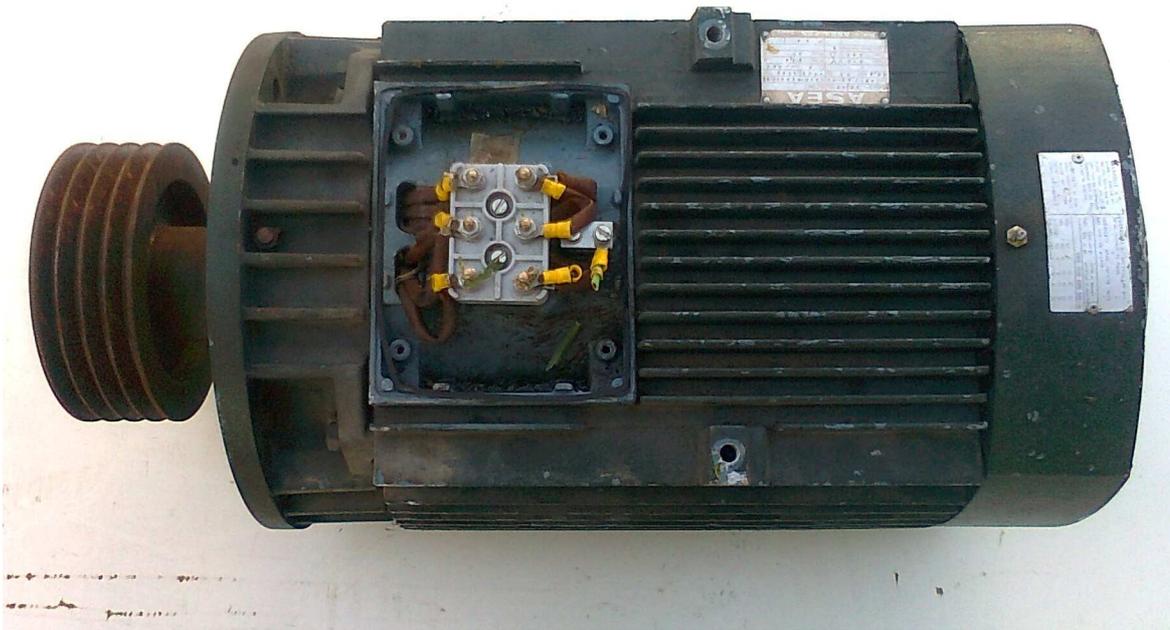


Motor de 25 Cv reconvertido en generador de imanes permanentes

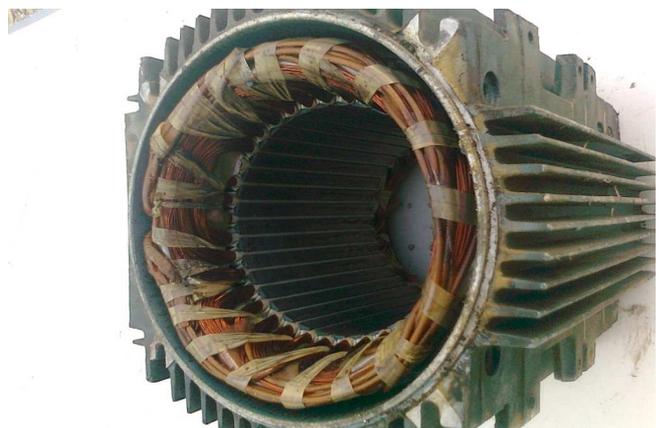
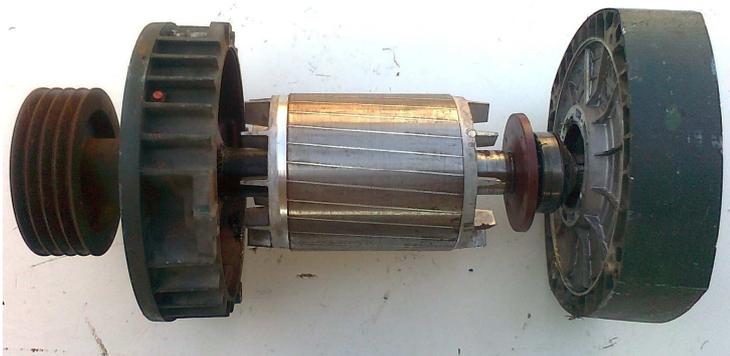
Motor de 25 Cv que convertiremos en generador



Este motor pesa 160 kilos, pero cuando se transforme en generador, pesara solo 110 kilos. Como se verá, el rotor se sustituirá por otro mucho más ligero para favorecer el giro del mismo. El precio de este motor ha sido 130 euros, comprado en una chatarrería.

El motor es de cuatro polos y posee 36 dientes. Al reconvertirlo en generador, tendrá 12 polos, rebobinado en modo trifásico, de cada tres dientes. Por tanto tendrá 6 bobinas por fase.

1º Paso: Desmontar el motor separando el rotor del estator



2º Paso: tomar medidas del rotor

Longitud de rotor = 200 mm., Diámetro de rotor = 190 mm.

Número de dientes = 36

3º Paso: preparar un nuevo rotor

El nuevo rotor tendrá un diámetro inferior para alojar a los imanes de neodimio. Las dimensiones del imán que usaremos son 40 x 10 x 10 mm. Por tanto el nuevo rotor tendrá un diámetro $190 - 2 \times 10 - 2 \times 4 = 162$ mm. siendo 4 mm. la distancia entre el nuevo rotor, con los imanes colocados, y el estator.

El nuevo rotor se construirá con un tubo de hierro, y un eje central donde se alojaran los rodamientos originales del motor. Así será más ligero y podrá alcanzar mayor número de revoluciones con menor velocidad de viento.

