

# CONSTRUCCIÓN DUN AEROXERADOR EÓLICO

Nuno González, Santiago Castro e Daniel Barata

*IES As Lagoas, Rúa Blanco Amor, 2, 32004 Ourense*

## RESUMO

O proxecto a realizar consistía, inicialmente, no deseño e elaboración dun aeroxerador funcional co obxectivo de obtención de electricidade, para poder subministrar enerxía ao módulo bioconstruído no IES As Lagoas de Ourense, ademais de facer unha análise dos datos que se irían obtendo. Sen embargo, durante o transcurso da construción inicial, decatámonos de que o proxecto presentaba unha serie de complicacións, que nos impediron facer todo o desenvolvemento inicialmente plantexado, aínda que a idea é a de resolver estas dificultades nun futuro e elaborar o proxecto inicialmente ideado. Sen embargo, a pesar das limitacións, creouse un prototipo para investigar a técnica e métodos de obtención de enerxía mediante os xeradores, asegurándose, durante o proceso, de usar as mellores técnicas para que nun futuro o proxecto se leve a cabo con éxito.

*Palabras Clave:* Aeroxerador, prototipo, construción, módulo bioconstruído, IES As Lagoas de Ourense.

---

## 1. Introducción

Un aeroxerador, coñecido tamén como unha turbina eólica ou simplemente unha aeroxeradora, é unha estrutura que se emprega para transformar a enerxía cinética do vento en enerxía eléctrica. Estas estruturas son compoñentes esenciais das plantas de enerxía eólica, que aproveitan a enerxía do vento para xerar electricidade dunha forma limpa e renovable.

Un aeroxerador común está composto por unha base alta que suxeita as pas, tamén coñecidas como hélices ou rotores, que xiran coa acción do vento. A enerxía cinética do vento fai que as pas xiren a alta velocidade, o que a súa vez activa unha caixa de cambios que aumenta a velocidade de rotación e a

transmite a un xerador eléctrico que produce electricidade.

Os aeroxeradores son unha fonte importante de enerxía renovable, xa que non emiten gases de efecto invernadoiro nin outros contaminantes durante a produción de electricidade. Ademais, o vento é unha fonte de enerxía ilimitada e non suxeita a flutuacións de prezos no mercado enerxético, o que fai dos aeroxeradores unha opción atractiva para a produción de enerxía sustentable.

Falando dos aeroxeradores, pódense diferenciar dous tipos: os aeroxeradores con eixo vertical e horizontal:

- Os de eixo horizontal son os máis comúns que se poden ver hoxe en día. O seu eixo xira paralelo ó chan tendo unha gran altura de buxe e un mecanismo de rotor cuxo obxectivo é orientar o

aerogenerador para poder seguir os cambios de dirección do vento. Estes modelos normalmente adoptan un modelo de tres palas, por ser o máis eficiente (figura 1).

- Os de eixo vertical, caracterízanse por estar os seus bordes orientados cara ó vento e non precisan dunha gran altura para aproveitar a súa potencia. Dentro de estes diferéncianse catro tipos (figura 2):

- Savonius: poden ter diferentes formas de pas e eixos de transmisión diferenciais.
- Darrieus: con pas curvas e xiro sobre o seu eixo.
- Turbina Mixta: con mestura dos modelos anteriores.
- Giromill: os cales teñen pas verticais unidas ó eixo polos brazos horizontais.



Figura 1. Aerogenerador de eixo horizontal



Figura 2. Aerogeneradores de eixo vertical. De esquerda a dereita e de arriba a abaixo, Savonius, Darrieus, Turbina mixta e Giromill.

O ser humano leva desde o ano 5000 a.C. empregando a enerxía producida polo vento no seu propio beneficio e dende o ano 1887, como método para obter electricidade. O precursor da idea foi o estadounidense Charles F. Brush, quen deseñou o que se considera como a primeira turbina eólica para a produción de electricidade, coas inmensas dimensións equivalentes a un campo de fútbol de lonxitude falando das aspas.

Máis adiante, Poul la Cour descubriu que as turbinas eólicas cun número reducido de pas de rotor son moito máis eficientes para a produción de electricidade cas turbinas de pas múltiples do modelo de Brush. Este novo deseño é considerado como o primeiro xerador eólico moderno.

As bases teóricas do aproveitamento da enerxía eólica co fin de producir electricidade desenvolvéronse en Alemaña na segunda década do século XX e débese principalmente a Albert Betz, físico alemán de profesión quen no ano 1919 enunciou a Lei do Límite de Betz. Dita lei consiste en que non se pode superar o 59% de rendemento na

transformación de enerxía eólica en mecánica.

