

Treball fi de Grau

Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials

Estudi de viabilitat d'instal·lació d'un aerogenerador a Vilalba dels Arcs

MEMÒRIA

Autor : Pau Lluís Boada Pueyo

Director : Oriol Gomis

Convocatòria : Setembre 2018



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria industrial de Barcelona



Resum

En aquest projecte es detalla l'estudi d'avaluació del recurs eòlic i d'instal·lació d'un aerogenerador a Vilalba dels Arcs, a la Terra Alta.

Es porta a terme un estudi del recurs eòlic de la zona per tal de dimensionar l'aerogenerador, es comparen dos models del mercat eòlic i posteriorment es realitza un estudi financer per tal d'observar quins dels dos s'ajusta més a les condicions ambientals del lloc i quin ens dona una major rendibilitat econòmica.

Sumari

TREBALL FI DE GRAU	1
RESUM	3
SUMARI	4
1. PREFACI	8
1.1. Origen del projecte	8
1.2. Motivació.....	8
2. INTRODUCCIÓ	9
2.1. Objectius del projecte	9
2.2. Abast del projecte.....	9
3. L'ENERGIA EÒLICA	10
3.1. Introducció	10
3.2. L'energia eòlica a terra a nivell mundial.....	11
3.3. L'energia eòlica a Espanya	14
4. L'AEROGENERADOR	16
5. AVALUACIÓ DEL POTENCIAL EÒLIC	21
5.1. Justificació de l'àrea escollida	21
5.2. Recurs eòlic.....	23
5.3. Dades del vent.....	26
5.4. Comparació dels dos models.....	29
5.4.1. Gamesa G114-2MW.....	29
5.4.2. Gamesa G114-2.5MW.....	30
5.4.3. Produccions anuals d'ambdós models.....	31
6. VIABILITAT AMBIENTAL	33
7. ESTUDI ECONÒMIC	36
7.1. Ingressos	36
7.2. Costos.....	37
7.2.1. Cost aproximat Gamesa G114-2MW	37
7.2.2. Cost aproximat Gamesa G114-2,5MW	38
7.2.3. Resum costos	38
7.3. Anàlisi financer	39

CONCLUSIONS	44
AGRAÏMENTS	45
BIBLIOGRAFIA	46
Referències bibliogràfiques.....	46

Índex d'imatges

Imatge 1. Aerogenerador Gamesa.....	17
Imatge 2. Mapa de compatibilitat eòlica de Catalunya	34
Imatge 3.Representació de l'impacte acústic a l'oïda humana.	35

Índex de gràfiques

Gràfica 1. Capacitat instal·lada anual a nivell mundial	11
Gràfica 2. Capacitat instal·lada total a nivell mundial	11
Gràfica 3. Capacitat instal·lada al 2017	12
Gràfica 4. Capacitat acumulada instal·lada fins a finals de 2017.....	12
Gràfica 5. Capacitat anual instal·lada per regions 2009-2017	13
Gràfica 6. Dades de potència eòlica instal·lada total a l'estat espanyol.	14
Gràfica 7. Distribució de probabilitat de les diferents velocitats	24
Gràfica 8. Distribució de Weibull per les dades de vent	24
Gràfica 9. Nombre d'hores que el vent bufa a una velocitat concreta durant un període de 10 anys	27
Gràfica 10.Potència aprofitable del vent	28
Gràfica 11.Potència aprofitable per l'aerogenerador	28

Gràfica 12. Corba de potència aprofitable per l'aerogenerador (model 2MW)	29
Gràfica 13. Energia aprofitada per la turbina G114 – 2MW en un any de vida útil.....	30
Gràfica 14. Corba de potència aprofitable per l'aerogenerador (model 2,5MW)	30
Gràfica 15. Energia aprofitable per la turbina G114-2,5MW en un any de vida útil.....	31
Gràfica 16. Període de retorn de la inversió de 2,5MW.....	42

Índex de taules

Taula 1. Dades energia eòlica per CCAA.....	14
Taula 2,. Dades de potència eòlica instal·lada pels diferents fabricants.....	15
Taula 3. Dades de potència eòlica instal·lada pels diferents promotors	15
Taula 4. Dades específiques dels models 2MW i 2,5MW	16
Taula 5. Corba de potència de l'aerogenerador 2 MW.....	18
Taula 6. Corba de potència de l'aerogenerador 2,5 MW.....	18
Taula 7. Corba de potència dels dos models.....	19
Taula 8. Dades Vortex	23
Taula 9. Dades de vent a la zona d'estudi	23
Taula 10. Densitat del vent en funció de l'alçada.....	26
Taula 11. Nombre d'hores a certa velocitat ens els darrers 10 anys.	27
Taula 12. Produccions anuals d'energia elèctrica	32
Taula 13. Pressupost G114-2MW	37
Taula 14. Pressupost G114-2,5MW	38
Taula 15. Estudi financer del model de 2MW	40
Taula 16. Estudi financer del model de 2,5MW	41

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

L'origen d'aquest projecte neix en l'interès per les energies renovables, una forma d'obtenir energia a partir de recursos nets i inesgotables. La societat és conscient que hi ha d'haver una transició cap a un model energètic net, eficient i sostenible.

Per a que això sigui possible, ha d'haver-hi més inversió. D'aquest mateix aspecte, s'origina l'altre part del treball, que és l'aspecte econòmic.

1.2. Motivació

La motivació per realitzar aquest projecte és la gran quantitat de coneixements que es poden adquirir i els diferents àmbits que es tracten. El plantejament del projecte és fer alguna cosa relacionada amb l'economia que permeti utilitzar eines emprades al llarg del Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials i treballar amb *big data* com són les dades del vent durant un període de 10 anys.

També aprofundir en la situació del sector energètic actual tant a nivell mundial com a nivell estatal, el mercat de l'energia elèctrica i les energies renovables.

2. Introducció

2.1. Objectius del projecte

El que es pretén en aquest projecte és estudiar la viabilitat de la instal·lació d'un generador eòlic a la Terra Alta a partir d'un estudi del recurs eòlic a la zona i la posterior tria del model del generador.

S'estudiarà quanta energia es generarà, quins són els preus actuals de l'energia a Espanya i s'avaluarà diferents models de turbina i es triarà el que millor encaixi tant pel que fa les condicions eòliques com econòmiques.

2.2. Abast del projecte

L'abast del projecte es limita a un estudi econòmic i de localització d'una sola turbina a la Terra Alta. No es contempla un anàlisi profund pel que fa a la connexió elèctrica o al transport de l'energia.

S'analitzarà amb detall l'aspecte econòmic i eòlic del projecte, així com la localització de la instal·lació del generador a partir de l'estudi del recurs eòlic.

3. L'energia eòlica

3.1. Introducció

L'ús de l'energia eòlica s'ha anat desenvolupant notablement al llarg de la història. La seva primera aplicació correspon a l'ús de les veles a la navegació l'any 4500 a.C. Posteriorment, amb l'objectiu de bombejar aigua i moldre el gra van aparèixer els molins mediterranis i ibers amb un rotor fix, incapaços de orientar-se en la direcció del vent. Destaquen el molí mallorquí i el molí manxec.

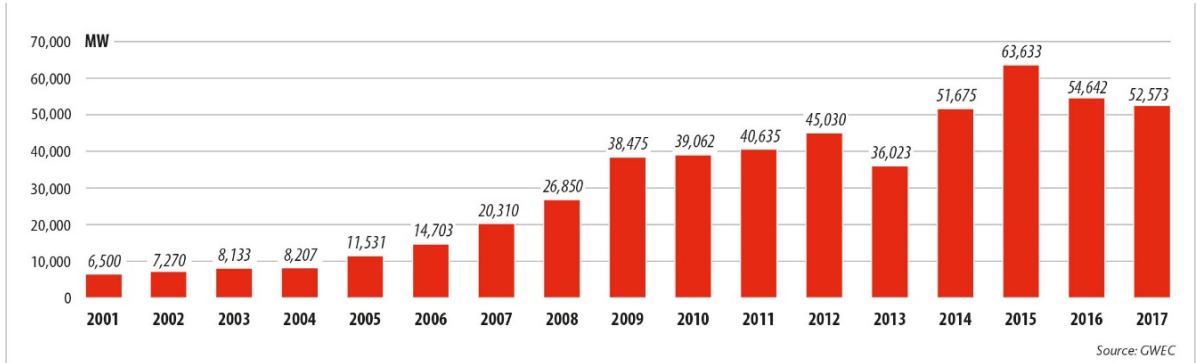
Entre els segles XII i XV apareix a Europa el molí de vent. Tenia la capacitat d'orientar-se amb el vent gràcies a l'acció d'una palanca. Aquest mateix model va evolucionar cap a una base formada per un tríode. Als molins de tríode se'ls uneix els molins de torre entre els segles XV i XVII aconseguint també una millora en el sistema de recolzament. És a la revolució industrial, a mitjans del segle XIX, quan apareix una nova generació de turbines eòliques utilitzades per bombejar aigua dels pous. Més endavant apareix el primer prototip d'aerogenerador elèctric amb quatre pales capaces de desenvolupar entre 5 i 25 kW.

Al segle XX, el desenvolupament de l'aerodinàmica va permetre comprendre el comportament de les forces que actuaven al voltant de les pales de les turbines. Es va demostrar que a major velocitat de rotació menor és la influència del nombre de pales en el rendiment, pel que es varen començar a construir aerogeneradors amb dues o tres pales.

La primera crisi del petroli de 1973 provoca que diferents països europeus comencin a investigar sobre l'energia eòlica. Com a conseqüència, sorgeix una nova generació de sistemes de conversió eòlica. La tecnologia eòlica ha avançat ràpidament a les últimes dècades. Actualment, el mercat d'aerogeneradors ofereix una tecnologia madura i comercial amb suficient capacitat per produir energia elèctrica amb fiabilitat. L'aerogenerador d'avui és d'eix horitzontal, amb tres pales, orientada sobrevent, amb velocitat variable, altura de caixa de turbina entre 80 i 120 metres i rangs de potència entre 2000 i 3000 kW. En els pròxims anys s'estimen mides més grans, tant d'altures superiors com potències unitàries de fins 10 MW.

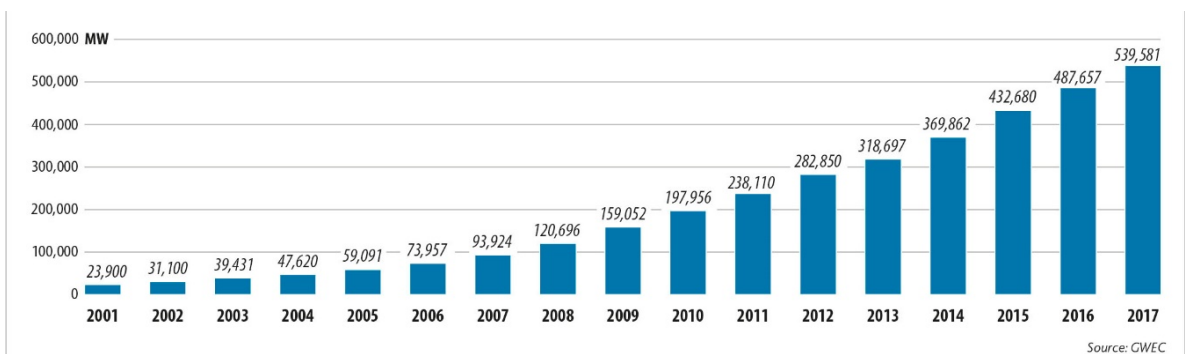
3.2. L'energia eòlica a terra a nivell mundial

L'evolució del mercat a nivell global tant anual com l'acumulat ha estat el següent per l'any 2017:



Gràfica 1. Capacitat instal·lada anual a nivell mundial

A la gràfica 1[1] es mostren les dades de capacitat mundial instal·lada anual de l'energia eòlica, s'observa un creixement exponencial des de el 2001 fins el 2012 on van arribar al seu màxim. No obstant al 2013 el mercat de l'eòlica es va poder considerar un mercat amb pressió a la baixa sobre els preus, una forta competència entre els beneficiaris i sobretot les polítiques d'austeritat en el panorama econòmic actual, tots aquests factors van poder afectar que la potencia instal·lada disminuís aquell any. Malgrat això, al 2014 torna a remuntar el sector eòlic. La disminució de l'any 2016 va ser accentuada per la desacceleració de les instal·lacions a Xina[2].