En las fotos siguientes se muestran:

- el tubo de hierro con las tapas



- el eje y los casquillos, para los rodamientos y el tubo de hierro



- el eje con sus casquillos y el tubo de hierro ya colocado y soldado al eje



- El rotor original y el nuevo rotor.



En el nuevo rotor hay que preparar unos agujeros de métrica 6 para colocar los tornillos que más adelante servirán para sujetar los imanes, como se verá. Los imanes tienen una longitud de 40 mm, y caben cinco imanes a lo largo del rotor. Se han preparado dos agujeros por cada imán. En total, 10 agujeros roscados a métrica 6



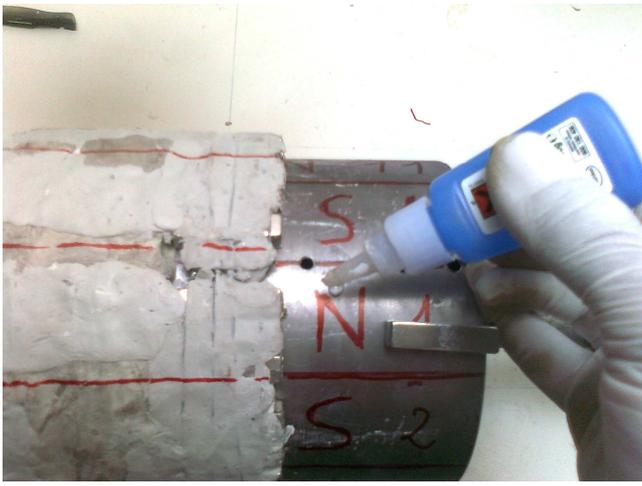
En el nuevo rotor hay que dibujar 12 zonas, correspondientes a los 12 polos



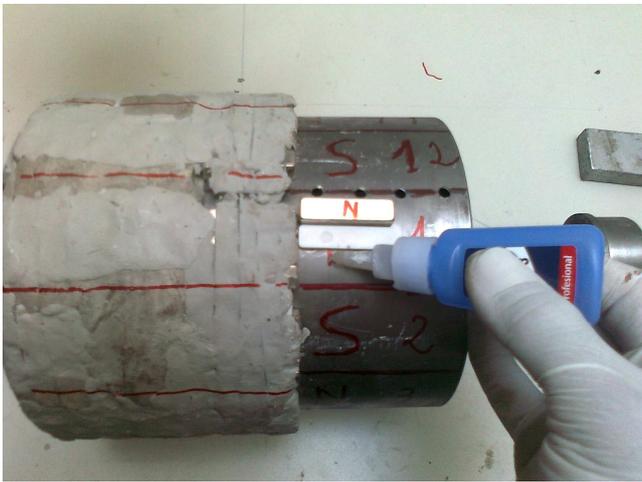
4º paso: Colocación de una circunferencia de imanes:

A continuación se explicará cómo se van colocando los imanes en el rotor. Según la longitud de la circunferencia del rotor, cabrían 48 imanes, distribuidos en grupos de cuatro imanes en cada polo. Pero se ha optado por colocar solo 36 imanes, tres en cada polo, para que los imanes contiguos de polos opuestos estén bien separados entre si, y para ahorrar peso y dinero, puesto que el precio de los imanes se ha cuadruplicado en los últimos 8 meses. Las primeras tres circunferencias se han colocado primero para ver la distribución de los 36 imanes en los doce polos. Seguidamente se presentan fotos de cómo se ha colocado la cuarta circunferencia de imanes:

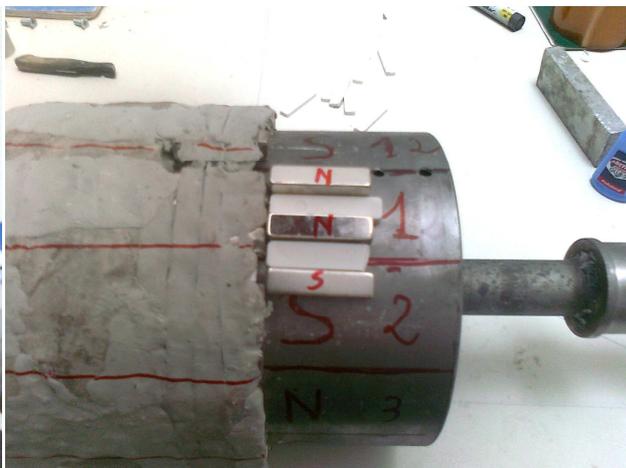
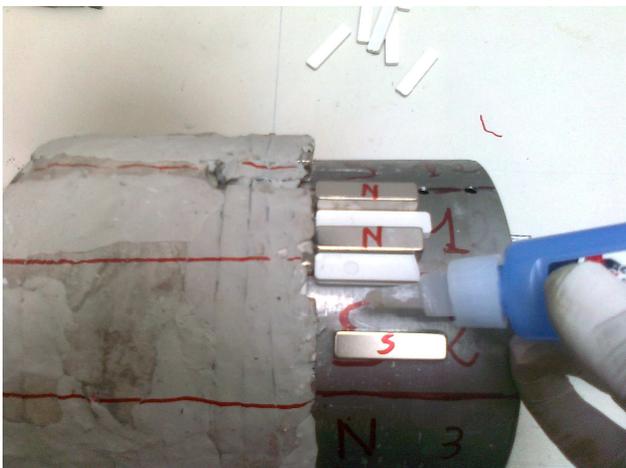
- Colocamos el primer imán cerca de los agujeros. Primero ponemos unas gotas de cianocrilato y luego arrastramos el imán hasta su posición.



