00	5385.00	179.50	7858.47	261.95	0.00	0.00	5385.00	179.50	82.45
9:00:00	6514.00	217.13	19205.14	640.17	0.00	0.00	6514.00	217.13	423.04
10:00:00	11757.00	391.90	25626.18	854.21	0.00	0.00	11757.00	391.90	462.31
11:00:00	13851.00	461.70	29106.01	970.20	0.00	0.00	13851.00	461.70	508.50
12:00:00	9841.00	328.03	28506.49	950.22	0.00	0.00	9841.00	328.03	622.18
13:00:00	11345.00	378.17	24378.85	812.63	0.00	0.00	11345.00	378.17	434.46
14:00:00	14523.00	484.10	17519.00	583.97	0.00	0.00	14523.00	484.10	99.87
15:00:00	7166.00	238.87	11287.16	376.24	0.00	0.00	7166.00	238.87	137.37
16:00:00	8307.00	276.90	7603.00	253.43	0.00	23.47	8307.00	253.43	0.00
17:00:00	7529.00	250.97	2659.07	88.64	0.00	162.33	7529.00	88.64	0.00
18:00:00	8992.00	299.73	0.00	0.00	8992.00	299.73	0.00	0.00	0.00
19:00:00	10615.00	353.83	0.00	0.00	10615.00	353.83	0.00	0.00	0.00
20:00:00	11261.00	375.37	0.00	0.00	11261.00	375.37	0.00	0.00	0.00
21:00:00	13491.00	449.70	0.00	0.00	13491.00	449.70	0.00	0.00	0.00
22:00:00	9807.00	326.90	0.00	0.00	9807.00	326.90	0.00	0.00	0.00
23:00:00	7584.00	252.80	0.00	0.00	7584.00	252.80	0.00	0.00	0.00
TOTALS	193707.00		174627.26		93342.00		100365.00	3159.70	2770.18

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica NOVENBRE



Desembre	Consum agregat [Wh]	Consum mig per hora [Wh]	Producció agregada [Wh]	Producció mitja per hora [Wh]	Consum de xarxa [Wh]	Consum de xarxa per hora [Wh]	Autoconsum [Wh]	Autoconsum [Wh]	Excedent [Wh]
0:00:00	5990.00	193.23	0.00	0.00	5990.00	193.23	0.00	0.00	0.00
1:00:00	5385.00	173.71	0.00	0.00	5385.00	173.71	0.00	0.00	0.00
2:00:00	3970.00	128.06	0.00	0.00	3970.00	128.06	0.00	0.00	0.00
3:00:00	3986.00	128.58	0.00	0.00	3986.00	128.58	0.00	0.00	0.00
4:00:00	3632.00	117.16	0.00	0.00	3632.00	117.16	0.00	0.00	0.00
5:00:00	4597.00	148.29	0.00	0.00	4597.00	148.29	0.00	0.00	0.00
6:00:00	4338.00	139.94	0.00	0.00	4338.00	139.94	0.00	0.00	0.00
7:00:00	3848.00	124.13	0.00	0.00	3848.00	124.13	0.00	0.00	0.00
8:00:00	5309.00	171.26	3102.57	100.08	0.00	0.00	5309.00	171.26	0.00
9:00:00	6405.00	206.61	14628.26	471.88	0.00	0.00	6405.00	206.61	265.27
10:00:00	10141.00	327.13	21408.59	690.60	0.00	0.00	10141.00	327.13	363.47
11:00:00	13766.00	444.06	31526.69	1016.99	0.00	0.00	13766.00	444.06	572.93
12:00:00	18935.00	610.81	36048.71	1162.86	0.00	0.00	18935.00	610.81	552.06
13:00:00	16082.00	518.77	36999.58	1193.53	0.00	0.00	16082.00	518.77	674.76
14:00:00	15329.00	494.48	31381.24	1012.30	0.00	0.00	15329.00	494.48	517.81
15:00:00	12791.00	412.61	22018.58	710.28	0.00	0.00	12791.00	412.61	297.66
16:00:00	11876.00	383.10	12722.90	410.42	0.00	0.00	11876.00	383.10	27.32
17:00:00	11931.00	384.87	1725.25	55.65	0.00	329.22	11931.00	55.65	0.00
18:00:00	12626.00	407.29	0.00	0.00	12626.00	407.29	0.00	0.00	0.00
19:00:00	9606.00	309.87	0.00	0.00	9606.00	309.87	0.00	0.00	0.00
20:00:00	9600.00	309.68	0.00	0.00	9600.00	309.68	0.00	0.00	0.00
21:00:00	10681.00	344.55	0.00	0.00	10681.00	344.55	0.00	0.00	0.00
22:00:00	11227.00	362.16	0.00	0.00	11227.00	362.16	0.00	0.00	0.00
23:00:00	8159.00	263.19	0.00	0.00	8159.00	263.19	0.00	0.00	0.00
TOTALS	220210.00		211562.37		97645.00		122565.00	3624.49	3271.28

Perfil demanda elèctrica vs generació fotovoltaica DESEMBRE

