

AEROGENERADOR CASERO MODELO “NAVAS”

Introducción

La idea básica de un generador eléctrico es el movimiento de un imán frente a una bobina. Ese movimiento es circular, pero lo que importa no es la velocidad angular del imán (número de revoluciones por minuto del imán frente a la bobina), sino la velocidad tangencial del imán, que es el producto de la velocidad angular por el radio de giro del imán o distancia radial del imán al eje de giro). Un generador cuyos imanes estén cerca del eje de giro, necesitará más velocidad angular (rpm.) que un generador cuyos imanes estén más alejados del eje de giro.

Los generadores eléctricos pueden ser de flujo axial o flujo radial. Esta definición está mal expresada, puesto que el flujo es una magnitud escalar y por ello no tiene dirección ni sentido. Lo que es axial o radial es el campo magnético creado por los imanes. El generador axial consiste en un disco delgado de hierro que gira alrededor de un eje perpendicular al mismo, y en cuyo contorno se sitúan un conjunto de imanes, los cuales crean un campo magnético paralelo al eje de giro, mientras que el generador radial consiste en un cilindro que gira alrededor de su eje, y los imanes se sitúan en la superficie lateral, creando un campo magnético perpendicular al eje de giro. En los primeros generadores, los imanes eran en realidad electroimanes, que necesitaban una intensidad de corriente o excitación, para poder crear el campo magnético. Poco a poco han aparecido generadores donde los imanes son permanentes, entre ellos los de Neodimio, los cuales crean un campo magnético más intenso que el de todos sus predecesores. Estos imanes son los que permiten la construcción de generadores eléctricos impulsados por el viento: generadores eólicos o aerogeneradores.

La construcción de un aerogenerador “casero” despierta mucho interés, bien por ahorro económico, bien por satisfacción personal, aunque no es tarea fácil. Hasta que no nos ponemos manos a la obra, no nos damos cuenta de las dificultades mecánicas y técnicas que entraña esa construcción. Son necesarias determinadas herramientas y/o habilidades manuales para su construcción, además del esfuerzo inicial de encontrar el material necesario, que tampoco es tarea fácil. El aerogenerador que se describe a continuación es capaz de suministrar una potencia de hasta 800 vatios a una tensión de 12, 24 o 48 voltios.

1.- Herramientas necesarias:

Las herramientas que a continuación se describen, son las que he empleado personalmente. Si algún lector no puede disponer de algunas herramientas, sería necesario que acudiera a algún taller para realizar parte del mecanizado de las piezas del aerogenerador.

- Taladro eléctrico de mesa, taladro eléctrico manual y sierra eléctrica de corte radial



- Juego de machos de 10 y de 12 mm. de diámetro
- Martillo de goma
- Cuatro varillas roscadas de 12 mm. de diámetro y 300 mm. de longitud
- Limas de hierro: plana y redonda



- Juego de brocas
- Juego de llaves fijas

- Materiales del aerogenerador

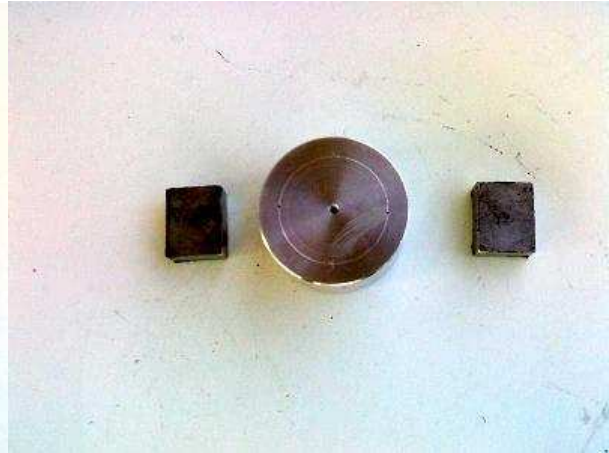
- Dos planchas de madera contrachapada de dimensiones:
 vertical = 440 mm.
 horizontal = 370 mm.
 grosor = 30 mm.
- Dos rodamientos de base plana para un eje de 20 mm. de diámetro.



