UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Titulació:

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials (GrETI)

Alumna:

Eva Sánchez Lupiáñez

Títol del Treball de Fi de Grau:

ESTUDI DE VIABILITAT I PROJECTE BÀSIC D'UNA INSTAL·LACIÓ EÒLICA AL LICEO EGARA DE TERRASSA

Director del Treball de Fi de Grau:

Daniel Garcia Almiñana

Convocatòria de Lliurament del Treball de Fi de Grau:

Ordinària – Quadrimestre de Primavera (2017)

Data d'Entrega:

10 de Juny del 2017

Contingut del Document:

DOCUMENT 4 - ANNEXOS

CONTINGUT D'ANNEX

Annex I. Ampliació de l'Estat de l'Art 10
1. Situació de l'Energia Eòlica 10
1.1. Marc General 10
1.2. Minieòlica a Espanya 11
2. Concepte d'Energia Eòlica 13
2.1. La Gran Eòlica 13
2.2. L'Energia Minieòlica 13
2.2.1. Avantatges i Inconvenients de la Minieòlica 14
2.3. Concepte d'Aerogenerador 16
2.3.1. Classificació dels Mini-aerogeneradors 17
2.3.1.1. Eix horitzontal 18
2.3.1.2. Eix vertical 20
2.3.1.3. Components d'un Mini-aerogenerador 21
Annex II. Oferta del Centre Educatiu 23
Annex III. Estudi del Consum Energètic del Centre Educatiu 25
Annex IV. Ampliació de l'Apartat sobre el Recurs Eòlic 38
1. Forces del Gradient de Pressió 38
1.1. Força – Acceleració de Coriolis 39
1.2. Força – Acceleració Centrípeta 40
1.3. Potència del Vent 40
1.3.1. Densitat 41
1.3.2. Velocitat 41
1.3.3. Àrea 41
2. Tractament de les Dades del Vent 42
2.1.1. Distribució de la Velocitat: Corba de Weibull 43
2.1.2. Distribució de Weibull 44
2.1.3. Aplicació del Mètode 45
2.1.4. Estudi del Vent en el Centre Educatiu *Liceo Egara* 45

Annex V. Càlculs i Comparació sobre la Generació Energètica dels Dispositius Analitzats 48

1. Càlculs per a la Determinació de la Comparativa d'Aerogeneradors de Baixa Potència 48

2. Càlcul de Pèrdues 66

3. Mètode d'Avaluació d'Alternatives: VTP 71

Annex VI. Patró d'ombres i Camí Solar 75

Annex VII. Estudi Sonor de l'Aerogenerador Bornay 6kW 78

Annex VIII. Immissió Sonora 80

Annex IX. Ampliació de l'Apartat sobre el Sistema Elèctric 82

1. Tipus d'Instal·lacions Elèctriques de la Minieòlica 82

2. Components del Sistema Elèctric 83

2.1. Controlador 84

2.2. Inversor 84

2.3. Cablejat 84

2.4. Proteccions 85

2.5. Comptador 85

2.6. Bateries 85

2.6.1. Tipus de Bateries Emprades en la Minieòlica 86

2.6.1.1. Bateries Plom-Àcid 86

2.6.1.2. Bateries Ió-Liti 87

2.6.1.3. Bateries de Gel 88

2.6.1.4. Bateries Redox de Vanadi 89

3. Especificacions sobre les Bateries Considerades en el Projecte 89

Annex X. Marc Legislatiu 91

1. Directives Europees sobre Energies Renovables 91

1.1. Directiva 2009/28/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'abril de 2009 91

1.2. Normativa Espanyola (en vigor) sobre Energies Renovables (Energia Eòlica) 91

1.2.1. Real Decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus. 91

1.2.2. Ordre Ministerial IET/1045/2014, 16 de juny, per la qual s'aproven els paràmetres retributius de les instal·lacions tipus aplicables a determinades instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus. 92

1.2.3. Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric. 92

1.2.4. Real Decret-Llei 9/2013, de 12 de juliol, pel qual s'adopten mesures urgents per garantir l'estabilitat financera del sistema elèctric. 92

1.2.5. Real Decret-Llei 1/2012, de 27 de gener, pel qual es procedeix a la suspensió dels procediments de preassignació de retribució i a la suspensió dels incentius econòmics per a noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de cogeneració, fonts d'energia renovables i residus. 92

1.2.6. Llei 2/2011, de 4 de març, d'Economia Sostenible. 93

1.3. Normativa Espanyola (en vigor) sobre Energia Minieòlica 93

1.3.1. Plan de acción nacional de energías renovables (PANER) 2011-2020 93

1.3.1.1. Objectius 93

1.3.1.2. Mesures 94

1.3.1.3. Competències territorials 95

1.3.2. Real Decret 661/2007, 25 de maig (última actualització, publicada el 13/07/2013, en vigor a partir del 14/07/2013) 95

1.3.3. IEC 61400-2. Normativa de disseny, petits aerogeneradors .. 95

1.3.3.1. Condicions externes 96

1.3.3.2. Disseny Estructural 96

1.3.3.3. Sistemes de Protecció i Parada 97

1.3.3.4. Comprovació 97

1.3.3.5. Sistema Elèctric 98

1.3.3.6. Estructura de Suport 98

1.3.3.7. Documentació 98

1.3.3.8. Etiquetatge 99

1.3.4. Real Decret 842/2002, de 2 d'agost, reglament electrotècnic per a baixa tensió i ITC complementàries 99

1.3.5. Real Decret 314/2006, 17 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) 99

1.3.6. Real Decreto 1699/2011 de regulació de la connexió a la xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència. .. 100

1.3.7. Real Decreto 900/2015, de 9 d'octubre, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i producció amb autoconsum. 100

1.3.7.1. Aplicació 100

1.3.7.2. Requisits d'Instal·lació 101

1.3.7.3. Equips de Mesura 101

1.3.7.4. Inscripció en el Registre Administratiu d'Autoconsum d'Energia Elèctrica 102

1.3.7.5. Infraccions i Sancions 102

1.4. Normativa Aplicable a Catalunya 106

Annex XI. Pressupost Maquetes 107

Annex XII. Especificacions del Model d'Inversor *Aeocon 9,9 kWp 380v 50 Hz III* 115

Annex XIII. Manual d'Usuari del Model d'Aerogenerador *Bornay 6kW* 118

SUMARI DE TAULES

Taula 1. Principals diferències presentades entre la gran eòlica i la minieòlica [1] 14

Taula 2. Resum de la classificació dels HAWT segons el nombre d'aspes del rotor 19

Taula 3. Informació sobre estudis oferts pel centre educatiu Liceo Egara 23

Taula 4. Informació sobre els serveis oferts pel centre educatiu Liceo Egara 23

Taula 5. Factura núm. 1 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2014 – 31/12/2014 25

Taula 6. Factura núm. 2 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2014 – 31/01/2015 25

Taula 7. Factura núm. 3 de l'escola Liceo Egara: 31/01/2015 – 28/02/2015 26

Taula 8. Factura núm. 4 de l'escola Liceo Egara: 28/02/2015 – 31/03/2015 26

Taula 9. Factura núm. 5 de l'escola Liceo Egara: 31/03/2015 – 30/04/2015 26

Taula 10. Factura núm. 6 de l'escola Liceo Egara: 30/04/2015 – 31/05/2015 27

Taula 11. Factura núm. 7 de l'escola Liceo Egara: 31/05/2015 – 30/06/2015 27

Taula 12. Factura núm. 8 de l'escola Liceo Egara: 30/06/2015 – 31/07/2015 27

Taula 13. Factura núm. 9 de l'escola Liceo Egara: 31/07/2015 – 30/08/2015 28

Taula 14. Factura núm. 10 de l'escola Liceo Egara: 31/08/2015 – 30/09/2015 .. 28

Taula 15. Factura núm. 11 de l'escola Liceo Egara: 30/09/2015 – 31/10/2015 .. 28

Taula 16. Factura núm. 12 de l'escola Liceo Egara: 31/10/2015 – 30/11/2015 .. 29

Taula 17. Factura núm. 13 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2015 – 31/12/2015 .. 29

Taula 18. Factura núm. 14 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2015 – 31/01/2016 .. 29

Taula 19. Factura núm. 15 de l'escola Liceo Egara: 31/01/2016 – 29/02/2016 .. 30

Taula 20. Factura núm. 16 de l'escola Liceo Egara: 29/02/2016 – 31/03/2016 .. 30

Taula 21. Factura núm. 17 de l'escola Liceo Egara: 31/03/2016 – 30/04/2016 .. 30

Taula 22. Factura núm. 18 de l'escola Liceo Egara: 30/04/2016 – 31/05/2016 .. 31

Taula 23. Factura núm. 19 de l'escola Liceo Egara: 31/05/2016 – 30/06/2016 .. 31

Taula 24. Factura núm. 20 de l'escola Liceo Egara: 30/06/2016 – 31/07/2016 .. 31

Taula 25. Factura núm. 21 de l'escola Liceo Egara: 31/07/2016 – 31/08/2016 .. 32

Taula 26. Factura núm. 22 de l'escola Liceo Egara: 31/08/2016 – 30/09/2016 .. 32

Taula 27. Factura núm. 23 de l'escola Liceo Egara: 30/09/2016 – 31/10/2016 .. 32

Taula 28. Factura núm. 24 de l'escola Liceo Egara: 31/10/2016 – 30/11/2016 .. 33

Taula 29. Factura núm. 25 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2016 – 31/12/2016 .. 33

Taula 30. Factura núm. 26 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2016 – 31/01/2017 .. 33

Taula 31. Informació relativa al node d'estudi del vent localitzat en l'escola Liceo Egara [16] 45

Taula 32. Dades necessàries per a la representació de la corba de Weibull 46

Taula 33. Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (I) 49

Taula 34. Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (II) 50

Taula 35. Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (III) 51

Taula 36. Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (IV) 52

Taula 37. Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (V) 53

Taula 38. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model ECO – 2kW 55

Taula 39. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 3kW 56

Taula 40. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 5kW 57

Taula 41. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Bornay 6kW 58

Taula 42. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model HYE – 3000 59

Taula 43. Taula comparativa dels vint-i-sis models de mini-aerogeneradors analitzats 61

Taula 44. Càlcul per establir el preu mitjà del kilowatt hora ponderat 63

Taula 45. Producció energètica total del model ECO – 2kW (2 unitats) 64

Taula 46. Producció energètica total del model Aeolos – H 3kW (2 unitats) 64

Taula 47. Producció energètica total del model Aeolos – H 5kW (1 unitat) 65

Taula 48. Producció energètica total del model Aeolos – H 5kW (2 unitats) 65

Taula 49. Producció energètica total del model Bornay 6kW (1 unitat) 65

Taula 50. Producció energètica total del model Bornay 6kW (2 unitats) 65

Taula 51. Producció energètica total del model HYE – 3000 (2 unitats) 66

Taula 52. Producció energètica total del model HYE – 3000 (3 unitats) 66

Taula 53. Lectures del maxímetre per períodes registrades durant els mesos dels anys 2015 i 2016 67

Taula 54. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 2kW 69

Taula 55. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 3kW 69

Taula 56. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 4kW 69

Taula 57. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 5kW 69

Taula 58. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 6kW 70

Taula 59. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 7kW 70

Taula 60. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 8kW 70

Taula 61. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 9kW 70

Taula 62. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 10kW 70

Taula 63. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 15kW 70

Taula 64. Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 19kW 71

Taula 65. Establiment dels pesos relatius a cada factor analitzat 72

Taula 66. Valoració de cada opció de sistema minieòlic en funció dels factors analitzats 73

Taula 67. Quadre resum dels resultats obtinguts mitjançant el mètode VTP 73

Taula 68. Valors límit d'immissió sonora en el cas exterior 80

Taula 69. Valors límit d'immissió sonora en el cas interior 80

Taula 70. Valors límit d'immissió sonora en el cas de vibracions 81

Taula 71. Resum dels nivells límit d'immissió sonora considerant els diferents casos possibles 81

Taula 72. Avantatges i inconvenients de les bateries plom-àcid 87

Taula 73. Avantatges i inconvenients de les bateries ió-liti 87

Taula 74. Avantatges i inconvenients de les bateries de gel 88

Taula 75. Avantatges i inconvenients de les bateries redox de vanadi 89

Taula 76. Mesures presentades pel "Plan de Acción" en referència a l'energia minieòlica 94

Taula 77. Altres mesures presentades pel "Plan de Acción" en referència a l'energia minieòlica 94

Taula 78. Classificació dels aerogeneradors en funció de les condicions de vent i turbulència 96

Taula 79. Modalitats de subministrament elèctric segons el tipus d'autoconsum 103

Taula 80. Disposició dels equips de mesura en funció del tipus d'autoconsum 103

Taula 81. Classificació de les instal·lacions (Art. 4.1) 103

Taula 82. Requisits generals (Art. 5) 104

Taula 83. Procediment de connexió i accés (Art. 7) 104

Taula 84. Contractes d'accés a l'autoconsum (Art. 8) 104

Taula 85. Peatges d'accés a les xarxes (Art. 9) 105

Taula 86. Requisits generals de mesura de la modalitat d'autoconsum (Art. 11) 105

Taula 87. Requisits particulars 105

Taula 88. Règim econòmic transitori (disposició transitòria primera) 106

SUMARI DE FIGURES

Figura 1. Tipus de mini-aerogeneradors: HAWT i VAWT 17

Figura 2. Classificació dels HAWT segons la orientació de rotor que presenten 18

Figura 3. Parts d'un mini-aerogenerador d'eix horitzontal (HAWT) [1] 22

Figura 4. Evolució de les diferents parts de la facturació elèctrica en el centre Liceo Egara 35

Figura 5. Gràfic dels valors mitjans de les diferents parts de la facturació elèctrica de l'escola Liceo Egara 35

Figura 6. Consum mensuals del centre Liceo Egara (2015-2016) amb la mitjana corresponent 36

Figura 7. Demanda energètica del centre Liceo Egara segons el període tarifari 37

Figura 8. Esquema de l'efecte de Coriolis en la circulació planetària 40

Figura 9. Situació de l'escola Liceo Egara en l'eina digital i valors obtinguts pel node d'estudi [16] 46

Figura 10. Corba de Weibull corresponent al punt d'estudi situat a l'escola Liceo Egara 47

Figura 11. Corbes de potència dels diversos models de mini-aerogeneradors analitzats 54

Taula 38. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model ECO – 2kW 55

Taula 39. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 3kW 56

Taula 40. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 5kW 57

Taula 41. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Bornay 6kW 58

Taula 42. Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model HYE – 3000 59

Figura 12. Corbes d'energia generada dels diversos models de mini-aerogenerador analitzats 60

Figura 13. Energia generada per cada model de mini-aerogenerador analitzat en funció de la velocitat del vent registrada 63

Figura 14. Seqüència d'imatges del patró d'ombres i el camí solar de la "Turbina A" durant els mesos més representatius (Gener i Juliol) 76

Figura 15. Seqüència d'imatges del patró d'ombres i el camí solar de la "Turbina B" durant els mesos més representatius (Gener i Juliol) 77

Les referències numèriques contingudes en aquest document queden relacionades amb *"l'apartat 15 del Document 1 – Memòria"*, relatiu a la Bibliografia i Webgrafia del present treball.

Annex I. Ampliació de l'Estat de l'Art

El següent apartat pretén introduir una base teòrica sobre l'energia eòlica, donat que el projecte es fonamenta sobre aquest concepte. Addicionalment, és necessari establir el context situacional en el que es troba aquest tipus d'energia.

La direcció del contingut d'aquest apartat es desenvolupa d'aspectes generals a aspectes concrets. Primerament es defineix el context en el qual es troba l'energia eòlica en termes amplis per acabar tractant l'energia minieòlica a Espanya i la seva projecció de futur. Seguidament es presenta l'aspecte més teòric i conceptual definint l'energia eòlica, concretant sobre l'energia minieòlica, objecte del projecte, i finalitzant amb el concepte d'aerogenerador, artefacte mitjançant el qual és possible obtenir aquesta energia.

1. Situació de l'Energia Eòlica

Abans d'abastar el concepte d'energia eòlica és necessari presentar el context situacional en el que es troba immers aquest tipus d'energia renovable.

1.1. Marc General

L'energia és un component vital en el desenvolupament de qualsevol societat. Actualment, el 80% del consum energètic depèn de les energies fòssils, les quals són altament contaminants i amb una producció i uns preus condicionats per l'esgotament progressiu dels seus recursos, ja que empren matèries finites.

El canvi climàtic està tenint conseqüències en el clima i en la societat. L'adaptació a les noves condicions ambientals suposa modificar les formes de consum actuals de la població i del sistema econòmic.

Dins d'aquesta situació d'adaptació al canvi climàtic, es fa necessari racionalitzar el consum d'energia i substituir els consums procedents de combustibles fòssils per les energies netes. Actualment, s'està duent a terme un període de transició cap a un model de consum energètic menys depenent que el de les energies fòssils, evolucionant cap a unes pautes de consum més eficient.

El debat enfoca la mirada cap a l'energia nuclear però aquesta pot generar problemes com la generació de residus radioactius, els riscos d'accidents i la inviabilitat econòmica de construir un mercat energètic mundial basat únicament en aquesta font energètica. Inevitablement, aquesta situació condueix a incidir sobre el concepte d'energia renovable, segons el qual es defineixen aquelles

formes de producció d'energia que no depenen d'una matèria primera exhaurible i que es caracteritza per l'absència de contaminació i baixos o nuls residus.

Les energies renovables afavoreixen el desenvolupament humà sostenible, respectuós amb el medi ambient amb l'avantatge de la deslocalització de la producció energètica.

És en aquest context que l'energia minieòlica pren protagonisme. [1]

En els anys 30 als Estats Units es fabricaven aerogeneradors que s'instal·laven en llocs on aquests petits aparells eren l'única font d'electricitat possible, en són exemples algunes granges i ranxos. Es van utilitzar milers d'aerogeneradors, però durant els anys 40 l'electricitat va arribar al medi rural, i aquest fet va provocar que la indústria minieòlica desaparegués. No va ser fins els anys 70, amb la crisi del petroli, tant als Estats Units com a Europa, quan aquesta tecnologia va tornar a recuperar-se. [4]

En les últimes dècades s'ha observat un notable augment en el nombre d'instal·lacions eòliques de petita potència. Aquest patró és degut, en gran part, al creixent interès dels grans sistemes connectats a la xarxa, així com un mercat lleugerament decreixent de sistemes aïllats. Tot i això, amb la finalitat de crear un estàndard es considera aconsellable arribar a una definició internacional consensuada. [5]

1.2. Minieòlica a Espanya

Històricament a Espanya els petits aerogeneradors han sigut utilitzats majoritàriament per l'autoconsum d'instal·lacions aïllades de la xarxa i connectades a bateries (per emmagatzemament) com és l'exemple dels sistemes repetidors de ràdio, telefonia mòbil, sistemes de vigilància de carreteres o contra-incendis, i pel subministrament d'energia en alguns habitatges situats a llocs remots, allunyats de la xarxa elèctrica.

Malgrat el fet que l'energia eòlica de gran potència ja ha demostrat la seva viabilitat i contribueix de manera creixent al sistema elèctric nacional, el segment de l'energia eòlica de petita potència (l'energia minieòlica) no s'ha desenvolupat suficientment i s'està desaprofitant la capacitat d'aportar energia renovable de forma distribuïda, mitjançant la seva integració en entorns urbans, semi-urbans, industrials i agrícoles, especialment associada a punts de consum de la xarxa de distribució.

No obstant, s'està avançant considerablement en les debilitats d'aquesta tecnologia que històricament havien limitat la seva proliferació a zones rurals i

aïllades (soroll, vibració i turbulències). A arrel d'aquests avenços, la tecnologia minieòlica ha despertat un gran interès, sent considerada com una font energètica de generació distribuïda amb gran potencial de desenvolupament a nivell domèstic i industrial (i per tant, a nivell d'integració en l'edificació). [5]

Incidint en aquest últim àmbit de la indústria nacional, existeix un teixit empresarial a Espanya puixant en el pla internacional, format per fabricants, promotors i productors que s'han organitzat en el sí de l'APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables) per millorar la seva situació al país. Els productes nacionals del sector presenten una gran qualitat, tant per a la integració d'habitatges com per a la connexió a xarxa. Malgrat aquest fet, degut a que no existeix una regulació especifica per instal·lacions connectades a la xarxa (excepte petites instal·lacions experimentals), la majoria d'instal·lacions a Espanya són aïllades.

En l'àmbit de la investigació el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas) i el CEDER estan implicats en el desenvolupament de l'energia minieòlica, liderant un Projecte Sectorial Estratègic mitjançant la direcció d'un grup de treball, per elaborar una nova normativa per a l'etiquetatge de qualitat específic pels aerogeneradors de petita potència en el marc del Comitè Internacional Electrotècnic i el de la Agència Internacional de l'Energia. [6]

Tot aquest procés d'industrialització permetrà la ràpida reducció de costos de fabricació i la millora de rendibilitat de les instal·lacions connectades a la xarxa. D'aquesta manera, els projectes es rendibilitzaran en un temps raonable, la indústria respondrà positivament i el mercat espanyol es desenvoluparà definitivament i permetrà generar llocs de treballs qualificats de manera distribuïda.

Addicionalment, s'està treballant en nous convertidors electrònics d'alta eficiència, dissenyats específicament per la minieòlica, en els que s'apliquen avenços i millores de cara a una efectiva connexió a la xarxa.

És notablement visible el fet què, malgrat que la indústria minieòlica nacional es troba en un període de demostració tecnològica, les empreses espanyoles estan bastant ben posicionades per competir en el mercat, no només a nivell nacional sinó també internacional. [5]

2. Concepte d'Energia Eòlica

Establert el primer contacte amb el concepte d'energia eòlica, el següent pas és definir-lo i tractar-lo en profunditat. Incidint especialment en l'energia minieòlica, objecte del projecte en qüestió.

La radiació del sol escalfa desigualment l'atmosfera terrestre, contribuint a que existeixin masses d'aire amb diferents temperatures. Les masses càlides en ser més lleugeres tendeixen a ascendir, mentre que les fredes i més pesades tendeixen a descendir, generant moviments de masses d'aire que provoquen corrents de vent.

L'energia eòlica es defineix com el resultat de la transformació de l'energia cinètica, produïda per aquest vent, en energia mecànica mitjançant uns aparells anomenats aerogeneradors [1] , sobre els quals s'aprofundirà més detalladament en l'apartat "2.3. Concepte d'Aerogenerador".

L'energia eòlica és un recurs abundant, renovable i net que ajuda a disminuir les emissions de gasos, en reemplaçar termoelèctriques a base de combustibles fòssils. [1]

L'energia eòlica té dues variants: la gran eòlica i la minieòlica.

2.1. La Gran Eòlica

En l'energia gran eòlica, les grans dimensions dels aparells i la localització dels vents desemboquen en el fet que les instal·lacions tendeixin a estar ubicades en entorns naturals allunyats de les àrees urbanitzades, les quals es denominen parcs eòlics.

Per tant, es pot considerar que la gran eòlica està constituïda pels parcs eòlics formats per grans aerogeneradors amb una potència d'instal·lació per sobre dels 500 kW i estan dissenyats per a la seva connexió a la xarxa d'alta tensió.

Aquesta energia s'utilitza per abastir les ciutats i els centres de consum. [1]

En referència al present projecte, la gran eòlica no serà tractada donat que aquest tipus d'instal·lacions queden fora de l'abast.

2.2. L'Energia Minieòlica

L'aprofitament de l'energia del vent varia segons el tipus d'aerogeneradors que s'utilitzin, anant des dels grans aparells per a la producció massiva d'electricitat

per bolcar a la xarxa (gran eòlica), fins als petits aparells instal·lats a prop del punt de consum: energia minieòlica. D'aquesta manera, la producció amb energia minieòlica no es concentra en grans parcs, permetent introduir el concepte de ***multigeneració****. El fet de poder instal·lar els mini-aerogeneradors a prop de les zones de consum facilita la* ***generació distribuïda****. [1]*

Originalment, l'energia minieòlica va ser definida segons les seves característiques per produir poca quantitat d'electricitat destinada, principalment, a cobrir el consum procedent dels electrodomèstics o de diversos habitatges amb poca demanda elèctrica. [5]

La potència màxima establerta per considerar l'energia minieòlica no queda ben definida. No obstant això, la secció d'energia minieòlica de l'Associació de Productors d'Energies Renovables (APPA) estableix una potència màxima per considerar l'energia minieòlica de 100 kW. [1] Així doncs, l'APPA defineix l'energia minieòlica com l'aprofitament dels recursos eòlics mitjançant l'ús d'aerogeneradors de potències inferiors a 100 kW. Segons la normativa internacional, els molins destinats a aquesta tecnologia han de tenir un àrea d'escombrat inferior als 200 m^2. [6]

A mode de resum, el següent quadre presenta algunes de les principals diferències entre la gran eòlica i la minieòlica.

Gran Eòlica	Minieòlica
✓ *Tecnologia eficient i desenvolupada.* ✓ *És una realitat que genera rendiments econòmics.* ✓ *Necessita connexions costoses a xarxes d'alta tensió.* ✓ *Està concebuda per bolcar a la xarxa.*	✓ *Encara no és eficient, ni tecnològicament ni econòmicament.* ✓ *Encara no té una tecnologia competitiva ni un marc regulatori viable.* ✓ *Es pot connectar amb cost reduït a xarxes de baixa tensió.* ✓ *Es pot hibridar amb instal·lacions de plaques solars ja existents.*

Taula 1. *Principals diferències presentades entre la gran eòlica i la minieòlica [1]*

2.2.1. Avantatges i Inconvenients de la Minieòlica

Tot i que el recurs utilitzat per aquest tipus d'energia és el mateix que en la gran eòlica, les instal·lacions minieòliques posseeixen les seves pròpies característiques les quals, en sí mateixes, suposen una sèrie d'avantatges a tenir en consideració.

- ✓ *Generació d'energia pròxima als punts de consum, la qual cosa redueix les pèrdues de transport (**generació distribuïda**).*
- ✓ *Versatilitat d'aplicacions i ubicacions lligades a l'autoconsum, amb possibilitat d'integració de sistemes híbrids, i tecnologies existents per a sòl i coberta.*
- ✓ *Accessibilitat tecnològica a l'usuari final, a causa de les relativament baixes inversions requerides, amb una instal·lació senzilla (de reduïda necessitat d'obra civil), facilitat de transport d'equipaments i muntatge.*
- ✓ *Funcionament amb vents moderats, sense el requeriment de complexos estudis de viabilitat.*
- ✓ *Aprofitament de petits emplaçaments o terrenys amb orografies complexes.*
- ✓ *Subministrament d'electricitat en llocs aïllats i allunyats de la xarxa elèctrica.*
- ✓ *Optimització de l'aprofitament de les infraestructures elèctriques de distribució existents, a les que es connecten directament, sense necessitat d'utilitzar infraestructures elèctriques addicionals d'evacuació.*
- ✓ *Baix cost d'operació i manteniment amb una elevada fiabilitat.*
- ✓ *Impacte ambiental i visual reduït, a causa de menors mides dels artefactes utilitzats i gràcies a la seva integració en entorns humanitzats. [5]*

Addicionalment, és necessari fer esment d'alguns dels avantatges implícits en aquest tipus d'energia pel fet de pertànyer al grup d'energies renovables.

- ✓ *Energia neta que no requereix de processos de combustió per a la seva producció, en conseqüència no perjudica l'atmosfera, la fauna i la vegetació i no contamina el sòl ni les aigües.*
- ✓ *Evita la contaminació derivada del transport de combustibles fòssils. Redueix el tràfic que es genera a causa d'aquest transport i suprimeix el risc d'accidents que tant poden perjudicar al medi ambient.*
- ✓ *L'ús d'aquest tipus d'energia per a la generació d'electricitat no incideix sobre les característiques fisicoquímiques del sòl, donat que no es produeix cap contaminant que les perjudiqui, ni tampoc abocaments o grans moviments de terres.*
- ✓ *No altera els aqüífers i la producció d'electricitat no contribueix a l'efecte hivernacle, per tant no destrueix la capa d'ozó ni genera residus contaminants. [7]*
- ✓ *Les energies renovables eviten la dependència exterior, donat que es poden produir en qualsevol lloc, incloent el mateix domicili.*
- ✓ *Són inesgotables.*
- ✓ *Proporcionen fins a cinc vegades més llocs de treball que les convencionals. [8]*

Malgrat tots els avantatges que proporciona l'energia minieòlica, és important tenir en compte els inconvenients que aquesta pot presentar:

- ✓ *Donat que el vent és un fenomen variable, la producció d'energia mitjançat la minieòlica no és constant. [7]*
- ✓ *En referència novament al recurs eòlic, la viabilitat de l'ús d'energia minieòlica queda restringida a llocs on el vent és laminar i presenta una velocitat mínima per accionar l'aerogenerador.*
- ✓ *La localització més adequada dels aerogeneradors, per tal que aquests quedin situats en punts propers a la demanda, no sempre és possible. [9,]*
- ✓ *Malgrat no presentar les dimensions que caracteritzen la gran eòlica, sempre existeix un petit impacte ambiental, tant visual com acústic.*
- ✓ *No hi ha prima específica.*
- ✓ *Tràmits administratius costosos.*
- ✓ *No rendible per a petits inversors.*
- ✓ *Fiabilitat i eficiència millorables.*
- ✓ *Disseny atractiu insuficient.*
- ✓ *Difícil integració amb l'entorn.*
- ✓ *Limitacions tecnològiques. [1]*

Els grans aerogeneradors han experimentat un ràpid desenvolupament. En canvi, les màquines de petita potència han tingut una evolució molt més pausada degut a la complexitat tècnica que presenten, la mida reduïda dels mercats i el seu poc atractiu, el poc recolzament institucional i el fet de que les empreses del sector siguin petites i amb recursos limitats. [1]

2.3. Concepte d'Aerogenerador

Un aerogenerador és un màquina elèctrica, el funcionament de la qual es basa en transformar l'energia cinètica produïda pel vent en energia mecànica a través d'un rotor i en energia elèctrica gràcies a l'ús d'un alternador.

Els predecessors directes d'aquests artefactes són els molis de vent, els quals s'empraven per dur a terme la mòlta i l'obtenció de la farina. [10]

El funcionament de les antigues turbines eòliques, com és el cas dels esmentats molins de vent, es basava en el principi de resistència d'arrossegament que ofereixen les pales davant l'acció del vent. Aquest disseny no aerodinàmic conduïa a un rendiment de conversió de l'energia cinètica del vent en energia mecànica en l'eix de la màquina molt petit, amb valors al voltant del 12%.

Actualment, les turbines modernes funcionen sota el principi de força de sustentació que es desenvolupa en la pala degut al seu disseny aerodinàmic, de

manera similar a l'ala d'un avió. L'avenç en el disseny aerodinàmic i estructural de les pales, ha permès incrementar el rendiment de conversió a valors propers al límit teòric. [11]

L'aerogenerador és utilitzat tant per la gran eòlica com per la minieòlica. La diferència recau en les dimensions d'aquest aerogenerador, així com en la seva eficiència i el seu desenvolupament.

Tal com s'ha especificat anteriorment, la gran eòlica ha anat evolucionant molt amb el temps i actualment els aerogeneradors estan situats a altures de l'ordre de 80 i 120 metres, amb diàmetres de rotor que poden superar els 125 metres i amb la capacitat de generar fins a 6 MW de potència.

L'energia minieòlica, per la seva part s'estableix en alçades inferiors, generalment per sota dels 20 metres i utilitza diàmetres de rotor molt més reduïts, inferiors als 15 metres. Generant, tal com s'ha comentat en apartats anteriors, una potència màxima de 100 kW. [1]

Els següents apartats se centren en definir els aerogeneradors presents a l'energia minieòlica, donat que és l'àmbit definit pel projecte.

2.3.1. Classificació dels Mini-aerogeneradors

La primera classificació que s'estableix entre els diferents models de mini-aerogeneradors es basa en la direcció de l'eix. Es distingeixen dos grans tipus.

- ✓ Aerogeneradors d'eix horitzontal (HAWT: Horizontal Axis Wind Turbine).
- ✓ Aerogeneradors d'eix vertical (VAWT: Vertical Axis Wind Turbine). [1]

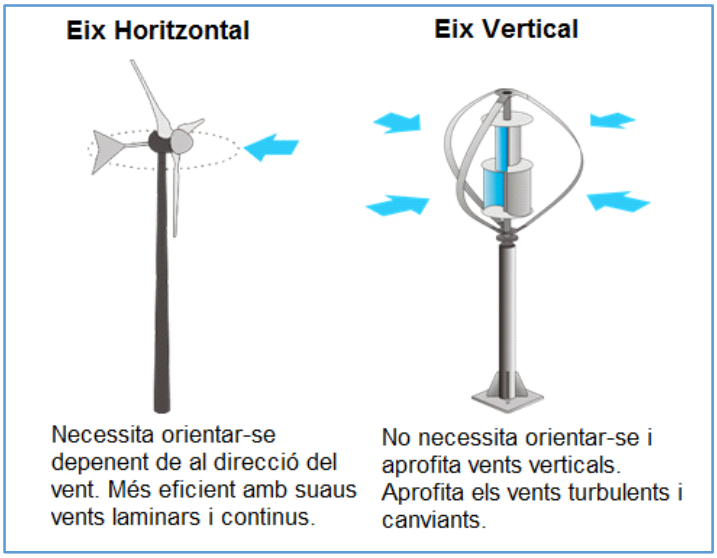


Figura 1. *Tipus de mini-aerogeneradors: HAWT i VAWT*

2.3.1.1. Eix horitzontal

Aquest tipus d'aerogeneradors es caracteritzen pel gir de les seves pales, el qual es produeix al voltant d'un eix paral·lel a la direcció del vent. Això implica que necessiten un mecanisme direccional per dur a terme aquesta alineació del seu eix amb la direcció del vent. Dins d'aquest grup, es pot establir una subclassificació en funció del nombre de pales i de l'orientació de l'aerogenerador.

Segons l'orientació, es poden distingir dos subgrups.

- ✓ ***Sobrevent.*** *Rotor de cara al vent, amb les pales al capdavant i el penell darrere. En aquest cas s'evita la torre com a obstacle de captació del vent, però és necessari un sistema d'orientació (penell). El rotor ha de situar-se a certa distància de la torre i tenir poca flexibilitat per evitar el contacte entre ambdós.*
- ✓ ***Sotavent.*** *El rotor se situa darrere de la torre, de manera que el vent colpeja primer la torre i després el rotor. En aquest cas, l'aerogenerador s'orienta mitjançant la gòndola i les pales, les quals es corben "cap a darrere". [1]*

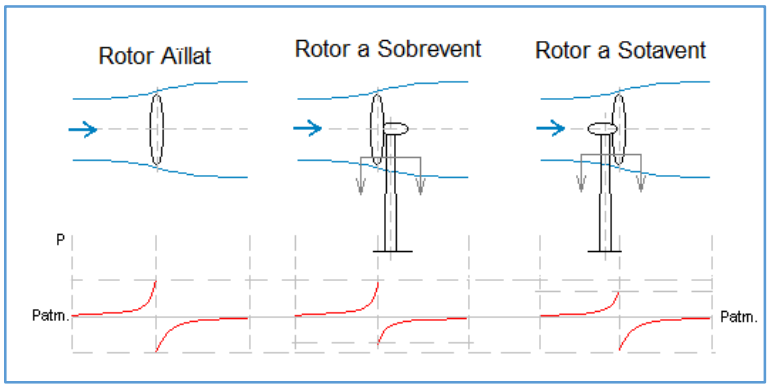


Figura 2. *Classificació dels HAWT segons la orientació de rotor que presenten*

Segons el nombre de pales, existeix una classificació de cinc subgrups.

- ✓ ***Monopala.*** *En tenir només una pala, aquests aerogeneradors necessiten un contrapès en l'altre extrem per equilibrar-se. La velocitat de gir és molt elevada. El seu gran inconvenient és que introdueixen a l'eix esforços molt variables, cosa que escurça la vida útil de la instal·lació.*
- ✓ ***Bipala.*** *Els dissenys d'aerogeneradors amb dues pales tenen l'avantatge d'estalviar el cost d'una pala i el seu pes. No obstant això, poden presentar problemes en el rotor a causa del moviment oscil·latori de la boixa.*
- ✓ ***Tripala.*** *La majoria dels aerogeneradors moderns estan dissenyats amb tres pales. La seva major estabilitat estructural, la seva aerodinàmica, la menor emissió de soroll i el seu millor rendiment energètic fan que aquest sigui el model més utilitzat i valorat.*

- ***Altre nombre de pales.*** *Només en el cas d'aplicacions de molt petita potència, com per exemple els sistemes auxiliars a embarcacions d'esbarjo, amb diàmetres de fins a 1 metre, es poden utilitzar des de 5 fins a 7 pales. Donat que aquestes configuracions presenten una robustesa i una eficiència superiors als bipala o tripala per a petites mides són idonis per a situacions concretes, com és el cas de la comentada anteriorment.*
- ***Multipala.*** *Aparells que compten amb un nombre elevat de pales al seu rotor, cobrint gran part de la seva àrea d'escombrada. Necessiten una elevada potència eòlica per començar a girar i generen un règim de voltes molt baix però amb molt parell. La seva baixa eficiència i el seu baix règim de gir fan que la seva aplicació generalment sigui la d'aeromotor, per exemple en l'extracció d'aigua. Cal tenir en compte que aquesta configuració no els fa aptes per a la generació elèctrica. [1]*

La següent taula resumeix la informació exposada anteriorment.

Subgrup	Nombre de Pales	Avantatges	Inconvenients
Monopala	1	✓ *Velocitat de gir molt elevada.*	✓ *Necessiten un contrapès.* ✓ *Vida útil curta.*
Bipala	2	✓ *Estalvi del cost d'una pala i el seu pes.*	✓ *Problemes en el rotor.*
Tripala	3	✓ *Major estabilitat estructural.* ✓ *Millor aerodinàmica.* ✓ *Menor emissió de soroll.* ✓ *Gran rendiment energètic.*	-
Altre nombre de pales	Entre 5 i 7	✓ *Gran robustesa.* ✓ *Eficiència superior a les configuracions anteriors.*	✓ *Només s'aplica a sistemes de molt baixa potència.*
Multipala	Nombre Elevat	✓ *Generen molt parell.*	✓ *Necessiten una elevada potència per girar.* ✓ *Règim de voltes molt baix.* ✓ *Baixa eficiència.* ✓ *No aptes per la generació elèctrica.*

Taula 2. *Resum de la classificació dels HAWT segons el nombre d'aspes del rotor*

2.3.1.2. Eix vertical

En aquest cas, el gir de les pales al voltant de l'eix d'aquest tipus d'aerogeneradors es caracteritza per ser perpendicular a la direcció del vent. El seu funcionament és indiferent a la direcció de la qual provingui el vent (omnidireccional) i toleren millor les turbulències. En conseqüència, els aerogeneradors d'eix vertical no necessiten cap element direccional i són estructuralment més simples que els aerogeneradors d'eix horitzontal.

Per contra, el seu rendiment és inferior a aquests últims i poden presentar problemes de vibracions considerables. En quant a l'aspecte estètic o visual, estan considerats considerablement superiors als aerogeneradors d'eix horitzontal.

Existeixen múltiples variacions i tipus d'aerogeneradors d'eix vertical, encara que els més destacats són els mostrats a continuació.

- ✓ ***Savonius.*** *Model inventat l'any 1922 per l'enginyer finlandès Sigurd J. Savonius, que consta habitualment de dues, tres o quatre pales en forma de "S", en el qual les seves parts còncaves capten el vent. El seu sistema es fonamenta en l'aprofitament de la força d'empenta del vent i no en la sustentació aerodinàmica, per la qual cosa la seva eficiència és força baixa i només s'utilitza per a aplicacions micro, on se sacrifica rendiment en pro de robustesa i fiabilitat per generar petites quantitats d'energia.*
  És un model que pot arrencar per si mateix i començar a girar amb velocitats de vents molt baixes (entre 2 i 3 m/s).
- ✓ ***Darrieus.*** *El seu nom ve donat per una patent americana de 1925, realitzada per l'enginyer Georges Darrieus. Aquestes turbines es caracteritzen per tenir uns àleps molt fins i ondulats units verticalment i pels dos extrems, a l'eix giratori. Es basen, igual que en els rotors d'eix horitzontal, en l'efecte de la força de sustentació aerodinàmica.*
  El seu principal inconvenient és que no poden arrencar per si mateixos i per aquest motiu s'han de complementar amb una font d'alimentació externa per posar-lo en marxa quan la velocitat del vent és l'adequada pel seu aprofitament.
- ✓ ***Giromill.*** *Variant del rotor Darrieus, amb perfil en forma de "H", delta o triangle, amb dos o tres àleps. El principal avantatge respecte el seu model predecessor és la possibilitat de regular el pas o l'angle d'atac de les pales, optimitzant el seu rendiment en funció a la velocitat del vent. Així i tot, no s'assoleixen els coeficients de potència habituals pels aerogeneradors d'eix horitzontal.*
- ✓ ***Rotor Gorlov.*** *Model inicialment dissenyat per a l'aprofitament de corrents marins i patentat al 2001 per Alexander M. Gorlov. Combina l'aprofitament d'empenta i sustentació aerodinàmica amb una distribució de força equilibrada*

que redueix el soroll i la vibració. Arrenca de forma autònoma sense necessitat d'una font d'alimentació externa. [1]

2.3.1.3. Components d'un Mini-aerogenerador

En aquest apartat es defineixen els components més habituals d'un aerogenerador d'eix horitzontal degut a ser el més comunament utilitzat.

- ✓ ***Rotor.*** *El rotor és el conjunt de components de l'aerogenerador que gira en relació amb la gòndola i el seu objectiu principal és captar l'energia cinètica produïda pel vent i transformar-la en energia mecànica. El rotor està format per: les pales, la boixa (element que uneix les pales a l'eix o al sistema de rotació) i l'eix (comunica la boixa amb l'estator del generador, directament o mitjançant la caixa de canvis).*
- ✓ ***Generador.*** *Element que converteix l'energia mecànica disponible en l'eix del rotor de l'aerogenerador en energia elèctrica. El funcionament del generador elèctric es basa en l'acció que s'estableix entre el corrent elèctric i el camp magnètic. Els tipus de generadors disponibles al mercat actualment són els generadors de corrent continu, els generadors de corrent altern síncrons d'imants permanents i els generadors de corrent altern asíncrons (inducció).*
- ✓ ***Caixa de canvis.*** *Consisteix en un conjunt d'engranatges que té com a missió regular la velocitat de l'eix del generador perquè aquest funcioni amb un nombre de voltes òptim.*
  La majoria dels dissenys de la minieòlica d'avui dia utilitzen connexió directa entre rotor i aerogenerador i no necessiten de caixa de canvis multiplicador.
- ✓ ***Corona de gir.*** *Element que permet el gir de la gòndola (en els aerogeneradors d'eix horitzontal), perquè pugui orientar en la direcció correcta. Normalment està formada per rodaments que redueixen el fregament entre peces i milloren el rendiment de gir.*
  A l'interior de la corona de gir s'ubiquen els cables elèctrics que transporten l'energia produïda en el generador a la resta de la instal·lació. És important tenir en compte evitar la torsió dels cables elèctrics, produïda a causa del moviment de gir de la gòndola.
- ✓ ***Sistemes d'orientació.*** *La potència desenvolupada pel rotor depèn de l'angle d'incidència entre la velocitat del vent i el pla de gir de les pales.*
  En el cas dels aerogeneradors d'eix horitzontal, la variabilitat de la direcció del vent suposa la necessitat d'un sistema d'orientació. En canvi, en el cas dels aerogeneradors d'eix vertical aquest sistema no és necessari.
  En la minieòlica, la gran majoria de sistemes d'orientació són passius, és a dir que les pròpies forces aerodinàmiques realitzen l'orientació, ja que el pes de l'estructura rotor-gòndola és relativament petit i pot ser orientat per la mateixa

força del vent. El mecanisme passiu d'orientació més habitual és el penell de cua (es troba a la mateixa alçada i en línia recta a l'eix de l'aerogenerador) o de cua elevada (es troba sobre l'eix de l'aerogenerador a una alçada suficient per superar les turbulències produïdes per les pales).

