

# CONNECTA'T AL VENT

Estudi dels aerogeneradors  
i la seva aplicació en les bicicletes



James Tesla

John Edison

8/1/2020

We have always been aware of the environment and we wanted to do something related to renewable energies. That is why we have decided to focus on one of these renewable energies, the wind power, and try to create a wind turbine placed on a bicycle, a sustainable vehicle that does not pollute the air.

We have proposed to discover whether it is possible to build a wind turbine that works with the wind produced by a bicycle, and then use the electricity generated to charge a cellphone, a portable battery... Another objective is to do a research of the blades of this wind turbine. This means that we must investigate before, and then create our own 3D blade designs.

First, we must know more about the subject in order to do the final practical part. Thanks to the 3D printers we have been able to create different types of blades and then test them in different ways. We have made tables and graphics with the results and an evaluation to conclude which blade is the most suitable for our wind turbine.

Finally, we have created our wind turbine prototype placed on a bike that brings to light all the expectations that we first had.

In conclusion, we can say that we have been able to carry out our project. We have obtained very good results as we have been able to create a wind turbine placed on a bicycle, that can charge an electronic device in normal wind conditions. However, we could have developed our wind turbine more if we had got more resources with us like cheaper materials and more technical components.

# ÍNDEX

<b>1) INTRODUCCIÓ</b> .....	3
<b>2) RECERCA DE LA IDEA</b> .....	4
<b>3) DECISIÓ DE LA IDEA FINAL</b> .....	9
3.1) IDEA FINAL.....	10
<b>4) ESTUDI DELS AEROGENERADORS I L'ENERGIA EÒLICA</b> .....	11
4.1) LES ENERGIES .....	11
4.1.1) L'energia eòlica .....	11
4.2) HISTÒRIA DE L'ENERGIA EÒLICA .....	14
4.2.1) Cronologia .....	16
4.3) ELS AEROGENERADORS.....	17
4.3.1) Els dos grans grups d'aerogeneradors .....	19
4.3.2) Les pales d'un aerogenerador.....	23
4.3.3) Assajos sotmesos a les pales.....	24
4.3.4) Fases de la construcció de les pales .....	25
<b>5) ESTUDI DE LES PALES D'UN AEROGENERADOR</b> .....	27
<b>6) PROCÉS DE FABRICACIÓ DE L'AEROGENERADOR</b> .....	31
6.1) CÀLCUL DE MOTORS: VOLTATGE I INTENSITAT .....	31
6.2) MESURA DEL VENT EXTERIOR I LA VELOCITAT EN BICICLETA .....	32
6.3) PROVA DEL MOTOR DEFINITIU, LA PLACA <i>STEP-UP</i> I LA CAPACITAT DE CÀRREGA .....	32
6.4) PROVA AMB EL MÒDUL <i>STEP-UP</i> .....	35
6.5) COMPROVACIÓ DEL MÒDUL <i>STEP-UP</i> .....	35
6.6) ESTUDI DELS MOTORS DE DISQUETERA.....	39
6.7) CÀRREGA D'UN MÒBIL AMB L'AEROGENERADOR.....	41
6.8) PROVA DE L'AEROGENERADOR EN UNA BICICLETA.....	42
6.9) MATERIAL EMPARAT EN EL PROCÉS DE CREACIÓ DE L'AEROGENERADOR .....	45
<b>7) DISSENY I IMPRESSIÓ 3D DE LES PALES DE L'AEROGENERADOR</b> .....	46
7.1) CREACIÓ DELS DISSENYS 3D DE LES PALES .....	46
7.2) AVENÇOS I SELECCIÓ DELS DISSENYS DEFINITIVUS DE LES PALES .....	48
7.2.1) Disseny i última modificació del primer disseny de pala .....	49
7.2.2) Disseny del segon tipus de pala .....	51
7.2.3) Disseny del tercer tipus de pala .....	51
7.3) IMPRESSIÓ 3D DE LA PRIMERA PALA.....	52
7.4) MODIFICACIÓ I IMPRESSIÓ DE LA PALA DEFINITIVA.....	54

<b>8) ESTUDI DE LES TRES PALES: SELECCIÓ DE LA PALA DEFINITIVA .....</b>	<b>57</b>
8.1) RESULTATS OBTINGUTS .....	58
8.2) GRÀFICA CONJUNTA DELS RESULTATS OBTINGUTS.....	61
8.3) COMPRÒVACIÓ DE LA CÀRREGA DE L'AEROGENERADOR .....	63
<b>9) PROTOTIP D'AEROGENERADOR DEFINITIU .....</b>	<b>66</b>
9.1) MATERIAL UTILITZAT .....	66
9.2) PROCÉS DE CONSTRUCCIÓ .....	67
<b>10) CONCLUSIONS.....</b>	<b>73</b>
10.1) ENQUESTA SOBRE L'ÚS D'UN AEROGENERADOR EN UNA BICICLETA .....	74
<b>11) AGRAÏMENTS .....</b>	<b>77</b>
<b>12) BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>

## **1) INTRODUCCIÓ**

Des d'un principi hem tingut clar que havíem d'investigar sobre algun tema tecnològic, ja que és un àmbit que trobem molt interessant i que sempre ens ha apassionat. És per això que des d'un principi hem decidit que volem realitzar un treball pràctic, és a dir, que es basi en la investigació i en la realització d'un producte o objecte final.

La recerca de l'idea definitiva no ha sigut fàcil. És un llarg procés d'observació i reflexió. Primer ens hem dedicat a observar el nostre voltant: habitatges, carrers, escoles, empreses, vehicles... Creiem que d'aquesta manera podem detectar algun problema que hi hagi a la societat i, a partir d'aquí, serem capaços de trobar una solució tecnològica al problema en qüestió.

Hem estat més d'un mes contemplant i pensant en possibles invents que poguessin aportar solucions en diferents aspectes de la vida quotidiana. Se'ns han ocorregut idees que podrien ser molt bones, però que després de ser ben reflexionades no ens han convençut del tot.

D'altra banda, també creiem necessari crear un projecte que sigui innovador i que fins al moment no s'hagi desenvolupat a nivell industrial.

Un altre factor que ens ha influït molt és el fet de que estem molt conscienciats amb el problema del canvi climàtic. Per aquesta raó, també tenim com a objectiu que el projecte sigui ecològic i estigui enfocat a ajudar al medi ambient.

A continuació estan exposades totes les idees que hem tingut i tot el procés que hem afrontat fins arribar a la nostra idea definitiva.

## 2) RECERCA DE LA IDEA

Es pot dir que aquesta ha sigut una de les parts que més complicacions ens ha portat. Cal trobar un tema en concret, que s'ajusti a les observacions realitzades prèviament i que compleixi les nostres preferències i gustos. Tot això fa que sigui un procés complicat.

Per poder trobar una bona idea que pugui solucionar alguna necessitat actual, hem utilitzat una metodologia en concret:



Un cop tinguem la idea o solució definitiva, haurem de començar la planificació del treball (estructurar les fases del projecte). Llavors ja podrem realitzar l'últim pas: l'execució del projecte. Si finalment fem un treball d'àmbit tecnològic, aquest procés consistirà en la realització d'un objecte o producte final.

Abans d'arribar a la idea definitiva, n'hem trobat d'altres que creiem que poden ser molt bones, però que finalment hem acabat rebutjant per diversos motius.

### a) Recol·lector de combustible desaprofitat:

Com a primera idea hem pensat en buscar una forma de recol·lectar el combustible que no es crema en l'explosió dels motors tèrmics, i que per tant contaminen molt a l'atmosfera.

Més tard hem vist que aquesta idea requeriria d'una tecnologia i components que nosaltres no podríem aconseguir. A més a més, aquesta idea és probable que ja hagi estat creada per alguna marca automobilística.

Aquests dos factors han fet que no ens decanem per aquesta primera idea.

### b) Estudi de les vàlvules EGR:

La segona idea consisteix en fer un estudi de les vàlvules EGR dels cotxes. Hem sentit que molta gent extreuen aquestes vàlvules dels seus cotxes perquè provoquen que el motor treballi forçat i també es poden produir més emissions de CO<sub>2</sub>, quan en principi és el que intenten evitar.

*\*Veure explicació de les vàlvules EGR a l'annex.*

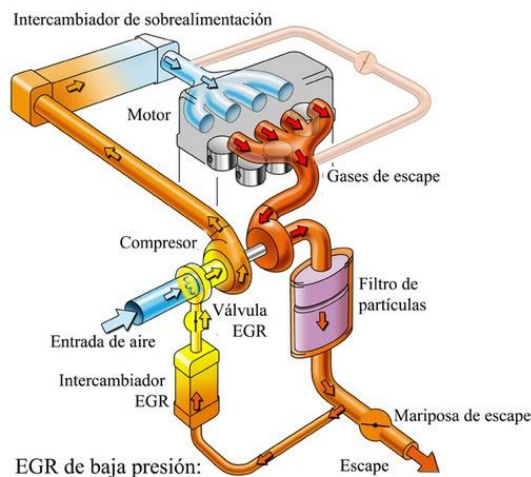


Fig. 1 Vàlvula EGR (font: <https://www.actualidadmotor.com/valvula-egr-que-es-funcionamiento-averias/> (28/11/2019))

**c) Semàfor intel·ligent:**

Una de les idees principals és crear un semàfor intel·ligent que ajudi al conductor que es vol incorporar a una via de circulació de manera més segura. Per fer-ho, utilitzaríem un semàfor intel·ligent que, mitjançant una gamma de colors i varis sensors, indicaria amb quin nivell de seguretat pots entrar a la carretera a través del carril d'incorporació.

Hem pensat que no seria molt difícil crear una maqueta amb cotxes de joguina per poder fer una representació. D'aquesta manera s'entendria millor el projecte. Fins i tot es podria fer mitjançant *lego mindstorm*.

Els càlculs per fer el semàfor no serien especialment complexes. Es podria calcular la velocitat en diferents trams mitjançant sensors.

**d) Materials biodegradables:**

Aquesta idea consistia en intentar ajudar a l'entorn canviant els plàstics per materials biodegradables.

Vam pensar que podríem crear els materials biodegradables impressora 3D, per després ser utilitzats en la creació de bolígrafs, per exemple.

La majoria dels termoplàstics de el mercat no solen ser els més favorables per al medi ambient. El PLA, ara, és bastant millor en aquest aspecte que l'ABS, que està fet a base de petroli.

El PLA és molt millor per al medi ambient, ja que està creat a partir de recursos basats en plantes, com la canya de sucre o el midó de blat de moro. Malgrat això, són biodegradables a molt llarg termini, de manera que s'han buscat diverses alternatives.

El fet de que ja s'hagués apostat fort per aquesta idea en moltes indústries d'impressió 3D ens va fer plantejar si realment seria un bon projecte.



L'empresa *3d Printlife*, juntament amb *Sierra Resins* va crear el primer filament d'ABS: *Enviro ABS*, creat per a ser biodegradable. Es va començar a parlar sobre els plàstics usats en la impressió 3D, i a discutir la possibilitat de crear additius que poguessin fer el filament ABS biodegradable.

Van estar molts mesos provant diferents biopolímers, barreges i línies d'extrusió.

L'*Enviro ABS*<sup>1</sup> proporciona una bona qualitat d'impressió, bona resolució, i estabilitat dimensional.

Tot i que el filament segueix sent un derivat del petroli, els bacteris associades als bioadditius i una vegada que comença a consumir el filament, aquestes es mouen i el degraden.

Lògicament, això no passa de forma immediata, mentre imprimim o utilitzem les peces impreses, sinó que és necessària una gran quantitat de bacteris perquè es dugui a terme, com per exemple les que hi ha al lixiviat dels abocadors.



Fig.2 *Enviro ABS*. Font:  
<https://impresiontresde.com/abs-biodegradable-impresion-3d/> (29/11/2019)

---

<sup>1</sup>**ABS:** Acrilonitril Butadiè Estirè. És un plàstic molt resistent als cops i molt utilitzat en l'automoció i altres usos industrials, com la impressió 3D. És un termoplàstic amorf.

**e) Molí d'aigua generador:**

Mitjançant un molinet, es pot generar energia elèctrica introduint-lo dins de l'aigua. El molinet carregaria una bateria portàtil, que llavors es podria fer servir per carregar el mòbil, encendre un LED...

**f) Incrementar la potència dels cotxes:**

També ens hem proposat buscar altres maneres d'incrementar la potència dels cotxes i que siguin diferents als sistemes ja inventats, com els motors turbos.

Això requeriria fer investigacions sobre les substàncies que afavoreixen a la combustió dels carburants, la compressió de l'aire, etc.

Finalment hem decidit descartar-la, ja que es necessitarien aparells de mesura i materials que no es troben al nostre abast.

**g) Reaprofitament de l'energia perduda en la combustió dels motors:**

L'última d'aquestes idees inicials consisteix en buscar una manera d'aprofitar tota l'energia tèrmica perduda en els motors d'explosió.

Com que aquestes màquines tèrmiques tenen moltes pèrdues d'energies, creiem que seria viable reaprofitar l'energia perduda per escalfar aigua o per a la calefacció del cotxe.

Evidentment, també hem rebutjat aquesta última proposta, ja que és un projecte que no podríem acabar realitzant.

### **3) DECISIÓ DE LA IDEA FINAL**

Finalment ens hem decidit per crear un petit aerogenerador, que estaria situat sota els retrovisors dels cotxes, i que permetria generar electricitat gràcies a la força del vent i a la aerodinàmica.

Hem pensat que tampoc seria molt difícil fer les proves ja que disposàvem d'antics retrovisors on podríem muntar el prototip.

Però hem pensat que si afegim un objecte que modifiqui l'aerodinàmica del cotxe (l'aerogenerador), és possible que la velocitat del vehicle es vegi afectada, o bé que disminueixi la força de motor. I per conseqüència, que es gastí més combustible per a fer la mateixa feina.

Això ho hem deduït a partir de la idea que no existeix la màquina perfecte o ideal i que per tant, totes les màquines perden més del que generen.

Volem seguir amb la idea de fer un treball basat en les energies renovables, així que la feina ara està en pensar una alternativa al problema plantejat.

Hem arribat a la conclusió que aplicar l'aerogenerador en una bicicleta seria una bona opció ja que és un transport net (no contamina) i el que perdem a canvi de produir energia elèctrica és velocitat. Creiem que és un cost fàcil d'acceptar a canvi de carregar un mòbil, per exemple.

Però abans de començar a crear el nostre prototip ve la part de recerca i investigació. Primer cal calcular quin seria l'aerogenerador ideal (tipus i disposició de les pales, dimensions de les aspes, material del que estan fetes, el radi de rotació, etc.). Llavors, un cop sapiguem el nostre model, hauríem de buscar quines possibilitats de pales trobem en el mercat (preus, materials, dimensions...). Si resulta que no hi ha cap que s'ajusti al nostre model que haurem pensat, l'única solució viable seria crear nosaltres mateixos les pales (aquí entra en escena l'ús d'eines com les impressores 3D, que ens facilitarien molt la feina).

Un cop tinguem diferents pales, compararem el que produeix cada una i mitjançant una gràfica veurem quin és el millor tipus de pala i l'aplicarem.

A partir d'aquí, es pot crear el prototip de l'aerogenerador que volem. Per això també cal investigar la millor manera d'integrar l'aerogenerador a la bicicleta.

Aquí és quan comença la part d'experimentació: a quina velocitat obtenim un major rendiment de les pales, calcular el voltatge generat depenent de les velocitats de les aspes (com més ràpid vagi la bicicleta, més velocitat de vent i per tant, el molinet genera més electricitat). I per últim, caldria trobar la utilitat de l'electricitat generada (usos i aplicacions: recarregar una bateria portàtil, encendre alguna llum, carregar un mòbil...).

### **3.1) IDEA FINAL**

Com ja hem dit, hem arribat a la conclusió que seria més convenient utilitzar l'aerogenerador en una bicicleta degut a que en un cotxe perdríem més energia de la que es generaria, ja que no existeix la màquina perfecte. És a dir, com que no és una màquina ideal, perdria més en aerodinàmica i això faria que el cotxe consumeixi més combustible del que generariem elèctricament amb l'aerogenerador.

En una bicicleta, l'energia que perdríem es transformaria en una mica menys de velocitat, que recau en una mica més d'esforç en la pedalada, però és un inconvenient molt petit que gairebé ni es nota i sofert a canvi de carregar una bateria portàtil, mòbil o llum.

## **4) ESTUDI DELS AEROGENERADORS I L'ENERGIA EÒLICA**

### **4.1) LES ENERGIES**

L'ésser humà necessita tot tipus d'energies per poder dur a terme les activitats del dia a dia.

Dins d'aquests tipus d'energies trobem dos grans grups:

- Les energies renovables (eòlica, solar, marina, hidràulica, geotèrmica, biomassa, RSU)
- Les energies no renovables (carbó, petroli, gas natural, nuclear...)

*\*Informació detallada de les energies a l'annex.*

#### **4.1.1) L'energia eòlica**

L'energia eòlica és l'energia cinètica del vent que es transforma en energia elèctrica. És una energia molt neta i econòmica però alhora molt sofisticada. Només es pot instal·lar en llocs concrets on el vent sigui constant i amb un velocitat adequada i una direcció predominant. L'aparell que transforma l'energia cinètica del vent en energia elèctrica s'anomena aerogenerador.

- **Beneficis de l'energia eòlica:**

L'energia eòlica és una font d'energia renovable, no contamina, és inesgotable i redueix l'ús de combustibles fòssils, que causen l'escalfament global. A més, l'energia eòlica és una energia que es pot aplicar a qualsevol part del planeta, i que contribueix a reduir les importacions energètiques i a crear riquesa i ocupació de forma local.

Per tot això, la producció d'electricitat mitjançant energia eòlica i el seu ús de contribueixen al desenvolupament sostenible.

De tots aquests avantatges, cal destacar que l'energia eòlica no emet substàncies tòxiques ni contaminants a l'atmosfera, els quals poden ser molt perjudicials per al medi ambient i l'ésser humà. Les substàncies tòxiques poden malmetre els ecosistemes terrestres i aquàtics. Els contaminants de l'aire poden provocar malalties del cor, càncer i malalties respiratòries com l'asma.

L'energia eòlica no genera residus ni contaminació de l'aigua, un factor importantíssim tenint en compte l'escassetat d'aigua. A diferència dels combustibles fòssils i les centrals nuclears, l'energia eòlica té una de les petjades de consum d'aigua més baixes, el que la converteix en clau per a la preservació dels recursos hídrics.

- **Dades sobre l'energia eòlica. Quanta electricitat es crea a partir del vent a tot el món:**

L'energia eòlica subministra actualment més del 3% del consum mundial d'electricitat i s'espera que per al 2020 se superi el 5%. A més llarg termini (2040), l'Agència Internacional de l'Energia preveu que l'energia del vent pugui cobrir el 9% de la demanda elèctrica mundial i més del 20% a Europa.

L'energia eòlica representa aproximadament el 80% de l'electricitat que produeix el grup ACCIONA anualment. El 2014, la companyia va produir a partir del vent un total de 17.482 GWh, equivalent al consum de prop de cinc milions de persones.

El 60% de la producció eòlica va estar destinada al mercat espanyol, amb 10.378 GWh, mentre que el 40% va correspondre a altres països: EUA (2.278 GWh), Mèxic (2.174 GWh), Austràlia (932 GWh) , Canadà (516 GWh), Portugal (417 GWh), Itàlia (239 GWh) i l'Índia (226 GWh), com a principals mercats.

- **Països líders en la implantació d'energia eòlica a nivell mundial:**

La potència eòlica instal·lada al món va superar, a finals del 2015, els 400.000 MW instal·lats. Segons estimacions provisionals de la consultora *Navigant\_BTM*, aquesta potència instal·lada creixerà més del 40% fins al 2019, quan sobrepassarà els 600.000 MW.

Espanya ha estat un dels països pioners i líders en l'aprofitament del vent per produir electricitat. Espanya va aconseguir ser el primer país del món en què l'energia eòlica fos la principal font d'energia elèctrica. Això ens situa també com un país molt avançat en les solucions tecnològiques que permeten la seva integració en xarxa.

Tot i que la implantació eòlica s'ha alentit en els últims anys, Espanya continua sent el segon país europeu que major energia eòlica produeix després d'Alemanya (43.723 MW); i és el cinquè del món, després de Xina (138.060 MW), EUA (71.000 MW) i l'Índia (25.219 MW).

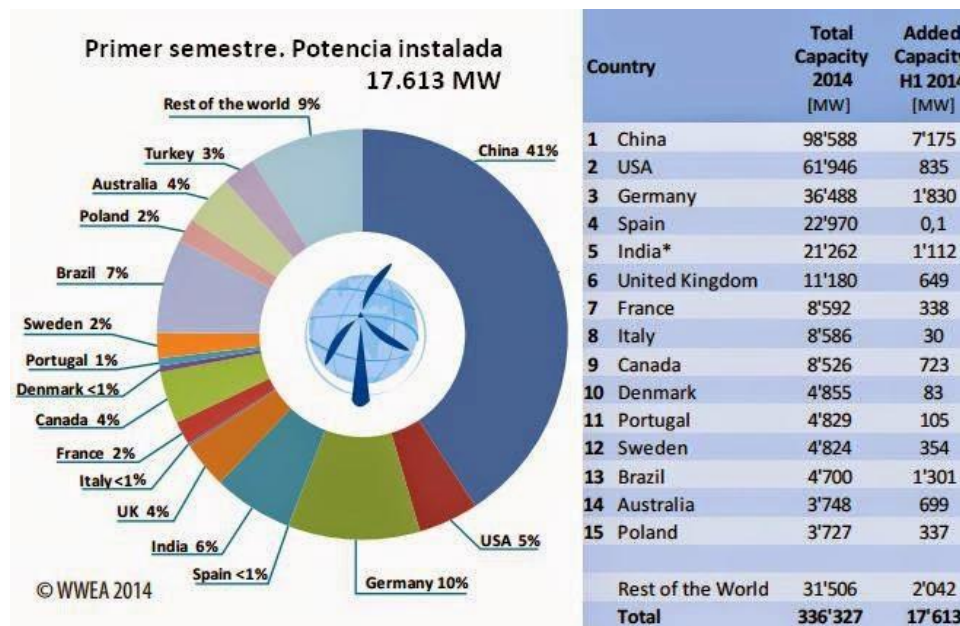


Fig. 4.1.1 Gràfic de l'energia eòlica mundial. Font: <https://elperiodicodelaenergia.com/la-industria-eolica-crece-en-todo-el-mundo-menos-en-espana/> (20/6/2019)

## 4.2) HISTÒRIA DE L'ENERGIA EÒLICA

En comptes d'explicar la història dels aerogeneradors, parlarem sobre la història de l'energia eòlica que està estretament relacionat.