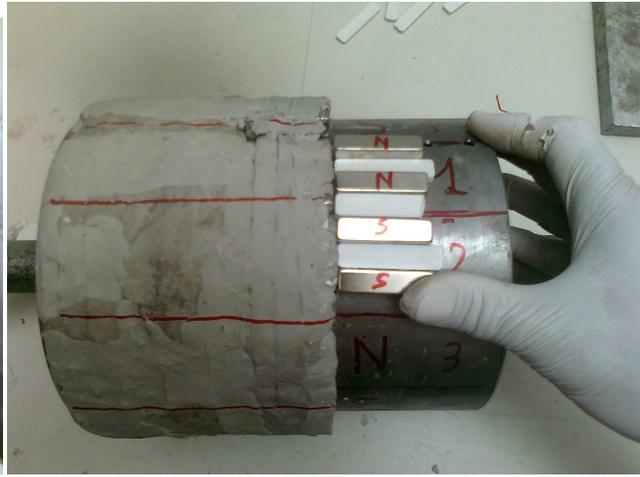
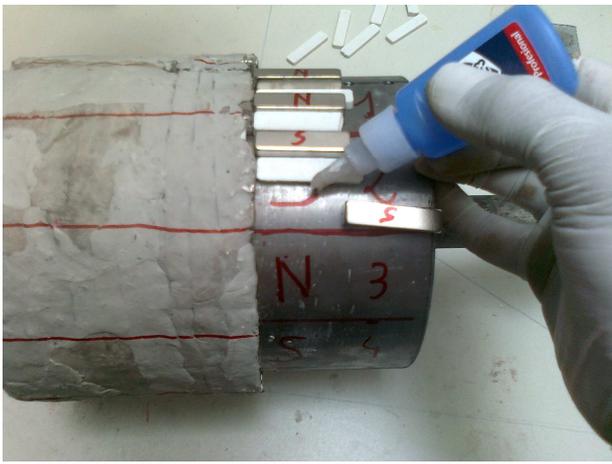
- Colocamos el tercer imán del mismo polo, dejando una separación para colocar posteriormente el segundo imán del polo (imán intermedio). La separación se consigue situando un plástico de la misma anchura que el imán (el plástico venia con los imanes desde la tienda). Primero unas gotitas de cianocrilato y luego el imán



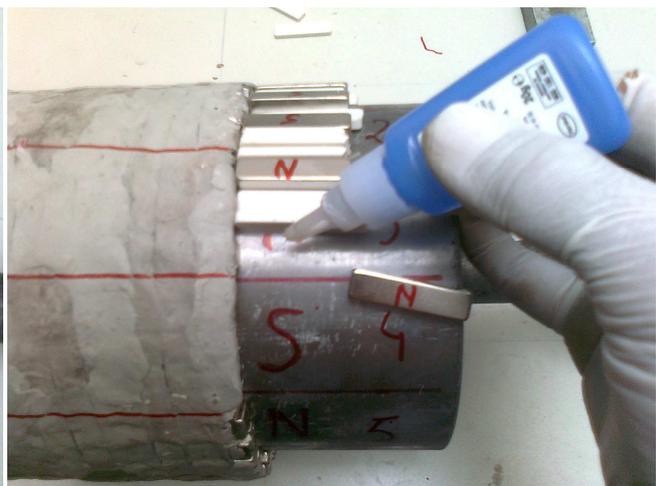
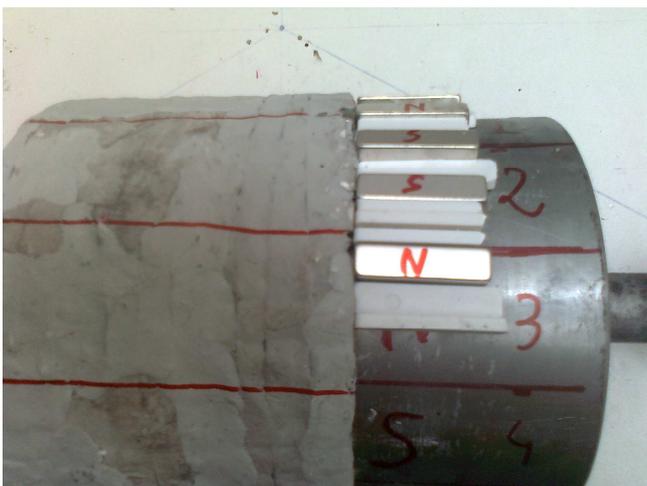
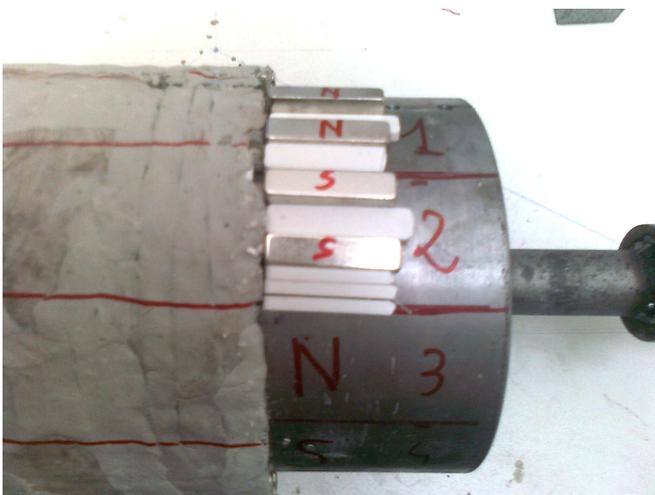
- Se colocan unos plásticos para separar el tercer imán del primer polo, del primer imán del segundo polo, que ya será de polo Sur