Per la seva part, els sistemes d'orientació actius consisteixen en motors elèctrics o sistemes hidràulics i s'utilitzen quan el pes de l'estructura dificulta l'orientació automàtica.

- ✓ ***Sistema de regulació.*** *La normativa UNE-EN 61400-2 exigeix que els aerogeneradors han d'utilitzar algun sistema de protecció per mantenir la màquina dins dels seus límits de disseny, finalitat que assumeix el sistema de regulació.*
- ✓ ***Sistema de fre.*** *Es tracta del cas extrem del sistema de regulació, que consisteix en la parada total de l'aerogenerador.*
- ✓ ***Torre de suport.*** *La seva funció és sustentar el mini-aerogenerador, situant-lo a una major altura, per sobre de les pertorbacions causades pel terreny i on els vents són uniformes i de major intensitat. [1]*

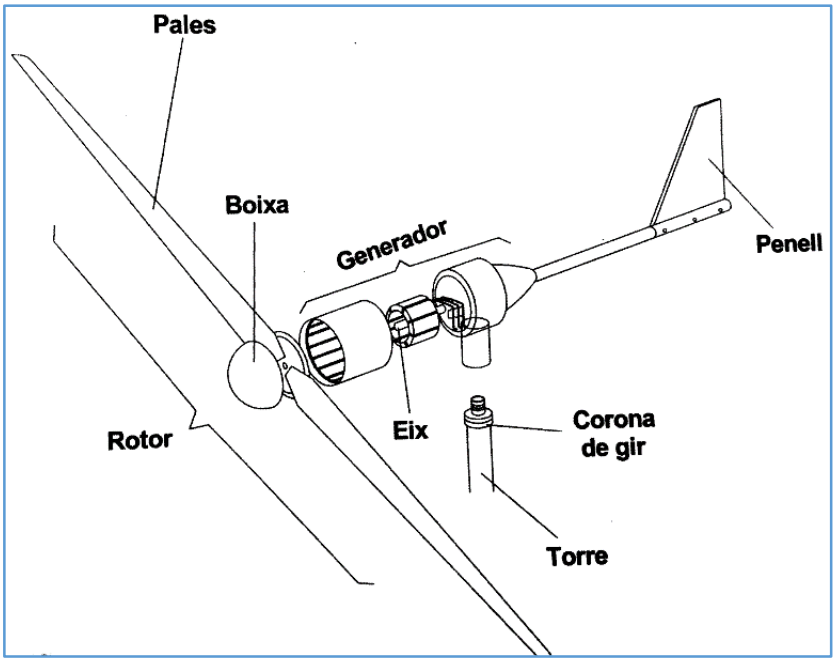


Figura 3. *Parts d'un mini-aerogenerador d'eix horitzontal (HAWT) [1]*

Annex II. Oferta del Centre Educatiu

El centre educatiu *Liceo Egara* ofereix una formació des de les etapes educatives més primerenques fins a les post-obligatòries. La següent taula reuneix de manera resumida la informació relativa als estudis presents a l'escola.

Estudis	Titularitat	Descripció i Situació
Llar d'Infants	Privada	4 unitats corresponents a les etapes de P1 i P2.
Educació Infantil	Concertada	3 línies per a cadascun dels tres cursos del segon cicle d'aquesta etapa (P3, P4 i P5). Un total de nou aules.
Educació Primària	Concertada	3 línies per a cadascun dels sis cursos d'aquesta etapa (1r a 6è). *La tercera línia entrarà a 6è en el curs 2015-16.
Educació Secundària Obligatòria (ESO)	Concertada	2 línies per a cadascun dels quatre cursos d'aquesta etapa (1r a 4t). *En el curs 2016-17 entrarà la tercera línia a l'ESO.
Batxillerat	-	Actualment, l'escola es troba preparant l'espai i les instal·lacions adequades per acollir en pocs anys dos batxillerats: el científic-tecnològic i l'humanístic-social.

Taula 3. *Informació sobre estudis oferts pel centre educatiu Liceo Egara*

El *Liceo Egara* també disposa de diversos serveis, definits a continuació.

Servei	Descripció
Acollida de matí i tarda	Les famílies tenen la possibilitat de fer ús del servei d'acollida al matí de 8.00 a 9.00h i a la tarda de 17.00 a 18.00h.
Menjador	El centre ofereix la opció de menjador diari amb elaboració del dinar en cuina pròpia.
Biblioteca	Espai polivalent per ús d'alumnes, famílies i personal del centre. Hi tenen cabuda activitats per als petits (l'hora del conte mensual), foment de la lectura i àrea de treball per als grans i també activitats amb les famílies (trobades literàries).
Esplai d'estiu	Durant el mes de juliol, en horari de 9.00 a 13.00h, els alumnes poden gaudir de noves activitats dins i fora de l'aula.
Extraescolars	Cada any, el centre, amb la col·laboració de l'AMPA, ofereix activitats extraescolars adreçades a les diferents etapes educatives i amb la intenció que l'alumnat pugui disposar d'un ventall d'opcions en àmbits diversos: cursos de llengua anglesa (preparació per a exàmens oficials), iniciació a l'esport i escola de bàsquet i teatre musical.

Taula 4. *Informació sobre els serveis oferts pel centre educatiu Liceo Egara*

L'eix vertebral ideològic i de funcionament de l'escola *Liceo Egara* incorpora un projecte educatiu i un pla d'actuació bastats en la incorporació i compactació de les idees presentades a continuació:

- ✓ **Educació en valors.** Com a centre educatiu que forma part del creixement i evolució personal dels infants, creu absolutament necessari fer un treball de valors que reforci l'educació familiar.
  Valors com l'esforç personal, la responsabilitat, la companyonia, la bona convivència i el respecte, entre d'altres, queden presents tant dins com fora de l'aula i es reforcen individualment i grupalment amb la finalitat de que els alumnes els integrin en la seva vida de manera natural i habitual.
- ✓ **Tradició-Innovació.** L'escola es caracteritza per emprar una metodologia que intenta aprofitar les millors facetes de l'escola tradicional juntament amb la incorporació mesurada i específica de les noves estratègies educatives, amb la intenció final que l' alumnat rebi una formació completa en tots els aspectes i esdevingui crític i autònom en un futur.
- ✓ **Multilingüisme.** Des de fa uns anys i conscients de les necessitats lingüístiques actuals, el centre aposta per la riquesa que aporta el multilingüisme com a forma de comunicació i participació en el món. Per aquest motiu, s'amplia el coneixement curricular de la llengua catalana (vehicular en el centre), de la llengua castellana i de la llengua anglesa a través de les hores complementàries. Així, també s'ofereix la llengua alemanya com a segona llengua estrangera a l'etapa d'Educació Secundària Obligatòria.
- ✓ **Sortides i activitats.** La institució considera convenient fer sortides i activitats d'àmbit pedagògic que donin l'opció a l'alumnat de posar a la pràctica els coneixements i valors adquirits al llarg del curs i durant la seva escolarització.

Annex III. Estudi del Consum Energètic del Centre Educatiu

El següent annex recull l'estudi sobre el consum energètic present al centre educatiu *Liceo Egara*, situat al municipi de Terrassa, província de Barcelona. L'objectiu final d'aquest estudi és proporcionar les dades necessàries per determinar l'energia produïda per l'aerogenerador escollit.

Addicionalment, s'analitza la facturació actual de l'escola mitjançant les factures proporcionades pel centre, les quals abasten un període de 26 mesos (Novembre 2014 a Desembre 2016).

Les taules adjuntades en les pàgines posteriors recullen, de manera resumida, les dades extretes de les factures emeses per l'empresa elèctrica subministradora ENDESA.

FACTURA 30/11/2014-31/12/2014 Liceo Egara Factura num 1			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	678kWh	0,165383€/kWh	112,13 €
Facturació consum període P2	4695kWh	0,130022€/kWh	610,45 €
Facturació consum període P3	555kWh	0,089085€/kWh	49,44 €
Descompte Territorial 24%			185,85 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			52,07 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.100,49 €**
IVA		21%	231,10 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.331,59 €**

Taula 5. *Factura núm. 1 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2014 – 31/12/2014*

FACTURA 31/12/2014-31/01/2015 Liceo Egara Factura num 2			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	621kWh	0,167838€/kWh	104,23 €
Facturació consum període P2	5741kWh	0,132440€/kWh	760,34 €
Facturació consum període P3	518kWh	0,091447€/kWh	47,37 €
Descompte Territorial 24%			218,87 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			57,51 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.212,81 €**
IVA		21%	254,69 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.467,51 €**

Taula 6. *Factura núm. 2 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2014 – 31/01/2015*

FACTURA 31/01/2015-28/02/2015 Liceo Egara Factura num 3			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	643kWh	0,167838€/kWh	107,92 €
Facturació consum període P2	5940kWh	0,132440€/kWh	786,69 €
Facturació consum període P3	412kWh	0,091447€/kWh	37,68 €
Descompte Territorial 24%			223,75 €
Potència 62kW			389,95 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			56,16 €
Lloguer d'equips			27,56 €
IMPORT TOTAL			**1.182,21 €**
IVA		21%	248,26 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.430,47 €**

Taula 7. *Factura núm. 3 de l'escola Liceo Egara: 31/01/2015 – 28/02/2015*

FACTURA 28/02/2015-31/03/2015 Liceo Egara Factura num 4			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	626kWh	0,167838€/kWh	105,07 €
Facturació consum període P2	5384kWh	0,132440€/kWh	713,06 €
Facturació consum període P3	425kWh	0,091447€/kWh	38,86 €
Descompte Territorial 24%			205,68 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			55,37 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.168,92 €**
IVA		21%	245,47 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.414,39 €**

Taula 8. *Factura núm. 4 de l'escola Liceo Egara: 28/02/2015 – 31/03/2015*

FACTURA 31/03/2015-30/04/2015 Liceo Egara Factura num 5			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1268kWh	0,167838€/kWh	212,82 €
Facturació consum període P2	2927kWh	0,132440€/kWh	387,65 €
Facturació consum període P3	303kWh	0,091447€/kWh	27,71 €
Descompte Territorial 24%			150,76 €
Potència 62kW			417,81 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			45,77 €
Lloguer d'equips			29,53 €
IMPORT TOTAL			**970,53 €**
IVA		21%	203,81 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.174,34 €**

Taula 9. *Factura núm. 5 de l'escola Liceo Egara: 31/03/2015 – 30/04/2015*

FACTURA 30/04/2015-31/05/2015 Liceo Egara Factura num 6			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1251kWh	0,167838€/kWh	209,97 €
Facturació consum període P2	2948kWh	0,132440€/kWh	390,43 €
Facturació consum període P3	327kWh	0,091447€/kWh	29,90 €
Descompte Territorial 24%			151,27 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			46,56 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**987,83 €**
IVA		21%	207,44 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.195,28 €**

Taula 10. *Factura núm. 6 de l'escola Liceo Egara: 30/04/2015 – 31/05/2015*

FACTURA 31/05/2015-30/06/2015 Liceo Egara Factura num 7			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1033kWh	0,167838€/kWh	173,38 €
Facturació consum període P2	2440kWh	0,132440€/kWh	323,15 €
Facturació consum període P3	303kWh	0,091447€/kWh	27,71 €
Descompte Territorial 24%			125,82 €
Potència 62kW			417,81 €
Energia reactiva			0,88 €
Impost sobre electricitat			41,78 €
Lloguer d'equips			29,53 €
IMPORT TOTAL			**888,42 €**
IVA		21%	186,57 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.074,99 €**

Taula 11. *Factura núm. 7 de l'escola Liceo Egara: 31/05/2015 – 30/06/2015*

FACTURA 30/06/2015-31/07/2015 Liceo Egara Factura num 8			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	355kWh	0,167838€/kWh	59,58 €
Facturació consum període P2	860kWh	0,132440€/kWh	113,90 €
Facturació consum període P3	319kWh	0,091447€/kWh	29,17 €
Descompte Territorial 24%			48,64 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			29,95 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**646,21 €**
IVA		21%	135,70 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**781,91 €**

Taula 12. *Factura núm. 8 de l'escola Liceo Egara: 30/06/2015 – 31/07/2015*

FACTURA 31/07/2015-30/08/2015 Liceo Egara Factura num 9			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	181kWh	0,159435€/kWh	28,86 €
Facturació consum període P2	503kWh	0,128186€/kWh	64,48 €
Facturació consum període P3	297kWh	0,091391€/kWh	27,14 €
Descompte Territorial 24%			28,92 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			26,75 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**580,55 €**
IVA		21%	121,92 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**702,46 €**

Taula 13. *Factura núm. 9 de l'escola Liceo Egara: 31/07/2015 – 30/08/2015*

FACTURA 31/08/2015-30/09/2015 Liceo Egara Factura num 10			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1205kWh	0,159435€/kWh	192,12 €
Facturació consum període P2	2466kWh	0,128186€/kWh	316,11 €
Facturació consum període P3	298kWh	0,091391€/kWh	27,23 €
Descompte Territorial 24%			128,51 €
Potència 62kW			417,81 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			42,17 €
Lloguer d'equips			29,53 €
IMPORT TOTAL			**896,46 €**
IVA		21%	188,26 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.084,72 €**

Taula 14. *Factura núm. 10 de l'escola Liceo Egara: 31/08/2015 – 30/09/2015*

FACTURA 30/09/2015-31/10/2015 Liceo Egara Factura num 11			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1339kWh	0,159435€/kWh	213,48 €
Facturació consum període P2	3840kWh	0,128186€/kWh	492,23 €
Facturació consum període P3	377kWh	0,091391€/kWh	34,45 €
Descompte Territorial 24%			177,64 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			50,83 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.075,60 €**
IVA		21%	225,88 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.301,48 €**

Taula 15. *Factura núm. 11 de l'escola Liceo Egara: 30/09/2015 – 31/10/2015*

FACTURA 31/10/2015-30/11/2015 Liceo Egara Factura num 12			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	672kWh	0,159435€/kWh	107,14 €
Facturació consum període P2	5414kWh	0,128186€/kWh	694,00 €
Facturació consum període P3	346kWh	0,091391€/kWh	31,62 €
Descompte Territorial 24%			199,87 €
Potència 62kW			417,81 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			53,72 €
Lloguer d'equips			29,53 €
IMPORT TOTAL			**1.133,95 €**
IVA		21%	238,13 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.372,08 €**

Taula 16. *Factura núm. 12 de l'escola Liceo Egara: 31/10/2015 – 30/11/2015*

FACTURA 30/11/2015-31/12/2015 Liceo Egara Factura num 13			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	576kWh	0,159435€/kWh	91,83 €
Facturació consum període P2	4229kWh	0,128186€/kWh	542,10 €
Facturació consum període P3	418kWh	0,091391€/kWh	38,20 €
Descompte Territorial 24%			161,31 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			48,19 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.021,25 €**
IVA		21%	214,46 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.235,72 €**

Taula 17. *Factura núm. 13 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2015 – 31/12/2015*

FACTURA 31/12/2015-31/01/2016 Liceo Egara Factura num 14			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	542kWh	0,156619€/kWh	84,89 €
Facturació consum període P2	4820kWh	0,126726€/kWh	610,82 €
Facturació consum període P3	377kWh	0,091310€/kWh	34,42 €
Descompte Territorial 24%			175,23 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			50,38 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**1.066,26 €**
IVA		21%	223,91 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.290,18 €**

Taula 18. *Factura núm. 14 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2015 – 31/01/2016*

FACTURA 31/01/2016-29/02/2016 Liceo Egara Factura num 15			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	628kWh	0,156619€/kWh	98,36 €
Facturació consum període P2	5771kWh	0,126726€/kWh	731,34 €
Facturació consum període P3	397kWh	0,091310€/kWh	36,25 €
Descompte Territorial 24%			207,83 €
Potència 62kW			402,78 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			54,24 €
Lloguer d'equips			28,47 €
IMPORT TOTAL			**1.143,60 €**
IVA		21%	240,16 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.383,76 €**

Taula 19. *Factura núm. 15 de l'escola Liceo Egara: 31/01/2016 – 29/02/2016*

FACTURA 29/02/2016-31/03/2016 Liceo Egara Factura num 16			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	711kWh	0,156619€/kWh	111,36 €
Facturació consum període P2	4747kWh	0,126726€/kWh	601,57 €
Facturació consum període P3	368kWh	0,091310€/kWh	33,60 €
Descompte Territorial 24%			179,17 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			51,02 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**1.079,36 €**
IVA		21%	226,66 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.306,02 €**

Taula 20. *Factura núm. 16 de l'escola Liceo Egara: 29/02/2016 – 31/03/2016*

FACTURA 31/03/2016-30/04/2016 Liceo Egara Factura num 17			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1635kWh	0,156619€/kWh	256,07 €
Facturació consum període P2	3518kWh	0,126726€/kWh	445,82 €
Facturació consum període P3	356kWh	0,091310€/kWh	32,51 €
Descompte Territorial 24%			176,26 €
Potència 62kW			416,66 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			49,84 €
Lloguer d'equips			29,45 €
IMPORT TOTAL			**1.054,09 €**
IVA		21%	221,36 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.275,45 €**

Taula 21. *Factura núm. 17 de l'escola Liceo Egara: 31/03/2016 – 30/04/2016*

FACTURA 30/04/2016-31/05/2016 Liceo Egara Factura num 18			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1389kWh	0,156619€/kWh	217,54 €
Facturació consum període P2	3094kWh	0,126726€/kWh	392,09 €
Facturació consum període P3	312kWh	0,091310€/kWh	28,49 €
Descompte Territorial 24%			153,15 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			46,81 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**992,76 €**
IVA		21%	208,48 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.201,24 €**

Taula 22. *Factura núm. 18 de l'escola Liceo Egara: 30/04/2016 – 31/05/2016*

FACTURA 31/05/2016-30/06/2016 Liceo Egara Factura num 19			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1048kWh	0,156619€/kWh	164,14 €
Facturació consum període P2	2255kWh	0,126726€/kWh	285,77 €
Facturació consum període P3	323kWh	0,091310€/kWh	29,49 €
Descompte Territorial 24%			115,06 €
Potència 62kW			416,66 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			39,93 €
Lloguer d'equips			29,45 €
IMPORT TOTAL			**850,38 €**
IVA		21%	178,58 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.028,96 €**

Taula 23. *Factura núm. 19 de l'escola Liceo Egara: 31/05/2016 – 30/06/2016*

FACTURA 30/06/2016-31/07/2016 Liceo Egara Factura num 20			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	345kWh	0,156619€/kWh	54,03 €
Facturació consum període P2	771kWh	0,126726€/kWh	97,71 €
Facturació consum període P3	329kWh	0,091310€/kWh	30,04 €
Descompte Territorial 24%			43,63 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			29,08 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**628,21 €**
IVA		21%	131,92 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**760,13 €**

Taula 24. *Factura núm. 20 de l'escola Liceo Egara: 30/06/2016 – 31/07/2016*

FACTURA 31/07/2016-31/08/2016 Liceo Egara Factura num 21			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	156kWh	0,156619€/kWh	24,43 €
Facturació consum període P2	468kWh	0,126726€/kWh	59,31 €
Facturació consum període P3	274kWh	0,091310€/kWh	25,02 €
Descompte Territorial 24%			26,10 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			26,24 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**569,88 €**
IVA		21%	119,67 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**689,55 €**

Taula 25. *Factura núm. 21 de l'escola Liceo Egara: 31/07/2016 – 31/08/2016*

FACTURA 31/08/2016-30/09/2016 Liceo Egara Factura num 22			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1184kWh	0,156619€/kWh	185,44 €
Facturació consum període P2	2898kWh	0,126726€/kWh	367,25 €
Facturació consum període P3	327kWh	0,091310€/kWh	29,86 €
Descompte Territorial 24%			139,81 €
Potència 62kW			416,66 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			43,94 €
Lloguer d'equips			29,45 €
IMPORT TOTAL			**932,79 €**
IVA		21%	195,89 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.128,67 €**

Taula 26. *Factura núm. 22 de l'escola Liceo Egara: 31/08/2016 – 30/09/2016*

FACTURA 30/09/2016-31/10/2016 Liceo Egara Factura num 23			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	1477kWh	0,156619€/kWh	231,33 €
Facturació consum període P2	3734kWh	0,126726€/kWh	473,19 €
Facturació consum període P3	354kWh	0,091310€/kWh	32,32 €
Descompte Territorial 24%			176,84 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			50,64 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**1.071,62 €**
IVA		21%	225,04 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.296,67 €**

Taula 27. *Factura núm. 23 de l'escola Liceo Egara: 30/09/2016 – 31/10/2016*

FACTURA 31/10/2016-30/11/2016 Liceo Egara Factura num 24			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	975kWh	0,156619€/kWh	152,70 €
Facturació consum període P2	5806kWh	0,126726€/kWh	735,77 €
Facturació consum període P3	359kWh	0,091310€/kWh	32,78 €
Descompte Territorial 24%			221,10 €
Potència 62kW			416,66 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			57,10 €
Lloguer d'equips			29,45 €
IMPORT TOTAL			**1.203,36 €**
IVA		21%	252,71 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.456,07 €**

Taula 28. *Factura núm. 24 de l'escola Liceo Egara: 31/10/2016 – 30/11/2016*

FACTURA 30/11/2016-31/12/2016 Liceo Egara Factura num 25			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	615kWh	0,156619€/kWh	96,32 €
Facturació consum període P2	3814kWh	0,126726€/kWh	483,33 €
Facturació consum període P3	347kWh	0,091310€/kWh	31,68 €
Descompte Territorial 24%			146,72 €
Potència 62kW			430,55 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			45,77 €
Lloguer d'equips			30,43 €
IMPORT TOTAL			**971,37 €**
IVA		21%	203,99 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.175,35 €**

Taula 29. *Factura núm. 25 de l'escola Liceo Egara: 30/11/2016 – 31/12/2016*

FACTURA 31/12/2016-31/01/2017 Liceo Egara Factura num 26			
Energia	**Càlculs**		**Cost**
Facturació consum període P1	774kWh	0,156702€/kWh	121,29 €
Facturació consum període P2	5699kWh	0,126841€/kWh	722,87 €
Facturació consum període P3	382kWh	0,091420€/kWh	34,92 €
Descompte Territorial 24%			210,98 €
Potència 62kW			431,73 €
Energia reactiva			0,00 €
Impost sobre electricitat			56,23 €
Lloguer d'equips			30,51 €
IMPORT TOTAL			**1.186,57 €**
IVA		21%	249,18 €
TOTAL IMPORT FACTURA			**1.435,75 €**

Taula 30. *Factura núm. 26 de l'escola Liceo Egara: 31/12/2016 – 31/01/2017*

A partir de la informació continguda en les taules presentades prèviament es realitzen els càlculs necessaris per determinar l'energia requerida per la instal·lació minieòlica.

Primerament s'estableix el cost mitjà mensual presentat per l'escola *Liceo Egara*.

$$Cost\ Mitjà_{\,(Mensual)} = \frac{30.994{,}73\ €}{26\ mesos} = \mathbf{1.192{,}11\ €/mes}$$

Seguidament, desglossant cada part de la factura, es calcula el cost mitjà mensual corresponent a l'energia consumida.

$$Cost\ Mitjà\ d'Energia\ Consumida_{\,(Mensual)} = \frac{16.575{,}74\ €}{26\ mesos} = \mathbf{637{,}53\ €/mes}$$

Aquest valor és el més útil en tant que, és l'únic a ser considerat en els càlculs posteriors del treball.

Per una altra part, s'estableixen els costos referents a les parts restants de la factura.

$$Cost\ Mitjà\ de\ Potència\ Contractada_{\,(Mensual)} = \frac{11.030{,}03\ €}{26\ mesos} = \mathbf{424{,}23\ €/mes}$$

$$Cost\ Mitjà\ d'Altres_{\,(Mensual)} = \frac{3.388{,}96\ €}{26\ mesos} = \mathbf{130{,}34\ €/mes}$$

El gràfic presentat a continuació mostra l'evolució del preu relatiu a les tres parts principals que formen la facturació d'electricitat sobre el període temporal analitzat.

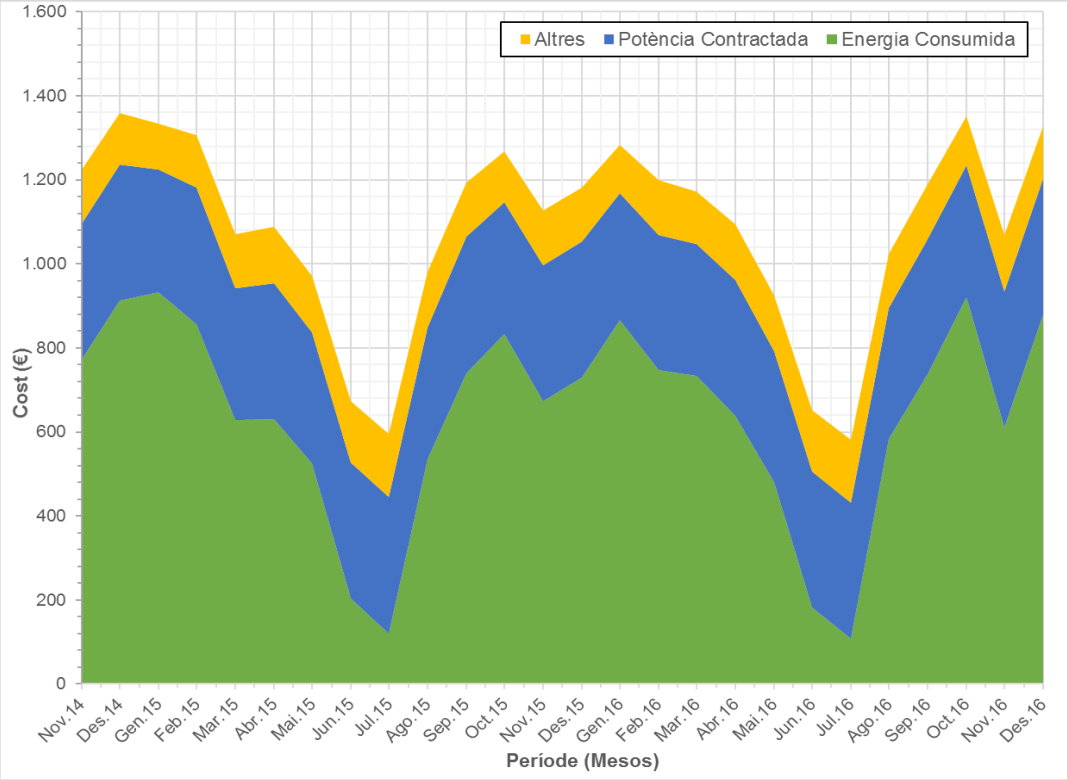


Figura 4. *Evolució de les diferents parts de la facturació elèctrica en el centre Liceo Egara*

Amb la finalitat de proporcionar la informació de manera més entenedora es realitza la representació gràfica següent, la qual mostra els valors mitjans de les diferents parts que formen la factura elèctrica.

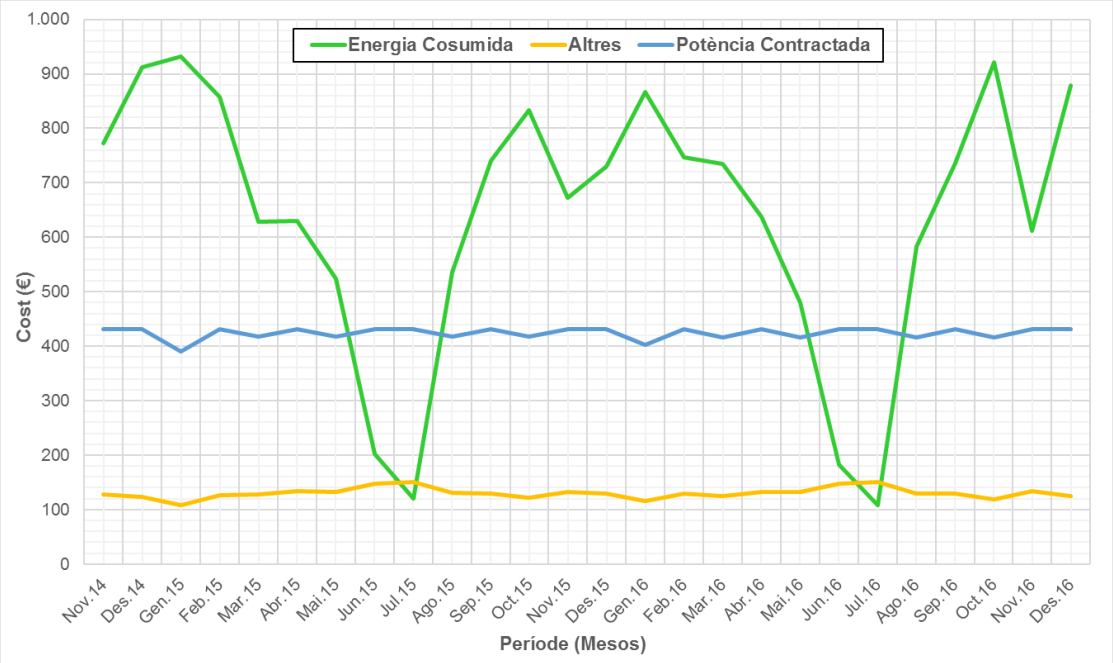


Figura 5. *Gràfic dels valors mitjans de les diferents parts de la facturació elèctrica de l'escola Liceo Egara*

Dels gràfics presentats, el més important és el relatiu als costos del consum d'energia, ja que és on l'aerogenerador intervé aportant un estalvi econòmic derivat de l'energia proporcionada per aquest. Aquella energia proporcionada per la turbina minieòlica serà suprimida en la facturació disminuint els costos en aquesta part.

Per una altra part, l'estudi de les factures es centra en la extracció de les dades referents als consums energètics. Seguidament es mostren els càlculs sobre el consum energètic mitjà mensual present al centre educatiu analitzat, així com la demanda energètica d'aquest.

$$Consum\ Mitjà_{\,(Mensual)} = \frac{126.112\ kWh}{26\ mesos} = \mathbf{4.850\ kWh/mes}$$

$$Consum\ Mitjà_{\,(Anual)} = \frac{126.112\ kWh}{26\ mesos}\, x\, \frac{12\ mesos}{1\ any} = \mathbf{58.201\ kWh/any}$$

El gràfic adjuntat a continuació representa de forma visual la demanda de l'escola durant un període de dos anys (2015 – 2016). Addicionalment inclou el consum mitjà calculat anteriorment.

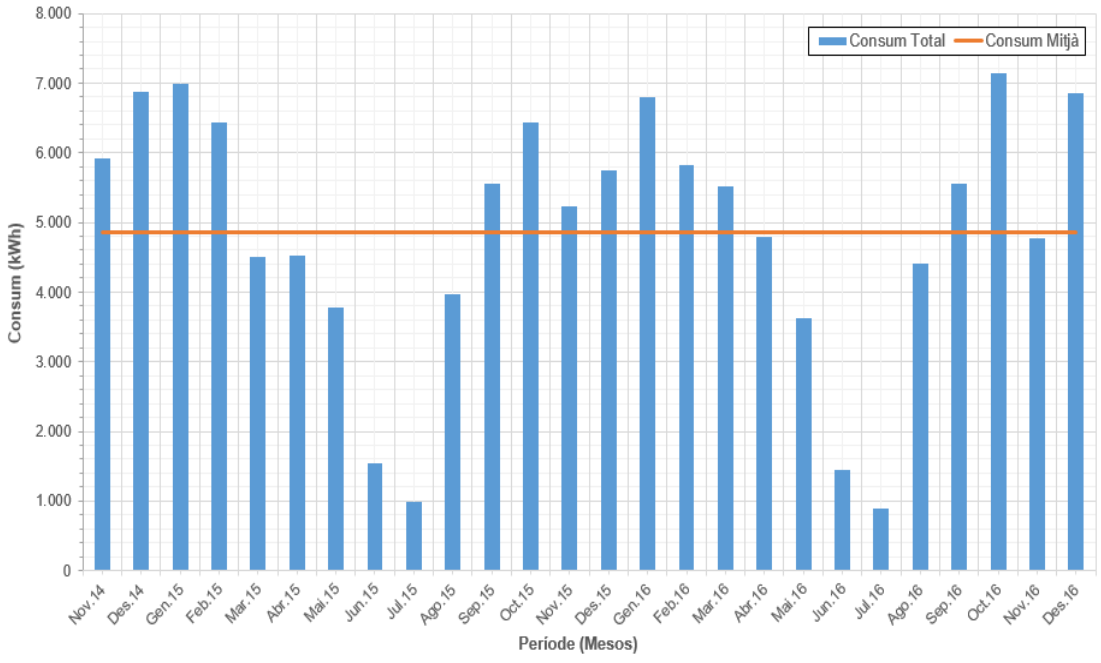


Figura 6. *Consum mensuals del centre Liceo Egara (2015-2016) amb la mitjana corresponent*

Amb les dades contingudes en les factures proporcionades pel centre *Liceo Egara* s'estableix el consum elèctric considerant els diferents períodes tarifaris existents. D'aquesta manera s'observa quines són les parts del dia on la demanda és major i menor. Aquestes dades són importants per l'anàlisi realitzat sobre la contractació de potència.

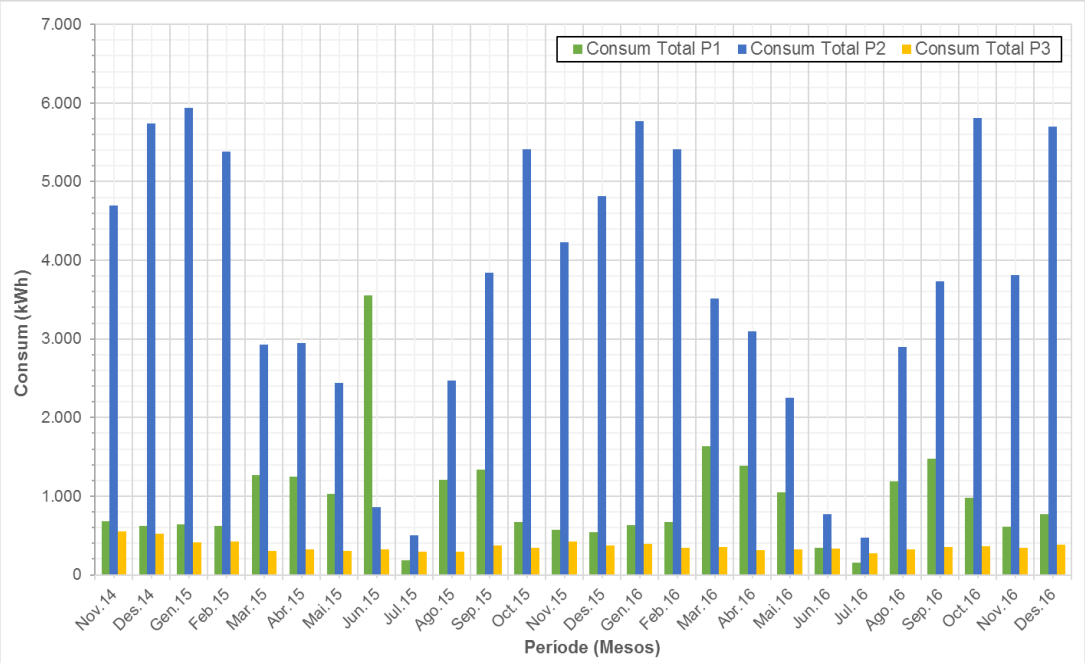


Figura 7. *Demanda energètica del centre Liceo Egara segons el període tarifari*

Annex IV. Ampliació de l'Apartat sobre el Recurs Eòlic

Es pot establir que el vent es produeix per dues causes principals: el gradient bàric o de pressió i el gradient tèrmic o de temperatura, essent ambdós relacionats entre sí. Addicionalment, és necessari tenir en compte que el moviment de l'aire en les proximitats de la superfície terrestre està controlat per quatre factors: la força del gradient de pressió, la força de Coriolis, l'acceleració centrípeta i la força de fregament. D'aquests, la força de Coriolis i l'acceleració centrípeta, són en rigor, forces fictícies, però convé atribuir a les esmentades certs efectes sobre el moviment de l'aire en les proximitats de la Terra.

1. Forces del Gradient de Pressió

El gradient de pressió, provocat per la diferència de pressió entre dos punts, genera una força que a la seva vegada ocasiona el moviment de l'aire i el desplaça des de zones d'altes pressions (anticiclons) a zones de baixes pressions (depressions). Donat que aquestes forces són directament proporcionals al gradient de pressió, a major proximitat entre les isòbares (línies mesurades en bars que uneixen els punts d'igual pressió atmosfèrica en un mapa), més intens és el gradient de pressió i major velocitat experimenta el vent.

Aquesta diferència de pressió pot ser provocada per causes mecàniques o tèrmiques, aquesta última causa ha sigut esmentada anteriorment. Tenint en compte aquest aspecte, es pot comparar l'atmosfera amb una màquina tèrmica on la diferència constant de temperatura existent entre els pols i l'Equador proporciona l'energia necessària per a la circulació atmosfèrica.

Seguint aquesta línia de conceptes, s'observa que l'aire, quan s'escalfa, varia la seva densitat i, per tant, la seva pressió atmosfèrica. Les diferències baromètriques posen en moviment les masses d'aire, les quals entren en una constant cerca d'equilibri bàric. Conseqüentment, es pot afirmar que la transformació d'energia calorífica en energia cinètica pot implicar un ascens o descens de l'aire, però els moviments verticals, tal com s'ha mencionat anteriorment, són menys evidents que els horitzontals, els quals poden abastir amplies zones i persistir durant períodes de temps diversos.

$$F_{GP} = -\left(\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{\Delta P}{\Delta n}\right)$$

On Δn és la distància entre observatoris.

La força del gradient de pressió, tal com s'observa a la formula anterior és inversament proporcional a la densitat de l'aire i aquesta relació és especialment important per entendre el comportament dels vents en alçada.

1.1. Força – Acceleració de Coriolis

Coriolis fou un matemàtic francès (1795 – 1843) el qual va observar que un objecte de massa *m* que es desplaça amb una velocitat angular constant *ω*, experimenta una velocitat tangencial, perpendicular al desplaçament de l'objecte, definida de la manera següent.

$$v_t = \omega R$$

Mitjançant l'anàlisi de l'equació superior es dedueix que aquesta velocitat tangencial augmenta en la mesura que ho fa la distància a la que es troba l'objecte respecte del centre de rotació. Per tant, si l'objecte es va allunyant gradualment del centre, la variació de la seva velocitat comportarà una acceleració, que a la seva vegada és deguda a l'existència d'una força sobre la massa de l'objecte. Aquestes són respectivament l'acceleració i la força de Coriolis.

El resultat que provoca aquesta força-acceleració sobre l'objecte és una desviació del seu recorregut que dóna lloc a una trajectòria corba.

D'aquesta manera, el moviment de rotació de la Terra produeix l'efecte Coriolis, el qual es relaciona amb la força que provoca una curvatura del flux d'aire. La formula per la qual queda definit aquest concepte és la següent:

$$f_{Coriolis} = -2 \cdot \Omega \cdot \sin\varphi \cdot v$$

On Ω és la velocitat angular de la Terra, *v* velocitat del vent i φ és la latitud.

Aquest efecte es produeix com a conseqüència del moviment de les masses d'aire sobre la superfície terrestre, les quals generalment estan referenciades a un sistema de coordenades mòbil.

Així doncs, degut a la rotació de la Terra, qualsevol moviment de l'aire produït en l'hemisferi nord del planeta a latituds superiors a 5º és desviat cap a la dreta i qualsevol moviment produït en l'hemisferi sud del planeta a latituds superiors a 5º és desviat cap a l'esquerra. Per contra, a zones properes a l'Equador aquesta força no experimenta cap influència sobre la direcció del vent.

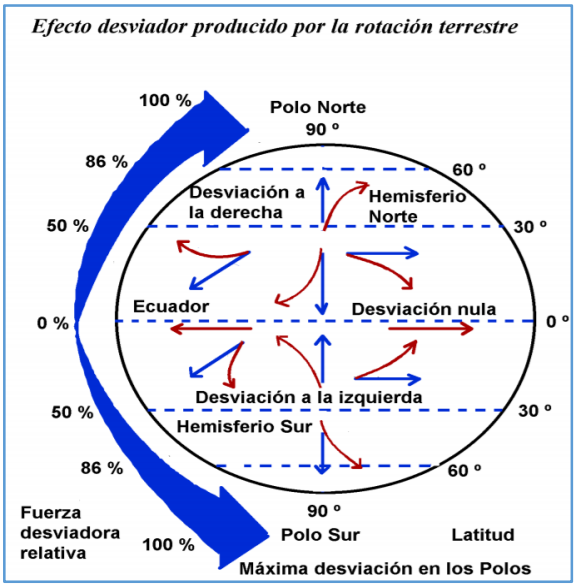


Figura 8. *Esquema de l'efecte de Coriolis en la circulació planetària*

1.2. Força – Acceleració Centrípeta

Qualsevol moviment sobre una trajectòria curvilínia representa un moviment accelerat, i per tant requereix una força dirigida cap al centre de la curvatura. La força centrípeta queda definida mitjançant l'expressió matemàtica següent.

$$f_{Centrípeta} = m\frac{v^2}{R}$$

Perquè un cos segueixi una trajectòria corba és necessari que existeixi aquesta acceleració cap al centre de rotació.

En general, l'acceleració centrípeta és mínima i només adquireix importància en el cas de vents que es mouen seguint una trajectòria molt corbada a grans velocitats, és a dir en les proximitats de les baixes pressions molt intenses.

1.3. Potència del Vent

La potència del vent és una funció de la densitat de l'aire (ρ), de l'àrea que intercepta el vent (A) i de la velocitat instantània d'aquest (v). L'increment de qualsevol d'aquests factors augmenta la potència disponible en el vent.

$$P = \frac{1}{2}\rho A v^3$$

A continuació s'incideix en cadascun d'aquests factors amb l'objectiu de determinar quin és l'efecte que provoquen sobre l'equació de potencia definida.

1.3.1. Densitat

La densitat de l'aire varia amb la temperatura i l'alçada, aquesta última relacionada directament amb el concepte de pressió.

D'aquesta manera, l'aire calent és menys dens que el fred donat que l'espai entre les molècules d'aquest és major a altes temperatures així com la seva agitació. Partint d'aquesta premissa, qualsevol turbina eòlica produirà menys energia a l'estiu que a l'hivern considerant que la velocitat del vent en ambdós casos és la mateixa.

1.3.2. Velocitat

La potència del vent varia amb el cub de la velocitat, tal com s'ha especificat anteriorment. Un petit increment en la velocitat del vent modifica substancialment la potència d'aquest. És per aquest motiu que el factor velocitat és de vital importància alhora d'instal·lar un aerogenerador.