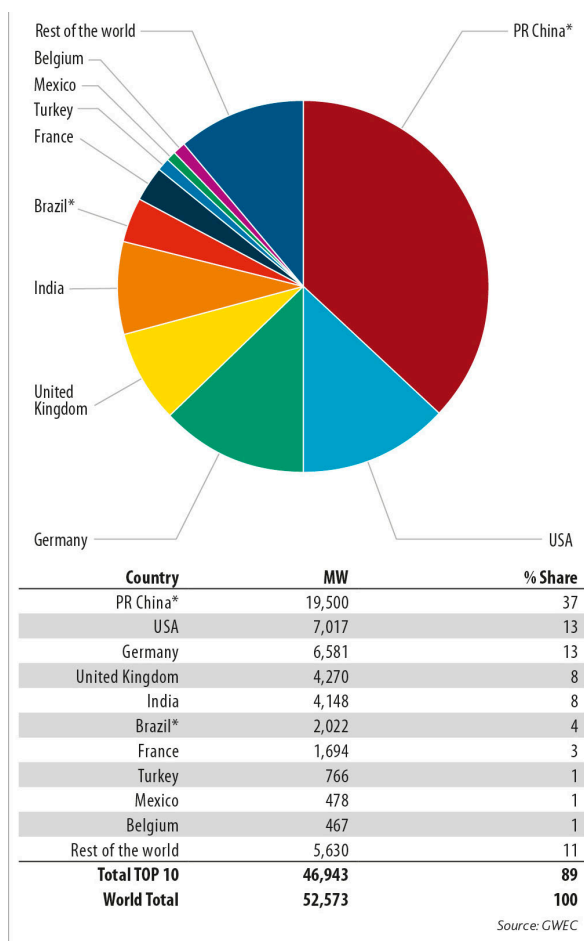


Gràfica 2. Capacitat instal·lada total a nivell mundial

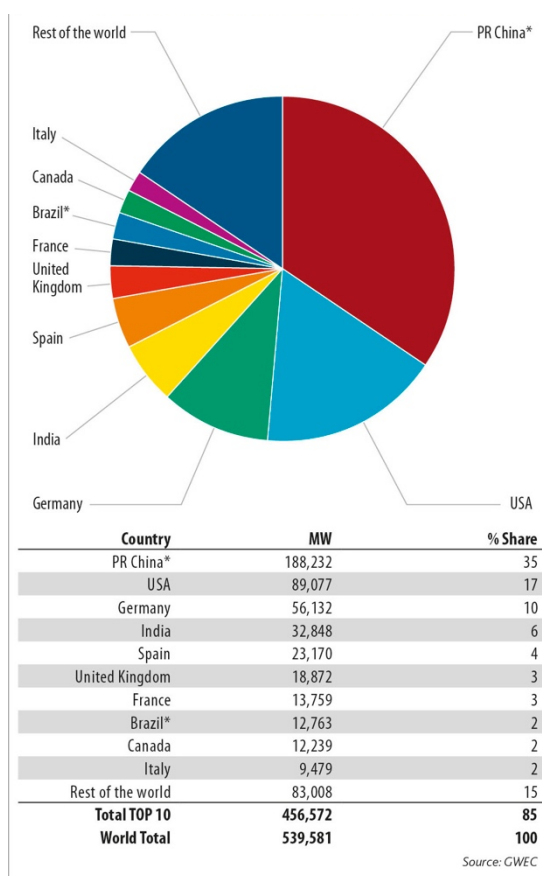
S'observa a la gràfica 2 que la capacitat anual instal·lada a nivell mundial l'any 2017 va ser de 539,581 MW.

S'observa que la regió que més capacitat instal·lada al 2017 d'energia eòlica és Àsia superant els 25.000 MW, seguit d' Estats Units amb 7000 MW i Alemanya liderant el bloc europeu amb 6500 MW.

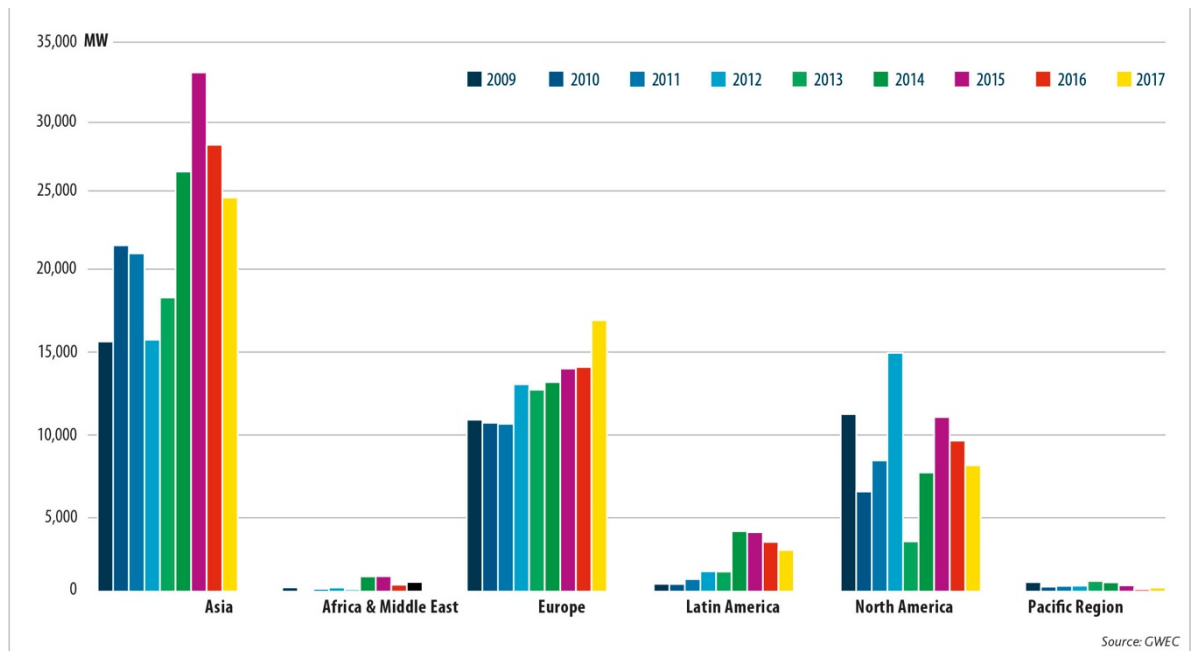
Pel que fa l'acumulat a finals de 2017, Espanya es troba al cinquè lloc amb un 4% de la capacitat total mundial.



Gràfica 4. Capacitat instal·lada al 2017



Gràfica 3. Capacitat acumulada instal·lada fins a finals de 2017



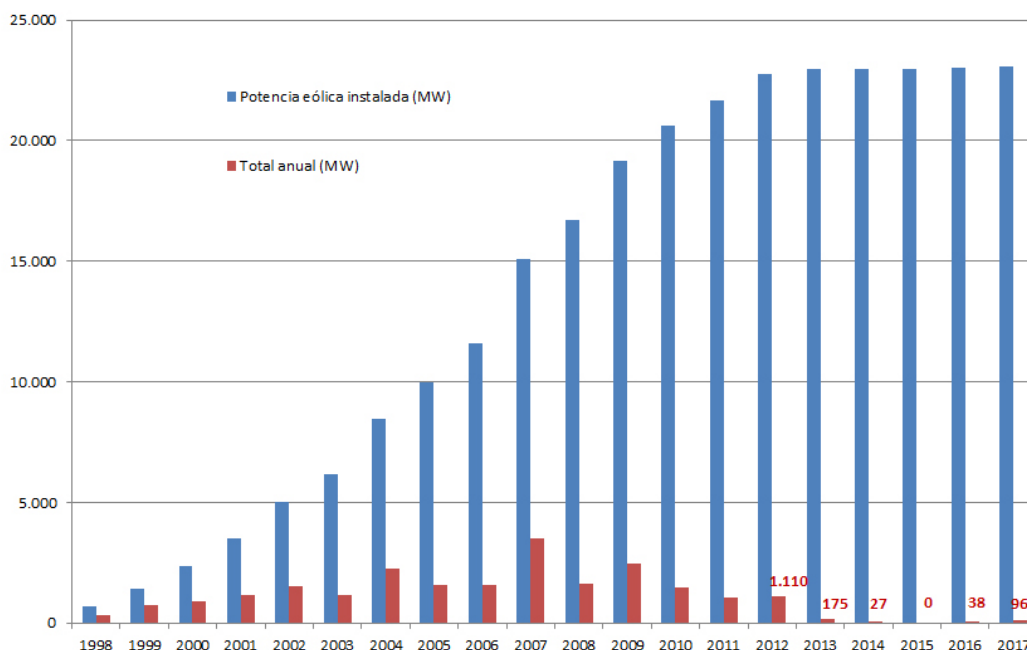
Gràfica 5. Capacitat anual instal·lada per regions 2009-2017

S'observa que la regió amb més capacitat anual instal·lada és Àsia superant els 25.000 MW i seguit per Europa amb més de 10.000 MW.

Totes aquestes dades s'han extret del web Global Wind Energy Council [1]

3.3. L'energia eòlica a Espanya

En aquest cas s'han pogut obtenir dades gràcies a AEeolica [4], on s'aprecia un augment de forma exponencial de la potència acumulada. Espanya és el cinquè país del món per potència eòlica instal·lada. Al 2017, l'energia eòlica ha estat la segona font d'energia elèctrica a l'estat espanyol.



Gràfica 6. Dades de potència eòlica instal·lada total a l'estat espanyol.

Pel que fa a les diferents comunitats autònomes, trobem les següents dades:

COMUNIDAD AUTÓNOMA	POTENCIA INSTALADA EN 2017	ACUMULADO A 31/12/2017	% SOBRE EL TOTAL	Nº DE PARQUES
Castilla y León	2	5.595	24,23%	244
Castilla-La Mancha	0,225	3.807	16,48%	141
Andalucía	0	3.301	14,29%	152
Galicia	16,45	3.354	14,52%	159
Aragón	18	1.911	8,28%	89
Cataluña	0	1.269	5,49%	46
Comunidad Valenciana	0	1.189	5,15%	38
Navarra	0	1.004	4,35%	49
Asturias	0	518	2,25%	23
La Rioja	0	447	1,93%	14
Murcia	0	262	1,13%	14
Canarias	59,1	241	1,04%	64
País Vasco	0	153	0,66%	7
Cantabria	0	38	0,17%	4
Baleares	0	4	0,02%	46
TOTAL	95,78	23.092	100,00%	1.090



Taula 1. Dades emergia eòlica per CCAA

S'observa que Castella i Lleó és la comunitat amb més potència acumulada, seguida de Castella-La Manxa, Andalusia i Galicia. El nombre total de parcs és de 1.090. També podem destacar que l'any 2017 van invertir en nova capacitat Castella i Lleó, Castella-La Manxa, Galicia, Aragó i Canàries.