- Una barra de hierro calibrada de 20 mm. de diámetro y 350 mm. de longitud
- Cuatro varillas roscadas de 12 mm. de diámetro y 250 mm. de longitud, 24 tuercas y 24 arandelas
- Dos discos de hierro de 300 mm. de diámetro y 5 mm. de espesor (grosor)



- Un cilindro de aluminio de 90 mm. de diámetro y 64 mm. de longitud
- 24 imanes de Neodimio de dimensiones 50 x 40 x 20 mm.
- Cable de cobre esmaltado de 1.5 mm. de diámetro



3.- Mecanizado de las planchas de madera contrachapada:

En cada una de las dos planchas de madera hay que hacer:

- 4 agujeros de diámetro 13 mm.
- 4 agujeros de diámetro 12 mm.
- 1 agujero de 22 mm. o superior

Los cuatro agujeros periféricos de 13 mm. de las planchas de madera son para colocar las cuatro varillas roscadas y conseguir que dichas planchas se mantengan paralelas entre si y separadas una distancia adecuada. Pueden agujerarse a 30 mm. de cada borde de la plancha de madera.

Los cuatro agujeros centrales de 12 mm. son para sujetar los rodamientos. El agujero central es para que el eje de giro pase sin rozar la madera, cuya situación es: 210 mm. del borde vertical de la pared de madera; 230 mm. del borde inferior, y 185 mm. respecto de cada borde lateral.

Como todos estos agujeros deben estar colocados en el mismo sitio en ambas planchas, es conveniente agujerarlos a la vez. Es decir, amarrar o juntar las dos planchas de madera y hacer los agujeros a la vez en ambas planchas con el taladro de sobremesa.

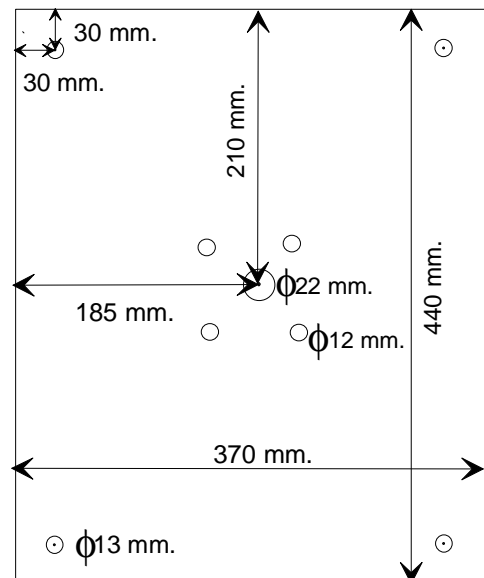
El proceso recomendado para realizar estos agujeros es:

- 1.- Amarrar las dos planchas de madera con gatos de carpintería, una encima de la otra y que queden bien ajustadas de los bordes.
- 2.- Agujerear los cuatro agujeros de 13 mm.
- 3.- Agujerear el agujero central con una broca de 20 mm. (este agujero hay que hacerlo con el taladro manual, porque el taladro de mesa no llega al centro de la plancha de madera)

4.- Separar las dos planchas. Colocar un trozo de eje de 20 mm. en el interior de un agujero de una plancha de madera y situar encima un rodamiento (también con el eje de 20 mm. atravesando dicho rodamiento). Así se garantiza que los cuatro agujeros del rodamiento están situados en el lugar exacto. Con el taladro de mano, o con el taladro de mesa, se pueden agujerear los cuatro agujeros que sujetan el rodamiento a la pared de madera. Este proceso se repite para la otra plancha de madera.

5.- Ampliar los agujeros centrales de 20 mm. de las paredes de madera, hasta un total de 22 o más, bien con una broca mayor o con una lima de madera, para conseguir que el eje de 20 mm. pase sin rozar las paredes de estos agujeros.

