

[Població del centre], 7 d'octubre del 2022

# L'AUTOSUFICIÈNCIA ENERGÈTICA DELS HABITATGES

[Nom de l'alumne]

2n Batxillerat

2021 - 2023

**Tutors:** [Tutor 1] i [Tutora 2]

[Nom del centre]

## AGRAÏMENTS

La realització d'aquest treball no ha estat gens fàcil perquè han anat sorgint diverses complicacions mentre es realitzava, entre les quals destacaria el problema de no poder obtenir unes dades que es necessitaven immediatament per elaborar la part pràctica correctament. Les dades en qüestió són les de les velocitats del vent per a cada cinc minuts, perquè a les pàgines web meteorològiques, almenys les locals, tan sols deixen que l'usuari accedeixi a la velocitat mitjana del vent global de tot un dia. Aquesta no ens servia perquè, per calcular el potencial de generació d'un aerogenerador, calen dades molt més precises. És per això que voldria dedicar un agraïment especial al regidor de l'Ajuntament de Sant Julià de Vilatorrada, Lluís Solanas Roca, que també és el director i gestor de [MeteoVilatorrada](#) i el coordinador i integrador de sistemes meteorològics de [MeteoGuillerics](#). Ell va ser qui va facilitar les dades esmentades i, si no hagués estat així, no s'hauria pogut completar una de les grans branques de la part pràctica, i el treball hagués quedat incomplet.

D'altra banda, també voldria donar les gràcies al [Tutor 1] i a la [Tutora 2], els dos professors que han tutoritzat el treball, pels seus consells i correccions. Finalment, també agrair al tutor de grup que vam tenir a 1r de Batxillerat, el [Tutor grupal], per haver-nos ensenyat les pautes que s'havien de seguir per elaborar el treball correctament.

## RESUMEN

Con los precios de la electricidad subiendo constantemente, se ha querido comprobar si sería posible que la vivienda donde yo vivo sea autosuficiente energéticamente.

Primero se ha redactado una introducción teórica de distintos conceptos. Empezando por las viviendas y la autosuficiencia, y adentrándose en los tipos de electricidad y su obtención. También se han elaborado distintas tablas de datos, cálculos y gráficos para ver la energía que gastamos en la casa y la que generaríamos con los sistemas autosuficientes. El coste de la instalación se ha ido contemplando en todo momento para llegar a la conclusión que, al menos en mi caso, incluso se puede ganar dinero con la instalación de estos sistemas y recuperar la inversión inicial con poco menos de diez años.

## ABSTRACT

Seeing the electricity prices becoming constantly more expensive, I wanted to know if it would be possible to make my house energetically self-sufficient.

First, there is a theoretical introduction of different concepts. It starts with houses' history and self-sufficiency and finishes by describing different types of electricity and how to obtain them. Some data tables, calculations and graphics have also been created to see the energy we spend in the house and the one we would generate with these systems. I have been considering the installation cost to determine, at least in my case, how I can even earn money installing these systems and get the initial investment back in less than ten years.

# ÍNDEX

●	<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
■	<u>Presentació</u>	<u>1</u>
■	<u>Motivacions</u>	<u>1</u>
■	<u>Objectius</u>	<u>1</u>
■	<u>Organització del treball</u>	<u>2</u>
■	<u>Metodologia</u>	<u>2</u>
■	<u>Estructura de la memòria</u>	<u>3</u>
■	<u>Dificultats</u>	<u>3</u>
●	<b>COS DE LA MEMÒRIA</b>	<b>4</b>
➤	<b><u>Part 1: Informació teòrica</u></b>	<b><u>4</u></b>
○	<b>Capítol 1: Els habitatges</b>	<b>4</b>
■	<u>1.1. Què és l'autosuficiència?</u>	<u>5</u>
■	<u>1.2. Els habitatges autosuficients</u>	<u>6</u>
➤	1.2.1. Per què volem habitatges autosuficients?	8
○	1.2.1.1. Normativa de les <i>Passivhaus (Passivhausregeln)</i>	9
➤	1.2.2. Com hem de construir els habitatges perquè s'acostin a l'autosuficiència? Quins són els principis que es contemplan?	10
○	1.2.2.1. Aïllament tèrmic	10
○	1.2.2.2. Finestres i temperatura	11
○	1.2.2.3. Hermeticitat	11
○	1.2.2.4. Ventilació	11
○	1.2.2.5. Prevenció de ponts tèrmics	11
➤	1.2.3. Exemples d'habitatges autosuficients de diferents ambients	12
○	1.2.3.1. <i>La Borda</i> (Catalunya)	12
○	1.2.3.2. <i>Tini® M Conca</i> (Espanya)	13
○	1.2.3.3. <i>Darmstadt-Kranichstein Passive House</i> (Alemanya)	14
○	1.2.3.4. <i>House For All Seasons</i> (Xina)	16
○	1.2.3.5. <i>Off-Grid Guest House</i> (Estats Units d'Amèrica)	17
○	<b>Capítol 2: D'on prové l'energia consumida pels habitatges (tipus i obtenció)</b>	<b>18</b>
■	<u>2.1. Principals maneres d'aconseguir energia</u>	<u>18</u>
➤	2.1.1. Energies fòssils	18
○	2.1.1.1. El carbó	19
○	2.1.1.2. El petroli	20
○	2.1.1.3. El gas natural	22
○	2.1.1.4. Energia nuclear	23

➤ 2.1.2. Les energies sostenibles	25
○ 2.1.2.1. Energia solar (tèrmica i fotovoltaica)	25
○ 2.1.2.2. Energia eòlica	27
○ 2.1.2.3. Energia hidràulica	31
○ 2.1.2.4. Energia geotèrmica	31
○ 2.1.2.5. Biomassa	35
○ 2.1.2.6. Aprofitament de residus sòlids urbans (RSU)	36
○ 2.1.2.7. Energia mareomotriu	37
○ 2.1.2.8. Energia de les onades	39
○ 2.1.2.9. Hidrogen (com a combustible energètic)	42
■ <u>2.2. Selecció de les maneres més apropiades per aconseguir un habitatge autosuficient</u>	<u>43</u>
➤ <b><u>Part 2: Càlculs i experimentació</u></b>	<b><u>46</u></b>
○ <b>Capítol 3: Podem ser autosuficients?</b>	<b>46</b>
■ <u>3.1. Dades, informacions necessàries i càlculs</u>	<u>46</u>
➤ 3.1.1. Consum energètic de l'habitatge	46
➤ 3.1.2. Les plaques fotovoltaïques	47
○ 3.1.2.1. Elecció dels models i les seves connexions dins el circuit	47
○ 3.1.2.2. Comprovació de l'espai i esquema de la localització de la instal·lació	49
○ 3.1.2.3. Generació energètica amb plaques fotovoltaïques	52
➤ 3.1.3. Els aerogeneradors de vent	55
○ 3.1.3.1. Elecció dels models i els components de la instal·lació	55
○ 3.1.3.2. Comprovació de l'espai i esquema de la localització de la instal·lació	56
○ 3.1.3.3. Procés, explicació, gestió i interpretació de les dades del vent	57
○ 3.1.3.4. Generació energètica amb aerogeneradors de vent	64
■ <u>3.2. Resultats i interpretacions</u>	<u>66</u>
➤ 3.2.1. Balanç energètic	66
○ 3.2.1.1. Taules agrupadores de tota la informació i dels càlculs trobats pel balanç energètic	66
○ 3.2.1.2. Gràfics representadors de tot l'estudi energètic	68
➤ 3.2.2. Balanç econòmic	72
○ 3.2.2.1. Taules agrupadores de la informació i dels càlculs trobats pel balanç econòmic	72
○ 3.2.2.2. Gràfic representador de l'estudi econòmic	77

■ <u>3.3. Altres alternatives per tenir en compte</u>	<u>78</u>
➤ 3.3.1. La biomassa	78
➤ 3.3.2. La geotèrmia i l'aerotèrmia	78
○ <b>Capítol 4: Opinions de les persones amb sistemes autosuficients o sense (enquesta)</b>	<b>79</b>
■ <u>4.1. Format i estil del formulari</u>	<u>79</u>
■ <u>4.3. Anàlisi dels resultats per respostes</u>	<u>80</u>
■ <u>4.4. Conclusió dels resultats del formulari</u>	<u>81</u>
● <b>CONCLUSIONS</b>	<b>82</b>
● <b>FONTS DOCUMENTALS</b>	<b>85</b>
■ <u>Webs consultades per a l'elaboració del treball</u>	<u>85</u>
■ <u>Llibres utilitzats per a l'elaboració del treball</u>	<u>91</u>
● <b>ANNEXOS</b>	<b>92</b>
■ <u>Annex A: Taules del full de càlcul</u>	<u>92</u>
➤ 1.1. Consum energètic de l'habitatge	92
○ 1.1.1. Taula de l'electricitat acumulada	92
○ 1.1.2. Taula amb diverses mitjanes	92
○ 1.1.3. Taula del cost de l'electricitat per a cada mes que es consumeix a l'habitatge	93
➤ 1.2. Les plaques fotovoltaïques	93
○ 1.2.1. Taula de dades tècniques i rellevants de les plaques	93
○ 1.2.2. Taula de les hores de llum solar per mes (format decimal)	94
○ 1.2.3. Taula de la irradiació solar mitjana diària per a cada mes	94
○ 1.2.4. Taula del cost total de la instal·lació fotovoltaïca	95
➤ 1.3. Els aerogeneradors de vent	95
○ 1.3.1. Taula de les velocitats del vent i la seva gestió i utilització	95
○ 1.3.2. Taula per resumir les velocitats i les direccions dels vents	97
○ 1.3.3. Taula de dades tècniques i rellevants dels aerogeneradors	97
○ 1.3.4. Taula del cost total de la instal·lació d'aerogeneradors	98

➤ 1.4. Resultats, balanços i interpretacions	98
○ 1.4.1. Taula amb dades de la compra i venda d'electricitat (balanç econòmic)	98
○ 1.4.2. Taula del cost anual de la factura de l'electricitat (balanç econòmic)	99
○ 1.4.3. Fórmula per concretar el temps d'amortització de la instal·lació (balanç econòmic)	99
○ 1.4.4. Taula del comportament econòmic de l'amortització durant els pròxims anys	101
■ <u>Annex B: Càlculs i fórmules pensades a mà</u>	<u>102</u>
➤ 2.1. Càlculs de l'àrea utilitzable i la no utilitzable de la teulada	102
○ 2.1.1. Pàgina 1 de 3	102
○ 2.1.2. Pàgina 2 de 3	103
○ 2.1.3. Pàgina 3 de 3	104
■ <u>Annex C: Imatges d'ampliació i interès</u>	<u>105</u>
➤ 3.1. Imatge esquemàtica de la direcció predominant del vent sobre el terreny de la casa	105
➤ 3.2. El marge on s'instal·laran els aerogeneradors	106
○ 3.2.1. Imatge 1 de 2	106
○ 3.2.2. Imatge 2 de 2	106
■ <u>Annex D: Respostes i gràfics del formulari</u>	<u>107</u>
➤ 4.1. Pregunta 1 de 8	107
➤ 4.2. Pregunta 2 de 8	107
➤ 4.3. Pregunta 3 de 8	107
➤ 4.4. Pregunta 4 de 8	108
➤ 4.5. Pregunta 5 de 8	108
➤ 4.6. Pregunta 6 de 8	109
➤ 4.7. Pregunta 7 de 8	109
➤ 4.8. Pregunta 8 de 8	109
■ <u>Annex E: Diari de recerca</u>	<u>110 - 115</u>

# INTRODUCCIÓ

## PRESENTACIÓ

Aquest Treball de Recerca tracta l'autosuficiència energètica dels habitatges, centrant-se en tots tres conceptes: els habitatges, l'energia i l'autosuficiència. D'aquests se'n fa una introducció teòrica per després posar-ho tot en pràctica demostrant si la casa on jo visc pot arribar a ser, o no, autosuficient energèticament.

## MOTIVACIONS

Sempre m'ha interessat el tema de les energies renovables i la seva obtenció, i contínuament m'havia plantejat fer recerca i investigació sobre el tema. Per això vaig creure que el Treball de Recerca era una bona oportunitat per fer-ho, i així, aprendre'n nova informació. Tot i això, potser es podia fer enfarregós parlar sobre un món tan ampli sense concretar, per això s'ha encarat cap als habitatges, per així poder-ho comparar a escala domèstica (i centrant-me en casa meva en concret).

## OBJECTIUS

Em vaig proposar, ja que destinava el treball a un tema que em tenia encuriolit, encarar-lo de tal manera que m'involucrés totalment i em permetés poder entendre i comparar amb la realitat el que estigués redactant. És per això que em vaig proposar, a part d'escriure una part teòrica on s'expliqués la història i la teoria de cada aspecte, dur a terme una part pràctica relacionada amb casa meva. D'aquesta manera seria molt més interessant trobar resultats, perquè sabia en tot moment què significarien si es realitzessin a la realitat. Per tant, d'objectius, el primer és demostrar si la casa on jo visc pot ser, o no, autosuficient tenint en compte el seu consum i la seva localització. A partir d'aquí, també es volia comprovar si, a part de poder ser autosuficient energèticament (si és que es complia), ho podria ser depenent o no del mercat elèctric, i si realment la inversió per ser autosuficients podria recuperar-se amb el mateix sistema. A part, també em vaig proposar elaborar una enquesta per saber quines eren les opinions generals sobre el tema, però em vaig prometre que aquest punt seria secundari i no perjudicaria l'altre de la part pràctica. És a dir, la major part del temps i la màxima dedicació s'havien de centrar en els càlculs relacionats amb el meu habitatge, i l'enquesta s'havia de dur a terme i interpretar-la amb el temps que sobrés. Per tant, si no hagués pogut ser, fins i tot s'hauria pogut ometre aquest últim objectiu.



## ORGANITZACIÓ DEL TREBALL

El treball, com ja s'ha començat a situar, consta de dues grans parts. Aquestes són la teòrica (recerca i investigació) i la pràctica (experimentació i càlculs). Cada una està dividida en dos capítols. En el cas de la part teòrica, el primer capítol se centra a definir els habitatges i l'autosuficiència, mentre que el segon es basa en tots els tipus d'energia, la seva obtenció i la seva repercussió a escala mundial. En canvi, el primer capítol de la part pràctica seria la part més interessant del treball, perquè és on es posa en pràctica tota la teoria per arribar a concloure si es pot ser, o no, autosuficient, i què comportaria ser-ho (guanys econòmics o pèrdues, independents del mercat elèctric o dependents, etc.). Per acabar, el segon capítol d'aquesta part pràctica, és a dir, el quart i últim capítol del treball, està destinat a l'enquesta ja explicada. En ell s'explica el funcionament del formulari i s'analitzen les respostes obtingudes per fer-ne una breu conclusió general.

El treball també compta, evidentment, amb els punts que un Treball de Recerca ha d'incloure obligatòriament, però es voldrien destacar els annexos, perquè és on es troba tota la informació rellevant que hi ha extreta i explicada en el cos de la memòria. Un clar exemple serien moltes de les taules dutes a terme per saber si es podria ser autosuficient o no, ja que, tot i haver-hi les més importants dins el cos del treball, moltes simplement es mencionen dient que es troben als annexos, els quals estan partits en cinc subgrups (diferenciats per lletres). El primer i el segon són fórmules, càlculs i taules. El tercer són imatges, el quart, les respostes de l'enquesta, i el cinquè recull el diari de recerca on es detalla la feina feta durant cada dia que s'ha destinat a elaborar el treball.

## METODOLOGIA

Aquest treball és molt ampli, ho demostra la seva quantitat de pàgines (totes estan redactades pròpiament i molts dels recursos visuals que apareixen també són d'elaboració pròpia). És per aquesta raó que es va decidir fer una introducció teòrica, no solament pel lector, sinó també per entendre tot el que em calia per dur a terme la part pràctica. Aquesta part teòrica va ser molt lenta de redactar, perquè primer es recollia tota la informació sobre cada apartat, i després es redactava el que s'havia extret i conclòs de les diverses fonts d'informació. La decisió de fer-ho així va ser molt encertada, tot i no poder-ho semblar, perquè, si s'agafa el capítol dos com a exemple, en aquest es parla molt detalladament de tretze tipus d'energia quan, en la part pràctica, solament se'n contemplen quatre i, amb detall, només dos. Tot i poder semblar innecessari, no és així perquè llegint cada energia es poden veure les diferències entre elles, i també les seves similituds. A part, d'aquesta manera també és molt fàcil veure'n els avantatges i els desavantatges quan es comparen.

Referent a la part pràctica, aquesta es va fer a partir de zero, perquè, en tractar-se de casa meva, no podia partir d'exemples que ja estiguessin fets. Sí que es van buscar exemples de processos d'elaboració de pressupostos energètics, però era molt poca la informació que es trobava. Tot i això, es va crear un full de càlcul i aquest es va anar ampliant: primer es van tenir en compte els consums i, a partir d'aquests, es va prendre la decisió de quins dels sistemes situats en la part teòrica es podien utilitzar (tot contemplant el clima de la zona). Un cop escollits, va caldre documentar-se per saber com es calculava exactament l'energia que generava cada un dels sistemes triats (plaques fotovoltaïques i aerogeneradors) i, quan tota aquesta feina va estar acabada, va caldre obtenir les dades que es necessitaven. A partir d'aquí, el full de càlcul va anar creixent i, un cop acabat, es va haver d'incloure en el treball per extreure'n les conclusions pertinents, la qual cosa va ser molt lenta perquè es van haver d'explicar i redactar amb paraules tots els conceptes que s'havien trobat mentalment.

## ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA

El treball, com ja s'ha situat, consta de dues grans parts: la teòrica i la pràctica, cada una dividida per dos capítols. Resumidament, la part pràctica és l'aplicació de la teoria i la informació detallada en la part teòrica. A més, és un clar exemple de per què pot servir tota la teoria narrada, posant una situació molt simple i senzilla: aplicar-ho a escala domèstica.

## DIFICULTATS

Durant la realització d'aquest llarg treball han aparegut moltes complicacions diverses. Primer de tot, el tema en si no és fàcil d'entendre, de manera que, per comprendre la part teòrica i poder-la explicar d'una manera més senzilla, calia buscar-ne molta informació. Després, referent a la part pràctica, els càlculs que s'havien de fer no es troben a cap font, així que moltes de les fórmules les he hagut de trobar jo sense cap exemple com a base, tenint en compte que n'hi ha moltes que no són precisament senzilles. A part, moltes de les dades que es necessitaven no es trobaven en cap pàgina web. Com a conseqüència, vaig tardar molt per aconseguir-les, a més, un cop adquirides, també va ser molt difícil treballar-les i gestionar-les perquè les dades que vaig aconseguir no estaven en format taula, de manera que es van haver d'anar separant i col·locant, pràcticament manualment, en cada cel·la. D'altra banda, redactar tota la feina que jo havia trobat a partir de càlculs també era complicat perquè es fa molt difícil descriure amb paraules una fórmula que ha trobat un mateix a partir de raonaments mentals. Finalment, la gestió del temps que s'ha tingut per dur-lo a terme i compaginar el treball amb la feina de més que es tenia, així com haver-ho de presentar amb un format correcte tenint en compte totes les controvèrsies que hi havia a les instruccions, també ha estat una tasca complicada.

# COS DE LA MEMÒRIA

## PART 1: INFORMACIÓ TEÒRICA

### CAPÍTOL 1: ELS HABITATGES

Per parlar de l'autosuficiència de les cases, hem de començar situant què és una casa, és a dir, què és un habitatge. Un habitatge, centrant-nos en la seva definició, és un lloc per habitar-hi. Per tant, podem deduir que un habitatge serà tota zona on un ésser viu decideixi viure. Quan parlem de "viure", o "habitar", ens referim a les funcions bàsiques dels éssers vius, és a dir, dormir, reproduir-se i menjar. És per això que els habitatges hi han sigut des de sempre, ja que sempre hi han hagut aquestes necessitats, a més d'això, ens serveixen com a refugi de les adversitats climàtiques i altres perills.

Els primers habitatges que hem tingut els humans van ser les coves. Durant els nostres inicis, érem nòmades, de manera que no tenia sentit construir habitatges si s'haguessin hagut d'abandonar passat un cert temps. Tot i això, quan va arribar el sedentarisme (fa uns deu mil anys), això va canviar, i en els poblats van començar a construir les primeres residències. Malgrat això, el 1965 es van trobar les restes d'una casa d'uns dotze mil anys d'antiguitat aproximadament, a l'actual Ucraïna, construïda amb pells i ossos de mamuts.

D'ençà que van aparèixer els primers habitatges, fins a l'actualitat, aquests han estat condicionats pels seus habitants, i també per l'època i el moviment de la seva construcció. Quan l'agricultura era l'activitat preferent, les cases es trobaven escampades en diferents poblats, en canvi, amb el desenvolupament humà, ja van començar a aparèixer les primeres ciutats. Al principi, els habitatges solament disposaven d'una habitació, i amb els anys, han evolucionat i s'hi han afegit diferents habitacions amb propòsits concrets per a cada una. La classe social també és decisiva, les altes esferes sempre han procurat representar el seu estatus amb l'aspecte de la seva residència, mentre que la resta s'han preocupat més que aquesta sigui "habitable i prou".

Un cop les nostres necessitats primàries (esmentades anteriorment), és a dir, dormir, menjar i reproduir-se, ja han quedat pràcticament solucionades, ens hem preocupat d'altres aspectes. Parlant de la societat com un conjunt, l'objectiu ja no és tenir un habitatge, és tenir un habitatge amb totes les comoditats. Per exemple, no ens conformem amb cases que solament tinguin sostre i parets, sinó que busquem cases

amb sales d'estar amb televisions, o amb cuines amb rentaplats, i també habitacions amb ordinadors. La gran popularització de la televisió a partir del 1935 en seria un clar exemple. És per això que, des de fa anys, les cases reben subministraments d'aigua i corrent elèctric, i algunes també de gas natural.

Per subministrar aquesta aigua hi ha una gran indústria al darrere, i el mateix passa amb l'electricitat que, com que cada cop se'n necessita més i cada vegada és més complicada de produir, és cada cop més cara. No només passa amb el corrent, el preu del gas natural també pot ser molt variable, com també passa amb qualsevol producte que necessitem que hàgim de comprar al mercat (l'economia global). Com més coses hi hàgim de comprar, més dependents del mercat serem, o dit d'una altra manera, més lluny estarem de l'autosuficiència.

## 1.1. QUÈ ÉS L'AUTOSUFICIÈNCIA?

L'autosuficiència és, segons el DIEC, qualsevol cosa que es basti a si mateixa. És a dir, qualsevol cosa que pugui sobreviure sense requerir ajuda exterior. De fet, autosuficiència és auto + suficiència, és a dir, tenir el "suficient" provinent d'un mateix. Per tant, podem aplicar-la a pràcticament qualsevol escala. Començant per un individu, continuant per un poble, i podent acabar per un país.

El concepte de l'autosuficiència hi és des dels nostres inicis, i ha anat evolucionant molt al llarg del temps. Al principi de l'espècie humana, un poblat autosuficient era aquell que aconseguia subsistir amb els aliments que caçava juntament amb els que cultivava, i també era capaç d'aconseguir l'aigua que necessitava, així com tot el que el pogués ajudar a sobreviure. Per tant, com podem deduir, pràcticament totes, per no dir totes, les primeres tribus d'avantpassats eren autosuficients. I més endavant, amb la formació de poblats més grans com a resultat de la unió entre diferents tribus, es van començar a fer pactes alimentaris (inicis d'una futura economia) que ens allunyaven cada cop més de l'autosuficiència.

És important veure'n els inicis per entendre'n l'evolució, perquè l'autosuficiència sempre ha estat molt lligada, com ja s'ha insinuat, amb l'economia. Per això s'utilitzen els intercanvis per valorar l'autosuficiència d'un lloc: si n'hi ha tan sols un, aquest lloc ja no és autosuficient. És per això que es pot ser autosuficient amb uns àmbits (com la tecnologia, per exemple), i no en uns altres (com podria ser l'alimentació). També és per aquesta mateixa raó que es diu que un ésser autosuficient és, al mateix temps, el seu productor i el seu consumidor, ja que ell mateix es produeix tot el que consumeix.

En conclusió, s'és autosuficient quan s'és capaç de subsistir a través de tot el que s'hagi aconseguit per mitjans propis, sense haver de recórrer a pactes i intercanvis econòmics, els quals ens prenen la independència del mercat que tenim sent autosuficients, i ens converteixen en dependents, ja que necessitem el producte que "comprem" per poder continuar endavant. Per culpa d'això, estarem sotmesos al mercat, el qual, si per alguna raó ens canviés les clàusules del que comprem, les hauríem d'acceptar forçosament pel fet de no tenir una alternativa.



*Figura 1. Casa "Lakshmi Mittal", una de les més cares del món. Font: Entrepreneur.  
Londres: 10 d'agost de 2021.*

## 1.2. ELS HABITATGES AUTOSUFICIENTS

Com hem vist, tot pot ser autosuficient: una persona, un poblat, un mecanisme i també un edifici. Per tant, en el cas de l'edificació, centrant-nos en els habitatges, també hi podem trobar autosuficiència, i cada cop més. Tenint en compte la definició, ja explicada, de l'autosuficiència, és a dir, allò que és capaç de produir tot el que necessitarà consumir, podem veure com ho podem aplicar fàcilment a les nostres llars. És a dir, si a casa es consumeixen uns litres d'aigua, uns quilowatts hora de corrent, una certa quantitat d'aliments, i qualsevol possible necessitat que puguem tenir, una casa completament autosuficient serà aquella capaç de subministrar-nos-ho tot (a canvi de la nostra col·laboració i voluntat per aconseguir-ho, evidentment). Tot i això, una cosa és la teoria, i una altra de molt diferent és la pràctica. Mentre que en termes teòrics podem suposar que tot pot ser autosuficient (un cotxe, un ordinador, un braç robòtic, una granja, etc.), veurem que pot ser molt difícil d'aplicar o, en molts casos, pràcticament impossible. És per això que busquem l'autosuficiència en els casos més imprescindibles (ja que si no, podria aportar-nos menys el resultat final, que la dedicació invertida per arribar-hi), i sempre mantenint la coherència, evidentment.

En el cas dels habitatges, probablement no podrem ser independents del mercat amb l'alimentació, però potser sí que ho podrem ser en referència a l'electricitat. És per això que han aparegut els habitatges autosuficients. Aquest concepte no és actual, com ja hem dit, el problema i la recerca de la menor dependència possible dels altres hi ha sigut des dels nostres inicis, on l'autosuficiència que es donava a les cases apareixia per una causa forçada: era l'única opció (si no s'intentaven aprofitar les aigües fluvials per exemple, anar a buscar aigua al riu cotava una estona i una energia que no es tenia. O també amb els materials, que solament s'utilitzaven els que es podien aconseguir). Tot i això, no és fins a la Revolució Industrial que no podrem identificar clarament el concepte d'habitatge autosuficient. Si ho agafem com a moment de referència, podrem veure com aquesta ho canvia tot, ja que van començar a aparèixer les grans ciutats, les quals no paraven de créixer. Tot això va tenir conseqüències molt definides, començant per un clar enriquiment d'una part de la societat (la burgesia), però també per un augment molt significatiu del consum d'energia (totes les fàbriques amb les seves màquines gastaven molta més energia del que s'havia vist fins al moment).

Va ser a partir d'aquest moment, del segle XVIII, que l'enriquiment d'algunes classes socials va provocar un augment en l'exigència de les cases de les grans ciutats, les quals s'aconseguien sense preocupar-se pel medi ambient o les seves conseqüències. És a dir, les construccions cada cop requerien més materials, cada cop necessitaven més energia i, a sobre, s'utilitzaven sistemes elèctrics i màquines ineficients. A més, també es volia disposar d'una bona calefacció i d'una bona refrigeració per tenir un habitatge còmode. Tot això es duia a terme de les maneres més convenients per la practicitat i per l'economia, però no pel medi ambient. No va ser fins al voltant del 1970 (agafat un valor a escala mundial que pot variar molt entre països) que es va veure que aquest sistema no era sostenible, així que es va decidir tornar al concepte d'autosuficiència que s'havia abandonat amb l'inici de la Revolució Industrial.

Una de les conseqüències i mesures directes va ser l'encariment del petroli. D'aquesta manera es va aconseguir que les persones de classe baixa i de classe mitjana es comencessin a preocupar pel seu consum de petroli i d'energia, de manera que el van començar a reduir com van poder per tal d'estalviar-se la despesa. Gràcies a aquest fet, es va començar a plantejar i a idear el concepte de l'habitatge ecològic (generat amb materials ecològics) i de l'habitatge sostenible (un habitatge que produeix el que necessita).

Des d'aleshores, aquest concepte ha canviat significativament. És a dir, ha deixat de ser simplement una idea i ha passat a ser una necessitat. Els problemes energètics del món són cada vegada més presents, i les seves conseqüències ens afecten indirectament i directament a tots, de manera que, qui més qui menys, tothom busca maneres d'estalviar energia i diners.

Tot i que les dades esmentades no han estat iguals per tots els països, sí que podem trobar exemples d'habitatges autosuficients en molts d'ells, que es treballaran més endavant. De totes maneres, el concepte de les cases autosuficiències sí que està generalitzat, i aquest podria descriure's com la resposta directa dels problemes econòmics i mediambientals de la societat (com més cara sigui l'energia, més interès es tindrà en reduir-ne el consum i el cost, i els habitatges són una de les principals prioritats per aconseguir-ho).

### **1.2.1. PER QUÈ VOLEM HABITATGES AUTOSUFICIENTS?**

Per tant, un cop vist què són, cal situar el motiu. Realment, ja s'ha dit que l'encariment de l'energia i l'augment de la contaminació han estat les dues principals causes de l'aparició dels habitatges autosuficients. Però endinsant-nos més dins el tema, els habitatges autosuficients ens aporten grans avantatges.

Durant els últims deu anys hi ha hagut un augment molt considerable del nombre d'habitatges autosuficients construïts. Podrem observar que, a part de coincidir amb l'agreuament del medi ambient i de grans encariments en les factures de la llum, també es deu a noves iniciatives dutes a terme pels governs dels països.

Primer de tot, cal parlar sobre l'evolució del concepte "autosuficient". Si actualment contempléssim la definició de finals de la Revolució Industrial, és a dir, tot aquell habitatge que ens permeti estalviar-nos diners amb les factures de l'energia, acabaríem veient que pràcticament tots tenim habitatges autosuficients. Això és gràcies a nombroses normatives, que han sorgit durant els darrers anys, que obliguen a construir les instal·lacions elèctriques de maneres concretes que en regulin el consum. Però no només les normatives per les construccions d'instal·lacions elèctriques influeixen en les factures de l'electricitat, ja que moltes altres lleis en redueixen el cost abans que ens arribi a casa nostra. Per exemple, en la Llei 24/2013 el govern es compromet a supervisar el mercat i el transport de l'electricitat per tal d'evitar-ne preus excessius.

Tot i això, les lleis del govern no són prou per evitar pujades de preu com els 383,67 € / MWh del 23 de desembre del passat 2021. Per tant, actualment, les cases autosuficients han de complir unes normatives específiques si les volem denominar estrictament d'aquesta manera. D'aquestes normatives en podem trobar moltes de diferents i amb diversos requisits, però podríem destacar les "Passivhausregeln" (Normativa de les Cases Passives), plantejades per primera vegada a Alemanya.

### **1.2.1.1. NORMATIVA DE LES PASSIVHAUS (PASSIVHAUSREGELN)**

Els inicis d'aquesta normativa, juntament amb els seus requisits i els seus certificats, els podríem explicar de la manera següent:

Primer de tot caldria mencionar que el 1976 es van duplicar els preus del gas, fet que va causar grans queixes, però també va augmentar l'interès en la investigació del tema. Una de les conseqüències va ser l'inici del disseny d'una casa solar en una ciutat alemanya que es va acabar l'any 1977, donant lloc a la primera Passivhaus (de Harold Orr). Era una casa amb un plantejament molt simple: era impossible generar de manera autosuficient l'energia que necessita una llar estàndard, per la qual cosa es va decidir trobar la manera de construir una casa que consumís molt poc. D'aquesta manera, es va aconseguir un resultat final impressionant d'un edifici molt còmode i hermètic que reduïa fins a un 90% les necessitats de calefacció i de refrigeració.

Des d'aleshores han evolucionat, i s'ha creat el *Passivhaus Institut* per regularitzar-ho. És una entitat que en normalitza l'estàndard, les eines de disseny, la seva certificació, etc. A Catalunya hi ha la Plataforma d'Edificació de les Passivhaus (PEP) que dicta els cinc principis bàsics que han de complir aquest tipus de construccions:

1. Alt grau d'aïllament tèrmic.
2. Absència de ponts tèrmics.
3. Portes i finestres d'alta qualitat.
4. Hermeticitat (ambients sense corrents d'aire ni fuites d'energia).
5. Ventilació mecànica amb un recuperador de calor d'alt rendiment.

Ha sigut gràcies a la seva influència que ha sorgit una normativa de la Unió Europea que afecta tots els seus membres obligant-los a encarregar-se que els edificis públics siguin d'un consum pràcticament nul. I també que qualsevol construcció que s'hi construeixi (des de l'inici del 2021) es basi en el concepte de les Passivhaus.



Per tant, per poder verificar d'alguna manera que s'han complert tots els requisits anteriors, existeixen els segells de qualitat dels immobles, els quals són obligatoris si aquest es vol poder vendre o llogar. Així que la certificació Passivhaus significarà un índex de consum pràcticament nul d'energia en termes de la climatització, i tindrà validesa total dins d'Europa. Després també trobem altres entitats que atorguen certificats, com per exemple l'Associació Espanyola d'Oficines (AEO), que contempla diferents aspectes a més del consum d'energia de l'habitatge.



*Figura 2. Certificat oficial del Passivhaus Institut. Font: Certiphiers. Munic: 7 de desembre de 2016.*

## **1.2.2. COM HEM DE CONSTRUIR ELS HABITATGES PERQUÈ S'ACOSTIN A L'AUTOSUFICIÈNCIA? QUINS SÓN ELS PRINCIPIS QUE ES CONTEMPLEN?**

Per assolir l'autosuficiència es necessiten processos sofisticats i complexos. Molts d'aquests necessiten una explicació detallada per poder-se entendre bé, i això ja es descriurà en els pròxims punts d'aquest mateix treball. Però, resumidament, les cases autosuficients comparteixen cinc característiques principals que, a part de diferenciar-les de les cases ordinàries, són les que permeten aconseguir l'autosuficiència.

### **1.2.2.1. AÏLLAMENT TÈRMIC**

Per poder ser autosuficient un dels principals requisits és el de reduir al màxim els nivells de consum d'energia. Evidentment, gran part d'aquesta energia és destinada a escalfar el nostre habitatge a l'hivern i a refredar-lo a l'estiu. Per tant, reduir-ho és el principal objectiu d'una casa autosuficient. S'utilitzaran aïllants d'alta qualitat per obtenir-ho i normalment s'aplicarà una capa extra d'aïllant a totes les parets exteriors de la casa, juntament amb la utilització de materials de construcció que ja siguin aïllants de per si. A part d'això, també es faran rigorosos estudis sobre el terreny per poder optimitzar al màxim els nivells de temperatura.