Pel que fa fabricants i promotors (taules 2 i 3), el principal subministrador del mercat d'aerogeneradors és Gamesa amb un 55,34% de quota de mercat. A Espanya, un subministrador força potent és Vestas, seguit de GE i Nordex Acciona. El principal promotor és l'empresa Iberdrola amb una quota de 24,15 % de potència. A continuació trobem les empreses Acciona Energía, Electricidad de Portugal (EDPR) i Enel Green Power España.

PROMOTOR	POTENCIA EÓLICA INSTALADA EN 2017 (MW)	POTENCIA ACUMULADA A CIERRE DE 2017 (MW)	CUOTA DE MERCADO SOBRE EL ACUMULADO (%)
IBERDROLA	0,00	5.576,93	24,15%
ACCIONA ENERGÍA	0,00	4.267,82	18,48%
EDP RENOVÁVEIS	18,00	2.280,99	9,88%
ENEL GREEN POWER ESPAÑA	4,60	1.496,15	6,48%
GAS NATURAL FENOSA RENOVABLES	0,00	1.215,51	5,26%
EOLIA RENOVABLES	0,00	529,74	2,29%
SAETA YIELD	0,00	512,56	2,22%
VAPAT	0,00	471,25	2,04%
RWE	0,00	442,71	1,92%
OLIVENTO	0,00	420,79	1,82%
ENERFÍN	0,00	390,13	1,69%
VIESGO	0,00	380,61	1,65%
BORA WIND ENERGY MANAGEMENT	0,00	329,99	1,43%
MEDWIND *	0,00	246,75	1,07%
RENOVALIA RESERVE	0,00	243,96	1,06%
MOLINOS DEL EBRO	0,00	234,25	1,01%
SIEMENS GAMESA	0,00	219,45	0,95%
IBERÉOLICA	0,00	194,30	0,84%
EÓLICA DE NAVARRA	0,00	134,38	0,58%
ALDESA ENERGÍAS RENOVABLES	0,00	164,05	0,71%
ELECDEV	0,00	140,10	0,61%
FERSA	0,00	128,10	0,55%
OTROS	73,18	3.108,67	13,46%
TOTAL	95,78	23.092	100,00%

Taula 3. Dades de potència eòlica instal·lada pels diferents promotors

FABRICANTE	POTENCIA EÓLICA INSTALADA EN 2017 (MW)	POTENCIA ACUMULADA A CIERRE DE 2017 (MW)	CUOTA DE MERCADO SOBRE EL ACUMULADO (%)
SIEMENS GAMESA	0,00	12.780,39	55,34%
VESTAS	20,00	4.147,29	17,96%
GE	0,00	3.152,23	13,65%
NORDEX ACCIONA	0,00	1.913,81	8,29%
ENERCON	75,55	606,70	2,63%
SUZLON	0,00	218,00	0,94%
DESA	0,00	100,80	0,44%
LAGERWEY	0,00	37,50	0,16%
M-TORRES	0,00	46,80	0,20%
KENETECH	0,00	36,90	0,16%
SINOVEL	0,00	36,00	0,16%
REPOWER	0,00	25,00	0,11%
EOZEN	0,00	4,50	0,02%
NORVENTO	0,00	0,40	0,00%
ELECTRIA WIND	0,00	0,15	0,00%
WINDECO	0,00	0,05	0,00%
OTROS	0,23	22,66	0,10%
TOTAL	95,78	23.092	100,00%

Taula 2,. Dades de potència eòlica instal·lada pels diferents fabricants

4. L'aerogenerador

El model Gamesa G114 (Siemens) representa una referència al sector eòlic per la seva baixa densitat de potència i per reduir significativament el cost de l'energia. Ha estat desenvolupat per maximitzar el rendiment de les turbines en zones de poc vent o de nivell mitjà i per això ha estat l'escollit.

Malgrat això, compararem els models de 2MW i 2,5 MW per tal de saber quin és el que donarà millors resultats tant a nivell energètic com a nivell econòmic.

Aquí veiem algunes de les seves característiques:

	G114 - 2MW	G114-2,5MW
Potència nominal	2000 kW	2500 kW
Diàmetre rotor	114 m	114 m
Velocitat nominal del vent	10 m/s	10 m/s
Velocitat mínima	2,5 m/s	2 m/s
Velocitat del vent de tall	25 m/s	25 m/s
Àrea d'escombrada	10207 m ²	10207 m ²
Velocitat del rotor	16 voltes/min	14,6 voltes/min
Alçada de la caixa	93 m	93 m

Taula 4. Dades específiques dels models 2MW i 2,5MW

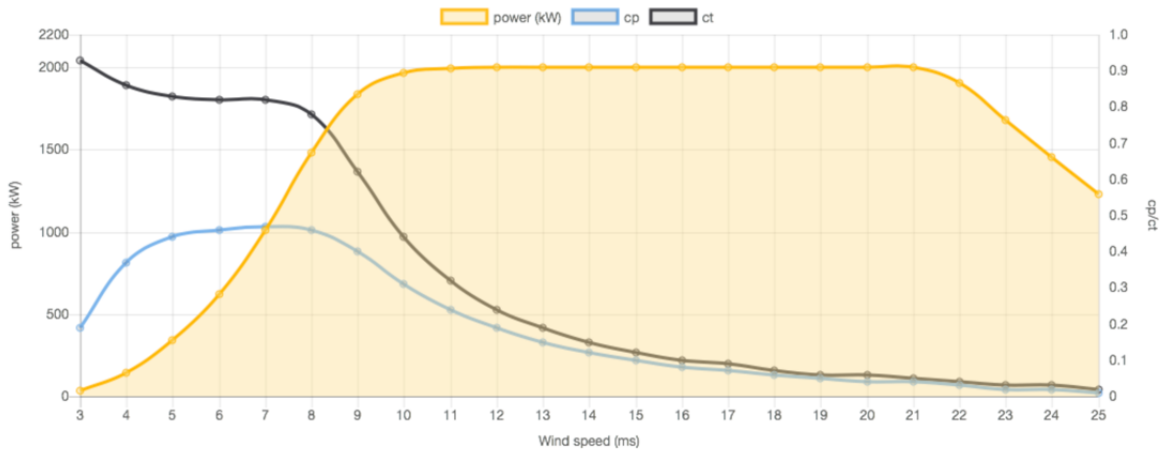
S'observa que tenen unes característiques molt similars, doncs l'única gran diferència és la seva potència nominal. Això tindrà una gran influència alhora de calcular la producció anual que es capaç de produir l'aerogenerador.



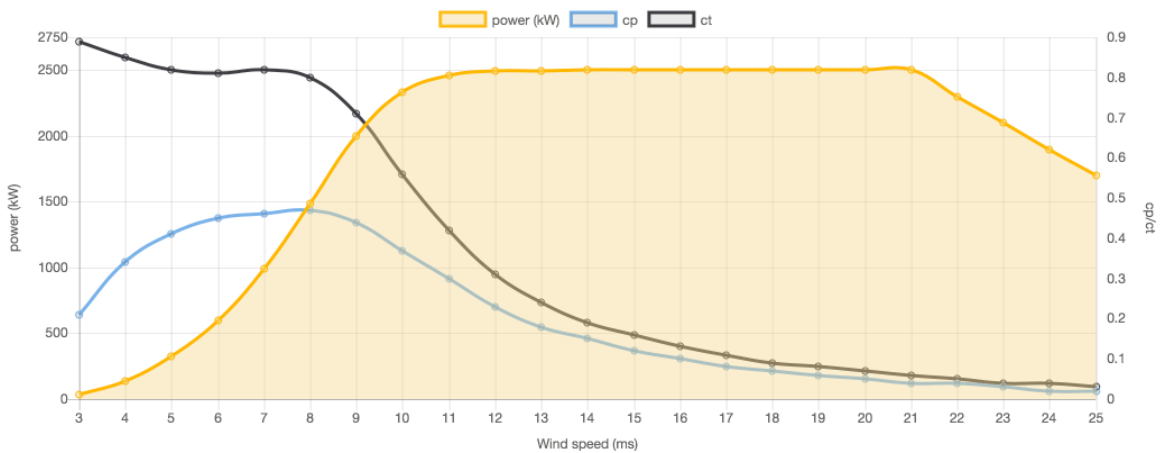
Imatge 1. Aerogenerador Gamesa



El motiu principal per escollir aquest aerogenerador és que es considera un model referent en el seu sector gràcies a la seva baixa densitat de potència, el que permet arribar a una rendibilitat alta per zones amb vents mitjos i baixos.



Taula 5. Corba de potència de l'aerogenerador 2 MW



Taula 6. Corba de potència de l'aerogenerador 2,5 MW

Velocitat(m/s)	G114-2MW		G114-2,5MW	
	Potència(kW)	Cp	Potència(kW)	Cp
3	32	0,19	35	0,21
4	146	0,37	134	0,34
5	342	0,44	321	0,41
6	621	0,46	601	0,45
7	1008	0,47	990	0,46
8	1486	0,46	1489	0,47
9	1836	0,4	2001	0,44
10	1965	0,31	2332	0,37
11	2000	0,24	2459	0,3
12	2000	0,19	2492	0,23
13	2000	0,15	2498	0,18
14	2000	0,12	2500	0,15
15	2000	0,1	2500	0,12
16	2000	0,08	2500	0,1
17	2000	0,07	2500	0,08
18	2000	0,06	2500	0,07
19	2000	0,05	2500	0,06
20	2000	0,04	2500	0,05
21	2000	0,04	2500	0,04
22	1906	0,03	2300	0,04
23	1681	0,02	2100	0,03
24	1455	0,02	1900	0,02
25	1230	0,01	1700	0,02

Taula 7. Corba de potència dels dos models

Es mostra en aquesta taula les dades per les diferents velocitats de la potència que pot arribar a proporcionar l'aerogenerador. També el coeficient de potència, amb el qual es calcularà més endavant la producció anual, de forma aproximada, del model G114-2MW i el model G114-2,5 MW.

5. Avaluació del potencial eòlic

5.1. Justificació de l'àrea escollida

Catalunya no disposa de recursos fòssils significatius i, per tant, és necessari elaborar polítiques que redueixin radicalment la dependència del país dels combustibles fòssils i portin el model energètic actual a un nou model sostenible en un període de temps més curt possible. Cal avançar cap a un sistema energètic de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, innovador, competitiu i sostenible, amb una aposta molt ferma i intensa per les tecnologies d'estalvi i eficiència energètica, amb un baix consum d'hidrocarburs fòssils i on, dins del "mix" de l'energia, es maximitza la utilització de les energies renovables. En aquest nou model energètic, l'ús creixent de fonts d'energia renovables és una de les prioritats bàsiques de la política energètica catalana, que ha de contribuir a la necessària diversificació de fonts d'energia, mitigar la forta dependència energètica exterior, reduir els impactes ambientals associats al consum d'energies fòssils, a la creació d'ocupació, a aconseguir l'equilibri territorial i desenvolupar un modern teixit industrial.

Dins de la prioritat d'augmentar el consum d'energies renovables a Catalunya, l'energia eòlica representa una de les fonts amb major potencial de creixement i és clau per assolir el pla estratègic d'augmentar la participació de l'energia procedent de fonts renovables en el consum d'energia de Catalunya. Concretament, la revisió del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 [8], aprovada per Acord de Govern el 24 de novembre de 2009, estableix l'objectiu d'assolir 3.500 MW de potència eòlica en l'horitzó de 2015. En el nou Pla d'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 [9] manté l'aposta decidida per l'energia eòlica, incrementant l'objectiu abans establert fins a 5.153,6 MW el 2020.