El aspecto final de las planchas de madera mecanizadas se muestra en la foto. Es conveniente comprobar que las varillas roscadas pueden mantener las planchas de madera en posición vertical, paralelas y que el eje de giro puede atravesar los dos rodamientos y girar suavemente:



4.- Mecanizado del cilindro separador de aluminio

La misión de este cilindro de aluminio es la de mantener una separación entre los discos de hierro (que llevan los imanes de Neodimio) y mantenerlos completamente paralelos entre sí, y que giren paralelos a si mismos. Estas exigencias hacen “**casi imprescindible**” que el cilindro de aluminio sea mecanizado en un torno. El mecanizado de este cilindro de aluminio es el siguiente:

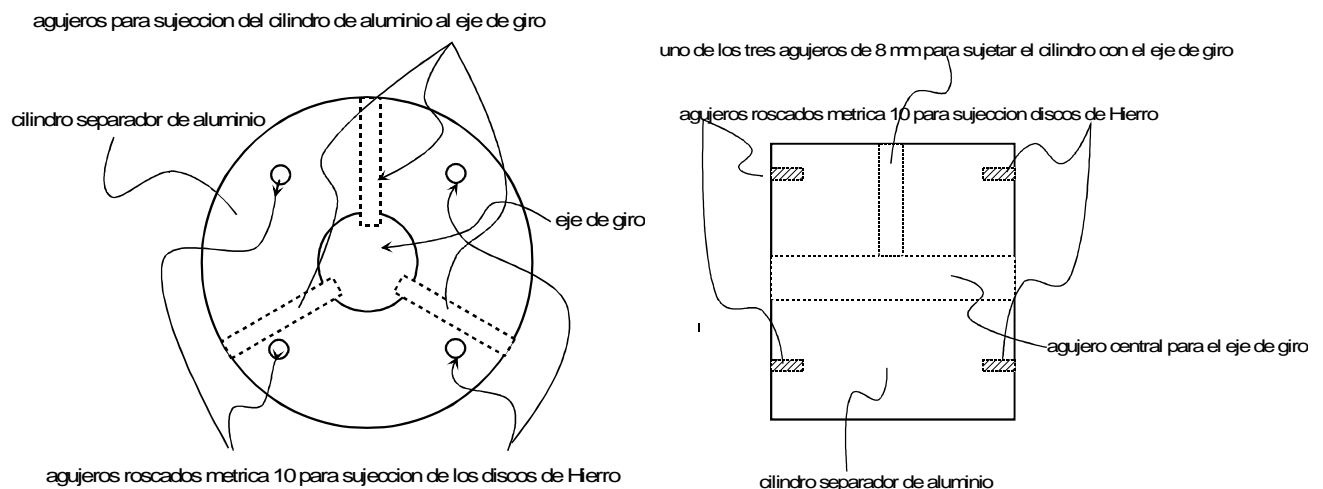
- Las dos bases circulares del cilindro deben ser completamente paralelas.
- Hacer un agujero de 20,06 mm. para que la barra de hierro (o eje de giro) pueda entrar por dicho agujero de manera muy ajustada.
- Hacer cuatro agujeros roscados de rosca métrica 10 mm., equiespaciados, de profundidad aproximada de 15 mm. en cada una de las bases circulares, sobre una circunferencia de diámetro 70 mm. (el agujero roscado de métrica 10 se hace haciendo un agujero previo de 8.5 mm. y pasando después el juego de machos de métrica 10)