L'energia eòlica és una de les formes d'energia més antigues usades per la humanitat. Cal retrocedir fins a l'any 3.000 a. C. per trobar el primer ús generalitzat del vent com a font d'energia. Va ser en els primers vaixells velers a l'antic Egipte.

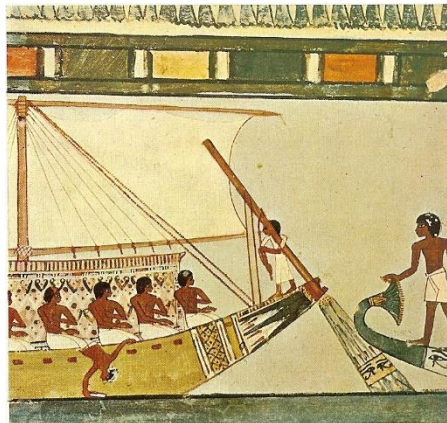


Figura 4.2 Velers de l'antic Egipte.

Font:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Transporte\\_en\\_el\\_Antiguo\\_Egipto](https://es.wikipedia.org/wiki/Transporte_en_el_Antiguo_Egipto)  
(20/6/2019)

Els primers molins de vent daten del segle VII i es van localitzar a Sistan, en l'actual Afganistan (antiga Pèrsia). Aquells molins, d'eix vertical i amb sis o vuit espelmes de tela, s'usaven per moldre gra o per bombar aigua.

A Europa es van construir els primers molins al segle XII a França i Anglaterra.

Amb la invenció de la màquina de vapor durant la Revolució Industrial, els molins van perdre sentit i el següent pas en la història de l'energia eòlica va arribar en els primers anys d'aquest segle XIX.



L'any 1802 Lord Kelvin va tenir la idea d'acoblar un generador elèctric a una màquina que aprofités el vent. Va ser l'antecedent de l'aerogenerador, que no es va poder crear fins que el 1850 es va inventar la dinamo<sup>2</sup>.

L'inventor Charles F. Brush va crear el 1888 la primera turbina eòlica per generar electricitat. Dos anys després, Dinamarca va iniciar un programa per investigar aquesta energia. Més tard, Poul la Cour va posar en marxa la primera màquina dissenyada específicament per generar electricitat a partir de l'energia eòlica.



Fig. 4.3 Aerogenerador de Paul la Cour.  
Font: <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/res/lacour1a.jpg> (23/7/2019)  
(20/6/2019)

Als anys 70, amb la primera crisi del petroli, es van haver de buscar noves fonts d'energia. A finals d'aquesta dècada van aparèixer els primers aerogeneradors comercials, que el 1980 van arribar a generar 55 kW. Va durant els anys 80 quan l'energia eòlica va començar a créixer de manera imparable, sobretot a partir dels moviments contra l'energia nuclear.

En l'última dècada del segle XX es van produir els avenços que van fer d'aquesta font d'energia, una alternativa viable a les fonts tradicionals.

---

<sup>2</sup>**Dinamo:** és un generador elèctric destinat a la transformació de flux magnètic en electricitat mitjançant el fenomen de la inducció electromagnètica, generant un corrent

El 2001 es va crear a Dinamarca l'Associació Mundial d'Energia Eòlica (*World Wind Energy Association*), amb seu a Bonn (Alemanya) i concebuda com una organització internacional per a la promoció mundial d'aquesta font d'energia. Compta actualment amb uns 500 membres en més de cent països.

En l'actualitat, generen energia eòlica més de 80 països, la gran majoria són països desenvolupats però també, i cada vegada més, països en vies de desenvolupament.

Europa és la regió amb major nombre d'aerogeneradors. Hi ha uns 200.000 distribuïts pel món que, segons dades de finals del 2011, generen 238,351 MW d'energia.

#### 4.2.1) Cronologia

- **Charles F. Brush** (1849-1929), un dels fundadors de la companyia elèctrica americana. L'estiu de 1887-1888 va construir una màquina considerada com el primer aerogenerador d'electricitat.  
Les dimensions eren per a aquella època enormes: Diàmetre de rotor de 17m i 144 fulls de rotor de fusta de cedre.  
Va estar en funcionament més de 20 anys, durant els quals alimentava una bateria col·locada en el seu soterrani. Tot i les dimensions del rotor, la potència de l'aerogenerador era solament de 12kw.
- **Poul la Cour** (1846-1908), meteoròleg danès. Se'l considera el pare de l'energia eòlica moderna. Els seus primers aerogeneradors comercials es van instal·lar després de la Primera Guerra Mundial, com a conseqüència de l'escassetat de combustibles.  
Va fundar la primera acadèmia d'energia eòlica, d'on van sortir els primers enginyers especialitzats.
- **Albert Betz** (1885-1968), Físic alemany. En la seva etapa de director de l'institut aerodinàmic a Göttingen, va formular la llei Betz, que establí el màxim valor que es pot aprofitar de l'energia cinètica del vent: 59,3%.

La seva teoria sobre la formació de les ales encara serveix de fonament per a la construcció d'aerogeneradors.

- **Palmer Cosslett Putnam** (1910-1986), enginyer americà, va desenvolupar el 1941 l'aerogenerador *Smith Putman*, de 1,25MW. Aquest aerogenerador va treballar fins el 1945 sense interrupcions, fins que una fallada en el material va fer que deixés de funcionar.  
En aquella època no existien materials en el mercat aptes per construir aerogeneradors més eficaços.
- **Ulrich W Hüttner** (1910-1990), enginyer alemany. El seu aerogenerador *StGW-34* de l'any 1957 es considerat com el primer pas per a la tecnologia eòlica moderna.
- **Johannes Juul** (1887-1969), enginyer danès. Estudiant de Poul la Cour. Va construir el primer aerogenerador per a corrent altern de 200 kW, a Dinamarca, el 1957. És el predecessor dels aerogeneradors actuals.

### 4.3) ELS AEROGENERADORS

Un aerogenerador és un aparell capaç de convertir l'energia cinètica del vent en energia elèctrica. Les seves pales giren entre 13 i 20 revolucions per minut.

La seva vida mitjana és superior als 25 anys degut a la millora en la tecnologia d'aquest sector.

El funcionament dels aerogeneradors es pot explicar amb les següents fases:

- **Orientació automàtica:** Per a aprofitar al màxim l'energia cinètica del vent, l'aerogenerador s'ha d'orientar i busca la posició ideal mitjançant una veleta i un anemòmetre, l'aerogenerador gira sobre una corona situada al final de la torre.

- **Gir de les pales:** El vent fa girar les pales. Hi ha un règim de velocitats:
  1. De 0-3 m/s: Velocitat d'engegada (per vèncer la inèrcia del rotor i de producció nul·la.
  2. De 4-5 m/s: Velocitat de connexió (connexió a xarxa)
  3. De 5-10 m/s: Velocitat de disseny (màxim rendiment energètic)
  4. De 15-25 m/s: Velocitat nominal (s'obté la màxima potència possible i hi ha bastantes pèrdues d'energia)
  5. Més de 25 m/s: Velocitat de parada ja que l'aerogenerador es podria fer malbé.
- **Multiplicació:** El rotor fa girar un eix lent que està connectat a un multiplicador que eleva les aproximades 13 rpm de les pales a unes 1500 rpm.
- **Generació:** L'eix ràpid (1500 rpm) transfereix la seva energia a un generador que té acoblat que produeix electricitat.
- **Evacuació:** L'energia generada es transporta per l'interior de la torre fins a la base, on s'eleva la tensió i s'injecta a la xarxa elèctrica.
- **Monitorització:** Totes les funcions crítiques de l'aerogenerador estan controlades per ordinador des de la sala de control per si hi ha problemes.

#### 4.3.1) Els dos grans grups d'aerogeneradors

##### A) Aerogeneradors d'eix vertical:

Són aquells en els quals l'eix de rotació es troba perpendicular al terra. També es denominen VAWT (de l'anglès, *Vertical Axis Wind Turbine*).

- **Avantatges:**

- No necessiten torre, de manera que la instal·lació i manteniment dels sistemes de generació és més fàcil
- No necessiten mecanisme d'orientació per orientar-se respecte al vent.

- **Inconvenients:**

- En estar prop de terra la velocitat del vent és de baixa eficiència
- No són d'arrencada automàtic, requereixen connexió a la xarxa per poder arrencar utilitzant el generador com a motor
- Requereixen cables tensors

- **Exemples:**

- **Savonius:** Els generadors del tipus *Savonius* són d'eix vertical i normalment de baixa potència. Encara que tenen un baix rendiment a causa de la seva simplicitat són molt utilitzats per subministrar energia a aparells molt aïllats i de poc consum.

La seva construcció és molt simple consta de dos semicilindres col·locats en forma de S. El seu funcionament també és simple, la part còncaua recull la força del vent, mentre que l'altre semicilindre dona la cara convexa que té menys resistència al vent i d'aquesta forma el vent fa girar el rotor i aquest, el generador, que normalment es troba a la part inferior.

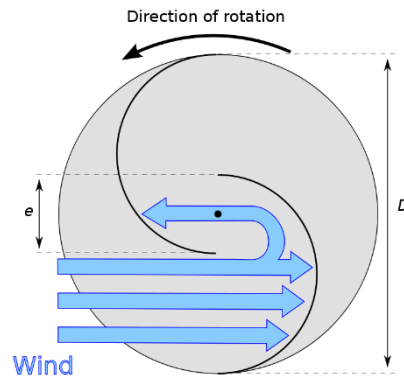


Fig. 4.2.1 Aerogenerador d'eix vertical *Savonius*. Font: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Rotor\\_Savonius#/media/Fitxer:Savonius-rotor\\_en.svg](https://ca.wikipedia.org/wiki/Rotor_Savonius#/media/Fitxer:Savonius-rotor_en.svg) (24/7/2019)

- **Darrieus:** Els aerogeneradors *Darrieus* estan basats en el rotor d'eix vertical desenvolupat per l'enginyer francès Georges Darrieus. Aquests rotors presenten la particularitat que no s'engeguen sols. Cal donar-los una velocitat inicial mitjançant un motor o rotors *Savonius* acoblats. Pel seu aspecte, en els països de parla anglesa se'l coneix per l'*eggbeater*, és a dir, la batedora.

És un sistema relativament bo ja que té un elevat rendiment i no necessita cap mecanisme d'orientació.

Però encara que es fàcil el manteniment del generador ja que es troba a la base, la dificultat de construcció i de control davant de grans vents ha fet que la seva construcció pràcticament s'abandonés.



Fig. 4.2.1 Aerogenerador d'eix vertical *Darrieus*. Font: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darrieus-Rotor\\_Ennabeuren-3256.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darrieus-Rotor_Ennabeuren-3256.jpg) (24/7/2019)

## B) Aerogeneradors d'eix horitzontal o de pales:

Són aquells en els quals l'eix de rotació de l'equip es troba paral·lel al terra. Aquesta és la tecnologia que s'ha imposat, per la seva eficiència i confiabilitat i la capacitat d'adaptar-se diferents potències.

Les seves parts són les següents:

- **Rotor:** les pales del rotor, construïdes principalment amb materials compostos, es dissenyen per transformar l'energia cinètica del vent en un moment torçor en l'eix de l'equip. Els rotors moderns poden arribar a tenir un diàmetre de 42 a 80 metres i produir potències equivalents de diversos MW. La velocitat de rotació està normalment limitada per la velocitat de punta de pala, el límit actual s'estableix per criteris acústics.
- **Góndola o nacelle:** serveix d'allotjament per als elements mecànics i elèctrics (multiplicadora, generador, armaris de control, ...) de l'aerogenerador.

- **Caixa d'engranatges o multiplicadora:** pot estar present o no depenent del model. Transformen la baixa velocitat de l'eix del rotor en alta velocitat de rotació en l'eix del generador elèctric.
- **Generador:** existeixen diferents tipus depenent del disseny de l'aerogenerador. Poden ser síncrons o asíncrons, gàbia d'esquirol o doblement alimentats, amb excitació o amb imants permanents. El podem definir com a part del generador que converteix l'energia en electricitat.
- **La torre:** situa el generador a una major alçada, on els vents són de major intensitat i per permetre el gir de les pales i transmet les càrregues de l'equip a terra.
- **Sistema de control:** es fa càrrec del funcionament segur i eficient de l'equip, controla l'orientació de la gòndola, la posició de les pales i la potència total lliurada per l'equip.

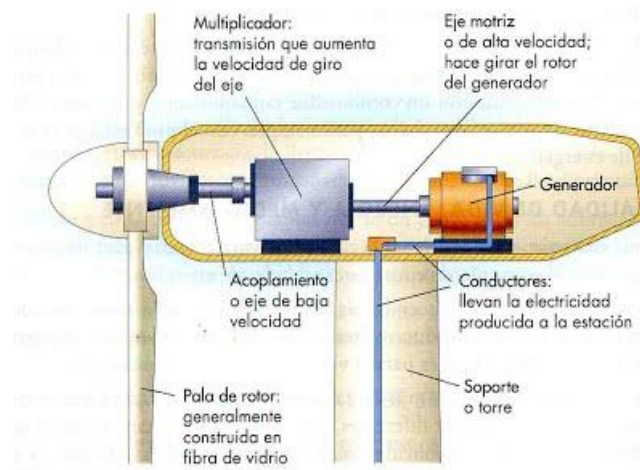


Figura 4.2.1 Parts d'un aerogenerador. Font: <https://como-funciona.co/un-aerogenerador/> (20/6/2019).



- **Per què miren sempre cap a la mateixa direcció?**

Com un camp de gira-sols, els aerogeneradors s'orienten sempre en la mateixa direcció perseguir al vent i aprofitar al màxim l'energia d'aquest. Això ho aconseguen gràcies a un panell o vela que indica el control si el rotor està correctament situat davant del vent.

- **Com aconseguen el vent moure les pales?**

A vegades costa imaginar com les aspes dels aerogeneradors, per tal grandària i pes, s'aconsegueixen moure amb un vent de característiques normals. La raó resideix en el també anomenat perfil aerodinàmic: l'incidir el vent perpendicularment en elles, es genera una força de sustentació que provoca el moviment.

- **Com aguanta la torre tant de pes?**

La torre d'un aerogenerador és el component estructural sobre el qual es fixa el rotor i la gòndola. A més, suporta tota la força del vent. La clau està en un bon disseny i composició ja que ha de ser capaç d'aguantar l'equivalent al pes de 15 elefants adults.

#### 4.3.2) Les pales d'un aerogenerador

Les pales generalment estan construïdes de la següent manera: una estructura central resistent més dues cobertes exteriors que formen el perfil aerodinàmic, de manera guerxa i amplada decreixent cap a la punta en direcció axial.

Els requisits que ha de complir la pala perquè tot aquest correcte són:

- Resistència estructural adequada a les condicions.
- Resistència a fatiga (tensions alternes degudes a vibracions).
- Rigidesa
- Pes baix
- Facilitat de fabricació
- Resistència a agents mediambientals (erosió, corrosió...)

Els materials més emprats són:

- Aliatges d'acer i d'alumini: tenen problemes de pes i de fatiga del metall, respectivament, són actualment usades només en aerogeneradors molt petits.
- Fibra de vidre reforçada amb resina polièster: utilitzada en la majoria de les modernes pales de rotor de grans aerogeneradors.
- Fibra de vidre reforçada amb resina *epoxy* (*GRP*): són pales més lleugeres, amb més flexibilitat, menor deformació sota temperatures extremes i una excel·lent resistència a l'absorció d'aigua.
- Fibra de carboni o aramides (*Kevlar 29* o *Kevlar 49*) com a material de reforç: Alta resistència específica, pales molt lleugeres. Normalment aquestes pales no són gens econòmiques per a grans aerogeneradors.
- Mixtes: fibra de vidre-fibra de carboni.
- Materials compostos (compòsits) de fusta, fusta-*epoxy*, o fusta-fibra-*epoxy*.

#### 4.3.3) Assajos sotmesos a les pales

- a. Test **estàtic**: les pales són sotmeses a càrregues extremes durant un temps predeterminat (10-15 s), per provar la seva resistència al trencament: són flexionats en dues direccions utilitzant un cicle proper a la freqüència natural de la pala en cada direcció.
- b. Test **dinàmic**: se sotmet a la pala a oscil·lacions corresponents amb la seva freqüència natural.
- c. Test **de trencament**: quan s'utilitza un nou material o s'ha realitzat un canvi significatiu en el disseny de la pala, es realitza addicionalment un test de trencament, que no és més que portar el test estàtic al cas extrem, aplicant una càrrega estàtica creixent en valor fins a aconseguir que la pala trenqui.

#### 4.3.4) Fases de la construcció de les pales

- **Com es porta a terme el manteniment?**

Hi ha dos tipus de manteniment: el preventiu i el correctiu.

El primer consisteix en la realització d'inspeccions periòdiques per determinar l'estat de les pales i trobar possibles desperfectes. Aquests revisions s'efectuen mitjançant diferents tècniques: des de terra, amb teleobjectius d'alta precisió; pujant a les pales amb cordes, grues o plataformes elevadores; i en remot, a través de drons teledirigits.

Per l'altra banda, el manteniment correctiu consisteix en la reparació o reconstrucció de les pales per solucionar els danys que van apareixent, tant en la superfície com en la seva estructura.

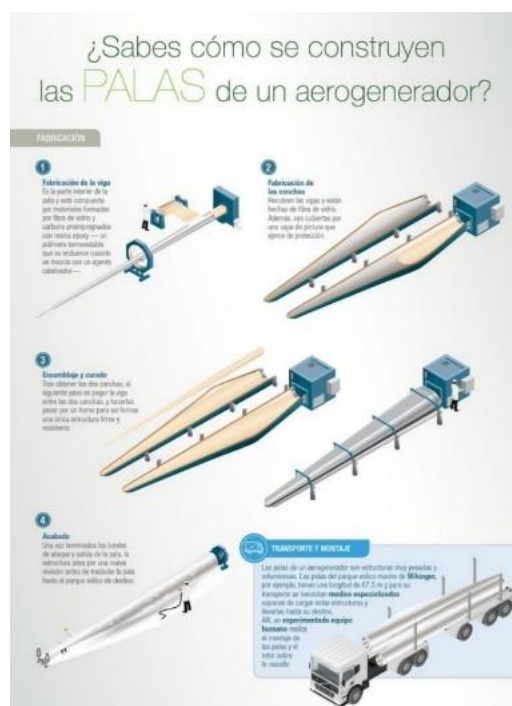


Fig. 4.3.4 Manteniment de les pales.  
Font: <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/top-stories/palas-aerogeneradores> (22/7/2019)

- **Com es reparen les pales?**

Les pales dels aerogeneradors poden patir esquerdes, desperfectes causats per l'impacte de llamps i aus o obertures en la vora d'atac o sortida, entre d'altres danys. Les tasques de reparació les realitzen treballadors en alçada, que es penjen de les pales amb cordes o s'eleven fins a elles mitjançant plataformes suspeses.

En l'actualitat, s'estudien sistemes de reparació i neteja alternatius, com *drons*, per evitar que els operaris hagin de pujar a les turbines.

- **Com es decideix on instal·lar un parc eòlic?**

Per analitzar la viabilitat d'un projecte d'energia eòlica és necessari realitzar una valoració de quant produiria aquest parc durant la seva vida útil. Per aconseguir-ho, una de les principals estimacions són les característiques del vent, a més de la pressió i la temperatura de l'aire.



Fig. 4.2.4 Parc eòlic. Font:

<https://www.ecoticias.com/energias-renovables/181616/Luz-verde-para-parque-eolico-La-Pena> (25/7/2019)

## **5) ESTUDI DE LES PALES D'UN AEROGENERADOR**

En aquest apartat ens centrem en les aspes dels aerogeneradors per poder realitzar el seu estudi i, posteriorment, fer varis dissenys propis i crear-los amb una impressora 3D.

Sempre estem parlant d'aerogeneradors d'eix horitzontal, ja que el aerogenerador que nosaltres hem creat és del mateix tipus.

El 1919, el físic Albert Betz va demostrar que per a una hipotètica màquina ideal d'extracció d'energia eòlica, les lleis fonamentals de conservació de la massa i l'energia permetien no més que un  $16/27$  (59,3%) de l'energia cinètica del vent. Aquest límit de Betz pot acostar-se als dissenys moderns de turbines que poden arribar al 70 al 80% d'aquest límit teòric.

La forma i les dimensions de les pales de l'aerogenerador estan determinades pel rendiment aerodinàmic necessari per extreure energia del vent de manera eficient i per la força necessària per resistir les forces de la pala.

El primer objectiu de la majoria de projectes de disseny de pales de turbines eòlica és aconseguir la màxima lleugeresa possible.

Les millores de disseny de les pales dels aerogeneradors haurien d'augmentar la seva eficiència i el seu rendiment i reduir la dificultat per captar el vent.

Per augmentar la capacitat de generació d'energia d'una turbina, les pales han de créixer de longitud (la potència capturada per una turbina és proporcional al quadrat de la longitud de la pala). A mesura que creixen, les pales s'han de mantenir el més lleuger possible. Un pes més baix significa un millor rendiment, una vida útil més llarga i menors costos de fabricació, tots els factors que milloren la competitivitat en els mercats energètics.

En general, els materials ideals utilitzats per a les pales dels aerogeneradors han de complir varis criteris:

- Una àmplia disponibilitat i fàcil processament per reduir costos i manteniment.
- Pes o baixa densitat per reduir les forces gravitacionals.
- Gran resistència per suportar una forta càrrega de vent i força gravitatòria de la pala.
- Alta resistència a la fatiga per resistir la càrrega cíclica.
- Alta rigidesa per assegurar l'estabilitat de la forma i orientació òptimes de la fulla i del joc lliure amb la torre.
- Alta resistència a la fractura.
- Capacitat de suportar els impactes ambientals com els llamps, la humitat i la temperatura.

Hi ha diversos factors en joc a l'hora de dissenyar pales per a un aerogenerador. Potser el factor més important de tots és l'aerodinàmica.

L'aerodinàmica fa referència a les propietats d'un objecte sòlid i l'aire que l'envolta d'interactuar amb ell.

Tenint això en compte, les pales d'un aerogenerador tenen un disseny semblant a les ales d'un avió.

La part posterior de la pala és més corbada que la part frontal, de la mateixa manera que la part final de l'ala d'un avió es corba cap amunt. Aquesta forma variada provoca un diferencial de pressió quan l'aire es mou a través de la pala, i fa que es pugui desplaçar.

A causa de l'obstrucció de la pala, l'aire es mou a una velocitat més ràpida darrere d'aquesta. Això és el que posa en marxa la rotació de les pales i comença el procés de generació elèctrica.

Tot i això, no n'hi ha prou en que les pales es moguin pel vent. Els enginyers han de tenir en compte la velocitat i l'arrossegament en el disseny de les pales per garantir el màxim nivell d'eficiència.