Tot i això, independentment de la quantitat i la qualitat de l'aïllant emprat, serà l'ús que se li doni el que determinarà la seva eficiència. És a dir, si l'habitatge es manté tancat hermèticament, el seu aïllant serà molt efectiu; però, si en comptes d'això anem obrint connexions amb l'exterior com podrien ser les portes i les finestres, l'aïllament perdrà molta eficàcia.

### **1.2.2.2. FINESTRES I TEMPERATURA**

Per poder evitar aquesta pèrdua d'efectivitat de l'aïllant, caldrà fixar-se en les finestres: els marcs haurien d'estar molt ben aïllats, i les finestres haurien de ser de doble vidre per la mateixa raó. Tot i això, com ja s'ha situat, caldrà tenir en compte el terreny i la localització de la casa: les finestres afectades pel sol a l'hivern haurien de deixar passar la temperatura, i, per contra, les que queden afectades pel sol a l'estiu haurien de ser especials per no escalfar-se gaire i intentar mantenir l'ambient refrescat.

### **1.2.2.3. HERMETICITAT**

Com podem veure, tot gira al voltant de l'aïllament i la temperatura, de manera que és imprescindible que l'habitatge sigui hermètic. És a dir, no volem tenir fugues ni entrades dins el nostre habitatge que ens alterin la temperatura. Per tant, cada junta haurà d'estar segellada, i el mateix disseny de la casa també hauria d'estar dissenyat per ajudar a aconseguir-ho.

### **1.2.2.4. VENTILACIÓ**

Si no es poden obrir les finestres per no alterar l'aïllament i no es poden tenir fuites o entrades que ens connectin amb l'exterior, com es podrà ventilar l'edifici i renovar l'aire del seu interior? Doncs caldrà utilitzar un sistema HRV (Heat Recovery Ventilation). Aquest es basa a ventilar l'habitatge, però mantenint els nivells de temperatura. És a dir, deixarà anar l'aire "consumit" de dins de l'habitatge cap a l'exterior, i s'assegurarà que el nou aire que entri estigui a una temperatura similar. D'aquesta manera, la casa s'anirà ventilant sense refredar-se ni escalfar-se.

### **1.2.2.5. PREVENCIÓ DE PONTS TÈRMICS**

Els ponts tèrmics són punts de la casa amb més facilitat per refredar-se o escalfar-se, per exemple, una zona on la paret sigui més prima per alguna raó, potser serà un punt que es refredarà més fàcilment. D'altra banda, si tenim una part de la teulada recoberta amb algun metall fosc, potser aquest s'escalfarà molt ràpidament. De fet, normalment seran punts força petits, però en conjunt, poden interferir significativament l'aïllament d'un habitatge. Per poder-los evitar correctament caldran estudis i modificacions arquitectòniques en el disseny de l'habitatge que ho tinguin en compte.

### 1.2.3. EXEMPLES D'HABITATGES AUTOSUFICIENTS DE DIFERENTS AMBIENTS

D'exemples de cases autosuficients en trobem en molts llocs diferents. Així que la següent llista engloba habitatges de diferents localitats. El criteri per escollir-los no és gaire complicat: presentar-ne de diferents països coneguts per veure si hi ha diferències entre les característiques depenent de la localització.

#### 1.2.3.1. LA BORDA (CATALUNYA)

Catalunya no és cap excepció, així que, situat al carrer de la Constitució de Barcelona, descobrim l'edifici de *La Borda*. Aquest va ser construït per una cooperativa iniciada per Can Batlló, una antiga fàbrica del segle XIX molt important per la ciutat que es trobava en una zona que el Pla General Metropolità del 1976 va definir com un lloc d'espais verds. A causa d'això va costar molt aconseguir els permisos necessaris per edificar-hi, però finalment la immobiliària Gaudí va permetre el naixement de *La Borda* aconseguint els permisos i també una ajuda anual (amb un màxim de setanta-cinc anys) per part de l'Ajuntament de Barcelona. La gràcia d'aquest edifici, que és pràcticament autosuficient en quasi tots els àmbits, és que els seus habitants no són propietaris de l'apartament on viuen, de manera que no el poden ni vendre ni llogar. Tot i això, tampoc han de pagar cap lloguer econòmic, ja que el seu "lloguer" consisteix a realitzar una sèrie de tasques, repartides entre tots els habitants de l'edifici, que mantenen *La Borda* en funcionament. Evidentment, sí que hi ha una petita quota mensual per poder solucionar els problemes que puguin sorgir, com la possible reparació d'alguns aparells, per exemple. Tot i això, l'edifici és sense ànim de lucre, de manera que qualsevol excedent és utilitzat pel bé de l'edifici i dels seus habitants, però sense la intenció d'obtenir beneficis econòmics.

Finalment, com que es tracta d'una cooperativa on la cooperació entre habitants és la prioritat principal, els apartaments no són molt grans, i tampoc solen disposar d'habitacions per estar-s'hi, ja que principalment solament hi ha habitacions per dormir i un petit menjador. De fet, tampoc hi sol haver cuina, sinó que n'hi ha una de comunitària, com també hi ha una biblioteca i un menjador comunitaris. D'aquesta manera es reparteixen totes les tasques (cuinar, regar un hort que alimenta al veïnat, etc.) entre les diverses persones que hi viuen. Qui ho organitza tot és una assemblea constituïda pels mateixos habitants, i també per un equip tècnic de suport.

En termes arquitectònics, hi ha tres tipus d'apartaments (construïts amb materials sostenibles), el de 40 m<sup>2</sup>, el de 50 m<sup>2</sup>, i el de 75 m<sup>2</sup>, depenent del nombre de persones que hi hagin de viure, i afectant així a la petita quota mensual que s'hagi de pagar. En termes energètics i d'autosuficiència, l'edifici fa pocs anys que es va acabar de construir (el 2018), de manera que encara està establint els seus nivells de reciclatge i de producció d'energia. No obstant això, per exemple, *La Borda* ja és capaç de produir un 74 % de l'energia que necessita, i també de reciclar un 41 % dels seus residus.



**Figura 3.** Reunió de la cooperativa de l'edifici de "La Borda". Font: CCMA 324. Barcelona: 26 de març de 2022.



**Figura 4.** Façana de l'edifici de "La Borda". Font: CCMA 324. Barcelona: 26 de març del 2022.

### 1.2.3.2. TINI® M CONCA (ESPANYA)

Es tracta d'una Tiny House totalment equipada, dissenyada per Pilar Cano-Lasso, de 34 m<sup>2</sup> que s'està popularitzant per poder estar construïda en tan sols dos mesos. Això és gràcies a ser un habitatge prefabricat, principalment de fusta, que és completament autosuficient.

És un model molt convenient pel fet que es construeix a partir de materials d'alta qualitat, i comprant-lo ja es garanteix el procés de muntatge i l'adquisició de les llicències necessàries.

Per aconseguir el 100 % d'autosuficiència s'utilitzen panells solars que generen l'energia, i bateries per cobrir les hores sense sol. També es disposa d'un dipòsit d'aigua i d'una fossa sèptica (que tracta els residus, però no amb tanta eficiència com es faria en una estació especialitzada). A part d'això, els materials fets servir, que són sostenibles, tenen la qualitat òptima per equilibrar els nivells de temperatura. D'altra banda, cal tenir en compte que un dels grans avantatges d'aquesta Tiny House és que es pot col·locar a on es vulgui sense haver de patir pel subministrament exterior, però només sempre que es vigili.

Com a exemple dels materials, la façana exterior és d'acer galvanitzat, i es compta amb un molt bon sistema d'aïllament tèrmic. D'altra banda, les parets interiors són de fusta OSB (Oriented Strand Board en la nomenclatura anglesa). En resum, tots els materials han estat escollits per aconseguir un disseny pràctic, acollidor, i amb els materials justos i necessaris.

En conclusió, aquest habitatge és 100% autosuficient energèticament, en termes de l'aigua, i també amb l'"eliminació de residus".



**Figura 5.** Interior de la "Tiny House" de Conca. Font: *Arquitectura y Diseño. Conca: 16 de maig del 2022.*



**Figura 6.** Exterior de la "Tiny House" de Conca. Font: *Arquitectura y Diseño. Conca: 16 de maig del 2022.*

### 1.2.3.3. DARMSTADT-KRANICHSTEIN PASSIVE HOUSE (ALEMANYA)

Aquesta casa, sorgida a Alemanya el 1988 i acabada l'octubre del 1991, va ser molt important perquè tot i ser molt antiga, ha sigut de gran utilitat al llarg dels anys.

Primer de tot, el govern estava molt interessat en la construcció d'aquesta casa, de manera que el Departament del Medi Ambient de Hesse va decidir pagar el 50 % de la construcció. Aquesta es va basar en un model de 156 m<sup>2</sup> que buscava la reducció d'energia requerida per poder calefactar la casa. Per això es van revisar les finestres i totes les possibles connexions amb l'exterior centrant-se, principalment, en la protecció tèrmica i la recuperació de calor. Tot i això, per aconseguir-ho, tots els components de la casa es van haver d'estudiar amb molta precisió.

Per exemple, el sistema de ventilació controlada consumeix menys del 50% de l'energia que necessita un sistema convencional gràcies al bon aprofitament del flux de l'aire, i també a la utilització d'alguns components electrònics que agilitzen el procés.

De fet, la casa es va avançar al seu temps perquè molts dels seus models i sistemes no van poder-se, tot i intentar-ho, produir a escala industrial per falta de coneixements i tecnologia a les fàbriques.

Cal tenir en compte que, com passa amb aquest tipus d'habitatges, el model ha anat millorant amb el pas dels anys. Per exemple, la casa va necessitar uns 19,8 kWh / m<sup>2</sup> durant el primer any de funcionament (seria el 8 % del consum dels habitatges ordinaris). En canvi, només van caldre uns 11,8 kWh / m<sup>2</sup> durant el segon any (només seria el 5,5 % del consum dels habitatges ordinaris). D'altra banda, la mitjana dels anys següents gira al voltant d'uns 10 kWh/ m<sup>2</sup> per any.

Un dels grans motius de la seva popularització és que, com que la casa s'ha anat optimitzant, el preu ha baixat d'uns 50.000 € a tan sols uns 11.000 €, comportant així la construcció de més de 7.000 models a partir dels anys 2000.

En conclusió, aquesta casa autosuficient s'ha fet molt popular per la seva eficiència i la seva comoditat. De fet, ja s'ha construït en tots els continents i, a més, les seves prediccions de futur dedueixen que es continuarà construint considerablement. La principal causa són els rigorosos estudis i els mètodes sofisticats emprats per reduir el consum d'energia.



**Figura 7.** Interior de la "Passive House" de Kranichstein. Font: Arquitectura y Salud. Kranichstein. 22 de gener del 2008.



**Figura 8.** Exterior de la "Passive House" de Kranichstein. Font: Arquitectura y Salud. Kranichstein. 22 de gener del 2008.

### 1.2.3.4. HOUSE FOR ALL SEASONS (XINA)

Aquesta casa dissenyada per John Lin, professor d'arquitectura a la Universitat de Hong Kong, adapta l'estil tradicional xinès per crear una casa rural pràcticament autosuficient. La situem al poble xinès de Shijia i es va dissenyar amb la intenció de motivar a la independència energètica.

Rere les parets de la casa hi ha uns patis amb corrals de porcs i una caldera de biogàs que genera energia a través dels residus dels animals. També hi trobem petits horts cultivables que utilitzen els residus sobrants de la caldera com a fems. A part d'això, també hi ha un sistema de filtratge i emmagatzematge d'aigua situat al sostre de la casa. Referent a les parets, pot dir-se són aïllants i estan fetes de tova i maons (tot i presentar una estructura de formigó per resistir els constants terratrèmols de la zona).

L'habitatge es va fer famós en rebre el primer premi dels *Architectural Review House 2012* argumentat que l'arquitecte havia estat capaç d'aplicar l'autosuficiència lluny de les ciutats i dels seus mètodes avançats, arribant a un disseny simple i eficaç que combina els elements tradicionals amb els més moderns.

Per aconseguir-ho trobem factors claus per produir l'energia, i d'altres com el sostre, el qual permet assecar els aliments, proporciona esglaons per seure, i permet recol·lectar aigua quan plou. Els patis interiors també en serien un exemple, ja que aquests permeten allotjar porcs, com també presenten un sistema de biogàs que produeix prou energia per cuinar. O també els maons de les parets, els quals proporcionen ombra i protecció. Però, en general, aquest model evolutiu de la casa tradicional xinesa permet assegurar les zones rurals aportant més comoditat i practicitat als seus habitants gràcies a conservar el millor del passat i a saber introduir un futur que evoluciona molt ràpidament.



**Figura 9.** Pati interior de la "House for all Seasons".  
Font: Brick Architecture. Shijia: 11 de novembre del 2017.



**Figura 10.** Vista del sostre de la "House for all Seasons".  
Font: Brick Architecture. Shijia: 11 de novembre del 2017.

### 1.2.3.5. OFF-GRID GUEST HOUSE (ESTATS UNITS D'AMÈRICA)

Aquest habitatge nord-americà de Califòrnia fet de formigó i vidre, i perfectament equipat, està dissenyat per ser sostenible i per minimitzar l'impacte ambiental. El situem prop de Santa Bàrbara, dins d'una reserva protegida. Més concretament, en un penya-segat de 74 metres amb vistes panoràmiques de l'Oceà Pacífic. En el seu disseny hi va participar activament Dan Weber, qui va aportar idees entre el 2008 i el 2016.

Per poder arribar a l'autosuficiència, a part d'utilitzar electrodomèstics de molt poc consum i d'alta eficiència energètica, i també de disposar de llums i portes corredisses, s'utilitzen finestres molt ben pensades, les quals presenten dues posicions diferents: una per l'estiu que permet un flux d'aire que refreda l'habitatge, i una altra que mou els aires calents del sostre (el qual ja està pensat per escalfar-se fàcilment) a la resta de l'habitatge, generant així una sensació d'escalfor. Tot i això, per les altes temperatures de la zona a l'hivern, aquest sistema ja seria suficient. No obstant això, a causa de l'absència de cables elèctrics a la reserva, són unes plaques solars i unes bateries les que serveixen de subministrament elèctric per la casa (evidentment, es disposa d'un generador de propà per si de cas).

La casa també compta amb un pou que filtra i emmagatzema les aigües fluvials, i d'una fossa sèptica per tractar els residus. Doncs és gràcies a tots aquests factors esmentats que s'aconsegueix arribar a l'autosuficiència.



**Figura 11.** Interior de la "Off-Grid Guest House". Font: Urbana Design. Califòrnia: 9 de març del 2018.



**Figura 12.** Exterior de la "Off-Grid Guest House". Font: Urbana Design. Califòrnia: 9 de març del 2018.



# CAPÍTOL 2: D'ON PROVÉ L'ENERGIA CONSUMIDA PELS HABITATGES (TIPUS I OBTENCIÓ)?

## 2.1. PRINCIPALS MANERES D'ACONSEGUIR ENERGIA

L'obtenció de l'energia és un dels principals problemes dels humans. Des de fa anys que la forma més viable, fiable i efectiva han estat les energies provinents dels combustibles fòssils (carbó, petroli, gas natural, Urani, etc.), és a dir, les energies exhauribles. Aquestes són limitades: tard o d'hora s'acabaran perquè el planeta Terra no en genera. D'altra banda, trobem tot el contrari, les energies renovables (la solar, l'eòlica, la hidràulica, la geotèrmica, la de la biomassa, la dels residus sòlids urbans, la mareomotriu, etc.), que són inacabables perquè l'ecosistema les proporciona infinitament. En el pròxim punt s'expliquen les dues més detalladament.

### **2.1.1. ENERGIES FÒSSILS**

Les [energies fòssils](#), una de les moltes maneres d'anomenar a les energies provinents dels combustibles fòssils, són energies no renovables que s'acabaran acabant tard o d'hora. De fet, la Terra sí que genera combustibles fòssils, per això en tenim. El problema és que ho fa a un ritme molt més lent que el que nosaltres tardem a consumir-los, ja que es necessiten milions d'anys per aconseguir una certa quantitat de petroli, i nosaltres la consumim amb molt menys. Aquest problema és la principal causa motivadora dels estudis sobre energies renovables perquè, si arriba un moment que no quedi prou urani per subministrar l'electricitat que consumeix la societat, quina alternativa podrà substituir-lo? El cost dels combustibles fòssils en seria una altra motivació: aquest pot arribar a ser molt irregular, a part, amb els anys anirà augmentant, de manera que ni els particulars ni els estats els interessa haver de dependre dels que disposin de combustibles fòssils i haver de pagar perquè no queda cap alternativa. És a dir, la lluita contra les energies fòssils, a part d'estar relacionada amb la contaminació del medi ambient, és econòmica i també de subsistència.

Els principals combustibles utilitzats com a font d'aquesta energia són els dels següents punts.

## 2.1.1.1. EL CARBÓ

<b>Tipus</b>	<u>Vegetal</u>	Prové de la combustió de llenya amb poca presència d'oxigen (piròlisi), i pesa unes cinc vegades menys que la llenya.	
	<u>Mineral</u>	És un combustible fòssil provinent de la descomposició de boscos (sense oxigen) molt antics que van quedar coberts amb milions d'anys. N'hi ha de diversos tipus.	
		Torba	Format prop de zones pantanoses amb un 50-60 % de Carboni.
		Lignit	Format recentment, fa uns cent milions d'anys, amb un 55-75 % de Carboni.
		Hulla	És el més utilitzat per poder-se convertir en carbó de coc, i conté un 74-94 % de carboni.
Antracita	És el més antic de tots, es troba a molta profunditat, i conté un 95 %, o més, de Carboni.		
<b>Obtenció</b>	És duta a terme en mines que de cel obert o subterrànies depenent de la seva localització, o bé en unes instal·lacions que buscaran gasificar el carbó per poder-lo extreure i consumir en forma gasosa.		
<b>Aplicacions</b>	<u>Combustible d'ús general</u>	Fet servir de forma directa en les centrals tèrmiques.	
	<u>Destil·lació seca de l'hulla</u>	Es busca una combustió parcial de l'hulla en absència d'oxigen per obtenir: gas de ciutat (que és un combustible domèstic), productes per a la indústria química (quitrà, olis lleugers, amoníac, etc.), i carbó de coc (aquest s'usa en els alts forns de la siderúrgia per obtenir ferro colat, i també com a combustible per les calefaccions).	
	<u>Gasificació</u>	Es gasifica el carbó amb l'ajuda de vapor d'aigua per obtenir un gas de síntesi que, a part de poder ser un combustible, pot servir per aconseguir gas natural sintètic, o també hidrocarburs (similars als derivats dels petrolis).	
<b>Esperança de vida</b>	Si continuem amb un ritme de consum com l'actual, diversos estudis sobre les reserves actuals de carbó determinen que tan sols ens queda carbó per dos-cents anys més.		

### 2.1.1.2. EL PETROLI

Gràcies a la gran quantitat i qualitat dels productes (combustibles, polímers, dissolvents, etc.) que en podem extreure, el petroli és de molta importància. Aquest, quan és extret del jaciment, contindrà una certa quantitat d'hidrocarburs, de sofre, d'oxigen i de nitrogen depenent del seu origen, i caldrà destil·lar-lo a les refineries per poder-lo aprofitar.



**Figura 13.** Estació petrolífera americana (abandonada). Font: Newscientist. Califòrnia: 25 de novembre del 2020.

<p><b>Origen</b></p>	<p>Es va formar a partir de la descomposició del plàncton marí: aquest es va anar acumulant fa uns 600 milions d'anys i es va anar quedant cobert de terra, de manera que hi va haver un augment de la temperatura i de la pressió, i això va conduir a la formació del petroli.</p> <p>Com que va assolir un estat líquid, aquest es va anar filtrant i va anar baixant a més profunditat fins a quedar acumulat en bosses de petroli en arribar a roques impermeables.</p>
<p><b>Localització i extracció</b></p>	<p>Per poder-lo extreure correctament primer es fan diversos estudis per assegurar-se que hi ha petroli a la zona. Sí aquests surten afirmatius, s'instal·larà una torre de perforació que anirà travessant la roca, però primer es faran diversos pous de prova per assegurar-se que realment hi ha petroli. Si és així, amb la torre de perforació es farà un forat fins a arribar a la bossa de petroli en qüestió, i aquest soldà sortir sense ajuda gràcies a la mateixa pressió. En cas que no sigui així, s'hi injectarà aigua per obligar-lo a sortir. Tot i això, per provenir del plàncton marí, moltes plataformes d'extracció són marines, ja que gran part del petroli es troba en el mar.</p>

<b>Transformació</b>	Un cop ja l'hem extret del jaciment (aigua + cru + gas natural) cal separar tres components. Tot seguit, el cru, que seria el petroli en si, caldrà transportar-lo a les refineries per poder-ne separar els components.	
	<u>Destil·lació fraccionada</u>	S'escalfa i refreda progressivament el cru per tal de separar-se les fraccions depenent del punt d'ebullició. Tot seguit, en el cru que queda se li torna a aplicar el mateix procés, però al buit, per tal de poder separar els components sense malmetre'ls amb la temperatura. Se n'obtenen molts combustibles diferents (gasoil, querosè, fuel, etc.), alguns dissolvents i lubricants (olis, èters, parafines, etc.) i asfalts per pavimentar les carreteres.
	<u>Craqueig</u>	S'agafen els olis i fuels (hidrocarburs pesants) obtinguts a la destil·lació fraccionada i se'n descomponen, amb craqueigs tèrmics o catalítics, els hidrocarburs per tal d'obtenir benzines (hidrocarburs lleugers). Els craqueigs es basen a escalfar amb una pressió alta els hidrocarburs, o bé amb catalitzadors. Se sol fer per la gran demanda de benzines que hi ha.
	<u>Polimerització</u>	Sent contrari al craqueig, es passa d'hidrocarburs molt lleugers (butà i propà) a hidrocarburs més pesats (benzines i gasoils), per la gran demanda que hi ha.
	<u>Reformació</u>	Amb catalitzadors i altes temperatures es millora l'octanatge de les benzines.
<b>Aplicacions</b>	Els productes obtinguts en les refineries (matèries primeres o combustibles) poden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servir d'aplicació directa.</li> <li>• Utilitzar-se en les petroquímiques (aplicació de més productes químics per obtenir productes diferents).</li> </ul>	
<b>Esperança de vida</b>	Si es continua consumint el petroli que es necessita avui en dia, solament ens en queda per quaranta anys.	

### 2.1.1.3. EL GAS NATURAL

El gas natural sol trobar-se, juntament amb el petroli, concentrat en bosses subterrànies. Aquest és l'agrupació de diversos gasos: metà (el principal), età, propà, butà, etc. Deixant això a part, la seva formació és molt similar a la del petroli.

<b>Extracció i purificació</b>	S'extreu igual que el petroli, i després d'haver-lo obtingut es processa per obtenir metà pur gràcies a eliminar-ne les impureses.
<b>Transport i distribució</b>	Per transportar-lo s'utilitzaran, o bé gasoductes (grans canonades orientades al transport de gas), o bé vaixells especialitzats que requeriran passar el gas a estat líquid per poder-lo transportar. Per obtenir Gas Natural Lliquat (estat líquid), caldrà refredar-lo diverses vegades (a uns $-160^{\circ}\text{C}$ ), i es farà per reduir-ne el volum unes 600 vegades.
<b>Aplicacions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com a font d'energia pels habitatges, els comerços, i les indústries.</li> <li>• Com a matèria primera per a les petroquímiques.</li> <li>• Com a combustible per les centrals tèrmiques mixtes, per les instal·lacions de cogeneració, etc.</li> </ul>
<b>Esperança de vida</b>	De gas natural, amb un ritme de consum com l'actual, solament en queda per uns setanta anys.



**Figura 14.** Vaixell dedicat al transport del Gas Natural en estat líquid (liquat). Font: MarineTraffic. Libèria: 15 de maig del 2019.

#### 2.1.1.4. ENERGIA NUCLEAR

L'energia nuclear gira al voltant de l'Urani, concretament al voltant dels seus isòtops (quan un àtom d'un element concret té un nombre de neutrons diferents del que indica el seu nombre màssic, és a dir, el nombre atòmic és el mateix, però el nombre màssic és diferent). En el cas de l'Urani, existeix l'Urani 235 com a exemple d'isòtop d'aquest element.

<b>Radiacions</b>	Si parlem dels isòtops és perquè alguns d'ells són molt inestables, de manera que els seus nuclis es descomponen i emeten radiacions. N'hi ha tres tipus diferents.	
	<u>De partícules</u>	<p>L'Alfa (<math>\alpha</math>): amb uns quants centímetres d'aire o un simple full de paper la frenem (<math>v = 10^7</math> m/s).</p> <p>La Beta (<math>\beta</math>): per frenar-la es necessita o un metre d'aire, o uns quants mil·límetres d'alumini (<math>v &lt; 3 \cdot 10^8</math> m/s).</p>
	<u>Electromagnètica</u>	<p>La Gamma (<math>\gamma</math>): per poder-la frenar ja necessitaríem o bé bastants metres de formigó, o bé uns quants centímetres de plom (<math>v = 3 \cdot 10^8</math> m/s).</p> <p>És la radiació més perillosa, ja que aquesta és capaç de travessar la matèria i ionitzar-la.</p>
<b>Reaccions nuclears</b>	L'energia nuclear és la que manté els nuclis dels àtoms units, i es pot alliberar amb la fusió o la fissió (reaccions nuclears). Cal contemplar un raonament que defensa que en dividir un àtom en dues parts, la suma de les masses d'aquestes dues parts serà menor que la inicial perquè la massa restant s'haurà convertit en energia, tal com defensa la següent fórmula d'Albert Einstein: $[E = m \cdot c^2]$ on la "E" és l'energia alliberada en la reacció nuclear, la "m" és la massa perduda en la reacció, i la "c" és la velocitat de la llum ( $c = 3 \cdot 10^8$ m / s).	
	<u>Reacció de fusió</u>	Les reaccions de fusió es basen en la unió de nuclis lleugers per formar-ne de més pesants, els quals tindran menys massa que els inicials, de manera la massa restant alliberarà molta energia. Aquestes són molt convenientes perquè desprenen molta energia, el seu combustible és hidrogen (molt abundant) i el seu residu és heli (no comporta cap problema). El problema és que cal moltíssima energia per poder-la dur a terme (cal arribar als $100 \cdot 10^6$ °C), de manera que, almenys de moment, no compensaria l'energia requerida amb l'energia generada.

	<u>Reacció de fissió</u>	<p>D'altra banda, les reaccions de fissió consisteixen a trencar el nucli d'un àtom bombardejant-li neutrons. Aquestes són les que es duen a terme en les centrals nuclears de manera controlada, ja que d'un impacte de neutró s'emeten dos o tres neutrons que desenvolupen una reacció en cadena que es pot mantenir per si mateixa, sempre que es disposi de l'Urani necessari.</p> <p>És molt interessant perquè 0,68 g d'Urani deixen a una energia equivalent a la de 2.500.000 kg de carbó.</p>
<b>Regulació i combustibles utilitzats</b>	<p>És el reactor nuclear el que s'encarrega de controlar que aquesta reacció sigui lenta i controlada i que no sigui de cop (el cas de la bomba atòmica), de manera que se'n pugui aprofitar l'energia obtinguda.</p> <p>Els combustibles normalment utilitzats en les reaccions nuclears de fissió són els isòtops de l'hidrogen (deuteri i triti). D'altra banda, els de la fissió són isòtops radioactius com l'Urani 235. Aquest es troba a la natura, tot i que en poca quantitat perquè tan sols un 0,72 % de l'Urani 238 és Urani 235. Per aconseguir-ne més es duu a terme un procés anomenat enriquiment de l'Urani, en el qual s'augmenta el percentatge d'Urani 235 dins del 238 de 0,76 % fins a un 4 % (la centrifugació és la clau d'aquest procés car i complex).</p>	
<b>Esperança de vida</b>	<p>L'energia nuclear gira al voltant de l'Urani, i amb el ritme de consum actual d'aquest element, solament ens en queda per uns 100 anys.</p>	



**Figura 15.** Imatge d'un petit reactor nuclear suís dedicat a la investigació. Font: EPFL. Suïssa: 14 d'abril del 2021.

## 2.1.2. LES ENERGIES SOSTENIBLES

Les energies sostenibles són el mateix que les renovables; aquelles que no s'acabaran mai perquè n'hi ha reserves il·limitades. Aquestes hi han sigut des de sempre, però han guanyat molta importància durant els últims anys perquè, com ja s'ha dit, les energies fòssils s'estan exhaustint, de manera que cal buscar nous mètodes per allargar-los-hi la vida, i també per preparar-se quan ja pràcticament no en quedin. La solució són les energies que se sostenen a partir dels recursos que proporciona, de manera il·limitada, el mateix planeta Terra. Les principals són les que s'expliquen en els punts de continuació.

### 2.1.2.1. ENERGIA SOLAR (TÈRMICA I FOTOVOLTAICA)

L'energia solar es basa en l'aprofitament de les ones solars electromagnètiques que arriben a la Terra. De fet, més de la meitat de l'energia que desprèn el Sol arriba a la Terra, i aquesta energia permet aprofitar-la. És més, la quantitat d'energia solar, aprofitable, que rep la Terra en un any és més del doble de la que generarem amb les energies fòssils amb la mateixa quantitat de temps.

La podem classificar en passiva o activa, on la passiva es basa en l'aprofitament directe dels rajos solars (com l'encarament d'un habitatge de manera que s'escalfi més pel sol). L'activa, d'altra banda, es basa en la utilització de diversos mètodes especials per aprofitar l'energia solar (com les plaques fotovoltaïques o els calefactores tèrmics).

D'energia solar n'hi ha diversos tipus, però la solar fotovoltaica és la més utilitzada. Quan aquesta va sorgir, era més cara que les energies fòssils, de manera que era molt poc utilitzada. Tot i això, amb els anys el seu preu ha baixat molt i, a més, el de les energies fòssils ha pujat, de manera que utilitzar-les a passat a ser una opció molt convenient. De fet, diversos estudis demostren que les plaques solars, almenys en molts casos, poden generar més energia que la que consumeix l'edifici al qual estiguin connectades.

Al voltant el 1860 va començar-se a témer per la falta de carbó, així que es va començar a invertir i investigar les plaques solars. Tot i això, pocs anys després ja se sabia aprofitar sofisticadament el petroli, i també s'havien trobat noves fonts de carbó, de manera que l'energia solar es va quedar estancada fins al punt que uns setanta anys més tard, el 1974, solament hi havia 6 habitatges nord-americans alimentats per fonts d'energia solar.



Tot i això, hi va haver grans crisis de petroli, com la del 1979, que van tornar el protagonisme a l'energia solar, però no va durar gaire, ja que el preu del petroli va baixar en picat uns cinc anys després. De manera que no serà fins al 1996 que no podrem distingir una clara popularització de l'energia solar, quan ja hi comencen a haver subvencions per investigar-la i millorar-la.

Els dos principals mètodes, i els més populars, són l'energia solar tèrmica i la fotovoltaica. I de la combinació dels dos en surten els sistemes híbrids, els quals combinen l'energia elèctrica i la tèrmica i són molt eficients i convenients pels llocs on no arriba subministrament elèctric.

L'energia solar tèrmica consisteix, principalment, a escalfar aigua per evaporar-la, i així, poder aprofitar el vapor amb l'ajuda d'una turbina per aconseguir corrent elèctric, i ho fan amb l'ajuda de miralls i metalls reflectors que concentren els rajos solars en un punt buscant que aquest assoleixi altes temperatures i el vapor d'aigua arribi a una alta velocitat i generi més corrent. Cal desacatar-ne uns sistemes de cicle tancat anomenats calefactores solars que disposen d'uns canals d'aigua, juntament amb materials absorbents (normalment aliatges), uns vidres o plàstics per deixar passar els rajos solars, uns colors foscos per escalfar més l'aigua, i també una capa aïllant que evitarà que es perdi l'alta temperatura que assolirà el sistema. Com a exemples a gran escala podríem situar la planta termosolar Andasol i la central PS20.

D'altra banda, l'energia solar fotovoltaica consisteix a aprofitar directament els rajos solars mitjançant les plaques fotovoltaïques. Aquestes estan pensades per convertir l'energia solar, mitjançant processos químics on el silici és el principal protagonista, en energia elèctrica. Tot i que hi ha diferents tipus de plaques solars, els rendiments solen girar al voltant del 20 % (és a dir, de l'energia que es rep se n'aprofita un 20 %), però recentment n'han aparegut unes d'experimentals que poden aprofitar al voltant d'un 70 % de l'energia.

Anteriorment, l'energia solar solia utilitzar-se per subministrar aparells independents i autònoms, però ha sigut durant els últims anys que també s'han utilitzat per ajudar la xarxa elèctrica. Arribant a produir un 7 % de l'energia consumida a Europa. De fet, a Alemanya (un dels països protagonistes amb l'energia solar), es va arribar a produir, durant un dia rècord, un 50,6 % de tota la demanda elèctrica del país, el que seria equivalent a unes 25 centrals nuclears.

Per poder motivar i incentivar als habitants a tenir plaques solars els governs garanteixen unes subvencions fixes per assegurar-se que no hi hagi pèrdues econòmiques. Tot i això, hi ha moltes opcions diferents que marquen les companyies elèctriques com que tot el que es generi de corrent després sigui descomptat de tot el que s'hagi gastat, també hi haurà qui permetrà emmagatzemar-lo en bateries, etc. Per això s'ha popularitzat molt l'autoconsum, és a dir, plaques solars a escala individual per cobrir una part de l'energia consumida. És per això que un estudi del Consell Mundial de l'Energia va preveure que l'any 2100 l'energia solar seria la proveïdora d'un 70 % de l'energia requerida mundialment. Perquè, en realitat, el preu de l'energia fotovoltaica ja va estar per sota del de l'energia nuclear, com va passar l'any 2011, i el seu preu actual ja és més barat que el carbó, de manera que la seva utilització està pujant exponencialment.

De fet, hi ha exemples de països com Tokelau, un conjunt d'illes de l'oceà Pacífic, el qual se subministra completament a través de l'energia solar. Tenint en compte que l'àrea és un d'uns 10 km<sup>2</sup>, que el componen 1.500 habitants i que està situat en una localització molt remota, es pot entendre com la utilització de combustibles fòssils seria molt més cara que la inversió en sistemes fotovoltaics (el transport sortiria molt car per la poca quantitat necessitada). Per tant, aquesta millora dels últims anys en la tecnologia solar ha permès al país passar de 2.000 L de petroli anuals, a 4.000 panells solars amb una esperança de vida molt més llarga.

### **2.1.2.2. ENERGIA EÒLICA**

L'energia eòlica és la que permet generar electricitat a través del vent aprofitant l'energia cinètica de l'aire sense perjudicar el medi ambient. La seva recent popularització es basa en la utilització d'aerogeneradors individualment per subministrar corrent a la xarxa, així com parcs eòlics (agrupació d'aerogeneradors) que permeten generar energia bastant "barata", o també poden subministrar llocs aïllats on no arribi la xarxa elèctrica. És gràcies a això que s'hagin començat a construir els "parcs eòlics offshore", els quals es troben al mar, a poca distància de la costa, on el vent sol ser més fort i constant. S'ha arribat al punt que més d'un 6 % de l'energia mundial es produeix anualment a través del conjunt d'energies eòliques. I aquest percentatge està en augment. A part, com que la seva producció és força fàcil de predir, els estudis que se'n fan solen ser bastant fiables.