5.- Mecanizado del eje de giro y el cilindro separador de aluminio

La barra de hierro calibrada de 20 mm., es el eje del generador y tiene como misión transmitir el movimiento de giro de las aspas, a los discos de hierro con los imanes mediante el cilindro de aluminio. Este eje girará gracias a los dos rodamientos planos, en los que entrará de modo ajustado. La transmisión del giro del eje al cilindro de aluminio (y de éste a los

discos de hierro) puede realizarse mediante una chaveta, pero esto implica que el eje debe ser mecanizado en una fresadora, y esta herramienta sólo se encuentra en talleres especializados. Yo he preferido otro modo consistente en hacer tres agujeros radiales que atraviesan el cilindro de aluminio y llegan hasta el interior del eje. En este caso, primero hay que insertar el eje dentro del cilindro de aluminio situándolo en la posición que tendrá, y hacer tres o cuatro agujeros de 8 mm. de diámetro, empleando el taladro de mesa (o en su defecto el taladro manual, en dirección radial, hasta penetrar en el eje una profundidad aproximada de 5 mm.

Posteriormente se meterá una varilla de acero de 8 mm. en cada agujero y cuya longitud deberá ser de $35 + 5$ mm. Para evitar que estas tres varillas de acero se salgan de sus respectivos agujeros cuando estén girando el eje y el cilindro de aluminio, se pueden pegar con cianocrilato (Loctite) o algún pegamento epoxy, o colocando una abrazadera alrededor del cilindro de aluminio, por encima de los extremos de las tres varillas (las cuales estarán rasantes con la superficie lateral del cilindro).



6.- Mecanizado de los discos de hierro

La misión de los discos de hierro es la de llevar los imanes de Neodimio y hacerlos girar por delante de las bobinas. El mecanizado de cada uno de los dos discos de hierro es el siguiente:

- Hacer un agujero central de 20 mm. de diámetro en cada disco de hierro (habrá que localizar el centro de cada disco de hierro con la mayor precisión posible)
- Hacer cuatro agujeros de 10 mm. de diámetro, equiespaciados, sobre una circunferencia de 70 mm. Como estos agujeros deben cuadrar con los respectivos agujeros roscados de

las bases del cilindro de aluminio separador, deberán ser retocados con la lima de hierro redonda, o simplemente ampliados a un diámetro de 11 mm. con el taladro de mesa.

- En el segundo disco de hierro hay que realizar cuatro agujeros adicionales sobre un diámetro de 110 mm. Dichos agujeros deben ser roscados de métrica 12, con lo cual primero hay que hacer los agujeros a un diámetro de 10.5 mm., y luego se usaran el juego de machos de 12, para que tengan rosca. En estos agujeros deben roscar las cuatro varillas roscadas nombradas en el capitulo de herramientas (son distintas a las nombradas en el capitulo de materiales del aerogenerador)



Aunque no sea necesario, es conveniente que los discos de hierro tengan menor peso y así puedan girar a mayor número de revoluciones por minuto. Por ello es conveniente (no necesario) realizar mas agujeros en ambos discos de hierro, procurando que queden equiespaciados para que no estén desequilibrados y giren suavemente.

7.- Colocación de los imanes en un disco de hierro.

Previamente a colocar los imanes en los discos de hierro, hay que localizar sus polos magnéticos y nombrarlos. Para saber exactamente el nombre de los polos de un imán, se necesita una brújula. En su defecto, no importa el nombre absoluto de los polos de cada imán sino el nombre relativo, esto es, de imán a imán.

PRIMERAMENTE Y ANTE TODO HAY QUE MANTENER LOS IMANES BIEN SEPARADOS UNOS DE OTROS.

Se coge el primer imán y se coloca encima de uno de los discos de hierro. **CON MUCHISIMO CUIDADO Y EVITANDO QUE SE GOLPEE CONTRA EL DISCO Y QUE NO PILLE LA MANO NI LOS DEDOS ENTRE EL IMAN Y EL DISCO.** La técnica que yo empleo para realizar esta operación, consiste en acercar el imán al borde del disco de hierro. Luego inclinar el imán ligeramente y la fuerza del hierro sobre el imán hace que se pegue a la superficie plana del disco. El primer imán colocado sobre el disco de hierro será el imán de referencia que servirá para nombrar los polos de todos los demás imanes. A continuación se escribe una N en la superficie libre del imán. Se coge con la mano otro imán, fuertemente, cerrando el puño sobre el imán. Se acerca la mano, desde lejos, poco a poco por encima del imán de referencia hasta notar repulsión o atracción entre el imán del disco y el de la mano. **NO ACERCAR EL IMAN DE LA MANO A MENOS DE UN PALMO DE DISTANCIA DEL IMAN DEL DISCO.** En caso de repulsión, el polo enfrentado al imán de referencia será N, y su otra cara será S. En caso de atracción, el polo enfrentado al imán de referencia será S y su cara opuesta será N. Hay que emplear esta técnica con todos los imanes.

