

1 Construye una torre de celosía

Para un cubo de celosía necesitas:

16 hojas de papel A4
8 tornillos (5 mm x 20 mm), arandelas y tuercas (5 mm)
1 varilla de madera para enrollar las barras de papel (30-40 cm de longitud, 5-6 mm de diámetro)

Para la torre de celosía completa (3 cubos) necesitas:

40 hojas de papel A4
16 tornillos (5 mm x 20 mm), arandelas y tuercas (5 mm)
1 varilla de madera para enrollar las barras de papel (30-40 cm de longitud, 5-6 mm de diámetro)

Además, necesitas:

perforadora de papel
barra de pegamento
destornillador (5 mm)

Observa las medidas:

- Las dimensiones de un papel A4 son 297 mm x 210 mm. Una característica importante que se utiliza es que la relación de la altura respecto a la anchura es igual a la raíz cuadrada de 2 (1,4142). Las hojas de papel US-legal pueden cortarse a 12 pulgadas para conseguir el formato A4.
- Ejemplos de unidades métricas utilizadas:
 - 1000 mm equivalen a 1 m
 - 10 mm equivalen a 1 cm
 - 1 pulgada equivale a 2,54 cm
- Los tornillos 5 mm x 20 mm son prácticamente equivalentes a tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulgada de longitud y $\frac{3}{16}$ de pulgada de diámetro.



1. Dobra una hoja de papel en formato normal de forma que el extremo final sobresalga unos 3 cm. Utiliza ahora la varilla de madera para enrollar el papel en forma de tubo. Empieza a enrollar el papel en el extremo que tiene el doblez.

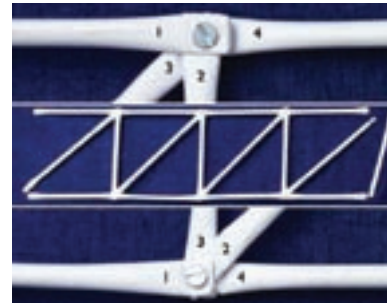
2. Pon algo de pegamento en la parte superior del papel y acaba de enrollar la barra. Para esto lo mejor es utilizar una barra de pegamento. Presiona fuerte durante unos segundos. Con esto habrás conseguido una barra fuerte y delgada.



3. Aplana los dos extremos de la barra y agujeréalos con una perforadora fuerte. Asegúrate de que dejas al menos medio centímetro entre el final del papel y el agujero. Practícalo antes utilizando una hoja de papel.



4. Este es el aspecto que debe tener tu barra. Para construir un cubo de celosía debes tener 16 de estas barras: 12 barras cortas y 4 largas. Obtendrás las barras cortas si enrollas una hoja de papel en formato normal. Para conseguir las barras largas simplemente gira el papel y enróllalo en formato apaisado.



5. Junta las barras para formar una celosía, tal y como se muestra en la imagen del centro. Las 12 barras cortas se utilizan para las aristas, y las 4 barras largas para las diagonales. Un nodo se hace situando las barras 1-4 una encima de otra. Introduce el tornillo en los agujeros de cada una de las barras. (Nota: ¡el orden de las barras es diferente para los nodos superior e inferior!). Finalmente, coloca una arandela y una tuerca en el tornillo, y apriétalos con el destornillador.



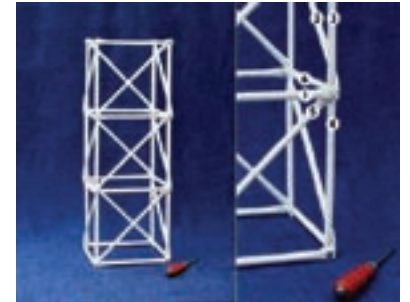
6. Utiliza la esquina (de una mesa o una pared) para doblar tu celosía. Asegúrate de que ves las cabezas de los tornillos mientras estas doblando las barras.



7. Acaba ahora tu cubo. Utiliza los dos tornillos restantes para unir la última barra vertical al cubo. De nuevo, las cabezas de los tornillos deben estar mirando hacia fuera.



8. Este es tu cubo de celosía. Pruébalo colocando una tabla rígida sobre él. (Asegúrate de que la tabla es más grande que el cubo, de forma que sean únicamente los nodos los soportan el peso). Después pon una carga pesada sobre la tabla. ¡Si has construido el cubo correctamente, deberá poder soportar 20 kg o más!