Per generar l'electricitat, com que el sol escalfa la Terra d'una manera no uniforme, hi ha diferències de temperatura, i aquestes provoquen que grans masses d'aire es moguin cap a una direcció o cap a una altra. És a dir, es generen corrents d'aire i vents. Per poder-los aprofitar amb els aerogeneradors, però, aquests corrents d'aire hauran d'anar a velocitats entre els 10 i els 90 km / h. Aquests el que fan és que, en moure's les seves aspes (amb formes dissenyades per moure's amb facilitat), s'acciona un alternador que genera corrent.

La força del vent s'ha utilitzat des de molts segles enrere, sigui amb molins de gra o amb vaixells de vela, etc. Però, és el 1980 quan sorgeixen, a Europa, models com els actuals. Aquests tenien una capacitat d'uns 25 kW, i han evolucionat significativament des de les hores si ho comparem amb els models actuals, que poden generar fins a 8 MW (8.000 kW).

El seu cost és sorprenentment baix, de fet, almenys en el continent Europeu, aquest ha estat per sota del dels combustibles fòssils des del 2010. Tot i això, continua baixant encara més anualment. És veritat que es necessita una inversió inicial considerable, però un cop feta no és necessari cap combustible per fer funcionar un parc eòlic. És gràcies a això que el cost de producció del kWh ja està al voltant dels 5 - 6 cèntims. Per tant, l'energia eòlica és un 14 % més barata que les noves plantes de carbó, i un 18 % més barata que les noves de gas. Aquest preu esmentat del kW, per calcular-ho, es tenen en compte la inversió inicial dels aerogeneradors, la seva vida útil, els impostos, el manteniment (sol ser molt baix), i l'energia produïda en un any (contemplant les característiques de l'aerogenerador, i les del vent de la zona).

En total, hi ha 733.276 MW de potència d'energia eòlica instal·lada a la Terra (on Europa representa el 36,3 %, i la Xina i els EUA, en conjunt, al voltant d'un 50 %). Però, sens dubte, el país més destacable en aquest àmbit és Dinamarca, el qual es va proposar generar el 50 % de l'energia del país a través de l'energia eòlica. I, de fet, ho ha aconseguit (si no ens fixem solament en l'eòlica, i mirem el conjunt de les energies renovables, veurem com més del 87 % de l'energia del país prové de fonts renovables). D'altra banda, a Catalunya, i a la Península en general, el percentatge està creixent considerablement produint al voltant d'un 20 % de l'energia del país requerida, situant-se en una bona posició en comparació els altres països europeus. Però, el sector que realment està en augment a Catalunya, és el minieòlic (àrea afectada menor als 200 m<sup>2</sup> i amb potències de fins a 65 kW), normalment instal·lat en cases particulars. També hi ha països com el Regne Unit, que planegen ampliar considerablement l'energia eòlica que generen: busquen obtenir uns 32.000 MW solament a través de "parcs offshore" (prop de la costa), amb una inversió d'uns vuitanta-quatre mil milions d'euros, i la creació d'uns 70.000 llocs de feina. Finalment, països com Suècia també tenen planejat ampliar l'energia eòlica que generen, així com molts dels països de l'Amèrica del sud i de l'Amèrica central.

Un dels grans problemes de l'energia eòlica és que no és uniforme, de manera que un dia es pot generar molta energia, i un altre pot no fer gens de vent. D'aquesta manera, es necessiten grans sistemes per emmagatzemar l'energia dels dies productius, però realment no existeix cap bateria capaç de fer-ho de forma eficient. Els únics sistemes fiables són els d'utilitzar aquesta energia per pujar una quantitat d'aigua a una certa alçada, i després, quan necessitem l'energia (els dies que no faci vent), deixarem caure aquesta aigua per generar energia hidràulica. Tot i això, la presència d'un reforç és indispensable, i les energies fòssils són les més apropiades per fer-ho. Però, d'aquesta manera, les centrals d'energies fòssils perden molt rendiment i durabilitat si han d'anar canviant el seu funcionament constantment en funció del vent que faci. Un altre problema és que es necessiten xarxes elèctriques molt potents capaces de suportar tota l'energia que un parc eòlic pugui generar. En cas de no ser així, els aerogeneradors es desconnectaran com a sistema de seguretat, i arreglar-ho és bastant car. A part, és evident que si no fa prou vent per fer girar les aspes, no es podrà generar energia, però tampoc si en fa massa. Si es dona el cas, l'aerogenerador modificarà la inclinació de les seves aspes per evitar moure's, o fins i tot es desconnectarà de la xarxa, tot per evitar que l'eix o l'estructura no es malmetin. Tot i això, moltes d'aquestes dificultats també es repeteixen en les altres energies renovables (sense sol no hi ha energia solar, sense pluges ni aigua no hi ha energia hidràulica, etc.), i no són pas més preocupants que moltes de les dificultats de les energies fòssils. No obstant això, aquests problemes els solucionen les centrals híbrides, és a dir, les que combinen diversos sistemes renovables amb la utilització de grans bateries, de manera que solen ser funcionals d'una manera força constant.

En termes del medi ambient, la seva aportació d'energia elèctrica és molt positiva en ser lliure d'emissions de CO<sub>2</sub>, tot i això, la situació dels parcs eòlics coincideix amb les rutes de les aus migratòries (el vent és el factor comú), de manera que la mortalitat de les aus ha augmentat considerablement, però, gràcies a la baixa velocitat dels aerogeneradors, aquesta xifra s'ha reduït considerablement respecte als primers models. No obstant això, la mortalitat de les aus és més important del que sembla perquè les espècies de la zona queden molt ressentides i afectades. A més, aquest fet està provocant l'aparició de grups d'alta oposició als parcs eòlics. D'altra banda, també tenim l'impacte paisatgístic dels parcs, que és considerable. De fet, les seves ombres intermitents (pel moviment de les aspes), i el seu soroll constant, poden alterar la salut humana. No obstant això, els parcs se solen trobar aïllats i lluny de les residències per tal d'evitar aquestes conseqüències, però la fauna d'aquests llocs se'n veu perjudicada igualment per culpa del constant moviment dels operaris i treballadors dels parcs.

D'altra banda, els seus avantatges són molt més abundants i rellevants. Per exemple, és una energia renovable que no deixa anar cap residu contaminant i permet estalviar-se combustibles fòssils, de manera que no afavoreix el canvi climàtic. És generada en parcs eòlics, els quals són ràpids de construir, o també es pot instal·lar en indrets complicats, és a dir, en les costes marines, en pendents molt pronunciats de muntanyes, en deserts, etc. D'altra banda, tampoc impedeix que s'hi cultivin aliments al seu voltant, és a dir, un parc eòlic i un camp poden conviure al mateix lloc. I, si es combina amb altres sistemes, guanya molta eficàcia i eficiència. D'altra banda, la globalització de les xarxes elèctriques també estabilitza l'energia generada perquè, mentre no hi hagi vent en un país, n'hi haurà en un altre, i viceversa. Gràcies a això, i també a la gran quantitat de "parcs offshore" (prop de la costa), l'energia eòlica generada a Europa és alta i constant. D'altra banda, també està permetent que els generadors de dièsel siguin substituïts per aerogeneradors. A part d'això, l'ús de l'energia minieòlica, amb l'ajuda de bateries, ha permès a molts habitatges reduir les seves despeses econòmiques en la compra d'electricitat. També hi ha moltes companyies elèctriques que en potencien el seu ús descomptant l'energia generada de la consumida (com també passa amb l'energia solar), o fins i tot, en alguns països, es compra l'energia generada. Però, com a conclusió, són aquests sistemes els que permeten eliminar la dependència de la xarxa elèctrica en molts casos i, sobretot, reduir les emissions de CO<sub>2</sub> (el Regne Unit, per exemple, preveu unes 600.000 tones de CO<sub>2</sub> anuals menys durant els pròxims anys).



**Figura 16.** Vista propera d'un aerogenerador per adonar-se de les seves dimensions. Font: Wind Systems. Iowa: 28 de febrer del 2020.

### 2.1.2.3. ENERGIA HIDRÀULICA

És una energia renovable, que no emet CO<sub>2</sub>, i que genera electricitat aprofitant les energies cinètica i potencial de l'aigua, ja sigui aprofitant les mareas, els salts d'aigua, els rius, els pantans, etc. El que se sol fer és que, entre dos punts situats a diferents alçades, s'hi col·loca una turbina hidràulica que, amb l'ajuda d'un alternador, genera electricitat.

Té molts avantatges, per exemple, en aprofitar-se del cicle de l'aigua, és, en principi, pràcticament il·limitat. El seu cost és molt reduït i garanteix independència respecte a altres països. Tampoc genera cap residu perjudicial, i el seu rendiment és molt alt. D'altra banda, les preses que se solen haver de construir també presenten molts avantatges. Primer de tot, en cas de sequera poden servir de font d'aigua i, en cas de grans pluges, poden frenar les riuades per protegir de possibles inundacions i, per últim, presenten una vida útil molt llarga (més de cent anys en alguns casos).

Tot i això, també hi ha alguns problemes amb aquest tipus d'energia. La construcció de les seves preses comporta la inundació de grans zones (es perden terres fèrtils, probablement localitats, es malmet l'ecosistema, etc.). La fauna també se'n veu greument afectada perquè s'imposa un gran obstacle al mig del riu, o també amb l'obertura o tancament de les comportes, el qual afecta greument el cabal del riu i el seu ecosistema.

El seu ús s'ha popularitzat i ha augmentat significativament durant les últimes dècades. És per això que el 2015 un 16,6 % de l'energia mundial va provenir d'energies hidràuliques (la majoria es genera al continent asiàtic, però no s'haurien d'oblidar països com Paraguai o Argentina, que produeixen pràcticament el 100 % de l'energia que necessiten a través d'energies hidràuliques.). Tot i això, la Xina (capacitat instal·lada de 370.160 MW per any), Brasil (capacitat instal·lada de 109.318 MW per any), o els Estats Units (capacitat instal·lada de 103.058 MW per any), demostren que l'energia hidràulica serà primordial en el futur.

### 2.1.2.4. ENERGIA GEOTÈRMICA

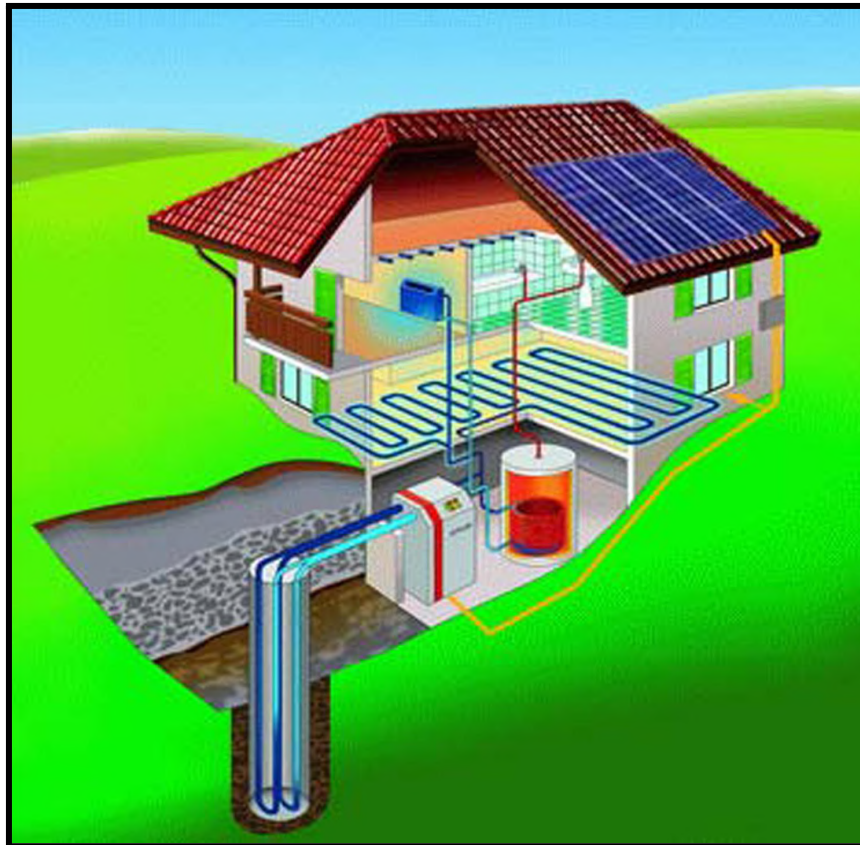
La geotèrmia (calor de la Terra) és una energia renovable que va aparèixer a principis del segle XX, i des de les hores s'ha anat popularitzant fins a arribar a l'actualitat. Uns 8.000 MW anuals són generats actualment, on un 32,34 % es generen als Estats Units, un 26,64 % a Indonèsia, i un 24,1 % a Filipines. El 16,92 % restant es genera, principalment, al continent americà.

Aquesta energia aprofita l'escalfor de l'interior de la Terra per generar electricitat, per escalfar els habitatges o també per refredar-los (amb una bomba geotèrmica que aprofitarà la diferència de temperatures). Aquesta energia també es pot utilitzar per dessalinitzar l'aigua marina (es fa a partir d'un procés molt complex, i és poc utilitzat). Per aconseguir-ho tot ens basem en el fet que l'interior de la Terra està calent, i aquesta temperatura augmenta a mesura que baixem a més profunditat. Per tant, si a les capes profundes (molt calentes) hi ha aigua, aquesta podrà provocar guèisers, aigües termals, etc. És a dir, l'aigua podrà sortir a l'exterior (temperatura aprofitable directament), però també quedar-se en un aqüífer subterrani, podent aprofitar-se de dues maneres diferents. La més feta servir serà perforant un nombre parell de pous, normalment dos, perquè pugui aigua calenta per un dels forats i es retorni, un cop aprofitada, per l'altre forat. D'aquesta manera l'aigua es podrà anar reutilitzant i evitarem que el jaciment es quedi sense (la temperatura tampoc se'n veu gaire alterada perquè l'aigua reinjectada encara està força calenta). Com que es tracta d'un circuit tancat, no hi ha gasos contaminants que surtin a l'exterior. D'altra banda, un altre mètode menys utilitzat és que, quan l'aigua calenta surt directament a la superfície (en forma de vapor), es col·loca una turbina a la sortida per tal d'accionar un alternador i poder generar electricitat. El gran problema és que reinjectar l'aigua al circuit serà molt més complicat, i normalment es perdrà una part en forma de gasos perjudicials per a l'atmosfera.

Depenent de la temperatura que es trobi l'aigua quan l'aprofitem podem classificar-la de diferents maneres:

- La d'altres temperatures (aigua a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) es pot aprofitar col·locant una turbina a les sortides de vapor a la superfície. Per poder-se complir, la zona haurà de trobar-se sobre una capa de roques impermeables amb un aqüífer i un terra fracturat que permeti a l'aigua pujar. La seva font d'escalfor es trobarà entre uns 3 i 15 km estant a uns  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- La de temperatures mitjanes (aigua a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) seria molt igual que la d'altres temperatures, però en aquesta la temperatura de l'aigua és molt menor, com a conseqüència, l'energia generada i el rendiment són molt menors. És per això que es considera molt millor aprofitar l'escalfor directament en lloc de voler generar-ne electricitat (per poder generar electricitat amb un rendiment acceptable l'aigua hauria d'estar al voltant dels  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

- La de baixes temperatures (aigua a 50 °C - 70 °C) és present a pràcticament tot arreu per l'augment de la temperatura a mesura que es baixa a més profunditat, i també està pensada per aprofitar-ne l'escalfor.
- La de temperatures molt baixes (aigua a 20 °C - 50 °C) hi és a tot arreu i és la més comunament utilitzada per tal d'aprofitar-ne l'escalfor.



**Figura 17.** Imatge esquemàtica d'una instal·lació geotèrmica a escala domèstica. Font: REILEC.  
Reus: 22 de juliol del 2016.

Després també hi haurà alguns casos on no hi haurà presència d'aigua, però sí que es trobaran, a una certa profunditat, roques molt calentes. En aquests casos (jaciments secs) s'hi injectarà aigua externament que sortirà escalfada per un altre forat que nosaltres mateixos haurem hagut de fer.



La geotèrmia presenta una gran sèrie d'avantatges. Primer de tot, en ser renovable, evita l'ús de combustibles fòssils, de manera que pràcticament no deixa anar residus o gasos perjudicials com seria el CO<sub>2</sub>. També és un bon mètode, silenciós i gens molest, d'estalvi econòmic i energètic. A part d'això, el seu preu no estarà mai condicionat internacionalment, sinó que el marca cada localitat (o nació). D'altra banda, no necessita construir grans infraestructures ni tampoc perjudica el medi ambient perquè, de fet, els m<sup>2</sup> necessaris per obtenir 1 MW són molt pocs.

Tot i això, tenim alguns desavantatges, perquè, quan per exemple es tracta de jaciments on no hi ha presència d'aigua (jaciments secs), a vegades es poden donar terratrèmols de poca magnitud per culpa de refredar les roques calentes amb la injecció d'aigua freda. A part d'això, quan s'utilitza per aconseguir electricitat, a vegades s'emet un àcid sulfúric letal que pot no percebre's, també pot ser que les aigües pròximes a la instal·lació es contaminin (amb arsènic, amb amoníac, etc.). A part de la contaminació tèrmica i del deteriorament del paisatge, no es podrà transportar, és a dir, l'electricitat s'haurà de generar obligatòriament al lloc, normalment determinat, on es trobi la sortida de vapor.

Amb els anys s'ha pogut comprovar que, si no es fa un ús meticulós de la injecció d'aigua freda, es pot provocar que el magma que l'escalfa es quedi sense energia tèrmica i deixi d'escalfar l'aigua. Perquè, de fet, es creu que tenen una esperança de vida, de manera que tard o d'hora deixen de ser útils. Per això hi ha vegades que es prefereix no extreure'n tanta energia com es podria per evitar demanar més del que el magma pot donar, i així evitar que aquest deixi de ser funcional.

Referent al preu, s'ha tornat molt competitiu amb els anys gràcies a la seva constant rebaixa des del 1980, però realment ha sigut la gran pujada dels preus dels combustibles fòssils els que han comportat una gran popularització d'aquest tipus d'energia. Tot i això, mai podrà instal·lar-se a tot arreu perquè, tot i arribar-hi aigua prou calenta, hi ha moltes zones on instal·lar-la seria massa car per culpa del terreny. D'altra banda, si es vol produir electricitat, no sempre hi ha prou temperatura perquè l'aigua surti en forma de vapor, de manera que no sempre en podem fer electricitat d'aquest sistema. Però, en conclusió, si se'n fa un bon ús, la geotèrmia ens podrà ser de molta ajuda en el futur.

### 2.1.2.5. BIOMASSA

La [biomassa](#) és tota aquella matèria orgànica, provinent d'origen animal o vegetal, que, aplicant-li uns processos de transformació, se'n pot obtenir energia d'una manera poc perjudicial. És molt interessant i convenient perquè aconseguim energia a partir de recursos com la femta, per exemple. Els processos en qüestió consisteixen en, primer de tot, preparar la biomassa triturant-la, controlant-ne la humitat i compactant-la per obtenir pèl·lets. Aquests processos anteriors són els físics, en canvi, els termoquímics busquen obtenir un combustible (sòlid / líquid / gasós) cremant la biomassa (els pèl·lets anteriors) en absència d'oxigen (això és la piròlisi) per obtenir un carbó vegetal, un líquid similar al petroli, i un gas semblant al gas de ciutat. Si fem el mateix, però controlant la quantitat d'oxigen, aconseguim un residu principalment gasós amb un alt poder energètic (això és la gasificació). També podem voler obtenir un residu diferent, i ho farem fermentant la biomassa o bé amb digestors i sense presència d'oxigen per aconseguir biogàs (sistema sostenible que s'alimenta d'una petita part del biogàs que genera), o també fer-ho amb presència d'oxigen per aconseguir bioalcohol (etanol). Aquesta última opció pot ser molt útil, com en el cas de Brasil, que fins i tot tenen cotxes que funcionen amb aquest tipus de combustible.

Per obtenir-ne energia, principalment, es farà a partir d'alternadors, i soldran trobar-se en les plantes de cogeneració on es combinaran diversos sistemes renovables al mateix temps. La biomassa més utilitzada per la producció d'electricitat serà la que es trobi en estat gasós, però no serà molt comú perquè el principal avantatge de la biomassa no és la producció d'electricitat, sinó el seu aprofitament per altres usos, com els biocombustibles per exemple. El biodièsel (provinent d'olis vegetals), o els bioalcohols (serien el metanol i l'etanol, provinents de la fermentació de matèries orgàniques o de la derivació del gas natural, respectivament), en serien dos exemples.

Un dels grans avantatges d'aquesta energia és que les seves emissions de CO<sub>2</sub> no són perjudicials, ja que n'alliberen una quantitat que la terra pot admetre i gestionar perfectament. Tot i això, s'ha de saber mantenir la producció en equilibri, perquè arribaria un moment que es gastaria més energia de la que es generaria.

A Catalunya hi ha moltes matèries primeres i un potencial energètic molt elevat en termes de la biomassa. És per això que la Generalitat vulgui potenciar-ne l'aplicació per tal de reduir la dependència dels combustibles fòssils. De fet, ja se n'ha augmentat molt el seu ús (un 81,6 % des del 2014), i es creu que es reduiran unes 200.000 tones anuals les emissions de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.2.6. APROFITAMENT DE RESIDUS SÒLIDS URBANS (RSU)

Els residus sòlids urbans són aquells residus que són generats inevitablement a la nostra vida quotidiana. Aquests residus han incrementat notablement amb el creixement demogràfic i amb la gran popularització dels productes d'un sol ús. Però cal eliminar-los, i existeixen quatre processos per fer-ho:

- L'abocament, que és un dels mètodes més utilitzats, però menys convenients. Consisteix a abocar les deixalles i els residus en un terreny, i a anar-ho enterrant diàriament tot i ser molt contaminant.
- El compostatge consisteix a fermentar, en presència d'oxigen, la matèria orgànica dels residus, de manera que s'obté el que s'anomena "compost" (molt útil en l'agricultura).
- En el reciclatge es trituren els residus per poder-los fer servir com a matèria primera en els processos de producció d'altres productes (comporta un guany econòmic).
- En la incineració es cremen els residus, tot filtrant els gasos emesos i generant una certa quantitat d'electricitat.

Dels processos anteriors, el compostatge i el reciclatge són els menys perjudicials per al medi ambient, ja que no emeten gasos gaire preocupants. Tot i això, fermentant els residus dels abocadors podem aconseguir biogàs, o aprofitant l'energia tèrmica de les incineradores també podem obtenir energia. És a dir, els mètodes no contaminants no generen energia, els contaminants sí. Per això s'han popularitzat els ecoparc, que obtenen compostos d'alta qualitat i biogàs (útil per subministrar el mateix ecoparc), i també presenten guanys econòmics en vendre part de la matèria no orgànica. El biogàs obtingut ens pot ser molt útil, i com la biomassa, sol ser utilitzat en les plantes de cogeneració.



**Figura 18.** Imatge de la planta incineradora de Mataró. Font: Capgròs. Mataró: 23 de juny del 2022.

D'altra banda, a les incineradores hi van a parar totes les deixalles no aplicables en cap dels altres processos. Allà es cremen per obtenir una certa energia, però no és rendible perquè es malmet el medi ambient (molt menys que amb alguns combustibles fòssils). Per aconseguir-ho s'aboquen les deixalles no reciclables en un mateix lloc, i s'extreuen les que es creu que potser encara es podrien reciclar. Després es cremen en un forn a uns 900 °C les deixalles restants, i amb aquesta escalfor s'escalfa aigua per aconseguir vapor d'aigua, el qual fa girar una turbina que genera electricitat, de manera que recuperem part de l'energia consumida. Altres avantatges serien que, gràcies a les incineradores, hi ha un 85 % menys de deixalles als abocadors i es redueixen els residus no reciclables, tant en quantitat com en volum. Finalment, no es necessita cap localització especial perquè es pot dur a terme a tot arreu. Tot i això, requereix processos molt complexos per processar l'escòria resultant del procés (una part s'utilitza en el món de la construcció).

Per tant, com podem veure, l'abocament i la incineració sí que generen energia, però no sempre són beneficiosos econòmicament, i tampoc és que no malmetin el medi ambient. D'altra banda, el compostatge i el reciclatge no el malmeten, però tampoc generen gaire energia.

Catalunya consta de quatre plantes incineradores, set abocadors, i una gran quantitat d'ecoparcs. Les incineradores generen, anualment, 38 MW, els abocadors 17 MW, i els ecoparcs uns 33,7 MW. Tot i això, no sempre s'hi guanyen diners si es tenen en compte els costos dels elaborats processos emprats.

### **2.1.2.7. ENERGIA MAREOMOTRIU**

Aquest tipus d'energia es basa, bàsicament, en aprofitar l'energia de les marees (principalment marines). És molt convenient pel medi ambient perquè, a part de ser totalment renovable (les marees són causades per les forces gravitacionals entre la Lluna i el Sol), no es produeix cap residu amb la seva aplicació. Tot i això, és un procés amb costos econòmics força elevats, per la qual cosa no s'ha popularitzat tan notablement com altres tipus d'energies renovables.

La principal manera de convertir l'energia mareomotriu en energia elèctrica és amb l'ajuda d'un alternador. Tot i això, també es pot comptar amb el suport de les ones, de la temperatura, de la salinitat i dels corrents de l'aigua marina, així com el vent de la zona. Hi ha diversos mètodes per fer-ho, i poden variar entre ells, però a continuació s'explicaran els més coneguts. El primer simplement es basa en la utilització d'una turbina especial dissenyada per generar energia tot i moure's a molt poca velocitat, però que ho

faci gràcies a grans quantitats d'aigua. Aquests sistemes s'anomenen "TSG" (Tidal Stream Generators) i, tot i generar poca energia, són molt més barats que els altres mètodes existents. Un altre mètode bastant utilitzat són les "preses de mareas", és a dir, preses localitzades en les costes que, normalment, deixen entrar aigua fins que la marea arriba al seu nivell màxim, moment en el qual es tancaran les comportes fins al moment que la marea es trobi en el seu punt mínim. Serà en aquesta alçada mínima quan les comportes es reobriran de nou i es faran girar unes turbines que transformaran, amb l'ajuda d'un alternador, l'energia potencial de l'aigua en electricitat. Aquest mètode genera molta energia, però només es pot aplicar en zones amb altes mareas que permetin construir-hi una presa al seu voltant. Com que això és molt car i té un impacte paisatgístic important, no tothom és defensor d'aquest mètode d'aprofitament de l'energia mareomotriu. Finalment, també hi ha una proposta d'un mètode no utilitzat per la seva complicació, però és força interessant. Aquesta idea proposa construir llargues preses (d'uns 40 km) que no tanquin cap zona necessàriament, ja que la proposta és fer-ho en aigües marines, però costaneres, és a dir, a pocs quilòmetres de la costa, per tal de provocar petites diferències de mareas que podrien generar electricitat amb turbines i alternadors.

Les "preses de mareas", tot i ser poc utilitzades pel seu preu i complexitat, no vol dir que no siguin eficaces, ja que, si prenem l'estuari del riu francès Rance, veurem com aquest genera electricitat per 225.000 habitatges (equivaldria a un 9 % de la demanda elèctrica de la Bretanya francesa). Per aconseguir-ho, l'estuari compta amb 6 grans comportes i 24 turbines annexionades a generadors de 10 MW de potència, capaces de gestionar més de 6 mil tones d'aigua per segon ( $6,6 \cdot 10^6$  L / s). Cal tenir en compte que l'emmagatzematge total és de més de 180 milions de tones d'aigua ( $1,84 \cdot 10^{11}$  L). Aquest estuari també s'aprofita per a altres raons, per exemple, per sobre seu hi passa una carretera necessària per unir dos pobles propers, i també permet regular i controlar el pas dels vaixells amb una comporta dissenyada especialment per aquest ús. Si s'ha escollit aquest exemple és perquè el seu preu del kWh està lleugerament per sota del de les energies convencionals, sempre recordant que aquest sistema és menys perjudicial per al medi ambient. Tot i això, cal tenir en compte que afecta notablement a la vida animal marina, ja que la salinitat de l'aigua en surt alterada. Aquest és el principal motiu pel qual aquest sistema no és tan utilitzat com els altres, i també la resposta de per què s'han rebutjat projectes molt temptadors sobre el tema. Tot i això, es vol ampliar la seva aplicació en illes remotes, de les quals no se'n transportaria l'energia generada cap als llocs de gran demanda, sinó que es mourien les causes de la gran demanda energètica cap allà.

Tot i això, les innovacions tecnològiques ja permeten que moltes de les "preses de mareas" comptin amb turbines reversibles que permeten generar energia de manera reversible com el nom indica, és a dir, quan l'embassament s'està buidant, però també quan s'està omplint. També hi ha casos en què es fan servir unes bombes d'aigua, subministrades pel mateix sistema que agilitzen el procés bombant aigua del mar cap a l'embassament.

### **2.1.2.8. ENERGIA DE LES ONADES**

L'energia de les onades o energia "undimotriu" es basa en l'aprofitament i transformació del vent, com passa amb l'energia eòlica, però amb la diferència que aquesta aprofita una de les conseqüències del vent, que són les onades marines. Les seves aplicacions són diverses, però la principal és la generació d'electricitat. Tot i això, de moment està en fase de proves i observacions, és a dir, és experimental i no tan globalitzada com altres de les energies ja explicades.

Cal diferenciar les onades de les mareas i les dels corrents marins, ja que les seves causes són molt diferents. Per tant, la marea d'aprofitar-ne l'energia també. En el cas de les onades, per poder transformar-ne el moviment en energia, s'utilitzen unes màquines anomenades "WEC" (Wave Energy Converters). Aquestes són el punt de mira de molts investigadors i enginyers gràcies a la seva potència, la qual és d'1 kW / m<sup>2</sup> amb un vent de tan sols 12 m / s, xifra que només podem aconseguir els dies de màxima radiació solar emprant plaques fotovoltaïques. Tenint en compte que les màximes velocitats del vent que es mesuren a la ciutat de Vic estan molt per sobre dels 12 m / s, i la mitjana no està gaire lluny d'aquesta xifra, podem comprendre perquè s'inverteixen diners en aquest mètode. Els primers a provar d'aprofitar l'energia de les onades van ser els escocesos l'any 2000, i només van haver de passar vuit anys perquè Portugal construís una gran central amb múltiples generadors. Tot i això, aquesta va tancar al cap de poc per problemes amb la maquinària, evidenciant així que no es poden fer estimacions molt precises al voltant d'aquesta energia perquè encara està en fase experimental.

Els corrents de vent que tenen lloc sobre l'aigua causen que aquesta es mogui, però, evidentment, a menys velocitat. No només cal destacar el moviment, sinó també l'aparició de les onades, les quals agafen alçades variables depenent de la pressió atmosfèrica i de la velocitat del vent que les causi. La durada d'aquestes dependrà de la duració del vent que les hagi fet aparèixer, i també de la distància que separi la ràfega de vent de l'onada en qüestió. Però, sobretot, de la topografia del terra marí que l'onada estigui recurrent, ja que aquest pot causar que aquesta es divideixi, o bé que s'agrupi amb altres del seu voltant. Doncs són aquestes característiques les que permeten saber la potència

energètica de les onades, així com d'altres com la velocitat a la qual es moguin, la longitud que facin i la densitat de l'aigua que les formi. Tot i això, cal recordar que a la superfície aquestes dades solen ser màximes, ja que a mesura que baixem profunditat, la velocitat, l'impacte i influències de les onades es van diluint. Doncs si ho englobem tot dins d'una mateixa fórmula<sup>1</sup> obtindrem la potència de l'onada en kW de generació per m<sup>2</sup>. Tot i això, no s'ha de confondre aquesta potència amb la real que s'acabarà generant, ja que per poder-ne extreure energia s'han de complir una sèrie de requisits. Primer de tot, les onades han de tenir una alçada determinada que solament es troba en zones marines entre els 10 m i els 100 m de profunditat, i depenent d'aquesta profunditat, s'instal·laran uns dispositius o uns altres:

- Els de sobre la costa / primera generació: són els que s'instal·len en construccions fixes de la costa com trencaonades o dics.
- Els de prop de la costa / segona generació: poden ser flotants o no, i tan sols estaran a centenars de metres de la costa, però sempre amb aigües poc profundes (entre els 10 m i els 40 m).
- Els de fora de la costa / tercera generació: poden ser flotants, no obstant això, normalment estan submergits i es troben en aigües entre els 50 m i els 100 m de profunditat.

Els del primer tipus són fàcils d'instal·lar i de mantenir, però el seu impacte visual, la seva escassetat de llocs on instal·lar-se, i el seu baix nivell energètic no els permeten ser la millor opció. D'altra banda, el segon tipus és més car d'instal·lar que el primer, però com que els llocs disponibles on fer-ho són molts més, quedaria compensat. I per últim, el millor i tercer tipus és el del nivell energètic més alt. Tot i això, necessita materials d'alta qualitat per poder durar, cosa que tot i encarir-lo molt, no ha impedit que sorgeixin instal·lacions de superfícies molt amples amb grans quantitats d'aquests dispositius per poder generar grans quantitats d'energia d'aquesta manera.

Però per saber com s'aprofita aquesta energia, primer cal ser conscient que hi ha diverses màquines utilitzables, i cada una funciona d'una manera diferent. La primera opció, els OWC (Oscillating Water Column), disposen d'un espai amb aire que, quan una onada impacte amb la màquina, una boia especial compacte l'aire d'aquest espai i aquest es veu obligat a sortir cap a una altra càmera, però ho fa estant comprimit, i es col·loca una turbina entre les dues cavitats. D'aquesta manera, generem electricitat. També tenim els AMD (Articulated Mobile Devices), que són cilindres de diverses seccions que

---

<sup>1</sup> Mirar la [figura 19](#) del cos del treball (punt 2.2.1.8).

s'aprofiten de les ones perquè aquestes seccions es moguin i s'inclinin per forçar el moviment d'uns hidràulics, i quan aquests s'equilibren, es genera electricitat gràcies a un generador al qual els hidràulics estan connectats. Un clar exemple d'aquest sistema és la "Snake Pelamis", col·locada pels britànics a la costa escocesa com a prototip, i que va demostrar que una generació en massa de més models com aquest, però perfeccionats, podrien arribar a generar el 15 % de l'energia mundial. D'altra banda, hi ha els OD (Oscillating Devices), que són molt semblants al tipus anterior, els AMD, però amb la diferència que aquests no floten "lliurement" sobre el mar, sinó que estan ancorats al fons marí (sigui per solament una cadena, o bé per una construcció especial), i les pujades i baixades de les onades accionen uns pistons i uns hidràulics annexionats a un generador elèctric. Són un bon mètode, perquè una sola unitat pot alimentar a unes 700 cases. A part d'això, tindriem els SWC (Sea Wave Catchers), que són més simples i primitius, però també molt fiables. Tan sols consisteixen a deixar entrar l'aigua en uns dipòsits que tot i trobar-se per sobre el nivell del mar, l'alçada de les onades aconseguix arribar-hi, de manera que es van omplint d'aigua. Quan aquesta està al nivell adequat, es deixa anar l'aigua de nou cap al mar però passant a través d'una turbina i generant electricitat d'aquesta manera. Finalment, tindriem les estructures WD (Wave Dragon), les quals funcionen igual que els sistemes SWC, però amb una espècie de barca que deixa emmagatzemar aigua al seu interior i fa girar una turbina quan retorna aquesta aigua al mar convertint així l'energia potencial de l'aigua, en energia elèctrica.

$$P = \frac{1}{16} \rho g H_{m0}^2 c_g$$

**Figura 19.** Fórmula per saber la potència de les onades (en kW / m²). Font: Wikipedia. Barcelona: 14 de febrer del 2022.