La revisió del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 identifica com una de les principals barreres per a la implantació de l'energia eòlica a Catalunya la falta de planificació. En aquest sentit es proposa planificar el desenvolupament eòlic tenint en compte el recurs existent, la capacitat d'evacuació de l'energia elèctrica, l'impacte ambiental i paisatgístic i el consens amb el territori. El Pla estableix dues fases en el desenvolupament de l'energia eòlica a Catalunya. Una primera fase amb l'objectiu de posar en marxa els projectes, autoritzats i en tràmit, que siguin viables econòmicament, ambientalment i socialment i que disposin de punt de connexió amb capacitat d'evacuació a la xarxa elèctrica. I una segona fase subjecte a una planificació que tingui en compte tots els aspectes necessaris per a un desenvolupament racional de l'energia eòlica. Es especifica que aquesta planificació es concretarà en la definició d'unes zones de desenvolupament prioritari i, una vegada definides, en l'inici d'un procés de concurrència amb l'objectiu de seleccionar els projectes que millor s'ajusten als criteris fixats a les bases contractives.

En aquest sentit, el 2009 es va aprovar el Decret 147/2009 [10], de 22 de setembre, pel qual es regulen els procediments administratius aplicables per implantar parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya, que pretén planificar l'encaix territorial d'aquestes instal·lacions, a més de harmonitzar d'una manera clara les diferents normatives energètiques, ambientals i urbanístiques que afecten la implantació de parcs eòlics per tal d'accelerar la tramitació administrativa, garantint el equilibri entre la correcta protecció del medi i l'impuls de l'energia eòlica com a font renovable. Per aquest motiu, es van aprovar l'any 2010 les Zones de Desenvolupament Prioritari (ZDP) per a l'energia eòlica de Catalunya. La proposta inicial de determinació de les ZDP es va realitzar en base al potencial eòlic de Catalunya i aplicant una sèrie de restriccions tenint en compte els parcs eòlics existents, la capacitat d'evacuació a la xarxa i criteris ambientals, urbanístics, paisatgístics i de protecció del patrimoni cultural, que va donar com a resultat la idoneïtat per a cada punt del territori de Catalunya es pot trobar dins o fora dels perímetres de delimitació de les ZDP.

Actualment, s'ha elaborat un Pla que és coherent amb els objectius establerts en el Pla d'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020, aprovat a l'octubre de 2012.

Per a l'elaboració del Pla també s'han tingut en compte les informacions que, d'acord amb el Decret 147/2009, de 22 de setembre, van emetre els departaments competents en matèria d'energia, medi ambient, política territorial i obres públiques i de cultura així com els informes en relació a la proposta inicial de determinació de les ZDP emeses pels ajuntaments afectats.

Finalment, el Pla de Determinació de les Zones de Desenvolupament Prioritari contempla 6 ZDP amb una potència total de 589 MW:

- ZDP II - Conca de Barberà i Segarra (186 MW)
- ZDP III - Alt Penedès i Alt Camp (33 MW)
- ZDP V - Ribera d'Ebre i Baix Camp (120 MW)
- ZDP VI - Segrià i Ribera d'Ebre (60 MW)
- ZDP VII - Terra Alta (90 MW)
- ZDP VIII - Anoia i Segarra (100 MW)

5.2. Recurs eòlic

Per tal d'estudiar el recurs eòlic, es disposa d'una estació anemomètrica virtual de 90 metres d'alçada de 90 metres ubicada a prop de Vilalba dels Arcs, a la província de Tarragona, a la Terra Alta.

L'estació anemomètrica virtual es caracteritza de la següent manera:

- 90 metres: 1 anemòmetre i 1 veleta
- 70 metres: 1 anemòmetre i 1 veleta
- 50 metres: 1 anemòmetre i 1 veleta

En general es disposa d'uns 10 anys complets amb dades. D'aquesta manera tenim molta informació del lloc i no ens cenyim únicament a l'estudi durant 1 o 2 anys. Les dades (**Annex I**) han estat facilitades per l'empresa Vortex amb aquest format:

Lat=41.146 Lon=0.3823853 Hub-Height=95 Timezone=2 ASL-Height(avg. 3km-grid)=377 (file requested on 2018-05-31 13:51:11)
VORTEX (www.vortex.es) - Computed at 3km resolution based on ERA5 data (designed for correlation purposes)

YYYYMMDD HHMM	M(m/s)	D(deg)	T(C)	De(k/m3)	PRE(hPa)	RiNumber	RH(%)
20080102 0200	2.8	301	1.7	1.22	962.3	19.01	77.6
20080102 0300	2.7	299	0.9	1.22	961.7	20.38	84.4
20080102 0400	2.8	298	0.6	1.22	961.5	10.57	86.7
20080102 0500	3.0	298	0.5	1.22	961.3	10.39	85.7
20080102 0600	3.1	297	0.5	1.22	960.8	4.42	83.7
20080102 0700	2.8	297	0.6	1.22	960.4	2.88	81.9
20080102 0800	2.2	301	0.6	1.22	960.0	4.04	81.6
20080102 0900	1.9	309	0.6	1.22	959.5	2.45	82.7

Taula 8. Dades Vortex

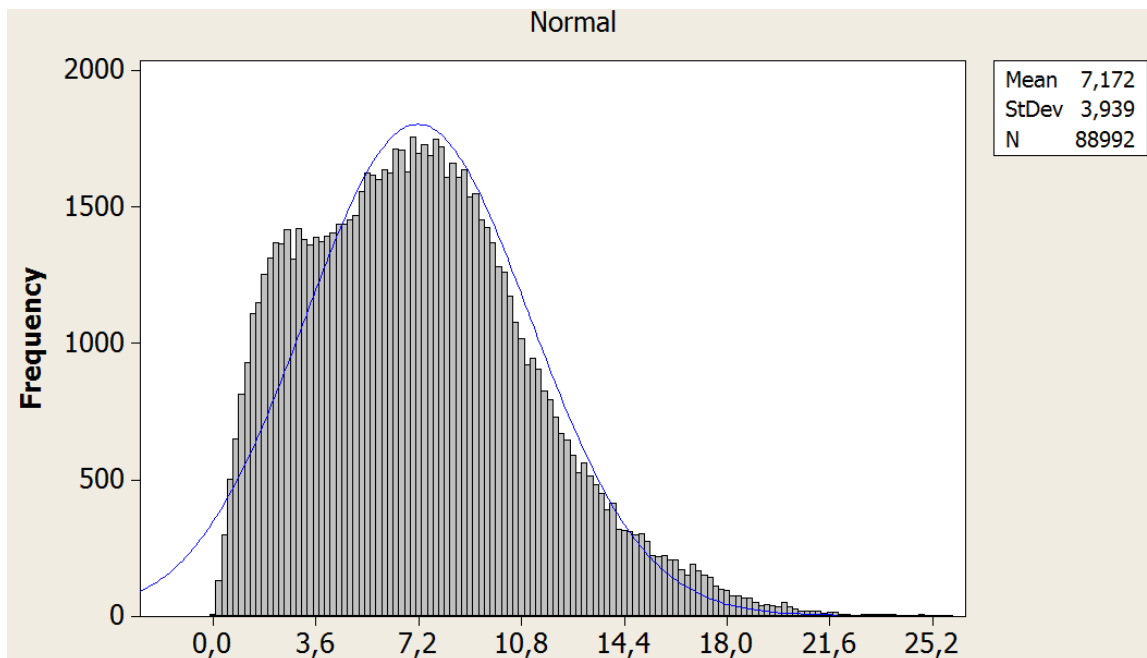
Aquí s'observa una petita part, ja que les dades arribaven fins a les 88000 mostres i que la simulació consisteix en recollir dades cada hora durant 10 anys, com s'ha comentat anteriorment. S'observa seguidament les característiques principals del vent a la zona d'estudi:

Variable	Estació virtual
Altura	90 m
Velocitat màxima	25,8 m/s
Velocitat mitja	7,17 m/s
Weibull k	1,87
Weibull c	8,066 m/s
Nombre d'hores	88992 hores

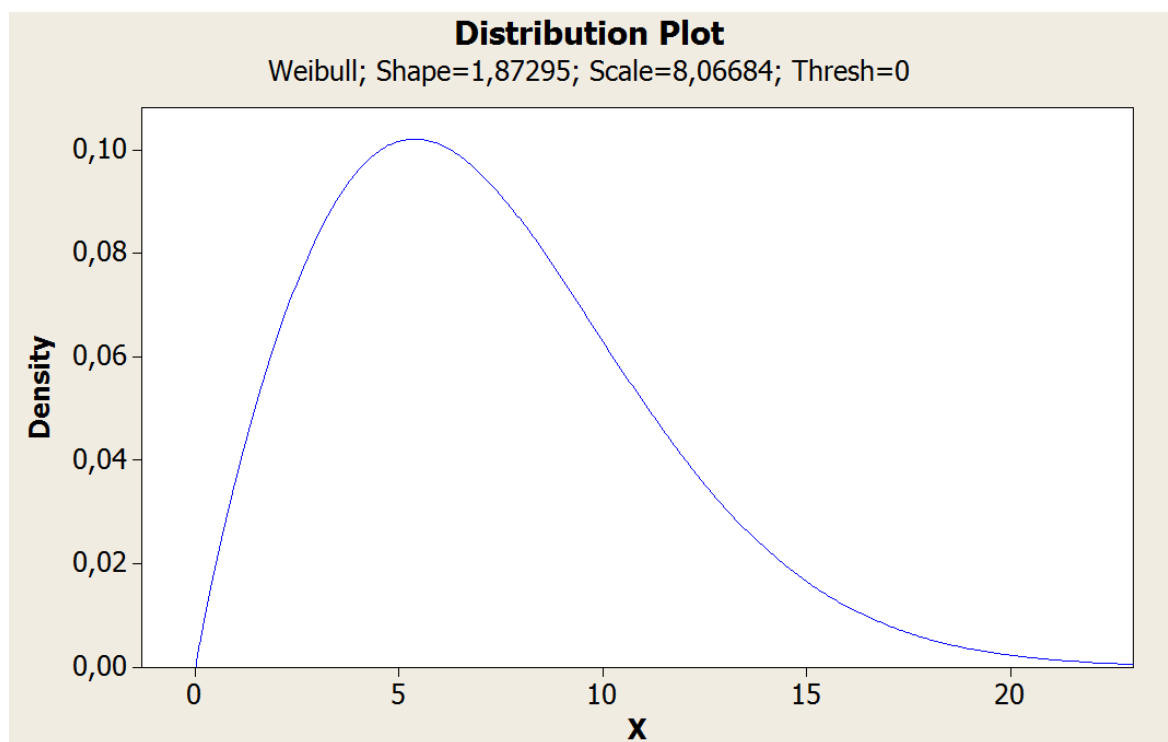
Taula 9. Dades de vent a la zona d'estudi

En aquesta figura observem la distribució de probabilitat de les diferents velocitats durant els darrers 10 anys:

Amb els factors de Weibull C i K s'ha realitzat la distribució de Weibull següent:



Gràfica 7. Distribució de probabilitat de les diferents velocitats



Gràfica 8. Distribució de Weibull per les dades de vent

Totes aquestes dades s'han obtingut a partir de les dades de velocitat que ens ha facilitat l'empresa Vortex. A partir del programa Minitab podem observar el comportament del nostre recurs eòlic en aquesta zona.