9. Si haces más cubos podrás utilizarlos para ensamblar una torre. Aquí hemos utilizado 3 cubos para formar una torre de celosía. Cuando juntes las barras de dos cubos asegúrate de que el orden sea el correcto (tendrás que quitar 4 barras horizontales por cubo). El orden correcto se muestra en la imagen de la derecha.

2 Construye un pequeño aerogenerador

Para un rotor de velas necesitas:

14 hojas de papel A4 (12 para el rotor, 2 para los rodamientos del eje)
6 hojas de papel fino (máximo 50 g/m²) para las velas (A4 para un rotor grande, A5 para un rotor pequeño)
7 tornillos (5 mm x 20 mm)
14 tuercas (5 mm)
8 arandelas pequeñas (5 mm)
2 arandelas grandes (5 mm)
1 varilla roscada (el eje, 5 mm, 40-50 cm)
8 bridas (6 para el rotor, 2 para montar el eje)

1 varilla de madera (30-40 cm de longitud, 5-6 mm de diámetro)
1 corcho o un botón de plástico redondo (como tope de seguridad)
cuerda
cinta adhesiva

Para la góndola necesitas:

7 hojas de papel A4
2 tornillos (5 mm x 20 mm)
arandelas y tuercas (5 mm)

Para un rotor rígido necesitas:

1 hoja de papel grueso (mínimo 250 g/m²) (A4 ó A3)
1 chincheta
2 corchos (uno como tope de seguridad al final del eje – puedes utilizar un botón de plástico redondo)
1 varilla roscada (el eje, 5 mm, 40-50 cm)
2 hojas de papel A4 (como rodamiento del eje)
6 tuercas (5 mm, para el eje)
2 arandelas pequeñas (5 mm, para el eje)
2 bridas (para montar el eje)

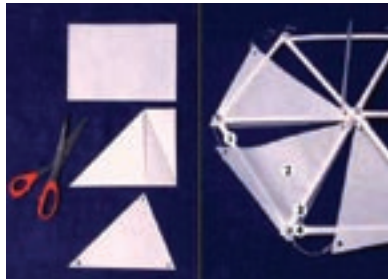
Además, necesitas:

tijeras, cola, una broca de 4 mm, barra adhesiva, 2 llaves inglesas y un destornillador para tornillos 5 mm, una perforadora de papel.

ROTOR DE VELAS



1. Para construir un rotor de velas necesitas el mismo tipo de barras de papel que has utilizado para la torre de celosía. El rotor de velas requiere 12 barras largas (para un rotor grande), o 12 barras cortas (para un rotor pequeño). Durante el ensamblaje del rotor, pon un tornillo en el agujero central.



2. Las velas se componen de 6 hojas de papel muy fino: A4 para el rotor grande, A5 para el rotor pequeño (obtienes papel A5 cortando un A4 por la mitad). La parte izquierda de la foto muestra como doblar, cortar y agujerear el papel para obtener una vela triangular. Antes de agujerear las velas puedes poner cinta adhesiva en el margen, donde estarán los agujeros, para reforzar el papel. La imagen de la derecha muestra el orden correcto de ensamblado.

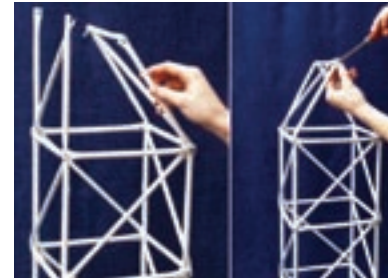


3. Pon la varilla roscada a través del agujero del centro del rotor, y fija el rotor utilizando una gran arandela y una tuerca a cada lado del mismo. Utiliza una llave para apretar los tornillos. Las velas se fijan a la estructura del rotor utilizando bridas (en el centro), tuercas y cordeles (en los extremos). Puedes simplemente pasar el cordel alrededor del tornillo más cercano y hacer un nudo.