Malauradament, s'esperava que l'any 2020 el preu del kWh generat aprofitant aquests mètodes girés al voltant dels 0,30 €, però no es va aconseguir, i de fet s'està molt lluny de fer-ho (actualment es pot sobrepassar perfectament 1 € / kWh). És per això que es considera que aquest mètode està en fase de proves i d'evolució.

En el cas de la península tan sols hi ha una central a Santoña (2008), Cantàbria, una altra a Mutriku (2011), al País Basc, i un projecte pendent a Granadilla de Abona ("2025"), Tenerife. On la segona té un nivell de producció reconegut a escala mundial, tot i solament produir un 41 % dels 600 MW inicials que s'havien estimat. Tot i això, els 6.700.000 € que va costar la instal·lació, i els 4.400.000 € del dic on la situem (11.100.000 € en total), tardaran a recuperar-se.



Tanmateix, factors com l'altíssima inversió inicial que cal dur a terme per utilitzar els sistemes "undimotrius", i la gran dificultat que es troben els especialistes per poder convertir l'irregular moviment de les onades en electricitat estable, han endarrerit l'evolució i millora d'aquest tipus d'energia. D'altra banda, també tenim l'impacte ambiental i visual, i el cost del transport de l'energia com a factors negatius, o també les zones d'aplicació, que solen estar al voltant de la costa, de manera que la fauna també en surt bastant perjudicada.



**Figura 20.** *Generador AMD "Snake Pelamis". Font: Encyclopèdia Britànica. Costes d'Escòcia: 28 de març del 2015.*

### 2.1.2.9. HIDROGEN (COM A COMBUSTIBLE ENERGÈTIC)

En realitat, l'hidrogen no és una energia renovable, ja que, a diferència dels tipus d'energia anteriors, no en disposem infinitament en el planeta Terra. Tot i això, sí que es pot utilitzar com a combustible energètic, i si s'ha englobat dins d'aquest grup, és perquè no desprèn cap residu al medi ambient, de manera que no és gens perjudicial. Aquest és fet servir tant en motors de vehicles o de naus espacials, com en dispositius electrònics.

L'hidrogen és el primer, i com a conseqüència el més lleuger, element de la taula periòdica. Aquest pot usar-se com a combustible, però no directament, sinó que primer l'haurem de purificar, i així sí que el podrem "cremar". Tot i això, fer-ho no és tan beneficiós pel medi ambient, i l'energia que s'hi destina és major que la que obtindrem en la combustió. No obstant això, podrem aplicar dos processos diferents per obtenir hidrogen pur:

- **Electròlisi:** s'electrifica aigua per separar l'hidrogen ( $H_2$ ) de l'oxigen (O). L'energia requerida sol provenir d'energies renovables, de manera que és un procés que es pot aplicar a baix cost.

- **Reformació amb vapor:** s'aconsegueixen grans quantitats d'hidrogen extraient-lo del metà, però s'està desestimant, tot i ser el mètode més utilitzat, per deixar anar residus com CO<sub>2</sub> (diòxid de carboni) i CO (monòxid de carboni), que acceleren l'efecte hivernacle i l'escalfament global.

Per obtenir-ne energia simplement cal combinar-lo amb oxigen per obtenir aigua amb la combinació i, d'aquesta manera, alliberar energia tèrmica i aprofitar-la mitjançant mètodes diversos. O també es poden aplicar processos químics. Tot i això, cal recordar que l'hidrogen és un gas difícil de transportar, ja que es podria escapar de la canonada més hermètica que imaginem. Tanmateix, es fan tractaments especials als metalls de les canalitzacions d'hidrogen, però la seva vida útil és força curta pel fet que el mateix element les malmet en pocs anys.

Però de moment no sembla que aquest element tingui gaire potencial, docs perquè el seu veritable paper està en l'emmagatzematge d'energia. De fet, en un futur es creu que tan sols l'energia eòlica podria subministrar el planeta sencer, però transportar l'energia generada a una localitat, a una altra a milers de quilòmetres de distància, és poc convenient. Doncs aplicant processos d'electròlisi a l'aigua mitjançant energia eòlica, podem aconseguir que l'hidrogen aconseguit emmagatzemi un alt percentatge de l'energia invertida en el procés, i si després aquest hidrogen l'injectem dins el carbó (per evitar les pèrdues ja mencionades de les canonades), tindrem l'energia emmagatzemada i preparada per ser transportada on vulguem. Posteriorment, caldrà reconvertir-ho en electricitat, i solament s'haurà perdut un percentatge molt petit de la nostra energia inicial. D'altra banda, l'hidrogen també pot desenvolupar un paper molt important en el món dels vehicles, perquè deixant a part el seu potencial, també és molt més segur que la gasolina pel fet que és molt menys explosiu que aquesta.

## 2.2. SELECCIÓ DE LES MANERES MÉS APROPIADES PER ACONSEGUIR UN HABITATGE AUTOSUFICIENT

En total, entre energies fòssils i renovables, s'han situat 13 tipus possibles de generació d'energia, però com que estem buscant la manera d'arribar a un habitatge autosuficient, tan sols ens centrarem en els 9 tipus d'energia renovable explicats. D'aquests se'n farà una breu explicació de cada un argumentat perquè sí, o perquè no, serien una bona opció per aplicar al nivell d'un habitatge que busqui l'autosuficiència. Les característiques de l'habitatge que es tindran en compte estaran basades en casa meva (de cara a la segona part del treball).

- **Energia solar (tèrmica i fotovoltaica):** l'energia solar no s'hauria de descartar, de fet, cal tenir-la en compte pels habitatges autosuficients, ja que la seva instal·lació pot dur-se a terme en moltes localitats diferents. D'altra banda, també té un alt rendiment, i un cost relativament barat.
- **Energia eòlica:** tenint en compte l'elevat potencial d'aquest tipus d'energia, i la seva àmplia aplicació a diverses escales, l'energia eòlica es troba, juntament amb l'energia solar, entre les millors opcions per l'autosuficiència.
- **Energia hidràulica:** si recordem que la seva instal·lació no és gens barata, que el seu rendiment creix exponencialment respecte al cabal d'aigua que s'utilitzi, i que solament es pot dur a terme en habitatges que disposin d'un canal o riu d'aigua al seu voltant, caldria descartar aquest tipus d'energia si el que volem és aconseguir habitatges autosuficients. De fet, l'energia hidràulica se centra més a subministrar grans quantitats d'habitatges per una sola presa que no pas en petits usuaris.
- **Energia geotèrmica:** buscant l'autosuficiència qualsevol ajuda cal rebre-la de bon grat, de manera que la geotèrmia, tenint en compte que es pot instal·lar a escala particular, és una bona opció a recordar que no s'hauria de descartar.
- **Biomassa:** la biomassa es pot utilitzar des de nivell individual fins a l'industrial, així que, contemplant que un particular la pot utilitzar com a combustible d'una estufa, i que aquestes, les estufes, són una de les principals causes consumidores d'electricitat, veurem com la biomassa ens pot ser molt útil per ser autosuficients energèticament. Tot i això, és diferent dels altres tipus, ja que continuarem sent dependents del mercat perquè un mateix no es pot fabricar la biomassa que les estufes necessiten; tot i això, ens allunyarem de la dependència energètica que busquem evitar.
- **Aprofitament de residus sòlids urbans (RSU):** per aprofitar els residus urbans calen instal·lacions especials que no podem instal·lar a escala particular, sempre que no disposem d'un cremador de biogàs. Per tant, ens trobem amb un cas similar a la biomassa, i a triar entre els dos tipus, es prefereix escollir la biomassa perquè hi ha més disponibilitat d'estufes que l'utilitzin com a combustible que no pas el biogàs.

- **Energia mareomotriu:** l'energia mareomotriu, a part de no estar tan desenvolupada com altres tipus, solament es pot dur a terme en localitats pròximes a aigües afectades per les marees i, tot i això, els habitatges que compleixin aquesta característica serà molt difícil que la puguin aprofitar perquè es necessitarien grans inversions per poder-ho fer.
- **Energia de les onades:** com passa amb el tipus anterior, l'escassetat de possibles localitats on dur-la a terme, i les elevades inversions que es necessiten per poder-ne generar energia, fan que aquest tipus no sigui l'opció més recomanada.
- **Hidrogen (com a combustible):** tampoc el podem conservar, ja que simplement es va introduir per poder-lo comparar amb els altres, però si recordem els processos que s'havien de dur a terme per poder-lo aprofitar, sigui l'electròlisi o sigui la reformació amb vapor, seria impossible aplicar-los a escala particular. D'altra banda, comprar l'hidrogen com a combustible tampoc és una opció pel nostre habitatge (implicaria una altra dependència), de fet, ho podria ser per un vehicle especial, però això ja correspondria a un altre tipus de treball.

És a dir, resumint, si el que volem és un habitatge autosuficient energèticament, de les principals fonts d'energia treballades, les més recomanables i més adaptables per tenir en compte són: l'energia solar, l'energia eòlica, l'energia geotèrmica, i la biomassa. A continuació es farà un estudi d'aquests tipus d'energia per aprofitar-ne al màxim el seu rendiment, tot partint de casa meva i del seu consum com a base (es treballaran principalment l'energia solar i l'eòlica, deixant més de banda la biomassa i la geotèrmia).

## PART 2: CÀLCULS I EXPERIMENTACIÓ

### CAPÍTOL 3: PODEM SER AUTOSUFICIENTS?

Per poder-ho verificar, com ja s'ha plantejat anteriorment, una bona idea seria agafar el meu habitatge com a exemple, el qual no és autosuficient energèticament, i veure què s'hauria de fer perquè ho fos, si és que ho pot arribar a ser, evidentment.

#### 3.1. DADES, INFORMACIONS NECESSÀRIES I CÀLCULS

##### **3.1.1. CONSUM ENERGÈTIC DE L'HABITATGE**

Per poder instal·lar sistemes autosuficients, primer cal saber quin és el consum energètic de l'habitatge, perquè així, d'aquesta manera, es pot fer una estimació del que es necessitarà i el que s'haurà d'instal·lar. Per fer-ho, s'ha elaborat un full de càlcul on s'hi ha anat introduint l'electricitat acumulada que s'ha trobat en les factures des del desembre del 2018 fins a l'actualitat. S'ha anat anotant tot en una taula<sup>2</sup>, però com que per poder fer càlculs posteriors l'electricitat acumulada no ens és útil, s'ha elaborat una segona taula que calcula les diferències de l'electricitat acumulada d'un mes, menys la del següent. D'aquesta manera s'aconsegueixen els kWh consumits per a cada mes en particular, tal com ens mostra la següent taula. A part d'aquesta, també s'ha realitzat una altra taula<sup>3</sup> per a poder fer estimacions futures, en la qual es fa una mitjana estacional per a cada any, juntament amb una mitjana anual de l'electricitat consumida, i així saber quines són les estacions de més o menys consum.

Finalment, relacionat amb el consum elèctric, també s'ha decidit apuntar el preu que ha costat cada mes. Tot i això, cal tenir en compte que casa meva està inscrita a una tarifa plana energètica, per la qual cosa, no és d'estranyar que els augments del corrent dels últims anys s'hi vegin poc reflectits. D'aquesta taula<sup>4</sup>, però, el més destacable seria la mitjana global que n'obtenim. Aquesta es troba de primer calcular la mitjana de cada any en particular, i finalment, per saber la mitjana global, que és de 98,59 €, es fa la mitjana de les mitjanes anuals. Però, resumidament, els resultats ensenyen com des de finals del 2018 fins ara, l'any més barat va ser el passat, el 2021, amb una mitjana de preu per a cada mes d'uns 87,45 €, mentre que el més car, de moment el 2022, surt a 112,86 €.

---

<sup>2</sup> Mirar la [figura 42](#) de l'annex A (punt 1.1.1).

<sup>3</sup> Mirar la [figura 43](#) de l'annex A (punt 1.1.2).

<sup>4</sup> Mirar la [figura 44](#) de l'annex A (punt 1.1.3).

Canviant de tema, també es voldria especificar que si els mesos de novembre tenen un preu pràcticament gratuït, és perquè la tarifa plana actual de l'habitatge regala una quota sempre que no se superi la quantitat contractada.

CONSUM PARTICULAR EN kWh D'ELECTRICITAT PER A CADA MES					
Estació	Mes	Consum (kWh)			
		2019	2020	2021	2022
Hivern	Gener	652	612	701	667
	Febrer	588	538	492	558
	Març	447	421	457	528
Primavera	Abril	372	510	484	548
	Maig	432	434	546	337
	Juny	295	209	154	360
Estiu	Juliol	396	337	307	297
	Agost	328	298	322	362
	Setembre	221	287	268	
Tardor	Octubre	573	400	417	
	Novembre	592	486	448	
	Desembre	596	592	635	

*Figura 21. Taula del consum particular en kWh d'electricitat per a cada mes. Elaboració pròpia.*

### 3.1.2. LES PLAQUES FOTOVOLTAIQUES

#### 3.1.2.1. ELECCIÓ DELS MODELS I LES SEVES CONNEXIONS DINS EL CIRCUIT

Un cop sabut el consum mitjà de l'habitatge, que al final de l'any sol apropar-se als 5.500 kWh (de fet és la quantitat contractada per la tarifa plana), ja ens podem centrar a generar aquesta quantitat d'energia amb sistemes autosuficients. Un dels escollits en el [punt 2.2](#) del cos del treball són les plaques fotovoltaïques / plaques solars. Per saber quantes en necessitaríem, cal saber el consum (ja calculat) i, a partir d'aquí, simplement escollir un model adequat (cal comprovar la compatibilitat amb la resta del sistema). Investigat pels mercats s'ha trobat un [model de placa monocristal·lina de 380 W](#) que sembla ser el més encertat. Tenint en compte les hores de sol d'Osona, i el consum energètic de l'habitatge, 12 unitats serien suficients.

També cal mencionar que les plaques solars es poden aprofitar molt més si s'utilitzen bateries. D'aquestes n'hi ha de tres tipus diferents:

- Les de liti, que poden aprofitar el 100 % de la seva capacitat i no necessiten manteniment, però que també són molt cares.
- Les AGM, que només poden aprofitar d'un 50 % a un 80 % de la seva càrrega màxima, però que són més assequibles i que tampoc necessiten manteniment.
- Les de GEL, que són les més barates de totes, però també les de menys capacitat i les que necessiten més manteniment.
- Les de plom i àcid, no obstant això, no són gaire recomanables perquè els altres tipus fa anys que les han superat.

A part de les bateries, també s'han de tenir en compte els reguladors. Són necessaris perquè una placa solar va produint electricitat de manera intermitent i no uniforme i, perquè la bateria pugui durar, cal fer servir un regulador que estabilitzi aquesta electricitat. Aquests poden ser:

- Els MPPT, que són els més utilitzats i recomanats.
- Els PWM, que també compleixen la funció, però són previs als MPPT, i més estan més limitats com a conseqüència.

Tenint-ho tot en compte, la bateria que s'ha trobat més escaient és de tipus AGM, perquè té una capacitat de càrrega considerable, i un preu força econòmic. Aquesta és un [model de 12 V de 250 Ah](#) que ens pot emmagatzemar fins a 3 kW. Recordant que, de mitjana, a la casa se'n consumeixen uns 15, i que, aquest model en concret pot subministrar fins a un 80 % de la seva càrrega màxima, es necessiten sis unitats del mateix model, d'aquesta manera s'arriba a 18 kW d'emmagatzematge que, aplicant-hi el 80 % ja explicat, es cobreixen uns 14,5 kW dels 15 que necessitaríem.

Un cop escollida la bateria, cal triar un regulador (que serà MPPT pel seu millor funcionament) que hi sigui compatible. Com que s'ha dit d'utilitzar 6 bateries, la millor manera de connectar-les és en sèrie per evitar descompensacions de càrrega i possibles incendis. Per tant, en estar connectades en sèrie, la intensitat es mantindrà, però el voltatge se sumarà. Com a resultat, acabaríem obtenint un conjunt de bateries de 72 V i 250 Ah. Tanmateix, la millor manera per tenir un sistema més estable seria separar-ho tot en dos sistemes més petits. És a dir, 6 plaques amb 3 bateries amb un regulador, i la resta en un altre d'exactament igual. Doncs el [regulador](#) escollit és un que té una intensitat màxima de 85 A i un voltatge màxim de 150 V.

Tenint-ho en compte, cal comprovar que el model de placa solar triat, ja mencionat, sigui compatible amb aquesta bateria i aquest regulador. Per fer-ho només cal mirar que el voltatge de les plaques no sigui major al límit del regulador, que és de 150 V. Si connectem les plaques en sèrie, i recordem que ho dividirem en dos grups de sis plaques cada un, i que cada placa és de 24 V, veurem com acabem obtenint un conjunt de 144 V (24 V · 6 unitats), el qual es manté dins el límit del regulador (de 150 V). Finalment, queda observar si la multiplicació del nombre de plaques per la seva potència i tot dividit entre el voltatge total del conjunt de les bateries no sigui major al límit de 85 A que ens marca el regulador. Ens ho demostra la següent fórmula (com es pot veure, el requisit es compleix):

$$\text{Intensitat límit} = 85 A$$

$$\text{Intensitat límit} > \lambda \rightarrow ?$$

$$\lambda = \frac{n_{\text{plaques}} \cdot P_{\text{placa}}}{V_{\text{bateries}}} = \frac{6 \cdot 380}{12 \cdot 3} = \frac{2.280}{36} \simeq 63,33 A$$

$$\lambda \simeq 63,33 A < 85 A \rightarrow \checkmark$$

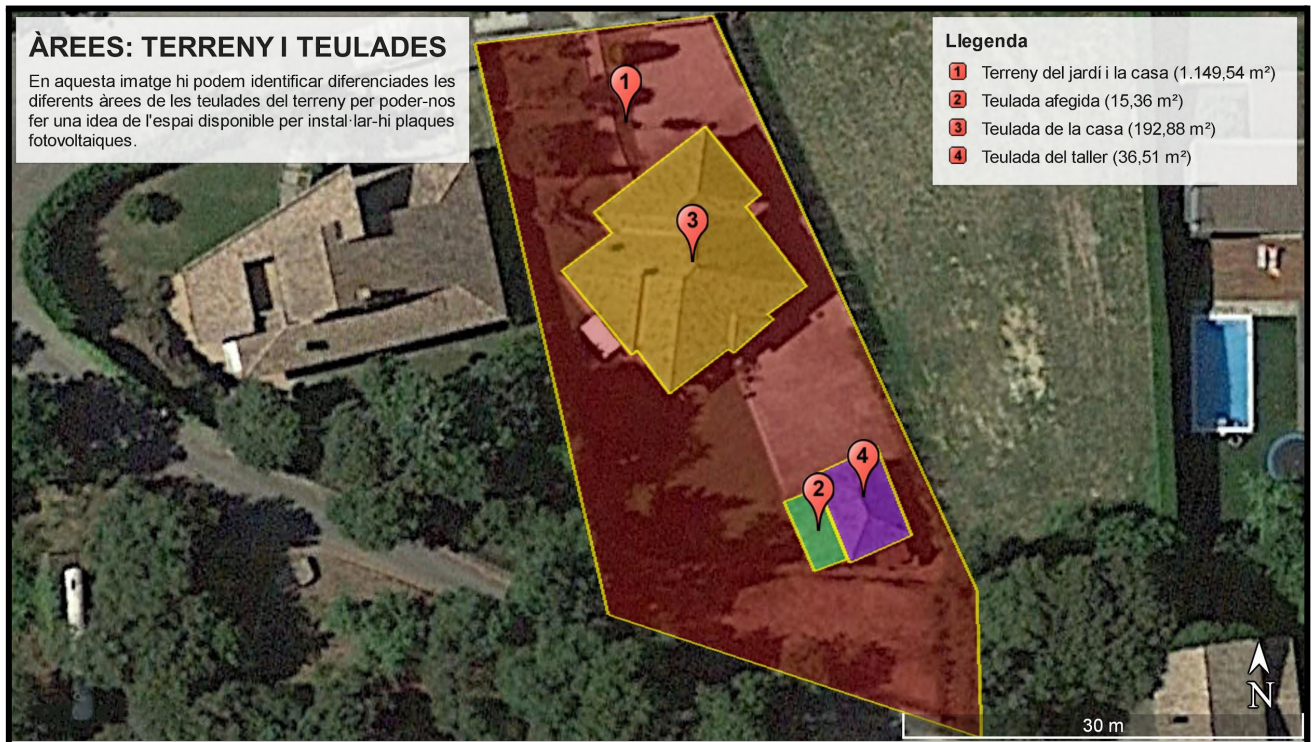
Per resumir tot el que s'ha explicat només cal dir que el sistema aniria de la següent manera. S'agafarien 12 plaques de 380 V, 6 bateries AGM, i 2 reguladors MPPT. Això es dividiria en dos sistemes / circuits iguals i, d'aquesta manera, tots els elements serien compatibles entre si.

### 3.1.2.2. COMPROVACIÓ DE L'ESPAI I ESQUEMA DE LA LOCALITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

Per poder saber si les 12 plaques mencionades cabrien en el terreny, i quina seria la seva localització més convenient, s'hagués pogut calcular l'àrea d'una sola unitat i multiplicar-ho per les 12 unitats. Tot i això, pel futur estudi dels aerogeneradors s'ha decidit indicar clarament les àrees utilitzables, i així saber en tot moment de quin espai s'està parlant.



Primer de tot, s'ha realitzat la següent imatge utilitzant el Google Earth, on es mostra el terreny de casa meva, i s'hi diferencien les teulades on es podrien instal·lar les plaques solars.

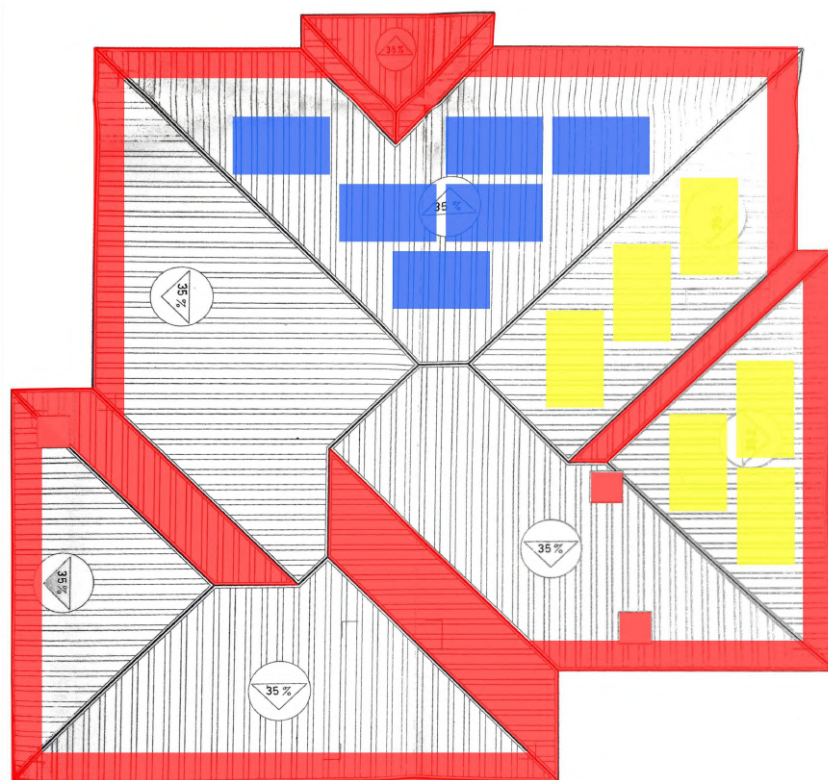


**Figura 22.** Imatge del terreny amb les zones diferenciades per colors. Elaboració pròpia.

Un cop feta aquesta imatge, a partir d'un estudi s'ha pogut determinar que la inclinació òptima per les plaques solars és de 35°, i l'única teulada de les indicades que ho compleix és la número 3, és a dir, la de la casa en si. Per tant, un cop arribats a aquesta conclusió, s'ha fet una imatge esquemàtica d'aquesta teulada en particular per tal de tenir en compte quina és l'àrea utilitzable per a la instal·lació de plaques eliminant-ne les barbicanes, les xemeneies, els espais reduïts o febles, etc. També hi ha diferenciats per colors els dos sistemes / circuits que ja s'han mencionat anteriorment, de sis plaques, una bateria i un regulador cada un. La zona indicada en vermell són aquestes àrees no profitables que, per calcular-ne l'extensió, s'ha anat separant i s'ha anat convertint en polígons per arribar a la conclusió que té una extensió total no utilitzable de 55,66 m<sup>2</sup> i, tenint en compte que l'extensió total de la teulada és de 192,88 m<sup>2</sup>, encara ens queden 137,22 m<sup>2</sup> per poder-hi instal·lar plaques.

Tot i que pot semblar que es tracta d'una feina innecessària perquè al final sobre molt d'espai lliure, també calia descartar totes les zones febles, de perill, poperes a una sortida de fums, canals d'expulsió d'aigües o d'una inclinació lleugerament diferent dels 35° de la teulada (algunes de les zones de les següents imatges on no s'indica la inclinació van en diagonal, per la qual cosa no estan inclinades 35°). Doncs tots aquests factors s'han tingut en compte en els càlculs<sup>5</sup> per trobar aquests 55,66 m<sup>2</sup>.

A continuació ens trobem la imatge esquemàtica en qüestió, on les plaques grogues corresponen a un sistema, i les blaves a un altre. L'àrea vermella defineix la zona no aprofitable de la teulada.

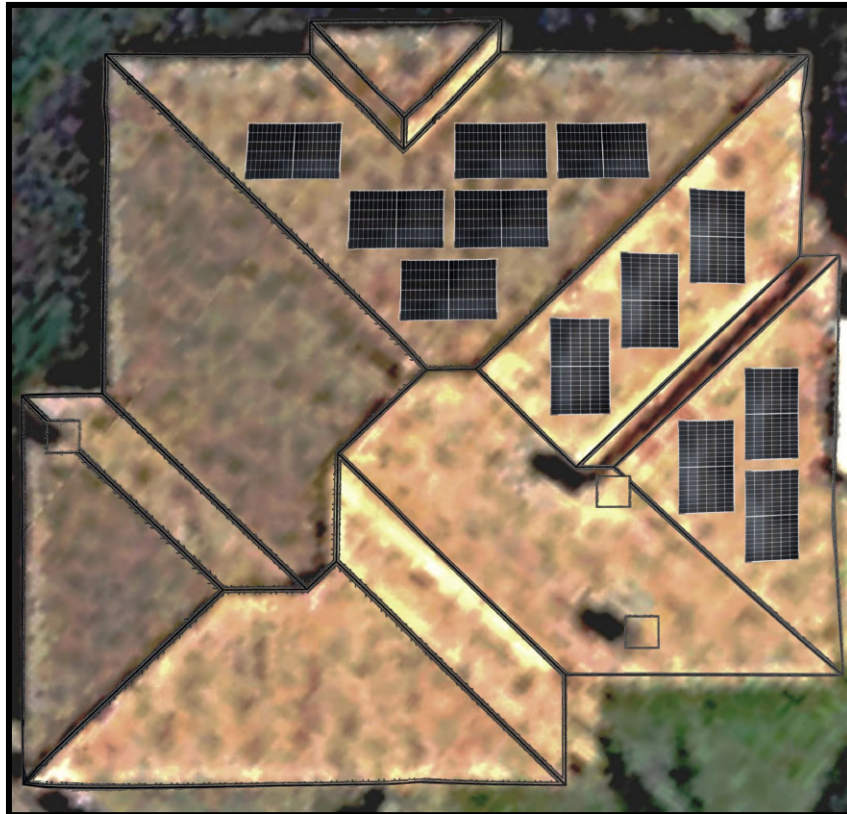


**Figura 23.** Esquema de l'espai utilitzable per a instal·lar plaques solars i una possible localització. Elaboració pròpia.

En últim lloc, també s'ha decidit crear una petita simulació de com quedaria la instal·lació si s'arribés a dur a terme, però la baixa resolució de la imatge del satèl·lit treu bastant realisme al resultat final. Per fer-la s'han utilitzat imatges per satèl·lit del Google Earth, juntament amb imatges del model de placa que es vol instal·lar i el programari lliure GIMP. Com es pot veure clarament en la imatge, la teulada es podria dividir en quatre costats, i cada un està dirigit a una direcció diferent. Està comprovat que les direccions on

<sup>5</sup> Mirar els escanejos dels càlculs duts a terme per trobar l'àrea aprofitable de la teulada en el punt 2.1 de l'annex B ([figures 59, 60 i 61](#)).

més hores toca directament el Sol a Osona i, com a resultat, més radiació solar podrien captar les plaques, és mirant cap al sud. Per tant, tenint en compte la inclinació de la casa, les millors parts de la teulada són la del darrere, i la dreta, perquè aquestes miren, una cap al sud-est, i l'altre cap al sud-oest, respectivament. De fet, aquest ha estat un factor determinant a l'hora de triar la posició de les plaques, i per això que als costats no encarats cap al sud no s'hi troba cap placa, ja l'objectiu és aconseguir una generació màxima. La simulació en qüestió és la següent:



*Figura 24. Simulació d'un possible resultat de la instal·lació de plaques solars. Elaboració pròpia.*

### 3.1.2.3. GENERACIÓ ENERGÈTICA AMB PLAQUES FOTOVOLTAIQUES

Un cop identificats els components que s'utilitzaran, i el lloc on s'instal·laran, toca calcular l'energia que produiran. Per fer-ho s'ha tornat a un full de càlcul que, partint del consum ja ensenyat, fa el següent: primer hi ha una petita taula<sup>6</sup> que especifica les dades tècniques més rellevants (extretes de la fitxa tècnica del producte) del model de placa fotovoltaica escollit. Aquestes, resumidament, diuen que es tracten de plaques de 380 W que produeixen una energia màxima quan la irradiació solar és de  $1.000 \text{ W / m}^2$  i que la seva inclinació recomanable és de  $35^\circ$ . Recordem també que se n'instal·laran 12 unitats en total (dos sistemes / circuits de 6 unitats cada un).

<sup>6</sup> Mirar la [figura 45](#) de l'annex A (punt 1.2.1).

Tot seguit, partint d'aquestes dades, s'ha elaborat una altra taula<sup>7</sup> per calcular el percentatge mitjà de radiació solar de cada mes respecte als 1.000 W / m<sup>2</sup> òptims que demana el panell solar. És a dir, si agafem el mes de gener com a exemple, d'aquest s'ha mirat la irradiació solar mitjana diària, i d'aquestes se n'ha fet la mitjana per saber quina és la irradiació solar mitjana d'un dia de tot el mes de gener. Aquesta concretament és de 5,18 MJ / m<sup>2</sup>, és a dir, durant un dia de gener la irradiació solar mitjana que hi haurà serà d'aquesta quantitat. Tot i això, la placa ens demana les unitats en W / m<sup>2</sup>, mentre la de les dades està en MJ / m<sup>2</sup>, per la qual cosa cal fer un factor de conversió.

Per fer-ho, he pensat la següent fórmula:

$$\alpha \text{ W / m}^2 = \frac{\beta \text{ MJ / m}^2 \cdot 1.000}{3,6 \cdot n_{\text{hores solars}}}$$

On “ $\alpha$ ” és el resultat final que busquem expressat en W / m<sup>2</sup>, “ $\beta$ ” és la irradiació solar que tenim, expressada en MJ / m<sup>2</sup>, i “n” és el nombre d'hores solars mitjanes per dia del mes en qüestió. En aquest cas, les hores solars mitjanes d'un dia del gener. Aquestes també s'ha hagut de calcular, però primer és millor acabar d'explicar la fórmula en qüestió. Com que el treball (J) són la potència (W) multiplicada pel temps (s), per passar de J a W cal dividir els primers entre l'estona en qüestió. Per exemple, un treball de 3.600 J durant una hora (= 3.600 s) equivalen a una potència d'1 W perquè “Treball / Temps = Potència” → “3.600 J / 3.600 s = 1 W”. El mateix es pot fer amb els nostres MJ / m<sup>2</sup>. Els m<sup>2</sup> no ens afecten perquè la unitat que volem aconseguir també està patida per m<sup>2</sup>, de manera que tan sols hem de passar els MJ a W. Per fer-ho, tenint en compte el que s'ha descrit, s'han multiplicat els MJ per 1·10<sup>6</sup> per passar-los a J, i aquests s'han multiplicat per 1 per tenir-ho expressat en W · s que equivalen a J. A continuació s'ha dividit entre els 3.600 s que té una hora i, com que queda 1·10<sup>6</sup> / 3,6 · 10<sup>3</sup> ho podem simplificar multiplicant-ho per 1.000 i dividint-ho per 3,6 tal com fa la fórmula ja inserida. Ara ja tenim les dades en W · h / m<sup>2</sup>, i per això ho dividim entre les hores solars mitjanes durant el dia del mes en qüestió, i així acabem obtenint les dades en W / m<sup>2</sup>. Doncs s'ha fet el mateix per a cada mes, i així s'ha aconseguit la irradiació solar mitjana d'un dia per a cada mes. Finalment, dividint aquesta dada entre els 1.000 W / m<sup>2</sup> que necessita el panell solar, i multiplicant-ho per 100 obtenim el percentatge (%) d'irradiació òptima que estem buscant, i això ho utilitzarem per a futurs càlculs.

<sup>7</sup> Mirar la [figura 47](#) de l'annex A (punt 1.2.3).

Tot i això, hem parlat de les hores solars mitjanes d'un dia per a cada mes, que també s'han hagut de calcular en una taula<sup>8</sup> que especifica l'hora mitjana de sortida del sol per a cada mes, i també la de la seva posta, i després, calculant la diferència i passant-ho a format decimal, podem veure les hores solars mitjanes d'un dia per a cada mes amb l'objectiu de poder realitzar el càlcul explicat anteriorment.

A partir d'aquí ja es tenen totes les dades necessàries per calcular l'energia que generaran les plaques fotovoltaïques i, per fer-ho, simplement cal multiplicar la potència de cada placa (380 W), per les hores de sol del mes que estiguem calculant (són les ja mencionades i calculades anteriorment<sup>9</sup>, i pel percentatge (%) de la irradiació solar respecte a la irradiació òptima que s'ha de complir per arribar als 380 W<sup>10</sup> de potència. A continuació cal dividir-ho per 1.000 i així s'obtenen els resultats en kWh. A partir d'aquí ho podem multiplicar pels dies de cada mes (expressats també en la taula del punt 1.2.2 de l'annex A: [figura 46](#)) i pel nombre total d'unitats de plaques que s'instal·laran, i així, saber quina electricitat global es generarà per a cada mes. Ens ho demostra la següent taula.