Per exemple, si es comparen dos indrets diferents, el primer dotat d'un vent amb una velocitat de 10 m/s i el segon dotat d'una velocitat de 12 m/s, es pot observar que la velocitat del vent en aquest últim indret és únicament un 20% major que la velocitat del primer indret, per tant la variació es pot considerar mínima. Tot i això, si seguidament es comparen les potencies del vent en ambdós indrets, s'arriba a la conclusió que la potència del vent del segon indret és un 73% major que la potència del vent del primer indret. Per poder afirmar aquesta sentència s'ha realitzat la següent deducció.

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3 \quad \rightarrow \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{12}{10}\right)^3 \quad \rightarrow \quad \boxed{P_2 = 1{,}73P_1}$$

$$\frac{10}{100} = \frac{12-10}{X} \quad \rightarrow \quad \boxed{X = 20\%} \qquad \frac{P_1}{100} = \frac{P_1 - 1{,}73P_1}{Y} \quad \rightarrow \quad \boxed{Y = 73\%}$$

És necessari tenir en compte que la velocitat del vent no és constant en el temps sinó que varia i en conseqüència també ho fa la potència generada pel vent.

1.3.3. Àrea

L'àrea interceptada pel vent, la qual coincideix amb l'àrea escombrada pel rotor de la turbina d'un aerogenerador és l'últim factor a tenir en compte en relació amb la potència del vent.

Es considera, per exemple, una turbina eòlica convencional el rotor de la qual gira al voltant d'un eix horitzontal escombrant un disc d'àrea circular.

$$A = \pi R^2$$

On *R* és el radi del rotor, aproximadament la longitud d'una aspa de l'aerogenerador.

La formula d'àrea definida coincideix amb l'àrea interceptada pel vent, aspecte comentat prèviament.

La relació entre el radi del rotor i la potència generada pel vent és fonamental per entendre el disseny d'una turbina, donat que coneixent això es pot determinar ràpidament la mida de qualsevol màquina eòlica per les dimensions del seu rotor.

Un increment relativament petit de la longitud de les aspes de la turbina d'un aerogenerador produeix un notable increment en l'àrea escombrada i de la mateixa manera afecta a la potència.

Seguint amb l'exemple anterior, es considera una primera turbina eòlica amb un rotor de 10 m de diàmetre i una segona turbina eòlica amb un rotor de 12 m de diàmetre. Amb aquest increment del 20% en la longitud de les aspes de la turbina, l'àrea de captura augmenta en un 44%. A continuació es mostra la línia de deducció seguida per realitzar aquesta afirmació:

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 \quad \rightarrow \quad \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{12}{10}\right)^2 \quad \rightarrow \quad \boxed{A_2 = 1{,}44A_1}$$

$$\frac{10}{100} = \frac{12-10}{X} \quad \rightarrow \quad \boxed{X = 20\%} \qquad \frac{A_1}{100} = \frac{A_1 - 1{,}44A_1}{Y} \quad \rightarrow \quad \boxed{Y = 44\%}$$

És pot concloure sense donar marge a error que, una turbina eòlica amb un rotor més gran generarà més electricitat que una altra turbina amb un rotor de mides més reduïdes, sense tenir en compte la potència de l'aerogenerador.

2. Tractament de les Dades del Vent

La necessitat d'optimitzar el rendiment dels aerogeneradors i reduir el cost associat a la generació d'energia condueix directament a determinar el tipus de distribució que segueix el vent.

Mesurant les velocitats del vent durant el període d'un any en una zona determinada s'observa que el vent experimenta altes velocitats en comptades ocasions mentre que els vents moderats són bastant més comuns.

Les característiques tan disperses i aleatòries que presenta l'energia eòlica condueixen necessàriament a l'ús de l'estadística com a eina de càlcul, la qual finalment permet determinar si un emplaçament és adequat o no per situar un aerogenerador. D'aquesta manera es recorre a la representació de la velocitat del vent com una variable aleatòria. Això permet analitzar si les probabilitats d'ocurrència es poden ajustar a algun tipus de distribució continua, permetent trobar una expressió matemàtica per calcular l'energia eòlica en funció del temps.

Generalment, les distribucions més utilitzades en el camp de l'energia eòlica són la funció de Weibull i un cas particular d'aquesta anomenada funció de Rayleigh. La funció de Weibull, per la seva part, és més versàtil, mentre que la funció de Rayleigh és més simple.

Per obtenir resultats més exactes d'aquests mètodes estadístics es precisen dades de velocitats enregistrades durant 25 anys o més, però per tenir una aproximació és suficient amb contrastar les dades presses al llarg d'una any.

2.1.1. Distribució de la Velocitat: Corba de Weibull

Com s'ha esmentat anteriorment, un dels paràmetres més importants que caracteritza el vent és la velocitat. L'energia cinètica del vent que arriba al rotor de l'aerogenerador és proporcional al quadrat de la seva velocitat. Alhora, la potència que pot absorbir l'artefacte queda definida en funció del cub d'aquesta velocitat. Per tant, és necessari conèixer la velocitat del vent present a l'emplaçament on serà col·locat l'aerogenerador.

La velocitat del vent per la seva part no és constant sinó què, presenta una variabilitat, i per tant, aquesta velocitat no es pot establir amb antelació. Partint d'aquesta sentència sorgeix la necessitat de definir un nou concepte, el perfil de distribució del vent, el qual es tracta d'un factor que pretén proporcionar informació sobre la probabilitat present en cada possible velocitat que pot adoptar el vent al passar per un determinat punt depenent de les condicions climàtiques, el paisatge i les característiques orogràfiques i superficials del terreny. Així doncs, dues zones amb una velocitat mitjana anual idèntica poden presentar diferències rellevants en quant a producció energètica a causa dels diferents perfils de distribució de velocitats que pot posseir cadascuna.

És per aquest motiu que, per poder determinar el potencial eòlic disponible present en l'emplaçament on es troba situada l'escola Liceo Egara, és imprescindible l'ús de mètodes estadístics, els quals permetran establir la distribució de probabilitats de velocitats que pot assolir el vent en la zona esmentada.

Com s'ha comentat anteriorment, una de les eines matemàtiques i estadístiques més potents i utilitzades per determinar el potencial eòlic d'un emplaçament és la denominada **equació de Weibull**.

2.1.2. Distribució de Weibull

Determinar el potencial eòlic, està directament relacionat amb l'establiment dels paràmetres de l'equació de distribució de Weibull. Aquests són el paràmetre d'escala *c* (m/s), el qual fa referència a la velocitat mitjana del vent en el lloc d'estudi i el paràmetre de forma *k* (adimensional) que indica el grau de dispersió dels registres, mostres o mesures obtingudes.

Amb la conjunció d'ambdós paràmetres s'estableix la freqüència amb la qual es manifesta una determinada velocitat del vent, i aquesta expressió és coneguda com a distribució de la velocitat del vent de Weibull (funció de densitat de probabilitat):

$$P(v;c,k) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{\left(-\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}\right)}$$

Seguidament, es pot determinar la probabilitat de que la velocitat del vent no superi un valor *x*, i aquesta queda determinada per l'expressió de la distribució acumulativa:

$$Distribució\ acumulativa = \int_0^v p(v)dv = \int_0^v \left(\left(\frac{k}{v}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}}\right)dv = 1 - e^{\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}}$$

En relació amb aquesta distribució es troba la distribució acumulativa complementària, la qual determina la probabilitat de que la velocitat superi el valor *x* establert prèviament:

$$Distribució\ acumulativa\ complemetària = 1 - \int_0^v p(v)dv =$$

$$= 1 - \int_0^v \left(\left(\frac{k}{v}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}}\right)dv = e^{\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}}$$

La velocitat mitjana del vent també es pot estimar mitjançant la següent expressió:

$$\bar{v} = \int_0^\infty f(v)dv = k\int_0^\infty \left(\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{\left(-\frac{v}{c}\right)^{k}}\right)dv$$

Tal com s'ha definit anteriorment, la velocitat més probable, és a dir la velocitat corresponent al pic de la corba de distribució, és 3,7 m/s i s'anomena valor modal de la distribució.

2.1.3. Aplicació del Mètode

Per poder dur a terme l'avaluació del potencial eòlic en qualsevol zona d'estudi, és imprescindible realitzar un registre de les velocitats dels vents presents en el lloc d'interès. Aquests registres es poden obtenir mitjançant la instal·lació d'una estació meteorològica en el punt d'estudi. No obstant, existeixen institucions que proporcionen aquestes dades sense necessitat d'una inversió econòmica destinada a la instal·lació i manteniment de les esmentades estacions.

En el cas particular de l'escola *Liceo Egara*, s'ha optat per l'ús de l'eina informàtica proporcionada per l'*IDAE (Institut per a la Diversificació i Estalvi de la Energia)*, anomenada *Atles Eòlic d'Espanya*.

L'atles eòlic consisteix en una aplicació online, a la qual s'accedeix a través de la pàgina web de l'*IDAE* (http://atlaseolico.idae.es) [16]. L'eina proporciona un mapa del recurs eòlic en Espanya amb la fiabilitat suficient per permetre una primera avaluació del potencial eòlic disponible en un determinat emplaçament.

2.1.4. Estudi del Vent en el Centre Educatiu *Liceo Egara*

Fent ús de l'aplicatiu informàtic *"Atles Eòlic d'Espanya"* definit en l'apartat anterior, es cerca el node d'estudi més proper al centre d'ensenyament *Liceo Egara.* La informació obtinguda en aquest punt d'estudi es resumeix en la taula següent.

Concepte	Valor
Coordenades UTM (m)	919149,4614166
Elevació (m)	309
Rugositat (m)	0,75
Weibull C (m/s)	5,09
Weibull K (m/s)	2,044

Taula 31. *Informació relativa al node d'estudi del vent localitzat en l'escola Liceo Egara [16]*

Les coordenades UTM indiquen la posició exacte on es troba situat el node, a partir del qual s'han extret les dades. L'elevació fa referència a l'alçada on se situa el node i per tant, d'on pertany la informació obtinguda.

La següent imatge és extreta de l'aplicatiu i mostra el punt escollit per ser avaluat.

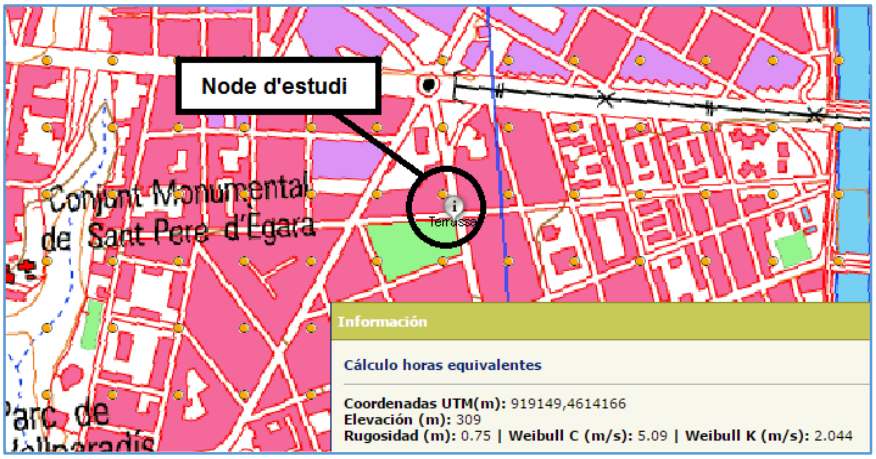


Figura 9. *Situació de l'escola Liceo Egara en l'eina digital i valors obtinguts pel node d'estudi [16]*

Seguidament, s'aplica la funció de Weibull en un full de càlcul, considerant els coeficients obtinguts anteriorment. Els resultats obtinguts es mostren en la taula adjuntada a continuació.

Velocitat (m/s)	Probabilitat (Weibull)	Freqüència Acumulada	Distribució Acumulativa	Distribució Acumulativa Complementària
0	0	0	0	1
1	0,07085086	0,07085086	0,330732675	0,669267325
2	0,130579075	0,201429935	0,552081247	0,447918753
3	0,164689993	0,366119928	0,700222614	0,299777386
4	0,169481799	0,535601727	0,799368791	0,200631209
5	0,150290368	0,685892095	0,865724087	0,134275913
6	0,117623092	0,803515187	0,910133519	0,089866481
7	0,082272377	0,885787564	0,939855301	0,060144699
8	0,051807579	0,937595143	0,959747118	0,040252882
9	0,029505602	0,967100744	0,973060061	0,026939939
10	0,015244231	0,982344975	0,981969979	0,018030021
11	0,007159806	0,989504781	0,987933096	0,012066904
12	0,003061475	0,992566256	0,991924016	0,008075984
13	0,00119304	0,993759296	0,994595008	0,005404992
14	0,000424045	0,99418334	0,996382615	0,003617385
15	0,000137547	0,994320887	0,997579003	0,002420997
16	4,0734E-05	0,994361621	0,998379705	0,001620295
17	1,10172E-05	0,994372638	0,99891559	0,00108441
18	2,72202E-06	0,99437536	0,99927424	0,00072576
19	6,14463E-07	0,994375975	0,999514272	0,000485728
20	1,26747E-07	0,994376101	0,999674918	0,000325082
21	2,38921E-08	0,994376125	0,999782433	0,000217567
22	4,11595E-09	0,994376129	0,99985439	0,00014561
23	6,48034E-10	0,99437613	0,999902548	9,74521E-05
24	9,32486E-11	0,99437613	0,999934778	6,52215E-05
25	1,22631E-11	0,99437613	0,999956349	4,36506E-05
26	1,47391E-12	0,99437613	0,999970786	2,92139E-05
27	1,61896E-13	0,99437613	0,999980448	1,95519E-05
28	1,62511E-14	0,99437613	0,999986915	1,30855E-05
29	1,49071E-15	0,99437613	0,999991242	8,75768E-06
30	1,24953E-16	0,99437613	0,999994139	5,86123E-06

Taula 32. *Dades necessàries per a la representació de la corba de Weibull*

Finalment, mitjançant les dades extretes de la taula anterior es determina la distribució probabilística de les velocitats corresponent a la corba de Weibull.

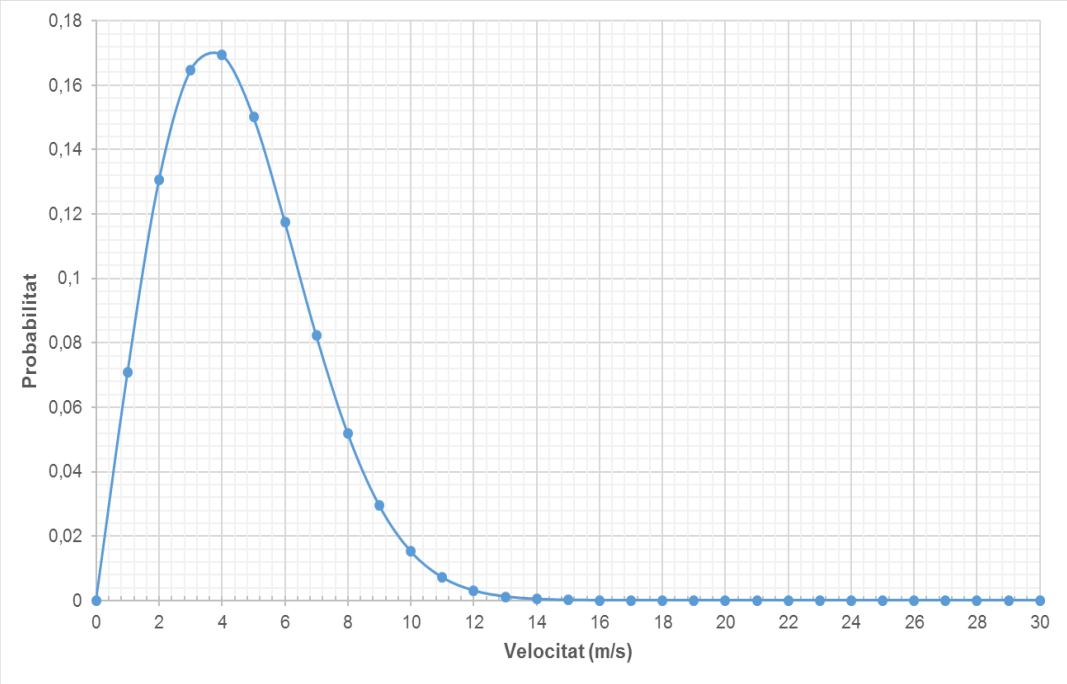


Figura 10. *Corba de Weibull corresponent al punt d'estudi situat a l'escola Liceo Egara*

Annex V. Càlculs i Comparació sobre la Generació Energètica dels Dispositius Analitzats

El present annex recull els càlculs, hipòtesis, decisions i comparacions relatives a la selecció de la turbina eòlica més adequada per a la seva instal·lació en el centre educatiu *Liceo Egara*.

1. Càlculs per a la Determinació de la Comparativa d'Aerogeneradors de Baixa Potència

A continuació es mostren un seguit de taules amb els valors necessaris per determinar les corbes de potència dels vint-i-sis mini-aerogeneradors analitzats, així com la representació gràfica d'aquestes.

	Potència Turbina (W)				
v (m/s)	ENAIR 30PRO	ENAIR 70PRO (5,5kW)	Skystream 3.7	ECO-2kW	WIND+ 25.2 (3kW)
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	28,77667	11,51067	0,00000	0,00000	0,00000
2	108,88184	43,55274	36,29395	72,58790	72,58790
3	186,74977	216,62973	112,04986	298,79963	224,09972
4	298,08537	463,68835	231,84418	529,92954	364,32656
5	388,82202	725,80110	362,90055	648,03670	440,66496
6	489,53620	852,15561	380,75038	652,71494	453,27426
7	502,35760	799,20527	342,51655	639,36422	422,43707
8	383,63965	637,23196	312,11362	546,19883	338,12308
9	245,24230	416,57596	228,44488	352,07387	241,88281
10	132,54017	233,52316	129,38445	176,40466	160,94164
11	60,72118	110,64749	60,72118	73,20276	85,00966
12	24,71438	44,69623	24,71438	26,94920	35,23114
13	9,06463	16,21354	8,97118	8,97118	12,52228
14	3,00091	5,35010	2,90997	2,72810	3,87996
15	0,89768	1,60237	0,86178	0,77201	1,09518
16	0,24279	0,43581	0,23308	0,19909	0,28892
17	0,05999	0,10768	0,05759	0,02399	0,07138
18	0,01354	0,02417	0,01300	0,00000	0,01625
19	0,00279	0,00496	0,00268	0,00000	0,00168
20	0,00053	0,00093	0,00051	0,00000	0,00000
21	0,00009	0,00008	0,00009	0,00000	0,00000
22	0,00001	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000
23	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
25	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
26	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
28	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
29	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
30	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Taula 33. *Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (I)*

	Potència Turbina (W)				
v (m/s)	WIND+ 25.3 (5kW)	WINDSPOT 1,5kW	WINDSPOT 3,5kW	WINDSPOT 7,5kW	Aeolos-H 1kW
0	0,00000	7,80696	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,00000	57,55335	28,77667	28,77667	11,51067
2	36,29395	206,87550	127,02882	108,88184	54,44092
3	224,09972	463,13943	280,12465	448,19945	130,72484
4	496,80895	669,03605	496,80895	993,61789	225,22006
5	725,80110	730,98540	648,03670	1.296,07340	295,50474
6	797,76270	674,47210	670,84591	1.450,47764	326,35747
7	730,70196	525,19204	605,11256	1.370,06618	303,69800
8	572,20829	343,97521	461,66806	1.040,37872	234,08521
9	379,62164	192,83435	302,35352	658,45877	152,52055
10	225,63386	95,46048	173,56451	366,06333	84,57325
11	124,14109	42,16749	87,70838	186,21163	38,32181
12	59,15677	16,80052	37,86033	81,50488	14,30279
13	22,52141	6,11162	13,92402	29,90394	4,70987
14	6,97180	2,03092	4,51651	9,69990	1,41861
15	1,88514	0,61940	1,31062	2,86361	0,38780
16	0,46616	0,17214	0,34719	0,76480	0,09857
17	0,11158	0,04313	0,08458	0,18716	0,01200
18	0,02573	0,00976	0,01882	0,04225	0,00000
19	0,00268	0,00201	0,00388	0,00874	0,00000
20	0,00000	0,00038	0,00037	0,00083	0,00000
21	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000
22	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
25	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
26	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
28	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
29	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
30	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Taula 34. *Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (II)*

	Potència Turbina (W)				
v (m/s)	Aeolos-H 2kW	Aeolos-H 3kW	Aeolos-H 5kW	Airforce 2.0L (1kW)	Airforce 4.1 (5kW)
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	20,14367	43,16501	28,77667	0,00000	28,77667
2	90,73487	163,32277	159,69337	7,25879	108,88184
3	216,62973	298,79963	470,60942	97,10988	224,09972
4	374,26274	480,24865	920,75258	245,09241	380,88686
5	500,28433	660,99743	1.240,60146	300,68903	531,39009
6	554,80770	707,10785	1.331,90109	273,77765	598,32202
7	527,47548	639,36422	1.189,67413	216,92715	593,69534
8	425,25480	507,18462	923,33611	146,30326	520,18936
9	281,52472	352,74577	621,63883	100,78451	376,26215
10	156,20806	198,81026	351,92571	59,64308	239,83460
11	73,54010	91,41912	173,39272	28,20162	126,83981
12	28,65817	36,67720	74,40607	12,09427	52,05796
13	9,25153	13,08298	27,84805	4,57904	18,03582
14	2,63716	4,36495	9,24521	1,51561	5,60775
15	0,71815	1,38243	2,72896	0,44794	1,59608
16	0,18452	0,40789	0,72110	0,12067	0,41712
17	0,02220	0,10678	0,17096	0,02963	0,09958
18	0,00000	0,02302	0,03643	0,00665	0,02200
19	0,00000	0,00391	0,00709	0,00136	0,00448
20	0,00000	0,00032	0,00065	0,00013	0,00042
21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
25	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
26	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
28	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
29	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
30	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Taula 35. *Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (III)*

	Potència Turbina (W)					
v (m/s)	**Windera S**	**Bornay 3kW**	**Bornay 6kW**	**HYE-1000**	**HYE-1500**	**HYE-3000**
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,00000	0,00000	43,16501	5,75533	5,75533	28,77667
2	0,00000	36,29395	272,20461	29,03516	29,03516	108,88184
3	149,39982	149,39982	821,69898	82,16990	82,16990	261,44968
4	397,44716	364,32656	1.424,18565	152,35474	178,85122	430,56775
5	596,19376	518,42936	1.710,81689	186,63457	248,84609	518,42936
6	779,63173	580,19105	1.713,37671	184,93590	250,20739	525,79814
7	776,37084	570,86091	1.432,86088	162,12450	216,92715	456,68873
8	585,21303	455,16569	1.027,37398	124,84545	162,55917	351,12782
9	369,54319	302,35352	631,58290	83,98709	103,47209	241,88281
10	197,23240	165,67521	331,35043	50,49149	59,64308	145,16304
11	87,03370	78,26286	154,50168	26,98719	31,37261	76,91350
12	32,86487	33,12779	64,15223	12,35719	14,59200	34,70531
13	10,84018	12,61573	23,54936	4,65380	5,93406	12,98953
14	1,66717	4,09214	7,39617	1,49742	2,09154	4,24370
15	0,00000	1,13108	2,07365	0,43987	0,64184	1,24778
16	0,00000	0,29864	0,55842	0,11800	0,17457	0,33263
17	0,00000	0,07498	0,14037	0,02891	0,04265	0,08038
18	0,00000	0,01720	0,03209	0,00325	0,00909	0,00894
19	0,00000	0,00360	0,00666	0,00000	0,00167	0,00000
20	0,00000	0,00034	0,00063	0,00000	0,00015	0,00000
21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
25	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
26	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
28	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
29	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
30	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Taula 36. *Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (IV)*

	Potència Turbina (W)				
v (m/s)	EXCEL 6kW	EXCEL 10kW	R9000 (5kW)	Aeolos-V 3kW	Aeolos-V 5kW
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	28,77667	28,77667	0,00000	11,51067	11,51067
2	137,91700	108,88184	36,29395	43,55274	217,76369
3	380,96953	448,19945	224,09972	112,04986	485,54940
4	708,78076	993,61789	629,29133	198,72358	662,41193
5	985,01578	1.399,75927	985,01578	285,13615	777,64404
6	1.087,85823	1.523,00152	1.160,38211	308,22650	797,76270
7	1.004,71520	1.438,56949	1.096,05294	296,84767	764,95362
8	806,29351	1.144,41659	819,29824	260,09468	656,73907
9	550,95530	806,27605	517,36046	194,85004	470,32769
10	318,72755	504,91494	277,70322	127,80659	271,39178
11	156,74162	269,87193	129,53853	71,51606	129,53853
12	65,28804	120,94273	52,58380	33,91655	53,63547
13	24,13061	45,60351	18,59652	13,17643	19,53101
14	8,00605	15,09546	5,97150	4,24370	3,18278
15	2,37958	4,49740	1,79537	1,19392	0,00000
16	0,64117	1,21882	0,49287	0,15539	0,00000
17	0,15697	0,30054	0,12057	0,00000	0,00000
18	0,01771	0,06689	0,01354	0,00000	0,00000
19	0,00000	0,01352	0,00000	0,00000	0,00000
20	0,00000	0,00126	0,00000	0,00000	0,00000
21	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
25	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
26	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
28	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
29	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
30	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Taula 37. *Dades per a la realització de les corbes de potència del diferents models de mini-aerogeneradors analitzats (V)*

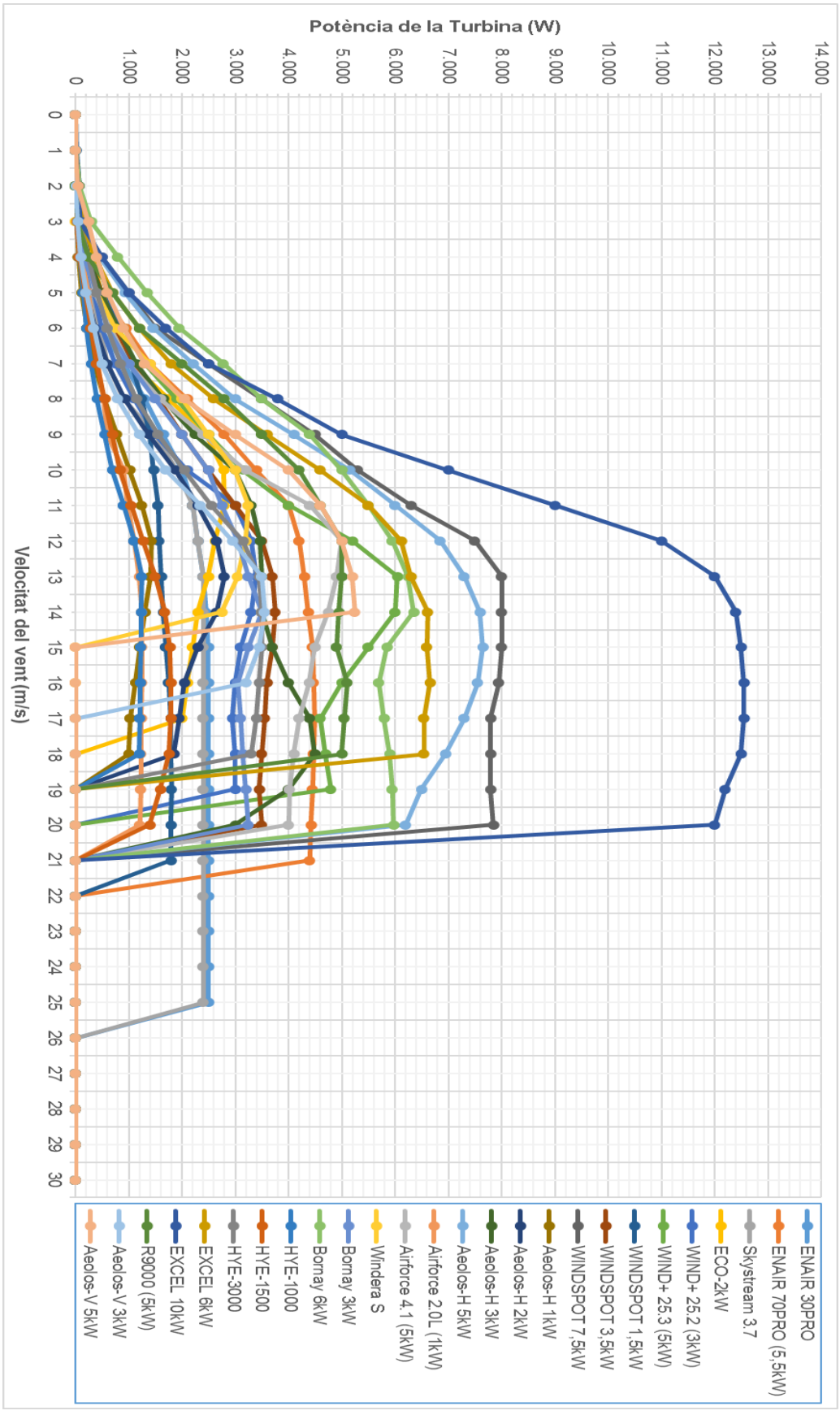


Figura 11. *Corbes de potència dels diversos models de mini-aerogeneradors analitzats*

Seguidament, amb l'establiment de les taules següents, relatives als cinc models finals de mini-aerogeneradors escollits, es pretén mostrar el procés utilitzat per obtenir l'energia aproximada de cada dispositiu.

ECO - 2kW				
Rang de Velocitats del Vent (m/s)	**Freqüència**	**Temps anual (h)**	**Potencia Mitjana per Interval (W)**	**Energia Generada (Wh)**
0 - 1	0,07085086	621,044629	0	0,0000
1 - 2	0,13057908	1.144,59350	0	0,0000
2 - 3	0,16468999	1.443,59343	50	72.587,8962
3 - 4	0,1694818	1.485,59610	200	298.799,6305
4 - 5	0,15029037	1.317,37322	400	529.929,5437
5 - 6	0,11762309	1.031,02756	625	648.036,7006
6 - 7	0,08227238	721,160169	900	652.714,9361
7 - 8	0,05180758	454,120369	1.400	639.364,2176
8 - 9	0,0295056	258,631941	2.100	546.198,8268
9 - 10	0,01524423	133,623609	2.620	352.073,8736
10 - 11	0,00715981	62,7594203	2.795	176.404,6566
11 - 12	0,00306148	26,8354206	2.713	73.202,7612
12 - 13	0,00119304	10,4576144	2.563	26.949,1956
13 - 14	0,00042404	3,71697101	2.400	8.971,1832
14 - 15	0,00013755	1,20566826	2.250	2.728,0960
15 - 16	4,0734E-05	0,3570544	2.150	772,0086
16 - 17	1,1017E-05	0,09657109	2.050	199,0904
17 - 18	2,722E-06	0,02385989	1.000	23,9948
18 - 19	6,1446E-07	0,00538609	0	0,0000
19 - 20	1,2675E-07	0,001111	0	0,0000
20 - 21	2,3892E-08	0,00020943	0	0,0000
21 - 22	4,116E-09	3,6078E-05	0	0,0000
22 - 23	6,4803E-10	5,6804E-06	0	0,0000
23 - 24	9,3249E-11	8,1737E-07	0	0,0000
24 - 25	1,2263E-11	1,0749E-07	0	0,0000
25 - 26	1,4739E-12	1,292E-08	0	0,0000
26 - 27	1,6187E-13	1,4188E-09	0	0,0000
27 - 28	1,6209E-14	1,4188E-10	0	0,0000
28 - 29	1,4433E-15	0	0	0,0000
29 - 30	0	0	0	0,0000
TOTAL (kWh)				**4.028,9566**

Taula 38. *Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model ECO – 2kW*

Aeolos - H 3kW				
Rang de Velocitats del Vent (m/s)	**Freqüència**	**Temps anual (h)**	**Potencia Mitjana per Interval (W)**	**Energia Generada (Wh)**
0 - 1	0,07085086	621,044629	0	0,0000
1 - 2	0,13057908	1.144,59350	38	43.165,0106
2 - 3	0,16468999	1.443,59343	113	163.322,7664
3 - 4	0,1694818	1.485,59610	200	298.799,6305
4 - 5	0,15029037	1.317,37322	363	480.248,6490
5 - 6	0,11762309	1.031,02756	638	660.997,4347
6 - 7	0,08227238	721,160169	975	707.107,8475
7 - 8	0,05180758	454,120369	1.400	639.364,2176
8 - 9	0,0295056	258,631941	1.950	507.184,6249
9 - 10	0,01524423	133,623609	2.625	352.745,7703
10 - 11	0,00715981	62,7594203	3.150	198.810,2569
11 - 12	0,00306148	26,8354206	3.388	91.419,1166
12 - 13	0,00119304	10,4576144	3.488	36.677,1979
13 - 14	0,00042404	3,71697101	3.500	13.082,9755
14 - 15	0,00013755	1,20566826	3.600	4.364,9537
15 - 16	4,0734E-05	0,3570544	3.850	1.382,4341
16 - 17	1,1017E-05	0,09657109	4.200	407,8925
17 - 18	2,722E-06	0,02385989	4.450	106,7770
18 - 19	6,1446E-07	0,00538609	4.250	23,0203
19 - 20	1,2675E-07	0,001111	3.500	3,9105
20 - 21	2,3892E-08	0,00020943	1.500	0,3159
21 - 22	4,116E-09	3,6078E-05	0	0,0000
22 - 23	6,4803E-10	5,6804E-06	0	0,0000
23 - 24	9,3249E-11	8,1737E-07	0	0,0000
24 - 25	1,2263E-11	1,0749E-07	0	0,0000
25 - 26	1,4739E-12	1,292E-08	0	0,0000
26 - 27	1,6187E-13	1,4188E-09	0	0,0000
27 - 28	1,6209E-14	1,4188E-10	0	0,0000
28 - 29	1,4433E-15	0	0	0,0000
29 - 30	0	0	0	0,0000
TOTAL (kWh)				**4.199,2148**

Taula 39. *Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 3kW*

Aeolos - H 5kW				
Rang de Velocitats del Vent (m/s)	**Freqüència**	**Temps anual (h)**	**Potencia Mitjana per Interval (W)**	**Energia Generada (Wh)**
0 - 1	0,07085086	621,044629	0	0,0000
1 - 2	0,13057908	1.144,59350	25	28.776,6737
2 - 3	0,16468999	1.443,59343	110	159.693,3716
3 - 4	0,1694818	1.485,59610	315	470.609,4180
4 - 5	0,15029037	1.317,37322	695	920.752,5822
5 - 6	0,11762309	1.031,02756	1.197	1.240.601,4597
6 - 7	0,08227238	721,160169	1.837	1.331.901,0891
7 - 8	0,05180758	454,120369	2.605	1.189.674,1334
8 - 9	0,0295056	258,631941	3.550	923.336,1119
9 - 10	0,01524423	133,623609	4.626	621.638,8318
10 - 11	0,00715981	62,7594203	5.576	351.925,7120
11 - 12	0,00306148	26,8354206	6.425	173.392,7156
12 - 13	0,00119304	10,4576144	7.075	74.406,0718
13 - 14	0,00042404	3,71697101	7.450	27.848,0479
14 - 15	0,00013755	1,20566826	7.625	9.245,2144
15 - 16	4,0734E-05	0,3570544	7.600	2.728,9607
16 - 17	1,1017E-05	0,09657109	7.425	721,0957
17 - 18	2,722E-06	0,02385989	7.125	170,9632
18 - 19	6,1446E-07	0,00538609	6.725	36,4263
19 - 20	1,2675E-07	0,001111	6.350	7,0948
20 - 21	2,3892E-08	0,00020943	3.100	0,6529
21 - 22	4,116E-09	3,6078E-05	0	0,0000
22 - 23	6,4803E-10	5,6804E-06	0	0,0000
23 - 24	9,3249E-11	8,1737E-07	0	0,0000
24 - 25	1,2263E-11	1,0749E-07	0	0,0000
25 - 26	1,4739E-12	1,292E-08	0	0,0000
26 - 27	1,6187E-13	1,4188E-09	0	0,0000
27 - 28	1,6209E-14	1,4188E-10	0	0,0000
28 - 29	1,4433E-15	0	0	0,0000
29 - 30	0	0	0	0,0000
TOTAL (kWh)				**7.527,4667**

Taula 40. *Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Aeolos – H 5kW*

Bornay 6kW				
Rang de Velocitats del Vent (m/s)	**Freqüència**	**Temps anual (h)**	**Potencia Mitjana per Interval (W)**	**Energia Generada (Wh)**
0 - 1	0,07085086	621,044629	0	0,0000
1 - 2	0,13057908	1.144,59350	38	43.165,0106
2 - 3	0,16468999	1.443,59343	188	272.204,6106
3 - 4	0,1694818	1.485,59610	550	821.698,9838
4 - 5	0,15029037	1.317,37322	1.075	1.424.185,6487
5 - 6	0,11762309	1.031,02756	1.650	1.710.816,8897
6 - 7	0,08227238	721,160169	2.363	1.713.376,7074
7 - 8	0,05180758	454,120369	3.138	1.432.860,8804
8 - 9	0,0295056	258,631941	3.950	1.027.373,9837
9 - 10	0,01524423	133,623609	4.700	631.582,9030
10 - 11	0,00715981	62,7594203	5.250	331.350,4282
11 - 12	0,00306148	26,8354206	5.725	154.501,6804
12 - 13	0,00119304	10,4576144	6.100	64.152,2315
13 - 14	0,00042404	3,71697101	6.300	23.549,3559
14 - 15	0,00013755	1,20566826	6.100	7.396,1715
15 - 16	4,0734E-05	0,3570544	5.775	2.073,6511
16 - 17	1,1017E-05	0,09657109	5.750	558,4243
17 - 18	2,722E-06	0,02385989	5.850	140,3698
18 - 19	6,1446E-07	0,00538609	5.925	32,0931
19 - 20	1,2675E-07	0,001111	5.963	6,6618
20 - 21	2,3892E-08	0,00020943	2.988	0,6292
21 - 22	4,116E-09	3,6078E-05	0	0,0000
22 - 23	6,4803E-10	5,6804E-06	0	0,0000
23 - 24	9,3249E-11	8,1737E-07	0	0,0000
24 - 25	1,2263E-11	1,0749E-07	0	0,0000
25 - 26	1,4739E-12	1,292E-08	0	0,0000
26 - 27	1,6187E-13	1,4188E-09	0	0,0000
27 - 28	1,6209E-14	1,4188E-10	0	0,0000
28 - 29	1,4433E-15	0	0	0,0000
29 - 30	0	0	0	0,0000
TOTAL (kWh)				**9.661,0273**

Taula 41. *Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model Bornay 6kW*

HYE - 3000				
Rang de Velocitats del Vent (m/s)	**Freqüència**	**Temps anual (h)**	**Potencia Mitjana per Interval (W)**	**Energia Generada (Wh)**
0 - 1	0,07085086	621,044629	0	0,0000
1 - 2	0,13057908	1.144,59350	25	28.776,6737
2 - 3	0,16468999	1.443,59343	75	108.881,8443
3 - 4	0,1694818	1.485,59610	175	261.449,6767
4 - 5	0,15029037	1.317,37322	325	430.567,7543
5 - 6	0,11762309	1.031,02756	500	518.429,3605
6 - 7	0,08227238	721,160169	725	525.798,1430
7 - 8	0,05180758	454,120369	1.000	456.688,7268
8 - 9	0,0295056	258,631941	1.350	351.127,8172
9 - 10	0,01524423	133,623609	1.800	241.882,8139
10 - 11	0,00715981	62,7594203	2.300	145.163,0448
11 - 12	0,00306148	26,8354206	2.850	76.913,5003
12 - 13	0,00119304	10,4576144	3.300	34.705,3056
13 - 14	0,00042404	3,71697101	3.475	12.989,5257
14 - 15	0,00013755	1,20566826	3.500	4.243,7050
15 - 16	4,0734E-05	0,3570544	3.475	1.247,7814
16 - 17	1,1017E-05	0,09657109	3.425	332,6266
17 - 18	2,722E-06	0,02385989	3.350	80,3827
18 - 19	6,1446E-07	0,00538609	1.650	8,9373
19 - 20	1,2675E-07	0,001111	0	0,0000
20 - 21	2,3892E-08	0,00020943	0	0,0000
21 - 22	4,116E-09	3,6078E-05	0	0,0000
22 - 23	6,4803E-10	5,6804E-06	0	0,0000
23 - 24	9,3249E-11	8,1737E-07	0	0,0000
24 - 25	1,2263E-11	1,0749E-07	0	0,0000
25 - 26	1,4739E-12	1,292E-08	0	0,0000
26 - 27	1,6187E-13	1,4188E-09	0	0,0000
27 - 28	1,6209E-14	1,4188E-10	0	0,0000
28 - 29	1,4433E-15	0	0	0,0000
29 - 30	0	0	0	0,0000
TOTAL (kWh)				**3.199,2876**

Taula 42. *Càlculs per a la determinació de l'energia generada pel model HYE – 3000*

A continuació es mostra un gràfic el qual conté les corbes representatives de l'energia generada en funció de la velocitat del vent present de tots els models inclosos en l'estudi dut a terme.

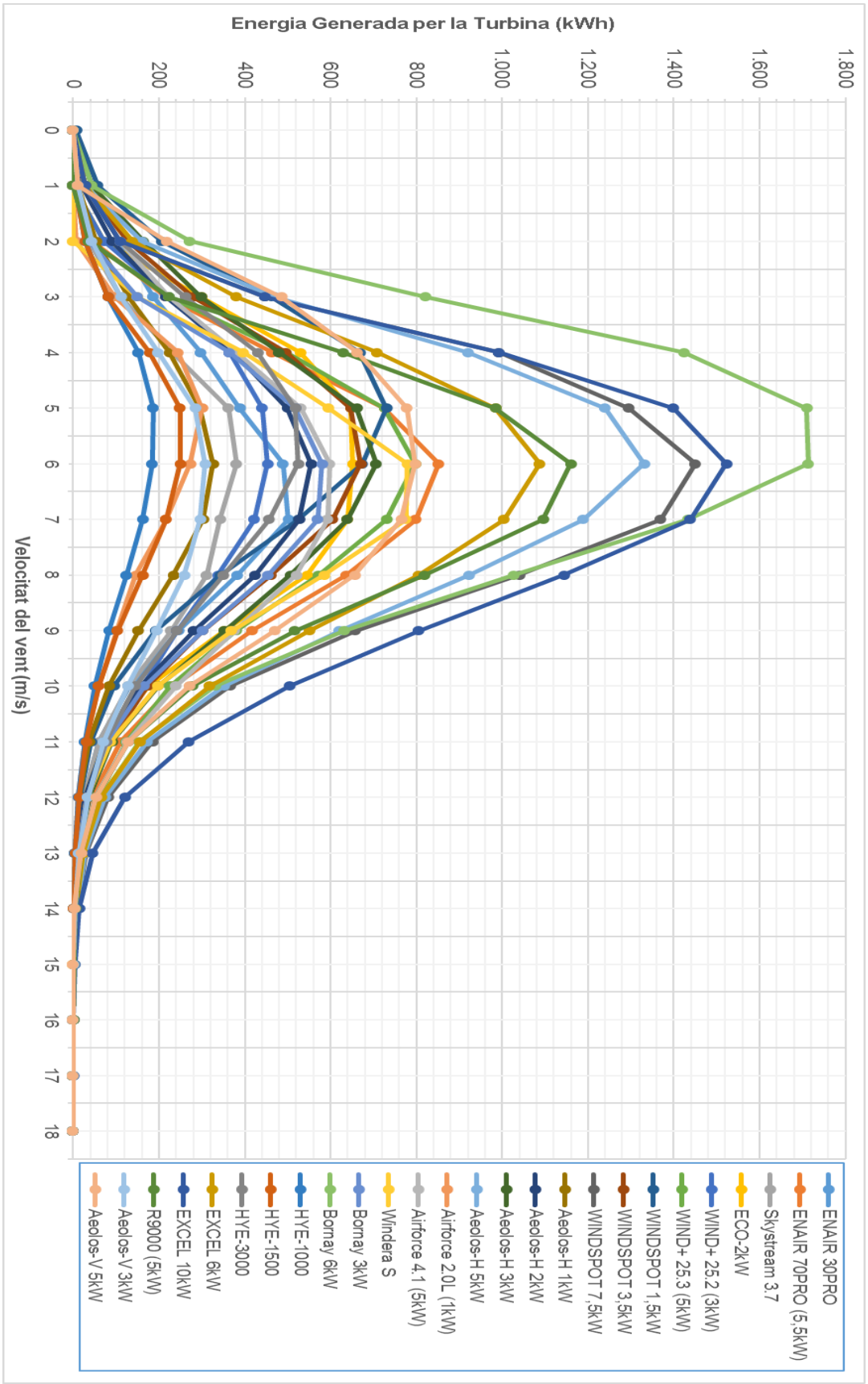


Figura 12. *Corbes d'energia generada dels diversos models de mini-aerogenerador analitzats*

Establertes les dades de cada aerogenerador es realitza una taula comparativa.