La potència continguda al vent ve donada per la següent expressió:

$$P = \frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2} C_p$$

on A és l'àrea d'escombratge de les pales, ρ la densitat de l'aire i v la velocitat del vent. Observem que la velocitat és la que més influeix a la potència però alhora és la que més varia. Aquesta expressió evidencia clarament si és una zona on es disposa d'un bon recurs eòlic.

El coeficient de potència (C_p) [3] és una mesura de l'eficiència de l'aerogenerador que s'utilitza a l'indústria de l'energia eòlica. Aquest coeficient és la relació de l'energia elèctrica real produïda per un aerogenerador dividit per la potència eòlica total que flueix a les turbines a velocitat específica del vent. Quan es defineix d'aquesta manera, el coeficient de potència representa l'eficiència combinada dels diferents components del sistema d'energia eòlica, que inclouen les turbines, els rodaments d'eix i el tren d'engranatges, el generador i l'electrònica de potència.

El C_p d'una turbina en particular es mesura o calcula pel fabricant, i normalment es proporciona a diverses velocitats del vent. Varia amb condicions de funcionament com la velocitat del vent, l'angle de la pala de la turbina, la velocitat de rotació de la turbina i altres paràmetres. És una mesura de l'eficiència general del sistema d'una eòlica particular. No s'ha de confondre amb, ni comparar-lo amb, el factor de capacitat (*capacity factor*).

La densitat de l'aire varia segons l'altura en la que ens trobem. En el cas del nostre emplaçament ens trobem a una alçada de 350 metres sobre el nivell del mar.

Altitud (metres)	Valores de la densidad del aire ambiente		
	Mínimo (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	Máximo (kg/m ³)
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467
3048	0,8762	0,9082	0,9419

Taula 10. Densitat del vent en funció de l'alçada

En el nostre cas, la densitat mitja és de 1,886 aproximadament.

5.3. Dades del vent

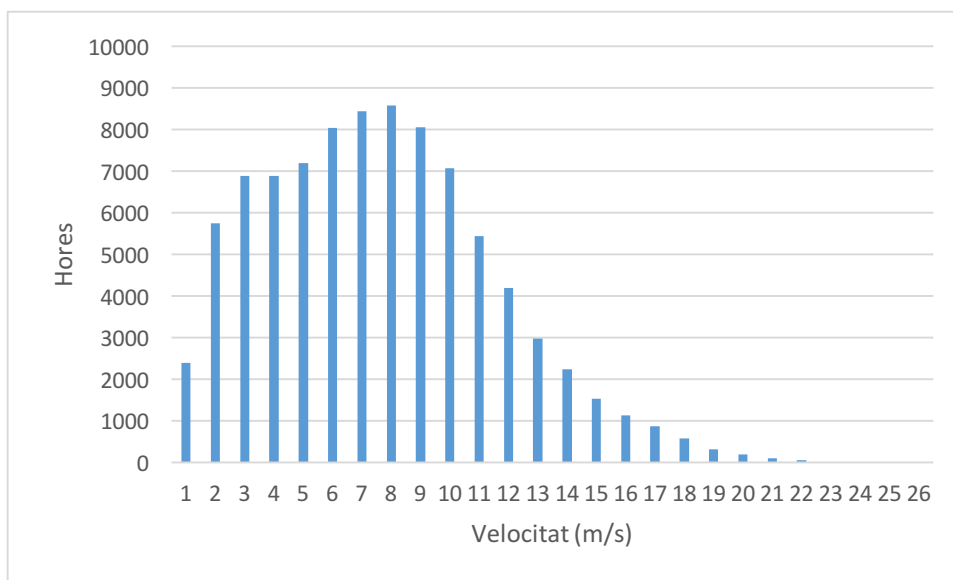
A continuació es mostren, per ordre de major a menor, les diferents velocitats i les corresponents hores al llarg de 10 anys que l'anemòmetre ha registrat.

Velocitat	Hores	% Probabilitat Interval
8	8584	9,65%
7	8434	9,48%
9	8050	9,05%
6	8033	9,03%
5	7196	8,09%
10	7077	7,95%
4	6891	7,74%
3	6881	7,73%
2	5752	6,46%
11	5445	6,12%
12	4193	4,71%

3	2987	3,36%
1	2394	2,69%
14	2241	2,52%
15	1533	1,72%
16	1135	1,28%
17	875	0,98%
18	587	0,66%
19	321	0,36%
20	194	0,22%
21	104	0,12%
22	53	0,06%
24	14	0,02%
23	12	0,01%
25	3	0,003%
26	3	0,003%

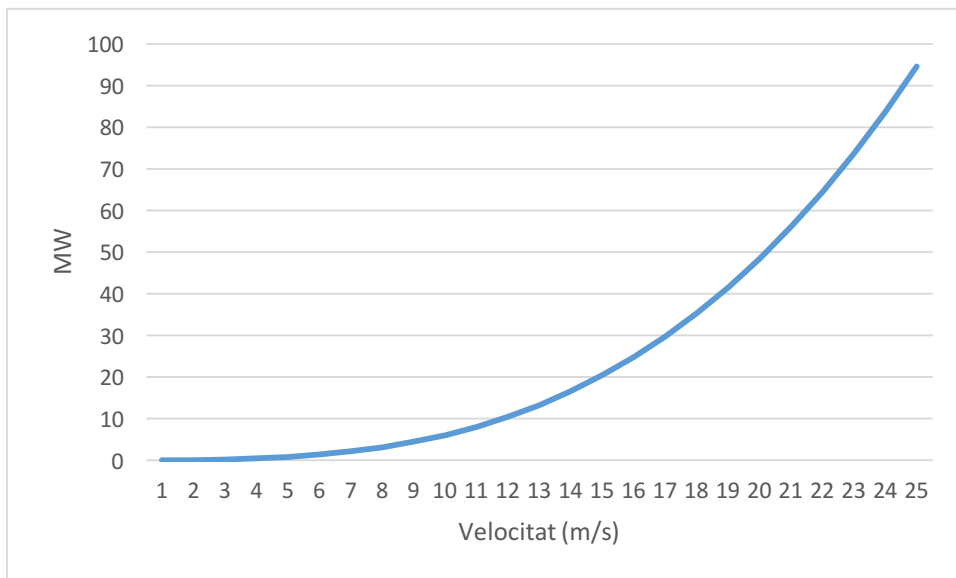
Taula 11. Nombre d'hores a certa velocitat ens els darrers 10 anys.

Partint de les dades de la velocitat i amb els seus corresponents càlculs de la potència es mostres els següents gràfics:



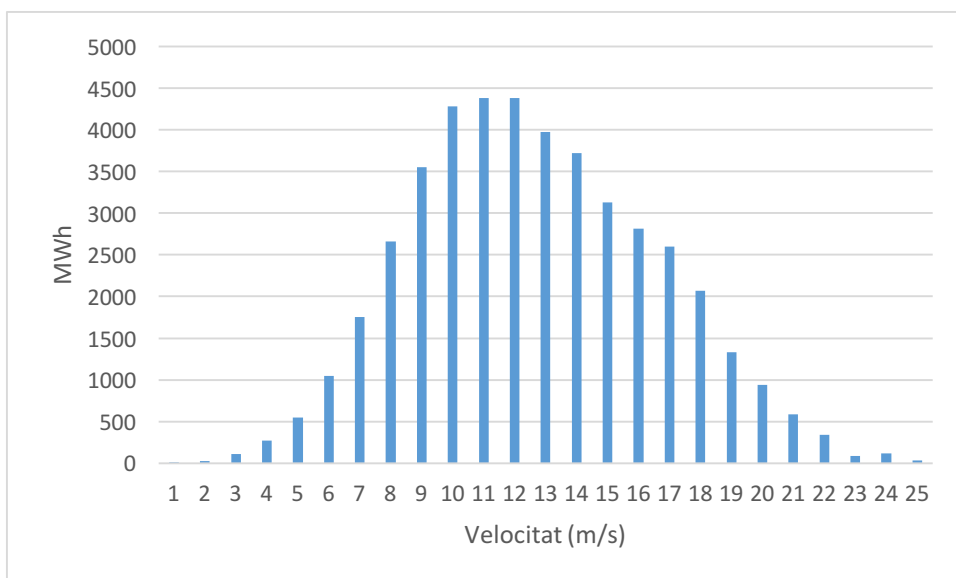
Gràfica 9. Nombre d'hores que el vent bufa a una velocitat concreta durant un període de 10 anys

A continuació es mostren els resultats de la potència aprofitable i l'energia extreta per cada interval de velocitats durant els 20 anys de vida útil.



Gràfica 10. Potència aprofitable del vent

Alhora de comparar els dos aerogeneradors, compararem en aquest apartat l'energia capaç de produir en un any. Aquest valor és important ja que ens donarà també informació sobre la producció anual, indicador clau alhora d'estudiar la viabilitat del projecte.



Gràfica 11. Potència aprofitable per l'aerogenerador

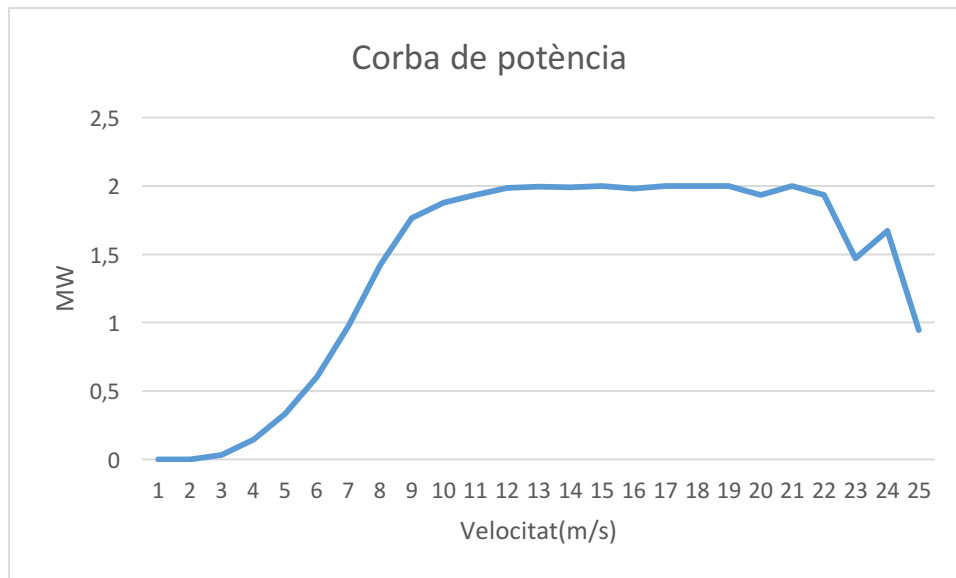
5.4. Comparació dels dos models

5.4.1. Gamesa G114-2MW

Als gràfics que hem vist fins ara no s'ha tingut en compte la potència nominal de l'aerogenerador ni les velocitats *cut-in* i *cut-out*.