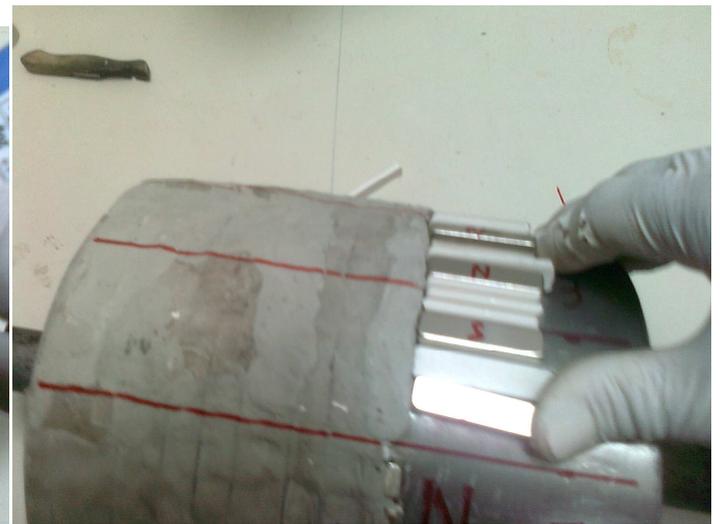
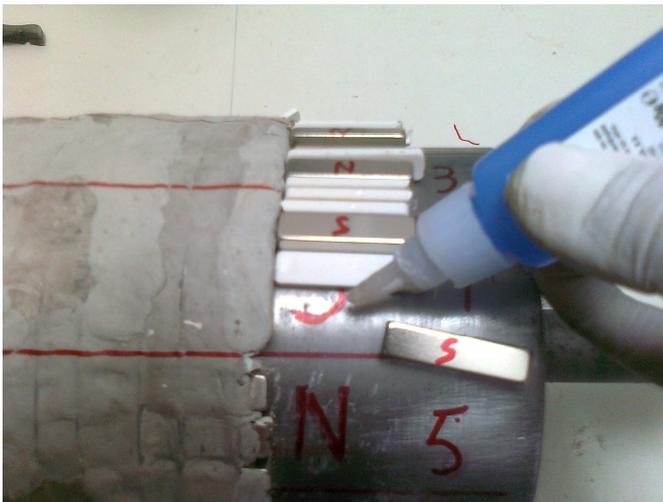
- También colocamos un plástico que tiene el tamaño de un imán, para dejar el hueco del segundo imán, y luego colocamos el tercer imán del segundo polo:



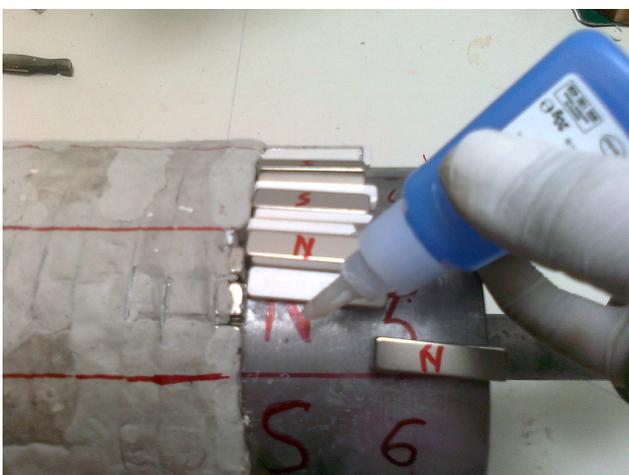
- Se colocan separadores antes de de colocar el primer imán del tercer polo (polo Norte). Se pone el imán y al lado otro plástico para dejar hueco al imán intermedio.