Model de Turbina Minieòlica	Energia Generada Anual (kWh)	Percentatge d'Energia Generada Aprofitada	Diàmetre (m)	Pes (kg)	kWh/kg	Cost (€)	Mant. Anual (2%)	Vida Útil (anys)	Quantitat	Energia Real Generada Anual (kWh)	Preu per kWh (€/kWh)
ENAIR 30PRO	2.863	0,90	3,80	125	22,9040	7.020 €	140 €	25	1	2.577	0,18675
ENAIR 70PRO (5,5kW)	4.579	0,84	4,30	165	27,7515	8.955 €	179 €	25	1	3.846	0,15529
Skystream 3.7	2.235	0,84	3,72	231	9,6753	5.070 €	101 €	20	3	5.632	0,07633
ECO-2kW	4.029	0,75	3,20	176	22,8920	3.324 €	66 €	15	2	6.044	0,06421
WIND+ 25.2 (3kW)	2.856	0,90	4,05	150	19,0430	5.495 €	110 €	20	1	2.571	0,17880
WIND+ 25.3 (5kW)	4.404	0,84	4,05	164	26,8537	8.495 €	170 €	20	1	3.699	0,18102
WINDSPOT 1,5 kW	4.035	0,84	3,30	155	26,0323	8.262 €	165 €	25	1	3.389	0,16396
WINDSPOT 3,5 kW	3.940	0,84	4,05	185	21,2973	7.535 €	151 €	25	1	3.310	0,15473
WINDSPOT 7,5 kW	8.072	0,74	6,03	420	19,2190	22.662 €	453 €	25	1	5.973	0,23768
Aeolos-H 1kW	1.878	0,95	3,20	120	15,6500	1.244 €	25 €	30	2	3.568	0,03261
Aeolos-H 2kW	3.262	0,79	4,00	250	13,0480	2.259 €	45 €	25	2	5.154	0,03794
Aeolos-H 3kW	4.199	0,75	5,00	276	15,2138	5.153 €	103 €	30	2	6.299	0,05157
Aeolos-H 5kW	7.527	0,62	6,40	180	41,8167	7.864 €	157 €	20	2	9.333	0,06701
Airforce 2.0L (1kW)	1.495	0,95	2,50	120	12,4583	892 €	18 €	20	4	5.681	0,02419
Airforce 4.1 (5kW)	3.807	0,84	4,10	120	31,7250	6.252 €	125 €	25	1	3.198	0,13607
Windera S	3.983	0,84	4,36	160	24,8938	12.955 €	259 €	20	1	3.346	0,29346
Bornay 3kW	3.272	0,90	4,00	107	30,5794	5.393 €	108 €	15	1	2.945	0,19268
Bornay 6kW	9.661	0,59	4,00	125	77,2880	8.160 €	163 €	25	2	11.400	0,04821
HYE-1000	1.108	0,95	1,96	112	9,8929	762 €	15 €	15	4	4.210	0,03944
HYE-1500	1.392	0,95	2,05	140	9,9429	1.286 €	26 €	20	4	5.290	0,03120
HYE-3000	3.199	0,68	3,00	138	23,1812	4.873 €	97 €	15	3	6.526	0,08004
EXCEL 6kW	6.267	0,92	6,20	350	17,9057	19.550 €	391 €	20	1	5.766	0,25036
EXCEL 10kW	8.854	0,66	7,00	495	17,8869	31.770 €	635 €	28	1	5.844	0,31207
Evance R9000 (5kW)	5.955	0,92	5,39	324	18,3796	29.205 €	584 €	25	1	5.479	0,31984
Aeolos-V 3kW	1.963	0,91	2,40	106	18,5189	6.874 €	137 €	20	2	3.573	0,15568
Aeolos-V 5kW	5.322	0,81	4,20	385	13,8234	10.187 €	204 €	20	1	4.311	0,18282

Taula 43. *Taula comparativa dels vint-i-sis models de mini-aerogeneradors analitzats*

La taula superior conté tota la informació rellevant referent a les turbines eòliques cercades i analitzades. Per entendre millor aquestes dades es procedeix a realitzar una breu explicació sobre cada paràmetre mostrat.

- ✓ **Columna 1.** Valors relatius a la generació energètica sense tenir en compte el percentatge de pèrdues (el procés per calcular aquest percentatge es defineix en l'apartat següent del present annex).
- ✓ **Columna 2.** Percentatge d'aprofitament real sobre l'energia generada per les turbines eòliques.
- ✓ **Columnes 3 i 4.** Informació centrada en les característiques físiques dels aerogeneradors analitzats, concretament s'estableix el diàmetre del rotor i el pes de la turbina. Sobre el pes de l'artefacte es determina un codi de colors on el color verd representa la millor opció i el color vermell la pitjor, existint una gamma de colors intermedis que indiquen cap a quina posició es decanta el valor analitzat. En el cas del pes es cerca que la turbina impliqui la menor càrrega possible.
- ✓ **Columna 5.** Relació entre la quantitat d'energia produïda per l'aerogenerador de baixa potència i el seu pes.
- ✓ **Columna 6.** Cost del generador sense considerar l'estructura de suport (torre), l'inversor ni la seva instal·lació. L'establiment de preus s'extreu directament del fabricant o mitjançant tercers distribuïdors.
- ✓ **Columna 7.** Cost relatiu al manteniment anual de la instal·lació al qual se li assigna un valor del 2% del cost total del sistema minieòlic.
- ✓ **Columna 8.** Determinació de la vida útil del dispositiu. Aquesta informació és extreta de les especificacions del fabricant.
- ✓ **Columna 9.** Nombre d'unitats del model analitzat a col·locar en el sistema minieòlic. S'estableix un codi de colors en el qual el color verd representa la millor opció i el color vermell la pitjor, existint una gamma de colors intermedis que indiquen cap a quina posició es decanta el valor analitzat. Es considera un valor màxim de quatre unitats.
- ✓ **Columna 10.** Energia generada real, tenint en compte el percentatge de pèrdues corresponent. Es determina un codi de colors, on el color verd indica els valors que compleixen amb el requeriment de cobrir un 10% de l'energia demandada pel centre i el color vermell suposa un no compliment d'aquest requeriment.
- ✓ **Columna 11.** Preu per kilowatt hora. Les dades relatives a aquesta columna s'han calculat mitjançant l'expressió matemàtica següent.

$$Preu\ Total = C_{Inicial} + C_{Manteniment} + C_{Instal{\cdot}lació}$$

$$\frac{Preu}{kWh} = \frac{C_{Inicial} + \left(C_{Inicial} \cdot 0{,}02 \cdot Vida\ Útil\right) + C_{Instal{\cdot}lació}}{\frac{kWh}{any} \cdot Vida\ Útil}$$

Com en el cas anterior, s'estableix un codi de colors, on el color verd indica els valors menors al preu mitjà del kilowatt hora ponderat i el color vermell fa referència las valors que superen aquest preu. El preu mitjà del kilowatt hora ponderat es determina en la següent taula.

Preu Mitjà del kWh	
P1	0,16052
P2	0,12868
P3	0,09128
Total	0,12683
Total Ponderat	**0,13899**
Total Facturació	0,24577

Taula 44. *Càlcul per establir el preu mitjà del kilowatt hora ponderat*

En relació als codis de colors establerts anteriorment, el color verd sempre representa la millor opció o la més adequada, mentre que el color vermell la pitjor.

A partir de la comparativa anterior, es determinen les cinc opcions finalistes sobre el model de turbina eòlica a escollir. En apartats posteriors d'aquest annex s'especifica el procés seguit arribar a la solució de sistema final.

El gràfic presentat a continuació mostra la corba d'energia generada dels models d'aerogeneradors escollits en primer terme.

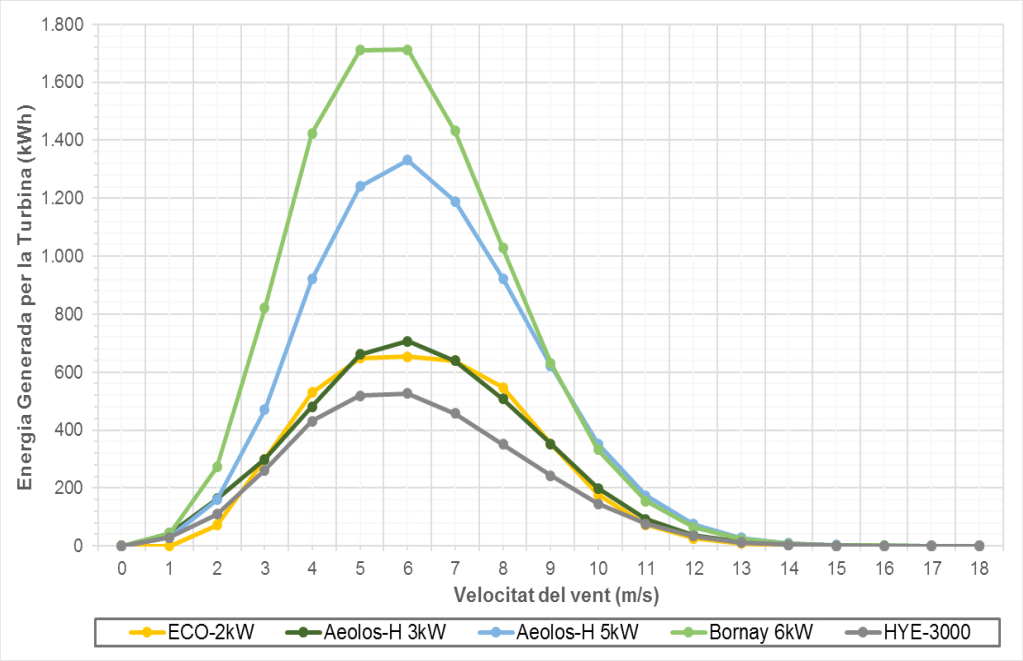


Figura 13. *Energia generada per cada model de mini-aerogenerador analitzat en funció de la velocitat del vent registrada*

Mitjançant un mètode iteratiu s'estableix quantes unitats de cada model impliquen una alternativa a considerar. L'augment del número d'unitats s'aplica en relació a les característiques físiques de la turbina. D'aquesta manera, per alguna de les turbines escollides es presenten més d'una solució en funció de les unitats col·locades al sistema minieòlic. En la taula comparativa anterior, els valors són mostrats pel màxim d'unitats considerades en la instal·lació per a cada model analitzat.

Finalment, es determinen la potència i l'excés d'energia generada anuals per a cada opció proposada. Aquesta informació és important a considerar davant de la presa de decisions sobre l'aerogenerador o aerogeneradors a escollir. Les taules mostrades a continuació resumeixen la informació definida prèviament.

- ✓ **Opció 1:** ECO – 2kW (2 unitats)

ECO – 2kW		
Energia Anual (kWh)		*4.029*
Quantitat		*2*
Suma (kWh)		**8.058**
Pèrdues (kWh)	25 %	**2.015**
Energia Anual Total (kWh)		**6.044**
Cobriment de la Demanda (%)		**10**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**223**

Taula 45. *Producció energètica total del model ECO – 2kW (2 unitats)*

- ✓ **Opció 2:** Aeolos – H 3kW (2 unitats)

Aeolos – H 3kW		
Energia Anual (kWh)		*4.199*
Quantitat		*2*
Suma (kWh)		**8.398**
Pèrdues (kWh)	25 %	**2.100**
Energia Anual Total (kWh)		**6.299**
Cobriment de la Demanda (%)		**11**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**478**

Taula 46. *Producció energètica total del model Aeolos – H 3kW (2 unitats)*

✓ **Opció 3:** Aeolos – H 5kW (1 unitat).

Aeolos – H 5kW		
Energia Anual (kWh)		*7.527*
Quantitat		*1*
Suma (kWh)		**7.527**
Pèrdues (kWh)	22 %	**1.656**
Energia Anual Total (kWh)		**5.871**
Cobriment de la Demanda (%)		**10**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**51**

Taula 47. *Producció energètica total del model Aeolos – H 5kW (1 unitat)*

✓ **Opció 4:** Aeolos – H 5kW (2 unitats)

Aeolos – H 5kW		
Energia Anual (kWh)		*7.527*
Quantitat		*2*
Suma (kWh)		**15.054**
Pèrdues (kWh)	38 %	**5.721**
Energia Anual Total (kWh)		**9.333**
Cobriment de la Demanda (%)		**16**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**3.513**

Taula 48. *Producció energètica total del model Aeolos – H 5kW (2 unitats)*

✓ **Opció 5:** Bornay 6kW (1 unitat)

Bornay 6kW		
Energia Anual (kWh)		*9.661*
Quantitat		*1*
Suma (kWh)		**9.661**
Pèrdues (kWh)	32 %	**3.092**
Energia Anual Total (kWh)		**6.569**
Cobriment de la Demanda (%)		**11**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**749**

Taula 49. *Producció energètica total del model Bornay 6kW (1 unitat)*

✓ **Opció 6:** Bornay 6kW (2 unitats)

Bornay 6kW		
Energia Anual (kWh)		*9.661*
Quantitat		*2*
Suma (kWh)		**19.322**
Pèrdues (kWh)	41 %	**7.922**
Energia Anual Total (kWh)		**11.400**
Cobriment de la Demanda (%)		**20**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**5.579**

Taula 50. *Producció energètica total del model Bornay 6kW (2 unitats)*

✓ **Opció 7:** HYE – 3000 (2 unitats)

HYE – 3000		
Energia Anual (kWh)		*3.199*
Quantitat		*2*
Suma (kWh)		**6.398**
Pèrdues (kWh)	21 %	**1.344**
Energia Anual Total (kWh)		**5.054**
Cobriment de la Demanda (%)		**9**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**- 766**

Taula 51. *Producció energètica total del model HYE – 3000 (2 unitats)*

✓ **Opció 8:** HYE – 3000 (3 unitats)

HYE – 3000		
Energia Anual (kWh)		3.199
Quantitat		3
Suma (kWh)		***9.597***
Pèrdues (kWh)	32 %	**3.071**
Energia Anual Total (kWh)		**6.526**
Cobriment de la Demanda (%)		**11**
Excés d'Energia Generada Anual (kWh)		**705**

Taula 52. *Producció energètica total del model HYE – 3000 (3 unitats)*

2. Càlcul de Pèrdues

El centre educatiu *Liceo Egara*, objecte del projecte, no disposa de les dades necessàries per establir la funció monòtona de la seva demanda energètica i no existeix cap mètode pel qual es pugui extreure aquesta corba. És per aquest motiu que es decideix fer ús de la informació disponible en les factures elèctriques proporcionades per l'escola, desenvolupant un procediment que, de manera aproximada, permet establir un coeficient de pèrdues. Els següents paràgrafs d'aquest apartat defineixen el procediment aplicat.

En primer lloc es determina quina proporció del dia correspon a cada període, considerant com a unitat de treball les hores.

Seguidament, fent ús de les factures elèctriques proporcionades pel centre *Liceo Egara* es determinen els mesos de no aprofitament energètic. Per dur a terme aquest càlcul es considera un període de 24 mesos i es recorre a la informació proporcionada pel maxímetre, el qual registra la màxima potència demandada durant el període temporal d'un mes. La taula mostrada a continuació acull les

lectures del maxímetre de cada període, extretes de les factures analitzades corresponents als anys 2015 i 2016.

	Valor del Maxímetre en els Períodes de Facturació (kW)					
Mesos	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**
Gen.15	25	54	11	3	5	3
Feb.15	22	51	11	3	4	3
Mar.15	21	46	8	3	3	3
Abr.15	40	37	3	1	1	1
Mai.15	33	35	2	1	2	1
Jun.15	32	37	2	2	3	2
Jul.15	10	10	3	4	3	3
Ago.15	4	4	2	3	3	2
Sep.15	36	38	3	2	3	1
Oct.15	39	40	3	4	4	2
Nov.15	24	49	7	2	3	2
Des.15	26	46	9	2	4	2
Gen.16	23	49	8	1	4	1
Feb.16	23	48	8	2	3	2
Mar.16	35	45	8	2	2	2
Abr.16	42	44	7	2	2	2
Mai.16	43	39	3	2	2	1
Jun.16	27	31	3	4	4	3
Jul.16	8	7	2	2	5	2
Ago.16	2	5	1	2	2	1
Sep.16	31	35	5	2	3	1
Oct.16	39	39	3	3	3	2
Nov.16	25	43	6	1	3	1
Des.16	21	46	3	2	7	1

Taula 53. *Lectures del maxímetre per períodes registrades durant els mesos dels anys 2015 i 2016*

Localitzats els mesos de no aprofitament, es calcula el percentatge aproximat d'energia (kW) no aprofitada en el període d'un mes, tenint en compte el pitjor dels casos, és a dir el mes on la demanda ha sigut menor.

Relacionant les tres mesures definides anteriorment i mitjançant el seu producte s'obté el percentatge de pèrdua energètica respecte l'energia generada de manera autònoma amb el sistema eòlic. A aquest valor se li suma un petit percentatge addicional del 2% en el qual es tenen en compte les pèrdues donades durant els períodes festius (P4, P5 i P6) i aquelles provocades per la variabilitat del vent o el possible mal funcionament o avaria de la instal·lació, donat que en els càlculs realitzats anteriorment aquestes no havien sigut considerades.

Per a una major comprensió del procés emprat es realitza un exemple numèric i pràctic.

Exposant un escenari en el qual el sistema minieòlic és capaç de generar 12kW anuals d'energia, primerament es calcula quin percentatge de dia representa cada període.

$$P1 = \frac{4\ hores}{24\ hores} \cdot 100 = 17\ \%$$

$$P2 = \frac{12\ hores}{24\ hores} \cdot 100 = 50\ \%$$

$$P3 = \frac{8\ hores}{24\ hores} \cdot 100 = 33\ \%$$

A continuació, amb l'ajuda de la taula superior (*Taula 51. Lectures del maxímetre per períodes registrades durant els mesos dels anys 2015 i 2016*) per cada període es cerquen els mesos on la demanda supera el valor generat per la instal·lació minieòlica (12kW) i es realitza el tant per cent tenint en compte la totalitat del període estudiat (24 mesos).

$$P1 = \frac{4\ mesos}{24\ mesos} \cdot 100 = 17\ \%$$

$$P2 = \frac{4\ mesos}{24\ mesos} \cdot 100 = 17\ \%$$

$$P3 = \frac{24\ mesos}{24\ mesos} \cdot 100 = \ 100\ \%$$

Seguidament es calcula la quantitat d'energia no aprofitada en un mes, tenint en compte el pitjor dels casos.

$$P1 = \frac{(12 - 2)\ kW}{12\ kW} \cdot 100 = 83\ \%$$

$$P2 = \frac{(12 - 4)\ kW}{12\ kW} \cdot 100 = 67\ \%$$

$$P3 = \frac{(12 - 1)\ kW}{12\ kW} \cdot 100 = \ 92\ \%$$

Finalment, per a cada període en particular s'aplica el producte entre els tres valors obtinguts anteriorment i es sumen els diferents resultats per aconseguir el percentatge total d'energia no aprofitada. Per altra banda, s'afegeix el tant per cent addicional d'energia no contemplada en els càlculs anteriors.

$$P1 = \left(\frac{17}{100} \cdot \frac{17}{100} \cdot \frac{83}{100}\right) \cdot 100 = 2\ \%$$

$$P2 = \left(\frac{50}{100} \cdot \frac{17}{100} \cdot \frac{67}{100}\right) \cdot 100 = 6\ \%$$

$$P3 = \left(\frac{33}{100} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{92}{100}\right) \cdot 100 = 30\ \%$$

$$\%\ Pèrdues\ Total = P1 + P2 + P3 + 2\ \% = 39\ \%$$

El 39% de l'energia anual generada per la instal·lació eòlica és desaprofitat a causa dels motius comentats anteriorment. Per contra, el 61% d'aquesta energia és destinada a cobrir la demanda elèctrica de l'escola.

Les taules exposades a continuació recullen els càlculs resultants del procés definit prèviament i, en conseqüència, determinen el percentatge d'energia generada no aprofitada per a cada possible situació d'aprovisionament energètic proporcionat pel sistema minieòlic.

	2 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	0	0,0000	0,0000	3 %
P2	12/24	0	0,0000	0,0000	
P3	8/24	1/24	0,5000	0,6944	

Taula 54. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 2kW*

	3 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	1/24	0,3333	0,2315	6 %
P2	12/24	0	0,0000	0,0000	
P3	8/24	5/24	0,6667	4,6296	

Taula 55. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 3kW*

	4 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	1/24	0,5000	0,3472	15 %
P2	12/24	0	0,0000	0,0000	
P3	8/24	13/24	0,7500	13,5417	

Taula 56. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 4kW*

	5 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	2/24	0,6000	0,8333	18 %
P2	12/24	1/24	0,2000	0,4167	
P3	8/24	13/24	0,8000	15,5556	

Taula 57. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 5kW*

	6 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	2/24	0,6667	0,9259	21 %
P2	12/24	2/24	0,3333	1,3889	
P3	8/24	15/24	0,8333	17,3611	

Taula 58. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 6kW*

	7 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	2/24	0,7143	0,9921	22 %
P2	12/24	2/24	0,4286	1,7857	
P3	8/24	15/24	0,8571	17,8571	

Taula 59. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 7kW*

	8 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	2/24	0,7500	1,0417	25 %
P2	12/24	3/24	0,5000	3,1250	
P3	8/24	17/24	0,8750	20,6597	

Taula 60. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 8kW*

	9 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	3/24	0,7778	1,6204	32 %
P2	12/24	3/24	0,5556	3,4722	
P3	8/24	21/24	0,8889	25,9259	

Taula 61. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 9kW*

	10 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	3/24	0,8000	1,6667	34 %
P2	12/24	3/24	0,6000	3,7500	
P3	8/24	22/24	0,9000	27,5000	

Taula 62. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 10kW*

	15 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	4/24	0,8667	2,4074	38 %
P2	12/24	4/24	0,7333	6,1111	
P3	8/24	22/24	0,9333	27,5000	

Taula 63. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 15kW*

	19 kW				
	Fracció del dia	**Mesos de no aprofitament**	**kW no aprofitats en un mes (Pitjor Cas)**	**Producte**	**Total + 2%**
P1	4/24	4/24	0,8947	2,4854	41 %
P2	12/24	4/24	0,7895	6,5789	
P3	8/24	24/24	0,9474	31,5789	

Taula 64. *Determinació del percentatge de pèrdues elèctriques pel cas de generació de 19kW*

3. Mètode d'Avaluació d'Alternatives: VTP

El mètode d'avaluació d'alternatives emprat per a la selecció final de l'aerogenerador més adequat (considerant, addicionalment, el nombre d'unitats a col·locar d'aquest) és l'anomenat *Valor Tècnic Ponderat (VTP)*, també conegut amb el nom de *Suma Ponderada*. Els següents paràgrafs del document detallen la metodologia emprada en l'aplicació d'aquest mètode.

Primerament s'enumeren i es defineixen les diferents alternatives, solucions o opcions a analitzar. Procediment realitzat prèviament en l'apartat *"2.1. Establiment de les possibles solucions".*

Seguidament s'estableixen i defineixen els factors o característiques sotmesos a valoració.

- ✓ **Energia anual generada (kWh).** En referència a aquest valor, serà necessari que s'adeqüi al requeriment establert en les primeres pàgines d'aquest document. Per tant, l'energia anual generada ha de cobrir com a mínim el 10% de la demanda energètica anual total de l'escola.
- ✓ **Preu per kWh (€/kWh).** La determinació d'aquest paràmetre ha sigut efectuada en l'apartat anterior d'aquest document.
- ✓ **Diàmetre del rotor (m).** S'estableix una relació directa entre l'àrea escombrada per la turbina i la potència disponible d'aquesta. A majors valors d'àrea escombrada més gran és el potencial d'un aerogenerador i per tant, es genera més electricitat. Seguint aquesta línia de concepte, es cerquen valors de diàmetre alts donat que l'àrea escombrada es relaciona amb aquesta variable de la manera següent:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

- ✓ **Alçada de la torre a la qual es troba la turbina (m).** Es consideren positivament els valors grans donat que, a major altura la turbina no es veu interferida per possibles pertorbacions causades pel terreny. Addicionalment, a mesura que augmenta l'alçada els vents són més uniformes i de major intensitat.

- ✓ **Pes total de l'aerogenerador (kg).** Es cerquen valors mínims de pes en tant que, la turbina haurà d'anar situada al sostre de l'escola i l'estructura de l'edifici ha de poder suportar el pes d'aquesta. Per una altra part, el pes de la turbina es relaciona amb la generació energètica, una alta lleugeresa de l'aparell permet una major generació energètica, ja que el vent aconseguirà accionar i moure les aspes de l'artefacte més fàcilment.
- ✓ **Quocient entre l'energia generada i el pes de la turbina (kWh/kg).** Relació inversament proporcional que permet comparar la generació elèctrica amb el pes de la turbina. Alts valors d'aquesta variable indiquen una major viabilitat.
- ✓ **Inversió Inicial (€).** La inversió inicial contempla els costos d'adquisició de l'aerogenerador amb torre inclosa i els costos d'instal·lació. Es busquen valors mínims en relació a aquest factor.
- ✓ **Vida Útil (anys).** El temps durant el qual la turbina romandrà en funcionament ha de ser el màxim possible per garantir com a mínim la recuperació de la inversió i, en el millor dels casos, proporcionar beneficis econòmics.
- ✓ **Unitats (nombre de turbines instal·lades).** S'estableix un límit màxim de tres unitats en relació a aquest factor donat que es considera, en termes d'espai i pes, que la col·locació de més de tres artefactes suposaria un inconvenient notable. L'energia generada, la inversió inicial, els costos de manteniment, el pes del sistema minieòlic i l'espai destinat a la instal·lació, entre altres, incrementen amb una major quantitat d'aerogeneradors col·locats. En tant que els inconvenient són majors que els avantatges, es considera que la millor opció és aquella que genera suficients quantitats d'energia amb les mínimes unitats d'artefactes possibles. Tanmateix, aquest factor no és considera primordial donat que l'espai disponible a l'escola és suficient i el pes total de les turbines selecciones no presenta un problema. La seva contemplació recau en un augment de generació elèctrica i de costos.

Definits els factors s'assigna un pes (g_i) a cadascun d'aquests amb l'objectiu de ponderar-los. El rang de pesos se situa entre els valors 1 (mínima importància) i 9 (màxima importància). És necessari destacar el fet que el valor dels pesos ha estat establert de manera subjectiva, tenint en compte el criteri de la persona responsable del projecte.

Factors	Pes
Energia Generada (kWh)	9
Preu per kWh (€/kWh)	8
Diàmetre Rotor (m)	7
Alçada (m)	5
Pes Total (kg)	7
kWh/kg	7
Inversió Inicial (€)	6
Vida Útil (anys)	5
Unitats	3

Taula 65. *Establiment dels pesos relatius a cada factor analitzat*

A continuació, incidint individualment sobre cada opció s'assigna una qualificació (p_i) a cada factor. En aquest cas, el valor de les qualificacions s'estableix entre 1 (qualificació mínima) i 5 (qualificació màxima). Com en el cas dels pesos, l'assignació dels valors de les qualificacions és dut a terme de manera subjectiva, tenint en compte el criteri de la persona responsable del projecte.

Seguint aquest procediment es valoren de forma particular les característiques i els resultats de cada aerogenerador segons la seva configuració.

	Qualificació							
	ECO-2kW	Aeolos-H 3kW	Aeolos-H 5kW		Bornay 6kW		HY-3000	
Factors	Opció 1	Opció 2	Opció 3	Opció 4	Opció 5	Opció 6	Opció 7	Opció 8
Energia Generada (kWh)	2	3	2	4	3	5	1	3
Preu per kWh (€/kWh)	4	4	2	3	1	3	4	5
Diàmetre Rotor (m)	2	4	5	5	3	3	1	1
Alçada (m)	1	3	5	5	4	4	2	2
Pes Total (kg)	3	2	3	1	4	2	5	4
kWh/kg	3	1	2	2	5	5	4	4
Inversió Inicial (€)	5	3	4	1	3	1	4	2
Vida Útil (anys)	2	5	3	3	4	4	2	2
Unitats	4	4	5	4	5	4	4	3

Taula 66. *Valoració de cada opció de sistema minieòlic en funció dels factors analitzats*

Finalment es calcula el *Valor Tècnic Ponderat (VTP)* per a cada solució o opció mitjançant l'expressió matemàtica mostrada a continuació.

$$VTP = \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i \cdot g_i)}{p_{màx} \cdot \sum_{i=1}^{n}(g_i)}$$

A continuació es mostra una taula resum amb tots els valors i els càlculs emprats en el procés i els resultats finals obtinguts.

		Opció 1		Opció 2		Opció 3		Opció 4		Opció 5		Opció 6		Opció 7		Opció 8	
Factors	Pesos (p)	p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg
Energia Generada (kWh)	9	2	18	3	27	2	18	4	36	3	27	5	45	1	9	3	27
Preu per kWh (€/kWh)	8	4	32	4	32	2	16	3	24	1	8	3	24	4	32	5	40
Diàmetre Rotor (m)	7	2	14	4	28	5	35	5	35	3	21	3	21	1	7	1	7
Alçada (m)	5	1	5	3	15	5	25	5	25	4	20	4	20	2	10	2	10
Pes Total (kg)	7	3	21	2	14	3	21	1	7	4	28	2	14	5	35	4	28
kWh/kg	7	3	21	1	7	2	14	2	14	5	35	5	35	4	28	4	28
Inversió Inicial (€)	6	5	30	3	18	4	24	1	6	3	18	1	6	4	24	2	12
Vida Útil (anys)	5	2	10	5	25	3	15	3	15	4	20	4	20	2	10	2	10
Unitats	3	4	12	4	12	5	15	4	12	5	15	4	12	4	12	3	9
Suma (pxg)	57		163		178		183		174		192		197		167		171
Total			0,572		0,625		0,642		0,611		0,674		0,691		0,586		0,600

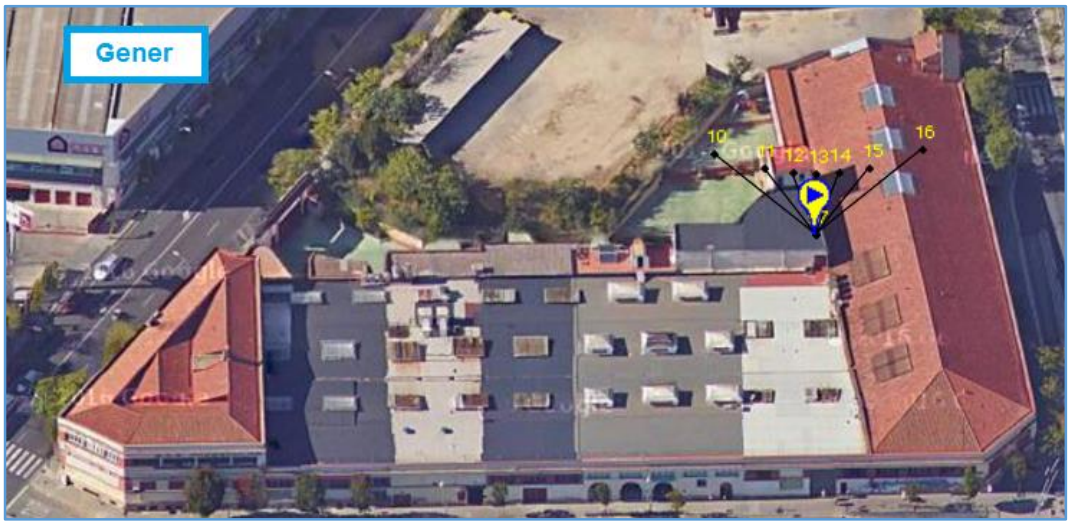
Taula 67. *Quadre resum dels resultats obtinguts mitjançant el mètode VTP*

Es conclou que la opció amb la puntuació més alta i en conseqüència la solució final adoptada és la corresponent a la número 6, relativa a la col·locació de dos unitats del model de mini-aerogenerador *Bornay 6kW*.

Annex VI. Patró d'ombres i Camí Solar

Considerant la selecció de l'edifici 3 com a localització principal dels aerogeneradors, s'estableix la seqüència d'imatges adjuntades a continuació la qual mostra, per una part el camí que segueixen els rajos solars durant les diferents hores del dia i, per una altra part, el patró d'ombres resultant d'aquest camí solar, tenint en compte els punts sobre els edificis on seran col·locades les dues turbines. Es decideix mostrar la informació referent a dos mesos representatius de les estacions d'hivern i d'estiu. Addicionalment, els mesos de gener i juliol es caracteritzen per representar les situacions més extremes presents en l'estudi, en conseqüència les dades obtingudes durant la resta de mesos de l'any se situen entre aquests mesos seleccionats.

- ✓ **Turbina A**



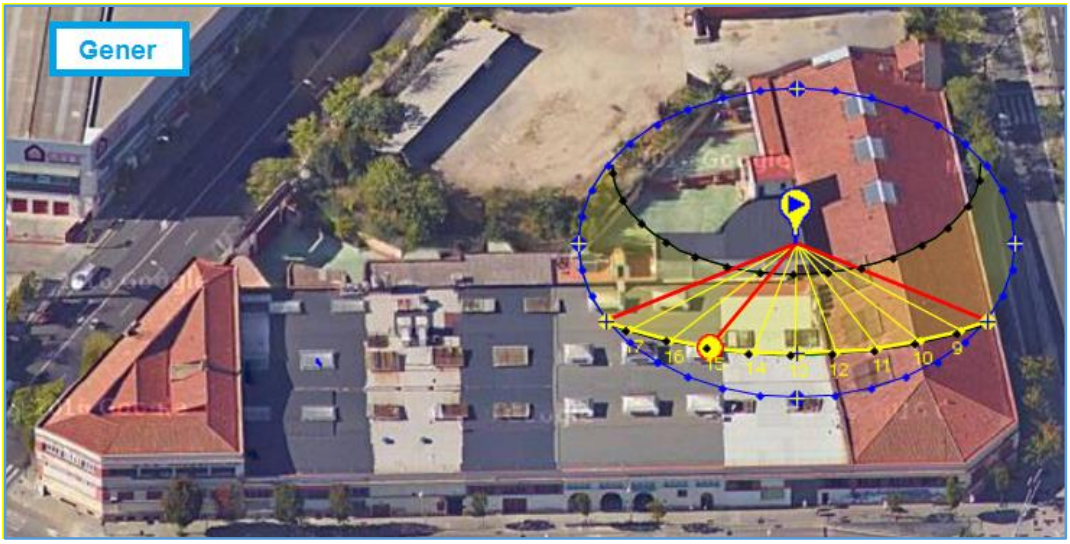


Figura 14. *Seqüència d'imatges del patró d'ombres i el camí solar de la "Turbina A" durant els mesos més representatius (Gener i Juliol)*

- ✓ **Turbina B**

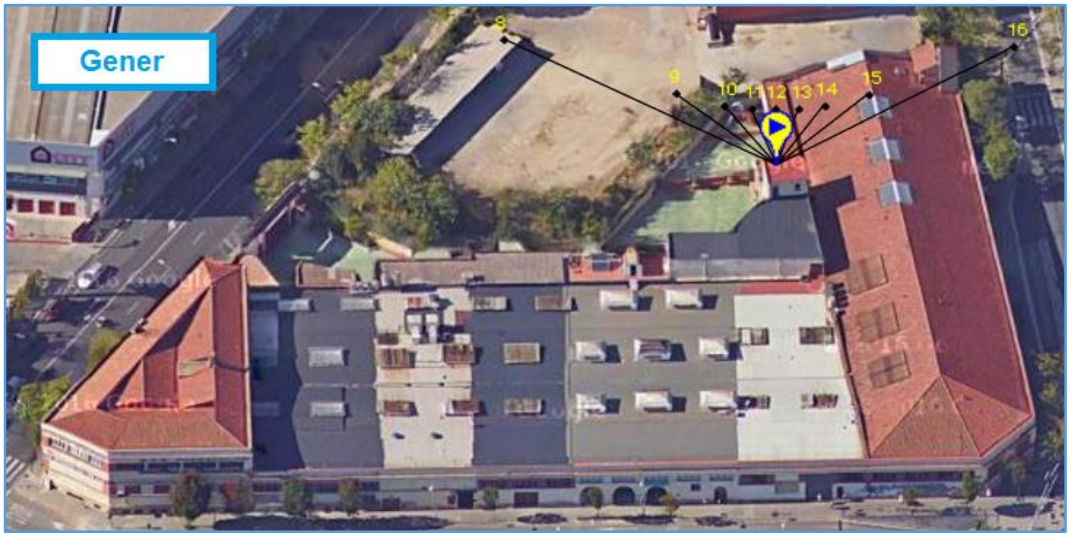


Figura 15. *Seqüència d'imatges del patró d'ombres i el camí solar de la "Turbina B" durant els mesos més representatius (Gener i Juliol)*

Annex VII. Estudi Sonor de l'Aerogenerador Bornay 6kW

El següent document adjunt mostra l'estudi sonor realitzat per l'empresa *Bornay* sobre un dels seus models de 6kW.

Aquest document ha sigut proporcionat per la mateixa companyia.

Nivel sonoro del Aerogenerador Inclin 6000.

ATENCIÓN:

Esta información relativa al nivel sonoro del aerogenerador está realizada a modo orientativo, sin suponer una medida fiable, ni haberse realizado con relación a ningún patrón ni calibración.

Esta información es informativa y no puede tenerse en consideración.

Instalación:

Aerogenerador Instalado sobre torre de 10 mts.
Sonómetro localizado a 10 mts. de la base de la torre.

Datos de nivel sonoro:

Velocidad viento	dBA Ambiente	dBA Ambiente+turbina	Diferencia
4 m/s	52,4	54,9	2,52
5 m/s	55,1	56,2	1,13
6 m/s	53,8	55,2	1,41
7 m/s	52,7	55,8	3,09
8 m/s	54,5	57,6	3,05
9 m/s	55,5	59,6	4,11
10 m/s	58,6	63,2	4,63
11 m/s	60,0	64,4	4,44
12 m/s	61,8	66,3	4,50
13 m/s	65,1	68,6	3,53
14 m/s	67,6	71,7	4,12

Annex VIII. Immissió Sonora

Les següents taules recullen els valors límit d'immissió tenint en compte els tres possibles casos que poden esdevenir a causa de la instal·lació en l'escola *Liceo Egara*.

✓ Immissió sonora aplicable a l'ambient exterior produïda per les activitats, incloses les derivades de les relacions de veïnat.

Zones de sensibilitat acústica i usos del sòl	Valors límit d'immissió en dB(A)		
	$L_{d(7\,h-21\,h)}$	$L_{e(21\,h-23\,h)}$	$L_{n(23\,h-7\,h)}$
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA ALTA (A)			
(A2) Predomini del sòl d'ús sanitari, docent i cultural	50	50	40
(A3) Habitatges situats al medi rural	52	52	42
(A4) Predomini del sòl d'ús residencial	55	55	45
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA MODERADA (B)			
(B1) Coexistència de sòl d'ús residencial amb activitats i/o infraestructures de transport existents	60	60	50
(B2) Predomini del sòl d'ús terciari diferent a **(C1)**	60	60	50
(B3) Àrees urbanitzades existents afectades per sòl d'ús industrial	60	60	50
ZONA DE SENSIBILITAT ACÚSTICA BAIXA (C)			
(C1) Usos recreatius i d'espectacles	63	63	53
(C2) Predomini de sòl d'ús industrial	65	65	55

L_d, L_e i L_n: índexs d'immissió de soroll en els períodes de dia, vespre i nit, respectivament.

Taula 68. *Valors límit d'immissió sonora en el cas exterior*

✓ Immissió sonora aplicable a l'ambient interior produïda per les activitats, incloses les derivades de les relacions de veïnat.

Ús del local d'immissió	Dependències	Valors límit		
		$L_{d(7\,h-21\,h)}$	$L_{e(21\,h-23\,h)}$	$L_{n(23\,h-7\,h)}$
Habitatge o ús residencial	Sales d'estar	35	35	30
	Dormitoris	30	30	25(**)
Administratiu i d'oficines	Despatxos professionals	35	35	35
	Oficines(*)	40	40	40
Hospitalari	Zones d'estada	40	40	30
	Dormitoris	35	35	25(**)
Educatiu o cultural	Aules	35	35	35
	Sales de lectura, audició i exposició	30	30	30

L_d, L_e i L_n: índexs d'immissió de soroll en els períodes de dia, vespre i nit, respectivament.
(*) Excepte en zones industrials.
(**) Per a les activitats existents, el valor límit d'immissió s'incrementa en 3 dB(A).

Taula 69. *Valors límit d'immissió sonora en el cas interior*

✓ Immissió de les vibracions als interiors dels edificis.

Ús de l'edifici	Valors límit d'immissió L_{aw}
Habitatge o ús residencial	75
Hospitalari	72
Educatiu o cultural	72

Taula 70. *Valors límit d'immissió sonora en el cas de vibracions*

Seguidament es presenta una taula resum dels valors anteriors.

Cas Exterior			
Període del dia	**(7h - 21h)**	**(21h - 23h)**	**(23h - 7h)**
Predomini del sòl d'ús sanitari, docent i cultural	50	50	40
Cas Interior			
Període del dia	**(7h - 21h)**	**(21h - 23h)**	**(23h - 7h)**
Aules	35	35	35
Sales de lectura, audició i exposició	30	30	30
Cas Vibracions			
Potència sonora de la font	**Law**		
Educatiu o cultural	75		

Taula 71. *Resum dels nivells límit d'immissió sonora considerant els diferents casos possibles*

Annex IX. Ampliació de l'Apartat sobre el Sistema Elèctric

En el següent bloc es presenten els diferents tipus d'instal·lacions elèctriques existents en la minieòlica així com els diferents components que formen el sistema elèctric.

Aquest annex té la finalitat d'ampliar la informació mostrada en el *"Document 1 – Memòria".*

1. Tipus d'Instal·lacions Elèctriques de la Minieòlica

Existeixen dos tipus d'instal·lacions generals destinades a l'aprofitament de l'energia elèctrica generada a partir del mini-aerogenerador o aerogenerador de baixa potència: les instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica (o instal·lacions off-grid) i les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica (instal·lacions on-grid).