4. Como queremos que el rotor gire suavemente, el eje debe girar en un rodamiento. Utiliza 2 hojas de papel A4 (en formato apaisado) para enrollar un tubo rígido con la varilla de madera. Pon el eje a través del tubo (imagen superior). En el extremo de la izquierda puedes montar el rotor de velas (centro), y en el de la derecha puedes colocar un cordel entre las dos tuercas para levantar objetos con el rotor. Pon un corcho o botón en el extremo saliente del eje por seguridad.

GÓNDOLA



5. Si ya has construido una torre puedes ahora añadirle la góndola, que soportará el rotor. Para esto necesitas 5 barras de papel cortas y 2 largas que atornillarás en la parte superior de la torre, tal como se muestra en las fotografías.



6. Finalmente, monta el rotor sobre la torre, introduce el eje en la góndola, justo por debajo de la barra horizontal superior. Utiliza dos bridas para fijar el eje a las dos esquinas.

¡Ya lo tienes! Ahora comprueba cuanto peso puede izar tu turbina. Ata una carga al extremo posterior del eje, utilizando un cordel, y mira si la turbina puede levantarla. Prueba con diferentes tipos y tamaños de rotor y compáralos.

ROTOR RÍGIDO



7. Para el rotor rígido necesitas una hoja cuadrada cortada a partir de papel A4 (rotor pequeño) o papel A3 (grande). Ahora corta las 4 muescas, como se muestra en la imagen.



8. Haz un agujero (de 4 mm de diámetro) en un extremo del corcho hasta la mitad – esto es para el eje. Pon un poco de pegamento en el otro extremo del corcho. Utiliza la chincheta para fijar las 4 esquinas del papel en el centro. Fija la chincheta y el rotor en el centro de la cara del corcho que tiene el pegamento.



9. Por la varilla roscada en el agujero del corcho, y ya has acabado. Pon un corcho o un botón de plástico redondo en el extremo saliente del eje por seguridad.

3 Construye un multiplicador para la turbina eólica

Para el multiplicador necesitas:

26 hojas de papel A4

1 varilla de madera (30 – 40 cm de longitud, 5 – 6 mm de diámetro)

2 correas de goma o de piel (correas de transmisión, 7 – 10 cm de diámetro, 2 cm de anchura)

1 varilla roscada larga (el eje, 5 mm, 40-50 cm de longitud)

2 varillas roscadas cortas (5 mm, 32-35 cm de longitud)

6 corchos o botones de plástico redondos (como topes de seguridad de las varillas roscadas)

44 tuercas* (5 mm)

14 arandelas grandes* (5 mm)

2 arandelas pequeñas (5 mm)

2 ganchos

1 anillo

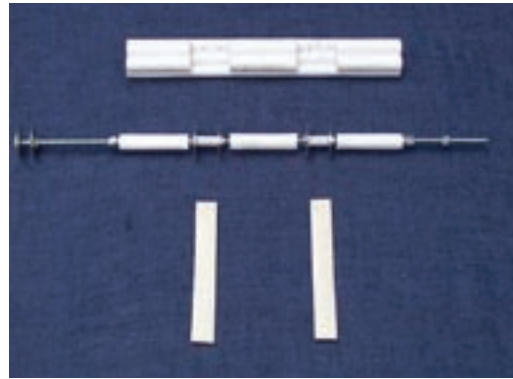
17 bridas

2 tramos de cordel (2 x 60 cm)

Además, necesitas:

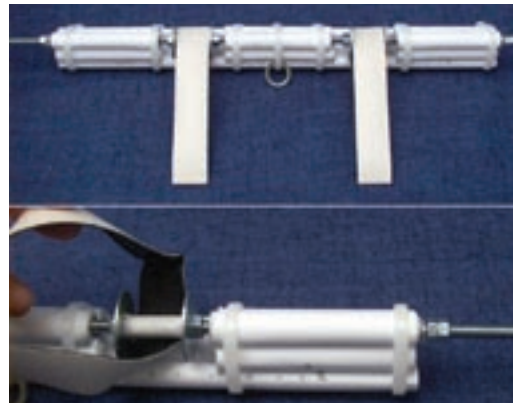
barra de pegamento, cola, 2 llaves, tijeras

*) Nota: En la lista de arriba se incluyen dos arandelas grandes y dos tuercas para un rotor de velas.