ELECTRICITAT FOTOVOLTAICA GENERADA (kWh)					
Estació	Mes	Diària		Mensual	
		Per placa	Total de plaques	Per placa	Total de plaques
Hivern	Gener	0,55	6,56	16,95	203,40
	Febrer	0,82	9,83	22,94	275,22
	Març	1,23	14,71	37,99	455,89
Primavera	Abril	1,67	20,06	50,16	601,92
	Maig	2,03	24,33	62,86	754,31
	Juny	2,20	26,37	65,93	791,16
Estiu	Juliol	2,14	25,62	66,20	794,36
	Agost	1,85	22,23	57,43	689,13
	Setembre	1,43	17,19	42,97	515,66
Tardor	Octubre	0,99	11,84	30,60	367,14
	Novembre	0,64	7,63	19,06	228,76
	Desembre	0,47	5,69	14,69	176,31

**Figura 25.** Taula que mostra l'electricitat fotovoltaïca generada diàriament i mensualment per a cada placa i també pel total d'unitats instal·lades. Elaboració pròpia.

<sup>8</sup> Mirar la [figura 46](#) de l'annex A (punt 1.2.2).

<sup>9</sup> Tornar-se a mirar la [figura 46](#) de l'annex A (punt 1.2.2).

<sup>10</sup> Tornar-se a mirar la [figura 47](#) de l'annex A (punt 1.2.3).

Per acabar, també s'ha realitzat una darrera taula<sup>11</sup> on es mostra el preu total de la instal·lació fotovoltaica. Aquesta té en compte el preu particular de cada producte, i el multiplica pel nombre d'unitats instal·lades. A continuació s'hi afegeix el cost de la instal·lació (mà d'obra, altres materials, etc.) i també s'hi resten el descompte que fa el venedor per comprar-li la bateria, el regulador, i les plaques com a un conjunt, i també una subvenció del govern que té com a objectiu l'ampliació i globalització de l'ús de les plaques fotovoltaïques. Ens costaria 3.275,07 € en total.

### 3.1.3. ELS AEROGENERADORS DE VENT

Molt semblant a l'estudi de les plaques solars, cal fer-ne un de molt semblant pels aerogeneradors.

Observant la taula de l'electricitat fotovoltaica generada, i comparant-ho amb la del consum explicada en el punt 3.1.1 del cos del treball ([figura 21](#)), no tardarem a adonar-nos que els mesos de fred (hivern i tardor) són els de més consum, en canvi, els de més generació solar són els calorosos (primavera i estiu). Per tant, ens fa falta algun sistema per contrarestar aquest inconvenient. Si som primmirats, potser amb l'energia solar n'hi hauria prou, però no convé dependre d'un sol sistema i, com a conseqüència, quina millor que l'energia eòlica per fer de suport. És a dir, normalment, molts dels dies que no fa sol és perquè hi ha tempesta o està ennuvolat, dos fenòmens que, tot i no complir-se sempre, evidentment, solen anar acompanyats de la presència de vent. Per tant, els dies que no es generi gaire pels medis solars, ens ho podran compensar els aerogeneradors.

#### 3.1.3.1. ELECCIÓ DELS MODELS I ELS COMPONENTS DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació d'aerogeneradors a escala domèstica està molt menys generalitzada que la de les plaques solars, per la qual cosa es disposen de molts menys models per escollir. El que s'ha fet ha sigut basar-se en les dades de les velocitats del vent, que s'explicaran a continuació i, a partir d'aquí, triar un model que s'adaptés a aquestes velocitats i els pogués aprofitar al màxim. Doncs es tracta d'un [model amb una potència de 5 kW](#) capaç d'aprofitar fins a la velocitat del vent més baixa; ara s'explicarà. Abans, però, es voldria dir que com també passa amb les plaques solars, el corrent que es genera és molt irregular, i cap bateria el suportaria si no es "treballés" d'alguna manera. Per això tornen a aparèixer els reguladors (MPPT o PWM), els quals estableixen aquesta electricitat generada. Com ja es va dir, els MPPT són preferibles perquè aquests funcionen sempre, és a dir tota l'electricitat que es generi la treballaran immediatament. En canvi, els PWM acumularan

---

<sup>11</sup> Mirar la [figura 48](#) de l'annex A (punt 1.2.4).

una certa quantitat d'energia abans de treballar-la, i se'n perdrà força com a conseqüència. El model d'aerogenerador triat ja porta un regulador per defecte, i es tracta d'un MPPT que, evidentment, és perfectament compatible amb el generador. D'altra banda, com que les bateries per subministrar l'habitatge ja són les del sistema de les plaques solars, he decidit utilitzar una bateria menor pels dos aerogeneradors, una que solament emmagatzemi l'electricitat que puguin generar aquests dos en cas que les bateries de les plaques es trobin al màxim de la seva capacitat. Observant les dades que veurem a continuació, es pot identificar que el mes de màxima generació diària per unitat serà el mes de juliol, on cada aerogenerador produirà més de 4 kWh diaris, per tant, s'ha escollit una [bateria de 12 V i 300 Ah](#). D'aerogeneradors se n'instal·laran dos, perquè és el nombre d'unitats amb millor relació generació d'electricitat - preu i, com a conseqüència, també caldran dues bateries (i els dos reguladors MPPT que estan inclosos amb l'aerogenerador). Les seves connexions dins el circuit, com que estaran independitzats l'un de l'altre, tan sols s'han de contemplar com a dos sistemes / circuits diferents.

### 3.1.3.2. COMPROVACIÓ DE L'ESPAI I ESQUEMA DE LA LOCALITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

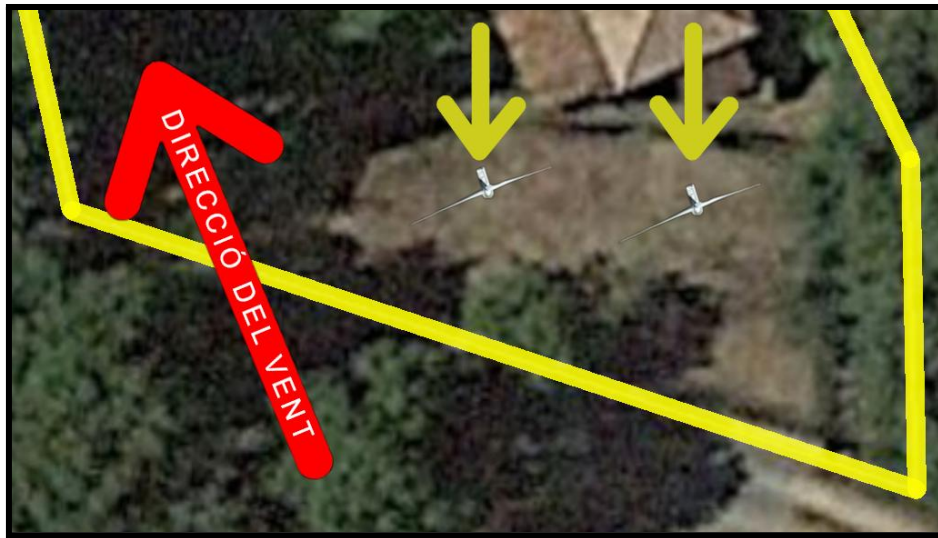
A diferència de les plaques solars, els aerogeneradors solen ser molt més grossos, i han d'estar separats a una distància segura entre ells. D'altra banda, ja no és important la inclinació, però sí que com més els toqui el vent i millor el puguin captar, més electricitat podran generar. Si recordem la primera imatge del punt 3.1.2.2 del cos del treball ([figura 22](#)), la imatge per satèl·lit del terreny on es troba la casa, veurem com a la part sud hi ha una mena d'esplanada d'herba sense res al voltant. Aquesta part està alçada respecte a la resta del terreny i, per tant, és el millor lloc on instal·lar els aerogeneradors. Ho és per dues raons diferents, però relacionades entre si: si els instal·léssim a una altra part del terreny, aquesta mena de marge pararia bona part del vent i ens reduiria la quantitat d'energia generada i, per contra, en ser la part més alçada del terreny, i la que no té res al voltant (a part d'algun arbre) que li pugui frenar el vent, és la millor zona. D'altra banda, si contemplem les dades que s'expliquen en el pròxim punt, també veurem que és una zona orientada a la direcció del vent [SSE](#), que és d'on ve el vent que ens arriba durant la majoria de vegades<sup>12</sup>, cosa que augmentarà considerablement el rendiment del generador. A part, com que el marge mesura al voltant d'uns cinc metres d'alçada, i que la velocitat del vent augmenta a mesura que pugem alçada, entendrem perquè és el lloc més recomanable de tot el terreny. D'altra banda, també es tracta d'un dels espais menys utilitzats i recorreguts, és a dir, un on els dos aerogeneradors tampoc obstaculitzarien res.

---

<sup>12</sup> Mirar la [figura 62](#) de l'annex C (punt 3.1), i també el petit aclariment que hi ha redactat a sobre seu.

Si es vol entendre millor com és aquest marge, es poden mirar les imatges dels punts 3.2.1 i 3.2.2 de l'annex C ([figures 63 i 64](#)).

Per fer-se una idea de com quedarien els dos aerogeneradors, d'uns 4 m de diàmetre cada un, instal·lats en el lloc en qüestió, s'ha realitzat la següent simulació (és solament orientativa, ja que, de nou, la baixa resolució de la imatge per satèl·lit li treu molt realisme). Com es pot veure, els aerogeneradors es troben col·locats perpendicularment a la direcció del vent (la línia groga delimita els finals del terreny).



*Figura 26. Simulació d'un possible resultat de la instal·lació d'aerogeneradors de vent. Elaboració pròpia.*

### 3.1.3.3. PROCÉS, EXPLICACIÓ, GESTIÓ I INTERPRETACIÓ DE LES DADES DEL VENT

A diferència de les plaques solars, amb els aerogeneradors no podem partir de la mitjana diària del vent perquè cal entendre que potser ens estem 2 hores i 59 minuts on la velocitat està al voltant d'1 km / h, i no generem electricitat, però després ens estem 1 minut amb vents de 60 km / h, i generem molta electricitat. Què passa? Doncs que la mitjana sortirà molt baixa perquè si fem el sumatori de velocitats i ho dividim pel temps total, ens sortirà que la mitja de la velocitat del vent per a un minut és d'uns 1,33 km / h. Fins aquí pot semblar que no hi ha inconvenient, però el que passa és que els aerogeneradors necessiten una velocitat del vent mínima per poder iniciar el moviment de les aspes i poder començar a generar electricitat. Malauradament, 1,33 km / h no són prou, així que, utilitzant la mitjana, com que no s'arriba al límit, ens sortiria que l'electricitat generada és igual a 0. En canvi, si haguéssim trobat l'electricitat per a cada minut i ho haguéssim sumat, com que durant un dels minuts les velocitats han estat de 60 km / h, veurem com obtenim en total 0,05 kWh. Potser no sembla gaire, però és per veure com, partint de les mateixes dades, els resultats poden variar significativament.



És evident que no podem tenir els valors del vent per a cada instant, que és el que ens convindria, però sí que podem partir de mitjanes d'interval molt petits de temps. El mínim que es guarda en les estacions locals, és la mitjana del vent cada 5 minuts. Malauradament, les dades no acabaran de ser certes i reals, però sí que ho seran molt més que agafant la mitjana d'una hora, i encara més en comparació la d'un dia sencer. El que passa és que això comporta una gran quantitat de dades per gestionar, 288 valors per dia, per ser concrets, de manera que les pàgines web de les estacions ho guarden i anoten, però queda emmagatzemat en un espai privat reservat per estudis, i és impossible accedir-hi com a un usuari d'Internet.

El que es va fer va ser contactar amb el director i gestor de [MeteoVilatorta](#), a part de també ser el coordinador i integrador de sistemes meteorològics de [MeteoGuilleries](#), i el regidor de sostenibilitat i medi ambient, desenvolupament rural i activitats econòmiques i administració electrònica de l'Ajuntament de Sant Julià de Vilatorça, és a dir, un gran entès amb el tema. La persona en qüestió és en Lluís Solanas Roca, a qui li vaig explicar la situació i li vaig demanar si em podria compartir les dades que necessitava. En aquest cas, les mitjanes del vent per a cada cinc minuts durant el primer dia de cada mes (per no haver de treballar amb més de 100.000 dades, es va decidir fer-ho només pel primer dia de cada mes que, tot i ser menys exacte, continuem disposant de més de 3.400 velocitats del vent).

Un cop rebudes les dades, es van col·locar totes dins d'una gran taula del full de càlcul, però, tal com ja s'ha dit, com que el dia té 1.440 minuts ( $60 \text{ min} \cdot 24 \text{ h}$ ), disposarem de 288 dades diàries ( $1.440 \text{ min} / 5 \text{ min}$ ). És per aquesta raó que es torna a remarcar que tan sols s'ha tingut en compte el primer dia de cada mes, que, tot i això, entre càlculs i percentatges, comporta una taula d'unes 31.000 cel·les. Com a conseqüència, no es pot inserir en el document i pretendre que es vegi bé. És per això que, a continuació, tan sols s'inserirà una petita part de la taula, només del mes de gener. No obstant això, si es vol mirar la taula completa, es pot consultar el punt 1.3.1 de l'annex A ([figures 49, 50 i 51](#)) i, des d'allà, mirar-se-la detalladament.

Com es podrà veure a la següent taula, a la part de dalt hi trobem un resum de les dades i els resultats més importants, però, els primers càlculs a tenir en compte són els del costat de les velocitats del vent per a cada cinc minuts. Primer de tot, aquestes ens apareixen en km / h, que és la velocitat en què se sol expressar el vent i, a la columna de la dreta, es converteix aquesta velocitat a m / s (per aconseguir-ho s'utilitza aquest factor de conversió:  $\alpha m / s = \frac{\beta km}{1 h} \cdot \frac{1.000 m}{1 km} \cdot \frac{1 h}{3.600 s} = \frac{\beta \cdot 1.000 m}{3.600 s} = \frac{\beta m}{3,6 s}$ ). Tot seguit, en la següent columna s'indica la direcció del vent que ha predominat durant els cinc minuts. I, a la pròxima, es calcula l'interval de temps que ha passat, tot i sempre ser de cinc minuts, i s'expressa en hores (es calcula la diferència del temps i es divideix entre els 60 minuts que té 1 hora). Passada aquesta columna en tenim una que es titula "% Aprofitable de la velocitat (quan  $1,75 \leq v \leq 19$ )". Abans d'explicar com funciona, però, cal recordar el que ja s'ha introduït de les velocitats mínimes i màximes del funcionament d'un aerogenerador. Els aerogeneradors, per poder generar corrent, necessiten una velocitat mínima del vent perquè, per sota d'aquesta, no és prou per iniciar el moviment de les aspes. D'altra banda, també hi ha una velocitat màxima en la qual es desconnecta l'aerogenerador i s'activa totalment un fre de seguretat perquè les aspes girant a més d'aquesta velocitat podria espatllar tot el mecanisme. En últim lloc, també tenim una velocitat òptima de funcionament, és a dir, la velocitat en què el fre de seguretat no està accionat, però està fregant el límit per accionar-se. Dit amb unes altres paraules, quan la velocitat del vent sigui l'òptima per l'aerogenerador, és a dir, quan s'obindrà més electricitat. Doncs en el cas de l'aerogenerador escollit, la velocitat mínima per iniciar la generació és d'1,75 m / s, l'òptima és de 10,5, i la màxima és de 19.

A partir d'aquí, s'ha de calcular quin percentatge li és associat a cada velocitat de les dades anotades partint que la velocitat òptima (10,5 m / s) equival a un 100 %, i la mínima, juntament amb la màxima (1,75 m / s i 19 m / s) serien un 0 %. Per calcular-ho s'ha trobat i escrit a les cèl·lules del full de càlcul la següent fórmula:

```
[=IF((D33*IF(IF($C$5<=D33;$C$6>D33);1;0))>0;(D33-$C$5)/($C$6-$C$5);0)+IF((D33*IF(IF($C$6<=D33;$C$7>=D33);1;0))>0;(2*$C$6-$C$5-D33)/($C$6-$C$5);0)]
```

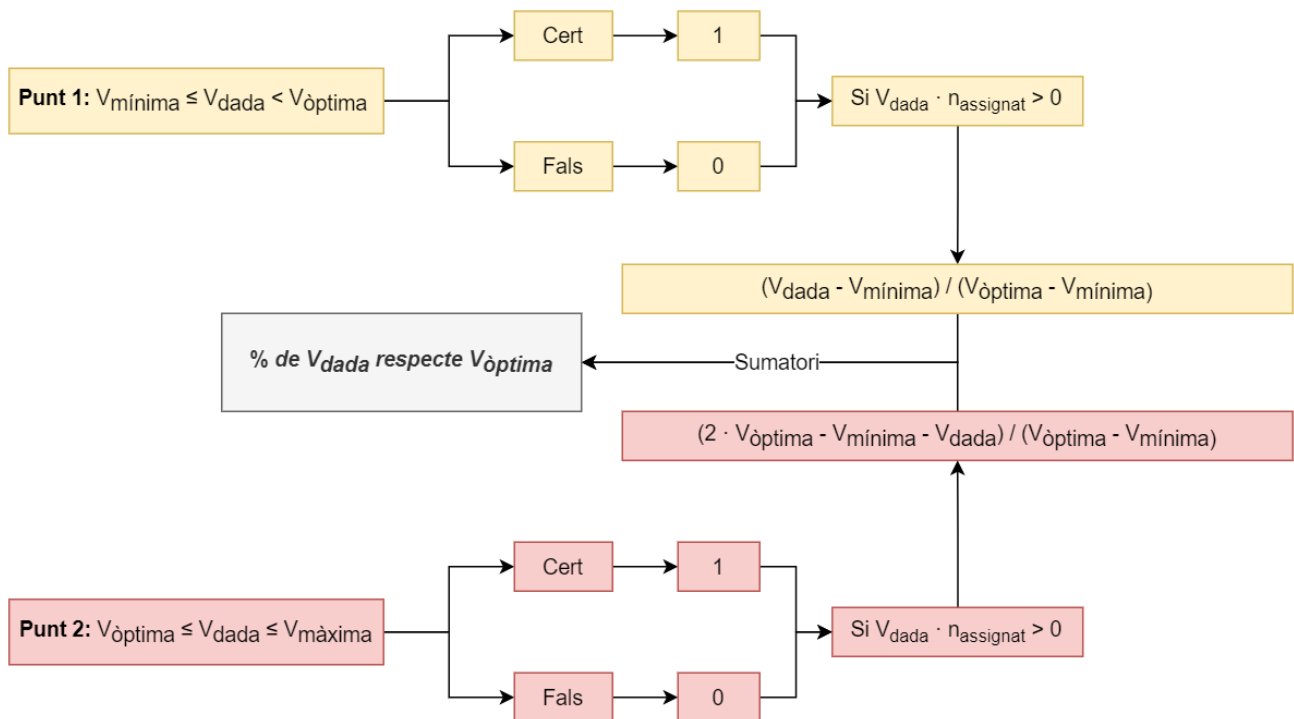
**Figura 27.** Fórmula per calcular el percentatge que suposa una velocitat respecte a l'òptima de l'aerogenerador. Elaboració pròpia.

És una fórmula prou elaborada que comprova diverses coses. Ho podríem explicar dividint-la en dues grans branques:

- **Velocitat mínima  $\leq$  Velocitat del vent  $<$  Velocitat òptima:** si la velocitat del vent que tenim és major o igual a la velocitat mínima: li assigna un "1", però si és més gran o igual que la velocitat òptima, li assigna un "0". Tot seguit, es multipliquen els nombres assignats ("1" o "0") pel valor de la velocitat amb la qual estiguem treballant, perquè així, si és major que la velocitat òptima, en multiplicar-se per "0", s'eliminarà. Seguidament, es comprova si el resultat de la multiplicació anterior és superior a "0", i si ho és, és a dir, si la velocitat és major o igual que la mínima, però inferior a l'òptima, es procedeix amb el següent pas. En aquest es resta al valor de la velocitat el de la velocitat mínima, i el resultat es divideix entre la diferència de la velocitat òptima menys la mínima. Això es fa perquè d'aquesta manera podem convertir la velocitat òptima en el 100 %, i en multiplicar-ho per "100", trobem el percentatge que representa la nostra velocitat respecte a l'òptima.
- **Velocitat òptima  $\leq$  Velocitat del vent  $\leq$  Velocitat màxima:** Si la velocitat del vent és major o igual a l'òptima, però menor o igual que la màxima, se li assignarà un "1" i, si és major que aquesta última, un "0". A continuació es multiplicarà el nombre assignat pel valor de la velocitat i així, com passa amb el punt anterior, si la velocitat no està entre l'òptima i la màxima, quedarà igual a "0". Després, si el resultat de la multiplicació no és "0", es multiplicarà la velocitat òptima per dos, i se li restarà la mínima i el valor de la velocitat amb el qual estiguem operant. Això es fa per trobar la diferència que hi ha entre la nostra velocitat i l'òptima. Per exemple, si la mínima fos de 4 m / s, l'òptima fos de 12 m / s, la velocitat que tenim fos de 14 m / s, i la màxima fos de 20 m / s, el resultat d'aquesta operació seria igual a 6. Aquest és la diferència de la velocitat màxima respecte a l'òptima. Tot i això, no es podria calcular d'aquesta manera perquè si aquest resultat superés la velocitat òptima, després hi hauria un error, de manera que s'ha de trobar ignorant la velocitat màxima (tal com fa la fórmula inserida). A part, es poden donar casos de models d'aerogeneradors que la relació de la velocitat òptima respecte a la màxima es basi en un patró diferent i que el resultat no sigui igual al de la diferència (raó de més per utilitzar la fórmula explicada). Finalment, caldrà dividir aquest resultat entre el resultat de restar la velocitat mínima a l'òptima, i després multiplicar-ho tot per "100" per tenir-ho expressat en % (a la fórmula no surt aquesta multiplicació per "100" perquè es fa posteriorment).

Per acabar, caldrà sumar els resultats dels dos punts anteriors i ja tindrem el percentatge final. Cal tenir en compte que si la velocitat es troba entre la mínima i l'òptima (primer punt), tindrà un cert percentatge, però el del segon punt serà nul. I al mateix a l'inrevés. Per tant, en sumar els dos punts, sempre s'ha de recordar que un dels dos punts sempre serà igual a "0".

Tot el que s'ha explicat ho resumeix el següent esquema:



**Figura 28.** Explicació esquemàtica de la fórmula per calcular el percentatge d'una velocitat respecte a l'òptima de l'aerogenerador. Elaboració pròpia.

Les altres columnes són molt més simples que aquesta. En una d'elles es calcula el que ha generat cada unitat d'aerogenerador. Per fer-ho, simplement es multiplica la potència d'un aerogenerador (5.000 W), pel percentatge de la velocitat del vent respecte a l'òptima de màxima generació (calculat de la manera ja explicada) i pel temps (expressat en hores) que també s'ha explicat. D'aquesta manera obtenim el resultat en Wh i, si ho multipliquem pel nombre total d'aerogeneradors instal·lats, i ho dividim entre 1.000 per expressar-ho en kW, obtindrem la generació total per a cada cinc minuts, expressada en kWh (s'ha de recordar que el percentatge mencionat s'indica en tant per 100, però quan s'opera amb ell es treballa com un tant per 1).

A la taula de dalt de tot es farà un sumatori de totes aquestes energies per a cada cinc minuts, i així s'obtindrà l'energia generada durant un dia (per unitat i total). Finalment, es multiplicarà aquesta energia total pel nombre de dies que tingui el mes en qüestió, i aconseguirem l'energia global que generaran els aerogeneradors durant el mes que estiguem treballant.

Tot i això, no solament són importants les velocitats del vent. Per poder determinar la posició ja explicada dels aerogeneradors també s'ha tingut en compte la direcció predominant del vent. Per fer-ho, tal com es veurà en la part de sota de la taula, primer es fa un recompte dels cops que apareix cada direcció, i després per comprovar que hi hagi totes les dades introduïdes correctament, es comprova que el nombre de files amb dades de direcció sigui igual al sumatori total de les vegades que es repeteixen les direccions. Per exemple, si hi hagués 30 files, i en aquestes la direcció "S" hagués aparegut 27 vegades i la "N", tan sols 3, es comprova que la suma de 27 S + 3 N sigui igual a 30 files). Tot seguit, dels nombres que expressen les vegades que es repeteix cada direcció, es mostra el major en una cel·la a sota de tot, i es mira quina de les direccions coincideix amb aquest nombre. Això tan sols és un petit truc per poder expressar el nom (l'abreviació) de la direcció més repetida. I, a continuació, es compleix un procés similar per indicar el rang, expressat en graus, de la direcció en qüestió. Després les dades més repetides s'expressen en les dues grans cel·les de baix a la dreta, i aquestes són les que es recullen en el resum de dalt de tot (posteriorment es comprovaran aquestes direccions per mirar la més repetida durant un any i així saber com col·locar l'aerogenerador). D'altra banda, en el resum de dalt de tot també es fa una mitjana de la velocitat del vent durant tot el dia, perquè així es pot entendre clarament el problema i la raó de per què no es poden utilitzar mitjanes quan es treballa amb les velocitats del vent, sinó que s'ha de treballar amb intervals de temps tan petits com sigui possible.

Per entendre tot el que s'ha estat explicant insereixo el següent fragment retallat de la taula inicial (en l'original les dades cada cinc minuts apareixen fins a acabar el dia, i es repeteix tota la informació i procés per a cada mes). La completa es troba en el punt 1.3.1 de l'annex A ([figures 49, 50 i 51](#)). A més, la versió no retallada també segueix el format de les taules vistes fins ara de classificar i distingir els mesos per estacions mitjançant l'ús de colors diferents.

Gener							
GENERACIÓ TOTAL DEL MES							
Dies del mes	31		Energia generada (kWh)	95,87			
VELOCITATS DEL VENT MITJANES PER DIA DEL MES (DADES DEL 01/01/2021)							
Velocitat mitjana del vent			1,02 m / s				
Direcció predominant			SE ( $\approx 135^\circ$ )				
Energia generada	Per aerogenerador (Wh)		1.546,30 Wh				
	Total (kWh)		3,09 kWh				
CÀLCULS REQUERITS							
Hora	Velocitat del vent		Direcció del vent	Conversió a hores	% Aprofitable de la velocitat (quan $1,75 \leq v \leq 19$ )	Energia generada	
	Km / h	m / s				Per una unitat (Wh)	Total (kWh)
00:05	3,5	0,97	SSE	0,08	0,00%	0,00	0,00
00:10	3,0	0,83	SSE	0,08	0,00%	0,00	0,00
[...]							
23:55	1,4	0,39	SSE	0,08	0,00%	0,00	0,00
00:00	1,6	0,44	SE				
ESTUDI DE LA DIRECCIÓ							
Direcció		Vegades aparegudes	El més repetit		Recompte de prevenció	Direcció predominant del dia	
Abreviació	Sector ( $^\circ$ )		Abreviació	Sector ( $^\circ$ )		Abreviació	Sector ( $^\circ$ )
N	0,0	11			Totes les dades s'han tingut en compte.	SE	135,0
NNE	22,5	2					
NE	45,0	2					
ENE	67,5	4					
E	90,0	20					
ESE	112,5	34					
SE	135,0	46	SE	135,0			
SSE	157,5	37					
S	180,0	17					
SSO	202,5	41					
SO	225,0	12					
OSO	247,5	6					
O	270,0	4					
ONO	292,5	10					
NO	315,0	19					
NNO	337,5	23					
Vegades que es repeteix			46				

**Figura 29.** Petit fragment de la taula per processar les velocitats del vent i la seva implicació.  
Elaboració pròpia.

Com que es tracta d'una taula molt gran, la seva lectura no és còmode, i trobar-hi les dades interessants i més rellevants no és ràpid. Per solucionar-ho he realitzat dues taules més petites per resumir allò que m'ha semblat més important. La primera<sup>13</sup> està encarada a les dades del vent, on es recull la velocitat mitjana del primer dia de cada mes, i també la direcció predominant d'aquest. Per fer-ho, simplement s'agafen les dades aconseguides i calculades en la taula gran ja explicada, però aquí s'expressen en format resumit. Només caldria mencionar que les velocitats mitjanes oscil·len entre els 1,02 m / s (velocitat mitjana mínima - gener) i els 1,45 m / s (velocitat mitjana màxima - juliol), i que la direcció predominant és la "SSE", empatada amb la "SE" (tot i això, contemplant els valors individuals en lloc de les mitjanes, es pot veure com la direcció "SSE" és la més repetida). La següent, encarada a la generació de l'electricitat, es detalla en el pròxim punt.

#### **3.1.3.4. GENERACIÓ ENERGÈTICA AMB AEROGENERADORS DE VENT**

Igual que amb la taula explicada anteriorment, s'ha fet una nova taula per contextualitzar les dades obtingudes en la més gran (ja descrita). Cal recordar que, per trobar els resultats que s'ensenyen a continuació, s'han tingut en compte les dades de la [figura 53](#) de l'annex A (punt 1.3.3). D'aquestes solament cal destacar-ne el nombre d'aerogeneradors instal·lats (2), la potència d'aquests (5.000 W), i les velocitats ja explicades anteriorment (la mínima, l'òptima, i la màxima).

Doncs contemplant-ho tot s'arriba als següents resultats. Que mostren la generació diària per unitat i total, i la generació mensual. Com es pot veure, a diferència de les plaques solars, aquest tipus d'energia és més irregular o, si més no, es fa més difícil detectar-ne un patró (com són l'estiu i l'hivern amb l'energia solar). Al mes de més generació és el juliol, amb 251,36 kWh d'electricitat. I el de menys generació és el març, amb solament 62,66 kWh (menys d'una quarta part del juliol).

---

<sup>13</sup> Mirar la [figura 52](#) de l'annex A (punt 1.3.2).

ELECTRICITAT EÒLICA GENERADA (kWh)				
Estació	Mes	Diària		Mensual (total)
		Per unitat	Total	
Hivern	Gener	1,55	3,09	95,87
	Febrer	1,35	2,71	75,78
	Març	1,01	2,02	62,66
Primavera	Abril	2,37	4,75	142,46
	Maig	3,06	6,12	189,69
	Juny	1,80	3,61	108,25
Estiu	Juliol	4,05	8,11	251,36
	Agost	3,32	6,63	205,68
	Setembre	1,53	3,05	91,59
Tardor	Octubre	2,46	4,92	152,38
	Novembre	1,13	2,25	67,62
	Desembre	3,09	6,17	191,41

**Figura 30.** Taula de l'electricitat generada amb aerogeneradors. Elaboració pròpia.

Finalment, també s'ha realitzat una taula<sup>14</sup>, similar a la de l'energia fotovoltaica, on es contemplen els preus de la instal·lació. Aquí es tenen en compte el preu de cada producte, i el nombre d'unitats que es necessiten. D'altra banda, també s'hi suma el cost de la instal·lació (on s'inclouen possibles materials necessaris com serien les torres que faran de suport per subjectar els aerogeneradors) i aquí s'hi descompte una ajuda que fa el venedor dels productes en comprar-li tot el conjunt, com també s'hi descompta una subvenció del govern per assumir el cost de la instal·lació. Aquesta subvenció és molt alta perquè l'energia eòlica per a habitatges no està gens generalitzada, i al govern li interessaria que ho estigués. Tot i ser complicada d'aconseguir, aquest cas d'instal·lació sí que entraria dins els paràmetres per rebre-la. Tenint-ho tot en compte, ens surt que el preu total seria de 12.712,45 €.

<sup>14</sup> Mirar la [figura 54](#) de l'annex A (punt 1.3.4).



## 3.2. RESULTATS I INTERPRETACIONS

### **3.2.1. BALANÇ ENERGÈTIC**

#### **3.2.1.1. TAULES AGRUPADORES DE TOTA LA INFORMACIÓ I DELS CÀLCULS TROBATS PEL BALANÇ ENERGÈTIC**

Com es pot veure, poder trobar unes dades que almenys s'aproximin a la realitat, han calgut molts passos i moltes fórmules. Per poder extreure la informació més important trobada fins aleshores, s'ha creat la següent taula. En aquesta hi apareixen, bàsicament, el consum de l'energia i també la seva generació. Per començar, en la primera columna s'hi expressa la mitjana de consum diari per a cada mes. És a dir, si s'agafa el gener com a exemple, vol dir que durant un dia del mes de gener, segons la mitjana, es gasten 21,23 kWh. Tot i això, aquesta s'adapta a cada mes perquè, la del juny, per exemple, tan sols és de 8,48 kWh (que és molt menys de la meitat, probablement perquè al gener la calefacció està en funcionament, a diferència del juny). Per calcular-ho s'agafa la xifra de la següent columna (aquesta s'explicarà a continuació), i es divideix entre el nombre de dies que té cada mes<sup>15</sup>.

La següent columna, acabada de mencionar, és la mitjana d'electricitat consumida mensualment, és a dir, per a cada mes. Si el mes de gener és de 658,00 kWh, vol dir que, de mitjana, durant cada mes de gener es consumeixen 658,00 kWh d'electricitat (per obtenir les dades simplement s'han agafat els consums per a cada mes de la taula del punt 3.1.1 del cos del treball ([figura 21](#)), i se n'ha fet la mitjana per mesos).

Aquestes columnes acabades d'explicar són les del consum, i les següents sobre la generació. Solament s'han recollit les dades de la generació fotovoltaica de la taula del punt 3.1.2.3 del cos del treball ([figura 25](#)), i el mateix s'ha fet amb les de l'energia eòlica de la taula del punt 3.1.3.4 del cos del treball ([figura 30](#)). Finalment, s'ha trobat l'energia total generada per a cada mes sumant les dades de les dues columnes anteriors (generació fotovoltaica + generació eòlica).

---

<sup>15</sup> Aquestes dades es troben en la [figura 46](#) de l'annex A (punt 1.2.2).

La taula descrita és la següent:

BALANÇ ENERGÈTIC PER ENERGIES (kWh)						
Estació	Mes	Consum mitjà diari	Consum mitjà mensual	Electricitat mensual generada		
				Fotovoltaica	Eòlica	Total
Hivern	Gener	21,23	658,00	203,40	95,87	299,27
	Febrer	19,43	544,00	275,22	75,78	351,00
	Març	14,94	463,25	455,89	62,66	518,54
Primavera	Abril	15,95	478,50	601,92	142,46	744,38
	Maig	14,10	437,25	754,31	189,69	944,00
	Juny	8,48	254,50	791,16	108,25	899,41
Estiu	Juliol	10,78	334,25	794,36	251,36	1.045,73
	Agost	10,56	327,50	689,13	205,68	894,81
	Setembre	8,62	258,67	515,66	91,59	607,25
Tardor	Octubre	14,95	463,33	367,14	152,38	519,52
	Novembre	16,96	508,67	228,76	67,62	296,38
	Desembre	19,60	607,67	176,31	191,41	367,72
Any sencer (mitjanes)		15	445	488	136	624

**Figura 31.** Taula que mostra l'electricitat mitjana consumida per a cada mes, i també la generada (per tipus i total). Elaboració pròpia.