Les petites turbines eòliques poden suposar una font d'energia econòmica en zones aïllades. Conseqüentment, l'aplicació més comú per les instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica és proveir energèticament habitatges rurals. Existeixen diferents tipus de configuració d'aquests sistemes.

- ✓ **Sistemes individuals.** Generalment, es composen d'un generador de baixa potència, bateries per emmagatzemar l'energia generada i un regulador destinat al control de la càrrega i descàrrega de les bateries. Segons el tipus d'aplicació s'inclou un inversor per transformar l'electricitat de corrent continua en alterna.
- ✓ **Sistemes centralitzats.** L'electricitat es produïda, emmagatzemada i transformada en un sistema central i posteriorment distribuïda a cadascun dels habitatges o ubicacions demandants de l'energia.
  En la majoria de casos, els sistemes centralitzats compten amb més d'una font de generació, per assegurar seva confiabilitat. Aquest tipus de sistemes es posicionen com la millor opció a aplicar en situacions on els habitatges, objectes del subministrament, es troben relativament a prop, ja que degut a la concentració d'equips i energia, el sistema ofereix avantatges tècnics i econòmics.
- ✓ **Sistemes híbrids.** Els petits generadors eòlics ofereixen una solució eficaç per a la electrificació rural, però en molts casos la fluctuació del vent fa impossible obtenir una producció elèctrica constant. Per aquest motiu, amb freqüència s'empra una turbina eòlica en combinació amb alguna altra font de generació (panells fotovoltaics o un generador elèctric a base de combustible

fòssil). En comparació amb els sistemes individuals els sistemes híbrids proporcionen una major seguretat.

En el cas que existeixi una xarxa elèctrica pròxima a l'emplaçament de la instal·lació i si la legislació del sector ho permet, existeix l'oportunitat de subministrar energia a la xarxa. D'aquesta manera, si el sistema produeix un excés d'energia, l'excedent és entregat a la xarxa elèctrica, i si per contra, es produeix menys energia de la necessària, l'electricitat restant es pot obtenir directament de la xarxa. [23]

En el cas que ocupa el present projecte, donat que l'escola *Liceo Egara* s'ubica en un entorn urbà, l'accés a la xarxa elèctrica s'assoleix de forma senzilla i directa. Addicionalment, la legislatura permet aquest tipus de pràctica, en tant que es compleixen els requisits definits en les ordenances municipals i les normatives relatives a aquest sector.

Conseqüentment, el tipus d'instal·lació escollida i emprada en el projecte és la instal·lació connectada a la xarxa elèctrica.

2. Components del Sistema Elèctric

La configuració dels diferents elements que composen el sistema elèctric d'una instal·lació minieòlica pot ser molt diversa. No obstant, per norma general, els elements addicionals més habituals del sistema elèctric són els presentats a continuació.

- ✓ *Controlador*
- ✓ *Inversor*
- ✓ *Cablejat*
- ✓ *Proteccions*
- ✓ *Comptador*
- ✓ *Bateries*

És competència d'aquest projecte dissenyar el sistema elèctric de la instal·lació eòlica de baixa potència. En conseqüència, es realitzen els estudis i anàlisis necessaris per establir quins elements són presents en la configuració elèctrica i de quina manera s'uneixen per formar el sistema final.

2.1. Controlador

El controlador és un dispositiu o conjunt de dispositius destinat a gestionar el subministrament de l'energia produïda pel mini-aerogenerador per al seu ús o emmagatzematge posterior. Consta dels següents elements.

- ✓ **Rectificador.** El rectificador transforma el corrent altern produït per l'aerogenerador en corrent continu a una tensió determinada.
- ✓ **Unitat de control.** Mecanisme electrònic associat a l'aerogenerador, la funcionalitat del qual és assegurar el correcte funcionament de l'aparell.
- ✓ **(*)Regulador de càrrega.** En el cas d'instal·lacions aïllades, el controlador disposa d'un regulador de càrrega que s'ocupa de la gestió de les bateries i evita la seva sobrecàrrega.
- ✓ **Càrrega de dissipació**. En instal·lacions amb bateries, és imprescindible un element de dissipació d'energia, consistent en una resistència exterior, la qual desvia el flux d'energia quan les bateries es troben al seu nivell màxim de càrrega. [1]

En el cas de model *Bornay 6kW* escollit com a solució final del present projecte, el controlador queda inclòs en el propi aerogenerador.

2.2. Inversor

L'inversor és l'encarregat de transformar el corrent continu emmagatzemat a les bateries, o provinent de l'aerogenerador (una vegada rectificat), en corrent altern apte per al seu consum en les condicions de freqüència i de voltatge necessaris.

Els inversors posseeixen característiques diferents depenent del tipus d'instal·lació (aïllada o directament connectada a la xarxa) de la qual formin part.

És necessari tenir en compte el fet que l'inversor consumeix certa quantitat d'energia (de la xarxa o del sistema de bateries) per poder funcionar. [1]

2.3. Cablejat

El cablejat uneix tots els elements del circuit. És important tenir en consideració en quins trams circula corrent continu i en quins trams circula corrent altern trifàsic i monofàsic. El tipus i la secció dels diferents trams de cable queden determinats pel Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, per evitar caigudes de tensió i sobreescalfaments. [1]

2.4. Proteccions

Sistema format pels diferents elements de protecció elèctrica necessaris per motius de seguretat. Els esmentats elements es presenten a continuació.

- ✓ **Interruptor general.** Permet la desconnexió manual de seguretat.
- ✓ **Fusibles.** Generalment s'instal·len en diferents punts del sistema, intercalats entre els diferents elements que formen la instal·lació minieòlica.
- ✓ **Presa de terra.** Protegeix els usuaris davant de fugues o fallades d'aïllament. Consisteix en un cable connectat a un element metàl·lic de la instal·lació, que és conduit fins a una pica a terra. Inclou un interruptor diferencial. [1]

2.5. Comptador

Element imprescindible en instal·lacions connectades directament a la xarxa. La seva funció és la mesura i mostra de l'energia produïda pel sistema minieòlic, prèvies al lliurament a la xarxa. Les opcions existents són un comptador bidireccional o dos unidireccionals. [1]

2.6. Bateries

La variabilitat del recurs eòlic constitueix un dels problemes més importants en l'explotació de l'energia eòlica, és pràcticament impossible garantir un subministrament energètic constant. Per eliminar aquest defecte es pot recórrer a sistemes que permetin acumular l'energia captada pel vent en períodes d'abundància i emprar posteriorment l'energia emmagatzemada en períodes de vents dèbils o de calmes.

Les bateries són dispositius electroquímics que operen sempre amb corrent continu (CC). La funció d'aquest component, dintre del sistema minieòlic, és l'emmagatzemament d'energia produïda per l'aerogenerador i el subministrament posterior de l'electricitat guardada a les càrregues que la precisin. [1]

Generalment, les bateries són utilitzades en instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica o en situacions on la producció i la demanda energètica no coincideixen en el temps. Tot i això, és possible dotar una instal·lació connectada a la xarxa d'un sistema de bateries de suport. En aquest últim cas, la finalitat principal de l'esmentat dispositiu es centra en suplir possibles fallades en la connexió a la xarxa o aprofitar l'excés de producció energètica, en cas que existeixi. D'aquesta manera l'electricitat no és retornada a la xarxa, provocant una situació de pèrdua

econòmica i de no aprofitament del recurs eòlic, sinó què el seu emmagatzematge permet el seu ús futur, aconseguint així un aprofitament complet de l'energia generada.

Conseqüentment, les bateries s'estableixen com un component opcional i és competència d'aquest projecte la decisió d'incloure o no l'esmentat dispositiu en el sistema elèctric i, en cas afirmatiu, determinar la millor opció a incorporar en la instal·lació.

2.6.1. Tipus de Bateries Emprades en la Minieòlica

En el present apartat es proporciona de manera simplificada la informació més rellevant sobre els tipus de bateries més recurrents en el camp de l'energia minieòlica.

D'aquesta manera es defineix de manera breu i concisa cada tipus de bateria i es recull, de manera resumida en un quadre, els avantatges i inconvenients que suposa cadascuna de les opcions.

2.6.1.1. Bateries Plom-Àcid

L'acumulador o bateria de plom, també anomenada bateria d'àcid-plom és un tipus de bateria (bateria humida) molt comú en vehicles convencionals, com a bateria d'arrencada, encara que també s'utilitzen com a bateria de tracció de vehicles elèctrics.

Sol proporcionar una tensió de 6V, 12V o un altre múltiple de 2, ja que la tensió que subministra cada cel·la és de 2V. Poden subministrar unes intensitats de corrent relativament grans, el que les fan ideals per als motors d'arrencada.

Encara que la seva utilització i forma més coneguda és la bateria d'automòbil, aquest acumulador té moltes aplicacions. En el cas del present projecte, l'aplicació més interessant és l'emmagatzemament d'energia elèctrica provinent de sistemes eòlics.

Avantatges	Inconvenients
✓ Baix cost. ✓ Tecnologia coneguda. ✓ Ràpida disponibilitat (quantitats, mides i dissenys). ✓ Comportament moderadament bo a baixes i altes temperatures. ✓ Cel·les de voltatge elevat, en comparació amb altres tipus de cel·les. ✓ Components fàcilment reciclables.	✓ Energia especifica baixa. ✓ Potència especifica baixa. ✓ Cicle de vida relativament curt. ✓ Manteniment elevat. ✓ Amenaça mediambiental (plom i àcid sulfúric).

Taula 72. *Avantatges i inconvenients de les bateries plom-àcid*

2.6.1.2. Bateries Ió-Liti

La bateria d'ions de liti, també anomenada bateria *Li-Ion*, és un dispositiu dissenyat per a emmagatzematge d'energia elèctrica que empra com electròlit una sal de liti que aconsegueix els ions necessaris per a la reacció electroquímica reversible que té lloc entre el càtode i l'ànode.

Les propietats de les bateries *Li-Ion*, com la lleugeresa dels seus components, la seva elevada capacitat energètica i resistència a la descàrrega, juntament amb el poc efecte memòria que pateixen o la seva capacitat per funcionar amb un elevat nombre de cicles de regeneració, han permès dissenyar acumuladors lleugers, de mida petita i variades formes, amb un alt rendiment, especialment adaptats a les aplicacions de la indústria electrònica de gran consum.

No obstant això, la seva ràpida degradació i sensibilitat a les elevades temperatures, que poden resultar en la seva destrucció per inflamació o fins i tot explosió, requereixen, en la seva configuració com a producte de consum, la inclusió de dispositius addicionals de seguretat, resultant en un cost superior que ha limitat l'extensió del seu ús a altres aplicacions.

Avantatges	Inconvenients
✓ No requereixen manteniment, donat al seu segellament. ✓ Llarga vida útil. ✓ Rang de temperatura de treball ampli. ✓ Baixa tassa d'auto-descàrrega. ✓ Ràpida capacitat de càrrega. ✓ Alta energia especifica i densitat d'energia.	✓ Cost inicial moderat. ✓ Necessitat d'un circuit de protecció. ✓ Degradació a altes temperatures. ✓ Pèrdua de capacitat quan es dóna una situació de sobrecàrrega. ✓ Danys irreversibles en descàrregues sota un límit.

Taula 73. *Avantatges i inconvenients de les bateries ió-liti*

2.6.1.3. Bateries de Gel

Les bateries de GEL representen una de les dues tecnologies de producció de les bateries de Pb-àcid de tipus VRLA. La diferència substancial entre les bateries AGM i GEL és que en aquestes últimes l'electròlit no es presenta de forma líquida, sinó què és contingut en un gel de sílice especial en el qual es submergeix el grup de les plaques, mentre que en les bateries AGM l'electròlit s'absorbeix completament al separador especial de microfibra de vidre.

Les bateries de GEL normalment no s'utilitzen per a aplicacions d'arrencada en el sector automotor perquè les temperatures elevades de treball a l'interior del compartiment del motor dels vehicles de motor tèrmic generen un augment significatiu del volum del gel amb repercussions sobre les prestacions elèctriques i sobre la durada de vida de la bateria. D'altra banda les temperatures molt baixes causen una concentració del GEL a l'interior de la cel·la que causa un augment de la resistència interna de la bateria, i això afecta negativament el corrent d'arrencada en fred (-18ºC) que es redueix significativament respecte a la de les bateries amb tecnologia AGM o d'àcid lliure.

Les bateries de GEL per tant, resulten més aptes a aplicacions d'energia que de potència, i s'utilitzen en aplicacions industrials on es requereix una resistència elevada als cicles de descàrrega i càrrega i / o de vida en tampó. També s'utilitzen per a l'alimentació dels serveis de bord en el sector de la nàutica i del temps lliure (caravanes) com a alternativa a les bateries AGM.

Avantatges	Inconvenients
✓ No requereixen manteniment, donat al seu segellament. ✓ Llarga vida útil, garantint un nombre elevat de cicles de càrrega i descàrrega i reduint el percentatge d'evaporació. ✓ Suporten descàrregues profundes i ambients amb vibracions, cops i altes temperatures. ✓ Voltatge més estable durant la descàrrega. ✓ No requereixen manteniment. ✓ Són més segures, donat que si aquestes experimenten qualsevol dany no produeixen vessament de líquid.	✓ Necessitat de càrrega a tensions més baixes, per aquest motiu el carregador ha d'estar correctament ajustat per aquest tipus de bateries. ✓ Necessitat d'un circuit de protecció. ✓ Degradació a altes temperatures. ✓ Pèrdua de capacitat quan es dóna una situació de sobrecàrrega. ✓ Danys irreversibles en descàrregues sota un límit. ✓ Cost elevat.

Taula 74. *Avantatges i inconvenients de les bateries de gel*

2.6.1.4. Bateries Redox de Vanadi

La bateria redox de vanadi (i redox de flux) és un tipus de bateria recarregable de flux que empra ions de vanadi en diferents estats d'oxidació, per emmagatzemar energia potencial química. La forma actual (amb electròlits d'àcid sulfúric) va ser patentada per la Universitat de Nova Gal·les del Sud a Austràlia el 1986.

Avantatges	Inconvenients
✓ Capacitat sense límit a l'augmentar la mida dels tancs d'electròlit. ✓ No es malmet al realitzar descàrregues 100% DOD. ✓ No es malmet al romandre descarregada per llargs períodes de temps. ✓ Pot ser carregada per simple substitució de l'electròlit. ✓ No es malmet si accidentalment es barregen els electròlits. ✓ Treballa a temperatura ambient.	✓ Densitat d'energia pobra. ✓ Energia específica pobra. ✓ Necessitat de sistema auxiliar per a la circulació i control de temperatura. ✓ El disseny del sistema ha d'assegurar la seguretat de totes les bateries. ✓ Tecnologia molt nova i de difícil adquisició. ✓ Complexitat del sistema.

Taula 75. *Avantatges i inconvenients de les bateries redox de vanadi*

3. Especificacions sobre les Bateries Considerades en el Projecte

El document adjuntat a continuació conté les especificacions del model de bateria proporcionat per la marca *Formula Star* emprat en el present projecte.

FORMULA STAR MARINA | SOLAR

Formula Star MARINA

Formula Star MARINA

- Reducida autodescarga
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas
- **Filtro antillama**, desgasificación central
- Baterías **selladas, Antiderrames**.
- Tecnología **Calcio-Calcio,** Libre mantenimiento
- **Placas y separadores especiales**

Formula Star SOLAR

Formula Star SOLAR

- Totalmente Libre de Mantenimiento
- **Placas y separadores especiales**
- **Alta resistencia a profundos y continuos ciclos de carga y descarga**
- Sistema de regulación por válvula con supresor de llama
- Larga Vida en servicio, Reducida autodescarga
- Baterías Hermética Estacionaria **(diseñada para instalaciones fotovoltaicas)**

FS MARINA	Modelo	V	Capacidad Ah C20	Intensidad -18ºC (EN)	Medidas max. (mm)			Precio BASE	Código AMP	Enero 2017	
					Largo	Ancho	Alto			AMP	P.V.P.
12 MESES GARANTÍA	**MARINA**										
	FS 60 MARINA	12	60	535	242	175	190	**82,30**	G12E	9,50	91,80
	FS 75 MARINA	12	74	670	278	175	190	**100,60**	G12F	11,75	112,35
	FS 100 MARINA	12	95	790	353	175	190	**131,20**	G12H	15,75	146,95
	FS 145 MARINA	12	145	800	513	189	223	**211,40**	G12K	22,75	234,15
	FS 185 MARINA	12	185	1.000	513	223	223	**242,30**	G12L	28,25	270,55
	FS 230 MARINA	12	230	1.150	518	276	242	**305,60**	G12M	36,25	341,85

FS SOLAR	Modelo	V	Capacidad Ah C100	Medidas max. (mm)			Precio BASE	Código AMP	Enero 2017	
				Largo	Ancho	Alto			AMP	P.V.P.
12 MESES GARANTÍA	**SOLAR**									
	FS 70 SOLAR	12	66	242	175	190	**83,90**	G12F	11,75	95,65
	FS 80 SOLAR	12	80	278	175	190	**102,60**	G12G	14,00	116,60
	FS 110 SOLAR	12	105	353	175	190	**133,70**	G12H	15,75	149,45
	FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223	**215,50**	G12L	28,25	243,75
	FS 200 SOLAR	12	200	513	223	223	**249,30**	G12L	28,25	277,55
	FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242	**311,50**	G12M	36,25	347,75

El Ajuste de Materia Prima cambiará mensualmente.

Annex X. Marc Legislatiu

El present bloc detalla la principal normativa europea i nacional actualitzada que afecta al sector de les energies renovables, concretament incidint sobre l'energia eòlica, objecte del present projecte, destacant els principals aspectes que regula cadascuna d'elles.

1. Directives Europees sobre Energies Renovables

1.1. Directiva 2009/28/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'abril de 2009

Aquesta directiva europea, la qual substitueix les Directives 2001/77/CE i 2003/30/CE, té com a objectiu fomentar el desenvolupament i ús de fonts d'energia renovables i estableix les directrius generals a seguir, incloent l'obligatorietat que cada país membre elabori plans d'acció per assolir els objectius marcats, detallant el contingut que ha de figurar en els mateixos.

En ella s'estableix l'objectiu global, en àmbit europeu, d'un 20% per a la quota d'energia procedent de fonts renovables per a l'horitzó de 2020. Així com els objectius a l'escala de cada estat integrant. En el cas d'Espanya, l'objectiu se situa en el mateix valor que l'europeu, això és el 20%.

No obstant això, en aquesta directiva no es menciona explícitament l'energia minieòlica (encara que sí fa referència a generació distribuïda i tecnologia eòlica) i tampoc es fica una xifra d'aportació d'aquesta tecnologia a la quota objectiu.

La directiva 2009/28/CE és el document normatiu de partida a escala europea en l'àmbit de les Energies Renovables i la seva lectura ajuda a tenir una visió de conjunt del sector. (1)

1.2. Normativa Espanyola (en vigor) sobre Energies Renovables (Energia Eòlica)

1.2.1. Real Decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.

Aquest Real Decret, emmarcat dintre de la llei general del sector elèctric, l'aspecte més remarcable del qual és la reforma del sistema d'incentius que reben les instal·lacions d'energies renovables, de tal manera que només les que no hagin

superat la vida útil establerta per llei (20 anys per a l'eòlica, 30 per la fotovoltaica i 25 per la resta) seguiran rebent primes.

De la mateixa manera estableix els drets i obligacions de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, la cogeneració i residus i regula la seva participació en el mercat elèctric.

És necessari clarificar que el RD 413/2014 fa referència a l'energia eòlica i no es menciona explícitament l'energia minieòlica.

1.2.2. Ordre Ministerial IET/1045/2014, 16 de juny, per la qual s'aproven els paràmetres retributius de les instal·lacions tipus aplicables a determinades instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.

1.2.3. Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric.

L'article 14.7 estableix un procediment de competència competitiva per l'establiment d'un règim retributiu específic pel foment de la producció d'energia a partir de fonts renovables. Així mateix, estableix un règim retributiu específic a les instal·lacions fotovoltaiques i eòliques en territoris no peninsulars per afavorir la seva expansió, donat que en aquest territoris el cost de generació convencional és més elevat que amb les fonts renovables.

1.2.4. Real Decret-Llei 9/2013, de 12 de juliol, pel qual s'adopten mesures urgents per garantir l'estabilitat financera del sistema elèctric.

Aprova un nou règim jurídic i econòmica per les instal·lacions de producció d'energia elèctrica existents a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.

1.2.5. Real Decret-Llei 1/2012, de 27 de gener, pel qual es procedeix a la suspensió dels procediments de preassignació de retribució i a la suspensió dels incentius econòmics per a noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica a partir de cogeneració, fonts d'energia renovables i residus.

1.2.6. Llei 2/2011, de 4 de març, d'Economia Sostenible.

Inclou sota els seus principis rectors la promoció de les energies netes, reducció d'emissions i reducció de residus, així com l'estalvi i la eficiència energètica.

1.3. Normativa Espanyola (en vigor) sobre Energia Minieòlica

1.3.1. Plan de acción nacional de energías renovables (PANER) 2011-2020

El *Plan de acción nacional de Energías Renovables* 2011-2020, publicat el dia 30 de juny de 201 i elaborat pel Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç i l'*IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)*, substitueix al *Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010*. Per a la seva redacció s'ha pres com a base la directiva europea 2009/28/CE.

El *Plan* estableix les directrius bàsiques a seguir fins el 2020 en el conjunt del sector de les energies renovables i individualment per a cada tecnologia, definint objectius de potència i energia produïda, encara que no estableix retribucions específiques per a la minieòlica.

1.3.1.1. Objectius

En el capítol 5, el PANER fa referència a "Avaluacions" o objectius desitjables per a tecnologies i/o tipologies d'instal·lacions i sectors. És significatiu que, per primera vegada, estableix objectius concrets de potència en l'àmbit estatal per a la tecnologia minieòlica, desglossant l'eòlica en tres grups: terrestre mitjana i gran potència, terrestre petita potència i marina *(off-shore)*.

Per a l'energia eòlica de petita potència, s'espera que la potència instal·lada augmenti progressivament des dels 5MW existents actualment (xifra aproximada ja que no existeix un registre complet i fiable de totes les instal·lacions minieòliques existents a l'Estat) fins els 370 MW l'any 2020.

Aquest objectiu suposa, en un període de 10 anys, multiplicar per més de setanta vegades la potència instal·lada respecte l'existent en 2010. Aquesta xifra dóna una visió de l'enorme potencial que aquesta tecnologia té en el país.

1.3.1.2. Mesures

El *Plan de Acción* marca una sèrie de mesures per assolir els objectius marcats per cada sector i tecnologia. Pel que fa a l'energia minieòlica, aquesta es veu al·ludida de forma directa a través de les mesures que es mostren a continuació.

Mesura	Objectiu
Tractament regulatori específic i establiment d'un marc retributiu adequat.	Incentivar les instal·lacions eòliques de petita potència en entorns urbans, semi-urbans, industrials i agrícoles, amb característiques diferenciades segons el seu estat de maduresa tecnològica i desenvolupament respecte l'eòlica de mitjana i gran potència.
Normalització de les instruccions i procediments tècnics que afectin els equipaments eòlics de baixa potència.	Aconseguir normalitzar l'homologació i certificació d'equips.
Establiment de sistemes d'acreditació per a l'activitat.	Disminuir les barreres administratives.

Taula 76. *Mesures presentades pel "Plan de Acción" en referència a l'energia minieòlica*

Existeixen altres mesures previstes que també afecten, encara que de forma indirecta, l'eòlica de baixa potència. Algunes d'aquestes es mostren a continuació.

Mesura	Objectiu
Canvi cap a un sistema de "xarxes intel·ligents" de transport i distribució *(smart grids)*.	Millorar l'adaptació de la demanda i l'oferta d'energia elèctrica.
Afavorir les instal·lacions de generació elèctrica a partir de fonts renovables destinades a l'autoconsum, mitjançant l'establiment de sistemes més idonis basats en el balanç net i compensació de saldos d'energia.	Limitar la demanda energètica sobre el sistema i així evolucionar cap a una millor gestió de la demanda.
Establiment un marc retributiu estable, flexible, controlable i segur per als promotors i el sistema elèctric.	Fomentar les inversions en el sector i dinamitzar l'economia.
Nova regulació per facilitar la connexió de les instal·lacions de generació elèctrica amb energies renovables de petita potència associades a centres de consum interconnectats amb la xarxa elèctrica, especialment de baixa tensió.	Disminuir les barreres administratives.

Taula 77. *Altres mesures presentades pel "Plan de Acción" en referència a l'energia minieòlica*

1.3.1.3. Competències territorials

Les competències en matèria d'energies renovables, en l'àmbit de regulació de procediments i d'autoritzacions, permisos i llicències, se situen a tres nivells: estatal, autonòmic i local i afecten a tres àrees: indústria, urbanisme i mediambient.

En funció de la comunitat autònoma, les competències estan més o menys descentralitzades segons el sector i poden ésser més o menys complexes. És per això que queda fora de l'abast d'aquest document entrar en una anàlisi detallada dels tràmits necessaris a realitzar en funció de la ubicació de la instal·lació i es recomana consultar el document Annex al PANER amb la normativa i les competències corresponents a cada comunitat autònoma.

1.3.2. Real Decret 661/2007, 25 de maig (última actualització, publicada el 13/07/2013, en vigor a partir del 14/07/2013)

Mitjançant aquest Decret es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.

L'objecte d'aquest document és l'establiment d'un règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, que substitueix al Real Decret 436/2004, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial per una nova regulació de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial. En el cas de l'energia minieòlica, la retribució és exactament la mateixa que la dels grans parcs eòlics.

1.3.3. IEC 61400-2. Normativa de disseny, petits aerogeneradors

La Comissió Internacional d'Electrotècnia (IEC), dins de les seves recomanacions per a l'estandardització, va publicar l'any 2006 la IEC 61400-2, per la qual es determinen els requisits, controls, mesures, entre altres, necessaris per a la fabricació, la instal·lació i el manteniment d'aerogeneradors de petites dimensions, això és amb una àrea d'escombratge inferior a 200m^2 (per tant, amb diàmetre inferior a 16cm), generant un voltatge inferior a 1.000V CA o 1.500V VCC. Els aspectes que conté aquesta normativa es mostren a continuació.

1.3.3.1. Condicions externes

En aquest apartat es defineixen les condicions climàtiques externes tenint en compte el disseny d'aerogeneradors, tals com:

- ✓ Velocitats de vent
- ✓ Turbulències
- ✓ Temperatura (rang mínim entre -20ºC i +50ºC
- ✓ Humitat (fins 95%)
- ✓ Densitat de l'aire (1,225 kg/m^3)
- ✓ Radiació solar (1.000 w/m^2)
- ✓ Pluja, calamarsa, neu i gel
- ✓ Rajos
- ✓ Entorns corrosius

Les turbines es classifiquen en cinc classes en funció de les condicions de vent i turbulència.

Classe d'aerogenerador v_{ref} (m/s)	**I**	**II**	**III**	**IV**	**S**
	50	42,5	37,5	30	Valors específics de disseny
V_{ave} (m/s)	10	8,5	7,5	6	
I_{15} (-)	0,18	0,18	0,18	0,18	
a (-)	2	2	2	2	
On: ✓ Els valors corresponents a l'altura de la boixa ✓ I_{15} és un valor adimensional de la intensitat de turbulència a 15 m/s ✓ *a* és un paràmetre adimensional					

Taula 78. *Classificació dels aerogeneradors en funció de les condicions de vent i turbulència*

A més, es defineixen les condicions elèctriques nominals de les càrregues a alimentar i les condicions extremes, tant en instal·lacions connectades en xarxa com aïllades, per als dos paràmetres: voltatge i freqüència.

1.3.3.2. Disseny Estructural

Es defineixen les condicions i mètodes a utilitzar a l'hora de calcular la resistència estructural de l'aerogenerador.

Els tipus de càrregues són les següents.

- ✓ Càrregues gravitacionals i inercials (pes, inèrcia, vibracions...)
- ✓ Càrregues aerodinàmiques (per interacció del vent amb les superfícies)
- ✓ Càrregues operacionals (per gir de la turbina, fre...)

Els mètodes de disseny i verificació a utilitzar són:

- ✓ Equacions simplificades de càrrega
- ✓ Models aero-elàstics
- ✓ Comprovació de càrregues mecàniques

A més, s'enumeren els requeriments dels materials a utilitzar per garantir la seguretat i la integritat de la instal·lació.

1.3.3.3. Sistemes de Protecció i Parada

La norma exigeix que l'aerogenerador disposi d'un sistema actiu i/o passiu de protecció pera no excedir els valors segurs d'operació (en especial la velocitat de rotació del rotor).

Per a aerogeneradors amb un àrea d'escombrada superior a 40m^2 és obligatòria l'existència d'un interruptor o botó manual d'aturada, que prevalgui sobre els sistemes automàtics, així com un procediment de parada. Per a aerogeneradors amb superfície d'escombrada inferior només és obligatòria l'existència d'un procediment.

1.3.3.4. Comprovació

En aquest apartat es defineixen els paràmetres i mètodes per a la comprovació de l'aerogenerador.

Entre els paràmetres es troben els següents.

- ✓ Potència
- ✓ Velocitat de rotació
- ✓ Parell de rotació

Els mètodes de comprovació a utilitzar són els següents.

- ✓ Assaig de fatiga del conjunt
- ✓ Assaig de fatiga dels components
- ✓ Assaig de seguretat i funcionament
- ✓ Assaig de condicions externes
- ✓ Assaig de components elèctrics

1.3.3.5. Sistema Elèctric

Tots els components elèctrics (inclosos cables) hauran d'acomplir amb els requeriments estàndard aplicables en el país de fabricació. Es requereix la presència dels següents elements.

- ✓ Elements de protecció
- ✓ Elements de desconnexió
- ✓ Presa de terra
- ✓ Protecció contra rajos

A més, s'enumeren les consideracions a tenir en compte en els casos que s'exposen a continuació.

- ✓ Ús de bateries en instal·lacions aïllades
- ✓ Connexió en xarxa (pèrdua de xarxa i harmònics)
- ✓ Connexió directa a motors (bombes) i resistències (calefacció)

1.3.3.6. Estructura de Suport

Si l'aerogenerador té una àrea d'escombrada superior a 2m^2, l'estructura de suport haurà de formar un conjunt amb l'aerogenerador. El fabricant haurà d'especificar les característiques completes dels fonaments a realitzar. Aquelles estructures que no poden ser baixades a nivell de terra per efectuar el manteniment de l'aerogenerador, hauran de disposar d'un sistema de subjecció segur per a l'operari que treballi en altura.

1.3.3.7. Documentació

El fabricant haurà de proporcionar manuals detallats del producte, incloent una clara descripció de tres apartats.

- ✓ Muntatge i instal·lació. S'especifiquen els requeriments de maquinària auxilia necessària i els procediments d'instal·lació, així com l'esquema elèctric
- ✓ Operativa. Procediments de posada en marxa i parada i la configuració dels sistemes de control d'operació
- ✓ Manteniment. S'inclouen rutines de manteniment i inspecció, així com instruccions de seguretat.

1.3.3.8. Etiquetatge

La següent informació, com a mínim, haurà de ser mostrada en la placa de l'aerogenerador de forma que no pugui ser esborrada.

- ✓ Fabricant i país
- ✓ Número de sèrie
- ✓ Data de fabricació
- ✓ Voltatge i intensitat màximes dels terminals de l'aerogenerador
- ✓ Freqüència quan es connecta en xarxa

Hi ha una informació addicional (no obligatòria) que pot ser

- ✓ Pes
- ✓ Velocitat de vent de supervivència
- ✓ Classe d'aerogenerador
- ✓ Àrea d'escombrada
- ✓ Potència nominal
- ✓ Longitud de les pales del rotor

1.3.4. Real Decret 842/2002, de 2 d'agost, reglament electrotècnic per a baixa tensió i ITC complementàries

El present Reglament té per objecte establir les condicions tècniques i les garanties que han de reunir les instal·lacions elèctriques connectades a una font de subministrament en els límits de baixa tensió, amb les finalitats que es mostren a continuació:

- ✓ Preservar la seguretat de les persones i dels béns.
- ✓ Assegurar el normal funcionament d'aquestes instal·lacions i prevenir les pertorbacions en altres instal·lacions i serveis.
- ✓ Contribuir a la fiabilitat tècnica i a l'eficiència econòmica de les instal·lacions.

1.3.5. Real Decret 314/2006, 17 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)

El CTE és el marc normatiu que estableix les exigències que hauran de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i d'habitabilitat establerts en la Llei d'Ordenació de l'Edificació del CTE. Els documents bàsics (DB) estableixen de manera estructurada les exigències que s'indiquen en els objectius de la llei i els seus requisits bàsics. Aquests DB defineixen les regles tècniques que contenen la metodologia de càlcul de els solucions acceptables per

a cadascun dels tipus d'instal·lacions que contempla el Codi. No obstant això, en ocasions es deia oberta la possibilitat de proposar altres mitjans diferents per al seu compliment com una alternativa als establerts.

1.3.6. Real Decreto 1699/2011 de regulació de la connexió a la xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.

Publicat el dia 8 de desembre, aquest decret pretén regular les condicions administratives i tècniques per a la connexió de les instal·lacions de petita potència.

1.3.7. Real Decreto 900/2015, de 9 d'octubre, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i producció amb autoconsum.

1.3.7.1. Aplicació

Instal·lacions connectades a l'interior d'una xarxa, encara que aquestes no aboquin energia a les xarxes de transport i distribució en cap instant. Hi ha dos tipus, 1 i 2.

1. Consumidor en un únic punt de subministrament o instal·lació, que disposi en la seva xarxa interior d'una o diverses instal·lacions de generació d'energia elèctrica, destinades al consum propi i que no estiguin donades d'alta en el corresponent registre com a instal·lació de producció.
   - ✓ Potència contractada del consumidor no superior a 100 kW. La suma de totes les potències instal·lades de generació han de ser igual o inferior a la potència contractada pel consumidor.
   - ✓ El titular del punt de subministrament serà el mateix que el de tots els equips de consum i instal·lacions de generació connectats a la seva xarxa.
   - ✓ Instal·lacions de generació i el punt de subministrament hauran de complir els requisits tècnics continguts en la normativa, en particular els establerts en el RD 699/2011 de connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.
2. Consumidor d'energia elèctrica en un punt de subministrament o instal·lació, que estigui associat a una o diverses instal·lacions de producció degudament inscrites en el registre administratiu d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica connectades a l'interior de la xarxa o que comparteixin infraestructura

de connexió amb aquest o bé que estiguin connectats a través d'una línia directa.

- ✓ Suma de les potències instal·lades de les instal·lacions de producció igual o inferior a la potència contractada pel consumidor.
- ✓ Si existeixen diverses instal·lacions de producció, el titular de totes haurà de ser la mateixa persona física o jurídica. Instal·lacions de producció hauran de complir els requisits tècnics continguts en la normativa en particular la que regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.
- ✓ Quan les instal·lacions de producció comparteixin infraestructures de connexió a la xarxa de transport o distribució o es connectin a la xarxa interior d'un consumidor respondran solidàriament per l'incompliment d'aquest RD.

1.3.7.2. Requisits d'Instal·lació

- ✓ Subscriure un contracte d'accés amb l'empresa distribuïdora directament o a través de l'empresa comercialitzadora, o modificar l'existent. En el cas 2 haurà de subscriure dos contractes.
- ✓ Possible contracte d'accés conjunt per als de producció i consum associat si la suma de les potències instal·lades de les instal·lacions de producció no es superior a 100 kW i el consumidor i els titulars de les instal·lacions de producció són la mateixa persona física o jurídica.
- ✓ Temps de permanència d'un any.
- ✓ Un generador mai es podrà connectar a la xarxa interior de diversos consumidors.
- ✓ Podran instal·lar-se elements d'acumulació en les instal·lacions, quan disposin de les proteccions establertes en la normativa de seguretat i qualitat industrial que els apliqui i es trobin instal·lades de tal formen que comparteixin equip de mesura que registri la generació neta o equip de mesura que registri l'energia horària consumida.
- ✓ L'empresa distribuïdora podrà procedir a la interrupció del subministrament si la instal·lació és perillosa a causa d'un incompliment dels requisits o a una manipulació de l'equip de mesura.

1.3.7.3. Equips de Mesura

- ✓ S'instal·laran a les xarxes interiors corresponents, en els punts més propers possibles al punt de frontera, i tindran capacitat de mesura de resolució almenys horària.

- ✓ Les mesures dels equips seran elevades al nivell de tensió del punt frontera afectant-les, si escau, per les pèrdues pertinents. No es podran aplicar coeficients de pèrdues diferents en mesures afectades per les mateixes pèrdues.
- ✓ A excepció dels serveis auxiliars de generació i, si escau d'instal·lacions d'acumulació, en el circuit que uneix la instal·lació de generació amb el seu equip de mesura no podrà intercalar-se cap element de consum.
- ✓ L'encarregat de la lectura prendrà les mesures d'energia que els corresponguin, i, si s'escau, el control de potència, els excessos d'energia reactiva, i la realització dels saldos nets horaris. En el cas 1 l'encarregat de la lectura serà el distribuïdor.
- ✓ En el cas d'autoconsum 1, hauran de disposar d'un equip de mesura que registri l'energia neta generada de la instal·lació de generació i d'un altre equip de mesura independent en el punt frontera de la instal·lació. Opcionalment es podrà disposar d'un equip de mesura que registri l'energia consumida total pel consumidor associat.
- ✓ Amb caràcter general en el cas 2 d'autoconsum, hauran de disposar d'un equip de mesura bidireccional que mesuri l'energia generada neta i un equip de mesura que registri l'energia consumida total pel consumidor associat.

1.3.7.4. Inscripció en el Registre Administratiu d'Autoconsum d'Energia Elèctrica

- ✓ La inscripció es realitzarà pel titular del punt de subministrament, que és el subjecte obligat, en el termini màxim d'un mes des de la formalització o modificació del contracte d'accés. El registre és públic i gratuït.
- ✓ L'empresa instal·ladora podrà en el cas d'autoconsum 1, realitzar la sol·licitud pertinent d'inscripció en el registre, en nom del titular del punt de subministrament, sobre qui recaurà, en tot cas, l'obligació d'estar inscrit en el citat registre.
- ✓ Fins a la total habilitació del registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica per mitjans electrònics, els titulars de les instal·lacions obligats a la inscripció en el mateix, hauran de presentar la comunicació a través dels llocs recollits en l'article 38.4 de la Llei 30/1992.

1.3.7.5. Infraccions i Sancions

- ✓ L'incompliment dels requisits tècnics indicats en l'Art. 5 per part d'una instal·lació connectada a xarxa quan això provoqui incidències a la xarxa de distribució serà infracció MOLT GREU (multa de 6 a 60 milions €) i si no provoca incidències, INFRACCIÓ GREU (multa de 600.000 € a 6 milions €).

Les següents taules mostren de manera resumida el contingut més rellevant d'aquest decret.

Conceptes	Tipus 1	Tipus 2
Potència de la instal·lació major a la potència contractada	No	No
Límit màxim de potència	100 kW	No
RAIPRE	No	Si
Mateix titular de generació i consum	Si	No (però només 1 a 1)
Subjectes del sistema	Consumidor	Consumidor i Productor
Retribució per energia excedentària	No	Si
Peatge de generació	No	Si
Impost de generació	No	Si

Taula 79. *Modalitats de subministrament elèctric segons el tipus d'autoconsum*

Conceptes	Tipus 1	Tipus 2	Tipus 2 (*)
Equip de mesura bidireccional que mesura l'energia neta generada	-	Si	Si
Equip de mesura que registra l'energia consumida total pel consumidor associat	Opcional	Si	Opcional
Equip de mesura bidireccional ubicat en el punt frontera de la instal·lació	-	Opcional	Si
Equip de mesura que registra l'energia neta generada de la instal·lació de generació	Si	-	-
Equip de mesura independent en el punt frontera de la instal·lació	Si	-	-

Taula 80. *Disposició dels equips de mesura en funció del tipus d'autoconsum*

Classificació de les Instal·lacions (Art. 4.1)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
No estaran inscrites en el Registre de Producció.	Estaran inscrites en el Registre de Producció.
No poden cobrar els abocaments a la xarxa.	Poden cobrar els abocaments a la xarxa.
No es poden connectar a diversos consumidors. Inscripció: (Art. 19, 20 i 21) El titular és l'obligat, però pot delegar en els instal·ladors. ✓ Les de menys de 10kW en la Secció 1a del Registre. ✓ Les de més de 10kW en la Secció 2a del Registre.	Inscripció: (Art 19, 20 i 21) Tenen el deure d'inscriure's en la secció 2a.
El Ministeri pot imposar la instal·lació de dispositius d'abocament 0 (Disposició addicional 5a).	Les instal·lacions aïllades, fotovoltaiques o no, de qualsevol potència estan obligades a inscriure's.

Taula 81. *Classificació de les instal·lacions (Art. 4.1)*

Requisits Generals (Art. 5)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
Menys de 100kW de potència.	Poden superar els 100kW de potència.
La potència serà inferior o igual a la contractada.	La potència serà inferior o igual a la contractada.
Complirà els requisits tècnics generals i els establerts al RD 1699/2011 que regula la instal·lació <100kW. Es consideraran instal·lacions únicament de producció.	Complirà els requisits tècnics generals i els establerts al RD 1699/2011 que regula la instal·lació <100kW, RD 1955/2000 i RD 413/2014.
La distribuïdora pot retallar el subministrament per incompliment normatiu o perill.	La distribuïdora pot retallar el subministrament per incompliment normatiu o perill.
Està permesa la instal·lació de bateries si aquestes comparteixen l'equip de mesura de la generació neta o de l'energia horària consumida.	Està permesa la instal·lació de bateries si aquestes comparteixen l'equip de mesura de la generació neta o de l'energia horària consumida.
Disposició addicional 5a, queden excloses d'autorització administrativa prèvia les instal·lacions de menys de 100kW de potència.	

Taula 82. *Requisits generals (Art. 5)*

Procediment de Connexió i Accés (Art. 7)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
Sol·licitar a la distribuïdora encara que no hi hagi abocament a la xarxa.	Sol·licitar a la distribuïdora.
Procediment del Cap. II del RD 1699/2011, que compta amb un abreviat per <10kW.	Per 100kW, aplicar Cap. II del RD 1699/2011. Per >100kW, aplicar RD 1955/2000.
Per a instal·lacions de menys de 10kW amb dispositiu d'abocament 0 no es pagaran gestions d'estudi.	Conforme a l'Art. 6 del RD 1699/2011 s'abonaran els estudis d'accés i connexió establerts per l'Art. 30 del RD 1048/2013.

Taula 83. *Procediment de connexió i accés (Art. 7)*

Contractes d'Accés Autoconsum (Art. 8)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
Tot i que no es dugui a terme abocament a la xarxa, s'ha de subscriure un contracte d'accés amb una distribuïdora o comercialitzadora, amb permanència d'un any.	S'ha de subscriure un contracte d'accés amb una distribuïdora o comercialitzadora, amb permanència d'un any.

Taula 84. *Contractes d'accés a l'autoconsum (Art. 8)*

Peatges d'Accés a les Xarxes (Art. 9)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
No existeix cap especificació referent a aquesta modalitat, per el moment.	S'hauran d'abonar peatges d'accés a la xarxa pels abocaments a la xara establerts en el RD 1544/2011.

Taula 85. *Peatges d'accés a les xarxes (Art. 9)*

Requisits Generals de Mesura de la Modalitat d'Autoconsum (Art. 11)	
Autoconsum Tipus 1	**Autoconsum Tipus 2**
Real Decret 110/2007 Reglament unificat de punts de mesura.	
S'instal·laran en la xarxa interior, en el punt més pròxim al punt de frontera i tindran la capacitat de mesura horària.	
No es podran instal·lar aparells de consum entre el generador i el comptador.	
El lector encarregat de les companyies podrà accedir a les lectures.	