Si es produeix massa arrossegament per l'obstrucció de les pales, el rendiment energètic serà molt inferior. Però alhora, si no es crea suficient arrossegament, les pales es podrien moure massa ràpid, provocant que es trenqués la barrera del so.

Generalment, els aerogeneradors funcionen amb tres pales. Però aquest nombre es deu a varis factors.

A causa de la disminució de l'arrossegament, una pala seria el nombre òptim quan es tracta de rendiment energètic. Tanmateix, una pala podria provocar el desequilibri de la turbina.



Fig. 5 Aerogenerador monopala. Font: <http://www.wind-works.org/cms/> (28/7/2019)

De la mateixa manera, dues pales oferirien un rendiment energètic més gran que tres, però també presentarien problemes. Els aerogeneradors bipales són més propensos a un fenomen conegut com a precessió giroscòpica<sup>3</sup>, amb la qual cosa es produeix una sacsejada. Naturalment, aquest remolí generaria problemes d'estabilitat addicionals per a la turbina en general. Això també posaria estrès en les parts components de la turbina, provocant-se un desgast amb el pas del temps i es torni a fer cada vegada menys efectiu.

---

<sup>3</sup>**Precessió giroscòpica:** el moviment giroscòpic és la tendència d'un objecte giratori a mantenir l'orientació del seu gir. Un objecte giratori té un moment angular i cal conservar aquest impuls. La baldufa seria un objecte amb moviment giroscòpic.



Fig. 5 Aerogenerador bipala. Font:  
<https://renewablesnow.com/>  
(28/7/2019)

Cal afegir que qualsevol nombre de pales superior a tres crearia una major resistència al vent, però al mateix temps alentiria la generació d'electricitat. Per tant també seria menys eficient que una turbina de tres pales.

Per aquests motius, els aerogeneradors amb tres pales són els únics que tenen un gran rendiment energètic i una major estabilitat i durabilitat de la mateixa turbina.



Fig.5 Aerogenerador multipala. Font:  
<https://renewablesnow.com/>  
(25/7/2019)



## 6) PROCÉS DE FABRICACIÓ DE L'AEROGENERADOR

### 6.1) CÀLCUL DE MOTORS: VOLTATGE I INTENSITAT

Taula 6.1. Voltatge i intensitat generada pels diferents motors

Tipus de motor	Vent (km/h)	Voltatge generat (V)	Intensitat generada (A)
<i>Motor DC 1 (5 V – 0,5 A)</i>	20	1,4	0,1 – 0,2
<i>Motor PC 1 (24 v)</i>	20	0,9	0
<i>Motor PC 2 (12 V – 0,3 A)</i>	20	0,04	0
<i>Motor PC 3 (12 V – 0,14 A)</i>	20	0,03	0
<i>Motor PC 4 (12 V – 0,4 A)</i>	20	0,5	0

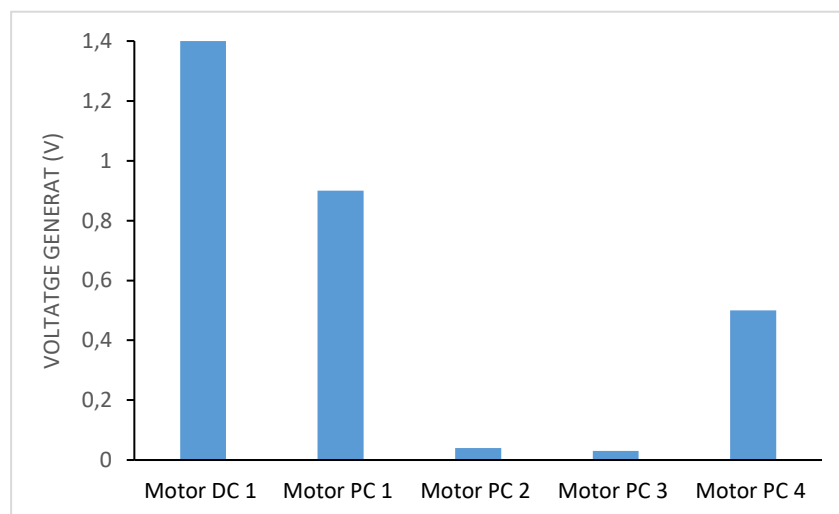


Fig. 6.1 Diagrama de barres del voltatge generat amb un vent de 20 km/h

Pel que fa a l'amperatge, aquests motors generen massa poc intensitat com per mesurar-la amb un multímetre.

Hem fet les proves amb un ventilador que generava vent a 20 km/h, i hem analitzat els diferents tipus de motors: motor DC i motor *brushless* de 12 i 24 V (ventilador de PC). Hem arribat a la conclusió que el motor més adient és el motor DC ja que els altres generen menys voltatge i intensitat.

## 6.2) MESURA DEL VENT EXTERIOR I LA VELOCITAT EN BICICLETA

Hem mesurat el vent en contra (frontal) que ens arribava mentre anàvem amb bicicleta. També cal afegir que hem realitzat la prova amb unes condicions idònies (aparentment sense vent extern). Hem utilitzat dos anemòmetres i una bicicleta amb comptakilòmetres que ens han permès saber que de mitjana hi havia 1 km/h de diferència entre la velocitat del vent i la de la bicicleta. Això era degut majoritàriament a un error humà, ja que per exemple, no hem pogut situar l'anemòmetre en el lloc més idoni per mesurar el vent (el centre del manillar de la bicicleta).

És probable que realment hagi vingut vent d'altres direccions que ens ha pogut afectar en la mesura. Això podria ser un dels causants de l'error esmentat anteriorment.

## 6.3) PROVA DEL MOTOR DEFINITIU, LA PLACA STEP-UP I LA CAPACITAT DE CÀRREGA

Un cop provats tots els diferents motors que disposàvem, hem observat que no hi ha cap que, a una velocitat de vent assequible amb la bicicleta (20 km/h), pugui produir el voltatge mínim per poder carregar una bateria, llum, mòbil, etc. El voltatge mínim que es necessita són 5 V, i nosaltres com a molt generem 3 V amb un motor DC<sup>4</sup> de 12 V (girant amb una velocitat de vent de 20 km/h).

Veient aquest problema hem obtingut un elevador-reductor de voltatge, que ens permet elevar el voltatge que generem amb l'aerogenerador fins a 5 V. Però resulta que tampoc aconseguim elevar-lo, ja que només ha funcionat com a reductor de tensió (redueix el voltatge d'entrada fins al voltatge desitjat).

---

<sup>4</sup>**Motor DC:** de l'anglès *Direct Current*. És una màquina elèctrica rotativa que transforma energia elèctrica en forma de corrent continu en energia mecànica mitjançant interaccions electromagnètiques.

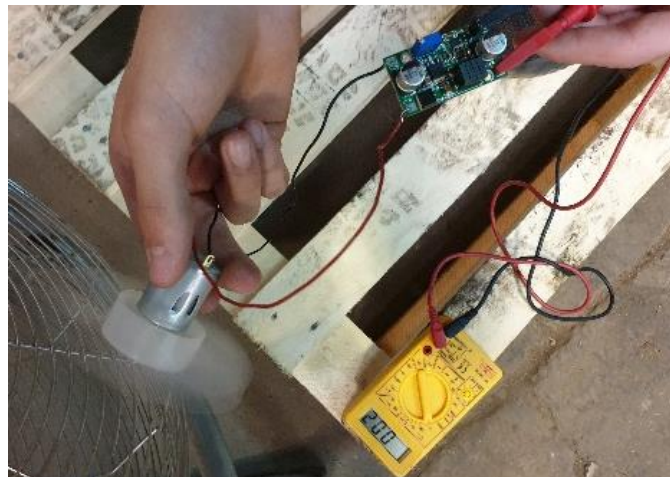


Fig. 6.3 El mòdul no elevava la tensió generada pel motor fins als 5 V de sortida regulats (Font pròpia).

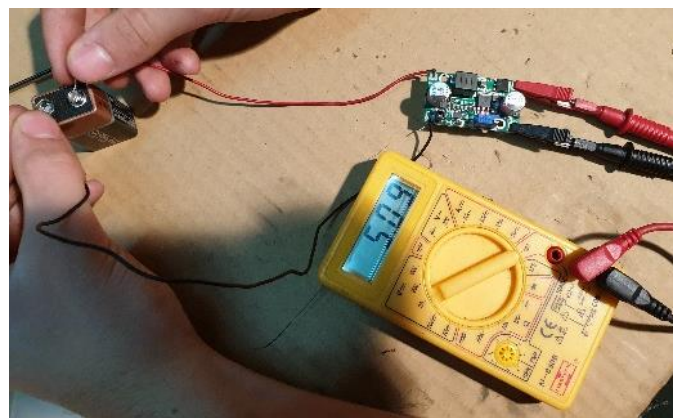


Fig. 6.3 La placa sí que redueix els 9 V d'entrada de la pila fins als 5 V de sortida que hem regulat (Font pròpia).

També hem intentat carregar una pila totalment descarregada amb el nostre aerogenerador provisional, amb el qual obtenim com a molt 3V. Després de deixar una estona l'aerogenerador girant amb un vent de 20 km/h, hem vist que la pila s'havia carregat 1,27V. Hem deixat la pila desconnectada de l'aerogenerador i més tard hem comprovat que s'havia tornat a carregar, però aquesta vegada ella sola.

Suposem que això és degut a un problema de temperatura, ja que on hem fet les proves és un lloc molt càlid. Això haurà provocat que la pila sola hagi augmentat el voltatge i per tant el nostre experiment de carregar la pila amb l'aerogenerador provisional, realment no ha arribat a funcionar.



Fig. 6.3 Aerogenerador en funcionament (vent de 20 km/h) (Font pròpia).



Fig. 6.3 Pila descarregada (1,05 V) (Font pròpia).

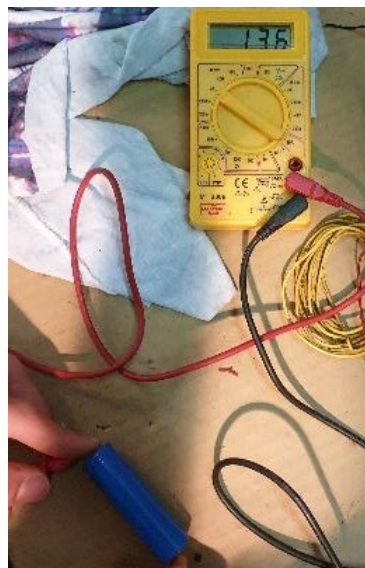


Fig. 6.3 Pila aparentment carregada (1,36 V) (Font pròpia).

#### 6.4) PROVA AMB EL MÒDUL *STEP-UP*

Hem aconseguit un mòdul o placa *step-up* de tensió, el qual eleva la tensió d'entrada (de 1 a 5 V) fins a 5V i 1A de sortida. Aquesta peça és molt útil ja que ens permet carregar una bateria o mòbil amb el voltatge que generem amb l'aerogenerador.

Amb una petita prova hem comprovat que el mòdul sí que elevava la tensió d'entrada fins a 5V.

Taula 6.4. Prova del funcionament de la placa *step-up* amb el motor DC 12 V.

<b>Velocitat del vent (km/h)</b>	14
<b>Tensió generada per l'aerogenerador (V)</b>	2,9
<b>Tensió de sortida (V)</b>	5

#### 6.5) COMPROVACIÓ DEL MÒDUL *STEP-UP*

Avui ens hem dedicat a provar el mòdul elevador de voltatge (*step-up*). Hem connectat l'aerogenerador a la placa i aquesta a la bateria portàtil que utilitzem per a carregar en les proves. Hem sotmès l'aerogenerador als 20 km/h de vent i generava 3,8 V, i la placa ha funcionat durant uns segons, després la llum LED que porta incorporada el mòdul elevador s'ha apagat i la velocitat de gir de l'aerogenerador ha baixat. Al baixar la velocitat també baixa la tensió que produeix i no genera suficient voltatge per mantenir la placa en funcionament.

Suposem que si la placa elevadora frena l'aerogenerador és degut a que els transistors de la placa esmentada necessiten d'una energia inicial per a engegar-se (la tensió d'entrada). Això fa que la poca tensió que generem es vegi encara més reduïda, i per tant no obtenim els 5 V desitjats.

Llavors hem volgut comprovar si la placa seguia funcionant o l'havíem trencada, així que hem utilitzat un transformador que estava connectat a un arrencador de cotxe i que generava els 4 volts de forma continuada. La placa ha funcionat de forma correcta i ens ha permès carregar la bateria portàtil. Per tant semblava que la placa funcionava.



Fig. 6.5 Transformador (regulat a 3 V) connectat a un arrencador de cotxe de 12V (Font pròpia)

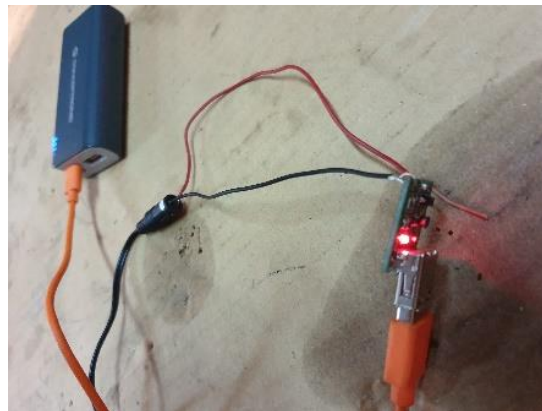


Fig. 6.5 Mòdul connectat al transformador i alhora a la bateria portàtil per mitjà d'un cable USB (Font pròpia).

Tot i això, les següents proves ens han permès saber que el mòdul elevador no funcionava realment.

S'ha pogut comprovar gràcies a dues piles d'1,57 V en sèrie les quals estaven connectades al mòdul elevador, en el qual també se li ha acoblat un cable USB, amb el hem sabut el voltatge de sortida final de tot el circuit (utilitzant un multímetre digital).

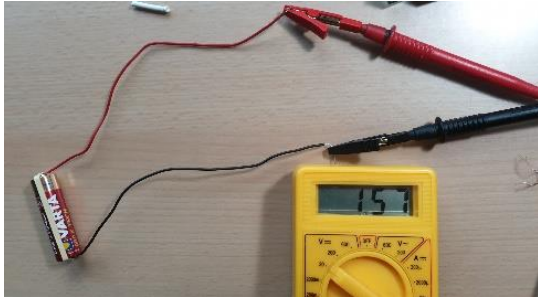


Fig. 6.5 Mesurem el voltatge de la pila (1,57 V) (Font pròpia).



Fig. 6.5 Mesurem les dues piles en sèrie (3,14V) (Font pròpia).

Hem pogut veure que el voltatge de sortida (2,91 V) era inferior al de la entrada (3,14 V). Això és degut a que el mòdul està espatllat i ja no funciona com a elevador de tensió. Si tot funcionés correctament, els transistors del mòdul elevarien aquests 3,14 V d'entrada fins a 5V de sortida.

També podem observar que els transistors del mòdul consumeixen voltatge per funcionar. Això es pot veure, per exemple, amb la diferència de potencial de la entrada amb la de la sortida (0,23 V).

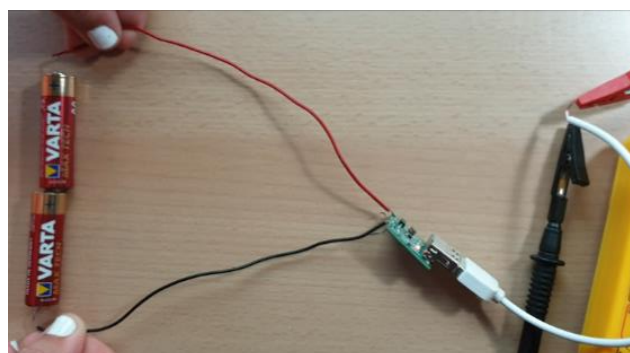


Fig. 6.5 Les dues piles en sèrie connectades al mòdul *step-up* (Font pròpia).



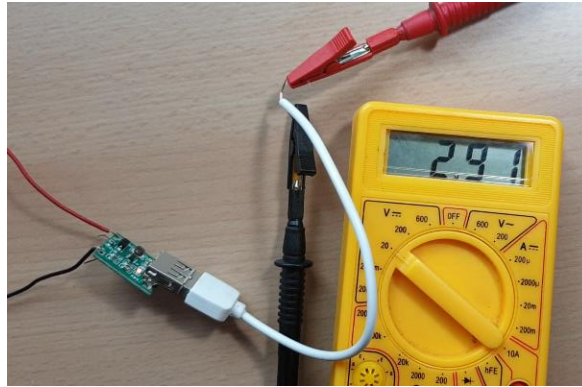


Fig. 6.5 Les dues piles en sèrie connectades al mòdul *step-up* (Font pròpia).

Per tant, aquest mòdul elevador gasta part del voltatge que nosaltres generem amb l'aerogenerador per poder funcionar. Però en aquest cas, com que està espatllat, el mòdul segueix utilitzant aquest voltatge que generem però sense elevar la tensió fins a 5V.

Totes aquestes complicacions que estem tenint a les pràctiques es deuen, majoritàriament, a que no tenim un motor que sigui capaç de generar constantment el voltatge necessari (5V) per carregar un mòbil, bateria portàtil, etc. És per això que estem utilitzant altres peces, com els mòduls elevadors de tensió, que ens permeten arribar a aquesta tensió desitjada. L'inconvenient és que no ens permeten elevar la intensitat que generem amb l'aerogenerador, només el voltatge. Si la intensitat és massa baixa però el voltatge és bo, la nostra turbina trigaria molt de temps en poder carregar un dispositiu mòbil o bateria.

Amb el motor que hem utilitzat en les últimes proves caldria aconseguir una velocitat de gir molt elevada per poder obtenir directament el voltatge i la intensitat necessària. Perquè l'aerogenerador giri a tanta velocitat, es necessitaria aconseguir grans velocitats en bicicleta, d'uns 50 o 60 km/h, o bé que ens trobéssim amb ràfegues de vent bastant fortes.

Com és evident, pretenem que el nostre projecte funcioni a unes velocitats que es puguin aconseguir fàcilment amb una bicicleta, entre 15 i 20 km/h.

L'única solució possible seria aconseguir un motor que al girar amb poques revolucions, generés la tensió i la intensitat necessària.



Malgrat tot, aquests tipus de motors solen ser molt grans i pesants, ja que tenen un bobinatge molt gros per poder funcionar. Evidentment això també ens perjudica.

El fet de dependre de les peces que demanem i que al provar-les no funcionin de la manera esperada ens està fent perdre un temps molt valuós per avançar en el treball de Recerca. Tot i això, cada cop que cometem un error aprenem d'ell i coneixem més el nostre projecte.

## 6.6) ESTUDI DELS MOTORS DE DISQUETERA

Parlant amb alguns dels nostres contactes que ens estan ajudant amb el projecte, hem pensat que dins de les disqueteres dels ordinadors podríem trobar motors de CC que ens fossin útils. Per això hem desmuntat la part de l'ordinador en qüestió i hem aconseguit dos motors idèntics.

Els hem provat amb diferents velocitats de vent i hem obtingut els següents resultats:

Taula 6.6 Proves amb els dos motors de disquetera.

	Motor disquetera 1	Motor disquetera 2
Velocitat del vent (km/h)	20	20
Tensió generada (V)	2,3	2,2
Velocitat de gir (rpm)	10 000	11 200

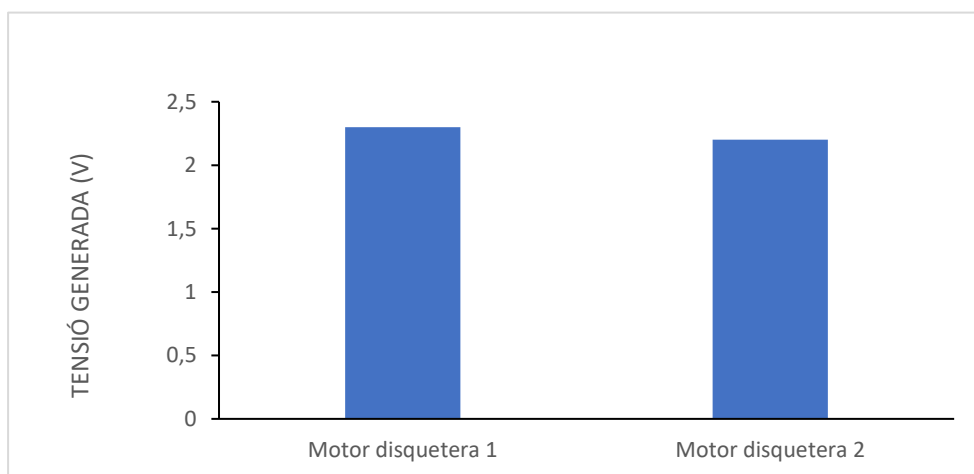


Fig. 6.6 Diagrama de barres del voltatge generat amb un vent de 20 km/h.

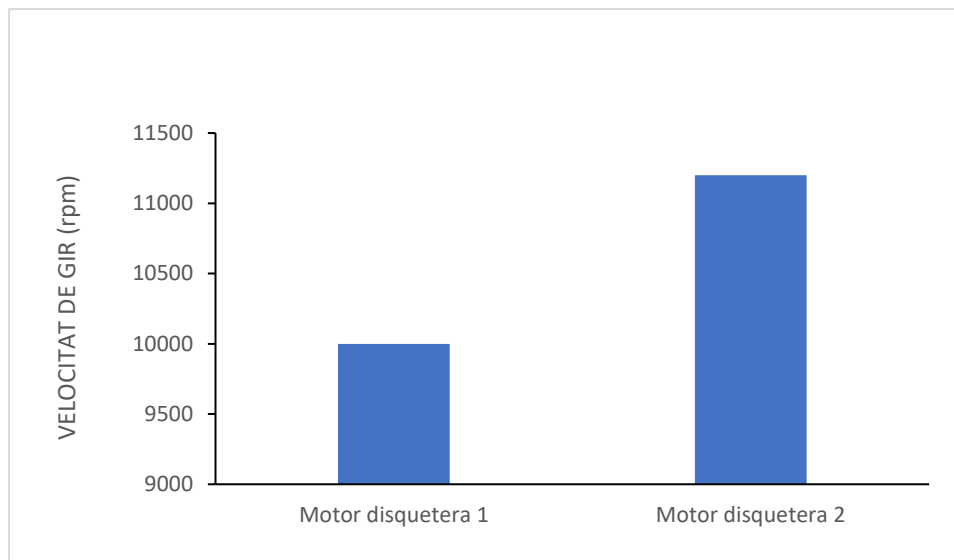


Fig. 6.6 Diagrama de barres de la velocitat de gir dels dos motors amb un vent de 20 km/h.

També hem decidit buscar la velocitat de gir del motor que hem estat utilitzant fins ara (motor DC 12 V), ja que de moment és l'únic que pot ser útil per l'aerogenerador.