1. Aquí vemos el eje principal en el centro de la imagen, y las dos correas en primer plano. Al fondo vemos la vigueta que soportará el eje principal. La vigueta consta de 3 tubos de papel fuerte, enrollados alrededor de una varilla de madera, utilizando dos capas de papel en formato apaisado y dos tubos utilizando dos capas de papel en formato

normal, cortado en tres secciones de la misma longitud. El eje principal (una varilla roscada) soporta los tres tubos de papel que se utilizan como rodamientos, y que están hechos con dos capas de papel en formato apaisado. Dado que funcionan como rodamientos, deben ser capaces de girar libremente – por lo que no debes fijarlos al eje.



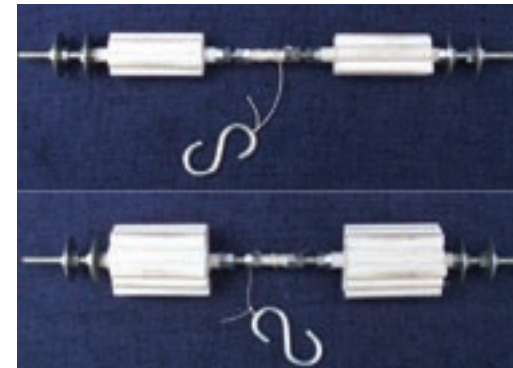
2. Ensambla la vigueta pegando juntos los tubos y fijándolos entre sí mediante 7 bridas (imagen superior). Observa que la brida del centro lleva también un anillo. No olvides poner las correas en el eje antes de pegar los rodamientos del eje a la vigueta. La imagen inferior muestra como se montan sobre el eje los rodetes para las correas: se mete un trozo de tubo

de papel entre dos arandelas grandes y se fija con dos tuercas. En los extremos de la vigueta, el eje lleva una pequeña arandela y dos tuercas. Aprieta una tuerca contra la otra para que se mantengan en su sitio. El eje debe ser capaz de girar libremente.



3. Construye estos 4 engranajes para los ejes lentos. Primero haz 9 rollos de papel, enrollando un papel en formato apaisado alrededor de una de las varillas roscadas. El papel tiene que estar bien apretado, pues de no ser así los rodetes resbalarían muy fácilmente. Corta 8 tubos en 6 secciones de la misma longitud, y el

último tubo en 4 secciones. Ahora pégalos para formar los engranajes que se muestran. Utiliza las 4 secciones tubulares más largas para el centro.



4. Este es el aspecto que deben presentar los 2 ejes lentos (utiliza las dos varillas roscadas pequeñas). Las dos arandelas grandes en ambos extremos del eje hacen que se mantenga en su sitio. Se fijan utilizando dos tuercas para cada una. Los engranajes también se fijan mediante tuercas. Se introduce uno de los extremos del cordel entre las dos tuercas, y

en el otro extremos se ata un gancho. El eje superior tendrá una relación de transmisión 1:3, mientras que la relación del eje inferior es de 1:5, movidos por el eje principal.



4

Aerogenerador

Con tornillos y tuercas, algunas herramientas y el contenido de tu bandeja de folios puedes construir

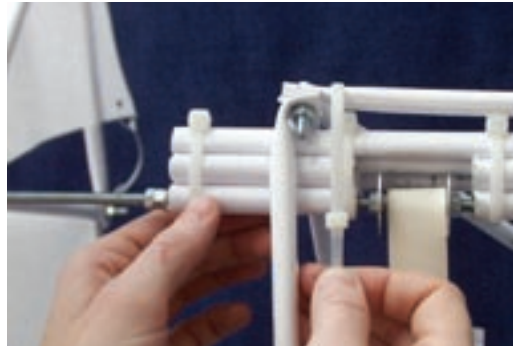
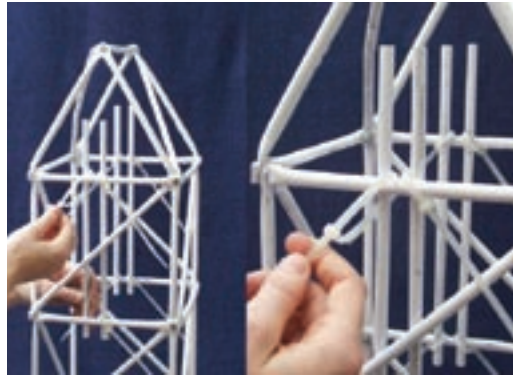
- Una torre de celosía para un aerogenerador (necesitas 40 hojas de papel A4 –reciclado)
- Un aerogenerador con un rotor de velas (necesitas 21 hojas más de papel A4)
- Un multiplicador de 1-paso para que la turbina pueda levantar objetos pesados (necesitas 26 hojas adicionales de papel A4)