Una vez nombrados los polos de todos los imanes se procederá a colocarlos en el disco de hierro. Como el primer imán ya está colocado, se procederá a colocar el segundo imán. Deberá tener en la cara libre, el polo opuesto al primer imán. Se acerca el imán con cuidado al borde del disco y se deja que se pegue a dicho borde. Luego se le da una pequeña inclinación, para que se pegue al disco, procurando que el polo libre sea el opuesto al imán anterior. Con



el martillo de goma se golpea suavemente al imán recién colocado para ir situándolo en la posición correcta, cerca del primero en el borde del disco de hierro.

Para evitar que los imanes se muevan de su lugar de colocación al girar el aerogenerador, es conveniente inmovilizarlos, relleno el espacio que queda entre ellos con resina poliéster. El aspecto que tendrá el disco con todos los imanes se muestra en la foto (se han hecho mas agujeros en el disco de hierro para quitarle peso)

Los imanes de Neodimio son muy peligrosos si NO se manejan con cuidado. NUNCA HAY QUE PONER DOS IMANES DE NEODIMIO CERCA UNO DE OTRO... NI CERCA DE ALGUN OBJETO DE HIERRO. LA FUERZA DE ATRACCION ENTRE ELLOS ES TAN FUERTE QUE NO RESPETAN NADA, Y SI SE PONE UN SOLO DEDO ENTRE ELLOS, HAY PELIGRO DE PELLIZCOS DE LA PIEL.

El aspecto que presenta el aerogenerador, por el momento, se muestra en las fotos siguientes



8.- Sujeción de las aspas del generador al eje de giro

Para que las aspas hagan girar el eje de giro y éste a los imanes, se dispondrá de dos piezas:

- Un cilindro de aluminio de dimensiones aproximadas 90 mm. de diámetro y 30 mm. de grosor
- Un disco de madera o de aluminio, de 300 mm. de diámetro y 10 mm. de grosor (si es de madera) o 4 mm. de grosor (si es de aluminio)

En el cilindro de aluminio hay que hacer 4 agujeros: un agujero central de 20 mm. (para que entre el eje de giro) y tres agujeros equiespaciados roscados a métrica 12 mm., sobre una

circunferencia de 70 mm. de diámetro (para sujetar al disco de madera o aluminio). Para que giren conjuntamente este cilindro de aluminio y el eje de giro, haremos un chavetero en el eje de giro y en el cilindro de aluminio. El chavetero en el cilindro de aluminio se puede hacer haciendo un agujero de 5 mm. justo al borde del agujero central de 20 mm., y limando posteriormente con las limas de hierro, para unir este agujero con el central.

En el eje de giro habrá que hacer un coliso (chavetero) en el extremo libre de éste, para alojar una chaveta que une el cilindro de aluminio anterior con el eje de giro, y un agujero en el centro del eje de giro, roscado a 10 mm., para sujetar al disco de madera. El chavetero se puede hacer con la sierra radial (mejor con una fresadora), hasta una profundidad aproximada de 5 mm. La chaveta puede hacerse con una planchita de hierro de grosor 5 mm. y superficie de 30 x 10 mm. En las fotos siguientes se muestra la mecanización efectuada en el cilindro de aluminio y en el eje de giro



El disco de madera o aluminio es para sujetar las aspas y debe ir atornillado al cilindro de aluminio antes descrito. Para ello le haremos cuatro agujeros: un agujero central de 11 mm. (para sujetarse al eje de giro) y tres agujeros de 12.5 o 13 mm. equiespaciados en una circunferencia de 70 mm. de diámetro, para que pasen tres tornillos de métrica 12 que sujetan este disco al cilindro de aluminio anterior. El aspecto se muestra en la foto adjunta.