Per calcular les velocitats de gir de tots els motors hem utilitzat un tacòmetre. Aquest aparell és molt precís ja que utilitza un sensor lumínic per calcular la velocitat de gir.

Taula 6.6 Velocitat de gir del motor DC 12 V.

Velocitat de vent (km/h)	Velocitat de gir (rpm)
16	5300
18	6200
20	7200

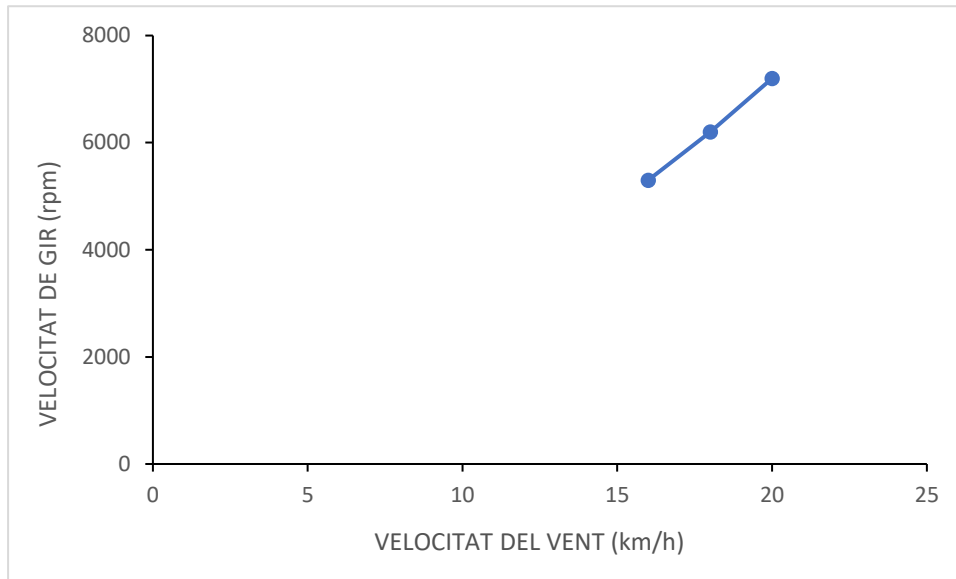


Fig. 6.6 Gràfica de la velocitat de gir del motor DC 12 V amb un vent de 20 km/h.

Com es pot observar, el motor de 12 V ens és més útil, ja que amb menys velocitat de gir, genera més voltatge i intensitat. En aquest punt, després de tants problemes per trobar el motor que ara estem usant, no sabem si canviar-lo per un de 12V i 200 rpm o seguir amb el que tenim.

### 6.7) CÀRREGA D'UN MÒBIL AMB L'AEROGENERADOR

Avui hem connectat la nova placa *step-up* a l'aerogenerador i hem pelat un cable USB per a poder connectar la placa al multímetre digital i hem comprovat que la placa eleva els 3,8 V de l'aerogenerador a 5V. Per tant, funciona correctament.



Fig. 6.7 Aerogenerador generant 5,02 V (Font pròpia).

El següent pas ha sigut connectar el mòbil a la placa, mitjançant un cable USB, i hem comprovat que funciona, que la placa fa bé la seva feina i que es pot carregar el mòbil amb l'electricitat que genera el aerogenerador.



Fig. 6.7 L'aerogenerador aconsegueix carregar el mòbil quan treballa (Font pròpia).

## 6.8) PROVA DE L'AEROGENERADOR EN UNA BICICLETA

Vist que amb el ventilador a un vent constant de 20 km/h l'aerogenerador és capaç de carregar el mòbil, estem disposats a passar al següent nivell i aplicar el nostre objectiu final: provar-ho en una bicicleta.

Mitjançant brides, cinta aïllant i un suport reutilitzat hem instal·lat l'aerogenerador al manillar i el mòbil al quadre de la bicicleta i hem sortit a provar si funciona tot correctament.

Quan hem arribat a la velocitat adequada, s'ha encès la llum de la placa i ha sortit la notificació emergent de càrrega del mòbil. Però de sobte s'ha apagat i s'ha tornat a encendre de forma contínua.



Fig. 6.8 L'aerogenerador instal·lat a la bicicleta, preparat per carregar el mòbil quan funcioni (Font pròpia).

Sobre aquest fet n'hem tret unes quantes hipòtesis. La primera és que la placa s'ha pogut trencar, tot i que després amb el ventilador i el multímetre digital hem comprovat que seguia funcionant correctament. Una altra hipòtesi és que l'aerogenerador no genera prou intensitat. A l'anar amb bicicleta no aconseguim un flux d'aire constant com el del ventilador de les proves. Potser per això no arribem a aconseguir la intensitat mínima.

També pensem que pot ser degut a una mala connexió dels cables. Una altra opció és que les pales es moguessin per inèrcia i realment no estigués carregant el mòbil. A l'acabar ens hem adonat que una de les soldadures que havíem fet entre els cables i la placa estava mal feta, i per tant, és possible que els errors ocorreguts en la prova amb la bicicleta fossin deguts a aquesta mala soldadura. Després ho hem tornat a soldar, aquesta vegada tot més reforçat.

Al tornar a provar l'aerogenerador amb el ventilador, la placa funciona correctament però la notificació del mòbil no funciona bé, hi ha el mateix problema que teníem amb la bicicleta.



Fig. 6.8 Suport de l'aerogenerador al manillar (Font pròpia).

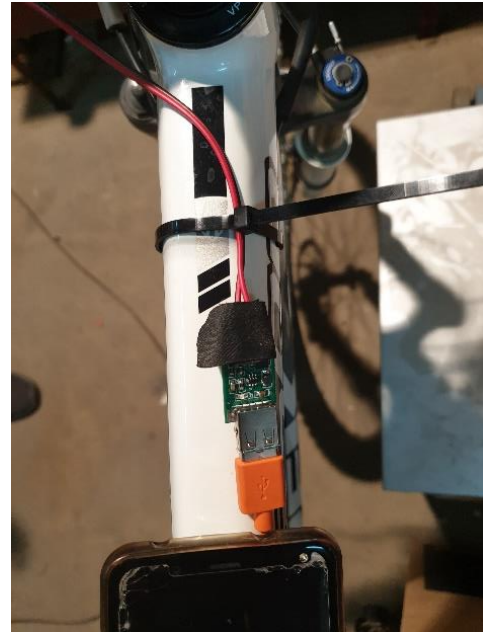


Fig. 6.8 Connexió de la placa *step-up* al cable USB del mòbil (Font pròpia).

Ara cal saber quin és el causant d'aquest problema. Estem pràcticament convençuts de que la baixa intensitat generada per l'aerogenerador és la causant d'aquest problema.

Per solucionar-ho podem aconseguir un motor més potent, que generi més intensitat i més voltatge. L'únic inconvenient seria que aquests motors són més grans que el que hem estat utilitzant fins ara. No seria viable posar un motor molt gros a una bicicleta.

L'altra opció seria tornar a fer aquesta prova un cop tinguem els diferents tipus de pales que haurem fet amb la impressora 3D. La pala amb el rendiment més alt podria fer que el motor giri més ràpid i per tant, obtindríem més intensitat.

## 6.9) MATERIAL EMPARAT EN EL PROCÉS DE CREACIÓ DE L'AEROGENERADOR

Taula 6.9 Material utilitzat en el procés de creació de l'aerogenerador.

Material	Preu (€)
Ventiladors de PC	-
Multímetres digitals (voltímetre/ amperímetre)	-
Anemòmetre	<b>14</b>
Motors DC dinamo	-
Pistoles d'aire comprimit per generar vent	-
Pistola de silicona	-
Cables	-
Estany per soldar	-
Plàstic per a cobrir els cables	-
Bicicleta	-
Tornavisos	-
Motors de disquetera de ordinador	-
Soldador d'estany	-
Motor DC 12 V	<b>10</b>
Plaques <i>step-up</i> (3 en total)	<b>5,85</b>
Placa reductora-elevadora de voltatge	<b>7</b>
2 Pales impreses en 3D	<b>17,5</b>
Pala original de plàstic	<b>3</b>
Tub de PVC	-
Cable USB OTG	<b>3</b>
Ventiladors de 3 velocitats	-
Pinces del multímetre	<b>1</b>
Suports per la bicicleta	-
	<b>43,85</b>

Com que totes les proves les hem realitzat al taller de l'empresa d'en Toni Villarreal (*Bobcat*) ja hem disposat de la gran majoria de materials.

L'únic que hem hagut de comprar han sigut aquelles peces, com les plaques elevadores, que ens han permès construir el nostre aerogenerador.

També cal afegir que les dues pales impreses en 3D s'han pogut imprimir gràcies a *Print3D Girona tr3sDland*.

## **7) DISSENY I IMPRESSIÓ 3D DE LES PALES DE L'AEROGENERADOR**

Després d'haver estudiat les pales dels aerogeneradors, toca realitzar una altra de les parts pràctiques del projecte.

Un dels objectius d'aquest treball consisteix en estudiar i comprovar quin tipus de pala és el més òptim per al nostre aerogenerador. És per això que ens hem proposat crear varis dissenys 3D de pales per poder imprimir-les més tard. D'aquesta manera podrem comprovar quin és el millor tipus de pala per al nostre aerogenerador aplicat a una bicicleta.

### **7.1) CREACIÓ DELS DISSENY 3D DE LES PALES**

Primer de tot hem hagut d'investigar molt sobre tot el món del disseny i la impressió 3D. Hem vist que el fet de dissenyar unes pales nosaltres mateixos seria molt complicat, ja que no posseïem el coneixement ni l'experiència necessària. Per poder fer-ho, cal dominar varis programes informàtics complexes. A part d'això, fer les formes aerodinàmiques de les pales és molt complicat. Han de tenir una curvatura i inclinació determinada per poder girar amb l'acció del vent.

És per això que hem decidit descarregar varis tipus de pales d'Internet. Hi ha moltes pàgines web on dissenyadors experimentats poden penjar els seus dissenys i projectes que poden ser útils per a molta altra gent.

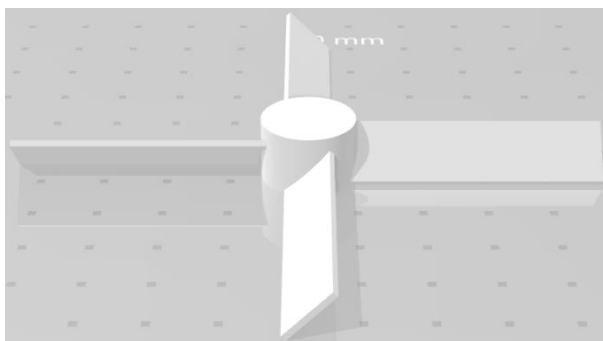


Fig. 7.1 Disseny de pala descarregat de *Thingiverse* (Font pròpia).



Fig. 7.1 Disseny de pala descarregat de *Thingiverse* (Font pròpia).



Nosaltres hem utilitzat una pàgina web que ens ha sigut de gran ajuda. Hem obtingut fins a sis dissenys diferents de pales, els quals ens serviran més tard per fer l'estudi pràctic.

La pàgina web en qüestió s'anomena *Thingiverse*.

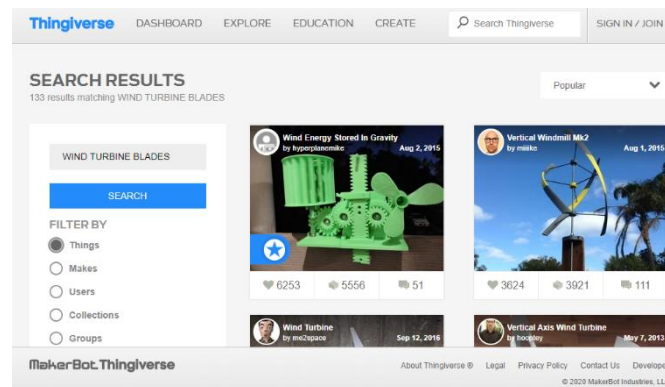


Fig.7.1 *Thingiverse*. Font: <https://www.thingiverse.com/> (20/7/2019)

Es podria dir que el següent pas és més complicat i necessita més dedicació. Un cop tenim els dissenys descarregats, cal modificar-los i adaptar-los a les mides òptimes per al nostre aerogenerador.

Hem variat els seus diàmetres i la seva amplada. Totes mesuren 100 mm de diàmetre, mentre que l'amplada varia amb cada pala: la mínima és de 10 mm i la màxima és de 20 mm.

Per poder-ho realitzar necessitem programes especials per dissenyar en 3D. Ens hem informat i finalment hem decidit descarregar-nos aquells programes que ens podrien ser més útils per a gent poc experta en el disseny 3D.

Els programes descarregats són:

*AstroPrint*

*Paint 3D*

*AutoCAD*

*Blender*

*FreeCAD*

*Fusion 360*

*MatterControl*

Finalment només hem utilitzat tres programes per treballar: *AstroPrint*, *Paint 3D* i *MatterControl*. Aquests són els que ens porten menys complicacions a l'hora de modificar els dissenys.

Un cop ja tenim els dissenys de les pales definitius només ens queda trobar una impressora 3D per poder crear-los.

## 7.2) AVENÇOS I SELECCIÓ DELS DISSENYS DEFINITIUS DE LES PALES

Avui hem pogut quedar amb l'Alfons, un enginyer informàtic que té dues impressores 3D pròpies, una cartesiana i una delta.

La impressora cartesiana funciona amb tres motors que mouen l'extrusor pels tres eixos (X, Y, Z), mentre que la Delta utilitza tres cables tensors que situen l'extrusor en qualsevol punt de la base.

L'Alfons ens ha explicat el funcionament del programa que ell utilitza: **TinkerCAD**. A partir dels tres dissenys de pales que nosaltres ja teníem, ens ha pogut solucionar varis problemes que teníem en aquell moment.

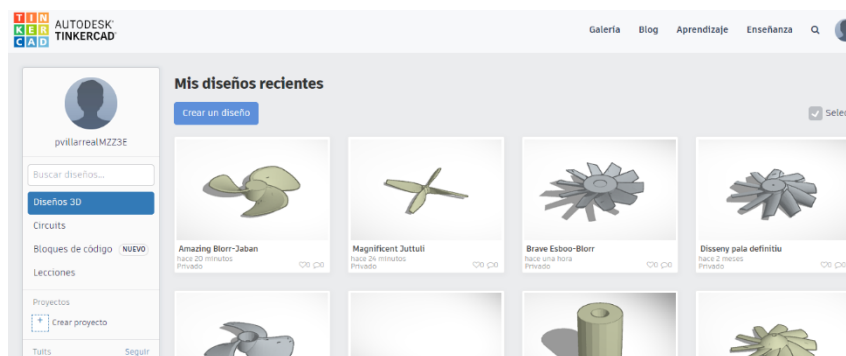


Fig. 7.2 Tinkercad. Font: <https://www.tinkercad.com/dashboard> (23/7/2019)

Primer de tot, necessitàvem un punt o forat on es pogués acoblar l'eix del motor un cop aquestes pales fossin impreses. També ens ha recomanat que ajustéssim i modifiquéssim els tres dissenys: calia fer les pales més lleugeres, ja que sinó no podrien girar amb la força del vent.

Finalment, dels sis dissenys de pales que nosaltres havíem aconseguit crear, n'hem escollit els tres millors. Considerem que aquests tres dissenys poden un major rendiment aerodinàmic i per tant, una millor aplicació en el nostre aerogenerador.

### 7.2.1) Disseny i última modificació del primer disseny de pala

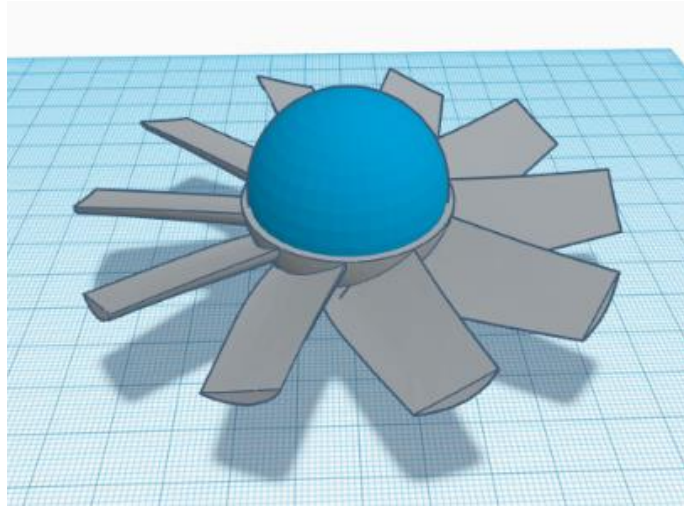


Fig. 7.2.1 Modificació del primer disseny de pala  
(Font pròpia).

L'hem buidat per dins perquè fos més lleuger (com es pot observar a la imatge). D'aquesta manera hem augmentat el rendiment de les pales però alhora abaratit el seu cost de producció (no es necessitarà tant de material)

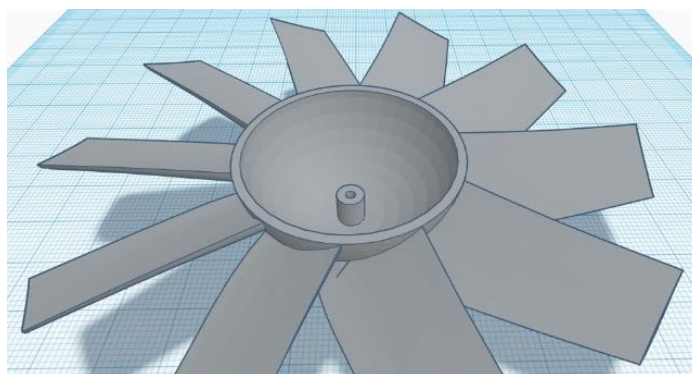


Fig. 7.2.1 Modificació del primer disseny de pala  
(Font pròpia).

També hem creat un forat (2 mm d'ample i 8 mm de llargada) on es pugui acoblar l'eix del motor un cop impresa la pala.

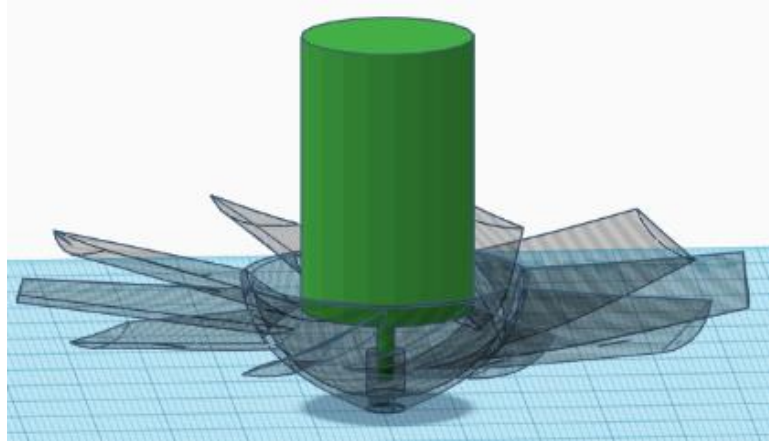


Fig. 7.2.1 Modificació del primer disseny de pala (Font pròpia).

Aquest cilindre verd representa el nostre motor de 12V. D'aquesta manera podem saber que el disseny està correcte i que l'eix del motor es pot acoblar perfectament a la pala.

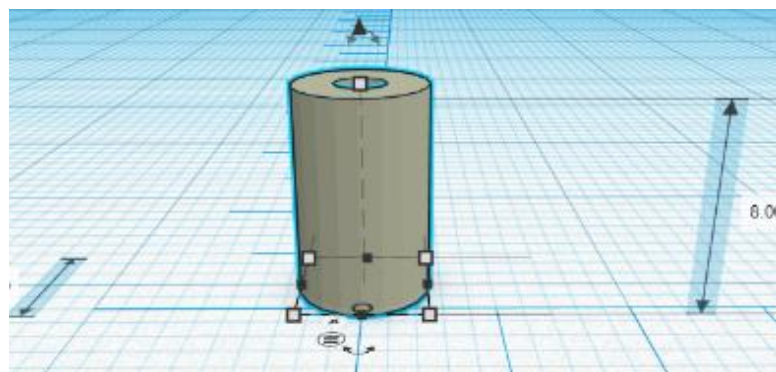


Fig. 7.2.1 Modificació del primer disseny de pala: forat per l'eix del motor DC 12 V (Font pròpia).

### 7.2.2) Disseny del segon tipus de pala

Aquestes pales són les que més s'assemblen a les d'un aerogenerador convencional. Per això creiem que poden funcionar molt bé, ja que deuen tenir un rendiment molt alt.

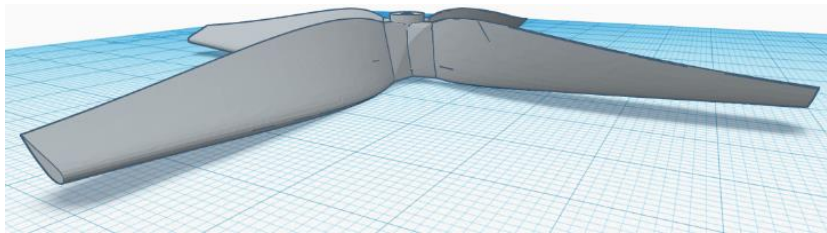


Fig. 7.2.2 Disseny del segon tipus de pala (Font pròpia).

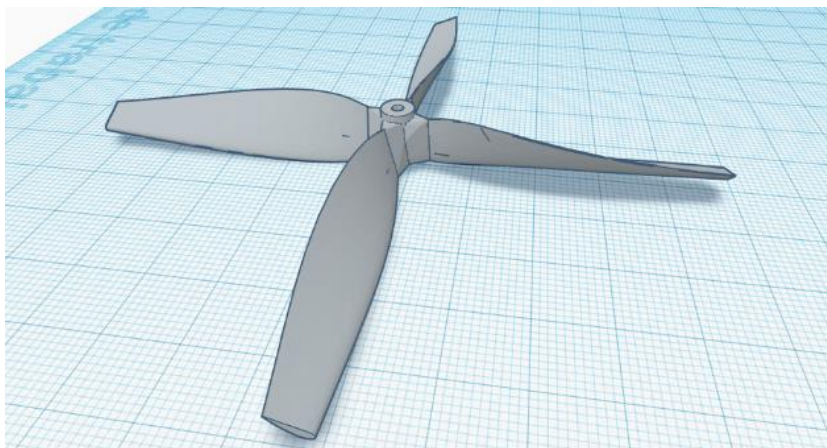


Fig. 7.2.2 Disseny del segon tipus de pala (Font pròpia).

Les formes corbades i la inclinació de les pales millora el rendiment aerodinàmic. La pala gira millor a causa de l'acció del vent.