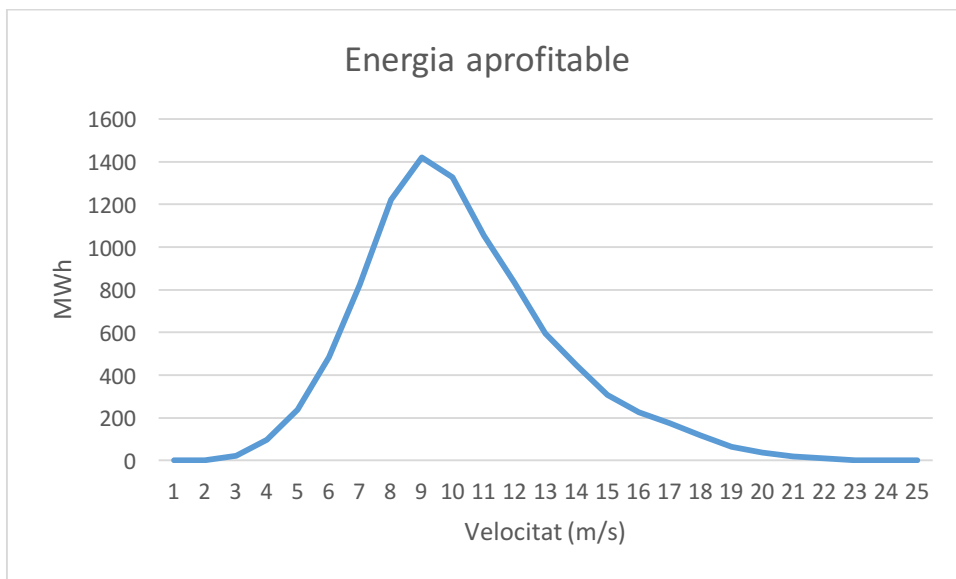
Aquestes velocitats acoten el rang de velocitats pel qual val la pena que el nostre aerogenerador treballi. Per una banda que no tingui baixa producció (*cut-in*) i d'altra banda que no pateixi estructuralment (*cut-out*).

En el cas del GAMESA 114 – 2MW [5] aquestes velocitats són 2,5 m/s i 25 m/s respectivament. La potència nominal és de 2MW i aquest valor serà el màxim que podrà assolir l'aerogenerador.



Gràfica 12. Corba de potència aprofitable per l'aerogenerador (model 2MW)

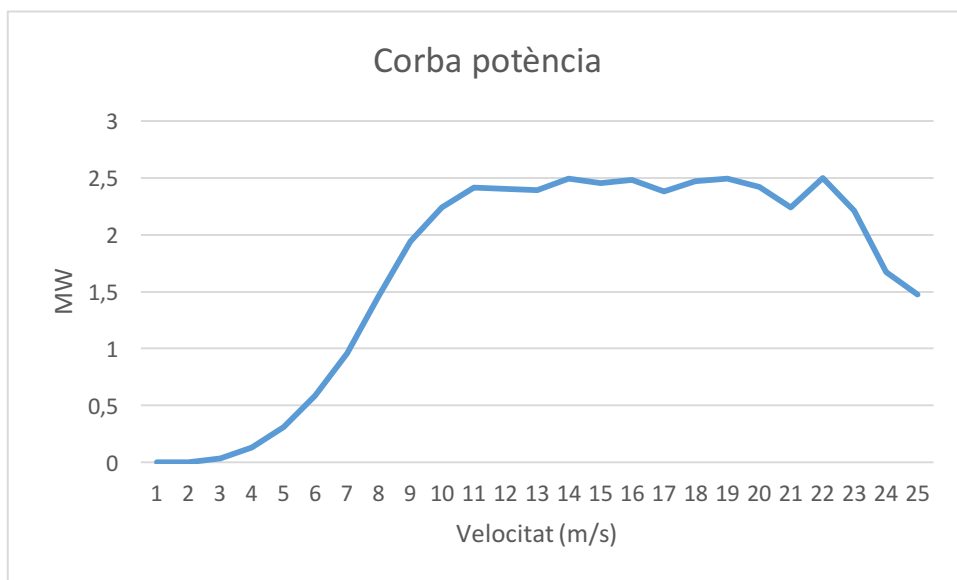
Per tal de calcular la producció anual multiplicarem la Potència definida a l'apartat 6.2 i ho multiplicarem pel nombre d'hores que el vent bufa a la velocitat corresponent a aquella potència. S'utilitzen també els valors de C_p que hem vist a les taules per cada aerogenerador.



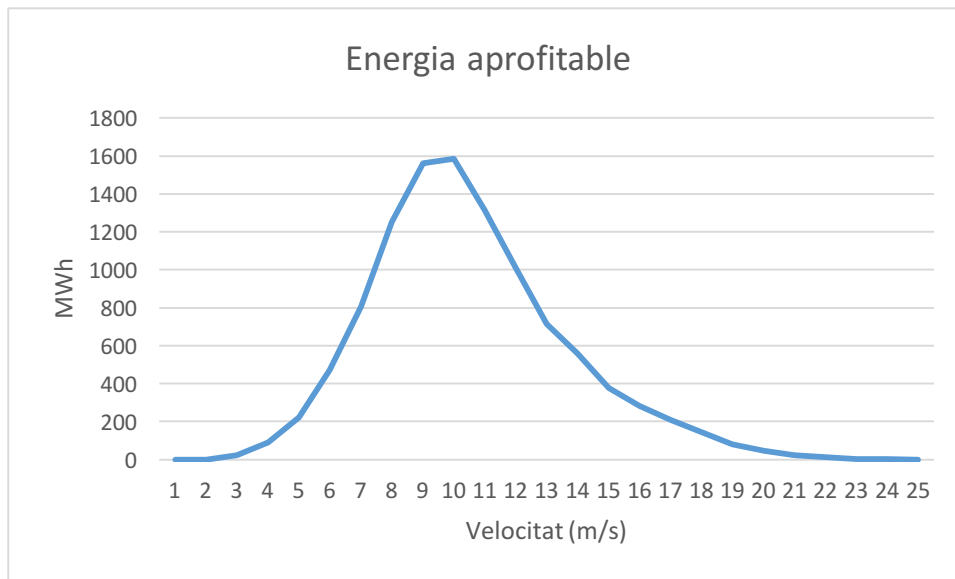
Gràfica 13. Energia aprofitada per la turbina G114 – 2MW en un any de vida útil

5.4.2. Gamesa G114-2.5MW

En el cas d'aquest aerogenerador [6], té una major potència nominal que l'anterior i unes característiques molt similars en quan a les velocitats de cut-in i cut-out i el diàmetre de les pales és el mateix.



Gràfica 14. Corba de potència aprofitable per l'aerogenerador (model 2,5MW)



Gràfica 15. Energia aprofitable per la turbina G114-2,5MW en un any de vida útil

5.4.3. Produccions anuals d'ambdós models

	G114-2MW	G114-2,5MW
Velocitat	MWh / any	MWh / any
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	21,37	23,61
4	98,77	90,76
5	239,56	223,22
6	483,11	472,60
7	822,96	805,45
8	1223,69	1250,29
9	1420,81	1562,89
10	1327,89	1584,91
11	1052,79	1315,98
12	833,25	1008,67
13	595,81	714,97
14	446,64	558,30
15	306,60	375,79
16	225,11	281,39
17	175,00	208,16
18	117,40	145,05

19	64,20	79,96
20	37,58	46,97
21	20,80	23,32
22	10,25	13,25
23	1,77	2,65
24	2,34	2,34
25	0,28	0,44

TOTAL	9527,97	10790,99
-------	----------------	-----------------

Taula 12. Produccions anuals d'energia elèctrica

Observem doncs que l'aerogenerador de 2,5MW de potència nominal té una producció anual major que el de 2MW. A l'estudi econòmic s'avaluarà a nivell econòmic quin serà l'escollit.

6. Viabilitat ambiental

L'aerogenerador és una estructura de grans dimensions, que malgrat no emetre gasos ni residus contaminants, té impactes negatius sobre el medi que l'envolta, com per exemple: a nivell acústic, visual i el risc per les aus.

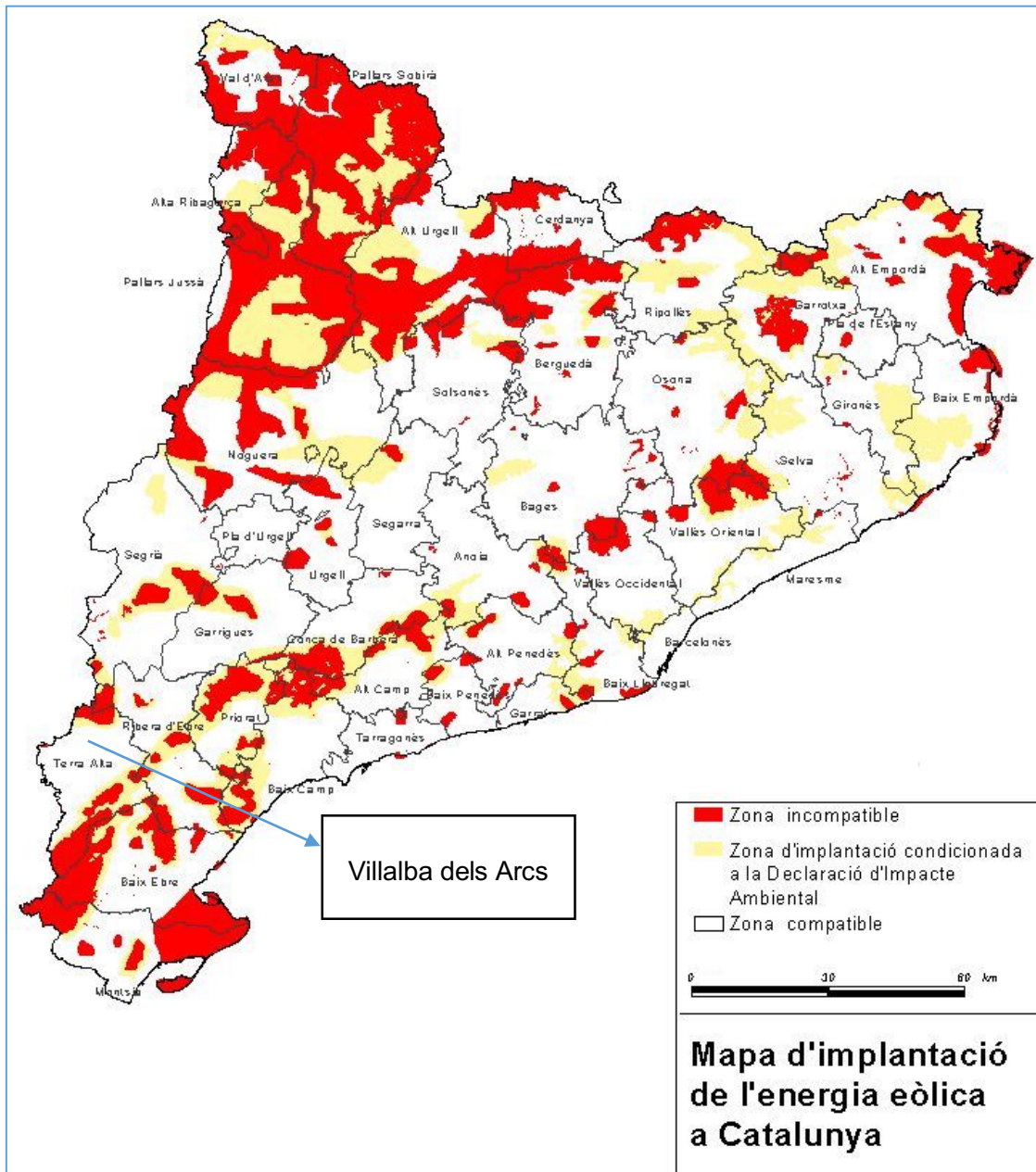
La generalitat de Catalunya disposa d'un mapa de compatibilitat eòlica [7], on es poden diferenciar tres zones:

- Zona incompatible: zona del territori exclosa de la implantació de parcs on la presència de valors naturals i culturals de protecció prioritària aconsellen no fer-hi cap intervenció d'infraestructures d'aprofitament eòlic. Inclou:
 - o Parcs nacionals, Paratges Naturals d'Interès Nacional i Reserves Naturals Integrals. També als parcs naturals actuals i futurs.