Experimentos con el aerogenerador

Instrucciones en el anverso

Juego de ensamblaje desarrollado por:
Norbert Pöcksteiner

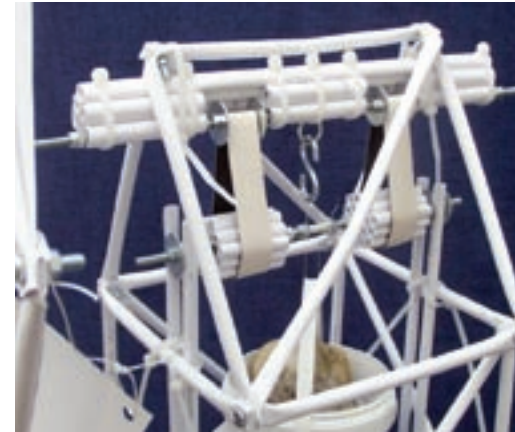
Fotografías: Norbert Pöcksteiner
Puedes descargarte estas instrucciones, experimentos y más experimentos en:
<http://www.windpower.org/es/kids/assign/index.htm>



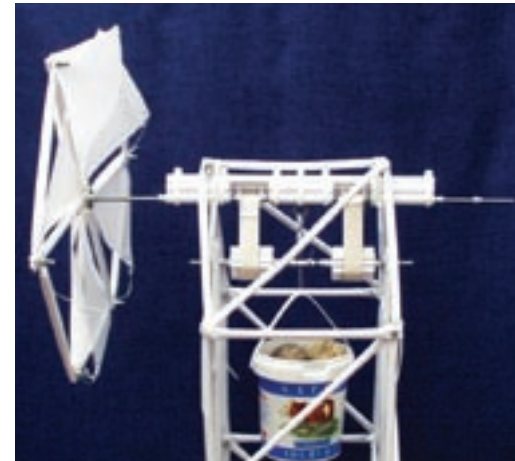
5. Necesitas una torre para montar tu multiplicador. El eje lento debe ser capaz de desplazarse verticalmente, de forma que las correas se mantengan tensas. Así pues, necesitamos algunas guías de deslizamiento verticales (soportes). Utiliza simplemente 4 tubos de papel en formato apaisado y fíjalos a la torre como se muestra, utilizando dos bridas por tubo.

6. Así es como se aguantan la vigueta y el eje bajo la barra horizontal superior de la góndola. Utiliza dos bridas para fijar la vigueta a ambos extremos superiores de la góndola. Como puedes ver, el rotor de velas ya ha sido montado sobre el eje principal.

7. Vista del multiplicador terminado: el eje lento con los engranajes pequeños (relación de transmisión 1:3) cuelga de las correas. Del gancho pende un recipiente lleno de gravilla. Prueba cuanto peso eres capaz de izar utilizando este montaje. Si quieres alzar más peso, echa un vistazo a la siguiente imagen.



10, con lo que consigues una máquina muy fuerte. Aunque levantar la carga le lleva algún tiempo...



8. Si utilizas este montaje, serás capaz de levantar cargas realmente pesadas. Cuelga el eje pequeño con los engranajes grandes (relación de transmisión 1:5) entre las correas. No ates el gancho directamente a la carga, sino que lo debes colgar en la anilla y atarlo al anillo montado en el centro de la vigueta. Con esta técnica de aparejo de poleas doblas la relación de transmisión hasta 1:

9. Esto es una vista lateral del aerogenerador. De nuevo, puedes ver el eje pequeño con los engranajes grandes. Intenta izar varias cargas diferentes y averigua cuanto tiempo le cuesta a la turbina levantarlas. Puedes utilizar también diferentes rotores (rotor de velas, rotor rígido, modelo grande, modelo pequeño) y comparar como actúan. ¿Cuál es el más potente de todos?