### 7.2.3) Disseny del tercer tipus de pala

Aquest disseny també podria funcionar molt bé, ja que s'assembla a les pales que ja disposàvem i amb les quals hem fet totes les proves prèvies del procés de creació de l'aerogenerador.



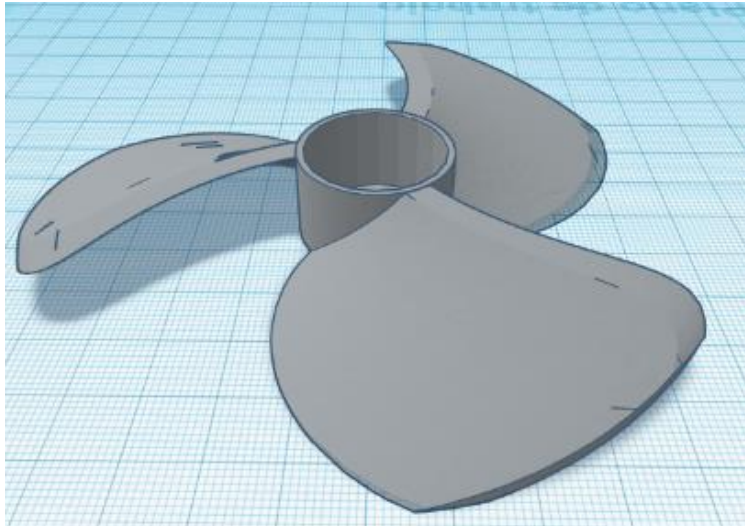


Fig. 7.2.3 Disseny del tercer tipus de pala (Font pròpia).

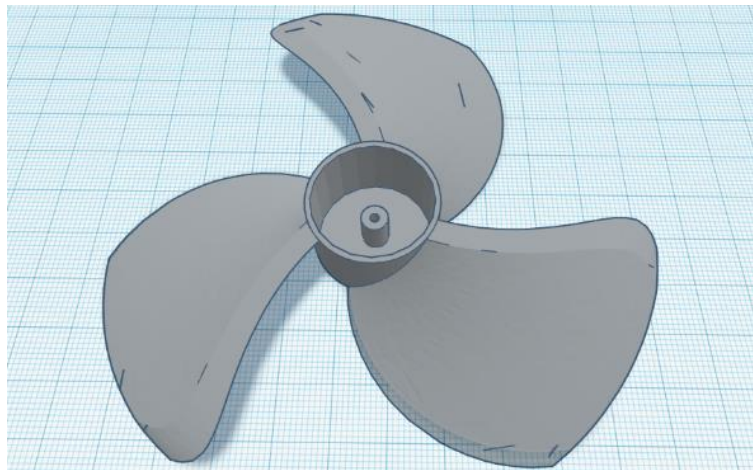


Fig. 7.2.3 Disseny del tercer tipus de pala (Font pròpia).

Amb els tres dissenys definitius de les pales estem disposats a seguir endavant. Ara cal imprimir-les amb una impressora 3D.

### 7.3) IMPRESSIÓ 3D DE LA PRIMERA PALA

Mentre realitzàvem els dissenys de les pales per al nostre aerogenerador, hem contactat amb en Jordi Blanxer, un conegut i pare d'un company nostre. Ell disposa d'una botiga amb varis tipus d'impressores 3D: *Print3D Girona tr3sDland*, al C/ Emili Grahit. Un cop li hem explicat el nostre projecte, s'ha disposat a ajudar-nos amb la impressió de les pales.

Més tard, un cop ja teníem els tres dissenys definitius, hem anat per primer cop a la botiga. Allà hem parlat amb el tècnic de les impressions, en Federico. Li hem mostrat els nostres tres dissenys de pales i ens ha explicat el funcionament de les impressores 3D. Gràcies a la seva ajuda hem descobert varis problemes que podrien sorgir al imprimir les pales.

Els dos últims dissenys, degut al nombre de suports que es necessitarien per poder imprimir-los i també al gruix i la curvatura de les pròpies pales, no són viables per a ser impresos.

La següent decisió que hem pres ha estat la del material. Es podria imprimir en resina (s'obtenen uns resultats més bons, amb menys imperfeccions i més resistent) o amb plàstic ABS (polímer més econòmic i amb menys precisió). Els han pujat més del que ens pensàvem de preu, però la resina és molt més costosa que el ABS, així que ens hem decantat per aquest últim.

Li hem enviat l'arxiu, i al cap d'una setmana ja hem pogut anar a buscar la nostra pala impresa.

En arribar a la botiga, ens ha comentat que el forat on connectaríem l'eix del motor era massa petit, i que no s'ha pogut imprimir amb molta precisió degut a les dimensions.

Ens ha donat la pala impresa de forma gratuïta i ens ha dit que intentéssim fer unes modificacions al disseny amb l'objectiu de solucionar el problema del forat per a l'eix.

Malgrat això, hem pogut fer nosaltres mateixos un forat de 2 mm a la pala per poder acoblar més tard el motor. El forat l'hem fet amb una Dremel®



Fig. 7.3 Forat de l'eix de 2 mm  
(Font pròpia).

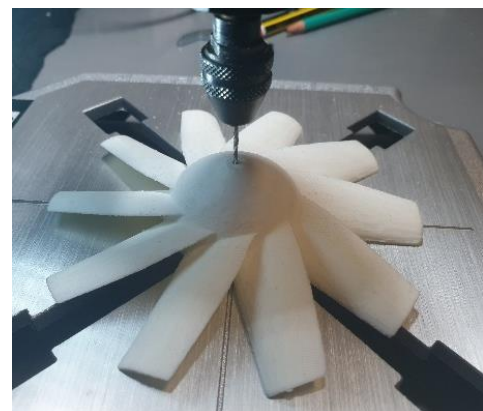


Fig. 7.3 Forat de l'eix de 2 mm  
(Font pròpia).

#### 7.4) MODIFICACIÓ I IMPRESSIÓ DE LA PALA DEFINITIVA

Hem vist que també hem comès un error bastant gran: el sentit de les pales no és el correcte i per tant, les pales no poden girar amb l'acció del vent.



Fig. 7.4 Problemes de la primera pala 3D (Font pròpia).



Fig. 7.4 Problemes de la primera pala 3D (Font pròpia).

Aquesta és la part de la pala que hauria d'anar cara al vent, però resulta que aquesta orientació de les pales no és prou òptima per aprofitar la força del vent. És un disseny que està pensat per impulsar i girar quan rep energia elèctrica, i no pas per girar quan rep la força del vent.

En canvi, amb aquesta orientació de les pales, si que poden girar degut a l'acció del vent.

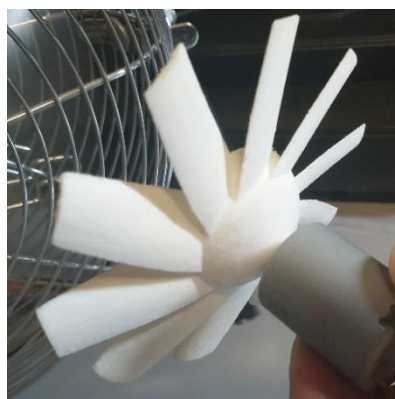


Fig. 7.4 Orientació òptima de la pala (Font pròpia).



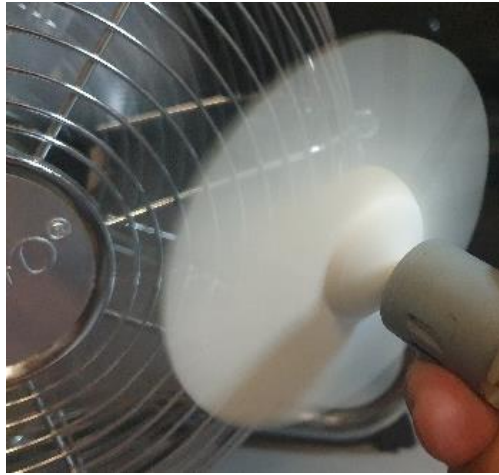


Fig. 7.4 La pala gira correctament  
(Font pròpia).

Així que hem modificat el disseny per solucionar el problema del punt de connexió amb el motor i també hem canviat el sentit de les pales.

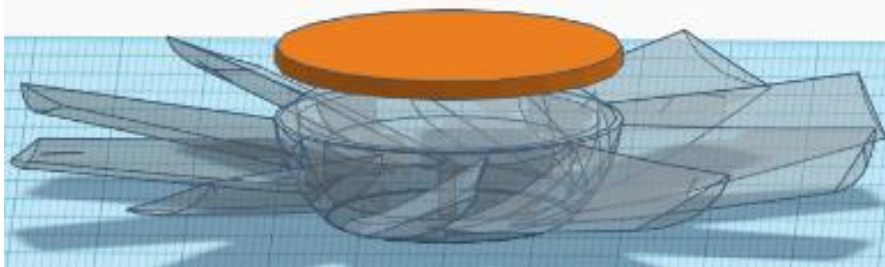


Fig. 7.4 Modificació del disseny definitiu (Font pròpia).

Aquest és l'arxiu modificat amb l'orientació correcta i el forat de 2mm per a l'eix del motor:

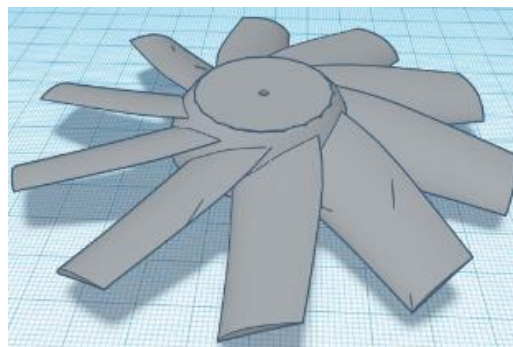


Fig. 7.4 Disseny definitiu de la pala  
(Font pròpia).

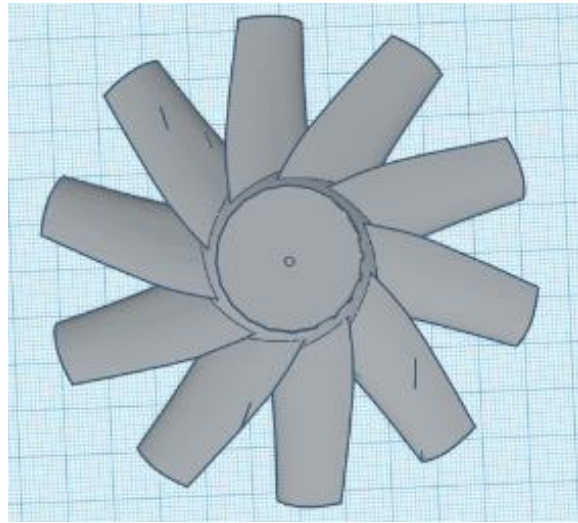


Fig. 7.4 Disseny definitiu de la pala (Font pròpia).

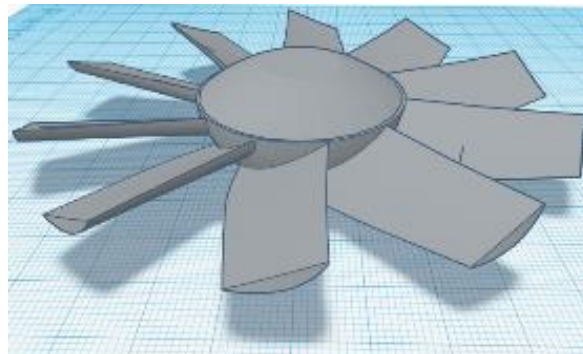


Fig. 7.4 Disseny definitiu de la pala (Font pròpia).

Al cap d'unes setmanes, la pala ja estava impresa i l'hem recollit a la botiga. Ara ja podem dur a terme les proves finals per determinar quina pala és la millor i així poder construir el nostre prototip d'aerogenerador.

## **8) ESTUDI DE LES TRES PALES: SELECCIÓ DE LA PALA DEFINITIVA**

Avui hem anat al taller, on hem realitzat totes les practiques anteriors, i ens hem disposat a elaborar unes taules que relacionin el vent amb el voltatge i la intensitat donades depenent de la pala. A partir de les taules, hem elaborat les gràfiques per poder veure amb més claredat el seu rendiment.

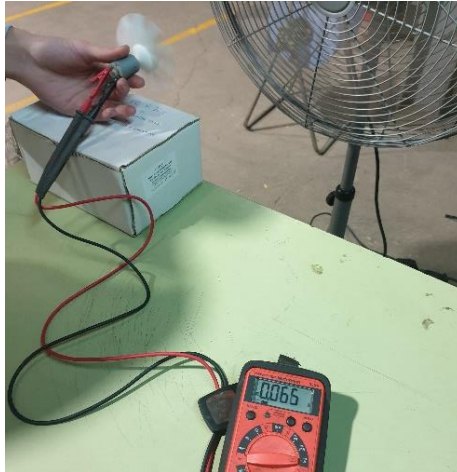


Fig. 8 Proves amb la pala definitiva  
(Font pròpia).

Hem utilitzat dos ventiladors, els dos tenien tres velocitats diferents. El primer generava vents de 7 km/h, 10 km/h i 14 km/h, mentre que el segon assolía velocitats de 18 km/h, 20 km/h i 22 km/h.

Primer hem muntat la pala original de plàstic i, a una distància fixa del ventilador, hem anat apuntant la intensitat i voltatge que generava en les diferents velocitats. Hem repetit el procés amb les altres dues pales.



Fig. 8 Disseny definitiu de la pala  
(Font pròpia).

## 8.1) RESULTATS OBTINGUTS

*\*Mirar als annexos les gràfiques corresponents a cada pala*

- **Pala original (plàstic)**

Taula 8.1 Resultats de la pala original de plàstic.

Velocitat del vent (km/h)	Voltatge generat (V)	Intensitat generada (A)
7	0,8	0,03
10	1,6	0,05
14	1,9	0,07
18	2,7	0,07
20	3,6	0,08
22	4,1	0,1



Fig. 8.1 Pala original de plàstic (Font pròpia).



Fig. 8.1 Pala original de plàstic (Font pròpia).

- Pala impresa 3D “dolenta”

Taula 8.1 Resultats de la pala 3D “dolenta”

Velocitat del vent (km/h)	Voltatge generat (V)	Intensitat generada (A)
7	1,3	0,04
10	2,1	0,05
14	2,7	0,07
18	2,9	0,07
20	3,2	0,09
22	3,9	0,12



Fig. 8.1 Pala 3D “dolenta” (Font pròpia).



Fig. 8.1 Pala 3D “dolenta” (Font pròpia).

- Pala impresa 3D “bona”

Taula 8.1 Resultats de la pala 3D “bona”

Velocitat del vent (km/h)	Voltatge generat (V)	Intensitat generada (A)
7	2,1	0,04
10	2,3	0,06
14	2,6	0,08
18	3,1	0,09
20	3,4	0,1
22	4,1	0,13



Fig. 8.1 Pala 3D “bona” (Font pròpia).



Fig. 8.1 Pala 3D “bona” (Font pròpia).

## 8.2) GRÀFICA CONJUNTA DELS RESULTATS OBTINGUTS

- Voltatge generat pel motor DC 12V amb un vent de 14 km/h (condicions normals de vent aparent):

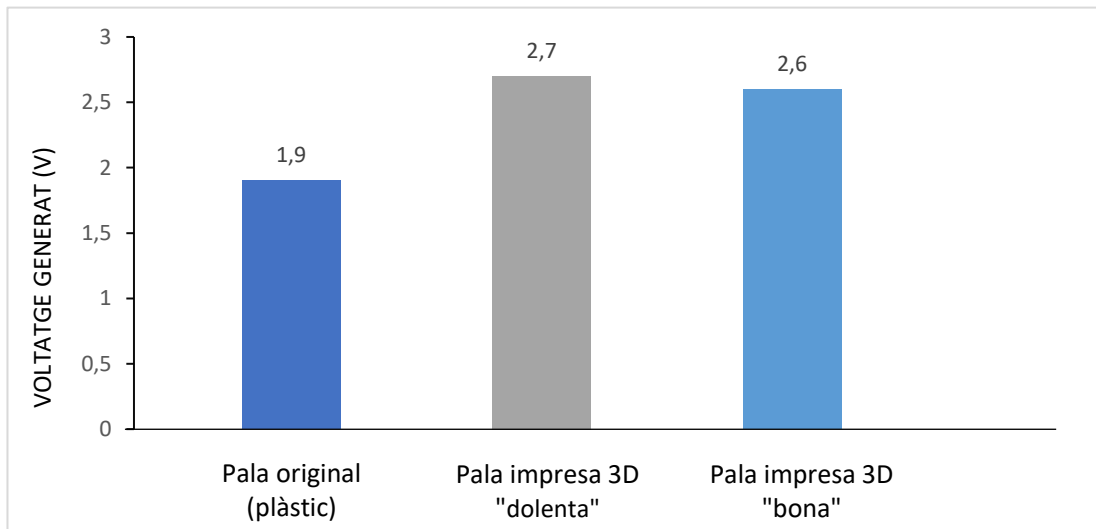


Fig. 8.2 Diagrama de barres del voltatge generat pel motor DC 12V amb un vent de 14 km/h.

- Voltatge generat pel motor DC 12 V amb un vent de 22 km/h:

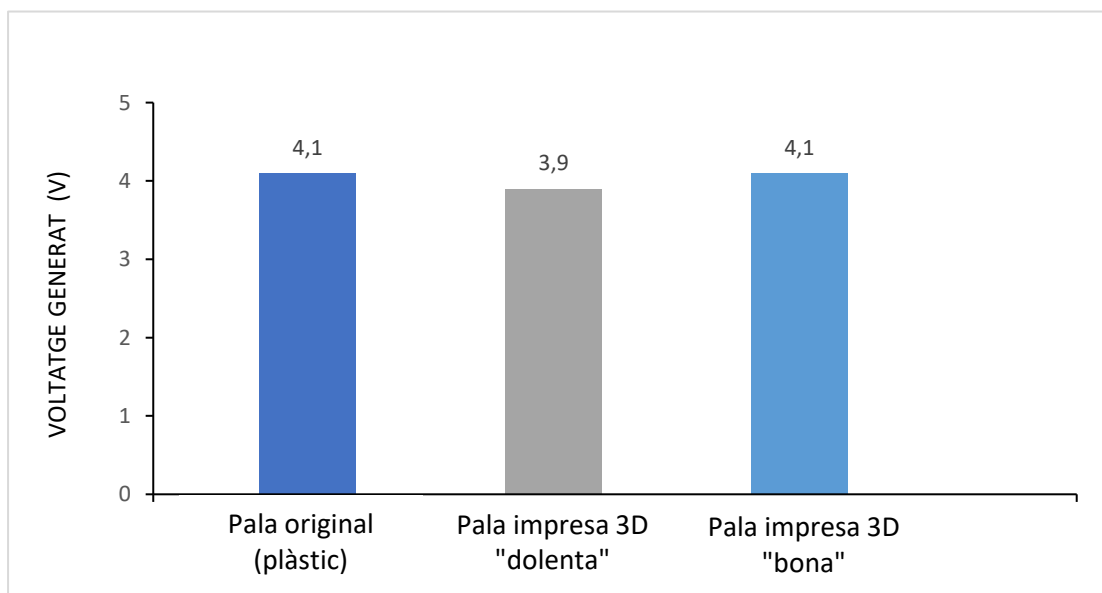


Fig. 8.2 Diagrama de barres del voltatge generat pel motor DC 12V amb un vent de 22 km/h.

- Intensitat generada pel motor DC 12 V amb un vent de 14 km/h (condicions normals de vent aparent):

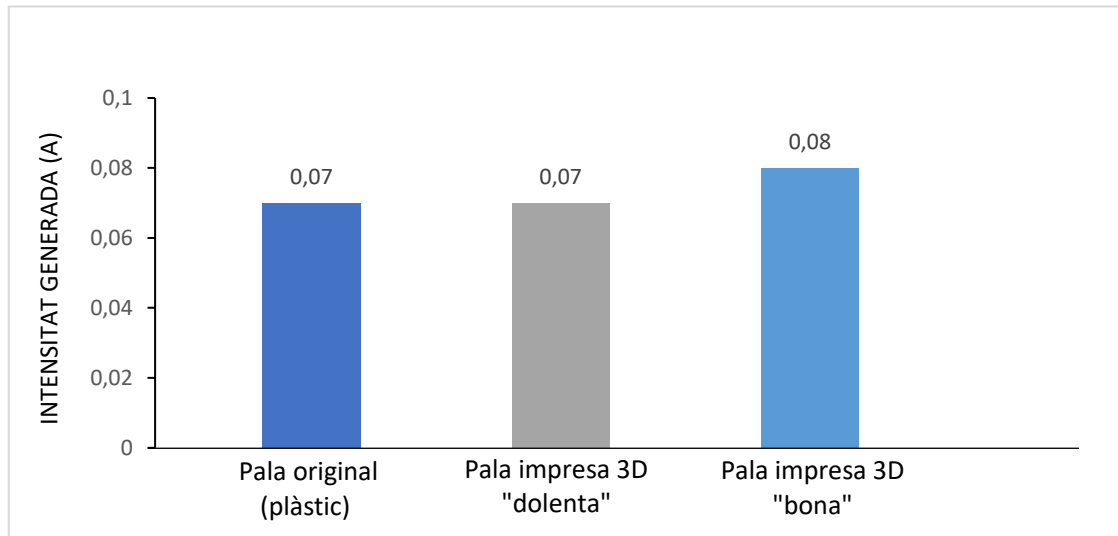


Fig. 8.2 Diagrama de barres de la intensitat generada pel motor DC 12V amb un vent de 14 km/h.

- Intensitat generada amb el motor de 12V amb un vent de 22 km/h:

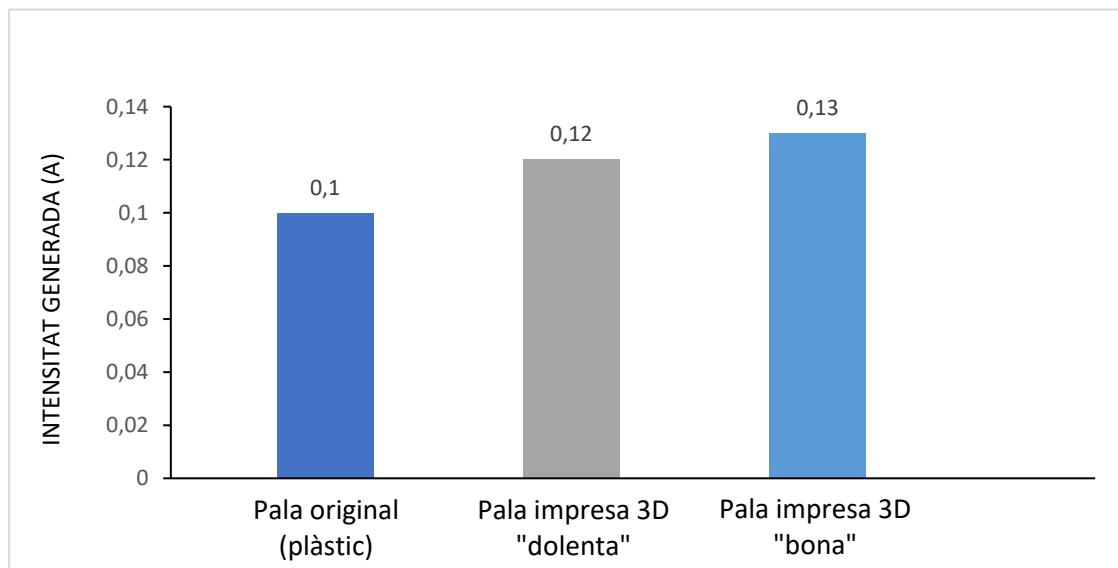


Fig. 8.2 Diagrama de barres de la intensitat generada pel motor DC 12V amb un vent de 22 km/h.