A part d'aquesta taula anterior, també se n'ha fet una altra per poder realitzar un gràfic que s'ensenyarà en el pròxim punt. I també per poder-ne utilitzar els resultats en càlculs posteriors. Primer de tot, tenim una columna on es mostra la mitjana entre l'electricitat consumida i la generada durant un mes qualsevol. Aquesta dada ens és útil perquè el resultat que doni representaria l'equilibri perfecte entre consum i generació. Per exemple, si tornem a agafar el gener com a exemple, durant el mes es consumeixen, de mitjana, 658,00 kWh i, en canvi, se'n generen 299,27. La mitjana entre els dos és de 478,64 kWh. Aquest representa l'electricitat que s'hauria hagut de generar, però també la que s'hauria hagut de consumir, i així quedaria perfectament equilibrat perquè la diferència del consum i la generació seria igual a 0 kWh. Pot semblar innecessari, però ens ho hauríem de mirar de la següent manera: si el nombre està per sota de l'energia consumida, vol dir que hauríem hagut de gastar-ne menys, i aquesta quantitat que no hauríem hagut de gastar és la que hauríem hagut de generar de més. També trobem una altra columna on s'expressa la diferència entre l'electricitat generada i la consumida (corrent generat - corrent consumit), perquè així es pot saber clarament si s'ha generat més o menys energia que la consumida. Per poder-ho identificar ràpidament, s'ha fet que si el resultat és negatiu (corrent generat < corrent consumit), aquest s'expressi en vermell, en canvi, si

[Nom del centre]

[Nom de l'alumne]

és positiu (corrent generat > corrent consumit), en verd. Per acabar, es fa un sumatori de tota l'energia sobrant i un de tota la que falta (utilitzant condicionals que solament sumin quan el nombre sigui menor o major que "0"). D'aquesta manera, a part de poder-ho fer servir posteriorment, també es poden sumar els dos valors (electricitat sobrant + electricitat restant), per saber el balanç energètic global de tot un any. En el nostre cas, ens acabarien sobrant 2.152,43 kWh anuals que, tot i poder semblar que l'estudi realitzat fins ara és inadequat perquè sobra molta electricitat, cal pensar que aquests kWh serviran per compensar els mesos de poca generació: es vendrà el corrent sobrant i amb aquests diners es comprarà el restant perquè, tot i que de l'electricitat que vens te'n paguen menys que la que compres, en sobrar-ne tanta, ens ho podríem permetre).

La taula descrita és la següent:

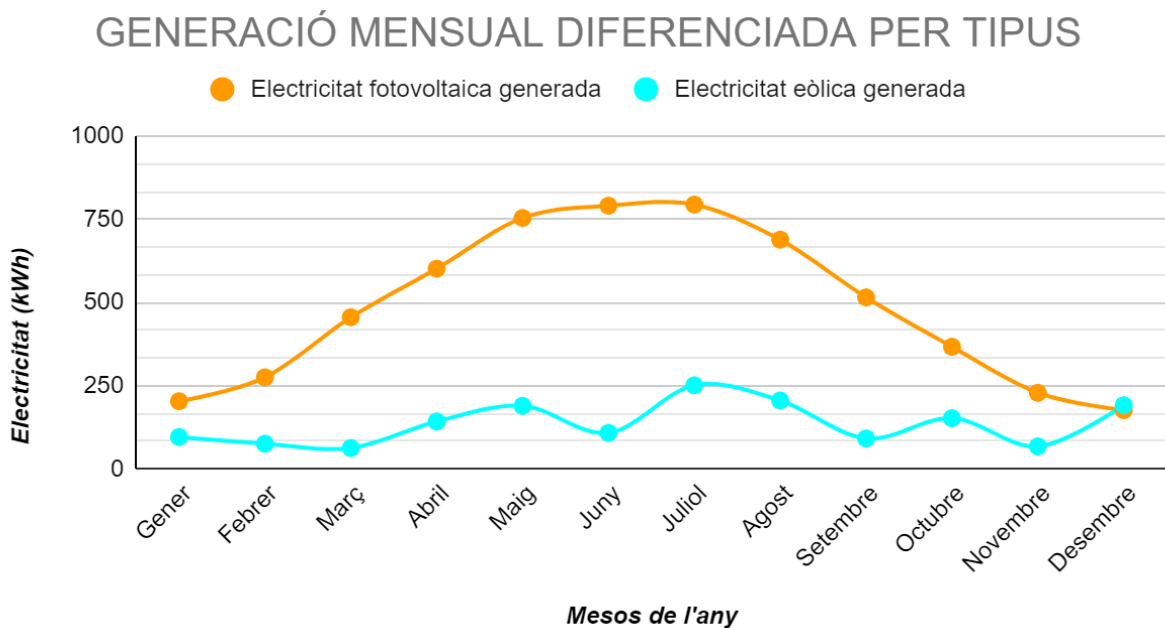
BALANÇ ENERGÈTIC GLOBAL (kWh)						
Estació	Mes	Mitjana: generada - consumida	Diferència mensual respecte generada	Suma de l'energia anual sobrant	Suma de l'energia anual restant	Balanç anual
Hivern	Gener	478,64	-358,73	3.156,40	-1.003,96	2.152,43
	Febrer	447,50	-193,00			
	Març	490,90	55,29			
Primavera	Abril	611,44	265,88			
	Maig	690,63	506,75			
	Juny	576,96	644,91			
Estiu	Juliol	689,99	711,48			
	Agost	611,16	567,31			
	Setembre	432,96	348,58			
Tardor	Octubre	491,43	56,19			
	Novembre	402,52	-212,29			
	Desembre	487,69	-239,95			
Any sencer		534	179,37			

**Figura 32.** Taula que mostra el balanç energètic global durant tot un any (energia sobrant, restant i resultant). Elaboració pròpia.

### 3.2.1.2. GRÀFICS REPRESENTADORS DE TOT L'ESTUDI ENERGÈTIC

Partint de les taules explicades en el punt anterior com a base, s'han generat els següents gràfics. Aquests mostren d'una manera molt clara, concisa i visual, tota la informació de la part pràctica redactada fins ara.

El primer és un gràfic de la generació de l'energia per a cada mes, però també per a cada tipus d'energia. És a dir, es mostra la generació d'energia fotovoltaica i la d'energia eòlica per a cada mes. Cada una representada per un color diferent: trobem l'energia fotovoltaica (de color taronja), i l'energia eòlica (de color blau). Observant-ho es pot entendre clarament la importància del gràfic perquè d'aquesta manera, veient-ho visualment, sense haver de llegir ni pensar res, es pot veure de nou com l'energia solar és més regular (segueix un patró). D'altra banda, l'eòlica estarà molt més subjecte a les condicions meteorològiques de cada mes que, tot i poder contenir algun patró, aquest és molt menys evident que el de les estacions i la irradiació solar. També pot semblar que els aerogeneradors, tot i tenir un cost molt més elevat que el de les plaques, no són rendibles, però cal recordar de nou que són sistemes que es reforcen entre ells. Si es donés un mes d'intenses tempestes diàries, els nivells de generació d'energia solar baixarien a pràcticament 0 kWh. En canvi, com que les tempestes solen anar acompanyades de forts vents i corrents d'aire, l'energia dels aerogeneradors augmentaria considerablement. De fet, només cal fixar-se que l'any 2021 va ser força tranquil en termes de vent, però, si haguéssim agafat el mes de gener de l'any de 2020, per exemple, hauria canviat considerablement. Aquest va ser el mes del temporal Gloria, amb altes i constants velocitats del vent, quan la generació amb plaques solars hauria sortit pràcticament nul·la, però, per contra, els aerogeneradors ho haurien compensat. Per tant, per resumir, els dos sistemes són necessaris perquè, si un falla, l'altre el complementa i d'aquesta manera es pot continuar amb el pla de la compra i venda d'electricitat. El gràfic en qüestió es mostra a continuació.



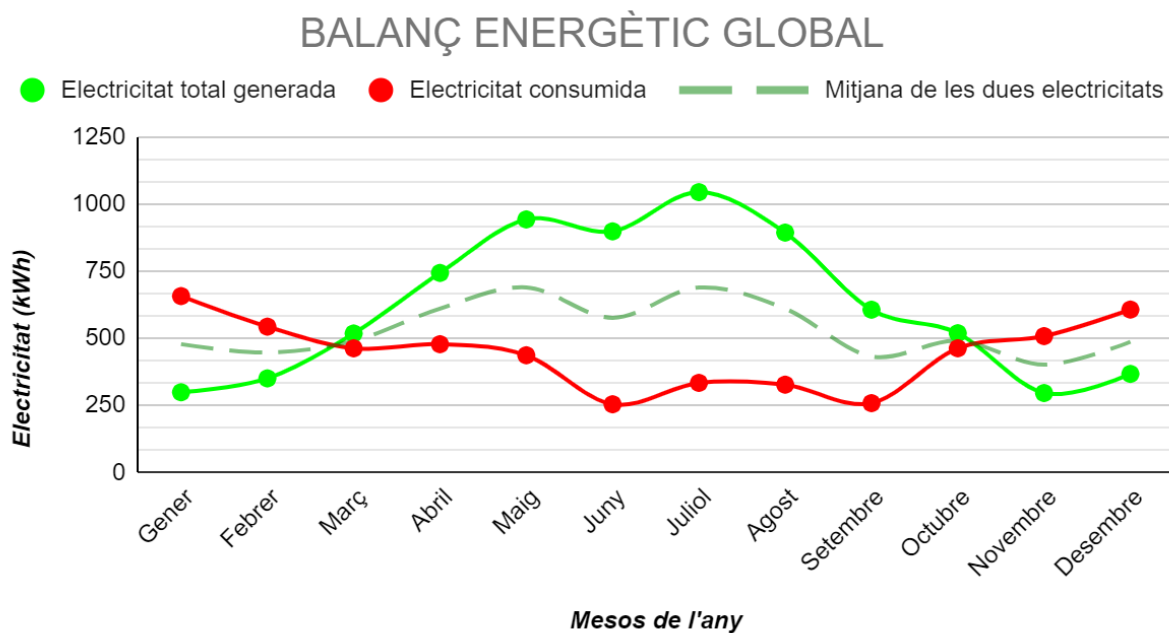
**Figura 33.** Gràfic de l'electricitat generada amb plaques fotovoltaïques i amb aerogeneradors per a cada mes. Elaboració pròpia.

El següent gràfic engloba l'anterior amb el consum energètic de l'habitatge, ja explicat en el punt 3.1.1 del cos del treball ([figura 21](#)). El que es fa és mostrar l'energia consumida per a cada mes, i també la generada per a cada un d'aquests. Però, a diferència del gràfic anterior, el que es mostra és l'energia generada total, és a dir, la suma de l'energia generada per les plaques fotovoltaïques més la dels aerogeneradors. S'ha decidit que l'energia consumida la representi el color vermell, i la generada ho faci el color verd. Això és un aspecte molt visual que ajuda a diferenciar perquè el vermell sol anar associat als errors a allò "dolent" (seria l'energia consumida en aquest cas), en canvi, el verd sol representar els encerts o allò "adequat" (seria l'energia generada en aquest cas). També hi apareix una tercera línia entremig de les altres dues. Aquesta línia discontinua representa els valors de la columna "Mitjana: generada - consumida" de l'última taula del punt 3.2.1.1 del cos del treball ([figura 32](#)). Tal com ja s'ha explicat, aquesta columna mostra l'equilibri perfecte entre generació i consum d'energia. És a dir, que tenint en compte tot el que s'ha consumit i tot el que s'ha generat, la columna ensenya l'electricitat que s'hauria hagut de consumir i la que s'hauria hagut de generar (els dos nombres haurien de coincidir). Si la consumida és major, vol dir que ens ha faltat generar més energia durant el mes en qüestió, però, si és menor, vol dir que ens n'ha sobrat. Doncs la línia discontinua del gràfic de continuació ho representa.

Observant-ho ens podem adonar d'un fet interessant, i és que aquesta línia és més regular i uniforme que les altres dues. És a dir, la diferència entre el seu màxim absolut i el seu mínim absolut és menys que el que donaria amb la generada o amb la consumida. Això és perquè aquesta línia discontinua tendiria a semblar una recta perquè, en buscar un equilibri entre consum i generació, si realment es complís que tota la demanda energètica dels mesos freds es recuperés amb la generació dels de més sol (i menys consum) sense sobrar gens d'energia, hauria de quedar una línia força semblant a una recta. Tanmateix, això no es podrà complir mai totalment perquè es depèn de dades meteorològiques irregulars i independents per a cada mes, tot i això, sí que es pot notar un principi de recta. A part, la recta es podria aconseguir tenint en compte les dades de tot l'any sencer i repartint-les entre els mesos, sense ser així, no es pot complir.

Una última interpretació que podríem treure del gràfic és com es pot distingir sense problemes que només són quatre els mesos que consumirem més energia que la que generarem. Aquests mesos coincideixen amb els més freds de l'any. Per tant, no és d'estranyar que el consum augmenti (és una conseqüència dels sistemes calefactores, els quals consumeixen molta electricitat), ni tampoc que la generació disminueixi (el vent es pot mantenir, però els índexs d'irradiació solar i la quantitat d'hores de llum disminueixen notòriament). Tot i això, durant la resta de mesos de l'any es genera més electricitat que no pas la que es consumeix, i la diferència és molta. Per tant, gràcies a aquests resultats, tal com ja s'ha plantejat, ens podríem permetre vendre l'electricitat generada per aconseguir diners per comprar / recuperar la consumida de més, i encara sobrarien diners per recuperar la inversió. De fet, just això és el que s'ha decidit, tal com s'explica més endavant.

Finalment, també s'hauria de parlar del juliol, un dels mesos de consum més baix, però, en canvi, de generació més alta, i del gener, que es genera molt poc i es consumeix molt. Per contra, durant els mesos de març i d'octubre, en tractar-se de períodes de transició d'una estació a un altre, no es consumeix molt, però tampoc es genera gaire (la temperatura permet no haver de disposar de la calefacció durant gaires hores, i la radiació solar, juntament amb les hores de llum, encara són prou elevades). Aquest següent gràfic és el descrit.



**Figura 34.** Gràfic de l'electricitat total generada respecte a la consumida per a cada mes. Elaboració pròpia.

### 3.2.2. BALANÇ ECONÒMIC

#### 3.2.2.1. TAULES AGRUPADORES DE LA INFORMACIÓ I DELS CÀLCULS TROBATS PEL BALANÇ ECONÒMIC

Vista l'electricitat generada, i demostrat que es pot arribar a ser autosuficient durant, de moment, uns mesos, cal veure si és recomanable o no segons el cost que tingui dur-ho a terme perquè, si per ser autosuficient es necessiten més diners que dependre del mercat energètic, després tampoc valdria la pena fer-ho. D'altra banda, tot i haver explicat molt clarament en la part teòrica com l'autosuficiència buscava no dependre del mercat ni dels altres, en el nostre cas ens n'aprofitarem, del mercat, perquè si no hi hauria mesos que s'hauria de "malgastar" l'energia sobrant, i altres que ens en faltaria sense manera de poder-ne aconseguir.

La idea plantejada en veure que les fonts d'energia renovable utilitzades són irregulars, i adonar-se que és pràcticament impossible trobar un equilibri entre generació i consum de manera que no sobri ni falti massa energia, és aprofitar-se del mercat energètic. Aquest presenta una última novetat, les bateries virtuals, en què una empresa subministradora d'energia t'emmagatzema l'electricitat que generes i et permet consumir-la posteriorment. Tot i això, no s'ha optat per aquesta opció perquè, tenint en compte que no es volia dependre del mercat, crec que dependre d'empresa subministradora que proporcioni la bateria virtual no tindria gaire sentit. El que es faria seria vendre tots els kWh sobrants durant els mesos que la generació estigués per sobre el consum, i comprar tots els restants quan es consumeixi més que no pas generi. Tot i que aquesta opció no és tan seductora econòmicament com la de les bateries virtuals (les empreses que et compren el corrent sempre et paguen un percentatge menor que el preu del mercat), sí que és més estable. Passa perquè, fent una mitjana del percentatge que t'ofereixen pel corrent que venguis com a usuari de les principals empreses energètiques, aquest oscil·la al voltant del 70 %. És aquí quan es poden començar a veure els beneficis de no disposar d'una bateria virtual, perquè, en prometre't un percentatge i no un preu fix, vol dir que per molt que pugui el kWh, el valor que resulti del percentatge també ho farà. De fet, com més cara sigui l'electricitat més diners guanyarem perquè, per exemple, si de total ens sobren 5 kWh (mesos de més generació), i ens falten 2 kWh (mesos de menys generació), i el preu que ens compren el kWh és un 70 % del preu de venda del mercat, com més alt sigui aquest, més diners guanyarem. Si imaginem que el preu del mercat és de 0,5 € el kWh, un 70 % equivaldrien a 0,35 € ( $0,5€ \cdot \frac{70\%}{100}$ ), per tant, en vendre l'energia guanyaríem 1,75 € ( $5 \text{ kWh} \cdot 0,35€$ ), i en comprar la restant pagariem 1 € ( $2 \text{ kWh} \cdot 0,5€$ ), com a resultat, ens quedaria un guany de 0,75 € ( $1,75€ - 1€$ ). En canvi, si imaginem que el

preu de mercat és de 0,75 €, amb els mateixos càlculs arribem a la conclusió que ens queda un guany d'1,125 € ( $0,75 \text{ €} \cdot (5 \text{ kWh} \cdot \frac{70\%}{100} - 2 \text{ kWh})$ ). Aquest exemple simplement serveix per veure que, utilitzant el mètode de compra i venda d'electricitat, som pràcticament independents de les pujades i baixades del preu del corrent perquè, de fet, si aquests pugen, en sortim beneficiats). És veritat que depenem del percentatge al qual ens comprin l'electricitat generada, però també seria estrany que aquest canviés perquè les subministradores comprarien l'electricitat més costosa sí, però encara la vendrien més cara, de manera que no en sortirien perjudicades. Les dades i els percentatges de la compra i venda de l'electricitat es troben explicats en la [figura 55](#) de l'annex A (punt 1.4.1). I partint d'aquests com a base, s'han calculat els diners reals que resultarien de vendre els kWh sobrants i comprar els restants partint de les dades energètiques ja calculades anteriorment (tot l'[apartat 3.1](#) del cos del treball), tal com ens mostra la pròxima taula (per facilitar la comprensió dels resultats s'ha tornat a recórrer a un format condicional que mostra els números de color vermells si aquests són negatius, i de color verd si són positius).

ELECTRICITAT RESULTANT I EL QUE COMPORTA (kWh)		
Tipus	Quantitat de kWh	Comporta
Sobrant	3.156,40	883,79 €
Restant	-1.003,96	-401,59 €
<b>Diferència econòmica</b>		<b>482,21 €</b>

**Figura 35.** Taula detallada amb els resultats de la compra i la venda per kWh. Elaboració pròpia.

Amb la decisió anterior presa, per calcular el temps d'amortització de tota la instal·lació, també calculat amb un full de càlcul, s'han tingut diversos aspectes per poder-hi arribar. El primer seria el ja explicat de la compra i venda de l'electricitat, i el pròxim, que és l'estalvi respecte el pla energètic contractat actualment. Cal tenir en compte que instal·lant els sistemes autosuficients, la casa ja es podria donar d'alta en el pla energètic actual, per la qual cosa la factura mensual de l'electricitat passaria a ser nul·la perquè, de fet, es guanyarien diners en lloc de pagar-ne. La taula<sup>16</sup> mostra com, anualment, ens estalviaríem 1.183,04 € (per calcular-ho s'han tingut en compte els preus i la mitjana mensual global ja trobada anteriorment<sup>17</sup>, i s'ha multiplicat pels 12 mesos que té un any).

<sup>16</sup> Mirar la [figura 56](#) de l'annex A (punt 1.4.2).

<sup>17</sup> Mirar la [figura 44](#) de l'annex A (punt 1.1.3).



Finalment, també s'ha creat una taula que engloba els preus de la instal·lació de les plaques fotovoltaïques i el dels aerogeneradors, tenint en compte el cost de la mà d'obra, el dels materials, i les subvencions de cada tipus, arribant a un cost final de 15.987,53 €. Totes aquestes dades, per treballar-les, s'han agafat de les taules particulars per a cada tipus (plaques solars i aerogeneradors), ensenyades en la [figura 48](#) del punt 1.2.4 de l'annex A (plaques fotovoltaïques), i en la [figura 54](#) del punt 1.3.4, també de l'annex A (aerogeneradors).

Tota la informació anterior ens la resumeix la següent taula, mostrant el cost total de la instal·lació (cost dels productes i extres menys els de les subvencions), també s'ensenyava l'estalvi anual respecte la factura de l'electricitat (és el total de què costi la factura actualment, perquè amb els sistemes autosuficients aquest cost passaria a ser de 0 €). Per acabar, també es mostra el guany econòmic que suposa la suma del guany de la venda de kWh sobrants i la compra dels restants (el que es guanya amb els kWh sobrants és positiu, i el que es paga amb els restants és negatiu, per tant, la suma, a efectes pràctics, passa a ser una "resta"). Finalment, es tenen tots els resultats en compte per calcular-ne el temps que es tardarà a amortitzar la inversió (en anys). Per aconseguir-ho es divideix el cost total de la instal·lació (15.987,53 €) entre l'estalvi / guany total anual (1.665,24 €). Ho mostra la següent taula:

RESUM ECONÒMIC GLOBAL				
	Capital requerit	Subvencions	Estalvi anual Respecte al pla actual	Guany anual de la compra i venda de kWh
	27.433,97 €	-11.446,45 €	1.183,04 €	482,21 €
<b>Total</b>	15.987,53 €		1.665,24 €	
<b>Temps d'amortització</b>	≈ 10 anys → Que amb exactitud és equivalent a 9 anys, 7 mesos, 6 dies, 6 hores, 19 minuts i 6 segons.			

**Figura 36.** Taula per resumir tot el balanç econòmic. Elaboració pròpia.

Abans d'abandonar la taula anterior, es voldria comentar la fórmula que s'amaga darrere la frase que ens determina, amb molta exactitud, a quant de temps equival l'aproximació de l'arrodoniment de l'amortització. La fórmula (de més de 4.400 caràcters) es troba en el punt 1.4.3 de l'annex A ([figura 57](#)). Explicar-la seria molt detingut, llarg i complicat, i fins i tot podria semblar repetitiu, perquè, observant la fórmula d'un cop d'ull pot semblar que fa el mateix diverses vegades, i realment és així, però no com mostren les aparences. El que es fa és repetir un cert procés pels anys, pels mesos, pels dies, etc., però aquest procés és més complicat del que podria semblar perquè s'ha de tenir en compte si es tracta de tres anys, per exemple, o d'un any. Com es pot veure, quan el nombre sigui

diferent d'1, s'haurà d'afegir "anys", però quan sigui 1, s'haurà d'afegir "any" en singular. Aquesta (que es repeteix pels anys, els mesos, els dies, etc.) és una de les moltes complicacions perquè, simplement per trobar un resultat directament sense agafar les dades des d'una altra cel·la, ja calen molts més càlculs. A part, com més concrets siguem més s'allarga la fórmula (és "exponencial"), per això la part d'"anys" és molt més curta que la de "dies". Tot i això, aquest resultat no és de molta importància en l'estudi del treball, així que no cal destinar-hi més explicacions. Com es pot veure, però, passats nou anys i poc més de set mesos, ja hauríem recuperat completament els 15.987,53 € invertits inicialment i, a partir d'aquí, ja es començarien a guanyar diners.

Finalment, per poder-ho representar tot gràficament, s'ha elaborat una taula<sup>18</sup> que mostra l'evolució de l'amortització del sistema autosuficient durant els pròxims vint anys. Per fer-ho, es comença a partir de l'any 0 (moment de la instal·lació), on es mostren els diners que ha suposat en total la instal·lació. En aquest moment, l'any 0, com que encara no hi hem guanyat res, el balanç econòmic és negatiu. Més concretament, és tot el cost de la instal·lació (en lloc d'expressar-se en negatiu, s'expressa el "valor absolut" en vermell). Tot i això, a mesura que avancin els anys i es vagin guanyant diners, els diners negatius aniran disminuint fins a arribar al temps d'amortització explicat anteriorment. En aquest, que és d'uns 10 anys, com que ens indica els anys que es tardarà a recuperar tota la inversió., el balanç econòmic serà de 0 €, però, a partir d'aquí tots els beneficis seran positius (indicats en verd), és a dir, diners guanyats. Per poder veure quin serà el comportament econòmic a llarg termini, la taula engloba els pròxims vint anys. Tot i això, cal tenir en compte que es tracta d'una estimació aproximada perquè està subjecte als preus de l'electricitat que poden variar significativament, però tampoc té per què ser un problema, ja que, tal com ja s'ha explicat, com més car estigui el kWh, més ràpid s'amortitzarà el capital invertit en la instal·lació.

---

<sup>18</sup> Mirar la [figura 58](#) de l'annex A (punt 1.4.4).

Abans de passar al pròxim punt simplement es vol descriure el procediment que segueix la taula per poder classificar els diners a la columna de guanyats, o a la de diners per recuperar. Per aconseguir-ho s'han ideat dues fórmules diferents:

- **La de la columna dels diners per recuperar:**

```
[=IF($B25*$J$16-$H$16<0; ($B25*$J$16-$H$16) * (-1) ; IF ($B25=$H$16/$J$16; 0; "")) ]
```

**Figura 37.** Fórmula per classificar l'evolució de l'amortització (diners per recuperar). Elaboració pròpia.

Aquesta multiplica l'any que correspon a la fila amb què estiguem operant (per exemple imaginem-nos que es tracta de la fila 25, que té assignat l'any número 2) pels diners que es guanyarien amb el sistema autosuficient (són 1.665,24 €<sup>19</sup>), i després li resta el cost de la instal·lació (de 15.987,53 €). Tot seguit, es comprova si el resultat és negatiu, i si és així, es multiplica per "-1" per poder expressar un valor positiu. D'altra banda, si l'any amb el qual estem operant és igual al temps d'amortització, el resultat s'expressa com a 0 € i, si no, si és positiu, es deixa en blanc. Exemple (segon any des de la inversió):  $2 \cdot 1.665,24 - 15.987,53 = -12.657,05 \rightarrow 12.657,04 \text{ €}$ .

- **La de la columna dels diners guanyats:**

```
[=IF($B36*$J$16-$H$16>0; ($B36*$J$16-$H$16) ; IF ($B36=$H$16/$J$16; 0; "")) ]
```

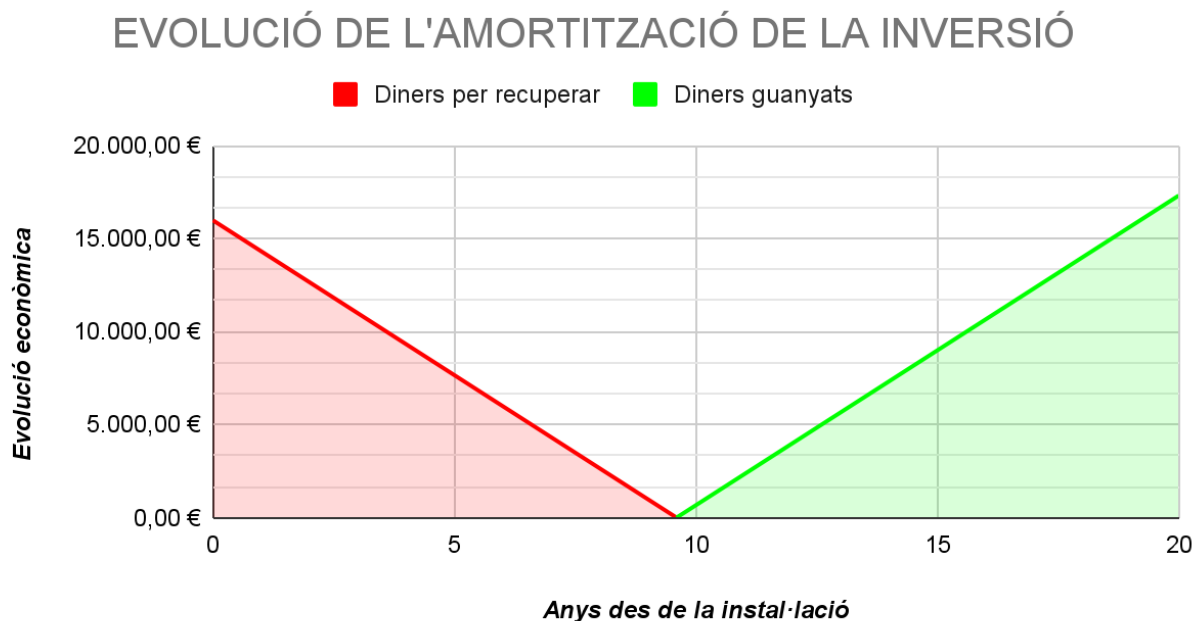
**Figura 38.** Fórmula per classificar l'evolució de l'amortització (diners guanyats). Elaboració pròpia.

Molt semblant a la columna anterior, es comprova que la multiplicació de l'any amb el qual s'operi pels diners que es guanyaran anualment menys el cost de la inversió total, en aquest cas, no sigui negatiu. Si és positiu s'expressarà el resultat (no cal multiplicar-ho per "-1" perquè el valor ja és positiu), i si l'any amb el qual estiguem treballant és igual al temps d'amortització, també s'expressarà el resultat com a zero. Exemple (dotzè any des de la inversió):  $12 \cdot 1.665,24 - 15.987,53 = 3.995,36 \text{ €}$ .

<sup>19</sup> Mirar la segona taula del punt 3.2.2.1 del cos del treball ([figura 36](#)).

### 3.2.2.2. GRÀFIC REPRESENTADOR DE L'ESTUDI ECONÒMIC

Com també es va fer amb l'estudi energètic, s'ha creat un gràfic representador de tota la informació explicada i calculada a l'apartat anterior. D'aquesta manera es pot veure d'una manera molt visual l'evolució econòmica de la instal·lació on, de nou, s'han utilitzat el vermell i el verd com a colors complementaris per ajudar a comprendre i visualitzar el gràfic correctament. Canviant de tema, agafant la informació d'aquest següent gràfic, i la dels que es troben en el punt del punt 3.2.1.2 del cos del treball ([figures 33 i 34](#)). Entendriem ràpidament i clarament tota la informació de la part pràctica i els seus resultats.



**Figura 39.** Gràfic representatiu de l'evolució de l'amortització econòmica de la instal·lació de sistemes energètics autosuficients *Elaboració pròpia.*

Aquest gràfic s'ha elaborat a partir de les dades trobades en les taules del punt anterior, i s'ha decidit representar-hi els diners per recuperar en vermell, i els recuperats en verd. Com és evident, fins que no s'hagi recuperat la inversió inicial, no es començaran a guanyar diners, però, a partir d'aquest moment (9 anys, 7 mesos, 6 dies, 6 hores, 19 minuts i 6 segons), es passaran a guanyar 1.665,24 € anuals. Tal com es pot veure, passats vint anys des de la instal·lació, ja s'haurà duplicat el cost total de la inversió inicial.

### 3.3. ALTRES ALTERNATIVES PER TENIR EN COMPTE

#### **3.3.1. LA BIOMASSA**

A part de tota la teoria explicada, parlant de l'aïllament, dels ponts tèrmics, de la inclinació de la casa, etc. També es pot recórrer a sistemes de biomassa o de geotèrmia. En el nostre cas, abans de disposar d'una estufa de pèl·lets s'havien utilitzat radiadors elèctrics per poder escalfar la casa a l'hivern. Aquests consumien molt, i se n'havia de disposar de com a mínim un per habitació, i dos o fins i tot tres en les més grans. Com es pot intuir, el seu consum d'electricitat era molt elevat. En canvi, en instal·lar l'estufa de pèl·lets actual, que amb tan sols una unitat i conductes de conducció de l'escalfor fins a cada habitació es pot mantenir la mateixa temperatura (o major) que amb els radiadors, però amb un consum molt més baix. És veritat que es depèn del preu del pèl·let (el qual s'ha duplicat durant l'últim any), i per aquesta raó s'ha deixat com a una alternativa a part.

#### **3.3.2. LA GEOTÈRMIA I L'AEROTÈRMIA**

També existeix la geotèrmia (ja explicada en el [punt 2.1.2.4](#) de la part teòrica) que, aprofitant l'escalfor de la Terra, podem escalfar una certa temperatura el nostre habitatge (a escala particular no es tracta d'una bona opció per generar electricitat). No només serveix per escalfar la casa a l'hivern, també per refredar-la a l'estiu. Com que es col·loca una bomba de calor a una distància de la superfície terrestre que es trobi a uns 15 °C, tot girarà al voltant d'aquesta temperatura. A l'hivern es conduirà l'escalfor cap a dins de l'habitatge, i a l'estiu es farà el contrari, injectar l'aire calent de l'habitatge cap al subsol. L'aerotèrmia és bastant similar, però la bomba no es col·loca sota terra, sinó a l'exterior, i s'intenten aprofitar els canvis de temperatura per bombar aire cap a dins o cap a fora de l'habitatge depenent de l'estació en què ens trobem i del que desitgem.

Tot i això, la geotèrmia és molt cara, i l'aerotèrmia, tot i no ser-ho tant, també ho és. Com a conseqüència, no són opcions convenientes pel nostre estudi, per això també s'han deixat com a alternatives a part igual que la biomassa.

# CAPÍTOL 4: OPINIONS DE LES PERSONES AMB SISTEMES AUTOSUFICIENTS O SENSE (ENQUESTA)

## 4.1. FORMAT I ESTIL DEL FORMULARI

Per acabar de complementar el treball s'ha creat una enquesta amb els Formularis de Google i s'han demanat qüestions diverses sobre l'autosuficiència energètica. S'és redirigit a l'enquesta en qüestió amb el codi QR inserit a continuació:



**Figura 40.** Codi QR redirigit a l'enquesta creada amb l'objectiu de recollir diverses opinions sobre el tema. *Elaboració pròpia.*

El formulari es basa en dues grans branques: si es disposa d'algun sistema autosuficient, o si no. Això és perquè les preguntes són condicionals, és a dir, per evitar que algú sense un sistema d'autosuficiència s'hagi d'anar llegint preguntes dient "Si la teva resposta ha estat sí...", es fa una pregunta inicial demanant si es disposa d'algun sistema sostenible. A continuació, depenent de la resposta, apareixerà una pregunta o una altra:

- Si la resposta és no, se sol·licita si s'estaria subjecte a instal·lar-ne algun i es demana una petita reflexió sobre aquests sistemes energètics.
- En canvi, si la resposta és sí, es demanen el tipus de sistema en concret i el motiu de la instal·lació. Després es demana si aquest sistema ajuda a estalviar diners, i depenent de la resposta es demana si tot i ajudar econòmicament és prou per a recuperar la inversió inicial, o si la resposta ha estat que no ajuda, es pregunta el perquè. Finalment, també se'ls demana una breu reflexió sobre els sistemes autosuficients com passa amb els que responen que no en tenen.

Cada pregunta, excepte les d'escriure, proporciona una sèrie d'opcions predeterminades i, a més, es permet escriure una resposta personalitzada pels qui ho vegin necessari.