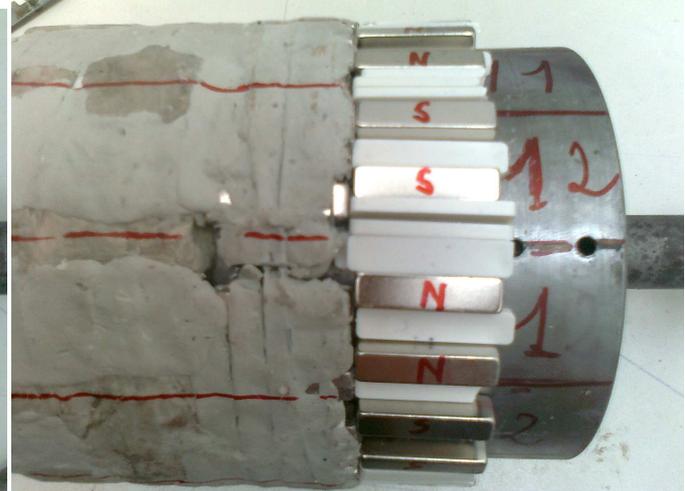
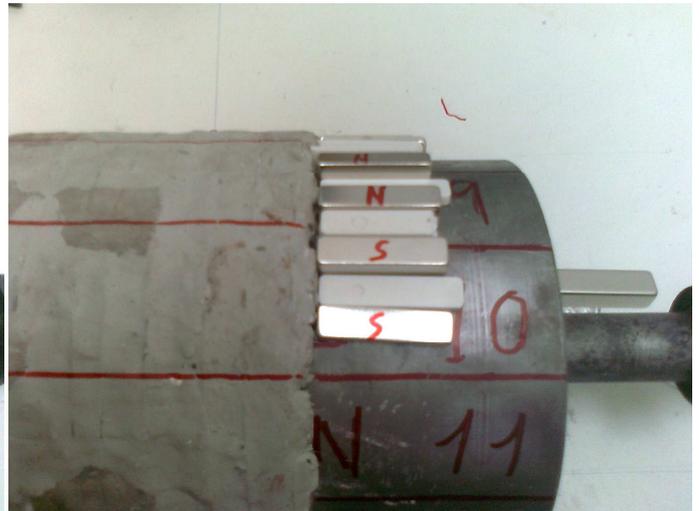
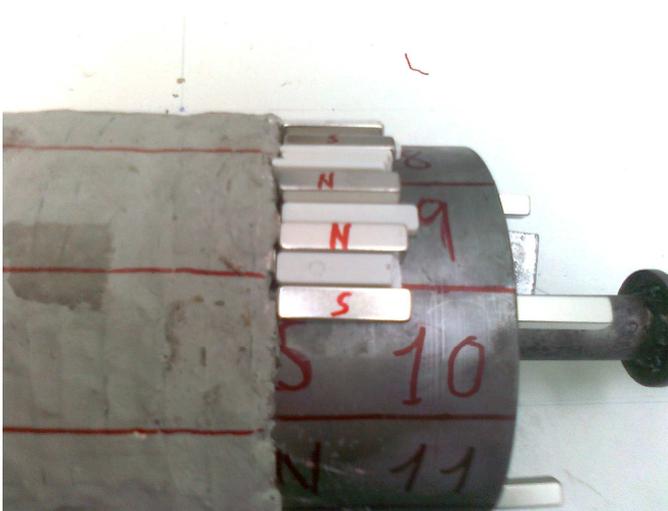
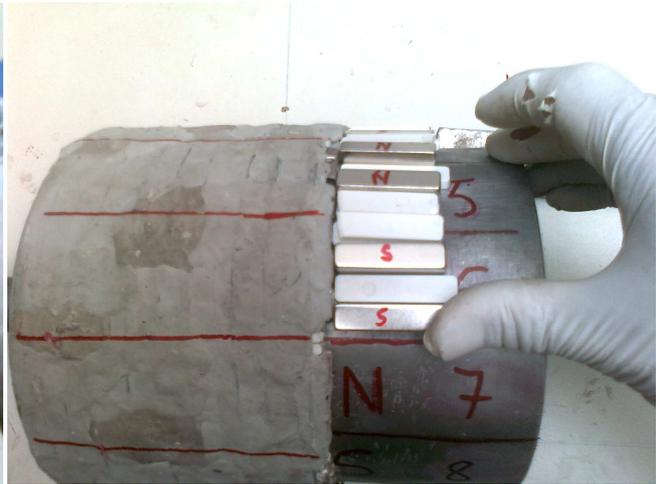
- Repetimos todo el proceso de colocación de los imanes con el polo 4, después de colocar separadores de plástico tras el tercer imán del polo 3.



- Así sucesivamente con el resto de polos. Una consideración que se ha tenido en cuenta en la colocación de los imanes de esta cuarta circunferencia es que no estuvieran alineados con los imanes de la tercera circunferencia. Ello es así para evitar el “cogging” esto es, que los imanes se “cojan” a los dientes del estator. Hay que conseguir que los imanes de un polo no estén alineados a lo largo del rotor sino que se vayan “inclinando”. Esto se consigue cambiando la separación entre los imanes contiguos de polos contrarios. Esto se aprecia en las fotos del polo 5 en que se ven que las puntas de los imanes de la tercera circunferencia no están en línea con los imanes de la cuarta circunferencia



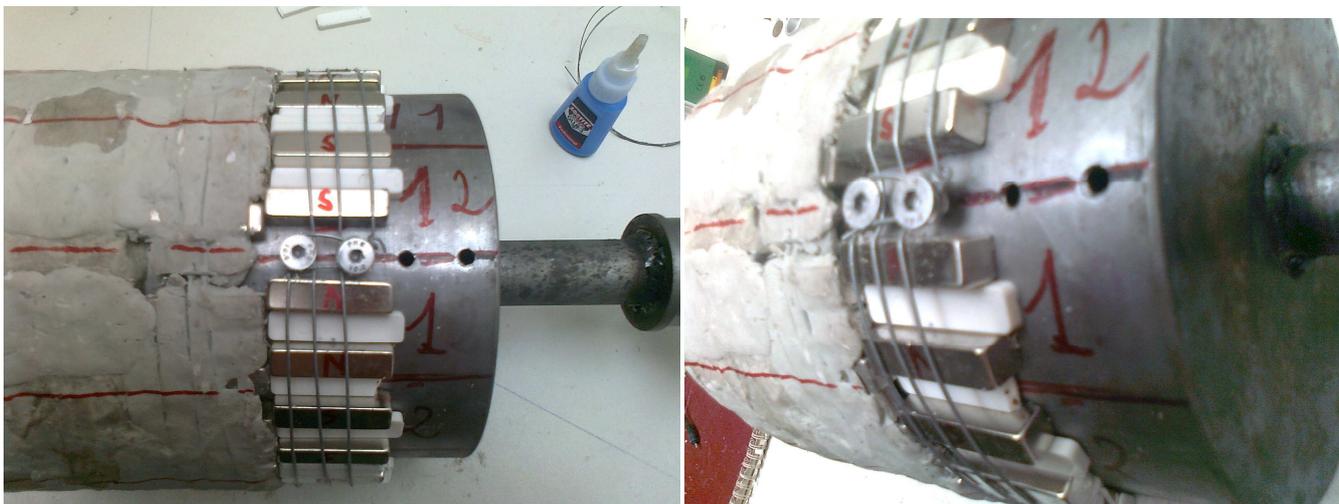
El proceso se repite con el polo 6, hasta e 12



- Entre el polo 12 y el polo 1 también se han colocado separadores de plástico como medida preventiva de que no se unan los imanes extremos de esos polos, mientras se deja secar el cianocrilato y los imanes queden fuertemente pegados en sus respectivos lugares.