- Zona condicionada: zona on l'existència de valors naturals i culturals que han de ser protegits exigeix una declaració d'impacte ambiental positiva per a cada projecte que garanteixi la innocuïtat del projecte o l'establiment de mesures correctores que evitin l'impacte sobre els valors objecte de protecció. Per tant, al tràmit de llicència ambiental s'afegirà el d'avaluació d'impacte ambiental. Inclou:
 - o Reserves naturals parcials, franja frontereres amb amb espais naturals

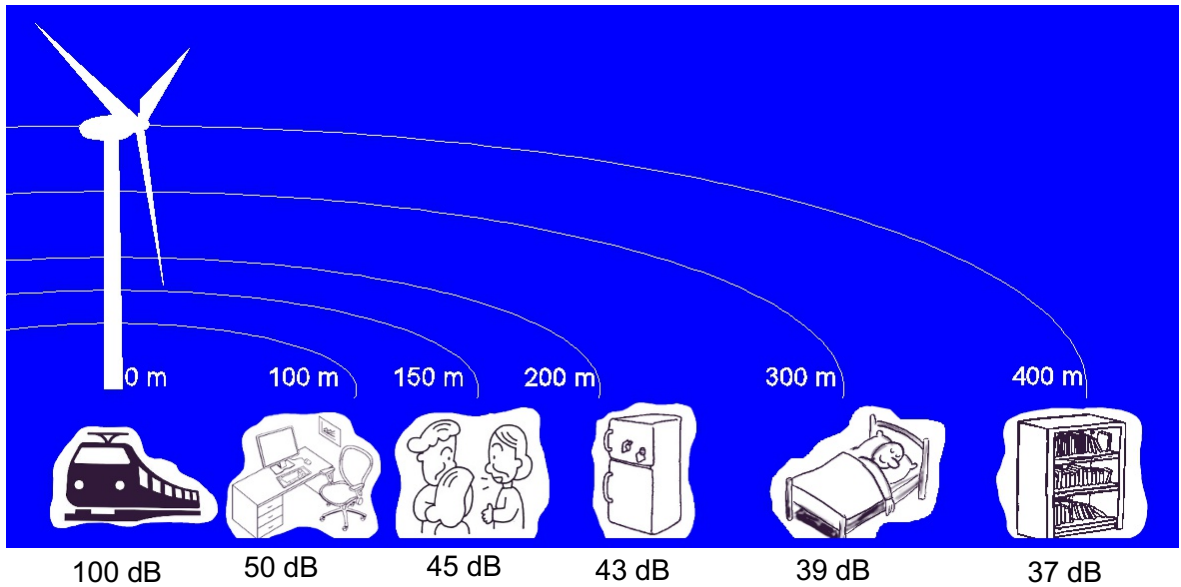
- Zona compatible: zona idònia per a la implantació de parcs eòlics tant des del punt de vista energètic com de la protecció del patrimoni natural i cultural. L'administració promourà l'aprofitament eòlic en aquesta zona.

Com podem observar al següent mapa, la zona on s'instal·laria l'aerogenerador es considera una zona compatible:



Imatge 2. Mapa de compatibilitat eòlica de Catalunya

Un altre factor d'estudi és l'impacte acústic creat per l'aerogenerador.



Imatge 3. Representació de l'impacte acústic a l'oïda humana.

Una conversa en veu baixa són uns 40 dB i un crit uns 70dB. Podem observar doncs a la figura superior que no es tracta d'un impacte realment gran per l'oïda humana.

Per tant no hi hauria d'haver cap habitatge a menys de 150 metres de l'aerogenerador.

7. Estudi econòmic

A continuació es realitza l'estudi de viabilitat econòmic de la instal·lació del nostre aerogenerador. Aquí s'estudia si és econòmicament viable o no aprofitar el recurs eòlic de la zona per generar energia.

S'analitza el rendiment econòmic en base a quanta energia pot produir i ser venuda a la xarxa.

7.1. Ingressos

El cost de l'energia es fixa en un mercat competitiu (pool) on les diferents fonts d'energia ofereixen l'electricitat per satisfer la demanda prevista amb un dia d'antelació. El preu d'energia del Mercat Majorista (Pool) varia cada hora, i el resultat de la cassació de les ofertes de venda dels productors d'energia elèctrica i de la demanda del mercat. Com el cost del vent és zero, els productors d'energia eòlica poden oferir l'electricitat a un preu més baix que altres. Per això, el preu del mercat elèctric baixa els dies de més vent, en desplaçar a tecnologies amb combustibles més cars. Al final de mes, es fa una mitjana amb els preus de tots els dies. Com més gran és la proporció d'energia eòlica consumida, menys paguen els espanyols en el seu rebut de la llum. I viceversa. A causa del recent canvi en el model de retribució de les energia renovables segons en el qual suprimeix el sistema de primes a les energies renovables i el substitueix per incentius a la inversió segons el Reial Decret 413/2014 [12]. S'estableix el preu de venda per a la tecnologia eòlica considerada recolzant-se en el nou model de mercat. Per predir l'evolució del preu de mercat, ens hem basat en l'informe *EU Energy, transport and GHD Emissions trends to 2050* [13]. En aquest informe es preveu que el preu d'electricitat seguirà pujant fins al 2020 a causa de les inversions que s'estan realitzant en energies renovables i la pujada del preu dels combustibles fòssils. S'espera que després de 2020 els preus s'estabilitzin i fins i tot després baixin lleugerament.

Partint del fet que el preu final mitjà a finals del 2017, segons l'OMIE [14], que va ser de 52,24 € / MWh i considerant un augment del preu de la llum d'un 5% cada any s'ha realitzat el anàlisi financer.

7.2. Costos

Els costos de fabricació de les diferents peces de la màquina, la seva instal·lació així com els permisos i lloguer de terres s'han calculat a partir de les expressions trobades al document *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model (Annex II)*. Són valors que depenen de les mides de les pales, de l'altura nominal, de la potència nominal majoritàriament i de la producció anual.

Com s'estudia el cas de dos models diferents, també comparem ambdós costos i realitzarem anàlisis financers diferents per tal d'estudiar la seva rendibilitat.

7.2.1. Cost aproximat Gamesa G114-2MW

	COST 2002 (USD)	COST 2002(EUR)	COST ACTUAL (EUR)
Pales	589.494,60	556.126,98	738.536,63
Rotor	101.709,49	95.952,35	127.424,73
Pitch i coixinets	94.212,58	88.879,79	118.032,36
Spinner	8.847,95	8.347,12	11.084,97
Eix baixa velocitat	8.675,30	8.184,24	10.868,67
Suports principals	66.819,56	63.037,32	83.713,56
Caixa de transmissió	162.500,00	153.301,89	203.584,91
Fre mecànic	4.973,39	4.691,87	6.230,81
Velocitat variable elect.	197.500,00	186.320,75	247.433,96
Mecanisme Yaw	84.702,39	79.907,92	106.117,71
Estructura	98.708,74	93.121,46	123.665,29
Conexions elèctriques	100.000,00	94.339,62	125.283,02
Sistemes hidràulics i refrigeració	30.000,00	28.301,89	37.584,91
Coberta gòndola	32.692,20	30.841,70	40.957,78
Baseline Tower	624.878,00	589.507,54	782.866,02
Fonaments	81.825,92	77.194,27	102.513,99
Transport	149.406,25	140.949,29	187.180,66
Obra civil	117.131,25	110.501,18	146.745,57
Instal·lació	100.194,78	94.523,38	125.527,05
Punt de contacte elèctric	190.656,25	179.864,39	238.859,91
Enginyeria	56.987,50	53.761,79	71.395,66
Recanvis	26.750,00	25.235,85	33.513,21
Lloguer	11.654,27	10.994,59	14.600,82
TOTAL	2.928.666,14	2.762.892,58	3.669.121,35
Despeses OM	75.536,94	71.261,26	94.634,96

Taula 13. Pressupost G114-2MW

7.2.2. Cost aproximat Gamesa G114-2,5MW

	COST 2002 (USD)	COST 2002(EUR)	COST ACTUAL (EUR)
Pales	589.494,60	556.126,98	738.536,63
Rotor	101.709,49	95.952,35	127.424,73
Pitch i coixinets	94.212,58	88.879,79	118.032,36
Spinner	8.847,95	8.347,12	11.084,97
Eix baixa velocitat	8.675,30	8.184,24	10.868,67
Suports principals	66.819,56	63.037,32	83.713,56
Caixa de transmissió	130.000,00	122.641,51	162.867,92
Fre mecànic	3.978,69	3.753,48	4.984,62
Velocitat variable elect.	158.000,00	149.056,60	197.947,17
Mecanisme Yaw	84.702,39	79.907,92	106.117,71
Estructura	98.708,74	93.121,46	123.665,29
Conexions elèctriques	80.000,00	75.471,70	100.226,42
Sistemes hidràulics i refrigeració	24.000,00	22.641,51	30.067,92
Coberta gòndola	26.923,70	25.399,72	33.730,82
Baseline Tower	624.878,00	589.507,54	782.866,02
Fonaments	81.825,92	77.194,27	102.513,99
Transport	85.880,00	81.018,87	107.593,06
Obra civil	98.440,00	92.867,92	123.328,60
Instal·lació	100.194,78	94.523,38	125.527,05
Punt de contacte elèctric	158.920,00	149.924,53	199.099,77
Enginyeria	44.596,00	42.071,70	55.871,22
Recanvis	21.400,00	20.188,68	26.810,57
Lloguer	10.290,20	9.707,73	12.891,87
TOTAL	2.692.207,69	2.539.818,57	3.372.879,06
Despeses OM	66.695,72	62.920,49	83.558,41

Taula 14. Pressupost G114-2,5MW

7.2.3. Resum costos

Els costos venen donats en USD i amb preus del 2002. Mitjançant l'IPC i l'actual canvi a EUR, es resumeixen els preus observats a les taules anteriors.

S'observa una lleugera diferència entre ambdós casos degut principalment a la potència nominal i a la producció anual estudiada anteriorment.

Pel que fa la potència nominal, afecta als càlculs de la caixa de transmissió, l'electrònica de

velocitat variable, connexions elèctriques, sistema de refrigeració, la coberta de la gòndola, el transport, l'obra civil i els permisos.

En canvi la producció anual influeix en les despeses anuals de manteniment i al lloguer de terres.

7.3. Anàlisis financer

Es planteja l'estudi sense la necessitat de demanar un crèdit al banc, on suposem un taxa d'interès anual del 10 % .

Per determinar si la inversió realitzada produirà guanys o pèrdues, es calcula el valor actual net (VAN) i la taxa interna de retorn (TIR).

El valor actual net d'una inversió és una mesura de rendibilitat absoluta neta que mesura en el moment inicial del projecte l'increment de valor que aquest proporciona en termes absoluts un cop descomptada la inversió inicial.

Per calcular el VAN, es calcula sumant tots els fluxos de caixa o cash flow en cada període actualitzats amb la taxa d'interès que establím en un 10% (que és el cost de finançament i el seu risc associat) i li restem el valor inicial de la inversió.

La fórmula del VAN és la següent:

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{Q_t}{(1+i)^t}$$

On Q_t és el flux de la tresoreria acumulat en el període t , i i és la taxa d'interès que establím.

A les següents taules s'observa l'estudi financer realitzat i el càlcul del VAN:

A la primera taula es mostra un VAN positiu de **238.812,9€** per l'aerogenerador de 2MW i per tant es tracta d'una inversió rentable.