Si comparem les gràfiques, podem veure que a velocitats altes, tant la intensitat com el voltatge generats són semblants en les tres pales, però si ens centrem a velocitats baixes, cosa que ens interessa perquè són les condicions de vent aparent habituals, veiem que les pales impreses, en concret el model bo, genera més voltatge que les altres dues.

Si alguns resultats s'han dispersat, és degut a errors humans com per exemple que hem mogut l'aerogenerador respecte al lloc de referència on hem fet les proves. Tot i això, pensem que en general, la pala "bona" impresa en 3D és millor que les altres dues, inclòs en velocitats altes.

El problema està en que és un disseny fet per nosaltres, i és evident que hem tingut dificultats a l'hora de dissenyar-lo i al imprimir-lo.

Per tant, els petits defectes que té (les pales no són completament llises, tenen rugositats, ni tampoc tenen la curvatura i inclinació ideal), fan que vibri a velocitats altes i que no pugui generar tot el voltatge que podria.

### 8.3) COMPROVACIÓ DE LA CÀRREGA DE L'AEROGENERADOR

Una vegada hem vist quina era la pala amb millors prestacions, hem provat en quines velocitats l'aerogenerador és capaç de carregar un mòbil.

Hem connectat la placa al motor i el mòbil, i hem començat la prova:



Fig. 8.3 Comprovació de la càrrega de l'aerogenerador (Font pròpia).

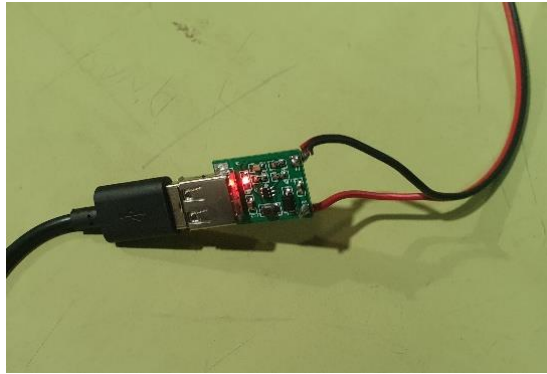


Fig. 8.3 Placa *step-up* elevant el voltatge (Font pròpia).

Taula 8.3 Comprovació de la càrrega de l'aerogenerador amb la pala 3D "bona".

Velocitat del vent (km/h)	Càrrega del mòbil
7	<b>NO</b>
10	<b>NO</b>
14	<b>SÍ</b>
18	<b>SÍ</b>
20	<b>SÍ</b>
22	<b>SÍ</b>

- Als 22 km/h i als 20 km/h de vent l'aerogenerador carrega el mòbil perfectament.
- Als 18 km/h i als 14 km/h el mòbil es carrega de tant en tant, de forma irregular.
- Als 10 km/h i als 7 km/h el mòbil no es carrega.

Se'ns ha acudit que potser, perquè pugui carregar-se a velocitats de vent baixes, l'aerogenerador necessita una ràfega forta de vent per poder impulsar-se, i llavors al disminuir el vent ja podria carregar el mòbil perfectament.

Com hem vist, si l'aerogenerador comença a girar directament des dels 18 km/h no pot carregar bé. En canvi, si comencem amb un vent de 20 km/h i després el disminuïm de forma progressiva a 18 km/h i a 14 km/h, sí que pot carregar perfectament.

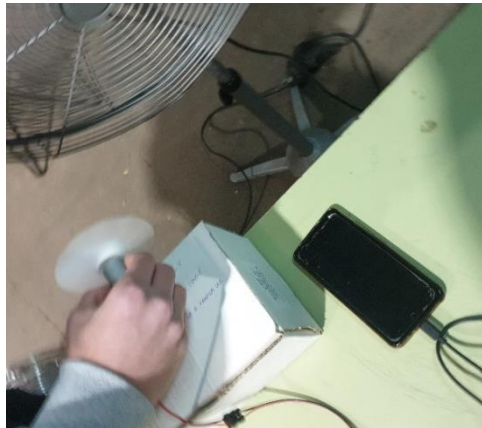


Fig. 8.3 Comprovació de la càrrega de l'aerogenerador (Font pròpia).

Quan l'aerogenerador gira a la velocitat necessària, el mòbil s'encén i ens mostra que s'està carregant sense cap problema.



Fig. 8.3 Comprovació de la càrrega de l'aerogenerador. El mòbil es carrega (Font pròpia).

Hem deduït que això es deu a que la placa *step-up* necessita un voltatge inicial elevat per poder iniciar-se, i així poder elevar la tensió als 5 V correctament. Finalment, amb els 5 V de sortida, el mòbil ja es pot carregar perfectament.

## 9) PROTOTIP D'AEROGENERADOR DEFINITIU

Un cop realitzats tots els estudis pertinents amb les pales 3D, el motor DC, la placa *step-up* i tots els altres components, ara cal crear un prototip d'aerogenerador final i que es pugui aplicar en una bicicleta.

### 9.1) MATERIAL UTILITZAT

Per crear el nostre prototip hem hagut d'utilitzar varis materials i components, alguns dels quals ja en disposàvem de les proves que hem realitzat anteriorment.

Taula 9.1 Material utilitzat per crear el prototip d'aerogenerador

MATERIAL	PREU (€)
Reducció concèntrica PVC 110x90 mm	1,88
Caixa de plàstic amb tapa de metacrilat	1,73
2 brides isofòniques reforçades	0,8
Cargols	-
Femelles	-
Volanderes	-
Pistola de silicona calenta	-
Silicona calenta	-
Soldador d'estany	-
Estany	-
Motor DC 12 V	-
Tubs termoretràctils	-
Placa <i>step-up</i>	-
Pala 3D "bona"	-
	4,41



Fig. 9.1 Material utilitzat en el procés de creació (Font pròpia).

## 9.2) PROCÉS DE CONSTRUCCIÓ

El nostre prototip d'aerogenerador ha estat creat amb la millor de les tres pales disponibles, i també amb el millor motor elèctric, amb el que també hem fet totes les proves anteriors (el motor DC 12V).

Primer hem hagut de fer varis forats al tub reductor de PVC, que ens serveix com a protecció per l'aerogenerador.



Fig. 9.2 Reducció concèntrica de PVC (Font pròpia)

Més tard hem pogut collar al forat davanter una de les brides isofòniques on es recolza el motor, just al centre de la reducció concèntrica de PVC.



Fig. 9.2 Brida isofònica collada al tub de PVC (Font pròpia)

Llavors hem soldat dos cables nous al motor i a la placa *step-up*, d'aquesta manera tot ha quedat més ben fixat gràcies als tubs termoretràctils.

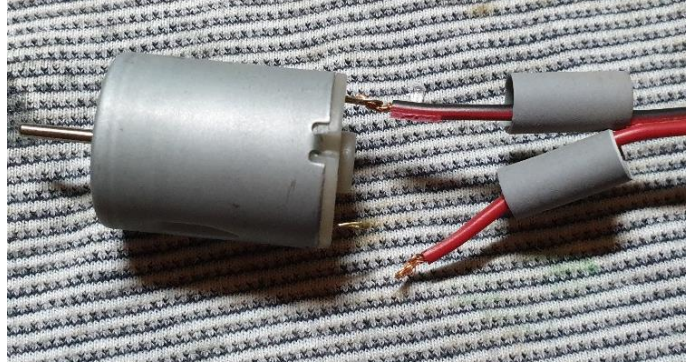


Fig. 9.2 Cables soldats al motor DC 12 V (Font pròpia)

Hem posat la placa *step-up* dins la caixa de plàstic (la qual té un forat per a la sortida USB de la placa) i la hem fixada amb silicona calenta, d'aquesta manera no es mourà quan es vulgui connectar un cable USB.

També hem col·locat el motor dins el seu suport i hem comprovat que ha quedat ben centrat. Si el motor no està just al centre, és possible que les pales freguin amb les parets del tub de PVC quan girin amb la força del vent.



Fig. 9.2 Motor col·locat al seu suport i connectat a la placa *step-up* (Font pròpia).





Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador acabat (Font pròpia).

Finalment, hem comprovat sí funcionava correctament. Per això hem utilitzat el vent generat amb un assecador (30 km/h) i ha quedat demostrat que l'aerogenerador és capaç de carregar un mòbil. No obstant, carrega lentament degut a la poca intensitat que genera el motor DC 12 V quan gira amb l'acció del vent.



Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador funcionant (Font pròpia).

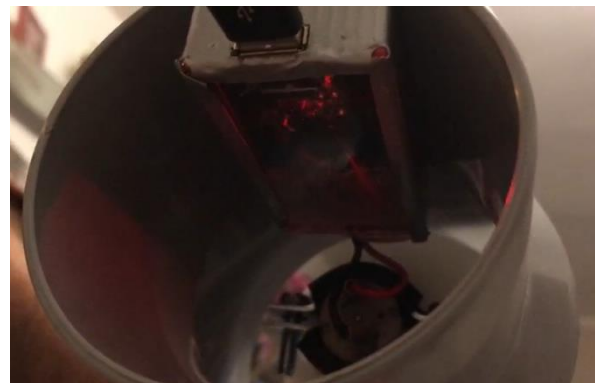


Fig.9.2 Prototip d'aerogenerador funcionant. La placa funciona i el LED s'encén (Font pròpia).

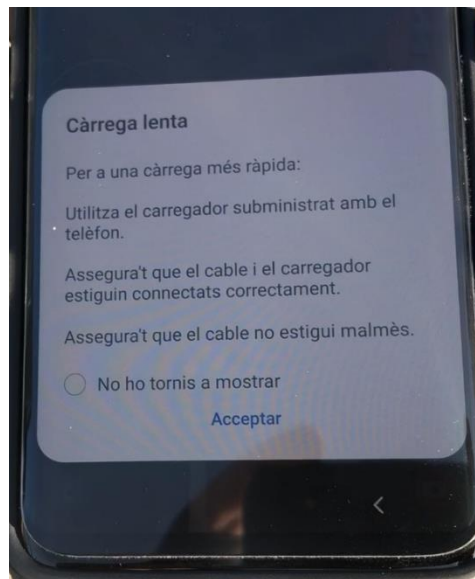


Fig. 9.2 El mòbil es carrega gràcies a l'aerogenerador (Font pròpia).

Amb el prototip d'aerogenerador creat, ja el podem instal·lar en una bicicleta i comprovar si funciona correctament.



Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador instal·lat en una bicicleta (Font pròpia).



Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador instal·lat en una bicicleta (Font pròpia).

Ens hem disposat a provar-lo i hem vist que el dispositiu només es carregava quan aconseguíem una velocitat de 20 km/h amb la bicicleta, una velocitat bastant alta.



No hi ha hagut molt de vent en contra que ens ajudés a augmentar la velocitat de gir de les pales, per això l'aerogenerador només ha funcionat quan hem aconseguit una certa velocitat amb la bicicleta.



Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador instal·lat en una bicicleta (Font pròpia).



Fig. 9.2 Prototip d'aerogenerador instal·lat en una bicicleta (Font pròpia).

També hem volgut fer una última prova per demostrar que realment l'aerogenerador funciona. Per això hem utilitzat un compressor que ha generat un aire de 30-35 km/h.



Fig. 9.2 Aerogenerador abans de funcionar (Font pròpia).



Fig. 9.2 El mòbil es carrega gràcies a l'aerogenerador (Font pròpia).



Fig. 9.2 Aerogenerador funcionant (Font pròpia).

## **10) CONCLUSIONS**

En conclusió, podem afirmar que hem après molt sobre el tema esmentat i hem assolit uns resultats molt satisfactoris.

A través de totes les proves i càlculs, podem afirmar que el nostre projecte principal sí que es pot realitzar, tot i que per anar bé, s'hauria de disposar d'un motor amb unes certes característiques (molt potent, petit i lleuger). Nosaltres hem hagut de realitzar el projecte amb un altre motor, més petit i amb menys potència. Aquest motor ideal era molt difícil d'aconseguir però sobretot era molt car. Tanmateix, realitzar el projecte amb el nostre motor ens ha permès arribar a aquestes conclusions esmentades. Al mateix temps, també farien falta unes pales molt més ben treballades i produïdes amb programes industrials. A més a més, haurien d'estar impreses amb resina, un material molt més car i bo amb el que s'obtenen millors resultats. Hem realitzat tot el que hem pogut dins la nostra capacitat i estem orgullosos del resultat.

Podem afirmar que durant el transcurs del projecte hem anat aprenent moltes coses noves sobre el tema escollit i hem treballat moltes hores per a assolir els objectius proposats.

En general podem concloure que hem realitzat un molt bon treball ja que hem aconseguit que l'aerogenerador de la bicicleta carregui en condicions normals de vent aparent.

Això significa que anant a una velocitat normal amb la bicicleta (15 km/h) i tenint unes bones condicions de vent en contra, el nostre aerogenerador és capaç de carregar qualsevol dispositiu electrònic que necessiti 5 V d'entrada.

Tanmateix, creiem que la millor utilitat seria carregar una bateria portàtil de 5 V.

Amb el nostre aerogenerador podem carregar varis dispositius electrònics. L'únic inconvenient és que genera molt poca intensitat. Això implica que els dispositius es carreguin molt lentament.

En canvi, si utilitzem una bateria portàtil, aquesta es podrà anar carregant sempre que utilitzem la bicicleta. D'aquesta manera, quan sigui necessari carregar un mòbil per exemple, es podrà utilitzar aquesta bateria que haurà anat emmagatzemant l'energia produïda mentre s'hagi utilitzat la bicicleta.

Així sempre es podrà tenir una font d'energia que estarà completament carregada gràcies a l'acció del vent.

### 10.1) ENQUESTA SOBRE L'ÚS D'UN AEROGENERADOR EN UNA BICICLETA

Amb l'objectiu de valorar l'impacte que tindria el nostre projecte, hem realitzat una enquesta en la qual hem fet cinc preguntes referents als següents aspectes:

- Si es té el coneixement o no sobre què és un aerogenerador.
- Si es creu que és una bona alternativa com a energia renovable.
- La freqüència d'ús de la bicicleta.
- Si es veu útil l'aplicació d'un aerogenerador en una bicicleta.
- Si es consideraria comprar aquest producte en cas que es trobés al mercat.

L'enquesta ha tingut un abast de 215 persones, i tot i que podrien haver sigut més, hem decidit deixar-la aquí ja que era una enquesta complementària del treball i no una enquesta en la qual s'ha de basar el treball.

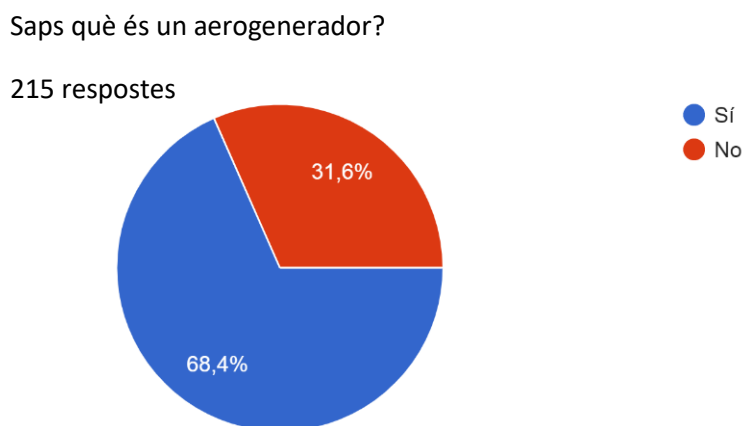


Fig. 10.1 Primera pregunta. Font: <https://docs.google.com/forms/d/1N-ggrXLGFB1ywyZb1Eul5697ZekZ128qxoN2YaFROxl/edit#respones> (3/12/2019)

En cas afirmatiu, creus que és una bona font d'energia renovable?

159 respostes

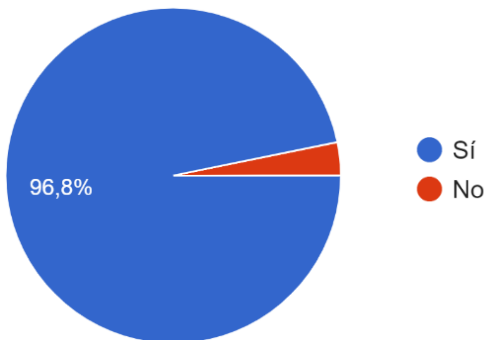


Fig. 10.1 Segona pregunta. Font: <https://docs.google.com/forms/d/1N-grXLGFB1ywyZb1Eul5697ZekZ128qxoN2YaFROxI/edit> (3/12/2019)

Vas sovint amb bicicleta?

215 respostes

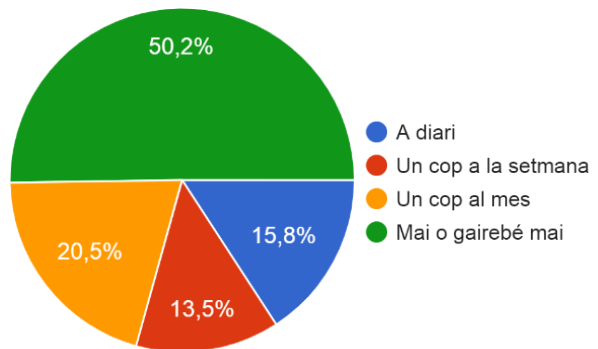


Fig. 10.1 Tercera pregunta. Font: <https://docs.google.com/forms/d/1N-grXLGFB1ywyZb1Eul5697ZekZ128qxoN2YaFROxI/edit> (3/12/2019)

Creus que seria útil aplicar un aerogenerador a una bicicleta?

189 respostes

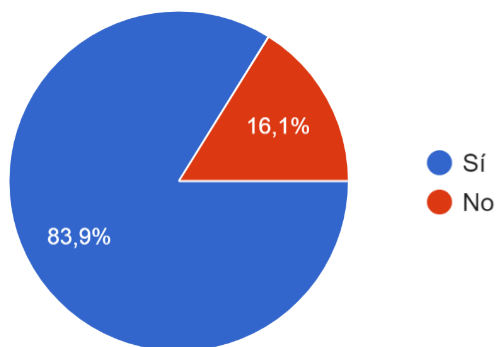


Fig. 10.1 Quarta pregunta. Font: <https://docs.google.com/forms/d/1N-grXLGFB1ywyZb1Eul5697ZekZ128qxoN2YaFROxI/edit> (3/12/2019)

En cas que hi hagués un aerogenerador per a bicicletes al mercat, que permetés carregar un mòbil, bateria, llum LED... consideraries comprar-lo?

205 respostes

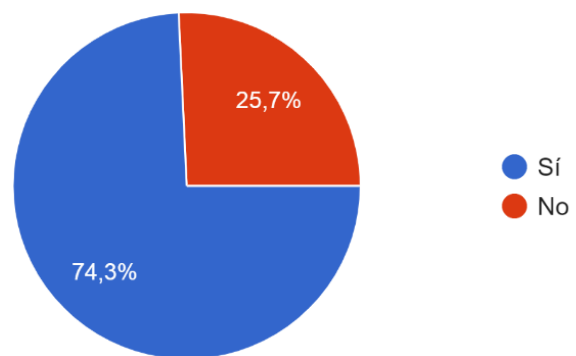


Fig. 10.1 Cinquena pregunta. Font: <https://docs.google.com/forms/d/1N-grXLGFB1ywyZb1Eul5697ZekZ128qxoN2YaFROxI/edit> (3/12/2019)

Aquesta enquesta tampoc és molt precisa ja que poden haver-se donat les següents situacions:

- El subjecte no sap què és un aerogenerador i no pot respondre la resta de preguntes.
- El subjecte no sap què és un aerogenerador però contesta igualment totes les preguntes.
- El subjecte creu saber què és un aerogenerador però en té un concepte equivocat, i respon la resta de preguntes.
- El subjecte aprofita l'anonimat per a respondre les preguntes de forma aleatòria.

Tot i els possibles errors, podem treure les següents conclusions:

- La majoria dels enquestats coneixen o creuen conèixer el concepte d'aerogenerador. Creiem que una part dels subjectes que creuen que no saben què és, simplement no estan familiaritzats amb el terme tècnic, i que si en veiessin una imatge, el sabrien reconèixer.
- Pel que fa a la segona pregunta, es pot veure que una molt àmplia majoria creu que és una bona opció com a font d'energia renovable ja que utilitza l'energia cinètica del vent (recurs natural inesgotable).
- La cosa està més dividida si ens centrem en l'ús de la bicicleta. La meitat dels enquestats no utilitzen la bicicleta freqüentment, i l'altre meitat està repartida de forma bastant equitativa. El nostre projecte està enfocat a qualsevol interessat, però majoritàriament a les persones que utilitzen la bicicleta freqüentment ja que en poden treure un major profit del nostre projecte.
- Una gran part dels enquestats troben útil el nostre aerogenerador aplicat en les bicicletes, i nosaltres considerem que a part de útil és bastant original.
- A partir de la gràfica podem veure que tres de cada quatre persones considerarien comprar el nostre producte en cas de que estigués a la venda.

## **11) AGRAÏMENTS**

Voldríem agrair a varies persones, les quals ens han anat ajudant al llarg d'aquest projecte. Sense elles el resultat no hagués estat el mateix. Cal aclarir que l'ordre no és rellevant.

Volem donar les gràcies a en Jordi Gómez, el qual ens ha ajudant molt, sobretot al principi del projecte, ja que ens ha resolt molts dubtes sobre temes d'electrònica. En Jordi, que és enginyer industrial, té molt de coneixement sobre motors elèctrics i circuits elèctrics.

També voldríem agrair l'ajuda de l'Alfons Gil, enginyer tècnic industrial, el qual ens ha ajudat a trobar i a entendre el programa adequat per a fer els dissenys 3D.

Agraïm a en Jordi Blanxer i en Federico de *Print3D Girona tr3sDland* per ajudar-nos a imprimir els dissenys 3D de les pales.