- Después de colocar estos imanes, y antes de colocar los imanes intermedios de cada polo, hay que sujetar los imanes ya colocados con un hilo de hierro, que se atará a los tornillos de métrica 6 que se roscan en el rotor.

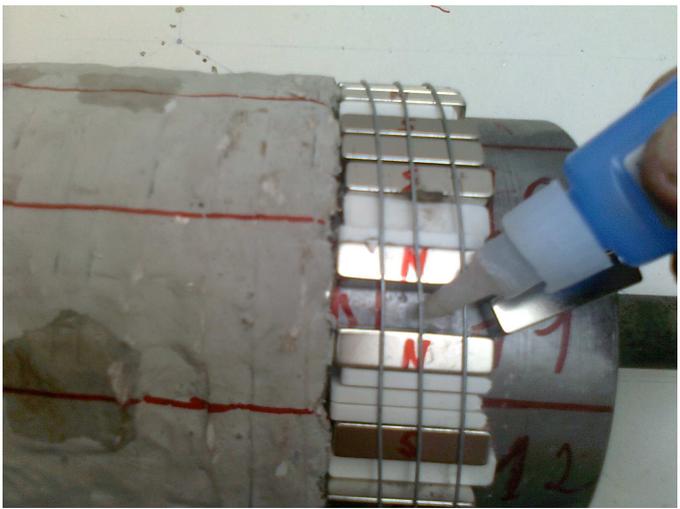
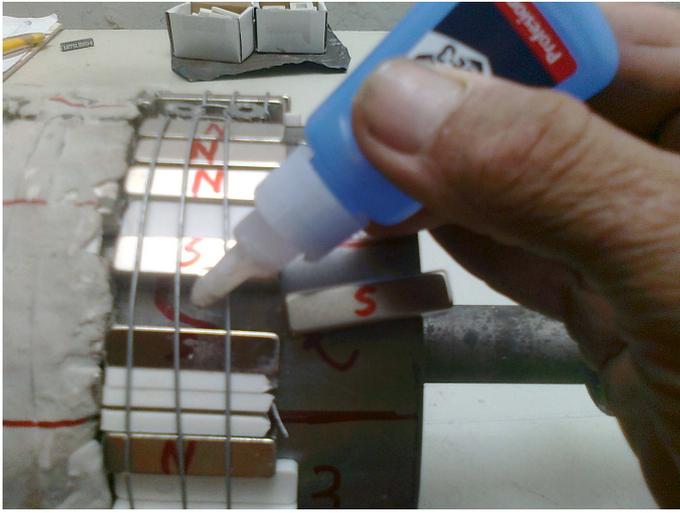
- El hilo de hierro dará tres vueltas alrededor de los imanes ya colocado. Si no se colocara este hilo de hierro, sería imposible colocar los imanes intermedios en los polos del rotor. Al enroscar los tornillo, se van tensando las tres vueltas de hilo de hierro.



- Para colocar los imanes intermedios, ponemos unas gotitas de cianocrilato y arrastramos el imán por debajo del hilo de hierro



- El proceso se repite con todos los polos: se colocan unas gotas de cianocrilato y se arrastra el imán por debajo del hilo de hierro

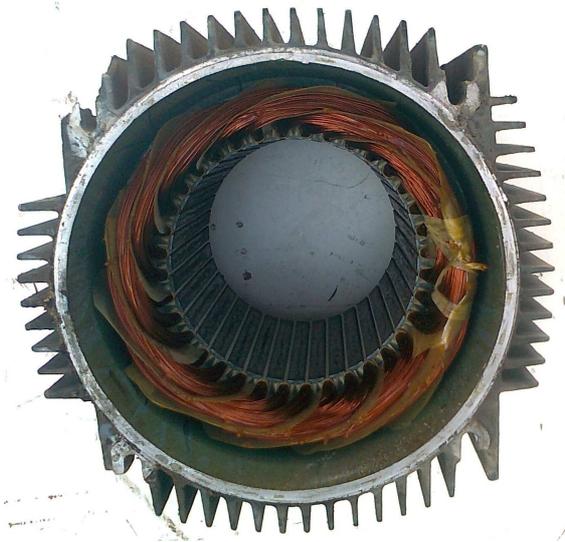


Rotor totalmente terminado, con los imanes recubiertos de Poxilina, cuya misión es doble, reforzar al hilo de hierro que sujeta los imanes al tubo de hierro y cubrir los imanes para evitar su posible oxidación.