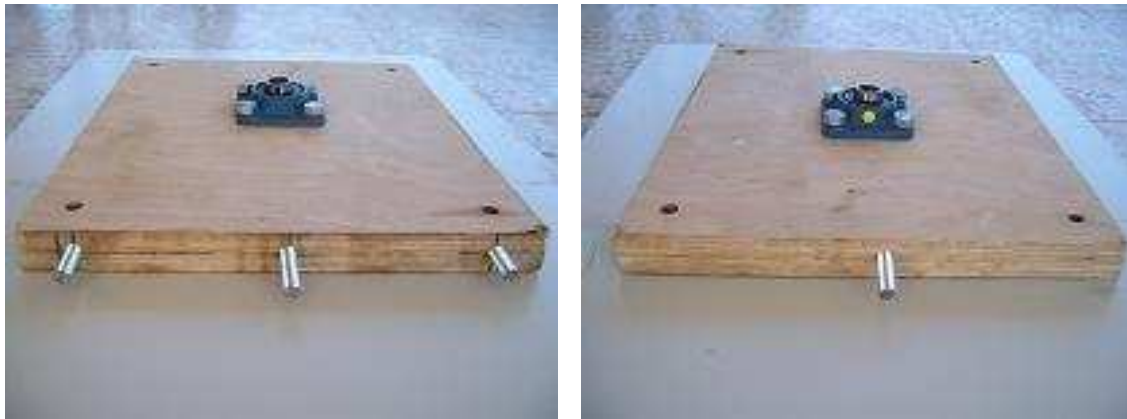


Como este disco debe llevar sujetas las tres aspas, habrá que prepararlo para este fin. Dibujaremos la zona de sujeción de las aspas y haremos tres nuevos agujeros para cada aspa, esto es, un total de 9 agujeros más de métrica 12. Las palas tienen una anchura de 15 cm., que es la anchura de las tres zonas cuadradas dibujadas en el disco de madera, como se aprecia en la foto siguiente:

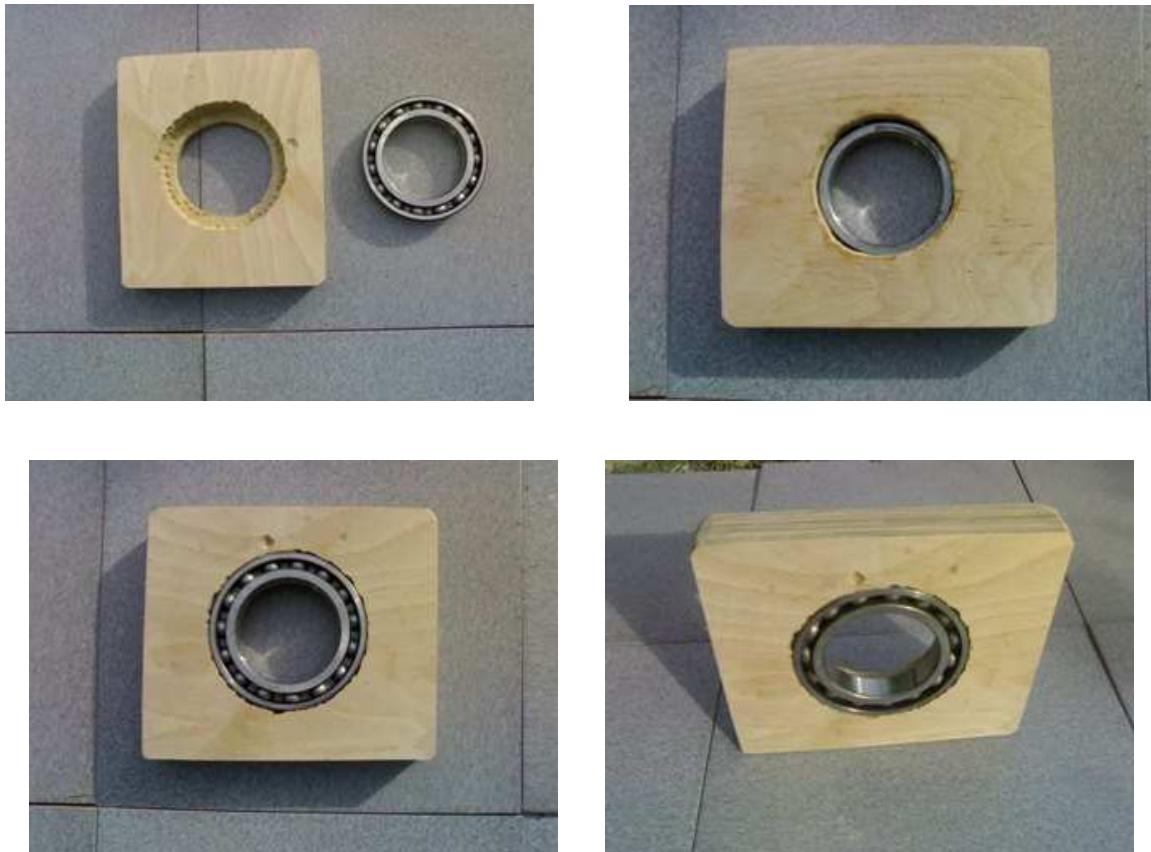


9.- Mecanizado de la base del aerogenerador

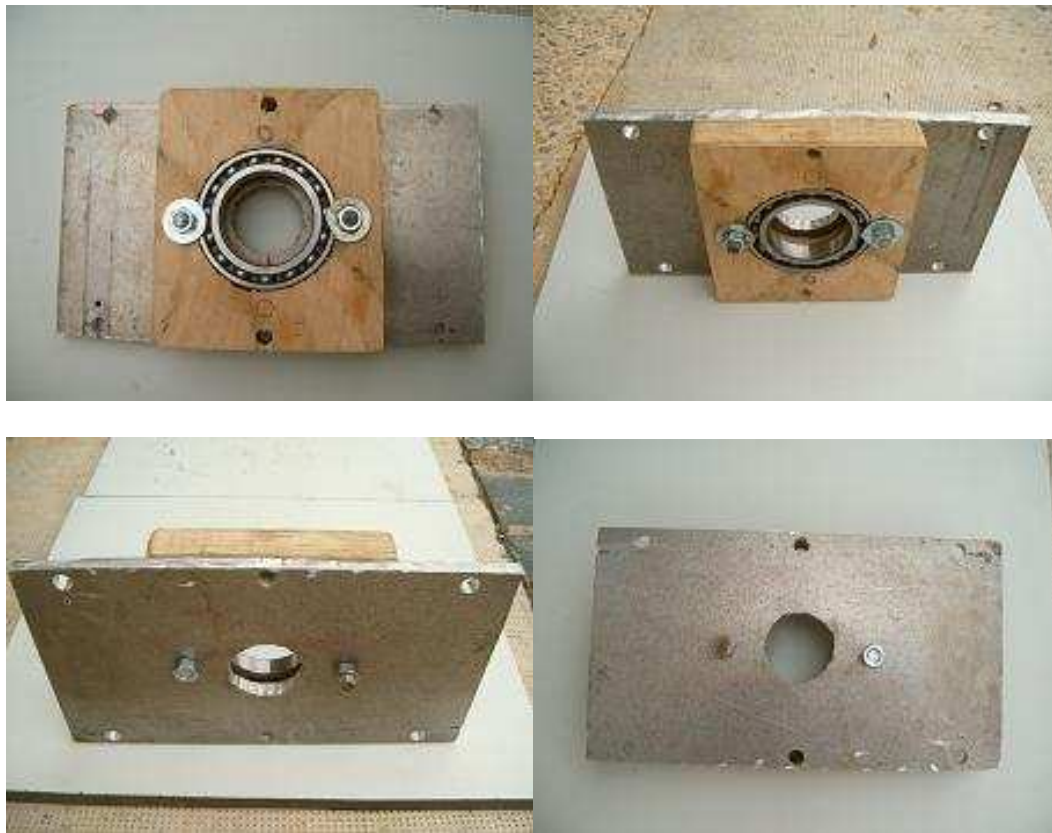
Las dos paredes de madera se mantienen sujetas entre si por medio de las cuatro varillas roscadas, que a la vez sujetan la plancha de bobinas. Dichas paredes descansan en una plancha de aluminio de 5 mm de grosor y dimensiones aproximadas 370 x 220 mm. Esta plancha debe tener un agujero central de diámetro 50 mm. para que pasen los cables del aerogenerador y se sujeta a las paredes de madera mediante seis tornillos que se roscan en seis agujeros roscados de métrica 12, practicados en las paredes, tres en cada pared, en la parte estrecha inferior. En el borde superior de cada pared haremos también un agujero de métrica 12, para sujetar el tubo de la veleta. Todos estos agujeros se ven en las fotos siguientes:



Para obtener un movimiento giratorio del aerogenerador, y que pueda seguir a la dirección del viento, colocaremos un rodamiento debajo del aerogenerador. Este rodamiento estará incrustado en una plancha de madera de grosor 30 mm y tamaño 220 x 220 mm., como se muestra en las fotos siguientes.



Esta madera, con el rodamiento incrustado, se atornillará a la base de aluminio del aerogenerador, con cuatro tornillos que a la vez sujetaran al rodamiento y evitaran que se salga de su alojamiento.



10.- Colocación de los imanes en el segundo disco de hierro.

Los imanes del segundo disco de hierro deben estar en la misma posición que los del primer disco y deben tener sus polos opuestos y enfrentados a los del primer disco. Para conseguir la correcta colocación de estos imanes, aprovecharemos que, como se muestra en las fotos anteriores, está sujeto al cilindro separador de aluminio, y enfrentado al primer disco que ya se ha llenado de imanes. Con un rotulador permanente dibujaremos dos rayas en el disco de hierro, para delimitar la situación del futuro imán en una posición enfrentada a uno de los imanes del otro disco. Quitamos este disco de hierro fuera del eje, y entre las dos rayas dibujadas antes, colocaremos un imán cuyo polo visible sea el opuesto al que tiene el imán del primer disco que nos sirvió de referencia (el proceso de colocación de los imanes en este disco es el mismo que el explicado en el apartado 7). Una vez colocados todos los imanes, también procederemos a rellenar el hueco existente entre ellos con resina poliéster. Seguidamente, y para preparar la colocación de este disco de hierro en el eje de giro, hay que enroscar las cuatro varillas roscadas nombradas en la parte de herramientas (estas varillas roscadas tienen dos tuercas en uno de sus extremos, a modo de cabeza de tornillo). Se enroscara desde la parte posterior a la de los imanes, de manera que sobresalgan casi en su totalidad por al parte de los imanes. Estas varillas servirán para poder acercar este disco de imanes al anterior poco a poco, desenroscando las cuatro varillas una tras otra. De no hacerlo así habría dos problemas: uno al intentar acercar este disco al otro, pues la fuerza de atracción de los imanes entre sí haría peligrar la integridad física de los dedos de la persona que intente aproximar ambos discos de imanes. El otro problema se presentaría si hubiera que separar ambos discos de imanes, la fuerza de atracción es tan fuerte que es imposible separarlos con la sola fuerza muscular de los brazos.