Taula 86. *Requisits generals de mesura de la modalitat d'autoconsum (Art. 11)*

Requisits Particulars	
Autoconsum Tipus 1 (Art. 12)	**Autoconsum Tipus 2 (Art. 13)**
Els comptadors comptaran amb els mateixos requisits de precisió i comunicació que els del punt de frontera del consumidor.	Els equips adoptaran les característiques més exigents per a cada modalitat.
Els de tipus 4 i 5 comptaran amb tele-gestió i tele-mesura.	Els de tipus 4 i 5 comptaran amb tele-gestió i tele-mesura.
Els de tipus 3 comptaran amb dispositius de comunicació remota.	Els de tipus 3 comptaran amb dispositius de comunicació remota.
Un comptador registrarà l'energia neta generada.	Un comptador registrarà l'energia neta generada.
Un comptador independent en el punt frontera.	Un comptador que mesuri l'energia consumida.
Opcionalment un comptador que mesuri l'energia consumida.	Potestativament un equip bidireccional instal·lat en el punt frontera.

Taula 87. *Requisits particulars*

<table>
<tr><th colspan="2">Règim Econòmic Transitori (Disposició Transitòria Primera)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Els preus dels peatges d'accés a les xarxes de transport i distribució i càrrecs associats als costos del sistema s'aplicaran conforme el determinat en l'Art. 9 de l'ordre IET/2444/2014, 19 de desembre, pel qual s'estableixen els peatges d'accés d'energia per 2015.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Determinació d'aquests Components d'Accés</td></tr>
<tr><td><u>Tipus 1:</u> La facturació es calcularà considerant el control de potència, la demanda horària i en el seu cas el terme d'energia reactiva en el punt frontera de la instal·lació.</td><td><u>Tipus 2:</u> La facturació dels peatges d'accés es determinarà conforme l'apartat b) de la disposició transitòria primera del RD 900/2015.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3.- Addicionalment als anteriors punts, seran d'aplicació de forma transitòria els càrrecs associats als costos del sistema i el càrrec per altres serveis:
✓ Càrrecs fixes en funció de la potència en €/kW any. Van de 8,9€ per <10kW a 32€ per >15kW (Veure en detall en el quadre descriptiu del decret en la seva Disposició Transitòria 1a).
✓ Càrrec variable, denominat "càrrec transitori per energia autoconsumida", el qual s'aplicarà sobre l'autoconsum horari. Estarà en relació amb cada categoria de peatges d'accés i va de 0,046750€/kW per la tarifa 2.0A de potències <10kW a 0,015678€/kW per tarifes de 3.0A per potències >15kW. (Veure amb detall en el quadre del decret de la Disposició Transitòria 1a).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Les instal·lacions Tipus 1 de <10kW estan exemptes de càrrec variable. (Apartat 3r de la Disposició Transitòria 1a).</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>Disposició addicional cinquena:</u> Queden excloses del règim d'autorització administrativa prèvia i d'autorització administrativa de construcció les instal·lacions menors o iguals a 100kW de potència.</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>Disposició transitòria tercera:</u> Les instal·lacions existents tenen 6 mesos per adaptar-se i inscriure's en els Registres.</td></tr>
</table>

Taula 88. *Règim econòmic transitori (disposició transitòria primera)*

1.4. Normativa Aplicable a Catalunya

D'acord amb la informació proporcionada per la Direcció General d'Energia i Mines de la Generalitat de Catalunya, que és l'òrgan competent en la tramitació d'instal·lacions minieòliques, la normativa aplicable és la següent:

✓ **Decret 147/2009.** Procediments administratius per a la implantació de parcs eòlics i instal·lacions fotovoltaiques. Article 6 "petites instal·lacions eòliques".

Addicionalment, s'ha de sol·licitar els permisos corresponents, l'estudi d'impacte ambiental en aquells casos que ho requereixin i es complirà, tal i com s'ha comentat abans, el Reglament Electrotècnic per a Instal·lacions de Baixa Tensió.

Annex XI. Pressupost Maquetes

El document adjuntat a continuació mostra el pressupost sobre la maqueta a escala 1:50 proposada en el Projecte Educatiu.

El present document ha estat emès per l'empresa *"Maquetas Axfito"*.

Propuestas económicas modelos de aerogeneradores mod3 escala 1:50 versión estática con funcionamiento manual y versión funcional mediante motor con rodamientos y eje de aluminio.

Cliente: Eva

Características:

Modelo a escala 1:50
Diseñado para ser usado en exterior e interior
Posibilidad de personalizar en color e imagen con logotipo o texto
Se fabrican en versión terrestre y versión de turbina marina

Materiales:

PVC, FIBRA DE VIDRIO, RESINA DE POLIURETANO, EJE DE ALUMINIO Y RODAMIENTOS.
Se desmontan las 3 palas para facilitar su transporte.

Especificaciones y precios:

Maquetas Axfito ha desarrollado hasta la fecha 3 versiones de turbina eólica.

Mod1 Descatalogado
Mod2 Descatalogado
Mod3 En fabricación
Mod4 En desarrollo

Modalidad A: Versión mod3

Precio de aerogenerador a escala 1:50 versión estática (Funcionamiento del rotor tripala manual)
Dimensiones:
180 Cm altura desde base a góndola/nacelle
Altura total con palas en rotación 2,50 Mtrs.
Diámetro 150 Cm palas en rotación

(Es posible personalizar la altura total de la turbina)

Precio ..... 1380 € sin IVA

Incluye:
Mano de obra, elaboración del proyecto, caja embalaje y transporte.

NOTA: En este caso, dado que estamos a punto de terminar el nuevo mod4 con mejoras frente al mod3, incluiríamos el nuevo modelo manteniendo el precio del mod3.

Modalidad B: Versión mod3

Precio de aerogenerador a escala 1:50 versión funcional
(Funcionamiento del rotor tripala mediante motor, eje de aluminio y rodamientos)

Dimensiones:
180 Cm altura desde base a góndola/nacelle
Altura total con palas en rotación 2,50 Mtrs.
Diámetro 150 Cm palas en rotación

(Es posible personalizar la altura total de la turbina)

Precio ..... 1690 € sin IVA

Incluye:
Mano de obra, elaboración del proyecto, caja embalaje y transporte.
Material eléctrico, cableado, conexiones y motor.
Funcionamiento a 220 V.

NOTA: En este caso, dado que estamos a punto de terminar el nuevo mod4 con mejoras frente al mod3, incluiríamos el nuevo modelo manteniendo el precio del mod3.

NOTA: Tratándose de un colegio, es preferible usar un motor de CC con un voltaje máximo de 12 V.

En caso de encargar 6 unidades, podemos ajustar un presupuesto global, dado que nos es más fácil elaborar en serie al mismo tiempo. Los aerogeneradores no se encuentran en stock, se fabrican bajo pedido, previa reserva de fechas para su comienzo.

La fabricación de un aerogenerador se estima en un tiempo de 15 días laborables.

El precio final de 6 unidades a escala 1:50 en versión estática manual sería de :

8280 € - 1200 € descuento = 6880 € sin IVA

A continuación podrán visualizar algunas imágenes de nuestros modelos elaborados:

maquetas axfito

www.maquetasaxfito.com

facebook Maquetas Axfito

Turbina eólica marina - Aerogenerador MOD3 diseño exclusivo de Maquetas Axfito
Proyecto promovido por "Ecoscientia planet"

http://www.ecoscientia.org/

maquetas
exito
mod3 wind turbine

maquetas
exito
mod3 wind turbine

maquetas
exito
www.maquetasexito.com
mod3 wind turbine

maquetas axfito

www.maquetasaxfito.com

facebook Maquetas Axfito

Turbina eólica marina - Aerogenerador MOD3 diseño exclusivo de Maquetas Axfito
Proyecto promovido por "Ecoscientia planet"

http://www.ecoscientia.org/

Condiciones:

En caso de aceptación de propuestas económicas, Maquetas Axfito enviará imágenes de los procesos mediante e-mail.

El cliente deberá abonar el 40% del presupuesto total en concepto de reserva fecha comienzo y materiales del proyecto.

En caso de personalización del o los modelos a escala, el cliente deberá aportar códigos RAL para colores, logotipos o posibles imágenes y textos que quieran plasmar en cada modelo.

Nos complace compartir el molino de viento manchego del S. XVI elaborado como recurso expositivo itinerante. En la antigüedad la fuerza del viento era usada para moler el trigo, en la actualidad es utilizada para generar energía eólica !

Próxima fecha disponible para reserva y comienzo de proyecto 15 de Mayo de 2017
Plazo de ejecución estimativo según modalidades elegidas de 15 días

Estaremos encantados de resolver vuestras dudas.

+ INFO:

Dpto. Maquetas - Diseño

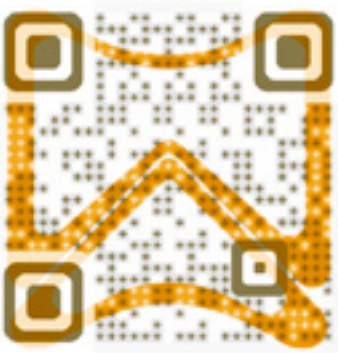
daniel@maquetasaxfito.com
www.maquetasaxfito.com

Dpto. Gestión Cultural - Patrimonio
inma.historia@grupoaxfito.com

www.grupoaxfito.com

www.grupoaxfito.com

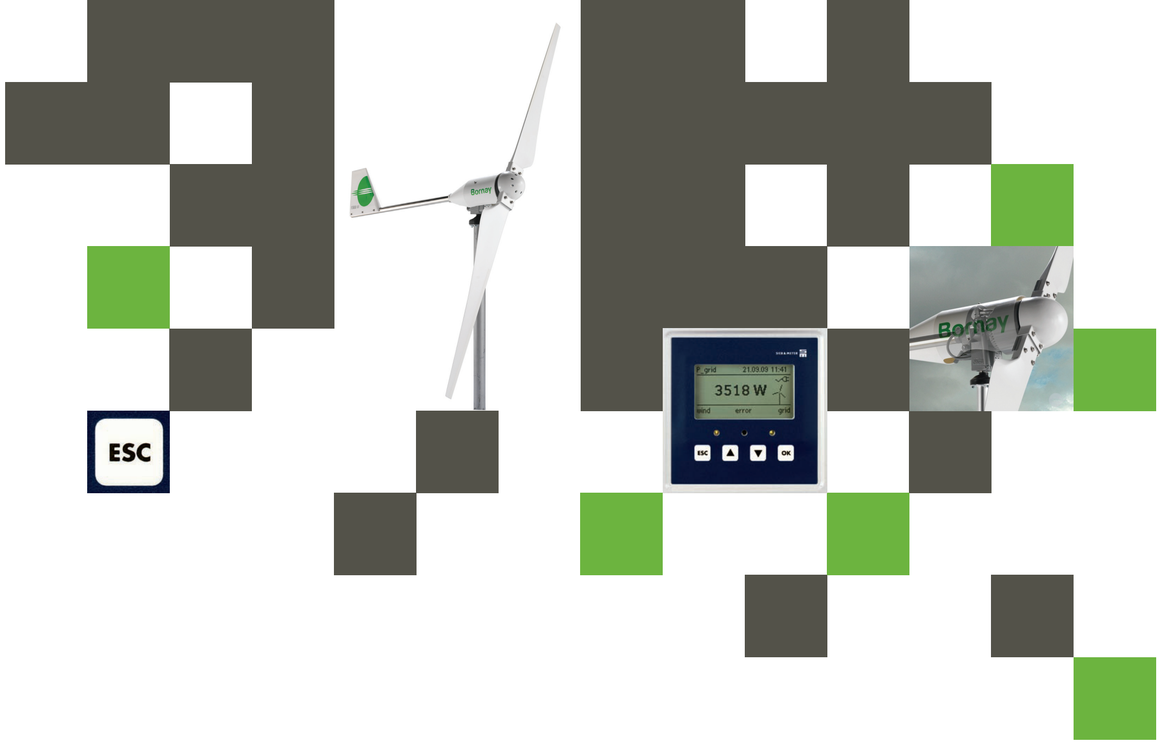
nos gusta lo que hacemos



Annex XII. Especificacions del Model d'Inversor *Aeocon 9,9 kWp 380v 50 Hz III*

Les següents pàgines mostren les especificacions del model d'inversor seleccionat en el present projecte.

El document adjunt ha sigut extret del mateix fabricant *Bornay*.



Feed-in Converter
aeocon

Bornay

Bornay Aerogeneradores, s.l.u.
P. I. Riu, Camino del Riu s/n
03420 Castalla (Alicante) Spain
Tel. +34 / 965 560 025
Fax. +34 / 965 560 752
Email: bornay@bornay.com
www.bornay.com

Bornay

aeocon – The Smart All-rounder

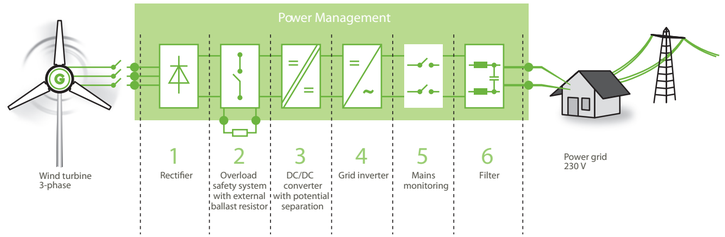
The feed-in converter aeocon for small wind turbines has been developed based on a concept SIEB&MEYER has applied a patenfor. aeocon combines the rectifier, the inverter and the ballast circuit in one compact housing. This concept allows triggering the external ballast resistor directly.
The „brain" of aeocon is the control especially adapted to the requirements of small wind turbines. This allows excellent control of the different operating modes under consideration of the characteristic curve of the turbine. The control ensures smooth start-up of the wind turbine at every time and selection of the optimum operating point during different wind conditions. Thanks to the Maximum Power Point Tracking (MPPT) the best possible efficiency is reached particularly during partial-load conditions.
The rated electric power of the device to be connected to a single-phase 230 V mains is specified with 4.6 kW. Besides the control tasks the maintenance-free device fulfills various protective functions during operation – for example the controlled load of therotorin theeventof an AC power failureby means of an external ballast resistor.

Why aeocon?

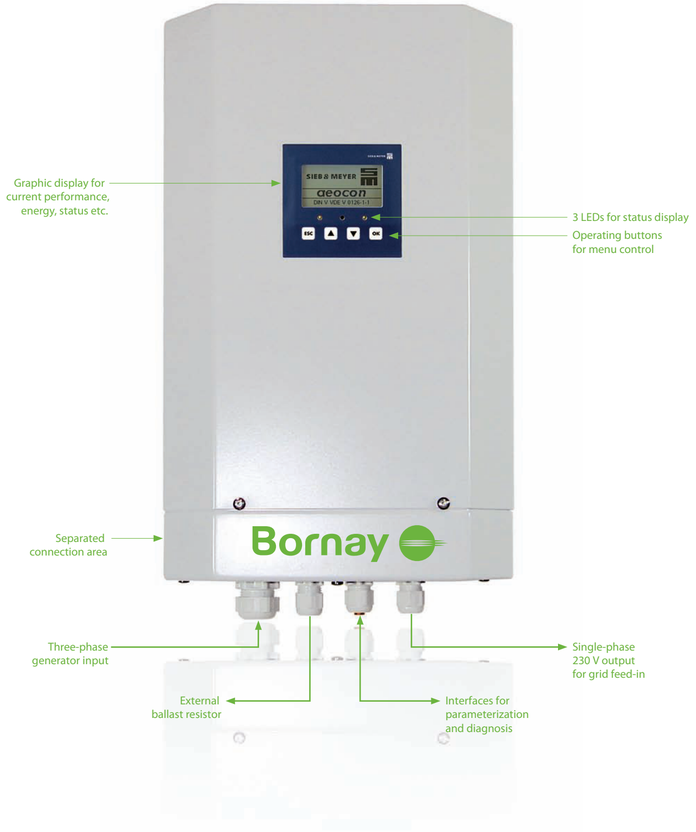
aeocon extracts the maximum of the small wind turbine. The converter is a real expert for the operation of wind turbines. The control speed meets the high demands of small wind turbines.aeocon monitors the rotor speed by using the generator frequency. Together with the 8 interpolation points used for precise adjustment of the control curve aeocon reaches excellent control performances. Furthermore, the control curve automatically adapts to the current wind conditions and thus compensates mechanical construction tolerances of the wind turbine. The wide input voltage range allows effective operation also at low wind speeds.
When the small wind turbine not generate power aeocon shuts down and does not use power from the grid.

As soon as the small wind turbine supplies aeocon with power, aeocon switches on and controls the turbine. Since small wind turbines often operate under partial-load, aeocon is optimized toreach high efficiency also in this range. This in turn has positive effects on the energy yield. But what happens, if the wind turbine generates more power than can be fed into the electric mains or if mains power fails? aeocon activates the load resistor and safely discharges surplus power up to 5 kW. This energy – converted into heat – can for example be used to support the heating system. The integrated galvanic seperation allows parallel connection of the devices ensuring an optimal field of application also in three-phase feed-in small wind turbines at powers up to 14 kW.

Block Diagram for aeocon



The Interfaces of aeocon



Monitor the Wind!

aeocon comes with a data logger including a real-time clock which continuously records the performance of the wind turbine. The memory is equipped with a battery, ensuring that no data will be lost during windless conditions. The graphic display integrated in the device front provides all relevant information on the operating stateof the system. The following values can be displayed:

Mains power	P_{Mains}
Mains energy	E_{Mains}
Powerof the heating resistor	P_{Heat}
Energy of the heating resistor	E_{Heat}
Speed of the wind turbine	n_{WT}
Generator voltage	U_{WT}
Converter temperature	T_{aeocon}
Mains voltage	U_{Mains}
Mains current	I_{Mains}
Mains frequency	f_{Mains}

Via the terminal parameters in the data logger are shown and the real time clock can be set. Switching between English, German or French is possible.

Technical Specifications aeocon

Input (3-phase)	
Generator type	Permanently excited synchronous generator
Operating voltage range	40 V_{AC} to 340 V_{AC}
Maximum voltage	400 V_{AC}
Optimum generator voltage at rated power	300 V_{AC}

Ballast circuit	
Switching threshold	480 V_{DC} (correspondto 340 V_{AC} generator voltage)
External ballast resistor	22 – 46 ohms, 5 kW

Output (1-phase)	
Rated voltage	230 V_{AC}
Rated power aeocon 4600	4.6 kW
Rated current aeocon 4600	20 A
Mains frequency	50 Hz / 60 Hz
Mains monitoring	DIN V VDE V 0126-1-1 EN 50438 Ireland EN 50438 France EN 50438 Netherlands EN 50438 Portugal EN 50438 Spain EN 50438 Bulgaria ER G83/1-1 Others in preparation.

General data	
Weight	25 kg
Dimensions (h x w x d)	533 x 305 x 205 mm
IP Code	IP40
Type of cooling	Natural convection
Admissible ambient temperature	-20°C to +40°C

The stated current and voltage values are rms values.

Subjecttochanges and errors.

Bornay

Annex XIII. Manual d'Usuari del Model d'Aerogenerador *Bornay 6kW*

Les següents pàgines mostren el manual d'usuari del model de turbina seleccionat en el present projecte, corresponent a l'aerogenerador *Bornay 6kW*.

El manual adjunt ha sigut extret del mateix fabricant *Bornay*.

Aerogenerador Bornay 6000

Manual de Usuario

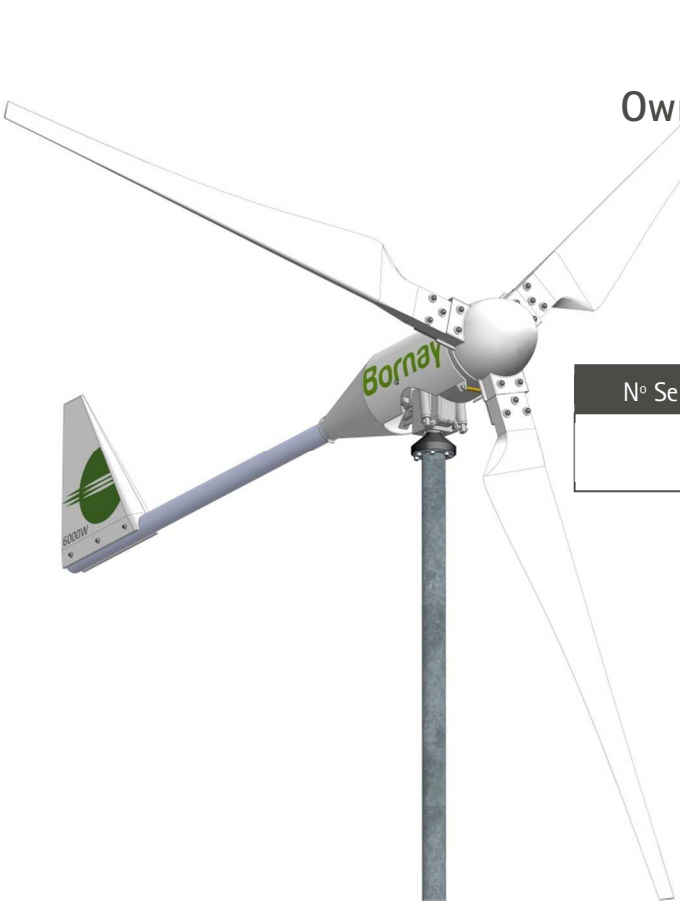
Montaje
Operación
Mantenimiento

ESP

Owner's Manual

Installation
Operation
Maintenance

GB



Nº Serie / Serial #	Voltaje / Voltage

Bornay Aerogeneradores, slu
P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante) España
Tel. +34/965560025
Fax +34/965560752
bornay@bornay.com
www.bornay.com

Índice	2
Bienvenidos al mundo del viento	3
Componentes del aerogenerador	5
Datos técnicos	6
Emplazamiento del aerogenerador	8
Montaje	8
La Torre	9
Cableado eléctrico	10
Regulador	15
Montaje del aerogenerador	20
Mantenimiento	25
Preguntas frecuentes	27
Solución de problemas	30
Anexos	33
Declaración de conformidad	35
Garantía.	36

ESP

Apreciado cliente,

Gracias por la compra de su nuevo aerogenerador **Bornay 6000**, el cual esperamos satisfaga sus necesidades para el cual ha sido adquirido y por el cual lo hemos producido.

Al final del manual dispone de sus condiciones de garantía, las cuales dependen de una correcta instalación de su aerogenerador, lo cual asegurará el correcto funcionamiento del mismo y por supuesto el correcto servicio.

Si necesita algún tipo de información sobre su aerogenerador o la instalación del mismo, estamos a su disposición.

Nuevamente, le damos la bienvenida al mundo del viento.

Atentamente,

Bornay Aerogeneradores.

Bornay Aerogeneradores, slu P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n 03420 Castalla (Alicante) España Tel. +34/965560025 Fax +34/965560752 bornay@bornay.com www.bornay.com

Información de su interés:

Este manual contiene toda la información necesaria para la correcta instalación y mantenimiento de su aerogenerador. Para asegurar su correcto funcionamiento, evitar roturas y peligros, se recomienda que lea atentamente este manual antes de proceder a realizar la instalación.

En determinados puntos de este manual encontrará puntos que precisan de especial atención por ser particularmente importantes, por favor, preste especial atención a aquellos puntos marcados de la siguiente manera:

ATENCIÓN:
Detalles importantes para el correcto funcionamiento del sistema.

PRECAUCIÓN:
Detalles a tener en cuenta para evitar daños irreparables en su equipo o a personas.

Identificación

Cada aerogenerador viene identificado con el modelo, voltaje y número de serie, del siguiente modo:

Manual: Se indica en la portada.

Alternador: En el frontal de la giratoria del alternador, sobre la tapa de las escobillas, viene indicado el modelo, voltaje y número de serie del aerogenerador.

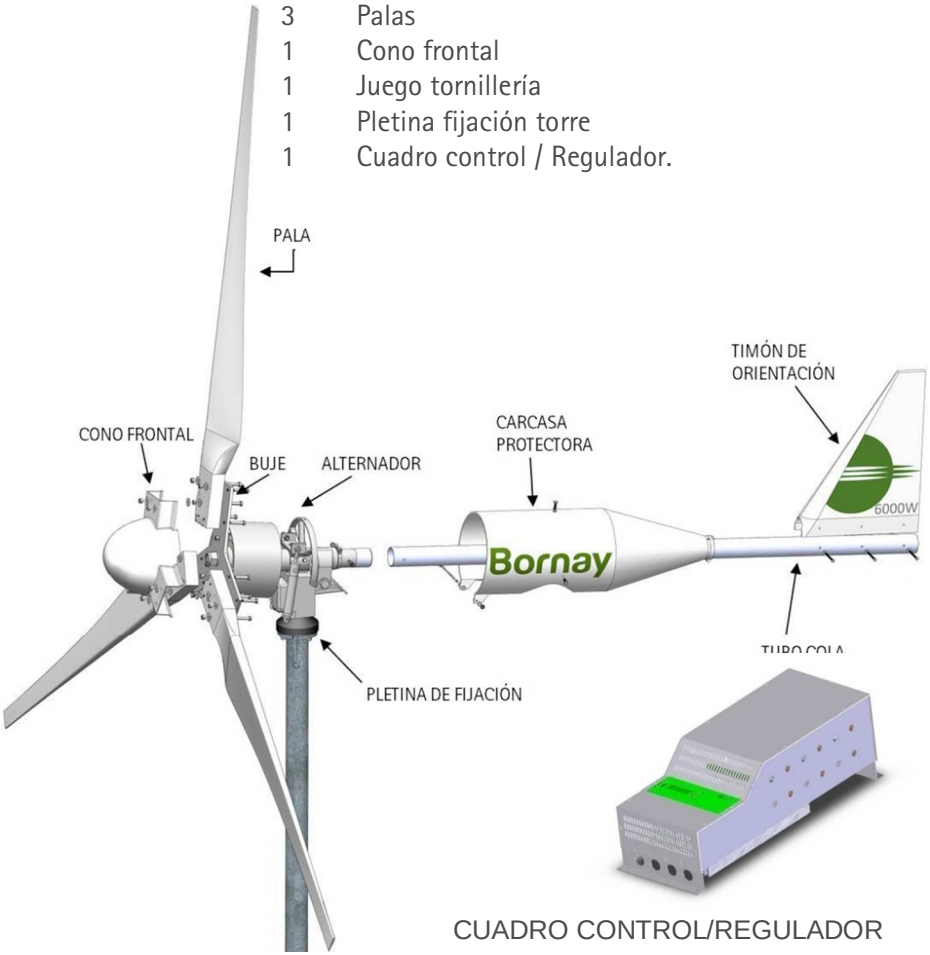
Regulador: En el lateral derecho, viene una etiqueta adhesiva que indica las características, incluyendo modelo de regulador, modelo de aerogenerador, voltaje y Nº de Serie.

Conserve su número de serie, este le será de utilidad a la hora de pedir repuestos y asistencia técnica.

Componentes del aerogenerador

Junto a esta documentación, dentro del embalaje original, encontrará el siguiente material, el cual puede estar ensamblado en parte:

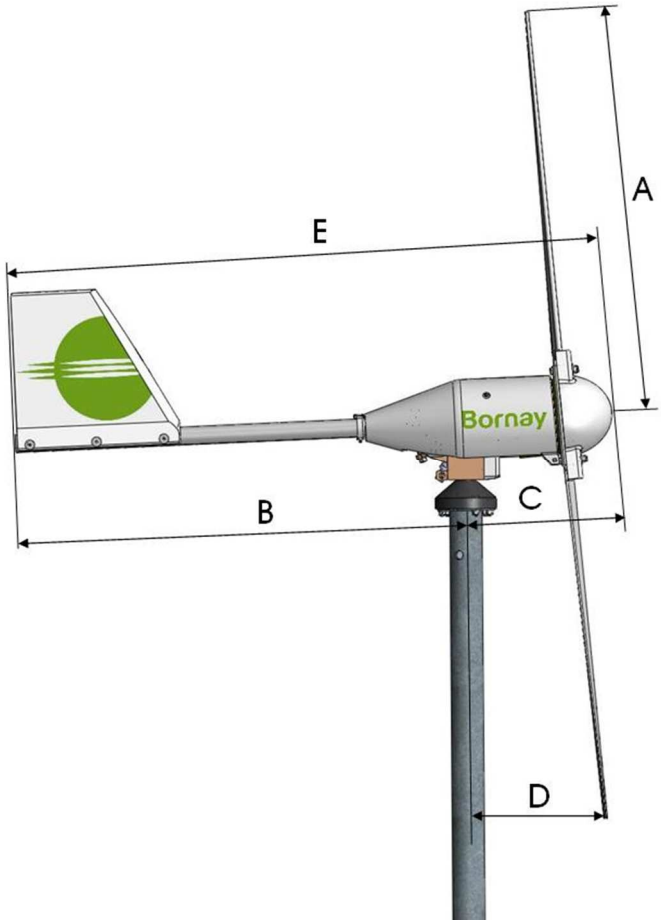
1	Timón de orientación
1	Tubo Cola
1	Carcasa protectora
1	Alternador
1	Buje
3	Palas
1	Cono frontal
1	Juego tornillería
1	Pletina fijación torre
1	Cuadro control / Regulador.



ESP

	Bornay 6000
Especificaciones técnicas	
Número de hélices	3
Diámetro	4 mts.
Material	Fibra de vidrio / carbono
Dirección de rotación	Anti-horaria
Especificaciones eléctricas	
Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	6000 W
Voltaje	48, 120 v.
RPM	@ 600
Regulador	48v 150 Amp 120v Conexión a red
Velocidad de viento	
Para arranque	3,5 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima	60 m/s
Especificaciones físicas	
Peso aerogenerador	107 Kg
Peso regulador	18 Kgr
Embalaje Dimensiones – peso Total	1200 x 800 x 800 mm. – 149 Kg 2600 x 400 x 150 mm – 22 Kg 0.91 m^3 – 171 Kgr.
Garantía	3 años

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
Bornay 600	1000	1120	350	360	1470
Bornay 1500	1430	1670	370	470	2040
Bornay 3000	2000	2140	470	645	2610
Bornay 6000	2000	2640	495	645	3135



Emplazamiento del aerogenerador

La energía que se puede captar del viento es proporcional al cubo de su velocidad, esto es, cuando la velocidad del viento se duplica, la potencia que se puede producir con un aerogenerador es hasta ocho veces superior.

ATENCIÓN:

Para más información sobre la influencia de obstáculos vea el Anexo 2.

ESP

Por ello, interesa, instalar el aerogenerador en un lugar donde el viento sople con la mayor velocidad y constancia posibles. La velocidad del viento depende en gran medida del terreno sobre el que se mueve el aire; la vegetación, tipo de terreno, construcciones cercanas, etc., frenan el viento y producen turbulencias.

El lugar idóneo para un aerogenerador, es una zona libre de obstáculos, y lo más alto posible respecto de los obstáculos.

Montaje

Antes de empezar, se deben de tener en cuenta los pasos a seguir para el correcto montaje del aerogenerador y tomar una serie de precauciones importantes.

Las precauciones a seguir deben de ser:

- No planifique la instalación del aerogenerador en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente. Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, esto podría producir daños irreparables en el aerogenerador.
- Utilice el cableado adecuado.

La Torre

Es aconsejable colocar el aerogenerador sobre una torre independiente separada de la vivienda para evitar que esta pueda provocar turbulencias, así como cualquier tipo de vibración que pueda ser transmitida a la vivienda.

El anclaje de la torre se realizará según el tipo a instalar, sujeta al suelo firmemente, generalmente con una cimentación de hormigón, totalmente vertical y nivelada, para evitar un mal funcionamiento de su aerogenerador.

ATENCIÓN:
En todo momento se debe de comprobar que la torre quede totalmente vertical y nivelada.

En el caso de torres de poca base que precisen tensores, una vez anclada la base y colocada la torre, se le colocarán 3 ó 4 tensores cuyos soportes se anclarán firmemente al suelo, generalmente con una base de hormigón.

La torre debe quedar totalmente inmóvil y consistente.

Los tensores deberán ser cables de acero de 6 a 10 mm. de grosor, y su sujeción a la torre en la parte alta deberá estar por debajo del diámetro de las hélices.

Para una mayor seguridad eléctrica es recomendable la instalación de una placa toma-tierra conectada a la base de la torre y situada a unos metros de la base de la misma.

No es recomendable la instalación de para-rayos cercanos, dentro del aérea del aerogenerador.

ATENCIÓN:
El aerogenerador debe girar libremente 360º sin que llegue a rozar con ningún obstáculo.

PRECAUCIÓN:
Cualquier objeto que entre en contacto con las hélices en movimiento, puede dañarlas y desequilibrarlas.

Una vez instalado el aerogenerador sobre la torre, debe de comprobarse que este es capaz de girar libremente y que no existe ningún obstáculo dentro del diámetro de las hélices.

Las hélices ante la presión del viento pueden llegar a tener una torsión de hasta 15 cm, por lo que es necesario que entre las hélices y el punto más cercano exista como mínimo una distancia de 20 cm.

PRECAUCIÓN:
Cualquier objeto que entre en contacto con las hélices en movimiento, puede dañarlas y desequilibrarlas.

Cableado eléctrico

Previo a la instalación del aerogenerador y una vez instalada la torre, debe de realizarse el cableado eléctrico.

ATENCIÓN:
No instalar el aerogenerador sin conectar primero las baterías y el regulador.

PRECAUCIÓN:
No invertir la polaridad. Utilice el cableado adecuado.

El primer paso en el conexionado eléctrico, es colocar el banco de baterías adecuado, en su configuración correcta y conexionado conforme a las especificaciones del fabricante, obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados para la instalación que vamos a realizar.

Existen diferentes tipologías de baterías, en el caso de instalaciones domésticas hibridas eólico / solares, se recomienda el uso de baterías de plomo ácido abiertas, y en función de las capacidades de carga de la instalación, se precisan de unos requisitos mínimos de instalación para asegurar el correcto funcionamiento y la durabilidad de la instalación.

Las recomendaciones mínimas de instalación así como del cableado entre la batería y el regulador son:

Modelo	Cable Batería	Batería Mínima
Bornay 600 / 12V	16 mm^2	550 Ah C_{100}
Bornay 600 / 24V	16 mm^2	250 Ah C_{100}
Bornay 600 / 48V	10 mm^2	150 Ah C_{100}
Bornay 1500 / 24V	25 mm^2	660 Ah C_{100}
Bornay 1500 / 48V	16 mm^2	350 Ah C_{100}
Bornay 3000 / 24V	35 mm^2	1100 Ah C_{100}
Bornay 3000 / 48V	25 mm^2	600 Ah C_{100}
Bornay 6000 / 48V	50 mm^2	1200 Ah C_{100}

ATENCIÓN:

Se recomienda el uso de baterías estacionarías de Plomo Ácido abiertas

PRECAUCIÓN:

El uso de una batería inadecuada puede provocar daños irreparables en su aerogenerador

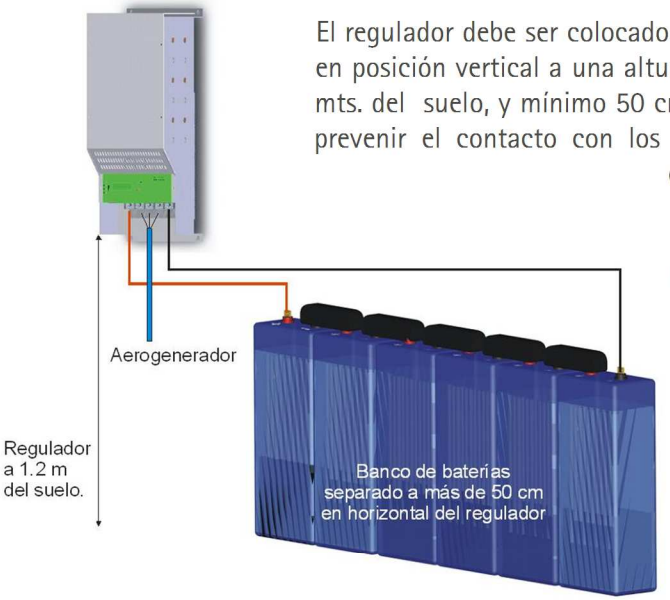
Con la batería adecuada seleccionada y montada en la instalación, se procederá a instalar el regulador sobre la pared, este se fijará a través de los cuatro orificios situados en la carcasa metálica del mismo, dos superiores y dos inferiores. La fijación a la pared se hará mediante tirafondos y tacos plásticos.

El regulador posee unas resistencias internas de disipación, y la parte superior del regulador puede calentarse en día de viento, una vez las baterías están cargadas.

PRECAUCIÓN:

El regulador dispone de resistencias internas. No cubrir la parte superior. Instalar en un lugar ventilado.

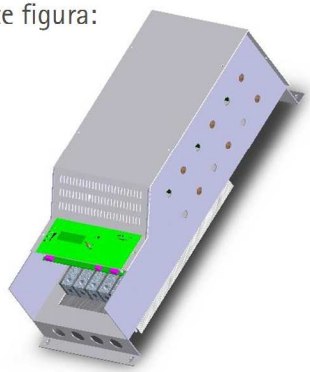
No cubrir la parte superior del regulador, los orificios de la tapa superior deben de estar descubiertos para una correcta ventilación.



El regulador debe ser colocado en un lugar ventilado, en posición vertical a una altura aproximada de 1,20 mts. del suelo, y mínimo 50 cm. de las baterías para prevenir el contacto con los gases producidos por estas.

El cuadro de regulación, baterías y posible convertidor deberán estar colocados en un punto centralizado próximo al consumo, y lo más próximo posible entre ellos.

Para la instalación del regulador, levantar la tapa inferior del regulador (sólo la pequeña que forma un ángulo de 90º) quitando los cuatro tornillos que la sujetan. De este modo, el regulador quedará tal y como se muestra en la siguiente figura:



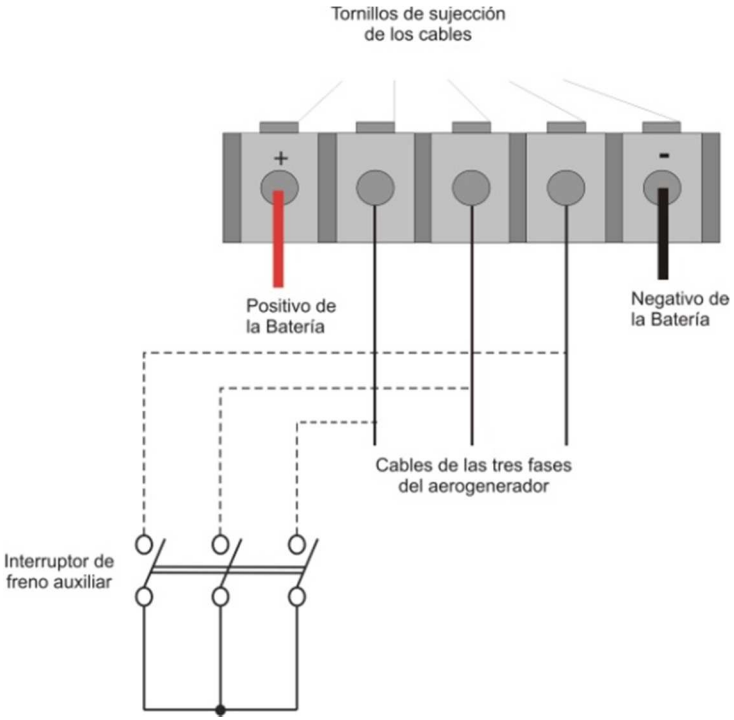
PRECAUCIÓN:

No invertir la polaridad.

Un cambio de polaridad puede dañar el regulador.

A la hora de conectar el regulador se han de seguir los siguientes pasos:

- Conecte el negativo de la batería al regulador (Asegure la correcta polaridad).
- Conecte el cable del positivo de la batería al regulador (Asegure la correcta polaridad).
- Conecte los cables trifásicos del aerogenerador al regulador. Por tratarse de una conexión trifásica alterna no importa el orden de los cables. Esta conexión se realiza previa al montaje del aerogenerador, de lo contrario el aerogenerador debe de estar frenado.



En el caso de que haya que **desconectar el regulador** por algún motivo, durante la instalación o durante la vida útil de su instalación, se han de seguir los pasos siguientes:

- Cortocircuite el aerogenerador, juntando los tres cables de bajada dejándolo frenado.

- Compruebe que el aerogenerador está **totalmente frenado** y desconecte los cables del aerogenerador.
- Desconecte el cable del positivo de la batería.
- Desconecte por último el cable negativo.

Una vez instaladas las baterías y conexionado el regulador, pasaremos a cablear entre el regulador y la puntera de la torre donde se instalará el aerogenerador.

Con el fin de minimizar pérdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser la menor posible, sin superar en ningún caso los cien metros.

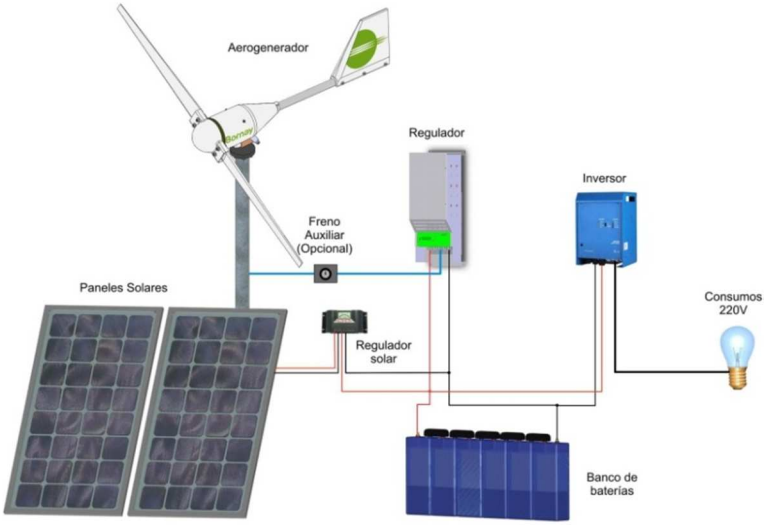
Para determinar la sección del cable de bajada que se debe utilizar, en función de las características del aerogenerador y la distancia que le separa de su cuadro de control, véase la siguiente tabla para cable conductor de cobre:

Modelo	Iac x fase (A)	0-20 mts	20-40 mts	40-60 mts	60-80 mts	80-100 mts
Bornay 600 / 12v	17	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2	50 mm^2
Bornay 600 / 24v	8.8	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 600 / 48v	4.5	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2
Bornay 1500 / 24v	22	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 1500 / 48v	11	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 3000 / 24v	42	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2	50 mm^2
Bornay 3000 / 48v	21	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2
Bornay 6000 / 48v	42	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2

A continuación se muestra la equivalencia entre las secciones en mm^2 y AWG y los diámetros correspondientes a esas secciones en mm y en pulgadas.

Sección mm^2	4	6	10	16	25	35	50
Sección AWG	11	9	7	5	3	1	0
Diámetro (mm)	2.26	2.76	3.57	4.51	5.64	6.68	7.98
Diámetro (in)	0.088	0.108	0.141	0.178	0.222	0.263	0.314

En caso de una instalación mixta, la instalación debe de estar compuesta de los siguientes elementos:



Regulador

El funcionamiento del regulador es en primer lugar transformar la energía del aerogenerador generada en alterna, en corriente continua apta para la carga de su banco de baterías. En segundo lugar, el regulador controlará el estado de la batería evitando sobrecargas de la misma y controlando el funcionamiento del aerogenerador.