Tampoc pot faltar l'Antoni Villarreal i l'empresa *Bobcat* per deixar-nos el taller, els estris i les eines per treballar, i per totes les ajudes que ens han proporcionat. Gràcies a ells hem tingut un lloc idoni per poder realitzar totes les proves amb l'aerogenerador.

I per últim, agraiem a tota la família que ens ha donat suport i ha aportat idees durant la fase inicial del treball.

Donem les gràcies al nostre tutor del treball de recerca, el qual ens ha anat aconsellant i ajudant durant tot el projecte.

## **12) BIBLIOGRAFIA**

ACCIONA. *¿Qué es un aerogenerador y cómo funciona?* [Internet]. Disponible a <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/> [consulta: 20/6/2019]

BLANCO, Arantzazu. *Primer filamento ABS biodegradable para impresión 3D*. LA MEJOR INFORMACIÓN SOBRE IMPRESION 3D. [Internet]. Disponible a <https://impresiontresde.com/abs-biodegradable-impresion-3d/> [consulta: 12/10/2019]

BLOCS.XTEC. *Fonts d'energia a l'actualitat | Ecologia i sostenibilitat a l'antiguitat*. [Internet]. Disponible a <https://blocs.xtec.cat/ecologiaisostenibilitat/2013/11/25/fonts-denergia-a-lactualitat/> [consulta: 10/7/2019]

EKIDOM. *Historia de la energía eólica*. [Internet]. Disponible a <http://www.ekidom.com/historia-de-la-energia-eolica> [consulta: 20/6/2019]

ENCICLOPÈDIA.CAT. *boira fotoquímica*. [Internet]. Disponible a <https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0270293.xml> [consulta: 8/7/2019]

ENERGY EDUCATION. *Gyroscopic motion*. [Internet]. Disponible a [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Gyroscopic\\_motion](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Gyroscopic_motion) [consulta: 3/7/2019]

EOLICA-ENERGY. *Tipus d'aerogeneradors* [Internet] Disponible a <http://eolica-energy.blogspot.com/p/tipus-daerogeneraors.html> [consulta: 23/6/2019]

IBERDROLA. *Te descubrimos las principales curiosidades de los aerogeneradores y sus palas*. [Internet]. Disponible a <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/top-stories/palas-aerogeneradores> [consulta: 26/6/2019]

INTERESTINGENGINEERING. *The Scientific Reason Why Wind Turbines Have 3 Blades*. [Internet]. Disponible a <https://interestingengineering.com/the-scientific-reason-why-wind-turbines-have-3-blades> [consulta: 3/7/2019]

LA FÀBRICA DEL SOL | Ajuntament de Barcelona. *Fonts d'energia renovable i avantatges*. [Internet]. Disponible a <http://ajuntament.barcelona.cat/lafabricadelsol/ca/content/fonts-denergia-renovable-i-avantatges> [consulta: 6/7/2019]

NAVARRETE, José. *La válvula EGR: qué es, funcionamiento y averías*. ACTUALIDAD MOTOR. [Internet]. Disponible a <https://www.actualidadmotor.com/valvula-egr-que-es-funcionamiento-averias/> [consulta: 29/11/2019]

OPEX ENERGY . *Parques eolicos, operacion y mantenimiento*. [Internet] Disponible a [http://opex-energy.com/eolica/palas\\_aerogenerador.html](http://opex-energy.com/eolica/palas_aerogenerador.html) [consulta: 28/6/2019]



TECNOEOLICA. *Tipus d'aerogeneradors*. [Internet]. Disponible a <https://sites.google.com/site/tecnoeolica12/tipus-d-aerogeneradors> [consulta: 23/6/2019]

WIKIPEDIA. *Dinamo (generador elèctric)* [Internet]. Disponible a [https://es.wikipedia.org/wiki/Dinamo\\_\(generador\\_el%C3%A9ctric\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Dinamo_(generador_el%C3%A9ctric)) [consulta: 22/6/2019]

WIKIPEDIA. *Motor de corrent continu*. [Internet]. Disponible a [https://ca.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corrent\\_continu](https://ca.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corrent_continu) [consulta: 11/7/2019]

WIKIPEDIA. *Pluja àcida*. [Internet]. Disponible a [https://ca.wikipedia.org/wiki/Pluja\\_%C3%A0cida](https://ca.wikipedia.org/wiki/Pluja_%C3%A0cida) [consulta: 8/7/2019]

WIKIPEDIA. *Wind turbine design*. [Internet] Disponible a [https://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_turbine\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine_design) [consulta: 1/7/2019]

XTEC. *Efecte hivernacle*. [Internet]. Disponible a <http://www.xtec.cat/ceipgranes/noutresq/cola/cola%20arxiu/efectehiverna/efectehiverna.htm> [consulta: 8/7/2019]



# ANNEXOS

## CONNECTA'T AL VENT

Estudi dels aerogeneradors i la seva aplicació en les bicicletes



## 2) RECERCA DE LA IDEA

### b) Vàlvules EGR:

Les Sigles EGR, són l'acrònim de *Exhaust Gas Recirculation* o Recirculació de gasos d'escapament en castellà. Encara que ens sembli un tema d'actualitat, la veritat és que es ve utilitzant en alguns cotxes des de la dècada dels 70, especialment als Estats Units, on les normes d'anticonaminació eren més severes. A Europa és obligatori equipar-la des de l'entrada en vigor de l'Euro 2 el 1996.

La funció de la vàlvula EGR és senzilla i la podem intuir del seu propi nom. La seva tasca és fer circular part dels gasos que surten per la fuita cap a l'admissió, és a dir, reintroduir el fum de la combustió del motor dièsel en els cilindres per així reduir les emissions d'òxids de nitrogen (NOx). La vàlvula EGR connecta els col·lectors d'escapament amb els d'admissió i la seva obertura depèn de diversos paràmetres que ara coneixerem. La clau de la reducció dels òxids de nitrogen és el descens de la temperatura a la cambra de combustió al recircular els gasos d'escapament cap a ella.

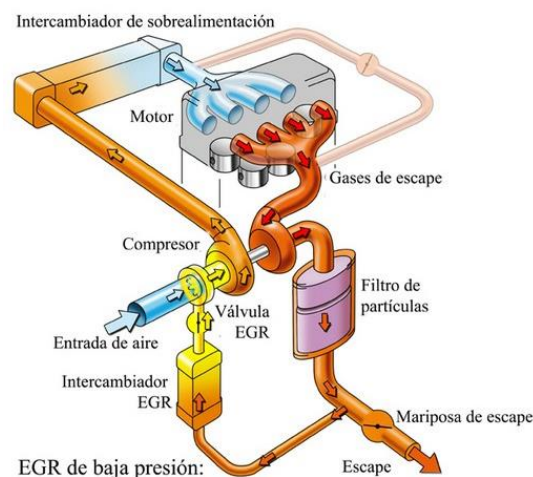


Fig. 2 Vàlvula EGR (font: <https://www.actualidadmotor.com/valvula-egr-que-es-funcionamiento-averias/> (28/11/2019))

Les avaries a la EGR són relativament comuns, especialment en motors dièsel que circulen molt en ciutat i d'acostumar a fer-ho a baixes voltes.

Quan la EGR comença a donar problemes, sobretot si tornen després de netejar la vàlvula o fins i tot de canviar-la, no són pocs els que pensen en anul·lar la vàlvula EGR. Les pneumàtiques poden anul·lar-se traient l'entrada de buit i tapant i les electròniques traient el connector elèctric o interposant una xapa entre la EGR i el conducte que va a l'admissió.

Anul·lar la vàlvula EGR no és il·legal. No es tracta de cap reforma que incompleixi la llei, ni cal reflectir la seva anul·lació en la documentació de el vehicle, ni procedir a cap tipus d'homologació especial. Senzillament, a l'anul·lar la EGR els gasos contaminants augmenten i això, evidentment, es perjudicial pel medi ambient

#### 4.1) LES ENERGIES

Actualment vivim en una societat en la que, per a dur a terme la gran majoria d'activitats del dia a dia (cuinar, netejar-nos, desplaçar-nos...), per a obtenir les matèries primeres (medicaments, teixits, menjar...) i fins i tot en els serveis bàsics (transport, educació, sanitat...) necessitem energia, normalment en grans quantitats.

Avui en dia hem trobat moltes i diverses formes d'aconseguir l'energia esmentada, i totes aquestes maneres les classifiquem segons si són Renovables o No renovables.

Les fonts d'energia **no renovables** són aquelles que les trobem en el medi en quantitats limitades o triguen molts anys en regenerar-se, això significa que les podrem utilitzar un temps concret abans de que s'acabin, el temps que les podrem usar està, com és lògic, relacionat amb l'explotació que li donem, com més l'utilitzem, abans s'acabarà.

- **Carbó:** és un combustible fòssil que es troba en estat sòlid situat al subsol de l'escorça terrestre, el seu procés de formació és la de carbonització, consisteix en l'acumulació de restes vegetals que queden enterrades sota terra a elevades pressions i temperatures durant molts anys.

El carbó és el combustible fòssil més abundant i per tant fins no fa molt de temps era molt usat. Amb el seu us es generen residus molt contaminants i grans quantitats de gasos igual de contaminants, la seva explotació i efecte negativament el medi. Hi ha quatre tipus de carbó segons l'edat, pressió i temperatura (torba, lignit, hulla i antracita)

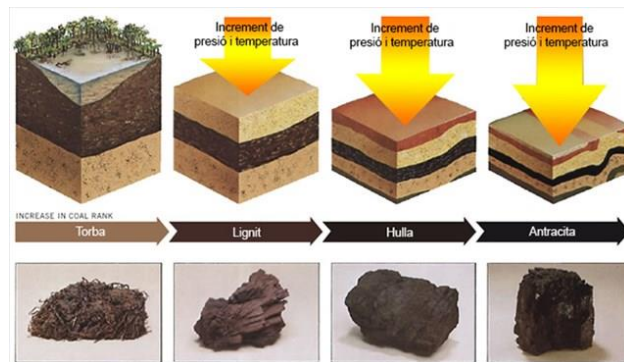


Figura. 4.1.1 Tipus de Carbó (font: [https://www.geocaching.com/geocache/GC60A1T\\_mines-de-carbo-del-bergueda?guid=a8895052-d5e0-4fc3-b7d8-fe92806cbd60](https://www.geocaching.com/geocache/GC60A1T_mines-de-carbo-del-bergueda?guid=a8895052-d5e0-4fc3-b7d8-fe92806cbd60) (23/6/2019)



Figura. 4.1.2 Mina de cel obert (font: <http://conflictminerals.es/es/los-impactos-de-la-mineria/> (23/6/2019)

- **Petroli:** El petroli semblant al carbó però en estat líquid, d'origen fòssil i combustible, està format en la major part per hidrocarburs. S'origina amb la descomposició anaeròbica de les restes d'organismes vius que cauen en llacunes, desembocadura de rius i fons marins, per a que es produeixi s'han de dur a terme unes condicions molt determinades.

Es tracta d'un combustible molt contaminant, que perjudica al medi ambient en totes les seves etapes: en l'extracció es fan grans excavacions cosa que afecta a l'espai on s'extreu, pel que fa al transport, si vessa al mar és un gran problema ja que és altament contaminant i la fauna del lloc mor, en el procés de refinació es produeixen una gran quantitat de residus nocius, i si parlem de la combustió d'aquest oli mineral, s'emeten una gran quantitat de gasos altament contaminants per al medi).



Fig. 4.1.3 Bomba de varilla.

Font:<https://www.emporda.info/economia/2019/04/22/petroli-supera-74-dolars-barril/430947.html> (25/6/2019)

- **Gas natural:** Aquesta font està formada en la major part per metà, està molt relacionada amb el petroli ja que els dos comparteixen l'origen. Encara que comparteixi origen amb el petroli i sigui un combustible fòssil igual, les seves emissions són molt menys contaminants que les de la resta degut a que el gas natural no està format per sofre. Les seves emissions de CO<sub>2</sub> (gas altament contaminant) són bastant baixes i el seu rendiment energètic és elevat, totes aquestes característiques fan que sigui una font més econòmica i menys agressiva amb el medi.

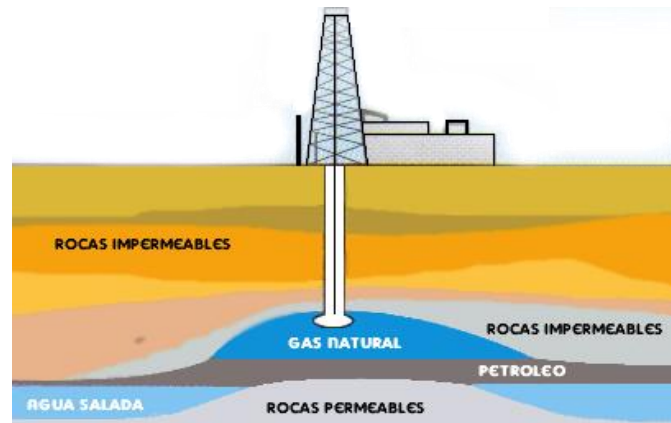


Fig. 4.1.4 Extracció Gas Natural. Font: <https://www.cemaer.org/tag/gas-natural/> (25/6/2019)

- **Energia nuclear:** s'aconsegueix en les reaccions de fusió i fissió d'àtoms d'urani o plutoni les quals generen una gran quantitat d'energia, que posteriorment es converteix en energia elèctrica. Tot i que és cert que aconseguim elevades quantitats d'energia amb poca matèria, genera uns residus molt radioactius i per tant perillosos, i si hi han fugues poden haver-hi també explosions.

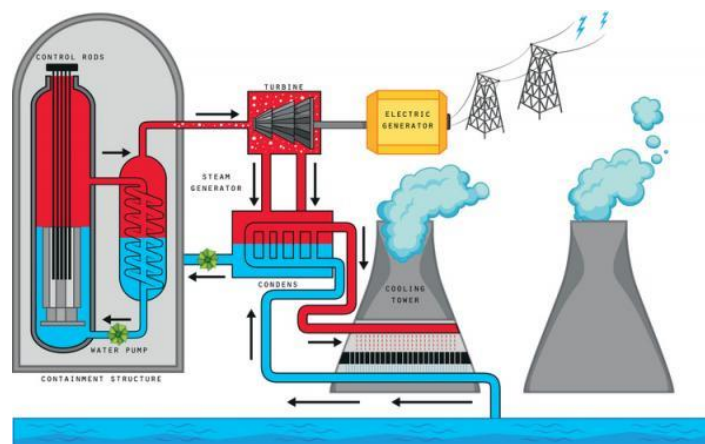


Fig. 4.1.5 Central Nuclear. Font: <https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-nuclear-1114.html> (27/6/2019)



Les fonts d'energia **renovables** són aquelles que no s'exhaureixen mai o a escala humana encara que es facin servir de forma constant, que no es troben de manera limitada al medi, per tant, com el seu nom diu, es van renovant en el medi.

Òbviament també tenen un impacte en el medi, però si el comparem amb l'impacte que tenen les fonts d'energia no renovables es pot apreciar que les renovables tenen un impacte mínim.

Una gran quantitat de les fonts d'energia renovable estan condicionades per la geografia i el clima, per tant no es pot instal·lar qualsevol energia renovable a qualsevol indret, el lloc ha de tenir unes sèries característiques com la quantitat de sol en la solar, quantitat i direcció del vent en la eòlica, punts calents en la geotèrmica...

Una altre punt important de les energies renovables és que, normalment, es consumeixen al lloc on es generen, i per tant són fonts autòctones, en canvi, els combustibles fòssils s'extrauen en certs països que en tenen i s'exporten per a tot el món.

D'aquesta manera, si utilitzem les energies renovables, fem disminuir la importació de combustibles fòssils des de països externs i millorem l'equilibri interterritorial alhora que generem llocs de treball, ja que, normalment, les centrals energies renovables generen cinc vegades més llocs de treball que les centrals d'energies no renovables.

Les energies renovables també solen ser més econòmiques ja que no cal pagar distribució i transport.

Beneficis:

- Evitem les emissions de CO2
- Aprofitem el recurs autòcton (reducció d'importacions)
- Disponibilitat de fons d'energia al medi rural (cohesió i reequilibri territorial)
- Protecció de l'entorn natural
- Generació de llocs de treball

L'energia solar és aquella que s'obté a partir del sol, es classifiquen en dos grans grups:

**1. L'energia solar tèrmica** utilitza l'energia que prové directament del sol per a escalfar aigua, normalment amb aplicacions sanitàries (per a la cuina o per a la dutxa) o per a sistemes de calefacció (de locals, cases, piscines...), també s'utilitza en processos industrials de preescalfament o rentada.

Dins de la via tèrmica hi ha:

- els sistemes actius (captadors/col·lectors, centrals termosolars i forns solars)
- els sistemes passius (arquitectura bioclimàtica).

Els seus usos poden ser:

- Usos sanitaris: sistemes els quals amb baixa temperatura escalfen aigua, són els més estesos.
- Usos tèrmics: Sistemes de temperatures altes i mitjanes en els quals s'aconsegueix energia elèctrica mitjançant una turbina de vapor accionada per aire, oli o aigua escalfada.

També formen part de l'energia solar tèrmica:

- DCS (col·lectors de concentració distribuïts: Cilindres parabòlics, concentradors *fresnel*, disc *Stirling*)
- CRS (sistema de receptor central)

**2. L'energia fotovoltaica** és la font d'energia que usa directament l'energia solar mitjançant els rajos solars per a produir energia. L'energia elèctrica és la única que es pot emmagatzemar en bateries i per tant transformen l'energia solar dels rajos solars en energia elèctrica mitjançant els panells solars que tenen cèl·lules fotoelèctriques, normalment fetes de silici i germani.

L'energia fotovoltaica és molt bona solució per a poblacions amb pocs habitants ja que pot servir de sistema de subministrament autònom, en les ciutats, en canvi, es faria a través d'una xarxa de línies de transmissió d'electricitat. També existeixen els camps de plaques.

Aquest tipus d'energia no necessita radiació directe, amb la difosa ja li val. Té un alt rendiment i per tant, tot i que la inversió inicial sigui elevada, es pot recuperar al cap de poc temps, el principal problema és que la gent no coneix en profunditat aquest sistema i no l'utilitzen.

El sol genera  $1000 \text{ w/m}^2$  que ens arriba en forma de radiació, però el valor de potència varia amb l'altitud, el clima, la latitud, les condicions atmosfèriques, el moment del dia i les estacions de l'any.

El sol està format per 81% d'hidrogen, 18% d'heli i 1% d'altres elements.

- 40% visible
- 57% Infraroja (energia tèrmica)
- 3% Ultraviolada

**Inconvenients:**

- És inconstant
- Inversió inicial elevada
- Necessita de grans superfícies

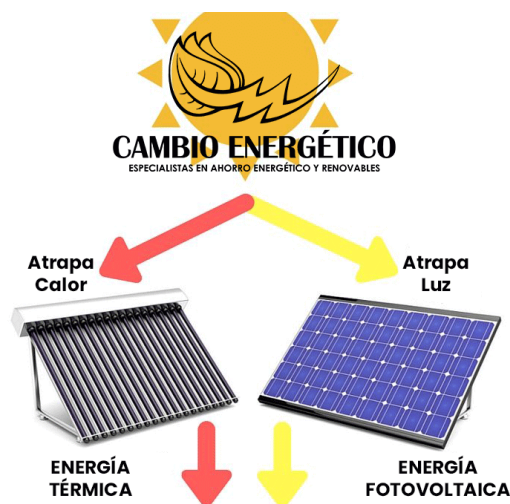


Fig. 4.1.6 Energia Solar tipus. Font: [https://www.cambioenergetico.com/blog/energia-solar-vs-termica/\(29/6/2019\)](https://www.cambioenergetico.com/blog/energia-solar-vs-termica/(29/6/2019))

- **Energia eòlica:** És l'energia cinètica del vent que es transforma en energia elèctrica p mecànica (molins de vent). És una energia molt neta i econòmica però molt concreta, és a dir que només es pot instal·lar en llocs concrets on el vent sigui constant amb la velocitat adequada i una direcció predominant. El que transforma l'energia cinètica del vent en energia elèctrica es diu aerogenerador.



Fig. 4.1.7 Molins de vent (aerogeneradors) . Font: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/178813/Que-paso-energia-eolica-2017-pasara-2018> (30/6/2019)

- **Energia marina:** energia obtinguda a partir dels moviments de les masses d'aigua de mars. Segons la forma d'obtenció d'aquesta energia, la classifiquem en tres grups:
- **Maremotèrmica:** utilitza les diferències de temperatura dels oceans; l'aigua més càlida de la superfície és font de calor mentre que l'aigua de les profunditats genera fred.
- **Onades:** El moviment del vent fa que es generin onades, aquestes comprimeixen i descomprimeixen constantment un fluid que acciona una turbina i genera energia elèctrica.

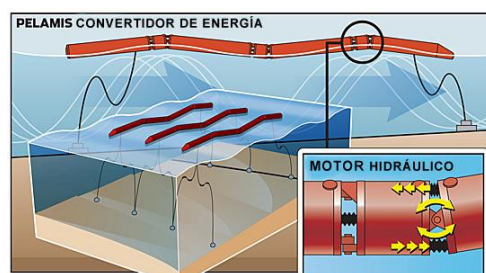


Fig. 4.1.8 Energia marina ( Onades) . Font: <http://ecomedioambiente.com/energias-renovables/energia-undimotriz/> (1/7/2019)

- **Mareomotriu:** energia que aprofita el desplaçament de grans masses d'aigua degut a les mareas fent-les passar per turbines hidràuliques. Podem aprofitar aquest tipus d'energia en badies, estuaris, golfs...

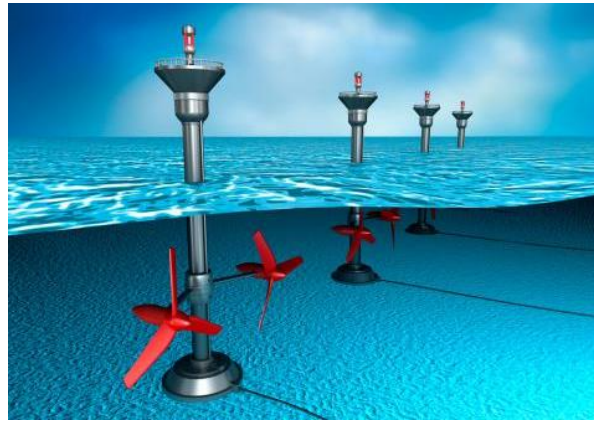


Fig. 4.1.9 Energia marina ( Mareomotriu) . Font: [https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/como-se-obtiene-energia-mareomotriz \(1/7/2019\)](https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/como-se-obtiene-energia-mareomotriz (1/7/2019))

- **Energia hidràulica:** energia provinent de l'aigua dels rius, bàsicament dels canvis d'alçada produïts per les preses. L'electricitat s'aconsegueix quan l'energia potencial gravitatòria de l'aigua es transforma en energia cinètica i aquesta aigua amb energia cinètica passa per una turbina hidràulica. És una energia molt neta, però s'ha de tenir en compte que la construcció de les preses té un gran impacte ambiental.