Període	Inversió	Cost OM	Cobraments	Flux tresoreria	Flux tres. Acumulat	Flux tres. Actualitzat
0	3.428.689,95	0	0	-3.428.689,95	-3.428.689,95	-3.428.689,95
1	0	83.558,41	497.740,63	414.182,22	-3.014.507,73	376.529,29
2	0	83.558,41	500.229,33	416.670,92	-2.597.836,81	344.356,14
3	0	83.558,41	502.730,48	419.172,07	-2.178.664,74	314.930,18
4	0	83.558,41	505.244,13	421.685,72	-1.756.979,01	288.017,02
5	0	83.558,41	507.770,35	424.211,94	-1.332.767,07	263.402,24
6	0	83.558,41	510.309,21	426.750,80	-906.016,27	240.889,70
7	0	83.558,41	512.860,75	429.302,34	-476.713,93	220.299,98
8	0	83.558,41	515.425,05	431.866,64	-44.847,29	201.468,98
9	0	83.558,41	518.002,18	434.443,77	389.596,48	184.246,57
10	0	83.558,41	520.592,19	437.033,78	826.630,26	168.495,44
11	0	83.558,41	523.195,15	439.636,74	1.266.267,00	154.090,00
12	0	83.558,41	525.811,13	442.252,72	1.708.519,72	140.915,35
13	0	83.558,41	528.440,18	444.881,77	2.153.401,50	128.866,40
14	0	83.558,41	531.082,38	447.523,97	2.600.925,47	117.847,05
15	0	83.558,41	533.737,80	450.179,39	3.051.104,86	107.769,37
16	0	83.558,41	536.406,49	452.848,08	3.503.952,93	98.552,94
17	0	83.558,41	539.088,52	455.530,11	3.959.483,04	90.124,20
18	0	83.558,41	541.783,96	458.225,55	4.417.708,59	82.415,89
19	0	83.558,41	544.492,88	460.934,47	4.878.643,06	75.366,47
20	0	83.558,41	547.215,34	463.656,93	5.342.299,99	68.919,65
VAN						238.812,90
TIR						10,99%

Taula 15. Estudi financer del model de 2MW

A continuació es mostra també un VAN positiu de **724.978,42€** per l'aerogenerador de 2,5MW i es conclou que es tracta d'una inversió més rentable que l'anterior ja que el VAN és major.

Període	Inversió	Cost OM	Cobraments	Flux tresoreria	Flux tres. Acumulat	Flux tres. Actualitzat	
0	3.428.689,95	0,00	0,00	-3.428.689,95	-3.428.689,95	-3.428.689,95	
1	0,00	94.634,95	563.721,32	469.086,37	-2.959.603,58	426.442,15	
2	0,00	94.634,95	566.539,92	471.904,97	-2.487.698,61	390.004,11	
3	0,00	94.634,95	569.372,62	474.737,67	-2.012.960,93	356.677,44	
4	0,00	94.634,95	572.219,49	477.584,54	-1.535.376,40	326.196,66	
5	0,00	94.634,95	575.080,58	480.445,63	-1.054.930,76	298.318,94	
6	0,00	94.634,95	577.955,99	483.321,04	-571.609,73	272.822,13	
7	0,00	94.634,95	580.845,77	486.210,82	-85.398,91	249.503,03	
8	0,00	94.634,95	583.750,00	489.115,05	403.716,14	228.175,78	
9	0,00	94.634,95	586.668,75	492.033,80	895.749,93	208.670,36	
10	0,00	94.634,95	589.602,09	494.967,14	1.390.717,07	190.831,26	
11	0,00	94.634,95	592.550,10	497.915,15	1.888.632,22	174.516,22	
12	0,00	94.634,95	595.512,85	500.877,90	2.389.510,12	159.595,14	
13	0,00	94.634,95	598.490,41	503.855,46	2.893.365,59	145.948,98	
14	0,00	94.634,95	601.482,87	506.847,92	3.400.213,51	133.468,90	
15	0,00	94.634,95	604.490,28	509.855,33	3.910.068,84	122.055,31	
16	0,00	94.634,95	607.512,73	512.877,78	4.422.946,62	111.617,15	
17	0,00	94.634,95	610.550,30	515.915,35	4.938.861,97	102.071,10	
18	0,00	94.634,95	613.603,05	518.968,10	5.457.830,06	93.340,97	
19	0,00	94.634,95	616.671,06	522.036,11	5.979.866,18	85.357,08	
20	0,00	94.634,95	619.754,42	525.119,47	6.504.985,65	78.055,66	
						VAN	724.978,42
						TIR	13%

Taula 16. Estudi financer del model de 2,5MW

Es calcula el flux de tresoreria i el flux de tresoreria acumulat per tal de calcular el període de retorn o payback.

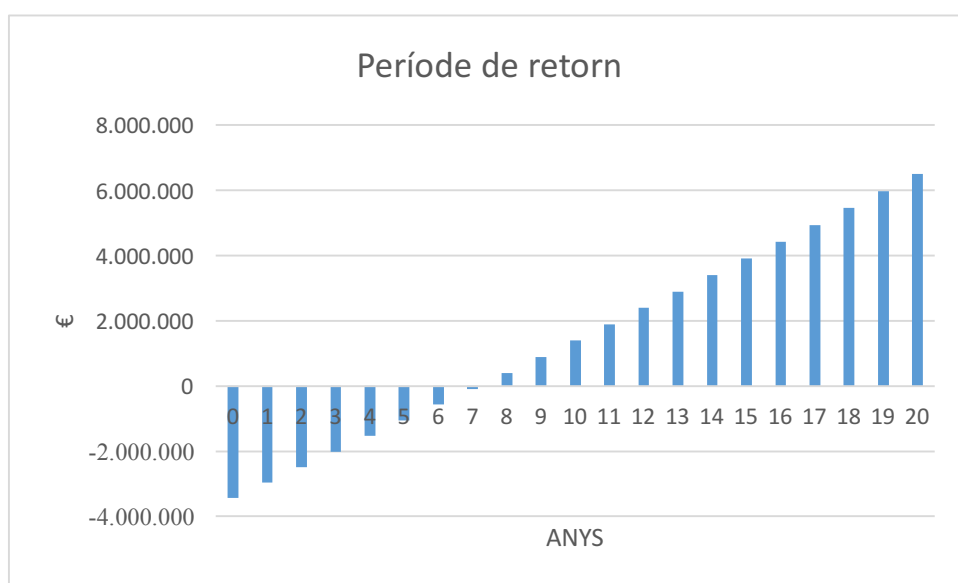
També la taxa interna de retorn, el TIR, que és la rendibilitat en termes relatius i actuals que es calcula aïllant el tipus d'actualització que fa que el VAN de la inversió s'anul·li.

S'obtenen els següents valors de TIR:

- G114-2MW : 11%
- G114-2,5MW : 13%

Per tant es tracta de dos projectes viables, ja que són valors majors superiors a la taxa d'interès.

Es calcula el *payback* del cas de l'aerogenerador de 2,5MW de potència nominal, ja que és el que ens donarà una major rendibilitat.



Gràfica 16. Període de retorn de la inversió de 2,5MW

El *payback* o període de retorn mesura el temps que una inversió triga en recuperar la inversió inicial, amb els fluxos de caixa generats en un futur per la mateixa. Cal recordar que és un mètode estàtic ja que considera que una unitat monetària té el mateix valor al llarg del temps. S'observa que passats 8 anys, es recuperaria la inversió realitzada.

Conclusions

La principal conclusió que s'extreu d'aquest treball és que des del punt de vista econòmic, és rendible instal·lar un aerogenerador a la Terra Alta.

El recurs eòlic disponible a la zona, caracteritzat per les velocitats analitzades al llarg del document resulta ser mig des del punt de vista energètic. Per tant és lògic que l'aerogenerador que s'ha escollit també compleixi les condicions de treballar amb velocitats mitjanes i s'ajusti a la situació on es troba. És una zona amb suficient vent com per generar energia eòlica i treure'n rendiment econòmic.

S'ha de tenir en compte s'ha fet l'estudi amb una producció anual aproximada i que s'ha considerat igual durant els 10 anys dels quals tenim dades, per tant ens podríem trobar amb anys de major producció i amb anys de menys. Pel que fa la variació de preu de l'electricitat, s'ha considerat un augment anual del preu d'un 0,5% tal com s'ha comentat a l'apartat 8.1. El preu de l'electricitat ve afectat per diversos motius i per tant podria tenir variacions més o menys considerables.

Al obtenir un VAN positiu i un TIR major que la taxa d'interès, s'ha conclòs a l'apartat 8.3 que es tractava d'un projecte econòmicament viable. Com s'ha observat, al cap de 8 anys d'haver entrat en funcionament l'aerogenerador, hauríem recuperat la inversió inicial. És una inversió inicial força considerable, per tant es trobaria a l'abast de grans empreses i promotores.

Agraïments

A l'empresa Vortex per haver facilitat les dades de vent del lloc escollit i al meu tutor, Oriol Gomis, per la seva ajuda en tot moment.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Global Wind Energy Council
- [2] Mosquera, Pepa. *La eólica doblará en diez años su capacidad mundial instal-lada. Abril / 2018.* <https://www.energias-renovables.com/eolica/la-eolica-doblara-en-diez-anos-su-20180413>
- [3] Watson, David E. *Wind Turbine Coefficient Factor / 2015* .
<http://www.ftexploring.com/wind-energy/wind-power-coefficient.htm>
- [4] Asociacion Empresarial Eólica. *Potencia instal-lada y generación / 2017.*
<https://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/potencia-instalada-y-generacion>
- [5] Siemens Gamesa. *Aerogenerador SG2-114 / 2018.* <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/428-gamesa-g114-2.0mw#datasheet>
- [6] Siemens Gamesa. *Aerogenerador SG2.5-114 / 2018.* <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/765-gamesa-g114-2.5mw#powercurve>
- [7] Generalitat de Catalunya. *Mapa de la implantació de l'energia eòlica / 2018.*
http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/avaluacio_ambiental/avaluacio_dimpacte_ambiental_de_projectes/energia_eolica/mapa_de_la_implantacio_de_lenergia_eolica/
- [8] ICAEN. *Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 / 2006.*
http://icaen.gencat.cat/web/.content/30_Plans_programes/31_PlaEnergiaCanviClimatic_PECAC/arxius/pla_energia_catalunya_2006_2015.pdf
- [9] ICAEN. *Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012 – 2020 / 2012.*
http://icaen.gencat.cat/web/.content/30_Plans_programes/31_PlaEnergiaCanviClimatic_PECAC/arxius/20121001_pecac.pdf
- [10] Generalitat de Catalunya. *Diari oficial de la Generalitat de Catalunya / 2009.*
http://territori.gencat.cat/web/.content/home/06_territori_i_urbanisme/05_planejament_urbanistic/Planejament_general/marc_legal/legislacio_basica_i_sectorial/decret_147_20

[09.pdf](#)

- [11] Generalitat de Catalunya. *El Govern aprova les Zones de Desenvolupament Prioritari per a l'energia eòlica a Catalunya* / 2010. http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/38330/ca/govern-aprova-zones-desenvolupament-prioritari-lenergia-eolica-catalunya.do
- [12] Ministerio de Indústria, Energía y Turismo. *Real Decreto 413/2014, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.* / 2014. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6123>
- [13] European Comission. *EU Energy, Transport and GHG Emisions Trends to 2050* / 2013. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed961fc9-ade8-4f00-9a5f-76e91ba56bfd>
- [14] OMIE. *Resultados del mercado* / 2017. <http://www.omie.es/inicio>
- [15] National Renewable Energy Laboratory.. *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. Colorado: U.S. Department of Energy* / 2006. <https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40566.pdf>