### 4.3. ANÀLISI DELS RESULTATS PER RESPOSTES

Partint de les respostes i els gràfics mostrats en l'[Annex D](#), podem extreure una ràpida conclusió i interpretació de les respostes obtingudes. Primer de tot, cal situar que ha estat una enquesta amb poca participació (34 respostes), així que, per culpa d'això, els resultats poden ser poc precisos i poc objectius perquè, com més respostes s'obtenen, més fidel serà l'estimació que se n'extregui. Tot i això, l'enquesta estava pensada només per veure, des d'un punt de vista general, l'opinió col·lectiva sobre els sistemes autosuficients.

Malgrat i tenir poques respostes, podem veure com pràcticament un 25 % dels qui l'han respost disposen d'algun sistema autosuficient. Aquests varien força, anat des de sistemes hidràulics fins a aprofitadors de l'aigua pluvial, però el més repetit són les plaques fotovoltaïques (un 60 % aproximadament). Relacionant-ho amb la resta del treball, no és d'estranyar perquè es tracta d'un sistema evolucionat, rendible, i bastant econòmic en comparació a la resta.

A continuació se'ls demana quan / per què van decidir instal·lar el sistema del qual disposen, i la meitat (50 %) ha respost que ho van fer a l'inici de la popularització d'aquests sistemes, mentre que la meitat restant ho ha fet actualment. Un 12,5 % perquè els ha vingut un especialista amb un pressupost de millora, mentre que l'altre 37,5 % ho han fet per les pujades dels preus de l'electricitat. Després se'ls demana si creuen que aquest sistema els ajuda econòmicament, i més de tres quartes parts (un 87,5 % per ser més exactes) han respost que sí. El percentatge restant que ha respost que no ho ha argumentat amb respostes que expliquen com els seus sistemes són autosuficients, però no energèticament. D'altra banda, dels que han respost que sí que els ajuda, se'ls ha demanat si aquesta ajuda era prou per cobrir i amortitzar el cost de la instal·lació, i el 100 % ha respost que sí.

A tots els qui no disposen de cap sistema autosuficient se'ls ha demanat si s'han plantejat instal·lar-ne algun, i tan sols un 38,5 % ha respost que no. Una clara conseqüència directa dels problemes energètics dels darrers anys, els quals han plantejat la possibilitat d'instal·lar sistemes autosuficients energèticament a moltes famílies. Per acabar, l'opinió general de cada un sobre aquests tipus de sistemes és molt similar: és una necessitat, però molt cara d'instal·lar. Res més lluny de la realitat, però, tal com es veu en la part dels càlculs, es pot trobar un equilibri adequat per amortitzar la inversió i, fins i tot, guanyar-ne diners.

#### 4.4. CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DEL FORMULARI

L'enquesta simplement és un mirall de què passa actualment. Ens trobem que el percentatge de persones amb aquests sistemes està creixent cada any, i els pocs que no s'han plantejat instal·lar-ne cap és qüestió de temps que ho facin. El formulari reflecteix que les plaques solars són el sistema més utilitzat, i no és d'estranyar. Tot i això, amb la importància que està guanyat l'autosuficiència i els estudis que s'hi estan dedicant, no seria controvertit veure com es millora un dels altres sistemes existents, o fins i tot n'aparegui un de nou, i que aquest passi per sobre de les plaques fotovoltaïques.

Per qui dubti del seu rendiment, pràcticament tothom ha respost que el sistema els ajuda econòmicament, i que el preu de la seva instal·lació es recupera amb el pas dels anys. Evidentment, cal recordar que molts disposen de plaques solars, que són un sistema relativament "barat". Els aerogeneradors són molt més cars, per exemple, així que el temps d'amortització serà major, però en cap cas s'hi haurien de perdre diners.

Resumint, les energies sostenibles van aparèixer ja fa anys, i no tenen pensat perdre popularitat. Per contra, aquestes cada cop són més estudiades i valorades per tothom, i segur que cada cop seran més els que disposin d'algun sistema per aprofitar-les.



## CONCLUSIONS

El treball va començar amb un objectiu molt marcat i definit: saber si la casa on visc podria arribar a ser autosuficient i què caldria per aconseguir-ho. A partir d'aquí, també es volien contemplar altres aspectes, és a dir, si s'aconseguiria una autosuficiència energètica total que permetria desconnectar-se completament i definitivament de la xarxa de distribució elèctrica, o si encara se n'hauria de dependre. També el cost: ser autosuficient i l'estalvi que comporta podria ser prou per compensar els recursos que es necessitessin?

Tots aquests objectius a respondre s'han complert i, de fet, no com s'esperava a l'inici del treball. Primer de tot, la qüestió més important, que és la de l'autosuficiència, s'ha pogut demostrar que sí, realment es pot arribar a ser autosuficient. Tot i això, tal com ja em vaig anar imaginant mentre redactava la teoria, no existeix, o almenys no he estat capaç de trobar, una combinació de sistemes que tinguin una generació que quedi completament equilibrada amb el consum. És veritat que es pot dependre de les bateries, i jo em pensava que seria suficient, però m'he adonat que aquestes estan més pensades per equilibrar el consum diari. És a dir, si el migdia es genera molta electricitat, però se'n consumeix més al vespre, les bateries ens ajudaran a guardar l'energia generada unes hores abans per compensar la que falti després. No nego que es puguin utilitzar per guardar l'electricitat durant mesos, però, a part del cost que això suposaria (bateries de molta més qualitat), tampoc influiria gaire el resultat final (els kWh que ens faltarien a l'hivern continuarien sent masses per compensar-ho amb bateries).

No obstant això, s'ha acabat aconseguint l'autosuficiència energètica gràcies a vendre els kWh sobrants de l'estiu i els mesos de sol, per comprar els restants quan ens falti electricitat. Admeto que és un resultat i una manera diferent de l'esperat perquè es va deixar molt clar que autosuficiència volia dir que un mateix es produeix el que necessita, de manera que no depèn dels altres. En canvi, venent i comprant kWh no som pas més independents que contractant un pla energètic. Tot i això, m'agradaria recalcar que sí que s'està "absent" del preu de l'electricitat perquè, com ja es va demostrar detingudament en la part pràctica del cos del treball ([punt 3.2.2.1](#)), com més car estigui el kWh, menys tardarem a amortitzar la inversió o, dit d'una altra manera, més diners es guanyaran.

A part d'haver pogut resoldre la gran pregunta plantejada, deixant a part l'autosuficiència no energètica (l'alimentària, la d'aigües potables, la d'estris d'utilitat, etc.) que no formava part del treball, podem concloure com, a la seva manera, el meu habitatge podria ser autosuficient. Es necessitaria una inversió inicial de 15.987,53 €, els quals s'acabarien recuperant amb tan sols nou anys, i poc més de set mesos. És sorprenent perquè aquest seria el resum de tot el treball, simplement aclarint que invertits aquests diners, i passats els anys mencionats, l'habitatge tindria l'electricitat que consumeix completament coberta i, a més, encara es guanyarien 1.665,24 € anualment. Aquests podrien servir per començar a fer coixí per quan la instal·lació s'hagi de canviar o reparar, per exemple (tot i això, sempre hi haurà beneficis).

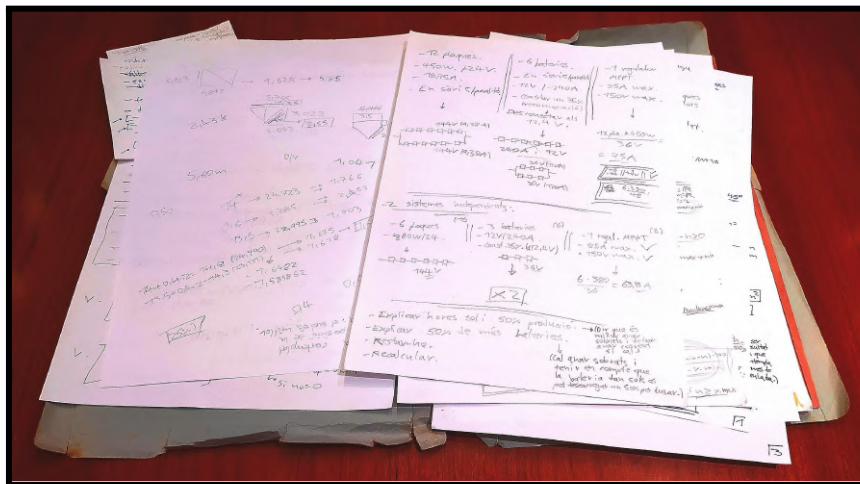
El resultat, però, i el fet que s'hagi de recórrer a la compra i venda de kWh no és més que un mirall que reflecteix com els humans som autosuficients almenys a escala mundial. Això és perquè a la Terra no rebem res de fora, tot ens ho fabriquem a partir del que tenim, però cal tenir en compte que si es plantegen temes com el d'aquest treball, és perquè no s'està consumint contemplant el que es genera o es podrà generar. Tot i això, tenint en compte la part teòrica que s'ha explicat, el problema energètic del qual tant sentim a parlar té una fàcil solució: els diners i el temps. Cada un dels tretze sistemes detallats té un potencial de generació prou alt per, combinats entre si, generar molt més del que consumim al planeta. Tot i això, són sistemes en procés de millora i investigació, de manera que són cars i arriscats, per no parlar del cost del seu manteniment. Però, tenint en compte el potencial que tenen, amb els anys i els diners pertinents podríem viure en un món que se subministrés completament d'energies renovables.

Tot i això, s'han d'instal·lar amb seny i evitar futurs problemes difícils de solucionar. Per exemple, els aerogeneradors estan afectant molt negativament les diferents aus migratòries amb una ruta que coincideixi amb un parc eòlic. També la construcció de preses per aprofitar l'energia hidràulica, o la de dics per generar energia mareomotriu malmeten la fauna i la flora de la zona. Tan sols són exemples dels estudis que encara es necessiten sobre el tema i la paciència i planificació que s'hauria de tenir abans de tirar endavant projectes com aquests. Tot i això, recordant la gran quantitat d'espais lliures (com ara teulades d'edificis públics) que es disposa a escala mundial, tenim molt espai desocupat on instal·lar plaques solars, per exemple, i no provocar cap dany col·lateral. Doncs estic segur que el mateix pot passar amb els altres tipus d'energies.

Simplement, es voldria remarcar la quantitat de feina que no s'ha pogut ensenyar en el document (anàlisi dels planells de la casa, estudis de cada tipus d'energia per la part pràctica i la seva generació, els molts models pensats de possibles sistemes elèctrics, les nombroses comprovacions que es troben rere la tria dels models i components explicats, resumidament, a la part pràctica, etc.). Així com la gran quantitat d'hores que hi ha darrere cada taula del full de càlcul (cada dada s'havia d'entrar pràcticament manualment, el format en un document tan gran era molt lent de maquetar, la gestió de tantes dades i tantes fórmules era molt complicada, per inserir aquestes taules en el document del treball s'havien de tornar a maquetar, etc.). Perquè ha estat gràcies a aquesta feina de més, i a la que s'ha mostrat en el mateix document, que s'hagin pogut completar, sense excepció, tots els objectius proposats a l'inici del treball, i s'hagi pogut arribar a la conclusió que si una casa vol ser autosuficient, ho pot aconseguir.

Tot i això, la meua opinió i recomanació és que no es busqui l'autosuficiència energètica total, perquè aquesta implica problemes i complicacions, però sí que s'instal·li algun sistema autosuficient perquè, sens dubte, s'hi guanyarà econòmicament. El sistema en qüestió pot ser qualsevol que s'adapti a les condicions de l'habitatge: una turbina hidràulica si hi passa un rierol, plaques solars si hi toca el Sol, un cremador de biogàs si es genera molta deixalla orgànica, la instal·lació d'aerogeneradors si fa vent, la de terres geotèrmics, la d'estufes de biomassa, o fins i tot llenya si es disposa d'un terreny boscos, o també la construcció de preses si es viu al costat d'un mar altament afectat per les mareas o les onades. El que vull dir és que, sigui quin sigui, cada sistema autosuficient té els seus avantatges (molt lligats amb els guanys econòmics), de manera que si es té l'oportunitat de disposar-ne d'algun, crec que s'hauria d'aprofitar.

Deixant aquest tema de banda, la següent imatge mostra una part d'aquesta feina extra acabada de mencionar.



**Figura 41.** Imatge d'una part de la feina no ensenyada per elaborar la part pràctica del treball. Elaboració pròpia.

# FONTS DOCUMENTALS

## WEBS CONSULTADES PER A L'ELABORACIÓ DEL TREBALL

La següent llista recull totes les pàgines web visitades durant l'elaboració del treball, i s'indiquen, a part d'altres dades de la pàgina en si, la data de visita i l'enllaç principal del lloc web (el format a seguir ho exigia així). Tot i això, s'ha conservat l'enllaç original per ser-hi redirigit en clicar-hi (el text mostra l'enllaç base, però els destins són els enllaços específics dels apartats de cada pàgina utilitzats per redactar la informació del treball). D'altra banda, també s'ha decidit especificar, entre parèntesis, el títol específic de l'apartat visitat en cada web.

1. *Arquitectura y Diseño*. 2019. Ed. RBA Revistas, S.L. 16/06/2022 (Una tiny home en Cuenca autosuficiente y lista para vivir en solo 60 días): <https://www.arquitecturaydiseno.es/>
2. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 25/08/2022 (Regulador MPPT 150V 85A LCD 12/24/48V): <https://autosolar.es/>
3. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 25/08/2022 (Batería AGM 12V 250Ah Tensite): <https://autosolar.es/>
4. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 25/08/2022 (Panel Solar 380W Monocristalino ERA): <https://autosolar.es/>
5. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 03/09/2022 (Monocrystalline Solar Module): <https://autosolar.es/>
6. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 06/09/2022 (datasheet-wind25-3-bornay): <https://autosolar.es/>
7. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 07/09/2022 (Batería AGM 12V 300Ah Tensite): <https://autosolar.es/>
8. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 07/09/2022 (datasheet-tensite-batteries-AGM-12-300): <https://autosolar.es/>

9. *AutoSolar*. 2020. Ed. Autosolar Energy Solutions SLU. 15/09/2022 (datasheet-wind25-3-bornay.pdf): <https://autosolar.es/>
10. *Biblioteca Digital del ILCE*. 2006. Ed. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. 17/06/2022 (POLÍMEROS DERIVADOS DEL PETRÓLEO): <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/>
11. *Bright MLS Homes*. 2003. Ed. Bright MLS, Inc. 27/04/2022 (A Brief History of Sustainable Housing): <https://www.brightmlshomes.com/>
12. *BuildPass*. 2018. Ed. Build Pass Ltd. 15/06/2022 (The 5 fundamental principles of Passive House): <https://buildpass.co.uk/>
13. *DIEC2*. 2007. Ed. Institut d'Estudis Catalans. 08/03/2022 (habitatge): <https://dlc.iec.cat/>
14. *DIEC2*. 2007. Ed. Institut d'Estudis Catalans. 26/03/2022 (autosuficient): <https://dlc.iec.cat/>
15. *Designable*. 2022. Ed. DESIGNABLE LIFE S.L. 27/04/2022 (What self-sufficient eco homes are like): <https://www.designable.es/>
16. *Dezeen*. 2006. Ed. Dezeen Limited. 16/06/2022 (Ten off-grid homes for a self-sufficient lifestyle): <https://www.dezeen.com/>
17. *Dezeen*. 2006. Ed. Dezeen Limited. 16/06/2022 (House For All Seasons by John Lin): <https://www.dezeen.com/>
18. *Dezeen*. 2006. Ed. Dezeen Limited. 16/06/2022 (Off-Grid Guest House cantilevers over hillside with Pacific Ocean vistas): <https://www.dezeen.com/>
19. *Diari ARA*. 2010. Ed. Edició de Premsa Periòdica Ara. 01/10/2022 (La geotèrmia, més cara però més eficient que l'aerotèrmia): <https://www.ara.cat/>
20. *Diario del Viajero*. 2006. Ed. Local Verticals S.L. 20/06/2022 (Tokelau: un paraíso que funciona con energía solar): <https://www.diariodelviajero.com/>
21. *Ecohouses*. 2012. Ed. ECO-HOUSES CONTRUCCIONS S.L. 15/06/2022 (Què és l'aïllament tèrmic?): <https://www.ecohouses.es/>
22. *Ecoticias.com el periódico verde*. 2009. Ed. Grupo ECOTicias S.L. 14/06/2022 (Casas pasivas o Passivhaus: un concepto que impondrá la UE): <https://www.ecoticias.com/>

23. *El Día*. 2001. Ed. Prensa Ibérica. 16/08/2022 (El puerto de Granadilla se beneficiará de un proyecto de energía renovable generada por las olas): <https://www.eldia.es/>
24. *El Periódico de la Energía*. 2014. Ed. ROCA COMUNICACIÓN SL (José Antonio Roca Suárez-Inclán y Ramón Roca Salamero). 29/06/2022 (Dinamarca alcanzará casi el 100% de generación renovable en 2030): <https://elperiodicodelaenergia.com/>
25. *El Periódico de la Energía*. 2014. Ed. ROCA COMUNICACIÓN SL (José Antonio Roca Suárez-Inclán y Ramón Roca Salamero). 08/07/2022 (Paraguay es el único país del mundo con generación eléctrica 100% renovable): <https://elperiodicodelaenergia.com/>
26. *El blog de l'Energia Positiva*. 2016. Ed. Factor Energia. 27/04/2022 (El que necessites saber de les cases autosuficients): <https://www.factorenergia.com/ca/blog/>
27. *Enciclopèdia.cat*. 1996. Ed. Edicions 62. 15/06/2022 (hermeticitat): <https://www.enciclopedia.cat/>
28. *Encyclopædia Britannica*. 1999. Ed. Britannica Group. 14/08/2022 (Learn about the functioning of the Pelamis prototype and its potential to harness energy from the North Sea waves): <https://www.britannica.com/>
29. *Energia Solar*. 2009. Ed. Oriol Planas. 17/06/2022 (Què és l'energia fòssil?): <https://ca.solar-energia.net/>
30. *Energia y Sociedad*. 2009. Ed. Energía Y Sociedad. 13/06/2022 (Ley 24/2013 del Sector Eléctrico): <https://www.energiaysociedad.es/>
31. *Enesco*. 2014. Ed. Enesco Ingeniería Energética. 01/10/2022 (Geotermia): <http://www.enesco.es/>
32. *Ergonautas*. 2006. Ed. Universitat Politècnica de València. 25/08/2022 (Medición de ángulos en fotografías): <https://www.ergonautas.upv.es/>
33. *Gencat.cat*. 1996. Ed. Generalitat de Catalunya. 01/09/2022 (Classificació de la radiació solar mitjana diària anual en KJ/m<sup>2</sup>): <https://gencat.cat/>
34. *Gesvalt*. 2015. Ed. GESVALT SOCIEDAD DE TASACIÓN S.A. 14/06/2022 (Casas passivhaus, crece por la normativa europea de eficiencia energética): <https://gesvalt.es/blog/>

35. *Institut Català d'Energia*. 1996. Ed. Generalitat de Catalunya - Institut Català d'Energia. 17/06/2022 (Energies renovables): <https://icaen.gencat.cat/>
36. *Institut Català d'Energia*. 1996. Ed. Generalitat de Catalunya - Institut Català d'Energia. 01/09/2022 (Atlas de radiació solar a Catalunya): <https://icaen.gencat.cat/>
37. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. 2000. Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 17/09/2022 (Para Energías Renovables en autoconsumo, almacenamiento, y térmicas sector residencial): <https://www.idae.es/>
38. *Laborda.coop*. 2016. Ed. HABITATGES LA BORDA S.C.C.L. 16/06/2022 (laborda.coop): <http://www.laborda.coop/ca/>
39. *L'habitatge*. Desconegut. Ed. Desconegut. 08/03/2022 (La història de l'habitatge): <https://sites.google.com/site/lhabitatgehumana/>
40. *METEO.CAT*. 2006. Ed. Servei Meteorològic de Catalunya. 07/09/2022 (Les observacions de la força del vent): <https://www.meteo.cat/>
41. *METEOGUILLERIES.CAT*. 2007. Ed. Observatori Meteorològic de Sant Julià de Vilatorca. 12/09/2022 (SANT JULIÀ DE VILATORCA): <https://www.meteoguilleries.cat/>
42. *Mete Osona*. 2016. Ed. Meteosona.com. 17/08/2022 (Vic): <https://www.meteosona.com/>
43. *Monsolar*. 2012. Ed. MONSOLAR INGENIEROS, S.L. 25/08/2022 (Calcular regulador solar MPPT necesario): <https://www.monsolar.com/>
44. *Notícies 324*. 2003. Ed. Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals. 16/06/2022 (La Borda, l'edifici cooperatiu projectat per LaCol, Premi Mies van der Rohe emergent): <https://www.ccma.cat/324/>
45. *Otovo*. 16-09-2020. Ed. Otovo Iberic SL. 27/04/2022 (Casas pasivas: Cómo tener una casa autosuficiente): <https://www.otovo.es/blog/>
46. *Passipedia - The Passive House Resource*. 2014. Ed. Desconegut. 16/06/2022 (The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany): <https://passipedia.org/>
47. *Passivhaus Institut. The independent institute for outstanding energy efficiency in buildings*. 2003. Ed. Passivhaus Institut GmbH. 16/06/2022 (Examples of Residential Passive Houses): <https://passiv.de/>

48. *Política y Medios*. 2001. Ed. Centro de Estudios para la Autogestión de la Economía. 08/07/2022 (La hidroeléctrica argentina suma más energía limpia a la matriz): <https://politicaymedios.com.ar>
49. *Power*. 2018. Ed. KISHOA S.L. 25/08/2022 (Comencemos con el diseño de tu modelo energético. Sin coste y sin compromiso): <https://power.es>
50. *Precio Gas by Selectra*. 2013. Ed. Selectra. 15/07/2022 (Bomba de calor geotérmica): <https://preciogas.com/>
51. *Proxima Energía*. 2019. Ed. GEOATLANter SL. 24/09/2022 (Batería virtual): <https://www.proximaenergia.com/>
52. *Sunrise*. 2020. Ed. maplogs.com. 03/09/2022 (Horas de salida y puesta de sol de Osona, Barcelona, España): <https://sunrise.maplogs.com/>
53. *Time and Date*. 1998. Ed. Time and Date AS. 03/09/2022 (The 12 Months of the Year): <https://www.timeanddate.com/>
54. *Tritec Intervento*. 2012. Ed. Grupo TRITEC. 20/09/2022 (DIFERENCIA ENTRE CONTROLADOR DE CARGA PWM Y MPPT): <https://tritec-intervento.cl/>
55. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 08/03/2022 (Nòmada): <https://ca.wikipedia.org/>
56. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 08/03/2022 (Història de la televisió): <https://ca.wikipedia.org/>
57. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 27/04/2022 (Revolució Industrial): <https://ca.wikipedia.org/>
58. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 16/06/2022 (La Borda): <https://ca.wikipedia.org/>
59. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 15/07/2022 (Dessalinització): <https://ca.wikipedia.org/>
60. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 01/08/2022 (Marea): <https://ca.wikipedia.org/>



61. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 01/08/2022 (Aigua): <https://ca.wikipedia.org/>
62. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 14/08/2022 (Energia de les onades): <https://ca.wikipedia.org/>
63. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 17/08/2022 (Electròlisi): <https://ca.wikipedia.org/>
64. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 17/08/2022 (Reformació amb vapor): <https://ca.wikipedia.org/>
65. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 13/09/2022 (Rosa dels vents): <https://ca.wikipedia.org/>
66. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 20/09/2022 (Bateria de plom i àcid): <https://ca.wikipedia.org/>
67. *Viquipèdia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 24/09/2022 (Temporal Gloria): <https://ca.wikipedia.org/>
68. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 29/03/2022 (Autoabastecimiento): <https://es.wikipedia.org/>
69. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 29/03/2022 (Self-sustainability): <https://en.wikipedia.org/>
70. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 29/03/2022 (Economic history): <https://en.wikipedia.org/>
71. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 21/06/2022 (Energía solar): <https://es.wikipedia.org/>
72. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 29/06/2022 (Energía eólica): <https://es.wikipedia.org/>
73. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 29/06/2022 (Wind power): <https://en.wikipedia.org/>
74. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 08/07/2022 (Energía hidráulica): <https://es.wikipedia.org/>

75. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 15/07/2022 (Energía geotérmica): <https://es.wikipedia.org/>
76. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 01/08/2022 (Energía mareomotriz): <https://es.wikipedia.org/>
77. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 17/08/2022 (Energía undimotriz): <https://es.wikipedia.org/>
78. *Wikipedia*. 2001. Ed. Wikimedia Foundation. 17/08/2022 (Combustible de hidrógeno): <https://es.wikipedia.org/>
79. *YouTube*. 2005. Ed. Al mundo en familia. 25/08/2022 (Como calcular la cantidad de baterías y Paneles solares 2): <https://www.youtube.com/>
80. *YouTube*. 2005. Ed. Al mundo en familia. 25/08/2022 (Cómo calcular la cantidad de Baterías y Paneles Solares? 1): <https://www.youtube.com/>

## LLIBRES UTILITZATS PER A L'ELABORACIÓ DEL TREBALL

La següent llista recull els dos llibres que s'han consultat periòdicament durant l'elaboració del treball. Aquests me'ls va deixar una arquitecta molt entesa sobre el tema, de manera que tota la informació trobada en línia la contrastava després amb els llibres per poder-ne comprovar la veracitat.

1. BROWN, Charlie.; DEKAY, Mark. *Sun, Wind & Light*. Estats Units: Wiley, 2000, 2a edició.
2. MINGUET, Josep Maria. *Green Houses*. Sant Adrià de Besòs: Monsa, 2012, 1a edició.

# ANNEXOS

## ANNEX A: TAULES DEL FULL DE CÀLCUL

### 1.1. CONSUM ENERGÈTIC DE L'HABITATGE

#### 1.1.1. TAULA DE L'ELECTRICITAT ACUMULADA

CONSUM ACUMULAT EN kWh D'ELECTRICITAT PER A CADA MES						
Estació	Mes	Consum (kWh)				
		2018	2019	2020	2021	2022
Hivern	Gener		1.737	1.800	1.779	1.750
	Febrer		2.325	2.338	2.271	2.308
	Març		2.772	2.759	2.728	2.836
Primavera	Abril		3.144	3.269	3.212	3.384
	Maig		3.576	3.703	3.758	3.721
	Juny		3.871	3.912	3.912	4.081
Estiu	Juliol		4.267	4.249	4.219	4.378
	Agost		4.595	4.547	4.541	4.740
	Setembre		4.816	4.834	4.809	
Tardor	Octubre		5.389	5.234	5.226	
	Novembre		592	486	448	
	Desembre	1.085	1.188	1.078	1.083	

*Figura 42. Taula del consum acumulat en kWh d'electricitat per a cada mes. Elaboració pròpia.*

#### 1.1.2. TAULA AMB DIVERSES MITJANES

MITJANA ESTACIONAL I ANUAL					
Estació	Consum (kWh)				
	2019	2020	2021	2022	Global
Hivern	1.687	1.571	1.650	1.753	1.665
Primavera	1.099	1.153	1.184	1.245	1.170
Estiu	945	922	897		921
Tardor	1.761	1.478	1.500		1.580
Any sencer	5.492	5.124	5.231		<b>5.337</b>

*Figura 43. Taula de les mitjanes estacional i anual. Elaboració pròpia.*

### 1.1.3. TAULA DEL COST DE L'ELECTRICITAT PER A CADA MES QUE ES CONSUMEIX A L'HABITATGE

COST MENSUAL DE L'ELECTRICITAT (TARIFA PLANA AMB MES DE BONIFICACIÓ)							
Estació	Mes	Preu					Cost mitjà global per mes
		2018	2019	2020	2021	2022	
Hivern	Gener		98,93 €	110,38 €	102,74 €	113,16 €	98,59 €
	Febrer		98,86 €	110,30 €	102,74 €	114,75 €	
	Març		98,89 €	110,34 €	102,70 €	114,75 €	
Primavera	Abril		98,93 €	110,38 €	102,74 €	114,81 €	
	Maig		98,89 €	110,34 €	101,43 €	114,74 €	
	Juny		98,93 €	110,38 €	98,02 €	109,56 €	
Estiu	Juliol		98,89 €	110,34 €	97,99 €	110,33 €	
	Agost		98,93 €	110,38 €	98,02 €	110,75 €	
	Setembre		107,10 €	110,38 €	91,45 €		
Tardor	Octubre		106,52 €	110,34 €	69,22 €		
	Novembre		1,71 €	1,59 €	1,40 €		
	Desembre	98,89 €	110,34 €	102,70 €	81,00 €		
Preu mitja mensual per any		98,89 €	93,08 €	100,65 €	87,45 €	112,86 €	

**Figura 44.** Taula del cost mensual de l'electricitat i les seves respectives mitjanes. Elaboració pròpia.

## 1.2. LES PLAQUES FOTOVOLTAIQUES

### 1.2.1. TAULA DE DADES TÈCNIQUES I RELLEVANTS DE LES PLAQUES

DADES TÈCNIQUES DE LES PLAQUES		
Nombre	12	Unitats
Potencial elèctric	380	W
Irradiació solar òptima	1.000	W / m <sup>2</sup>
Inclinació teulada	35	°

**Figura 45.** Taula amb les dades necessàries per poder calcular l'energia fotovoltaica que es generarà. Elaboració pròpia.

### 1.2.2. TAULA DE LES HORES DE LLUM SOLAR PER MES (FORMAT DECIMAL)

HORES DE LLUM SOLAR PER A CADA MES									
Estació	Mes	Dies per mes	Sortida del sol	Posta del sol	Hores totals de llum solar				
					Format horari	Hores	Minuts	Segons	Format decimal
Hivern	Gener	31	8:19:01	17:30:44	9:11:43	9	11	43	9,20
	Febrer	28	8:03:09	18:06:16	10:03:07	10	3	7	10,05
	Març	31	7:25:11	18:41:28	11:16:17	11	16	17	11,27
Primavera	Abril	30	7:32:54	20:16:48	12:43:54	12	43	54	12,73
	Maig	31	6:46:20	20:49:58	14:03:38	14	3	38	14,06
	Juny	30	6:17:48	21:20:14	15:02:26	15	2	26	15,04
Estiu	Juliol	31	6:19:38	21:30:31	15:10:53	15	10	53	15,18
	Agost	31	6:45:06	21:09:45	14:24:39	14	24	39	14,41
	Setembre	30	7:17:10	20:24:47	13:07:37	13	7	37	13,13
Tardor	Octubre	31	7:48:29	19:32:46	11:44:17	11	44	17	11,74
	Novembre	30	7:24:14	17:45:06	10:20:52	10	20	52	10,35
	Desembre	31	7:59:50	17:20:44	9:20:54	9	20	54	9,35

Figura 46. Taula amb les hores solars mitjanes d'un dia per a cada mes. Elaboració pròpia.

### 1.2.3. TAULA DE LA IRRADIACIÓ SOLAR MITJANA DIÀRIA PER A CADA MES

IRRADIACIÓ SOLAR MITJANA DIÀRIA PER A CADA MES				
Estació	Mes	En MJ / m <sup>2</sup>	En W / m <sup>2</sup>	% de la radiació òptima
Hivern	Gener	5,18	156,48	15,65 %
	Febrer	7,76	214,44	21,44 %
	Març	11,61	286,12	28,61 %
Primavera	Abril	15,84	345,59	34,56 %
	Maig	19,21	379,51	37,95 %
	Juny	20,82	384,52	38,45 %
Estiu	Juliol	20,23	370,15	37,02 %
	Agost	17,55	338,29	33,83 %
	Setembre	13,57	287,15	28,72 %
Tardor	Octubre	9,35	221,27	22,13 %
	Novembre	6,02	161,60	16,16 %
	Desembre	4,49	133,42	13,34 %

Figura 47. Taula amb el percentatge d'irradiació solar per a cada mes respecte a l'òptim que necessita la placa fotovoltaica. Elaboració pròpia.

### 1.2.4. TAULA DEL COST TOTAL DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA

		IMPORT REQUERIT			
		Article	Preu	Unitats	Total
Productes + Instal·lació	Panell solar	186,10 €	12		2.233,20 €
	Bateria	389,84 €	2		779,68 €
	Regulador	507,75 €	2		1.015,50 €
	Cost instal·lació (% del total dels productes)		20,00 %		805,68 €
		Total (pagar)			4.834,06 €
Descomptes i subvencions	Descompte de la compra (venedor)		2,25 %		-108,77 €
	Ajudes govern		30,00 %		-1.450,22 €
			Total (rebre)		
		Preu final			3.275,07 €

*Figura 48. Taula detallada amb els preus que suposaria la instal·lació de plaques fotovoltaïques. Elaboració pròpia.*

## 1.3. ELS AEROGENERADORS DE VENT

### 1.3.1. TAULA DE LES VELOCITATS DEL VENT I LA SEVA GESTIÓ I UTILITZACIÓ

La següent imatge és simplement orientativa, ja que es tracta d'una taula d'unes 31.000 cel·les, a continuació es proposen dues maneres diferents per poder-la veure ampliada.

Proposició de dues maneres diferents per poder identificar correctament les dades:



*Figura 50. Codi QR redirigit a una imatge JPG d'alta resolució (només per alguns dispositius). Elaboració pròpia.*



*Figura 51. Codi QR redirigit a un document PDF d'alta resolució (per tots els dispositius). Elaboració pròpia.*

La imatge, simplement orientativa, en qüestió és la següent:

The image shows a large, multi-column data table. The table is color-coded into four main vertical sections: blue on the left, green in the middle-left, yellow in the middle-right, and red on the right. Each section contains a dense grid of small text entries, likely representing wind speed data and its implications. The table has a complex header structure with multiple columns and rows, and the data is organized into a grid format. The colors are used to distinguish between different categories or groups of data.

**Figura 49.** Previsualització de la taula utilitzada per processar les velocitats del vent i la seva implicació.  
Elaboració pròpia.