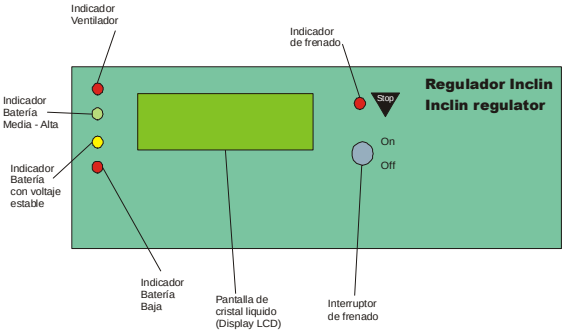
ATENCIÓN:	PRECAUCIÓN:
Con viento fuerte, frenar el aerogenerador accionando intermitentemente el interruptor de freno.	Con fuerte viento, no deje nunca el aerogenerador girando en posición de freno.

El regulador ha sido especialmente diseñado para funcionar con el aerogenerador. Para ello el regulador está provisto de las siguientes bornes de conexiones:

1.- Entrada trifásica del aerogenerador
2.- Salida +/- a batería

Interpretación Visual del Panel Frontal:

El aspecto físico del panel frontal del regulador es el que muestra la figura siguiente, en la que se puede apreciar la función de cada componente que lo forma:



Funcionamiento del sistema:

Funcionamiento básico:

El regulador emplea la energía que obtiene del aerogenerador para cargar baterías y emplear esa energía en el consumo eléctrico del usuario. Mientras las baterías estén descargadas y las condiciones climatológicas lo permitan, el regulador estará aportando energía a los acumuladores.

En el momento en el que las baterías estén cargadas al valor pre programado, el regulador hará que el aerogenerador se frene, evitando sobrecargas de las baterías. La forma de realizar ese frenado es mediante impulsos eléctricos, es decir, introduciendo cargas controladas al aerogenerador.

El voltaje de regulación viene predefinido de fábrica y está indicado con una letra B y un número tal como muestra la siguiente figura:

Reset del sistema:

Al conectar el aparato, al igual que si se resetea por algún motivo, el regulador mostrará una pantalla como la siguiente, dependiendo del modelo:

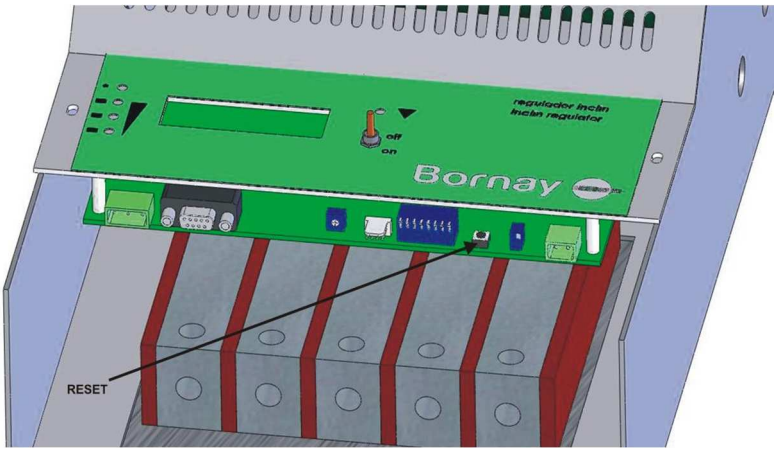
Donde se ve en la línea superior de la pantalla, el modelo del regulador. De izquierda a derecha indica: La potencia del aerogenerador, el voltaje del mismo, y la corriente máxima que acepta. En la línea inferior, aparece la versión del sistema.

NOTA:

Si por algún motivo sus baterías se han descargado excesivamente ó se detecta alguna anomalía en el funcionamiento del regulador, se puede efectuar un RESET, y comprobar si el equipo vuelve a su funcionamiento normal.

Para hacer el RESET, existe un micro-pulsador de circuito impreso colocado en la tarjeta de control del regulador, es decir, bajo la tapa del regulador.

Si el error persiste, póngase en contacto con el fabricante.



Frenado fijo del aerogenerador:

El aerogenerador puede quedarse frenado fijamente por varios motivos:

Forma automática: Esta es una función orientada al aumento de la seguridad del equipo y disminución del desgaste sufrido por los elementos mecánicos del sistema, consistente en la actuación de un contador interno mediante el cual el aerogenerador reduce su velocidad de giro de forma automática cuando en un periodo de 120 minutos ininterrumpidamente, se han efectuado al menos 1500 impulsos de frenado. Si esto se produce, el sistema deduce que la batería está completamente cargada y hasta que el voltaje no disminuya por debajo de 12.5v – 25v – 50v, no volverá a dejar nuevamente libre el aerogenerador.

Cuando está situación se da, y el frenado automático esta activado, aparece el mensaje de estado al final de la segunda línea, tal y como muestra la siguiente imagen:

Si el viento es muy fuerte, puede ocurrir que el aerogenerador no se detenga completamente, aunque la energía generada sí se deriva a las resistencias de frenado.

NOTA: si estando el equipo en estado de FRENO AUTO queremos que este vuelva de nuevo a su posición de carga sin tener que esperar a que el voltaje de batería baje hasta el valor de desactivación, solamente hay que situar el conmutador (frenado manual) en posición ON y retornar a continuación a la posición OFF, de este modo se habrá borrado el estado de frenado automático y el equipo volverá a generar energía de inmediato si existe el viento apropiado, al mismo tiempo se inicializan los contadores de tiempo e impulsos.

Frenado manual: Cuando se sitúa el conmutador en la posición ON se realiza una secuencia de impulsos para frenado del aerogenerador hasta que este se para por completo o en algún caso, si hay mucho viento, queda girando a pocas revoluciones.

Cuando se activa el conmutador manual de freno, aparece la indicación al final de la segunda línea y además queda iluminado el LED de indicador de frenado.

Si se sitúa el conmutador nuevamente en la posición OFF, el aerogenerador queda libre de inmediato y habilitado nuevamente para generar energía apagándose el LED de freno.

Esta operación se debe realizar periódicamente para verificar el buen estado de los elementos de frenado: si con viento suave no se detiene el aerogenerador por completo se revisará el cuadro eléctrico.

Forma auxiliar opcional: Para garantizar una seguridad en la instalación, se puede incorporar un freno auxiliar al regulador, capaz de frenar el aerogenerador cuando se quiera dejar deshabilitado por cualquier motivo. Este sistema de freno consiste en unir las tres fases del aerogenerador.

PRECAUCIÓN:

Con viento muy fuerte, no deje nunca el aerogenerador girando en posición de freno.

Señales de Aviso:

El regulador detecta el voltaje que tiene en su entrada para baterías y se configura solo, siempre y cuando ese voltaje esté permitido para la potencia que esté programado. Si no es permitido el voltaje de baterías para la potencia programada, aparecerá un mensaje indicando que el voltaje no es correcto.

CONFIGURACION INCORRECTA

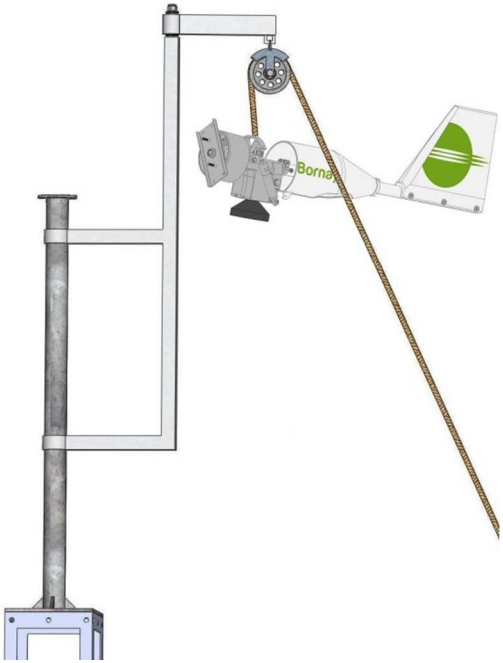
ESP

Por ejemplo, si el regulador es para un aerogenerador de 6000W sólo puede trabajar con baterías de 48V, entonces si detecta que el voltaje de baterías es de 12 o de 24V mostrara un mensaje de error. Esto también ocurrirá si las baterías están muy descargadas.

Montaje del aerogenerador

Antes de realizar el montaje del aerogenerador sobre la torre se debe de realizar la instalación eléctrica, y el interconexionado de las baterías y el regulador.

Una vez dispongamos de la instalación de los elementos eléctricos y el cableado, procederemos al montaje del aerogenerador.



Para poder colocar fácilmente el Aerogenerador sobre la torre puede utilizarse un soporte vertical sujeto a la torre con una polea.

El soporte que se utilice deberá estar bien sujeto a la torre, con una polea en el extremo a la que se le pasará una cuerda, con la que se atará el aerogenerador.

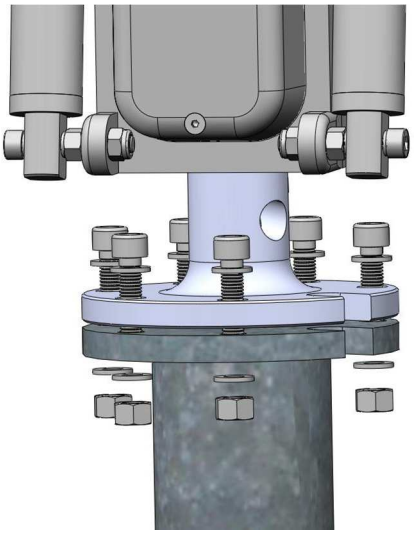
Con este sistema puede izarse el aerogenerador sin problemas.

Pletina de fijación

Su función será la sujeción del aerogenerador, y permitirá desmontarlo en cualquier momento.

La unión se hace a través de dos pletinas, una de ellas soldada en la torre y la otra en el aerogenerador.

La pletina cuenta con una ranura para la bajada los cables eléctricos y seis taladros para seis tornillos allen M-10 x 40, con arandelas M-10 en ambas caras y seis tuercas M-10. El conjunto de tornillos se suministra en una bolsa separada del resto de la tornillería y junto a la pletina en el caso de no haber sido enviada por anticipado o no adjuntar la torre.



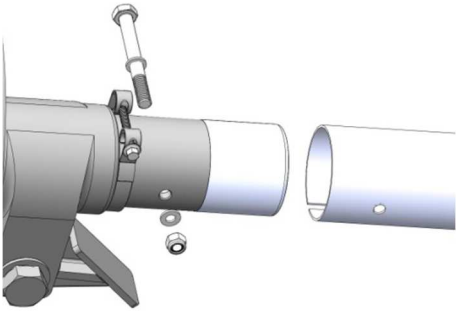
Timón de orientación / Tubo cola

La función del timón de orientación es la de mantener el rotor alineado al viento en todo momento.

Está compuesto de dos partes: el timón de orientación de polietileno y un tubo de acero. La unión se realiza mediante tres tornillos M-6 x 100, con seis arandelas M-6 de serie ancha que se instalan en ambas partes del tornillo y tres tuercas autoblocantes M-6.

Sujeción Tubo Cola Alternador

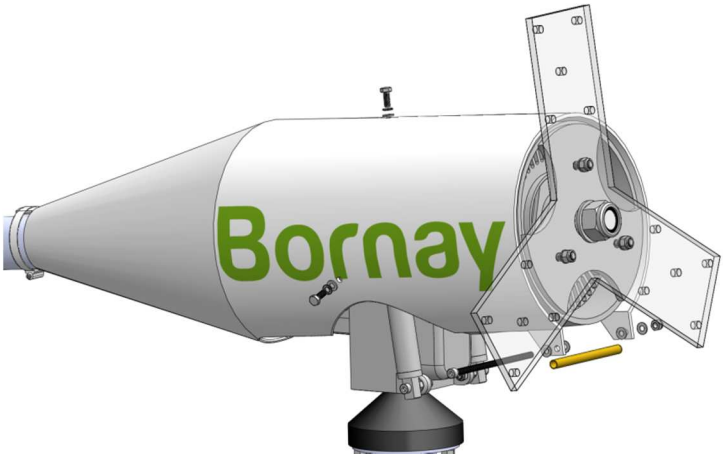
Esta es la parte en la que se unen el tubo de cola con el alternador. Antes de atornillar esta unión, se debe introducir la carcasa protectora por el tubo. (Una vez montado el tubo al alternador no se podrá insertar la carcasa).



La unión del tubo al alternador consta de dos partes, una es pasante y otra en forma de brida: Se introduce el tubo de cola en la parte trasera del alternador, haciendo coincidir los taladros de ambas piezas quedando la ranura del tubo hacia abajo. En los orificios se instala un tornillo hexagonal M-8 x 90, con dos arandelas M-8 una en cada parte y una tuerca autoblocante M-8, este debe tener un apriete de 2,5 kg. En la parte superior se tiene un sistema de apriete en forma de brida. Simplemente habrá que apretar el tornillo que lleva la brida a 3kg, una vez esté en su posición.

Carcasa protectora:

Su función es proteger el alternador de las condiciones climatológicas. La fijación de la carcasa se realiza con cinco tornillos; tres de ellos en la parte superior, uno en la parte trasera en forma de abrazadera y por último, en la parte inferior frontal a modo de brida:



En la parte superior de la carcasa hay tres taladros, para alojar tres tornillos M-8 x 20 con sus correspondientes arandelas M-8 de la serie ancha y una arandela grover, que enroscan directamente sobre el puente del alternador. El orden de instalación es: tornillo, arandela grover, arandela de serie ancha.

A continuación se ha de apretar el tornillo de la abrazadera de la parte posterior de la carcasa.
Por último, en la parte frontal inferior, en las dos pestañas conformadas a modo de brida, se instala el tubo de latón, de 160 mm de longitud y un diámetro exterior de 12 mm, una varilla roscada M-8 x 198 con una arandela M-8 serie ancha por cada parte. El conjunto se alojará en la zona interior de la carcasa, entre las dos pestañas. Para finalizar, instale una nueva arandela y la tuerca de seguridad M-8 autoblocante.

Hélices y Cono Frontal

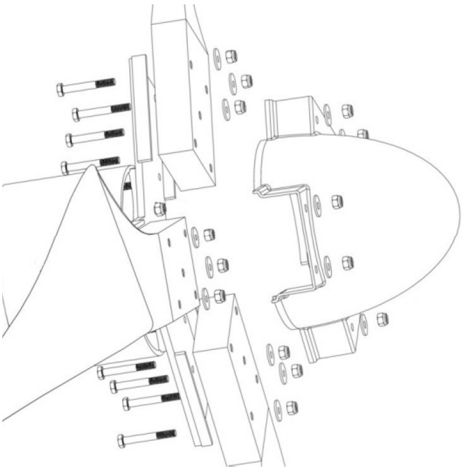
Las hélices, de fibra de vidrio / carbono reforzadas, son la parte en contacto directo con el viento. Su aerodinámica, diseñada específicamente para los aerogeneradores Bornay, permite el funcionamiento del alternador haciéndolo rodar en función de la velocidad del viento.

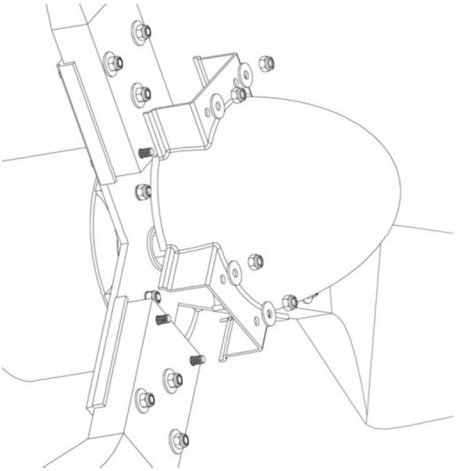
Su montaje se realiza fijándolas al buje **con el logotipo en relieve hacia la parte trasera**, es decir, mirando al alternador. Los dos tornillos exteriores y el central, serán M-10 x 70 y los dos interiores (más cercanos al eje), serán M-10 x 75 (estos sujetan también el cono frontal).

En los tres tornillos exteriores se colocan las arandelas M-10 de la serie ancha y a continuación se colocan las tuercas autobloqueo. Con la ayuda de una llave dinamométrica se ha de aplicar un apriete inicial de 2 kg. a todas las tuercas. Una vez estén todas apretadas, las reapretamos a 2,5 kg.

Tras ello, se coloca el cono frontal. Una vez instalado, se introduce una arandela M-10 de serie ancha y una tuerca autobloqueo M-10 en los dos tornillos interiores. Con la ayuda de una llave dinamométrica se ha de aplicar un apriete inicial de 2 kg. a todas las tuercas. Una vez estén todas apretadas, las reapretamos a 2,5 kg.

Fíjese en las siguientes imágenes:





ATENCIÓN:
Compruebe una vez más que las hélices encajan perfectamente y que no hay ningún obstáculo que pueda interferir en su camino.

PRECAUCIÓN:
Compruebe que las hélices están correctamente colocadas; el logotipo de Bornay debe quedar a sotavento, en la parte posterior.

PRECAUCIÓN:

- No manipule el aerogenerador ni el cuadro de control en días de viento.
- No deje el generador funcionando libremente (sin conectar a las baterías), podría dañar el sistema de carga. En caso de que sea necesario desconectarlo de las baterías, déjelo frenado.
- Con el aerogenerador funcionando libremente, el sistema de frenado automático por inclinación no funciona, con lo cual podrían producirse daños irreparables en el aerogenerador.
- No manipule las resistencias del regulador.
- No invierta la polaridad.
- Utilice el cableado adecuado.

Mantenimiento

Tras su instalación

Transcurrido 1 mes desde la instalación del aerogenerador, se recomienda, reapretar toda la tornillería del aerogenerador.

Permanente

Para asegurar la vida de su aerogenerador, se aconseja que siga los siguientes consejos de mantenimiento:

Cada 6 meses

A ser posible en los cambios de estación, se recomienda realizar una inspección de mantenimiento en la cual se deben de revisar los siguientes puntos:

- Revisar y reapretar todos los tornillos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Inspección visual de las hélices.
- Revisión del sistema de frenado automático, accionando este manualmente.

Las partes principales del aerogenerador a la hora de realizar las inspecciones de mantenimiento son:

Rodamientos

El aerogenerador está equipado con rodamientos blindados de gran calidad que no necesitan mantenimiento. Puede comprobar si giran libremente o por el contrario se observa algún tipo de roce o vibración.

Tornillería

Toda la tornillería es de **acero inoxidable**. Ante la falta de cualquier tornillo en una revisión de mantenimiento, reemplazarlo inmediatamente antes de que pueda producir daños mayores.

Cableado
Comprobar el estado de las uniones y empalmes, así como regletas de conexiones que haya, para evitar que pueda desconectarse y dejar el aerogenerador funcionando libremente.

Hélices
Las hélices de fibra de vidrio / carbono, llevan en el borde de ataque una cinta protectora de Poliuretano abrasivo.

Esta cinta con el paso del tiempo puede verse afectada por las condiciones climatológicas. En caso de falta total ó parcial de la cinta, acuda a su instalador y reemplace la cinta. En caso contrario, la erosión y cambios climáticos incidirán directamente sobre la hélice, reduciendo su vida útil.

Amortiguador
El aerogenerador lleva instalado un amortiguador hidráulico que permite la desorientación respecto al viento rápidamente, y su vuelta a la posición normal lenta, evitando golpes bruscos.

El amortiguador tiene una pequeña holgura al principio de su retroceso que es normal, si su holgura fuera mayor de la mitad del recorrido y se observan pérdidas de aceite, habría que sustituir los amortiguadores por unos nuevos.

Engrase
El aerogenerador Bornay, consta de 3 partes móviles:

El eje delantero (Hélice-alternador), provisto de rodamientos blindados y recubiertos totalmente con una grasa de por vida. No precisan engrase.

El eje de orientación (aerogenerador-torre), provisto con rodamientos blindados. No precisan engrase.

El eje de inclinación (alternador-giratoria), es un casquillo de acero inoxidable / bronce engrasado de por vida.

Preguntas frecuentes

1.- ¿Se puede cambiar la polaridad de la batería?

No, esto repercutiría en la avería del regulador.

2.- ¿Importa la polaridad de los cables del aerogenerador?

No, la bajada del aerogenerador es trifásica alterna, por lo tanto estos pueden conectarse sin ningún tipo de orden.

3.-¿Se puede desconectar la batería con el aerogenerador en marcha?

Bajo ningún concepto, ya que esta acción puede provocar daños irreparables en el regulador.

4.- ¿Es posible que el regulador provoque que las baterías se descarguen?.

Es imposible según la construcción del regulador.

Si eso ocurre revise la instalación porque debe tener algún elemento que descarga las baterías.

5.- El voltaje que mide el regulador no corresponde con el nivel de batería que miden otros equipos.

Cada fabricante o incluso cada equipo emplea componentes diferentes y estos no suelen ser calibrados por cuestión de costes. Puede haber oscilaciones entre diferentes equipos aunque sean de un mismo fabricante y modelo.

6.- ¿Cómo se puede saber la potencia que está entregando el aerogenerador?

Simplemente se han de multiplicar los valores de voltaje y corriente que muestra la pantalla del regulador.

Potencia (W) = Voltaje (V) x Amperios (A).

7.- ¿Qué potencia consume el regulador?

La potencia que consume el regulador es despreciable frente a la potencia del aerogenerador y las baterías, es del orden de miliamperios.

8.- ¿Cómo se sabe si el aerogenerador está inyectando carga a las baterías?

A través del display del regulador que nos marca la corriente de carga.

Hay que tener en cuenta que puede producirse un error de algunos amperios, por lo que si la carga es baja, 1 o 2 amperios, el display puede marcar 0.

9.- ¿Pueden estar mal los orificios de las hélices?

No, cada aerogenerador se ensambla completamente en producción. Si no coinciden los taladros pruebe a dar la vuelta a las hélices. Algunos modelos tienen 3 y otros 5 taladros, de los cuales hay uno desplazado respecto al centro para definir la correcta instalación de las hélices.

10.- ¿Se puede alimentar una casa con estos aerogeneradores?

Este tipo de aerogenerador se usa normalmente junto con otros componentes para formar una instalación completa. Estos componentes suelen ser:

Paneles solares: Producción de energía.

Reguladores solares: Para controlar la carga de las baterías desde los paneles solares.

Baterías (Acumulación de dicha energía): Normalmente se diseñan las instalaciones para que tengan 3 días de autonomía, es decir, que puedan dar suministro a la instalación durante 3 días sin viento ni sol. Son de corriente continua.

Regulador eólico: Va incluido con el aerogenerador y es el que se encarga de vigilar la vida de la batería. Se encarga de que el voltaje de la betería no sobrepase unos valores peligrosos. Al mismo tiempo se encarga de frenar la máquina cuando esto ocurre.

Inversor/Cargador: Es el equipo que se encarga de transformar la corriente continua de las baterías en corriente alterna apta para el consumo (230V~).

Generador de apoyo. En una instalación aislada completa se instala para garantizar el completo funcionamiento autónomo de la instalación. Normalmente el inversor se encargara de maniobrar el arranque y paro del motor dependiendo de las necesidades de la instalación. Por ejemplo, si la batería baja, el inversor manda que arranque el motor.

11.- ¿Se pueden poner varios aerogeneradores en paralelo?

Si se pueden poner varios aerogeneradores en paralelo

12.- ¿Se pueden conectar consumos directamente al aerogenerador?

No porque la energía que producen no es una energía controlada y regulada, por lo que se necesita de estabilizador/controlador intermedio. Este estabilizador/controlador, sin el cual nuestra instalación no funcionará correctamente.

En el caso de instalaciones aisladas, este estabilizador/controlador es la batería.

En el caso de instalaciones de vertido a red, este estabilizador es el inversor de conexión a red.

13.- ¿Cómo es la tensión que genera el alternador?

El aerogenerador saca una señal trifásica alterna, que en el caso de instalaciones aisladas, tiene un voltaje nominal de aproximadamente 15 Vac, 30Vac ó 60Vac en función de su voltaje. En el caso de las conexiones a red, el voltaje nominal es de 150Vac.

Estos voltajes son posteriormente rectificados en el regulador pasando a corriente continua a unas tensiones de 12 Vdc, 24 Vdc, 48 Vdc para carga de baterías, o 120 Vdc para atacar el inversor de conexión a red.

14.- ¿Se debe de instalar algún tipo de protección entre el aerogenerador y el regulador o entre este y la batería?

Nunca, el regulador ya realiza estas funciones de protección.

En caso de instalar una protección intermedia y que éste desconecte la conexión eléctrica, el aerogenerador quedaría libre sin carga y esto puede producir daños irreparables en su aerogenerador ó regulador.

Solución de problemas

Problema observado	Causa Posible	Solución
Las aspas no giran incluso con un viento muy fuerte	Cableado desde el aerogenerador al regulador incorrecto.	Revisar cableado.
	Freno auxiliar conectado.	Desconectar el freno auxiliar.
	Cortocircuito en las fases del generador	Desconectar las fases del aerogenerador del regulador, si este no gira libremente, el problema puede estar en el cableado. Revise las posibles uniones en el cableado. Si el problema persiste, póngase en contacto con su proveedor.
	Diodos del regulador en cortocircuito	Desconectar las fases del aerogenerador del regulador, si este gira libremente, su regulador puede estar averiado. Póngase en contacto con su proveedor.
Las aspas giran muy rápido y no carga	Batería desconectada o defectuosa. Voltaje incorrecto entre baterías, regulador y aerogenerador. Fases del aerogenerador desconectadas.	Compruebe que el voltaje de las baterías es correcto. Compruebe que existe voltaje en la entrada del aerogenerador en el regulador. Si no hay voltaje revise el cableado.

Problema observado	Causa Posible	Solución
El aerogenerador se frena automáticamente con poco viento.	Baterías cargadas por otro elemento, como paneles solares o generador.	El funcionamiento es correcto.
Hace mucho viento y no se frena el aerogenerador, con el freno del regulador activado.	El viento es tan fuerte que el freno del regulador no puede llegar a frenar la máquina.	Accionar el freno intermitentemente hasta frenar la máquina, aprovechando las bajadas de la fuerza del viento.
La pantalla del regulador no muestra nada.	Batería desconectada.	Revisar cableado en la parte de continua. Y comprobar que llega tensión al regulador.
	Circuito impreso defectuoso.	Revisar conectores en la placa de circuito impreso, si el fallo persiste póngase en contacto con su proveedor
El regulador se calienta mucho	Baterías demasiado pequeñas y/o muy poco consumo.	Revise el dimensionado de su instalación.
	Situación con vientos fuertes.	El funcionamiento es correcto, puede frenar el aerogenerador si su baterías está cargada.
El voltaje de las baterías es demasiado alto	Conexión defectuosa de la batería.	Revise los bornes de conexionado de la batería/elementos. Reapriete la tornillería de las conexiones.

Problema observado	Causa Posible	Solución
El voltaje de las baterías es demasiado alto (continuación)	El regulador no está trabajando correctamente.	Póngase en contacto con su proveedor.
El aerogenerador vibra	Tornillos flojos	Reapriete toda la tornillería.
	Palas descompensadas	Revise el estado de las palas. Póngase en contacto con su proveedor.
Hace ruido mecánico intermitentemente	Roce entre elementos	Coloque y apriete correctamente los tornillos de la carcasa.
	Ruido interior, revisar si el rotor gira correctamente o si los rodamientos pueden estar dañados.	Póngase en contacto con su proveedor.
Hace mucho viento y se desorienta constantemente	Turbulencias.	Revise el lugar de instalación de la torre.

Anexos

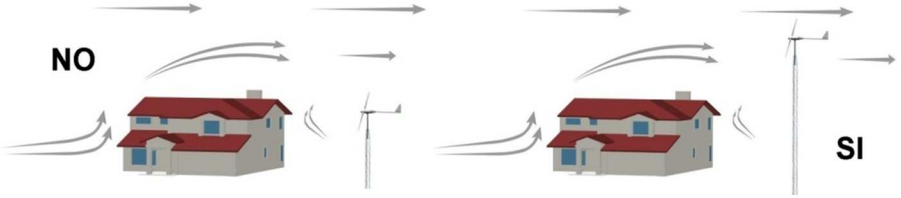
Anexo I.- Tipos de Viento

La tabla Beaufort es la referencia internacional que clasifica y define cada tipo de viento en función de su velocidad.

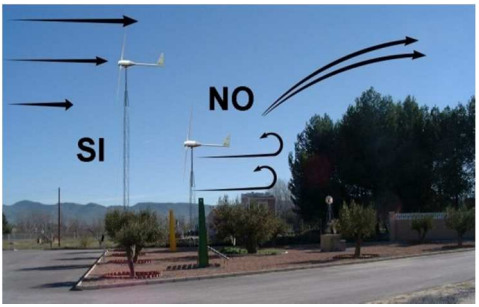
FUERZA	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)	Denominación
0	0 - 0.5	0 - 1	Calma
1	0.6 – 1.7	2 - 6	Ventolina
2	1.8 - 3.3	7 - 12	Suave
3	3.4 - 5.2	13 - 18	Leve
4	5.3 - 7.4	19 - 26	Moderado
5	5.7 - 9.8	27 - 35	Regular
6	9.9 - 10.4	36 - 44	Fuerte
7	12.5 - 15.2	45 - 54	Muy fuerte
8	15.3 - 18.2	55 - 65	Temporal
9	18.3 - 21.5	66 - 77	Temporal fuerte
10	21.6 - 25.1	78 - 90	Temporal muy fuerte *
11	25.2 - 29	91 - 104	Tempestad
12	Más de 29	Más de 104	Huracán

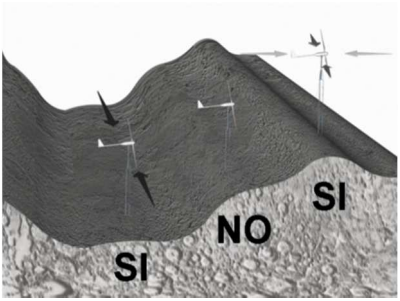
*Ante avisos de temporal muy fuerte, Bornay recomienda la **parada manual** para una mayor conservación del aerogenerador.

Anexo 2.- Influencia de los obstáculos en el aerogenerador



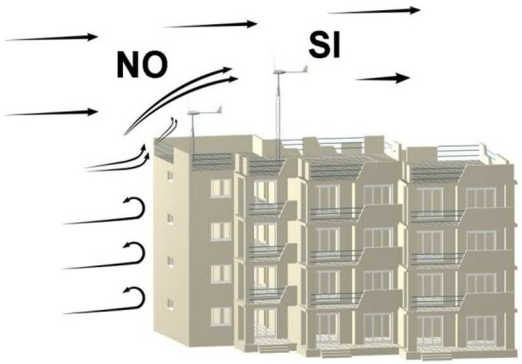
El viento se ve obstaculizado con obstáculos que encuentra en su camino, se frena y produce turbulencias. Un aerogenerador instalado en un lugar inadecuado se verá perjudicado por turbulencias y vientos flojos.





Para evitar reducir el rendimiento de su aerogenerador, instálelo lo más alejado posible del obstáculo y sobre una torre que eleve el molino por encima de este.

En el caso de encontrarse en un valle, instale su aerogenerador en la parte más baja, donde el viento se encuentra canalizado, o mejor, en la parte más alta, donde el aerogenerador será susceptible de captar el viento de cualquier dirección.



Declaración de conformidad

ESP

D. Juan Bornay Rico, en nombre y representación de Bornay aerogeneradores, slu,

D E C L A R A

Que los aerogeneradores Bornay modelos 600, 1500, 3000, 6000 y sus correspondientes reguladores, han sido fabricado de conformidad con las normas aplicables bajo las directivas de la U.E.:

89/392/CEE 91/368/CEE

Y en concordancia con la Normativa de seguridad en pequeños aerogeneradores:

UNE-EN-61400-2

Castalla, 1 de Diciembre de 2009

Fdo. Juan Bornay Rico.

Bornay Aerogeneradores, slu
P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n
0320 Castalla (Alicante) España
Tel. +34/965560025
Fax +34/965560752
bornay@bornay.com
www.bornay.com

Garantía.

ESP

GARANTIA LIMITADA

Su nuevo Aerogenerador de la serie Bornay está garantizado contra todo defecto en material y mano de obra. Esta garantía no cubre daños a otros equipos y / o accesorios que pudieran verse involucrados en la reparación del aerogenerador. La garantía tampoco incluye daños causados por un uso indebido de la instalación o el producto.

PERIODO DE GARANTÍA – AEROGENERADORES BORNAY

El periodo de garantía de los Aerogeneradores Bornay y sus componentes es de 36 meses desde la fecha de instalación ó de 40 meses desde la fecha de fabricación.

GB

ACCESORIOS AEROGENERADORES BORNAY

El periodo de garantía de los Accesorios Bornay, es de 36 meses desde la fecha de instalación o de 40 meses desde la fecha de fabricación.

CONDICIONES DE LA GARANTÍA

La garantía incluye piezas y mano de obra siempre en nuestros talleres, debiendo enviarnos el aerogenerador debidamente embalado y siempre a portes pagados.

La garantía excluye roturas por malos tratos, equipos con muestras de manipulación y portes.

Bornay se reserva el derecho de poder sustituir o modificar cualquier pieza en caso oportuno.

Todo Aerogenerador que no cumpla estas condiciones, será reparado y enviado cargando el valor de la reparación, previa autorización del cliente.

Index

Index	38
Welcome to the world of the wind	39
Wind Turbine Components	41
Technical data	42
Placing your wind turbine	44
Installation	44
The tower	45
Electrical wiring	46
Regulator	51
Installing the Wind Turbine	56
Maintenance	61
Frenquently asked questions	63
Troubleshooting	66
Annex	69
Declaration of conformity	71
Warranty	72

GB

Valued Customer,

We want to thank you for purchasing your new **Bornay 6000** wind turbine and we hope it will meet all the needs for which you have acquired it and for which we have produced it.

Warranty conditions are located at the end of this manual. They are dependent on the proper installation of your wind turbine as this will ensure the correct functioning of the apparatus and, of course, correct servicing.

We are fully available for consultation should you need any type of information about your wind turbine or its installation.

Once again, we welcome you to the World of the Wind.

Most sincerely

Bornay Wind turbines

Bornay Aerogeneradores, slu
P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante) Spain
Tel. +34/965560025
Fax +34/965560752
bornay@bornay.com
www.bornay.com

Interesting information

In this manual you will find all the information needed to install and maintain your windmill. We strongly recommend that you read this manual thoroughly and understand it before beginning assembly.

At several points in this manual you will find special notes highlighted. These notes are to be observed with special care because they have critical importance. Please pay special attention to those points marked with the following example notices:

CAUTION:
Important details for the right functioning of the system.

WARNING:
Hazards or unsafe actions that could cause an injury to your system or yourself.

GB

Identification

Each windmill is labeled with its model, voltage and serial number data as it follows:

Manual: Labeled on the cover of this manual.

Alternator: The wind turbine model, voltage and serial number can be found on the face of the alternator housing above the brushes cover.

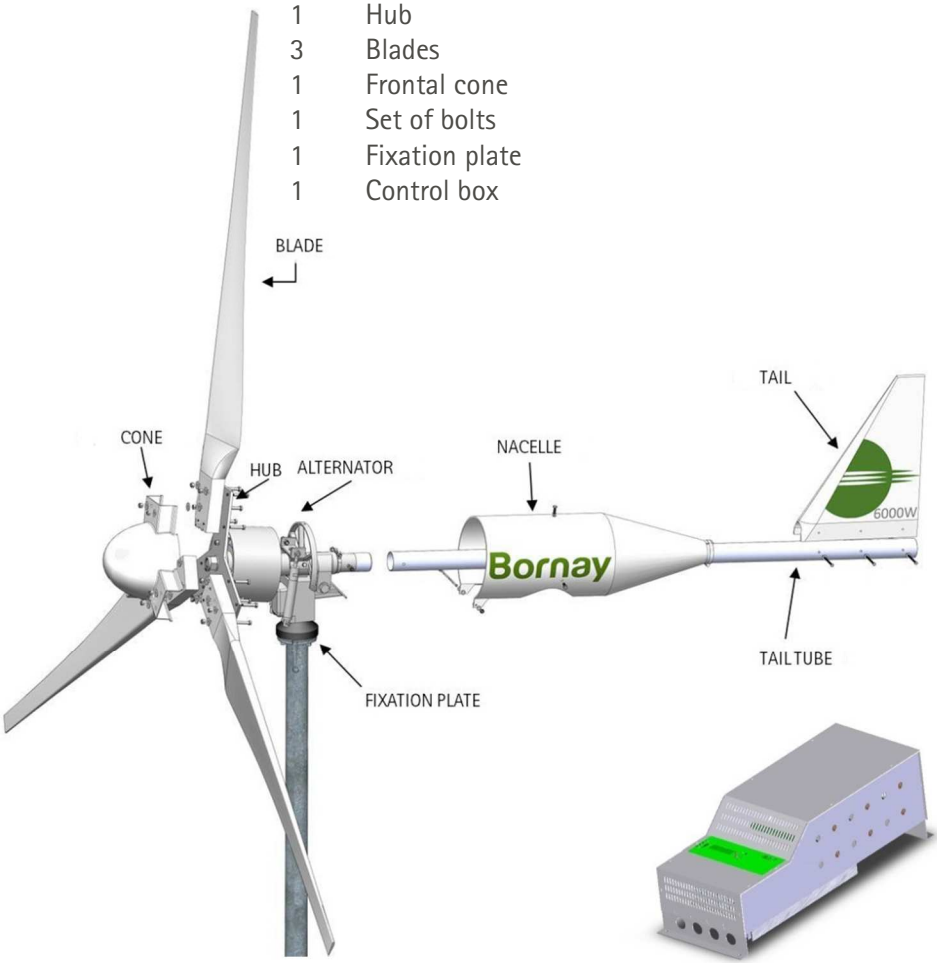
Regulator: On the right side of the control box, there is a sticker indicating the characteristics, regulator model, windmill model, voltage, and serial number.

Keep a note of your serial number as this will be useful when you have to order replacement parts and ask for technical assistance.

Wind Turbine Components

Next to this documentation, in the original box, you will find the components listed below. Some items may already assemble:

1	Tail
1	Tail tube
1	Nacelle
1	Alternator
1	Hub
3	Blades
1	Frontal cone
1	Set of bolts
1	Fixation plate
1	Control box



CONTROL BOX

GB

Bornay 6000

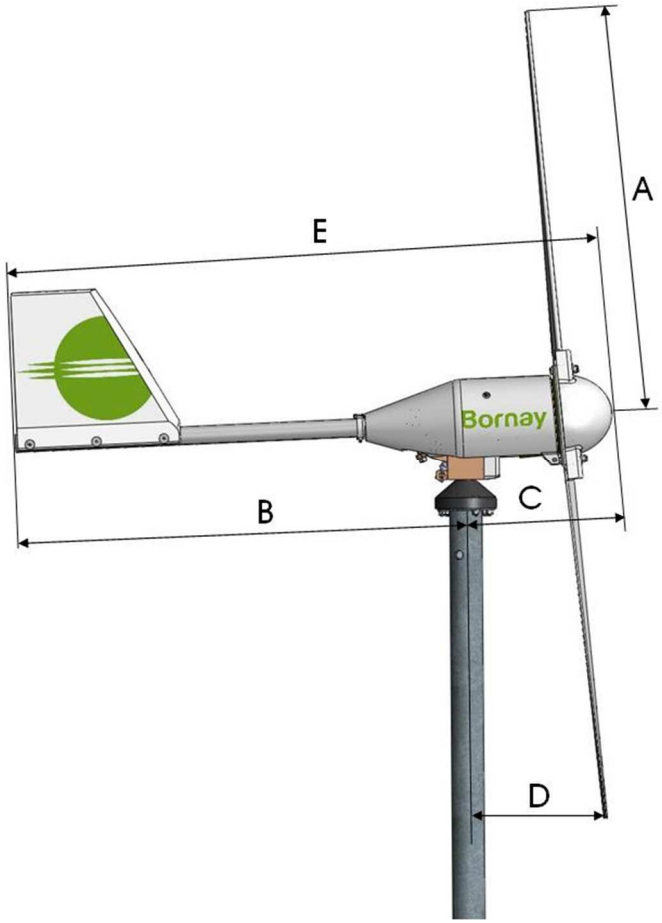
Technical specifications	
Number of blades	2
Diameter	4 mts.
Material	Fiberglass and carbon fiber
Direction of rotation	Counterclockwise

Electrical specifications	
Alternator	Three phases permanent magnet
Magnets	Neodymiun
Nominal power	6000 W
Voltage	48, 120 v.
RPM	@ 600
Regulator	48v 150 Amp 120v Grid connection

Performance, windspeed	
For turn on	3,5 m/s
For nominal power	12 m/s
For automatic brake system	14 m/s
Survival	60 m/s

Physical specifications	
Windturbine weight	107 Kg
Regulator weight	18 Kgr
Packaging Dimensions – weight Total	1200 x 800 x 800 mm. – 149 Kg 2200 x 400 x 150 mm – 22 Kg 0.91 m^3 – 171 Kgr.
Warranty	3 years

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
Bornay 600	1000	1120	350	360	1470
Bornay 1500	1430	1670	370	470	2040
Bornay 3000	2000	2140	470	645	2610
Bornay 6000	2000	2640	495	645	3135



Placing your wind turbine

The energy we can take from the wind is proportional to the cube of its speed. This basically means that when the wind doubles its speed, the power we can produce is up to eight times higher.

CAUTION:
For more information on obstacles affecting wind turbines, see Annex 2.

Therefore, the best site to install a windmill will be a place where it is exposed to the most constant and highest wind speed possible. Wind speed depends enormously on the landscape the air moves over. In almost all locations the wind speed increases, as you get higher off the ground; vegetation, landscape, nearby buildings, etc. stop the wind and produce turbulences.

The best place for a wind machine, is an obstruction-free area, and at the maximum height available.

GB

Installation

Before you begin, run through the steps to follow in order to correctly assemble your wind turbine and take a series of important precautions.

The precautions to follow should be:

- Don't plan to carry out installation on windy days.
- Do not leave the generator running freely.
- With the generator running freely, the automatic leaning brake system does not work; this could cause irreparable damage to the wind turbine.
- Use the correct wiring.

The tower

It is recommended to install the windmill on an Independent tower, and not next to the house to avoid turbulences.

Anchoring the tower is carried out according to the type for installation, and must be fixed securely to the ground, normally with concrete foundations. It must be totally vertical and leveled to avoid poor wind turbine functioning.

CAUTION:
Check constantly to ensure that the tower is vertical and level.

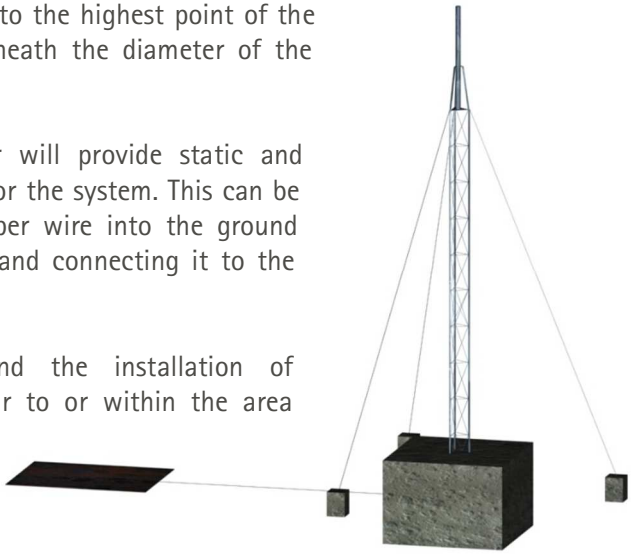
In the case of shorter-based towers requiring tensile guy cables: once the base is anchored and the tower is in place, 3 or 4 tensile guy cables are applied, their supports firmly anchored to the ground, generally in concrete foundations.