O maior desenvolvemento dos aerogeradores tivo lugar en Dinamarca, onde foi creado no primeiro terzo do século XX un sistema de descentralización da electrificación do país, pero non foi ata 1941 cando Palmer Cosslett Putnam instalou a primeira turbina cunha potencia superior a 1 MW. Esta foi fabricada nos Estados Unidos, no estado de Vermont, e funcionou durante a exitosa cifra de 1000 horas. Con dita potencia, fabricando unha plantación de 20 de estes aerogeradores, poderíase proporcionar electricidade a unha cidade das dimensións de Liverpool.

A seguinte innovación viría da man da empresa Siemens Gamesa, a cal lanzou turbinas de 5,8 MW de potencia con dúas variantes de rotor de 155 e 170 metros de diámetro, conseguindo aumentar a produción anual de enerxía nun 20% e un 32%, respectivamente, en comparación co modelo anterior.

Na figura 3 amósase un esquema coa evolución seguida polos aerogeradores.

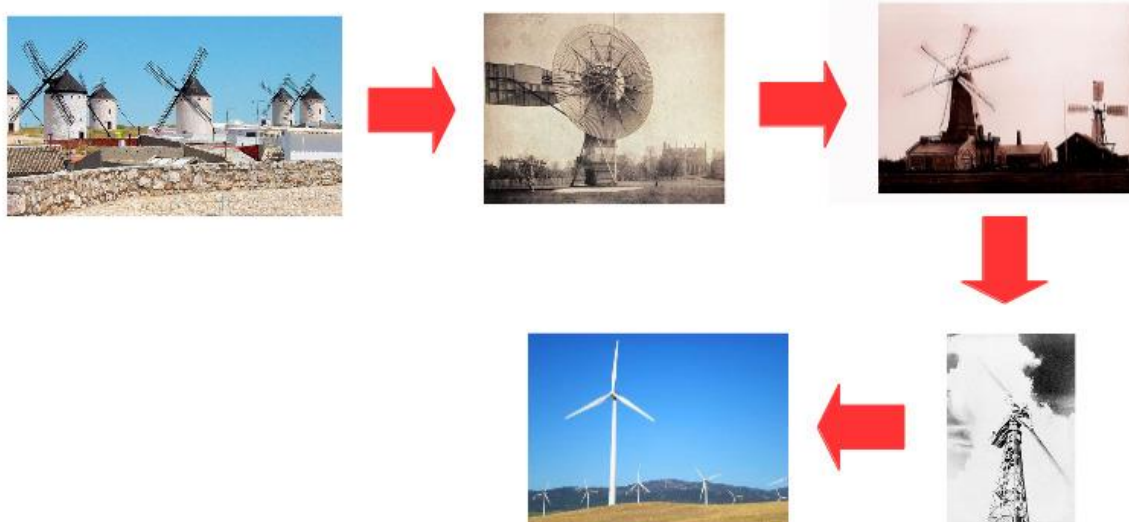


Figura 3. Evolución histórica dos aerogeradores.

O proxecto que se presenta neste documento consiste na construción dun modelo escalado dun aeroxerador, un dispositivo, que como se comentou anteriormente, ten como obxectivo a obtención de electricidade a partir da enerxía do vento, e que se compón dunha serie de pas e diversos mecanismos.

A idea principal era situar o aeroxerador na parte superior do módulo de bioconstrución que se construíu no IES As Lagoas de Ourense, para poder ir

obtendo datos e analizando o seu funcionamento. Estes datos serían comparados cos proporcionados por MeteoGalicia co obxectivo de obter información relevante. Inicialmente, construímos un aeroxerador utilizando o electroventilador do radiador dun coche unídoo así a unha barra de metal con dous rodamentos, montado todo sobre unha base alongada de metal (figura 4). Posteriormente, decidimos simplificar o proxecto para crear un aeroxerador máis básico, como caso de exemplo, que puidera acender un L.E.D.



Figura 4. Prototipo de aeroxerador a escala construído utilizando o electroventilador do radiador dun coche.

## 2. Construción do aeroxerador

O funcionamento do xerador eólico consiste na transmisión dunha rotación horizontal desde o eixo das hélices á caixa do motor, situada esta última a 6,5 cm debaixo do primeiro. O motor, ao xirar, produce unha corrente eléctrica continua de aproximadamente 3V, a cal é suficiente para acender un dispositivo L.E.D. Para poder conseguir isto, a saída do motor foi conectada a unha placa protoboard cunha serie de compoñentes con diferentes funcións que se detallarán ao longo do texto.