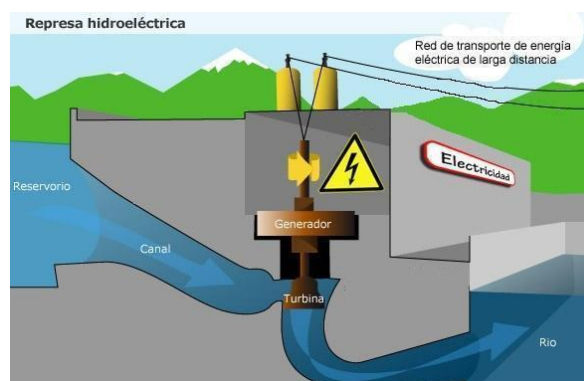


Fig. 4.1.10 Energia hidràulica . Font: [https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-aprovecha-2508.html \(2/7/2019\)](https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-aprovecha-2508.html (2/7/2019))

- **Energia geotèrmica:** Aquest tipus d'energia es basa en la formació d'energia elèctrica i calorífica a partir de les altes temperatures del subsol terrestre. Com que la calor prové del centre de la terra, no depèn de les estacions i per tant es constant. De les poques coses que s'ha de tenir en compte és del manteniment de la central.

Es podria usar aquest tipus d'energia renovable per a tenir aigua calenta sanitària (calefacció, rentar roba, etc.) o per a escalfar un fluid i amb el vapor accionar una turbina i generar electricitat. A petita escala pot tenir altres usos.



Fig. 4.1.11 Energia geotèrmica . Font: <https://infoguia.com/infotip.asp?t=factores-de-la-energia-geotermica&a=1022> (2/7/2019)

- **Energia de la biomassa:** Aquesta energia aconseguix energia calòrica o elèctrica per mitjà de la transformació d'energia orgànica com per exemple residus agrícoles o troncs d'arbres.

S'extreu l'energia de la biomassa a partir d'una sèrie de processos de transformació que poden ser físics, com el trencament, químics, com la piròlisi i la gasificació, o biològics, com els processos de fermentació per produir alcohols i èsters.

En el procés d'obtenció d'aquest tipus d'energia es poden emprar diversos materials i maneres per a generar-la, segons aquests tipus es poden classificar en tres grups:

- La biomassa **natural:** Es troba en la natura com bé indica el propi nom, no ha estat manipulat per l'home, un exemple seria la llenya per a produir energia calorífica.

- La biomassa **residual**: S'aconsegueix a partir dels residus generats de l'activitat humana (agricultura, ramaderia, processos industrials...).
- La biomassa dels **cultius energètics**: energia que s'aconsegueix a partir de materials creats únicament amb finalitats energètiques.

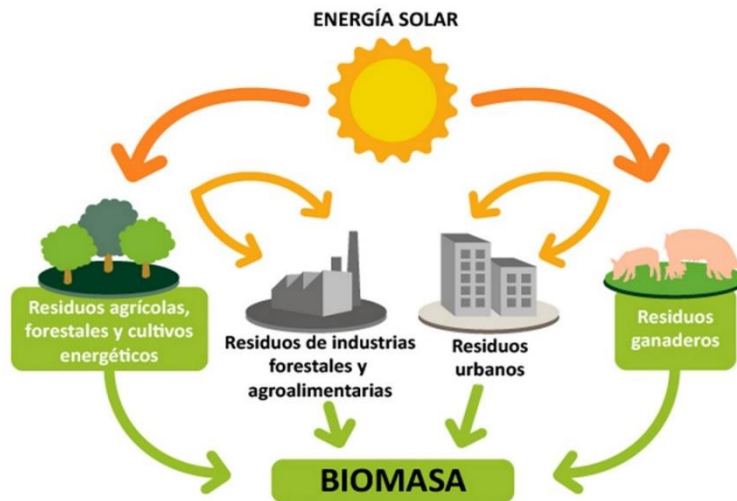


Fig. 4.1.12 Biomassa. Font:

<https://www.eficienciarenovable.com/eficiencia-renovable-invertira-en-proyectos-de-biomasa-en-10->

La major part de les energies renovables són alhora energies alternatives, les quals són aquelles que no usen les típiques fonts d'energies limitades. Totes les energies renovables mencionades es consideren també alternatives, el fet que siguin renovables o alternatives no vol dir que no contaminin, l'impacte que tenen les energies renovables sobre el medi és molt menor que el que tenen les no renovables, però n'hi ha algunes que sí contaminen, per exemple la biomassa produeix  $CO_x$  i la hidràulica pot causar un gran impacte mediambiental al construir les preses i embassaments.

A l'utilitzar les energies no renovables generem un gran nombre d'emissions les quals deriven en els següents problemes de contaminació:

- **Boira fotoquímica:** Boira en la qual la disminució de la visibilitat és produïda per la contaminació atmosfèrica, amb una barreja de partícules aerosols i gasos contaminants (òxids de nitrogen, ozó, hidrocarburs, composts orgànics volàtils, etc.) produïts amb el concurs de la radiació solar.

Aquest tipus de boira produeix efectes nocius sobre la població (irritació d'ulls, mucoses i vies respiratòries) i és objecte d'especial seguiment a les àrees urbanes.

- **Efecte hivernacle:** L'efecte hivernacle és un fenomen natural que permet que la Terra tingui una temperatura idònia per a la vida: l'energia del Sol travessa l'atmosfera i escalfa la Terra, però alguns gasos de l'atmosfera (CO<sub>2</sub> i vapor d'aigua) impedeixen que la radiació procedent de la Terra escapi a l'espai. Gràcies a aquest fenomen, l'escalfor queda retinguda a l'atmosfera i el planeta manté constant la seva temperatura global. Es diu efecte hivernacle perquè, com un hivernacle atrapa els rajos solars i els reté i no els deixa sortir. El problema és que és massa fort i això pot provocar canvis importants com ara un augment considerable de les temperatures i dels contrastos climàtics, això com l'alteració dels mateixos.
- **Pluja àcida:** és una precipitació que conté en dissolució àcids sulfúric i nítric produïts per la combinació dels òxids de sofre i de nitrogen, despresos en els processos industrials o per emissions naturals, amb el vapor d'aigua atmosfèric. Té efectes altament corrosius i provoca un augment de l'acidesa de rius i llacs i, en general, del sòl, el qual priva del calci per lixiviació. Provoca la mort de la flora i de la fauna aquàtica, degrada els boscos, així com destrueix les construccions amb pedra calcària.
- **Residus radioactius:** El principal problema de l'ús de l'energia nuclear és la gestió dels residus nuclears ja que no es poden eliminar i són molt perillosos. El problema en aquests residus és que emeten partícules radioactives durant molts anys i com hem explicat abans no es poden eliminar així que es guarden sota terra, en búnquers de formigó o en barrils al fons del mar.



Contribución de cada energía renovable en la estructura de generación eléctrica en España (2009)

(Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)

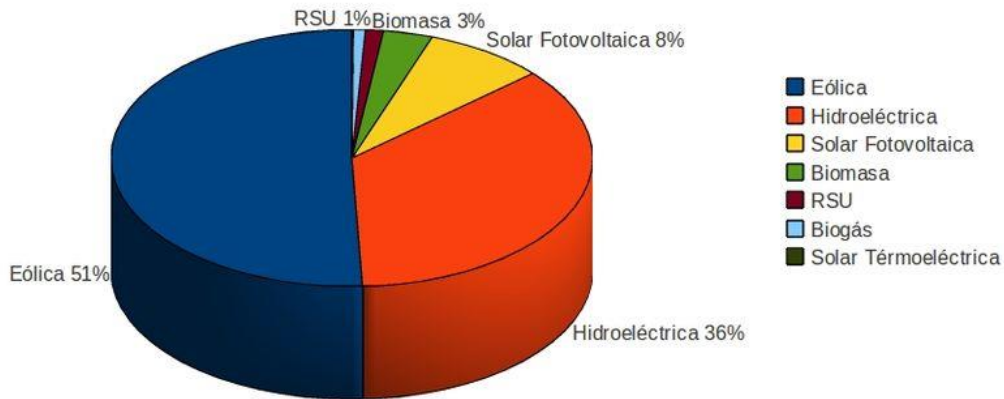


Fig. 4.1.13 Gràfic energies renovables a Espanya (2009). Font: [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_renovable\\_en\\_Espa%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable_en_Espa%C3%B1a) (5/7/2019)

### 8.1) RESULTATS OBTINGUTS:

- Pala original (plàstic)

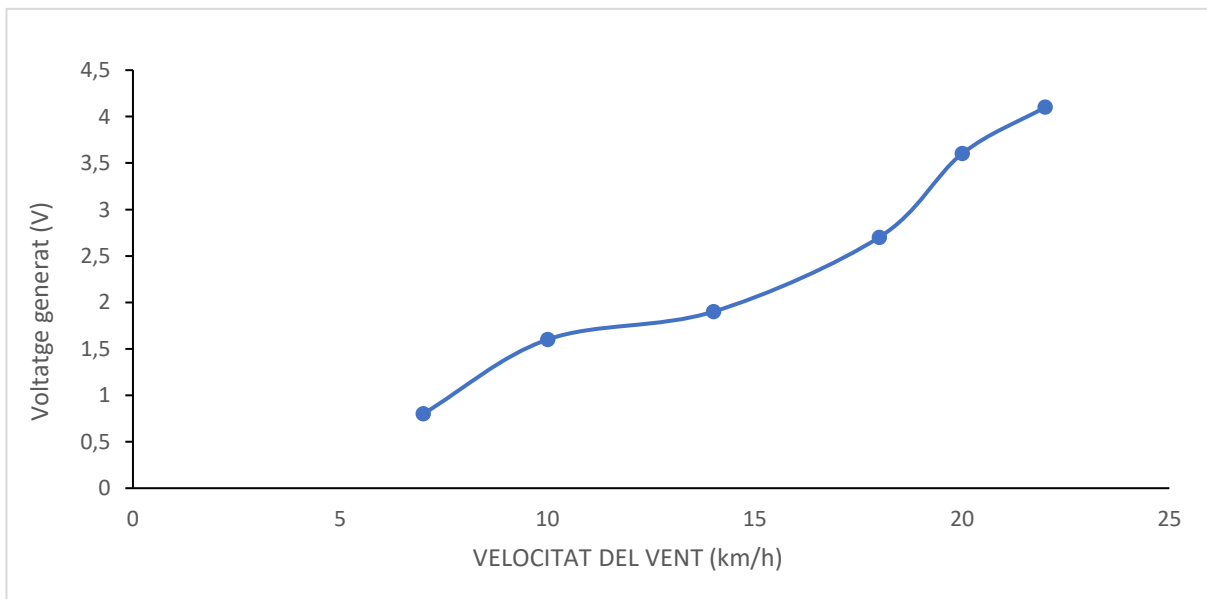


Fig. 8.1. Gràfica del voltatge generat amb la pala original de plàstic.

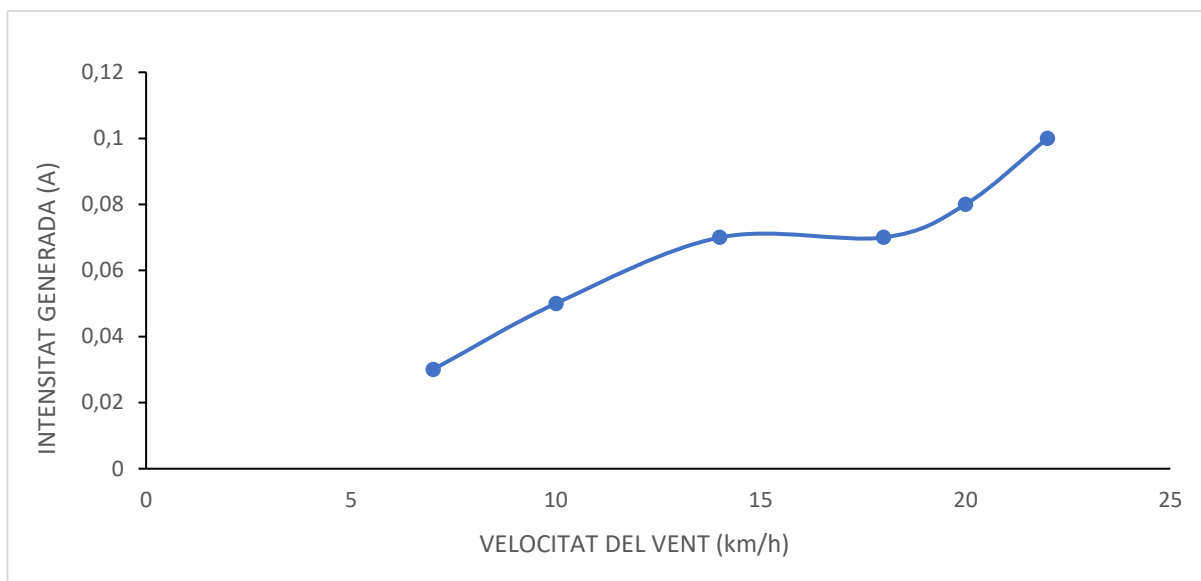


Fig. 8.1. Gràfica de la intensitat generada amb la pala original de plàstic.

- **Pala impresa 3D "dolenta"**

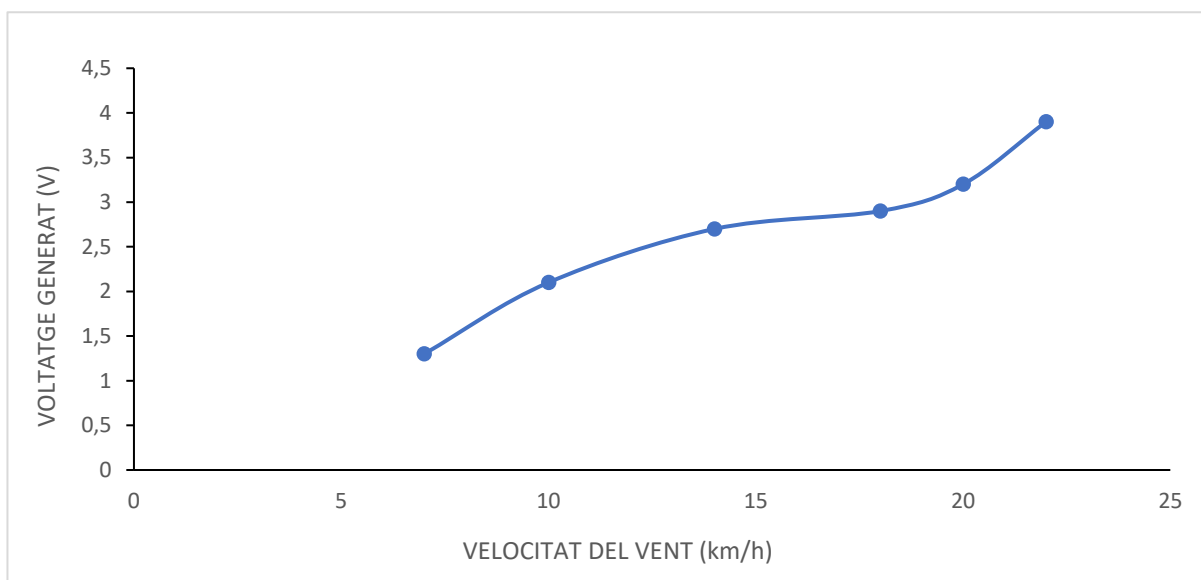


Fig. 8.1. Gràfica del voltatge generat amb la pala impresa 3D "dolenta".

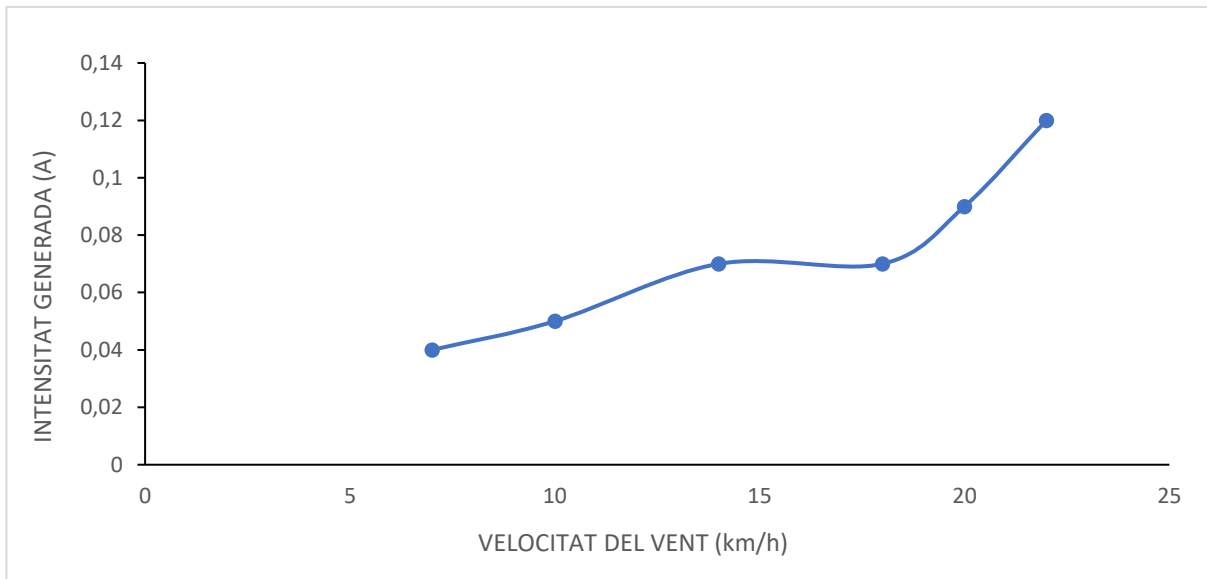


Fig. 8.1. Gràfica de la intensitat generada amb la pala impresa 3D "dolenta".

- **Pala impresa 3D "bona"**

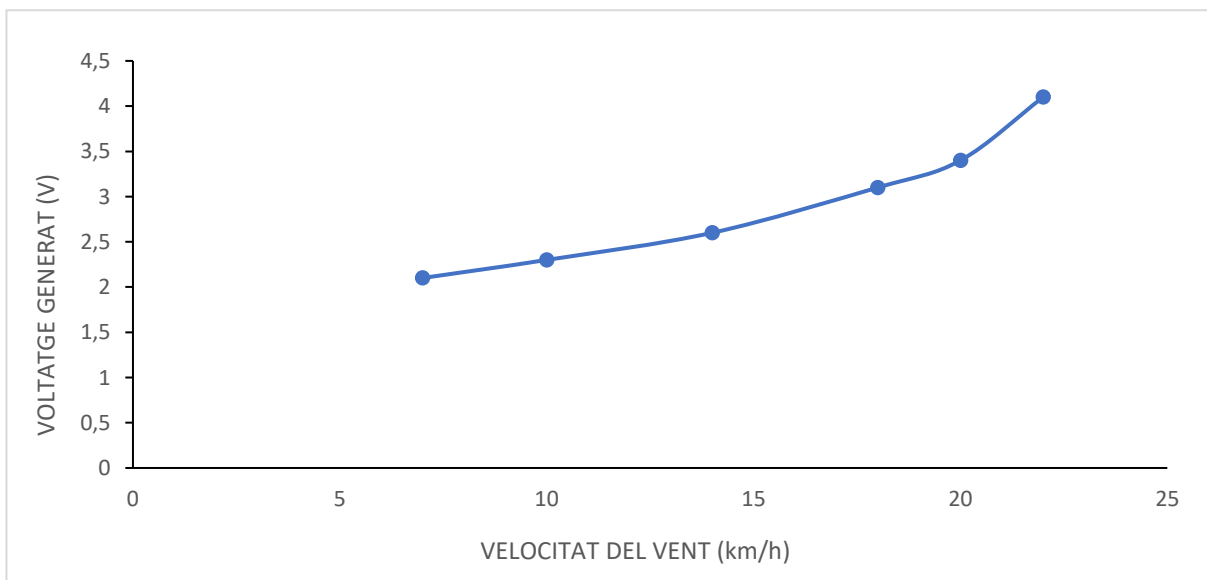


Fig. 8.1. Gràfica del voltatge generat amb la pala impresa 3D "bona".

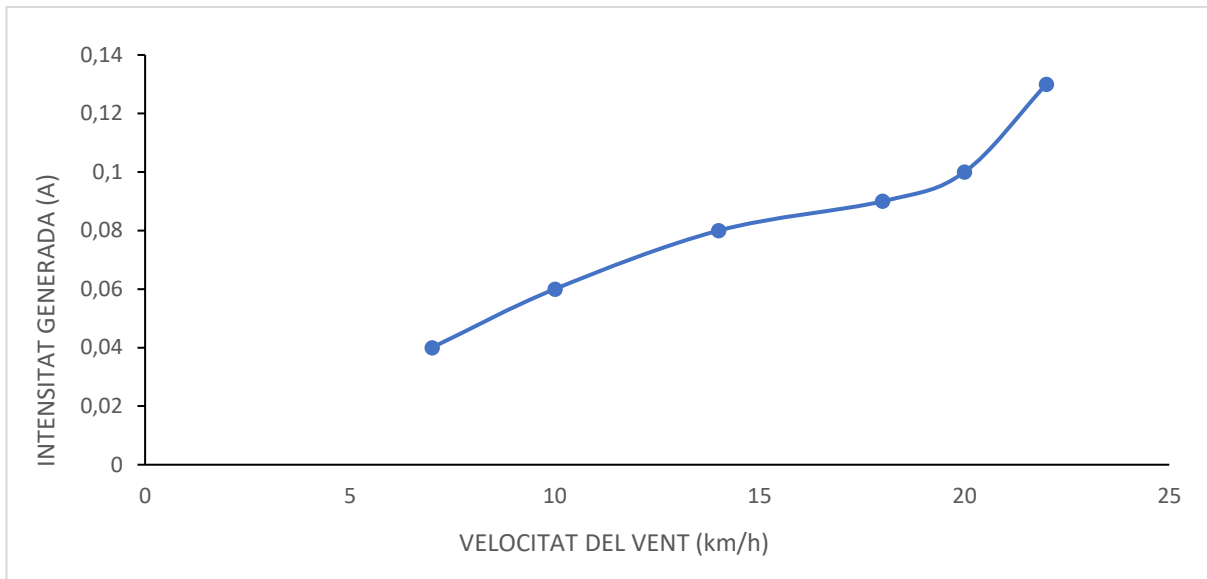


Fig. 8.1. Gràfica de la intensitat generada amb la pala impresa 3D "bona".