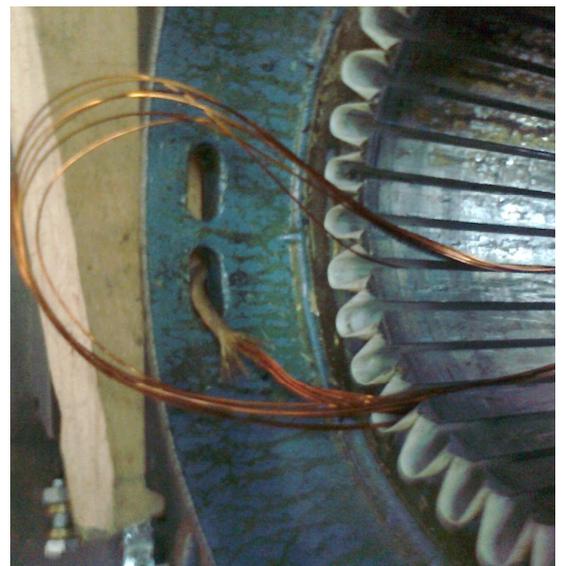
5º paso Rebobinado del motor

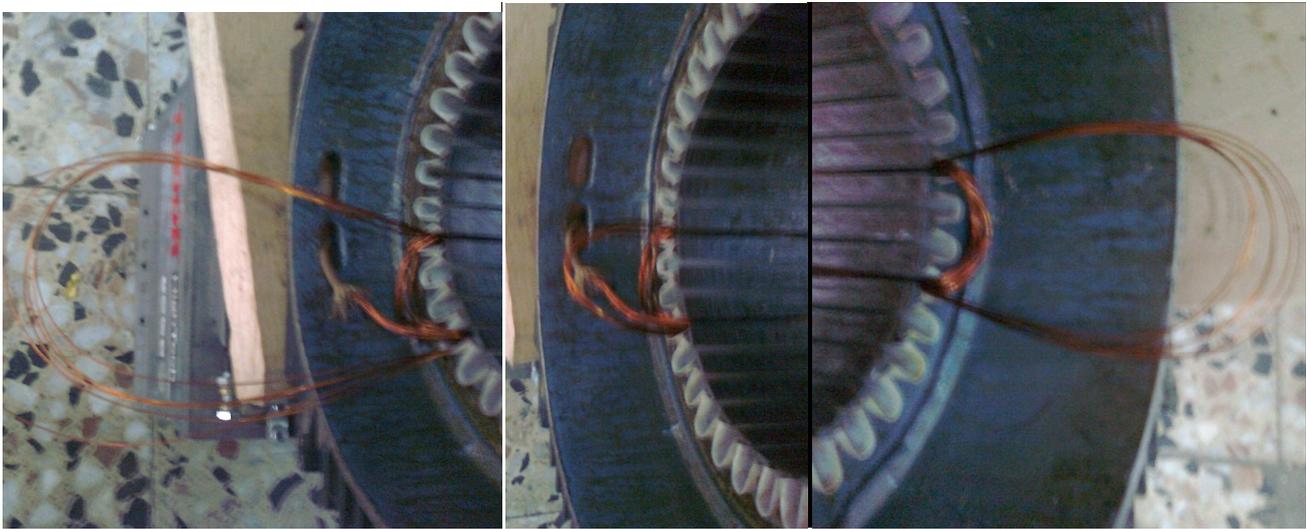
El motor esta bobinado en modo trifásico, a cuatro polos. Se procederá primero a quitar el cobre.



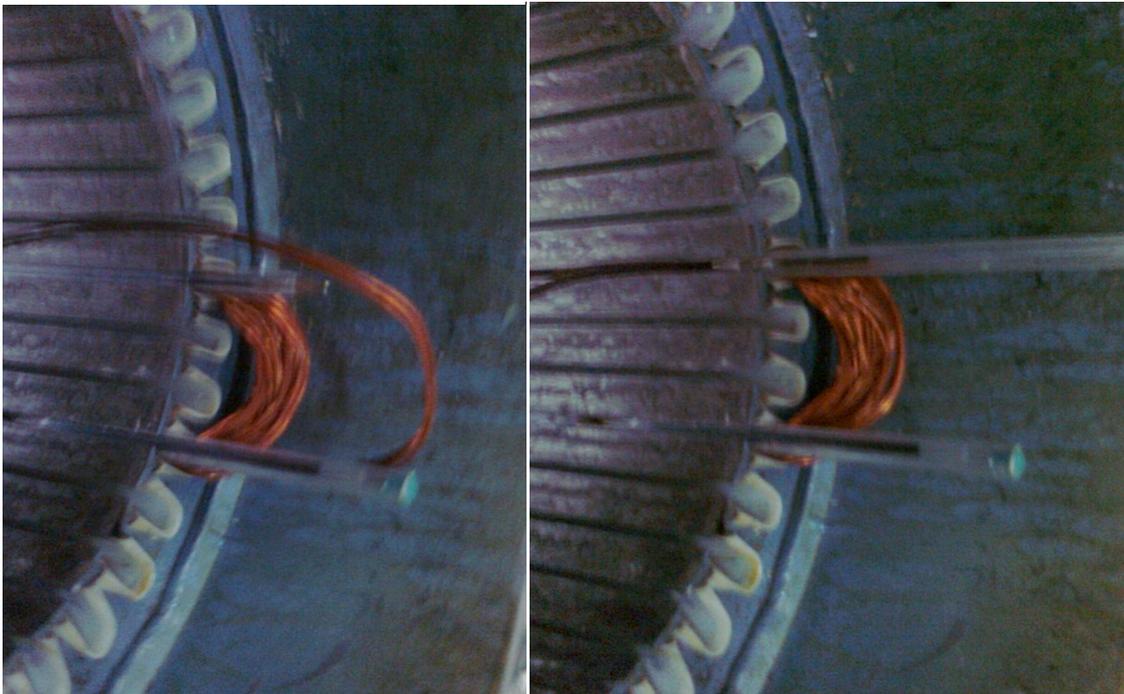
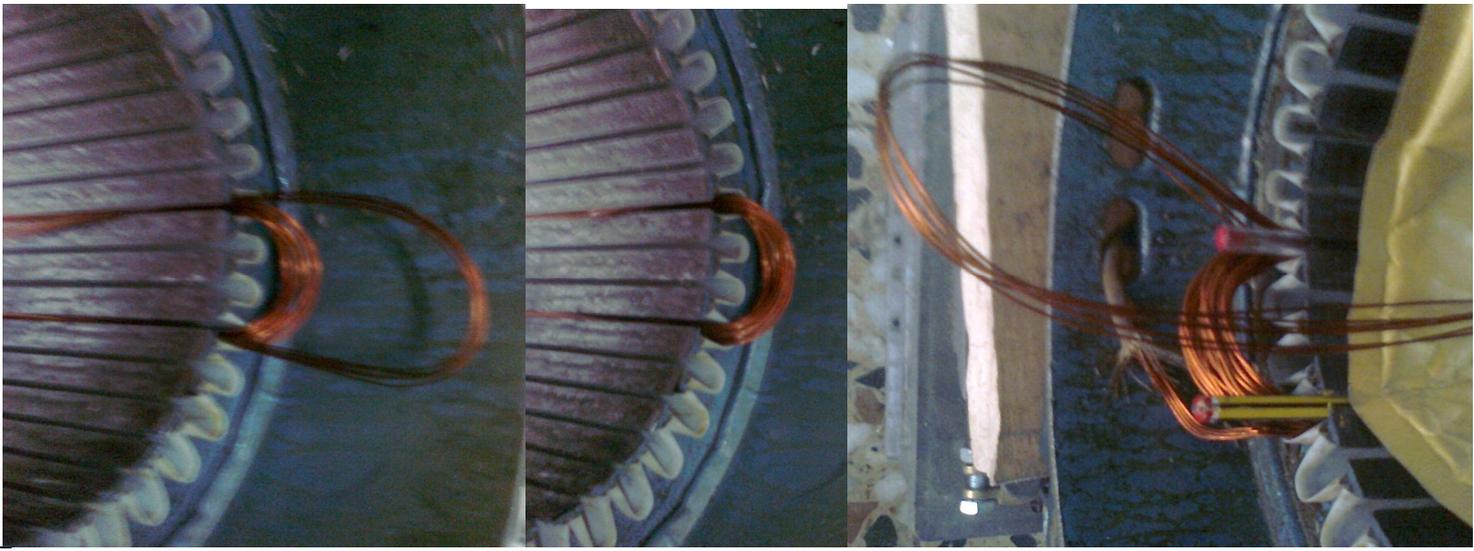
Para rebobinar el motor utilizaremos hilo de 1 mm. de diámetro. Usaremos un manojo de 6 hilos de este diámetro que bobinaremos conjuntamente. De este modo se puede llenar casi completamente el hueco entre dientes. Posteriormente, se decidirá conectar los hilos de cobre según el potencial que se decida que debe generar el aerogenerador.