Para realizar a construción comezamos obtendo unha base, que xa contaba cunhas hélices confeccionadas e unha veleta para a orientación respecto ao vento. A lonxitude das pas é de 17 cm e o seu ancho de 12 cm, o que axuda a aumentar a superficie de captación do vento e, por tanto, a eficiencia do aeroxerador. A superficie do catavento é de 13 cm x 16 cm, o que garante a súa estabilidade e bo funcionamento en condicións de vento variable. Ademais, a lonxitude da polea do aspa é de 20 cm, o que permite o seu correcto movemento e transmisión de enerxía. A distancia desde o inicio do catavento ata o aspa é de 31 cm, o que axuda a xerar

un movementos constante e uniforme. A lonxitude total do sistema é de 46 cm, mentres que a distancia entre eixos é de 14,5 cm.

Seguidamente instalamos unha polea de 3 cm de radio no eixo superior. Conectando coas hélices, esta polea conta con diferentes dentes para que se poida compenetrar perfectamente cunha correa tensada e así transmitir de maneira óptima o xiro ao motor.

Respecto á realización do dispositivo, empregamos dous engranaxes, asociados aos dous eixos, diferentes. Estas poleas contan con distintos radios e polo tanto cunha relación de transmisión específica. Cabe destacar que o tamaño da polea coa que conta o eixo superior (o das aspas) é lixeiramente superior á polea inferior (a do motor).

A relación de transmisión é unha medida que indica como se relacionan as velocidades de rotación de dous elementos dunha transmisión mecánica. Na nosa transmisión mecánica, a enerxía mecánica transfírese desde o eixo das aspas a través dun sistema de engranaxes, poleas ou correas a un eixo de saída, que é utilizado para impulsar o motor e producir electricidade. A relación de transmisión describe a

relación entre a velocidade de rotación do eixo de entrada e a velocidade de rotación do eixo de saída ( $i = W_s / W_e$ ), aínda que tamén se pode calcular dividindo o número de dentes das rodas condutoras polo número de dentes das poleas ( $i = Z_e / Z_s$ ). En xeral, a relación de transmisión exprésase como a relación entre o número de dentes dos engranaxes de entrada e de saída.

Tras o primeiro paso e despois da correcta disposición do primeiro eixo, procedemos a instalar o motor na parte inferior, suxeitándoo firmemente con bridas e axustando o ángulo de desvío do eixo cun taco de madeira. A separación do motor co eixo é de 4,5 cm, o que permite un bo axuste e transmisión de enerxía.

Para o proxecto empregamos un motor Husillo / Spindle 775-80W con rodamentos de bolas. Este é un motor de corrente continua que está deseñado para obter unha forza xiratoria ao proporcionarlle electricidade. Sen embargo, estes motores son reversíbeis e dende unha rotación poden xerar electricidade.

Nas figuras 5 e 6 móstranse as diferentes partes do aeroxerador.



Figura 5. Partes do aeroxerador a escala construído. De esquerda a dereita: as aspas, a polea conectada no eixo superior con correa de transmisión e o motor Husillo / Spindle 775-80W con rodamentos de bolas.





Figura 6. Diferentes vistas do aerogenerador a escala construído.

O motor, ao xirar, produce unha corrente eléctrica continua capaz de acender un dispositivo L.E.D. Para poder conseguir isto, como se comentou anteriormente, a saída do motor é conectada a unha placa protoboard. Así, na placa protoboard fixemos dous tipos de circuítos con diferentes funcións. O primeiro consta dun condensador e un L.E.D. situados en paralelo, polo que a enerxía que non é consumida por este díodo é almacenada no condensador de maneira eficiente (figura 7). Sen embargo, o segundo, presenta un circuítio corrector confeccionado con catro díodos, para evitar que unha rotación en sentido contrario por parte da hélice poida fundir algúns compoñentes internos do motor (figura 8).

De xeito específico, o circuítio empregado está composto por un L.E.D., que se ilumina ao recibir electricidade. En paralelo a este compoñente atopamos un condensador, que é o encargado de almacenar a electricidade excedente da iluminación do L.E.D. O conxunto dos compoñentes instalámoslos nunha placa de protoboard,

deseñada para conectar cables dunha maneira sinxela e rápida.

Un circuítio de 4 díodos rectificadores, tamén coñecido como unha ponte de díodos, emprégase para converter a corrente alterna (AC) en corrente continua (DC). Este circuítio consta de catro díodos conectados nunha ponte que permite que a corrente transite nunha dirección única. Cando se aplica un sinal de AC á ponte de díodos, dous dos díodos conducen mentres que os outros dous están en inversa, permitindo que a corrente flúa nunha dirección. Cando a polaridade da sinal AC invítese, os outros dous díodos comezan a conducir e os outros dous quedan en inversa, o que fai que a corrente siga fluíndo na mesma dirección. No caso dun aerogenerador que pode cambiar o sentido de xiro, o circuítio de 4 díodos rectificadores garante que a corrente xerada polo aerogenerador convértase en corrente continua, independentemente da dirección do xiro do aerogenerador.