### 1.3.2. TAULA PER RESUMIR LES VELOCITATS I LES DIRECCIONS DELS VENTS

RESUM DELS VENTS (VELOCITATS I DIRECCIONS)			
Estació	Mes	Velocitat mitjana (m / s)	Direcció que predomina
Hivern	Gener	1,02	SE
	Febrer	1,13	S
	Març	1,04	SE
Primavera	Abril	1,24	SSE
	Maig	1,30	SSE
	Juny	1,14	S
Estiu	Juliol	1,45	SSE
	Agost	1,32	SE
	Setembre	1,09	SSE
Tardor	Octubre	1,15	SSE
	Novembre	1,06	SE
	Desembre	1,31	SE

*Figura 52. Taula de les direccions i velocitats del vent predominants i mitjanes del 2021. Elaboració pròpia.*

### 1.3.3. TAULA DE DADES TÈCNiques I RELLEVANTS DELS AEROGENERADORS

DADES DELS AEROGENERADORS			
Velocitats de funcionament (m / s)		Potència (W)	Unitats instal·lades
Velocitat mínima	1,75	5.000	2
Velocitat òptima	10,50		
Velocitat màxima	19,00		

*Figura 53. Taula amb dades necessàries per calcular la generació d'electricitat amb aerogeneradors. Elaboració pròpia.*



### 1.3.4. TAULA DEL COST TOTAL DE LA INSTAL·LACIÓ D'AEROGENERADORS

		IMPORT REQUERIT			
		Article	Preu	Unitats	Total
Productes + Instal·lació	Aerogenerador i regulador	9.334,33 €	2		18.668,66 €
	Bateria	491,72 €	2		983,44 €
	Cost instal·lació (% del total dels productes)		15,00 %		2.947,82 €
	Total (pagar)				22.599,92 €
Descomptes i subvencions	Descompte de la compra (venedor)		3,75 %		-847,50 €
	Ajudes govern		40,00 %		-9.039,97 €
	Total (rebre)				-9.887,46 €
<b>Preu final</b>					<b>12.712,45 €</b>

*Figura 54. Taula detallada amb els preus que suposaria la instal·lació d'aerogeneradors de vent. Elaboració pròpia.*

## 1.4. RESULTATS, BALANÇOS I INTERPRETACIONS

### 1.4.1. TAULA AMB DADES DE LA COMPRA I VENDA D'ELECTRICITAT (BALANÇ ECONÒMIC)

COMPRA I VENDA DE kWh		
Acció	% Respecte al preu del mercat	Preu
Si es compren kWh	100 %	0,40 €
Si es venen kWh	70 %	0,28 €

*Figura 55. Taula detallada amb els percentatges de la compra i la venda per kWh. Elaboració pròpia.*

### 1.4.2. TAULA DEL COST ANUAL DE LA FACTURA DE L'ELECTRICITAT (BALANÇ ECONÒMIC)

COST ENERGÈTIC SENSE SISTEMES AUTOSUFICIENTS	
Mitjana del global de les factures	Cost
Mensual	98,59 €
<b>Anual</b>	<b>1.183,04 €</b>

*Figura 56. Taula detallada del cost anual de la factura de l'electricitat que s'estalviarà. Elaboració pròpia.*

### 1.4.3. FÓRMULA PER CONCRETAR EL TEMPS D'AMORTITZACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ (BALANÇ ECONÒMIC)

La següent taula queda partida en dues pàgines per culpa de la seva dimensió. Si es vol poder-la llegir correctament, és inevitable que es parteixi perquè ni reduint-ne la mida ni l'interlineat arriba a ocupar menys d'una pàgina.

```

[=CONCATENATE("Que amb exactitud és equivalent a
";IF(TRUNC(H16/J16)=1;(CONCATENATE(TRUNC(H16/J16);" any,
")); (CONCATENATE(TRUNC(H16/J16);" anys,
")));IF(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)=1;(CONCATENATE(TRUNC((H16/
J16-(TRUNC(H16/J16)))*12);" mes,
")); (CONCATENATE(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12);" mesos,
")));IF(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16
/J16)))*12)))*30)=1;(CONCATENATE(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(
TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30);" dia,
")); (CONCATENATE(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(
TRUNC(H16/J16)))*12)))*30);" dies,
")));IF(TRUNC((((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H1
6/J16)))*12)))*30-(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16
-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30)))*24)=1;(CONCATENATE(TRUNC((((H16/J16-(TRU
NC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30-(TRUNC(((H1
6/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30))
)*24);" hora,
")); (CONCATENATE(TRUNC((((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-
(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30-(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC
((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30)))*24);" hores,
")));IF(TRUNC((((((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H
16/J16)))*12)))*30-(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J1
6-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30)))*24-(TRUNC((((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*
12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30-(TRUNC(((H16/J16-(TRUNC(H
16/J16)))*12-(TRUNC((H16/J16-(TRUNC(H16/J16)))*12)))*30)))*24)))*60)=1;

```

```

(CONCATENATE (TRUNC ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60);" minut i
"); (CONCATENATE (TRUNC ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60);" minuts i
")); IF (ROUND ( ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60- (TRUNC ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60)) ) *60)=1; (CONCATENATE (ROUND ( ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60- (TRUNC ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60)) ) *60);" segon.
")); (CONCATENATE (ROUND ( ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60- (TRUNC ( ( ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24- (TRUNC ( ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30- (TRUNC ( (H16/J16- (TRUNC (H16/J16)) ) *12)) ) *30)) ) *24)) ) *60)) ) *60);" segons. "))))]

```

**Figura 57.** Fórmula per expressar, amb molta exactitud, el temps que es tardarà a amortitzar la instal·lació dels sistemes autosuficients escollits. Elaboració pròpia.

#### 1.4.4. TAULA DEL COMPORTAMENT ECONÒMIC DE L'AMORTITZACIÓ DURANT ELS PRÒXIMS ANYS

EVOLUCIÓ DE L'AMORTITZACIÓ DE LA INVERSIÓ		
Any	Evolució econòmica	
	Diners per recuperar	Diners guanyats
0	15.987,53 €	
1	14.322,28 €	
2	12.657,04 €	
3	10.991,80 €	
4	9.326,56 €	
5	7.661,32 €	
6	5.996,08 €	
7	4.330,84 €	
8	2.665,60 €	
9	1.000,36 €	
9,60	0,00 €	0,00 €
10		664,88 €
11		2.330,12 €
12		3.995,36 €
13		5.660,60 €
14		7.325,84 €
15		8.991,08 €
16		10.656,32 €
17		12.321,56 €
18		13.986,80 €
19		15.652,04 €
20		17.317,28 €

**Figura 58.** Taula per estimar quina serà l'evolució de la inversió econòmica amb el pas dels anys.  
Elaboració pròpia.

## ANNEX B: CÀLCULS I FÓRMULES PENSADES A MÀ

### 2.1. CÀLCULS DE L'ÀREA UTILITZABLE I LA NO UTILITZABLE DE LA TEULADA

#### 2.1.1. PÀGINA 1 DE 3

#### ÀREA DISPONIBLE PER PLAQUES SOLARS

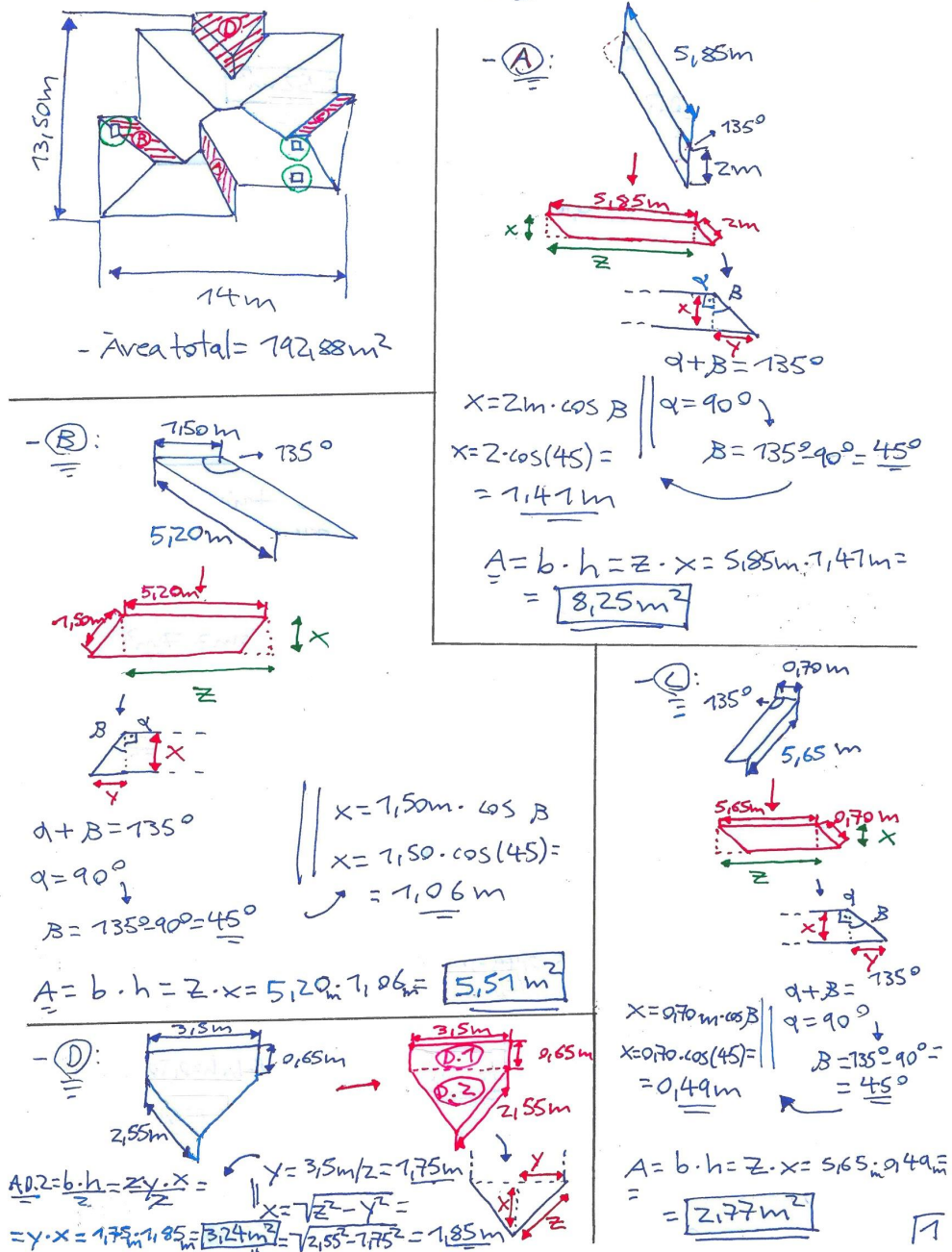


Figura 59. Part dels càlculs per l'estudi de la instal·lació de plaques fotovoltaïques (pàgina 1). Elaboració pròpia.

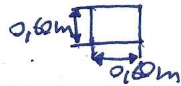
2.1.2. PÀGINA 2 DE 3

- ①:

$$A_{0.1} = b \cdot h = 3,5 \text{ m} \cdot 965 \text{ m} = \boxed{2,28 \text{ m}^2}$$

$$A_D = A_{0.1} + A_{0.2} = 2,28 \text{ m}^2 + 3,24 \text{ m}^2 = \boxed{5,52 \text{ m}^2}$$

- 3 xemeneies:

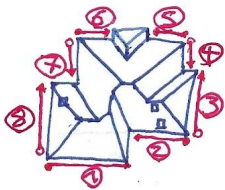


$$A_T = A_x \cdot 2,5 = b \cdot h \cdot 2,5 = 0,60 \text{ m} \cdot 0,60 \text{ m} \cdot 2,5 = 0,60^2 \cdot 2,5 = \boxed{0,90 \text{ m}^2}$$

↓  
(És \*2,5 i no \*3 perquè la meitat de l'àrea d'una de les xemeneies ja està inclosa en els 5,51 m<sup>2</sup> de la part "B".)

- Barbacana + parets:

→ (per calcular-ho tenint en compte l'espai que ocupen les seccions ja trobades, al fer el següent.)



- ①:

$$A_P = b \cdot h = 70 \text{ m} \cdot 0,70 \text{ m} = 7 \text{ m}^2$$

$$A_R = A_P - A_T = A_P - \frac{b \cdot h}{2} = 7 - \frac{0,70 \cdot 0,70}{2}$$

$$= 7 - \frac{0,70^2}{2} = 7 - 0,25 = \boxed{6,75 \text{ m}^2}$$

- ②:  $A_P = b \cdot h = 6 \text{ m} \cdot 0,70 \text{ m} = 4,20 \text{ m}^2$

$$A_R = A_P - A_T = 4,20 - 0,25 = \boxed{3,95 \text{ m}^2}$$

$$3,95 - 0,60 \cdot 0,06 = \boxed{3,91 \text{ m}^2}$$

→ (tenint en compte la xemeneia.)

- ③:  $A_P = b \cdot h = 0,70 \cdot 7,70 = 5,39 \text{ m}^2$

$$A_R = A_P - A_T - A_Q = A_P - A_T - b \cdot h =$$

$$= A_P - A_T - 0,70 \cdot 0,70 = A_P - A_T - \frac{0,70^2}{2} = 5,39 - 0,25 - 0,49 = \boxed{4,65 \text{ m}^2}$$

- ④:  $A_P = b \cdot h = 9,70 \text{ m} \cdot 4,20 \text{ m} = 2,94 \text{ m}^2$

$$A_R = A_P - A_T - A_Q = 2,94 - 0,25 - 0,49 = \boxed{2,20 \text{ m}^2}$$

- ⑤:

$$A_P = b \cdot h = 6,25 \text{ m} \cdot 9,70 \text{ m} = 4,30 \text{ m}^2$$

$$A_R = A_P - A_T = 4,30 - 0,25 = \boxed{4,05 \text{ m}^2}$$

- ⑥:  $A_P = b \cdot h = 4,40 \text{ m} \cdot 0,70 \text{ m} = 3,08 \text{ m}^2$

$$A_R = A_P - A_T = 3,08 - 0,25 = \boxed{2,83 \text{ m}^2}$$

- ⑦:

$$A_P = b \cdot h = 0,70 \text{ m} \cdot 6,75 \text{ m} = 4,73 \text{ m}^2$$

$$A_R = A_P - A_T - A_Q = 4,73 - 0,25 - 0,49 =$$

$$= \boxed{3,99 \text{ m}^2}$$

- ⑧:  $A_P = b \cdot h = 9,70 \text{ m} \cdot 7,20 \text{ m} = 5,04 \text{ m}^2$

$$A_R = A_P - A_T - A_Q = 5,04 - 0,25 - 0,49 = \boxed{4,30 \text{ m}^2}$$

$$4,30 - 0,60 \cdot 0,09 = \boxed{4,25 \text{ m}^2}$$

→ (tenint en compte la xemeneia.)

Figura 60. Part dels càlculs per l'estudi de la instal·lació de plaques fotovoltaïques (pàgina 2). Elaboració pròpia.

## 2.1.3. PÀGINA 3 DE 3

- Àrea no disponible :

$$\begin{aligned}
 A_{Tnd} &= A_1 + A_B + A_C + A_D + A_{Tx} + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 = \\
 &= 3,25 + 5,51 + 2,77 + 5,52 + 0,90 + 6,75 + 3,91 + 4,65 + 2,20 + 4,13 + 2,83 + 3,99 + 4,25 = \\
 &= \boxed{55,66 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

- Àrea disponible :

$$A_{Td} = A_{Tc} - A_{Tnd} = 192,88 \text{ m}^2 - 55,66 \text{ m}^2 = \boxed{137,22 \text{ m}^2}$$

- Quantes plaques hi caben? :

- Dimensions placa:  $\boxed{1,774 \text{ m} * 1,052 \text{ m}}$

- 140% d'aquestes dimensions:  $140\% \rightarrow * 1,4$

(Es calculen les mesures un 40% majors seguint les recomanacions del fabricant per assegurar-ne la instal·lació.)

$$1,774 \rightarrow 1,774 * 1,4 = 2,48 \approx \underline{2,50 \text{ m}}$$

$$1,052 \rightarrow 1,052 * 1,4 = 1,47 \approx \underline{1,50 \text{ m}}$$

$$\boxed{2,50 \text{ m} * 1,50 \text{ m}}$$

- Àrea a tenir en compte per placa:  $A_{ps} = b \cdot h = 2,50 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m} = \boxed{3,75 \text{ m}^2}$

- n'hi caben...? :  $n = A_{Td} : A_{ps} = 137,22 : 3,75 = 36,59 \approx \boxed{36}$

(Ens quedem la part entera.)

(Tot i ser un resultat irracional que no contenga les formes de la teula da.)

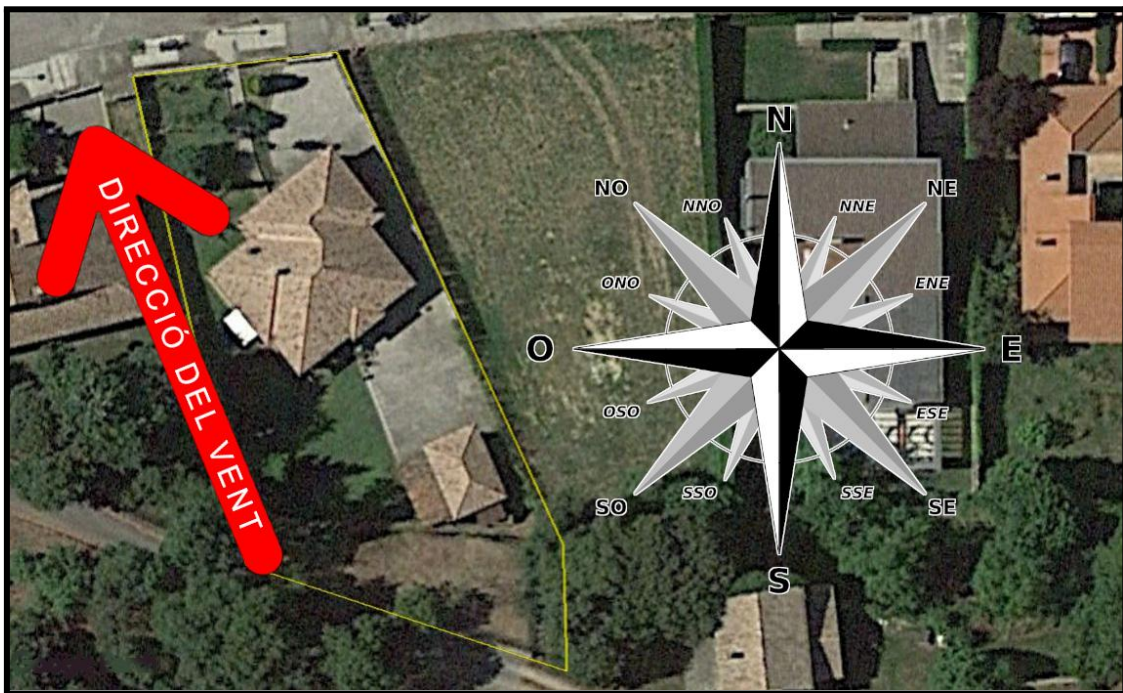
13

Figura 61. Part dels càlculs per l'estudi de la instal·lació de plaques fotovoltaïques (pàgina 3). Elaboració pròpia.

## ANNEX C: IMATGES D'AMPLIACIÓ I INTERÈS

### 3.1. IMATGE ESQUEMÀTICA DE LA DIRECCIÓ PREDOMINANT DEL VENT SOBRE EL TERRENY DE LA CASA

La següent imatge, tal com s'explica en el cos del treball, tan sols és per fer-se una idea de la direcció predominant del vent. Cal recordar que podria semblar que Osona sol estar més exposada a vents provinents d'altres direccions, però no s'han de confondre els vents forts (que són els que notem) amb tota la resta. Si s'agafa la direcció predominant de les velocitats màximes del vent, continua venint majoritàriament pel sud-est, però sí que hi ha més presència de vents del nord. Tot i això, generarem més electricitat contemplant la direcció del vent predominant durant tot el dia, que no pas la de les velocitats puntes. No obstant això, com ja s'ha dit, la direcció predominant de les velocitats màximes (ESE) tampoc és gaire diferent que la de tot el dia (SSE).



**Figura 62.** Imatge on es veuen clarament els límits del terreny, juntament amb una rosa dels vents i una fletxa representadora de la direcció predominant del vent a la zona. Elaboració pròpia.



## 3.2. EL MARGE ON S'INSTAL·LARAN ELS AEROGENERADORS

### 3.2.1. IMATGE 1 DE 2



*Figura 63. Vista del marge on s'instal·laran els aerogeneradors de vent per fer-se una idea del seu aspecte i de la seva alçada. Elaboració pròpia.*

### 3.2.2. IMATGE 2 DE 2



*Figura 64. Vista de la casa des del marge per fer-se una idea més real de la seva alçada. Elaboració pròpia.*

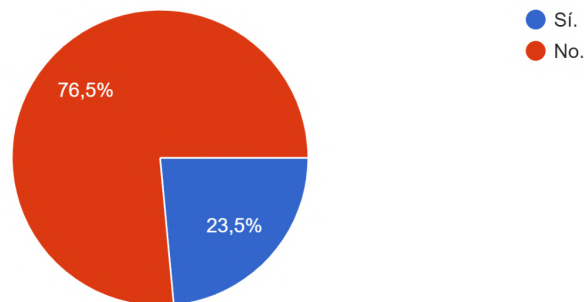
## ANNEX D: RESPOSTES I GRÀFICS DEL FORMULARI

De totes les respostes d'aquests gràfics, al moment de fer-ne una petita reflexió en el cos del treball, s'ometen les respostes no vàlides o incoherents.

### 4.1. PREGUNTA 1 DE 8

El teu habitatge disposa d'algun sistema autosuficient?

34 respostes

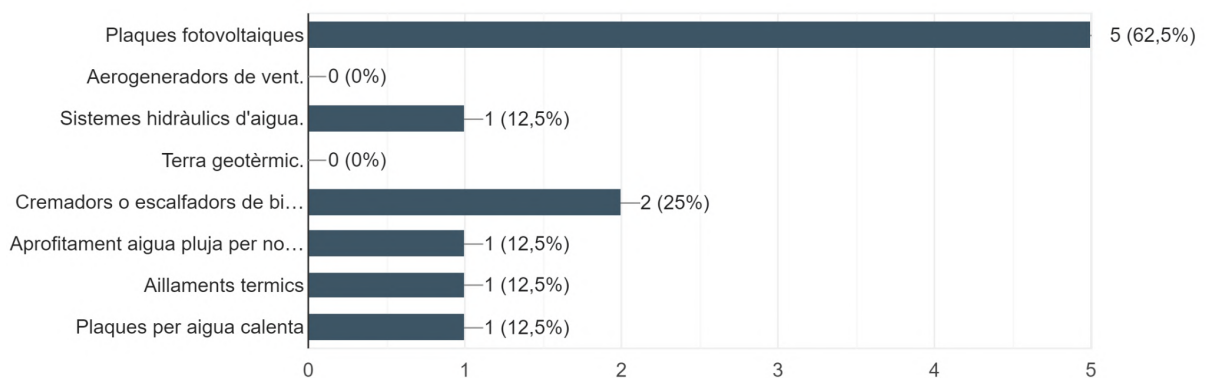


*Figura 65. Gràfic de les respostes de la primera pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.*

### 4.2. PREGUNTA 2 DE 8

De quin sistema disposes concretament? (Se'n poden seleccionar més d'un, o, si cal, afegir-ne a "Altres:").

8 respostes



*Figura 66. Gràfic de les respostes de la segona pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.*

### 4.3. PREGUNTA 3 DE 8

Quan et vas instal·lar aquest sistema? (Si creus que cal esmentar alguna cosa, pots dir-ho a la resposta "Altres:".)

8 respostes

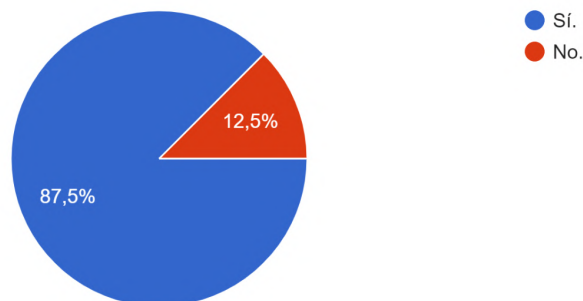


**Figura 67.** Gràfic de les respostes de la tercera pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.

### 4.4. PREGUNTA 4 DE 8

Creus que el teu sistema autosuficient t'ajuda a estalviar electricitat, i com a conseqüència, redueix el preu de la factura de la llum? (Si creus que cal e...ar alguna cosa, pots dir-ho a la resposta "Altres:".)

8 respostes

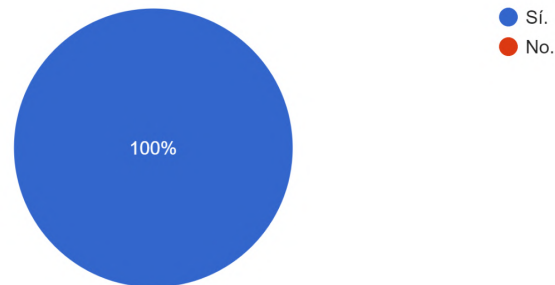


**Figura 68.** Gràfic de les respostes de la quarta pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.

#### 4.5. PREGUNTA 5 DE 8

Creus que aquesta ajuda econòmica amb el pas del temps pot ser prou per amortitzar la inversió inicial? (Si creus que cal esmentar alguna cosa, pots dir-ho a la resposta "Altres:").

7 respostes



**Figura 69.** Gràfic de les respostes de la cinquena pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.

#### 4.6. PREGUNTA 6 DE 8

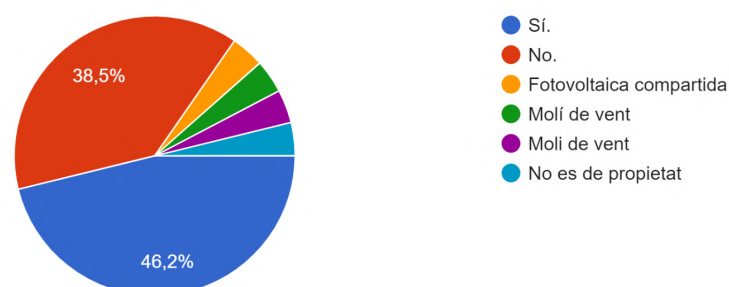
Aquesta pregunta es demanava als qui havien respost que el sistema autosuficient del qual disposaven no els beneficiava econòmicament, i se'ls preguntava el perquè. Totes les respostes defensen el mateix, dient que el seu sistema no estava encarat a estalviar diners energèticament (no s'insereix cap gràfic perquè era de resposta lliure). Una resposta, amb errors ortogràfics corregits, escollida aleatòriament per fer-se una idea del que s'ha obtingut diu:

- “Perquè, en tractar-se d'un sistema d'autosuficiència no energètica, no és la seva finalitat.”

#### 4.7. PREGUNTA 7 DE 8

Tot i no disposar de cap sistema, t'has plantejat mai instal·lar-ne algun? (Si creus que cal esmentar alguna cosa, pots dir-ho a la resposta "Altres:").

26 respostes



**Figura 70.** Gràfic de les respostes de la setena pregunta del qüestionari. Elaboració pròpia.

#### 4.8. PREGUNTA 8 DE 8

Aquesta pregunta l'havien de respondre tant els que disposaven d'un sistema autosuficient com els que no, i se'ls preguntava quina era la seva opinió sobre aquests sistemes, demanant una resposta breu perquè es triessin les paraules més importants per respondre el dubte. Totes les respostes, sense pràcticament cap excepció, afirmen que aquests sistemes són el futur i que qualsevol casa acabarà disposant-ne d'un tenint en compte les estimacions i estudis del mercat energètic dels pròxims anys. Tot i això, també es menciona recurrentment l'elevat cost que suposa la seva instal·lació (no s'insereix cap gràfic perquè era de resposta lliure). Una resposta, amb errors ortogràfics corregits, escollida aleatòriament per fer-se una idea del que s'ha obtingut diu:

- “Amb una barreja de plaques solars , aerogeneradors i bateries per acumular corrent, es podria subministrar corrent per tots els aparells i llums de poc consum.”

#### ANNEX E: DIARI DE RECERCA

- **Del 13 - 09 - 2021 fins al 20 - 01 -2022**

Durant tot aquest període de temps se'ns va explicar què era realment el treball de recerca, i com l'hauríem de fer. També vam presentar les nostres propostes de treball, i se'ns va assignar el tutor.

- **03 - 02 - 2022**

Vam fer una reunió amb el tutor, on, a part de presentar-nos, vam deixar clars els objectius del treball, i ja vam proposar algunes idees per començar a treballar.

- **12 - 02 - 2022**

Vaig crear el document on es duria a terme el treball, així com totes les carpetes del Google Drive que hi ha el darrere. També vaig començar a pensar tots els punts que hi podrien aparèixer tenint en compte el que s'havia dit a la reunió. Tot i això, encara no els vaig apuntar digitalment, i aquest document el vaig deixar sense maquetar ni contemplar el format sol·licitat.

- **19 - 02 - 2022**

Vaig anar a visitar la [Fira de l'Energia i la Construcció Sostenible \(FECS\)](#) exposada al recinte firal El Sucre de Vic durant el 17, 18, i 19 de febrer del 2022. En aquesta fira s'hi van fer diferents exposicions, i hi va haver arquitectes que hi van exposar els seus projectes. Jo vaig escoltar alguna xerrada, i també vaig parlar amb venedors d'aparells que utilitzen la biomassa com a combustible, per veure si en podia treure alguna informació.



**Figura 71.** Imatge de la visita a la Fira FECS (a l'entrada). Elaboració pròpia.



**Figura 72.** Imatge de la visita a la Fira FECS (a l'expositor). Elaboració pròpia.

- **01 - 03 - 2022**

Em vaig començar a posar amb el treball, així que vaig deixar aquest document amb el format obligatori per poder-lo entregar. També vaig deixar tots els apartats formals que hi havien d'aparèixer ben definits.

- **08 - 03 - 2022**

Aquest dia vaig començar a treballar amb la teoria, així que vaig iniciar la redacció del primer apartat de tots: els habitatges.

- **09 - 03 - 2022**

Durant l'hora de tutoria vaig aprofitar per continuar avançant la teoria començada anteriorment.

- **12 - 03 - 2022**

Vaig avançar la teoria mencionada anteriorment, i també vaig escriure'm un guió provisional de tots els punts que m'agradaria que tingués el meu treball.

- **29 - 03 - 2022**

Vaig continuar desenvolupant la part teòrica del treball.

- **15 - 04 - 2022**

Aquest dia vaig continuar ampliant la informació del treball, així com llegir-me el que portava fins al moment per veure com quedava.

- **25 - 04 - 2022**

Vaig continuar avançant la teoria, com també vaig tenir en compte alguns consells de format i d'expressió del tutor, i els vaig aplicar.

- **26 - 04 - 2022**

Solament s'hi va entrar una estona per afegir alguns enllaços que semblaven interessants i per reorganitzar l'estructura d'alguns apartats.

- **27 - 04 - 2022**

Es va aprofitar l'hora de tutoria per continuar treballant amb la teoria començada.

- **02 - 05 - 2022**

Vaig revisar el que s'havia escrit els dies anteriors (les faltes, el contingut, etc.) i vaig redactar més teoria.

- **06 - 05 - 2022**

Vaig aprofitar una estona que vaig tenir per continuar elaborant la teoria del dia anterior.

- **15 - 05 - 2022**

Vaig llegir-me i revisar-me el contingut redactar els dies anteriors.

- **16 - 05 - 2022**

Vaig aprofitar molta estona per avançar significativament la teoria del primer capítol, deixant-lo bastant avançat.

- **13 - 06 - 2022**

Després d'haver acabat les classes i els exàmens vaig dedicar-me a avançar la part teòrica del treball.

- **14 - 06 - 2022**

Durant el segon dia de la setmana d'institut per avançar el treball de recerca vaig continuar els punts ja començats anteriorment.

- **15 - 06 - 2022**

Aquest dia vaig acabar el primer capítol del treball, i vaig començar a redactar el segon.

- **16 - 06 - 2022**

Em vaig centrar en les energies fòssils, i les vaig acabar de redactar. D'aquesta manera permetia que em pogués posar a treballar les renovables el pròxim dia.

- **17 - 06 - 2022**

Vam quedar amb en [Tutor 1], el tutor del treball, per veure com estava el contingut escrit tot veient alguns consells per millorar-lo, i també es van remarcar els objectius per tenir en compte durant l'estiu. També vaig començar les energies renovables.

- **20 - 06 - 2022**

Aquest dia el vaig destinar a continuar avançant la teoria del dia anterior.

- **21 - 06 - 2022**

Vaig destinar aquest dimarts a fer el mateix que havia fet fins ara, avançar la teoria.

- **22 - 06 - 2022**

Tot i ser l'últim dia de curs, vaig destinar una estona en l'aprofitament dels residus sòlids urbans, tot deixant-ho força avançat.

- **29 - 06 - 2022**

Vaig continuar la teoria començada el dia 22 de juny i vaig repassar una mica el contingut redactat fins a aquesta data.

- **08 - 07 - 2022**

Vaig acabar l'apartat de l'aprofitament dels residus sòlids urbans i vaig començar el pròxim.

- **15 - 07 - 2022**

Vaig començar a explicar el punt teòric de l'energia mareomotriu.

- **16 - 07 - 2022**

Vaig acabar el punt començat el dia anterior.

- **Del 19 - 07 - 2022 fins al 23 - 07 -2022**

Vaig començar a explicar l'energia de les onades, la vaig acabar i em vaig centrar a començar a situar l'hidrogen.

- **Del 27 - 07 - 2022 fins al 30 - 07 -2022**

Vaig acabar el punt de l'hidrogen i vaig redactar una selecció de les maneres més encertades i convenientes a tenir en compte per la part pràctica.



- **01 - 08 - 2022**

Es comença la part pràctica del treball, però tota la feina feta s'apunta (en brut) en fulls en blanc.

- **Del 04 - 08 - 2022 fins al 12 - 08 -2022**

Es continua la part pràctica i es van apuntant en fulls en blanc esquemes i possibles circuits a tenir en compte.

- **Del 14 - 08 - 2022 fins al 16 - 08 -2022**

Es crea el full de càlcul i s'hi comencen a apuntar les factures del consum de l'habitatge.

- **Del 17 - 08 - 2022 fins al 19 - 08 -2022**

Es realitza un full trobant totes les fórmules que es podrien utilitzar per al full de càlcul.

- **25 - 08 - 2022**

Tot i estar fora de casa, es continua el full anterior.

- **Del 01 - 09 - 2022 fins al 06 - 09 -2022**

Té lloc la realització del full de càlcul. Aquesta és molt llarga, complicada i detinguda perquè s'ha d'anar contemplant cada dada, i també s'ha de tenir en compte que cada fórmula tingui coherència i sentit complet.

- **Del 07 - 09 - 2022 fins al 15 - 09 -2022**

Té lloc la maquetació del full de càlcul que, tenint en compte la seva gran quantitat de taules i cel·les, és molt entretinguda.

- **Del 16 - 09 - 2022 fins al 20 - 09 -2022**

Es comença a redactar tota la feina feta fins al moment dins el treball de recerca. També s'acaben alguns detalls del full de càlcul.

- **Del 21 - 09 - 2022 fins al 23 - 09 -2022**

Durant aquests dies s'intercala el progrés del full de càlcul juntament amb la redacció de la part pràctica.

- **Del 24 - 09 - 2022 fins al 25 - 09 -2022**

Es comencen a revisar qüestions de format i es van introduint i enllaçant tot el material gràfic i visual creat fins a la data.

- **26 - 09 - 2022**

Té lloc l'última reunió avaluada amb el tutor del treball de recerca.

- **28 - 09 - 2022**

Es comencen a redactar els últims punts de la part pràctica i es revisa tot perquè tingui sentit.

- **Del 29 - 09 - 2022 fins al 01 - 10 -2022**

Es redacten els últims punts del treball, com la introducció, la conclusió, etc.

- **02 - 10 - 2022**

S'acaben de revisar qüestions de format i la indicació de les fonts d'informació.

- **Del 02 - 10 - 2022 fins al 05 - 10 -2022**

Es va revisant el treball i es van fent els retocs finals.

- **06 - 10 - 2022**

S'imprimeix i s'enquaderna un exemplar del treball en color per poder-lo entregar.

- **07 - 10 - 2022**

S'entrega, definitivament, el Treball de Recerca.