Check at all times that your tower remains perfectly vertical.

The guys ropes have to absorb all tower bend in windy conditions. Therefore, they must be 6-10 mm diameter steel cables. Attach the guy wires to the highest point of the tower but always beneath the diameter of the blades.

Grounding the tower will provide static and lightning protection for the system. This can be made by driving cooper wire into the ground near the tower base and connecting it to the tower with wire.

We don't recommend the installation of lighting arrestors near to or within the area occupied by the wind turbine.



GB

CAUTION:
The wind turbine must be able to turn 360° freely with no obstacles in its way.

WARNING:
Any object touching the blades in movement, will break them and will unbalance the system causing major problems.

Once the wind turbine has been installed on the tower, check that it can turn freely and that there are no obstacles within the diameter of the blades.

Under wind pressure, the blades can have up to 15cm of torsion, so there must be a minimum distance of 20cm between the blades and the nearest point.

WARNING:
Any object making contact with the moving blades can damage and unbalance them.

Electrical wiring

Full electrical wiring installation must be carried out prior to the installation of the wind turbine and once the tower has been installed.

CAUTION:
Never install the wind turbine if the regulator and batteries are not properly connected.

WARNING:
Never invert polarity. Use appropriate sized cables.

The first step in the electrical configuration is to place the correct battery bank, with its correct connection configuration and connected according the manufacturer's specifications, thus obtaining the right voltage and capacity for the installation to be carried out.

Different types of batteries exist. In the case of domestic hybrid wind energy/ solar energy installations, open lead-acid batteries are recommended and, to meet the installations charge capacities, certain minimum installation requirements are essential to assure correct running and durability of the installation.

The minimum installation recommendations and battery-to-regulator cable recommendations are the following:

Model	Battery Cable	Minimum battery size
Bornay 600 / 12V	16 mm^2	550 Ah C_{100}
Bornay 600 / 24V	16 mm^2	250 Ah C_{100}
Bornay 600 / 48V	10 mm^2	150 Ah C_{100}
Bornay 1500 / 24V	25 mm^2	660 Ah C_{100}
Bornay 1500 / 48V	16 mm^2	350 Ah C_{100}
Bornay 3000 / 24V	35 mm^2	1100 Ah C_{100}
Bornay 3000 / 48V	25 mm^2	600 Ah C_{100}
Bornay 6000 / 48V	50 mm^2	1200 Ah C_{100}

CAUTION:

The use of stationary open lead-acid batteries is recommended.

WARNING:

Use of the wrong battery can cause irreparable damage to your wind turbine.

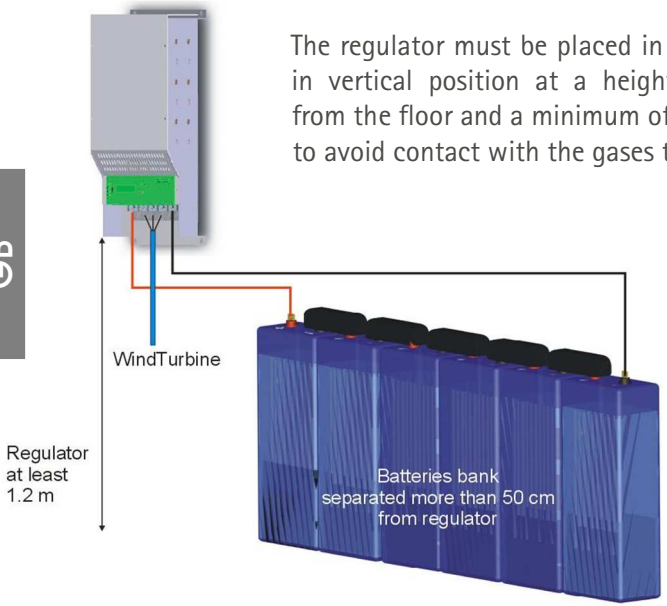
With the correct battery selected and assembled in the installation, the regulator must now be installed on the wall. This is fixed using the four holes (two upper and two lower) located in its metallic casing. Fixing is achieved using long screws and plastic plugs.

The regulator has dissipation through internal resistances. The upper part of the regulator can heat up on windy days once batteries have been charged.

Do not cover the upper part of the regulator - the holes on the top cover must be unobstructed for correct ventilation.

WARNING:

The regulator has internal resistance. Do not cover upper part.
Install in a well-ventilated area.



The regulator must be placed in a well ventilated area and in vertical position at a height of approximately 1.20m from the floor and a minimum of 50cm from batteries so as to avoid contact with the gases these produce.

The regulation control box, batteries and possible converter must be allocated a central location near to the point of use and as near as possible to each other.

To install the regulator, lift the lower cover from the regulator (only the small cover which forms a 90 degree angle) by removing the four screws that hold it in place. This way, the regulator will be positioned as in the following illustration:

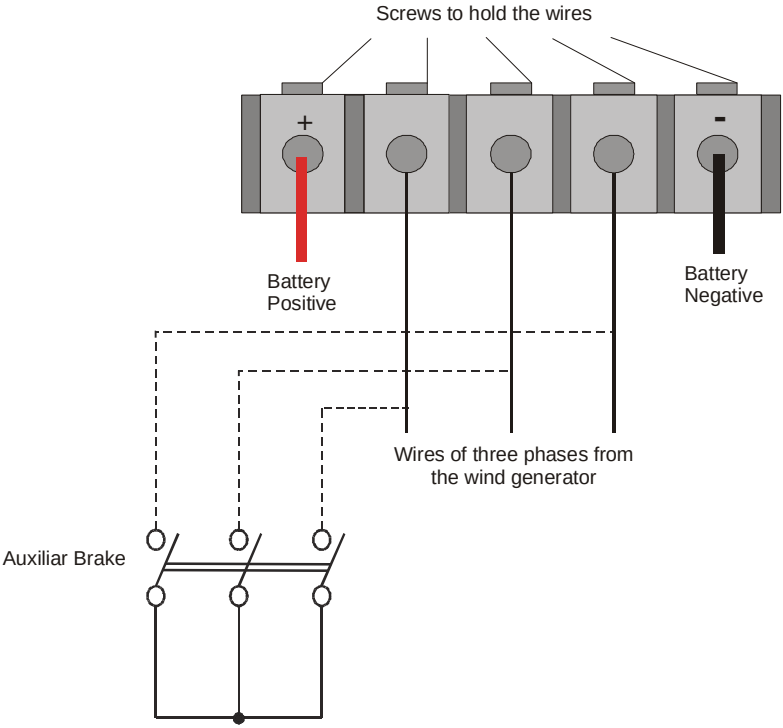
WARNING:

DO NOT invert polarity.

A change in polarity can damage the regulator.

When you come to connect the regulator, follow these steps:

- Connect the negative terminal of the battery to the regulator (ensure correct polarity).
- Connect the positive cable from the battery to the regulator (ensure correct polarity).
- Connect the wind turbine's three-phase wires to the regulator.
- As this uses an alternating three-phase connection, the order of the wires does not matter. This connection is carried out prior to the assembly of the wind turbine; if connected otherwise, the wind turbine must be in braked mode.



If, for any reason, the regulator **needs to be disconnected**, either during installation or during the useful life of its installation, the following steps must be observed:

- Short circuit the wind turbine, bringing together the three base connection wires, leaving the wind turbine in braked mode.

- Double check that the wind turbine is totally braked and disconnects the wires from the wind turbine.
- Disconnect the positive cable from the battery.
- Lastly, disconnect the negative cable.

Once the batteries have been installed and connected to the regulator, we will move on to the wiring between the regulator and the tower top of the tower where the wind turbine will be installed.

To minimize wire loss, the distance between the wind turbine and the regulation control box must be as short as possible. Never longer than 100 meters.

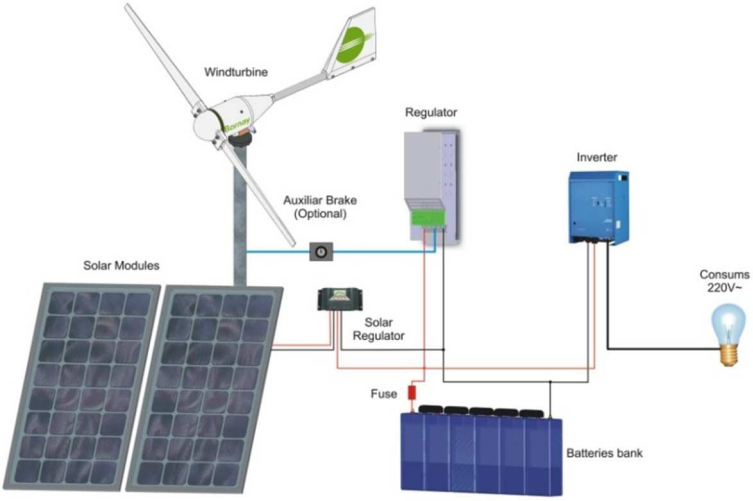
To determine the base connection cable gauge for use in line with the characteristics of the wind turbine and its distance from the control box, see the following table for copper conducting wire:

Model	Iac x fase (A)	0-20 mts	20-40 mts	40-60 mts	60-80 mts	80-100 mts
Bornay 600 / 12v	17	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2	50 mm^2
Bornay 600 / 24v	8.8	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 600 / 48v	4.5	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2
Bornay 1500 / 24v	22	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 1500 / 48v	11	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2
Bornay 3000 / 24v	42	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2	50 mm^2
Bornay 3000 / 48v	21	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2
Bornay 6000 / 48v	42	6 mm^2	10 mm^2	16 mm^2	25 mm^2	35 mm^2

The following table shows conversions between gauges in mm2 and AWG, as well as the corresponding diameters for these gauges in mm and inches.

mm^2 section	4	6	10	16	25	35	50
AWG section	11	9	7	5	3	1	0
Diameter (mm)	2.26	2.76	3.57	4.51	5.64	6.68	7.98
Diameter (in)	0.088	0.108	0.141	0.178	0.222	0.263	0.314

In a hybrid installation, with the water heater option, the installation should match the following scheme:



GB

Regulator

The function of the regulator is firstly to transform the alternating energy generated by the wind turbine into the appropriate DC current to charge the battery bank. Secondly, the regulator will control the state of the battery, avoiding battery overcharge and controlling the running of the wind turbine.

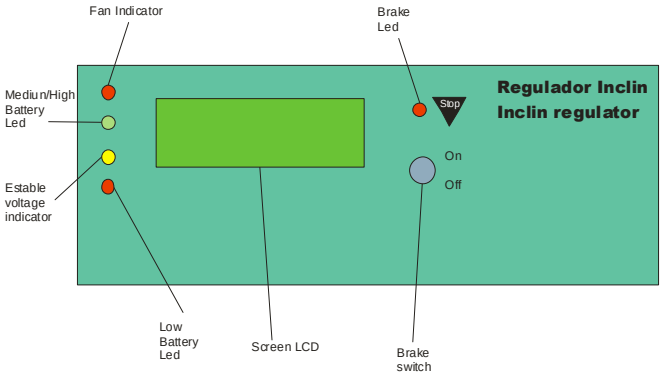
CAUTION:	WARNING:
In strong winds, stop the wind turbine, by switching the brake on and off several times.	Never force the rotation of the turbine while the brake switch is on.

The regulator, has been specially designed to work with the wind turbines. The regulator is provided with the following connection switches:

1.- Three phases input from the wind turbine
2.- Batteries output +/-

Visual Guide to Control Panel features:

The Control panel looks like the example in the following illustration, in which the function of each feature can be recognized:



GB

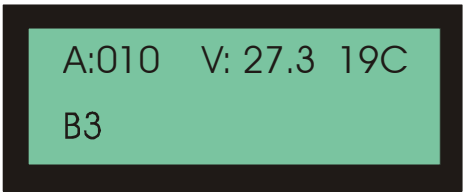
System functioning:

Basic functioning:

The regulator uses the energy it obtains from the wind turbine to charge batteries and create electrical energy for the user's consumption. While batteries are uncharged, and with weather conditions allowing, the regulator supplies energy to the accumulators.

When the batteries are charged to the pre-programmed setting, the regulator will cause the wind turbine to go into braked mode to achieve perfect battery performance and to avoid their deterioration. The way it enters braked mode is via electrical impulses, i.e. by sending controlled charges to the wind turbine.

The voltage regulator is preset in manufacture and is indicated by the letter B and a number, as in the following illustration:



System reset:

On connecting the apparatus, or if it is reset for any reason, the regulator will show a screen, as follows, depending on which model it is:

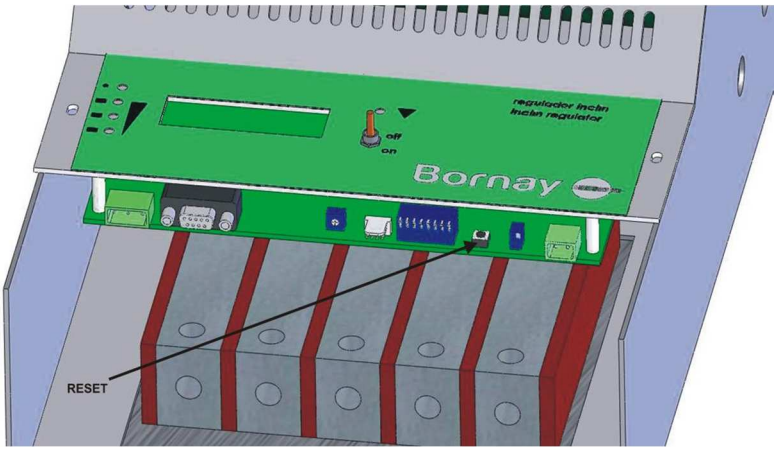
The topmost line on the screen shows the regulator model. From left to right it shows: the wind turbine power; the wind turbine voltage; and the maximum current it accepts. The bottom line on the screen shows the system version.

NOTE:

If the batteries have become excessively run down for any reason or if regulator malfunction is detected, RESET can be used to check if the equipment returns to normal functioning.

To use RESET, there is a printed circuit board micro switch located on the regulator's control card, i.e. under the regulator cover.

If the error persists, contact the manufacturer.



GB

Fixed safety braking for wind turbine:

The wind turbine can be braked in a fixed position for several reasons:

Automatic safety braking: This is a function designed to increase the safety of the equipment and to lessen wear suffered by the system's mechanical elements, and it works through using an internal counter by which the wind turbine reduces its turning speed automatically when, over an uninterrupted 120 minute period, at least 1500 braking impulses have been affected. When this occurs, the system deduces that the battery is completely charged and the wind turbine is not freed from the fixed braked mode until the voltage has lowered to under 12.5v - 25v - 50v.

When this situation arises, and the automatic braking is active, the status message appears at the end of the second line on the screen, as in the following image:

If the wind is very strong, the wind turbine may not stop completely, although the energy generated is diverted to the brake resistors.

NOTE: if the equipment is in AUTOMATIC BRAKING mode and we require the wind turbine to return to its charge position without waiting for the battery voltage to fall below the deactivation level, simply turn the switch (manual braking) to ON position and then back to the OFF position, thus erasing the automatic braking mode. The equipment will immediately generate energy again if the wind is favorable, while the time and impulse counters will re-initiate.

Manual braking: When the switch is in ON position, a sequence of impulses is initiated to brake the wind turbine until it stops completely or, in the event that the wind is strong, until it slows to a minimum of revolutions.

When the manual braking switch is activated, this is indicated on the screen at the end of the second line and the brake indication LED is also illuminated.

If the switch is put back to the OFF position, the wind turbine is immediately freed and newly set to generate energy. The brake indication LED goes off.

This operation must be carried out periodically to verify the correct status of the braking elements: if, in low wind conditions, the wind turbine does not brake completely, the electric control box must be checked.

Reserve brake option: To guarantee safety in the installation, an auxiliary brake can be incorporated in the regulator which would brake the wind turbine when you need to leave it deactivated for some reason. This braking system involves uniting the wind turbine's three phases.

☝ WARNING:

In strong wind, never leave the wind turbine turning in braked position.

Warning signs:

The regulator detects the voltage at input to the batteries and it carries out auto-configuration as long as this voltage is permitted within the power programmed. If the battery voltage is not permitted for the power programmed, a message appears stating that the voltage is not correct.

CONFIGURACION INCORRECTA

For example, if the regulator is for a 6000W wind turbine, it can only work with 48V batteries, so if it detects that the battery voltage is 12V or 24V, it will show an error message. This also occurs if the batteries are very run down.

Installing the Wind Turbine

GB

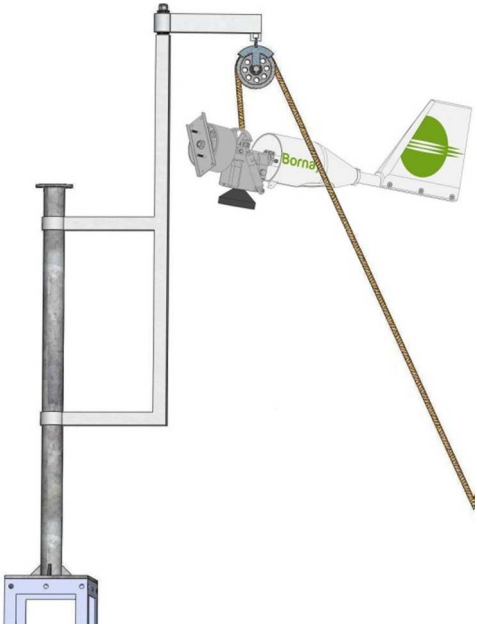
Before assembling the wind turbine on the tower, the electrical installation must be completed, as well as the interconnection between batteries and regulator.

Once we have the electrical wiring installed, we will proceed to assemble the wind turbine.

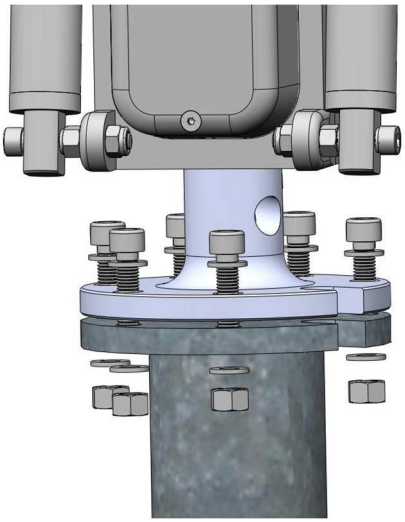
To ease installation of the wind turbine on the tower, a bracket and pulley system should be used.

This system must securely attach to the tower, with the pulley on top.

Using this method, the turbine can be hoisted up and secured while the electrical connection is completed and the turbine is fitted to the tower.



Fixation plate



This plate is provided to be attached to the tower. Another one is assembled on the wind turbine base.

Its function is to secure wind turbine, offering an ease of installation and removal from the tower at any moment.

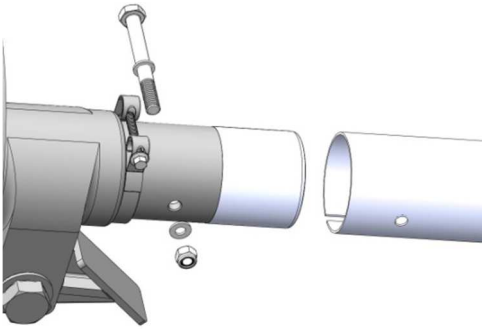
The plates are made with slots to allow the cables to pass through without twists. They are attached with Allen bolts and six holes are provided for six M -10 x 40 Allen bolts, with M -10 washers on both faces and six M -10 nuts. The bolts set and tower plate are served in an independent plastic bag, if not mailed before.

Tail / Tube tail

The tail is made to keep the windmill facing into the wind at any time.

The tail is made of two different pieces: a polyethylene vane and a steel boom. They are put together with three M-6 x 100 bolts, six wide-series M-6 washers on both sides of the vane, and three M-6 self-locking nuts.

Tail tube / Alternator



The tail is attached to the alternator at this point. Before bolting the tube to the alternator, pass the protective casing through the tail tube. (Once the tube is bolted, you will not be able to install the casting).

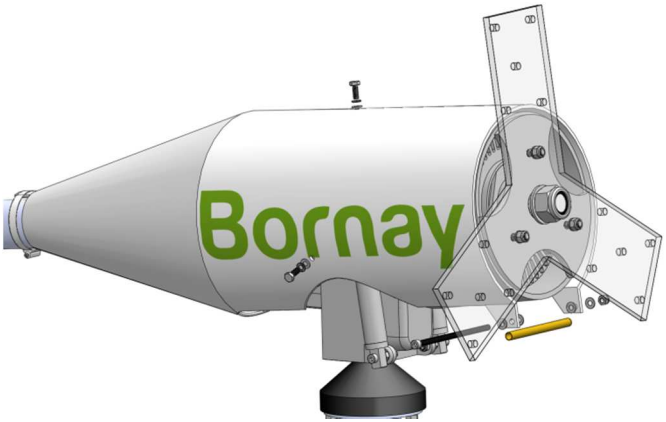
This joint has two different systems to secure, one has a bolt going through the tube, and the other one is a flange system. We first introduce the tail tube into the back side of the alternator, and match the holes in both pieces. We use now a hexagonal M-8 x 90 bolt, with two M-8 washers, one in each side and an self-locking M-8 nut. Tighten both to 2,5 Kgr.

GB

Nacelle

The nacelle protects the alternator from the external climatologically agents. The nacelle is attached with five bolts; three of them are on the top, another one is on the back as a bridle, and the last one on the front underneath a new bridle:

On the top of the nacelle there are two holes ready for two M-8 x 20 bolts with their correspondent wide series M-8 washers and a grover washer, directly bolted to the alternator bridge. The assembly order is: bolt, grover washer and wide washer.



Next, the clamp bolt must be tightened at the back part of the nacelle.

Finally, on the lower front side, using the two flanges to anchor, we insert the brass tube (160 mm long x 12 mm exterior diameter), one M-8 x 198 bolt, with an M8 wide series washer on each side, on the inner side of the nacelle, between the two flange-forming flaps. Finally, secure using a washer and autoblocking nut M8.

Blades and frontal cone

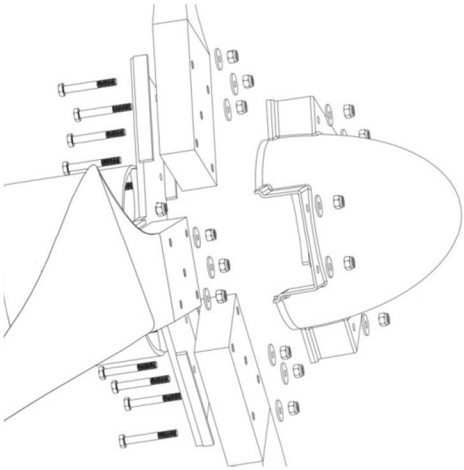
The blades, made reinforced carbon fiber/glass make direct contact with the wind. They are highly stressed. Their aerodynamics, specifically designed for Bornay wind turbines, makes the alternator turn faster or slower depending on wind speed.

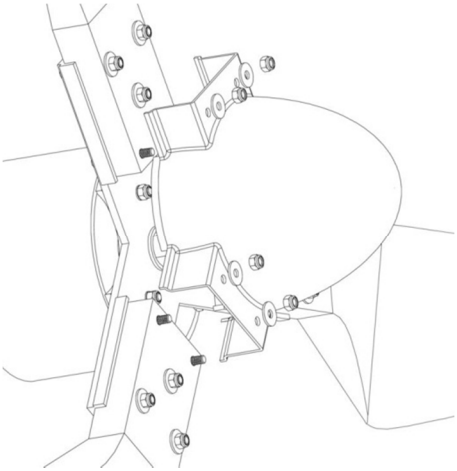
Blade assembly is carried out by securing them to the hub, with **the relief logo towards the rear part**, i.e. facing the alternator. The two external bolts and the central one, will be M-10 x 70, while the two internal bolts will be M-10 x 75 (this ones will fix the nose cone also).

Once installed the blades, into the first three external bolts, to secure the blades we use the wide-series washers and auto-blocking nut M10. With the help of a dynamometric Allen key, all nuts must be initially tightened to 2 Kg. Once tightened, all nuts must be then be retightened to 2,5 Kg.

The next step, having retightened all nuts, is to install the frontal nose cone. Once installed, another wide-range washers and a M-10 self-blocking nut are applied into the two internal bolts. With the help of a dynamometric Allen key, all nuts must be initially tightened to 2 Kg. Once tightened, all nuts must be then be retightened to 2,5 Kg.

Observe the next illustrations carefully.





GB

CAUTIONN:
Double check that blades fit perfectly and that no obstacle will get in their way.

WARNING:
Check blades are correctly mounted in the right place; the Bornay logo must be to leeward, on the reverse side

PRECAUTION:

- Do not manipulate the windmill and its control panel on windy days.
- Do not leave the wind turbine run freely (disconnected from the batteries), this could damage the charging system. If you need to disconnect the windmill from the batteries, always brake it.
- With the windmill turning freely, the automatic breaking system does not work, that could cause irreparable damages in your wind turbine.
- Do not manipulate the loads in the regulator.
- Do not invert the polarity in any case.
- Use the appropriate wiring

Maintenance

After the installation

One month after the installation of the wind turbine, we recommend checking that the bolts have the right torque and tightening, if necessary.

Periodic maintenance

To ensure long life for your wind turbine, we recommend the following maintenance schedule:

Each 6 months

- Checking and readjusting the torque required for every bolt.
- Checking state of wiring.
- Visual inspection of blades.
- Checking that the automatic breaking system works properly by tilting it manually.

The main wind turbine parts for maintenance inspections are:

Bearings

Bornay wind turbines are equipped with great quality sealed bearings which require no maintenance.. You can check to see if they turn freely or if the opposite occurs and some kind of friction or vibration is observed.

Bolts

The bolts used in Bornay wind turbines are **stainless steel**. If a bolt is missing or in poor condition, it must be replaced right away in order to avoid any breaking or further damage.

Wiring

All cable connections and switches must be properly checked in order to prevent any disconnection and to allow the wind turbine to run freely.

Blades

The reinforced carbon fiber/glass blades are covered by a protective tape made of abrasive polyurethane on the leading edges of the blades.

After years of use, this tape may be affected by weather conditions. If the tape is missing or partially missing, contact your local installation office to have the tape replaced. By failing to replace the tape, the life of the blade will be seriously reduced due to the strong erosion the blade is exposed to.

Shock absorber

The wind turbine has one hydraulic shock absorber installed that prevents abrupt shocks by promoting fast braking and slow return to its original position.

The shock absorber has a little slack at the beginning of its return movement, and this is normal. However, if this slack is observed to continue for over half the return movement, and if oil is leaking, the shock absorber must be replaced.

Lubrication

Bornay wind turbines have three moving parts:

The front shaft (blades-alternator) is equipped with sealed bearings and covered with lubricant. It does not need any special attention; its lubricant will last during its lifetime.

The yawing shaft (windmill-tower) is equipped with sealed bearings and covered with lubricant. It does not need any special attention; Its lubricant will last during its lifetime.

The alternator shaft (alternator-yawing system) is a stainless steel tube covered with lubricant. It does not need any special attention. Its lubricant will last during its lifetime.

Frenquently asked questions

1.- Can battery polarities be changed?

No, this would cause the regulator to break down.

2.- ¿Is the polarity of the wind turbine cables important?

No, the base connection cable of the wind turbine is an alternating three-phase type, so these can be connected in any order.

3.- Can the battery be disconnected with the wind turbine running?

Under no circumstances, since this action could cause irreparable damage to the regulator.

4.- ¿Can the regulator cause the batteries to lose their charge?

This is impossible due to the construction of the regulator.
If it occurs, check your installation because there must be an element that is discharging the batteries.

GB

5.- The voltage measured by the regulator does not match with the battery level read by other equipment.

Each manufacturer or even each different apparatus uses different components, and for reasons of cost these are often not calibrated. Variations can exist between different equipment, although it is made by the same manufacturer.

6.- ¿How can I find out what energy the wind turbine is providing?

You simply need to multiply the voltage value and the current (in amps) shown on the regulator screen.
Energy (W) = Voltage (V) x Amps (A).

7.- ¿What is the power consumption of the regulator?

The power consumed by the regulator is miniscule compared to the power of the wind turbine and the batteries, and is in the order of milliamps.

8.- ¿How do you know if the wind turbine is providing charge to the batteries?

This shows on the regulator screen that indicates the charge current.

Keep in mind that there is a margin of error of several Amps, so if the charge is low, say 1 or 2 Amps, the screen may display 0 (zero).

9.- ¿Could the drilled holes in the blades be bad?

No, each wind turbine is assembled completely in production. If the drilled holes do not match up, try turning the blades round the other way. Some models have 3 and some have 5 holes drilled, and one of these is slightly off centre in order to define correct blade installation.

10.- ¿Will one of these wind turbines provide enough power for a home?

This kind of wind turbine is normally used together with other components to form a complete installation. These components are usually:

Solar panels: energy production.

Solar regulators: to control battery charge from the solar panels.

Batteries (accumulation of this energy): These installations are normally designed to give three full days of independence, in other words they can supply the installation for three days without sun or wind. They use direct current.

Wind regulator: This is included with the wind turbine and this is what controls battery life. It ensures that battery voltage does not surpass dangerous levels. At the same time, it will brake the machinery when this does occur.

Inverter/Charger: This is the equipment that transforms direct current from batteries into alternating current for consumption (230V).

Back-up generator: In remote installations, this is installed to guarantee complete independent functioning of the installation. Normally, the inverter handles the start-up and stopping on the motor according to installation needs. For example, if the battery runs the inverter will order the motor to start.

11.- ¿Can several wind turbines be set up in parallel?

Yes, several wind turbines can be run in parallel.

12.- ¿Can power consumption points be connected directly to the wind turbine?

No, because the energy they produce is not a controlled and regulated energy, so an intermediate stabilizer/controller is required. Without such a stabilizer/controller, our installation will not work correctly.

In the case of remote installations, this stabilizer/controller is the battery.

When the installation is for grid connection, the stabilizer is the grid connection inverter.

13.- ¿What kind of power is generated by the alternator?

The wind turbine provides an AC three-phase signal which, in remote installations, has a nominal voltage of approximately 15 Vac, 30 Vac, or 60 Vac depending on the voltage. When grid connected, the nominal voltage is 150 Vac.

These voltages are later rectified by the regulator passing the power to DC at 12 Vdc, 24 Vdc, or 48 Vdc to charge batteries, or 120 Vdc to supply the grid connection inverter.

14.- ¿Should some protection be installed between the wind turbine and the regulator or between the regulator and the battery?

No, never. The regulator is already carrying out these protective functions.

If you were to install intermediate protection and this disconnected the electrical connection, the wind turbine would lose its charge and this could cause irreparable damage to the wind turbine or the regulator.

Problem observed	Possible cause	Solution
The blades do not turn, even in strong wind	Incorrect wiring from wind turbine to regulator.	Check wiring.
	Reserve brake connected.	Disconnect reserve brake.
	Short circuit in wind turbine phases.	Disconnect wind turbine phases from the regulator. If this is not turning freely, the problem could be the wiring. Check possible joins in the wiring. If the problem persists, contact your supplier.
	Regular diode short circuit	Disconnect the wind turbine phases from the regulator. If this turns freely, its regulator could be malfunctioning. Contact your supplier.
Blades turn fast but with no charge	Battery disconnected or defective. Voltage incorrect between batteries, regulator, and wind turbine. Wind turbine phases disconnected	Check battery voltage is correct. Check there is voltage in the input to the wind turbine and regulator. If there is no voltage, check wiring.
Wind turbine brakes automatically in high wind	Batteries are charged by other element, such as solar panels or generator.	Functioning correctly.

Problem observed	Possible cause	Solution
Wind is strong and wind turbine does not brake with regulator brake activated.	The wind is so strong that the regulator brake cannot brake the machinery.	Activate intermittent brake until machinery is stopped, using moments when strong wind abates.
The regulator screen shows nothing.	Battery is disconnected.	Check wiring in continuous section and check power is reaching regulator.
The regulator is overheating	Defective printed circuit.	Check connections on printed circuit board. If fault persists, contact your supplier.
	Batteries too small and/or too little consumption.	Revise size calculations of your installation.
Battery voltage is too high.	Located in strong winds	Functioning correctly, but you can put wind turbine in braked mode if batteries are charged.
	Defective battery connection.	Check battery connection terminals/elements. Tighten screw connections.
Battery voltage is too high(continued)	The regulator is not functioning properly.	Contact your supplier.
Wind turbine vibrates	Loose bolts	Tighten bolts.

GB

Problem observed	Possible cause	Solution
Intermittent mechanical noise	Blades uneven.	Check state of blades. Contact your supplier.
	Elements scraping one another.	Put nacelle bolts in place and tighten.
Wind is strong and wind turbine constantly loses orientation.	Internal noise. Check rotor is turning correctly or if bearings are damaged.	Contact your supplier.
	Turbulence.	Revise the location chosen for tower.

Annex

Annex I.- Wind types

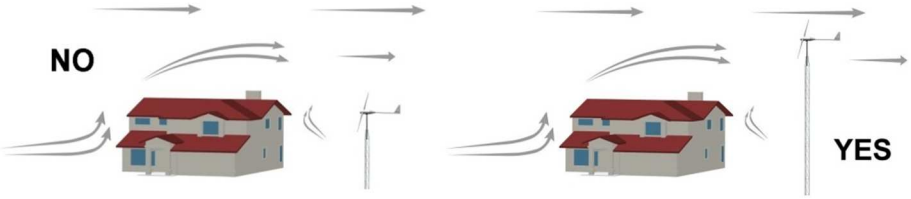
Beaufort's table is the international reference to classify and define the wind depending on its speed.

Force	Wind speed (m/s)	Wind speed (km/h)	Denomination
0	0 - 0.5	0 - 1	Calm
1	0.6 – 1.7	2 - 6	Light air
2	1.8 - 3.3	7 - 12	Light breeze
3	3.4 - 5.2	13 - 18	Gentle breeze
4	5.3 - 7.4	19 - 26	Moderate breeze
5	5.7 - 9.8	27 - 35	Fresh breeze
6	9.9 - 10.4	36 - 44	Strong breeze
7	12.5 - 15.2	45 - 54	Near gale
8	15.3 - 18.2	55 - 65	Gale*
9	18.3 - 21.5	66 - 77	Strong gale
10	21.6 - 25.1	78 - 90	Storm
11	25.2 - 29	91 - 104	Violent storm
12	More than 29	More than 104	Hurricane

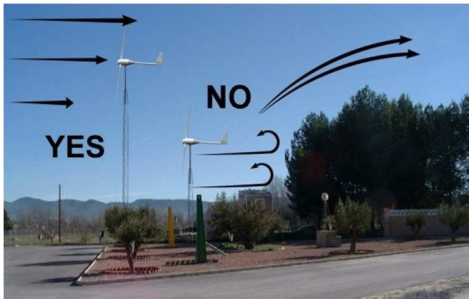
*On receiving strong storm warnings, Bornay recommends manually braking equipment in order to protect the wind turbine.

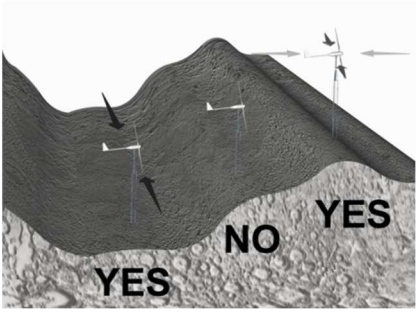
GB

Annex 2.- Landscape and objects that influence on wind turbines



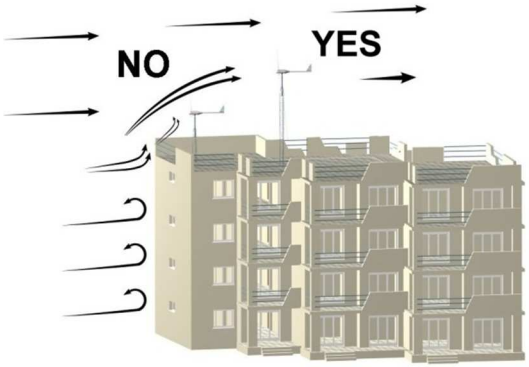
When the wind is eclipsed by the objects it finds in its way, it reduces its speed and turbulence results. The performance of a windmill installed on the wrong location will be adversely affected by turbulence and light winds.





To maximize the performance of your wind turbine, it should be installed as far as possible from the obstruction and atop a tower higher point from this obstacle.

If the windmill is going to be installed in a valley, it should be at the lowest point where the wind is channeled and freely flowing, or at the highest peak of the valley, where it can capture wind moving in any direction.



Declaration of conformity

Bornay

Mr. Juan Bornay Rico, on behalf of and representing Bornay aerogeneradores, slu,

S T A T E S

That Bornay wind turbine models 600, 1500, 3000, 6000 and their corresponding regulators, have been produced in compliance with regulations applicable under the E.U.
directives:

89/392/CEE 91/368/CEE

And in accordance with the safety regulations for small wind power turbines:

UNE-EN-61400-2

Castalla, January 1, 2010

Signed: Juan Bornay Rico.

GB

Bornay Aerogeneradores, slu P.I. Riu, Cno. del Riu, s/n 0320 Castalla (Alicante) Spain Tel. +34/965560025 Fax +34/965560752 bornay@bornay.com www.bornay.com

Warranty

LIMITED WARRANTY

Your new Bornay wind turbine is guaranteed against any material defect. This warranty does not include other equipment or accessories that could be involved in repairing the windmill. The warranty does not cover defects or damages produced by improper use or installation of the product.

WARRANTY PERIOD – BORNAY WIND TURBINES

The warranty period for the Bornay wind turbines and their components is 36 months from date of original installation or 40 months from fabrication date.

BORNAY WIND TURBINES ACCESORIES

The warranty period for the Bornay accessories is 36 months from date of original installation or 40 months from fabrication date.

GB

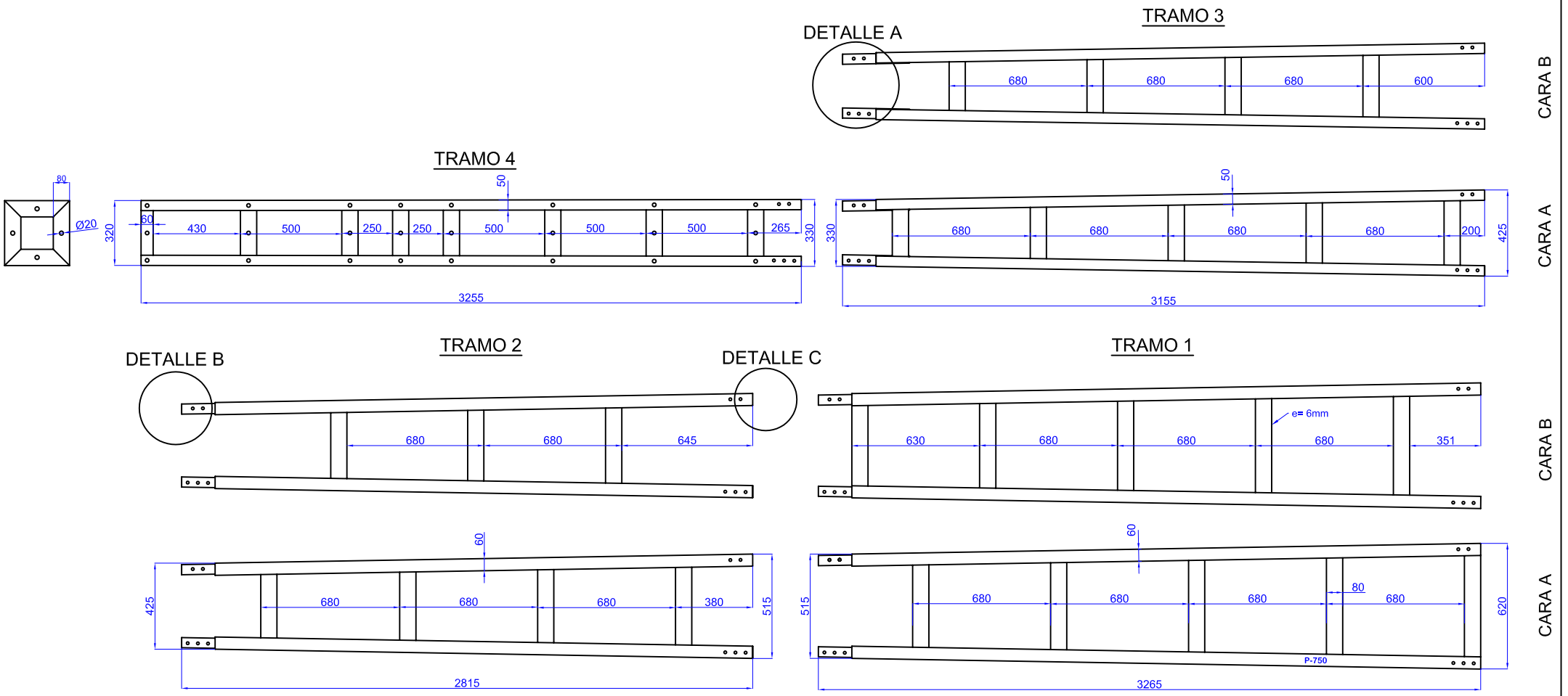
WARRANTY CONDITIONS

The Warranty covers parts and labour in our workshops only. The wind turbine must be returned suitably packaged and at the buyer's expense.

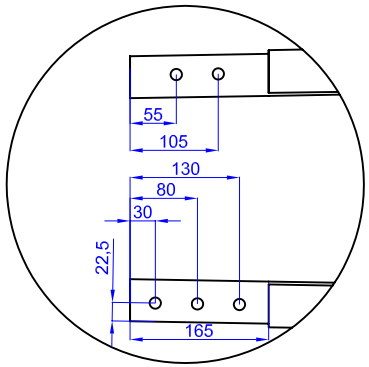
The Warranty does not cover breakage due to incorrect usage or equipment with signs of manipulation. Shipping is not covered by the Warranty.

Bornay reserves the right to substitute or modify any part should the case call for such.

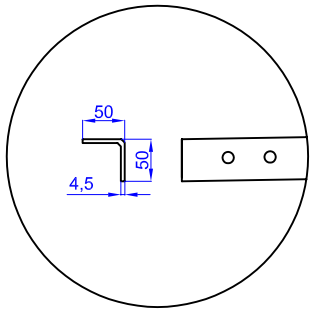
Any wind turbine not meeting these conditions will be repaired and shipped at cost to buyer, with prior authorization from the customer.



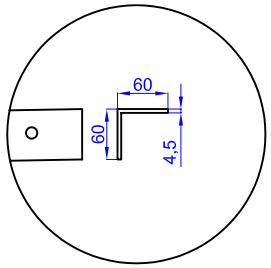
DETALLE A



DETALLE B



DETALLE C



TORRE P-750 (3000-6000)

Bornay Aerogeneradores S.L.U
Polígono Industrial. Riu
Camino del Riu, s/n
03420 Castalla (Alicante)
www.bornay.com

9/11/2009	Dibujado por:	Rafael Juan Claverías	
9/11/2009	Revisado por:	Ramón Cerdá Mira	
Escala: S/N	Material:	Acero galvanizado	
Ref: 20.02.0015			Plano: 7.2

Esta información es confidencial, propiedad de Aerogeneradores Bornay S.L.U.
Prohibida su reproducción y/o distribución sin autorización del propietario.