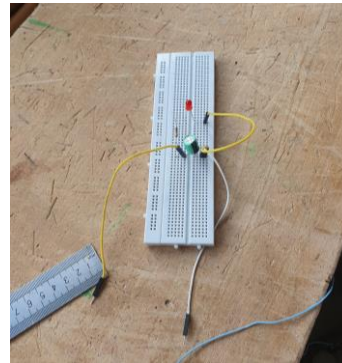
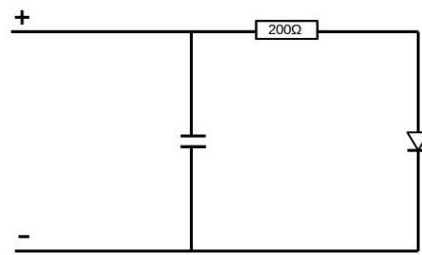


Figura 7. Esquema do circuío (esquerda) e placa protoboard (dereita), dun condensador e un L.E.D. situados en paralelo para que a enerxía que non é consumida por este díodo sexa almacenada no condensador de maneira eficiente.

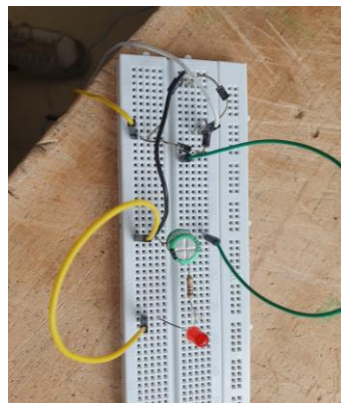
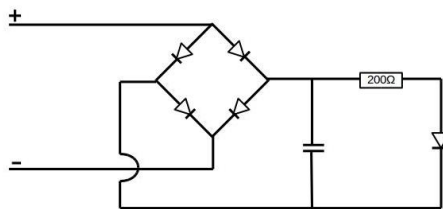


Figura 8. Esquema do circuío (esquerda) e placa protoboard (dereita) do circuío corrector confeccionado con 4 díodos para evitar que o sentido de xiro non teña relevancia respecto á obtención de electricidade.

### 3. Resultados e conclusións

Escolleuse levar a cabo este aeroxenerador porque dende un punto de vista medioambiental hai unha grande necesidade de que exista un desenvolvemento tecnolóxico en enerxías renovables. Ademais, considerouse que o proxecto presentaba unha serie de retos de carácter técnico moi interesantes. O obxectivo principal deste traballo foi facer un prototipo dunha posible fonte de enerxía para a casa bioconstruída do IES As Lagoas de Ourense, para os meses de inverno, cando os días soleados son escasos, xa que a propia casa dotarase, ademais, de doutras fontes de enerxía renovables, como por exemplo, paneis solares.

Debido á falta de tempo e de algúns problemas técnicos, optamos por realizar a creación dun prototipo, presentado ao longo do documento, debido ao escaso tempo do que dispoñíamos para facer unha instalación máis operativa que nos permitira tomar algúns datos para analizar o funcionamento efectivo. Outro problema sería que precisaríamos dun aeroxerador con aspas de dimensións moi grandes debido á alta dependencia de fortes rachas de vento, moi imprevisibles e escasas.

A pesar de ter que conformarnos con crear un prototipo acorde as nosas posibilidades, o que nos imposibilitou tomar medidas do seu funcionamento, estamos moi satisfeitos co resultado obtido. O aeroxenerador é funcional e

ademais presenta un deseño moi agradable á vista, posto que se asemella a un cataventos.

Nun futuro, que agardamos non sexa moi lexano, plantexámonos rematar o proxecto retomando a construción do modelo inicial, o cal tería a capacidade de producir a electricidade necesaria para o funcionamento óptimo en termos de electricidade da bioconstrución en calquera época do ano, servindo o modelo presentado aquí como unha base para facer as innovacións futuras.

#### 4. Bibliografía

- <https://www.siemensgamesa.com/es-es/descubrir/revista/2019/11/siemens-gamesa-inventors-day>
- <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/historia-energia-eolica-origen-ii-guerra-mundial/>
- <http://xn—drmstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/stat/betzpro.htm>
- <https://www.redalyc.org/journal/467/46759491003/html/>
- <https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/onshore/aerogenerador-sg-5-8-170>
- <https://www.vectorenrenewables.com/es/recursos/blog/tipos-de-aerogeneradores-cual-genera-mas-energia>
- <https://www.neoenergia.com/es-es/sala-de-comunicacion/noticias/PublishingImages/Historia-de-la-energia-eolica.pdf>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Aerogenerador>