El grupo de 6 hilos se irá bobinando, abarcando solo tres dientes de hierro del estator. Se pasa el manojo de hilos por dentro del estator y se van colocando en los huecos a través de las ranuras. La curva que formen los hilos no debe ser demasiado corta, porque hay que dejar libres los huecos intermedios para poder bobinas más tarde las otras dos fases.





Cuando los huecos están muy llenos de hilo, se usaran lápices y/o bolígrafos para mantener los hilos de cobre dentro de los huecos.



En las últimas vueltas de hilo se usará una varilla delgada de acero para mantener los hilos de cobre dentro de los huecos



La bobina que se ha realizado tiene un total de 108 hilos de un diámetro de 1 mm. Antes de seguir bobinando, realizaremos una prueba inicial del potencial generado colocando el rotor ya terminado en el interior del estator. Esta operación puede ser peligrosa, por lo que se ha ideado un **“colocador-extractor”** de rotores con una plancha de aluminio y varillas roscadas, con el que se consigue colocar o extraer el rotor lentamente, para evitar la **“enorme fuerza de atracción entre los imanes del rotor y los dientes del estator”**

En las siguientes fotos se ve como el rotor se va metiendo dentro del estator, a medida que se actúa sobre las tuercas del aparato diseñando a tal fin



Prueba inicial del voltaje y potencia generada por este generador.

Como se ha escrito, la bobina realizada consta de un manojo de 6 hilos de 1 mm de diámetro, bobinados conjuntamente. La ventaja de este tipo de bobinado es doble: en primer lugar, se puede rellenar con más hilos de cobre el hueco entre dientes y en segundo lugar, los 6 hilos de cobre se pueden conectar en grupos serie-paralelo, para obtener el voltaje más conveniente a la aplicación del aerogenerador. En el presente caso, el bobinado consta de 18 vueltas de un grupo de 6 hilos de cobre, lo que equivale a rellenar el hueco con 108 hilos de cobre de 1 mm de diámetro. La resistencia eléctrica de las 18 vueltas de hilo es de 0.25 ohmios.

En una primera conexión, se han conectado los 6 hilos en paralelo, con lo cual la resistencia eléctrica es de $0.25/6 = 0.042$ ohmios. El potencial obtenido haciendo girar el rotor a 120 rpms ha sido de 2.6 voltios eficaces (aproximadamente).

Una posible conexión entre las 6 bobinas que forman una fase es en serie, con lo cual, el voltaje total de una fase sería $2.6 \times 6 = 15.6$ voltios, y la resistencia eléctrica sería $0.042 \times 6 = 0.25$ ohmios. En las otras dos fases se tendría el mismo voltaje y resistencias eléctricas.

Si el viento es capaz de hacer girar el aerogenerador a 120 rpms, cada fase podría cargar una batería de 12 voltios. Para saber la intensidad de corriente que llegaría a la batería se harán las siguientes consideraciones:

- El voltaje de pico generado es de $15.6 \times 1.41 = 22$ voltios (el factor 1.41 permite obtener el valor de pico de la CC sabiendo el valor eficaz de la AC)
- El puente rectificador absorbe 2 voltios aproximadamente
- El voltaje de la batería no es exactamente 12 voltios sino que puede llegar a 13 y 14 voltios (cuando se está cargando)

Con estas consideraciones y con la suposición adicional que los hilos de conexión entre el aerogenerador y la batería no tienen resistencia, la intensidad de corriente será, aplicando la ley de Ohm:

$$I = (22 - 2 - 14)/0.25 = 24 \text{ amperios de pico}$$

La potencia que llegaría a la batería sería

$$P_{\text{batería}} = 24 \times 12 = 288 \text{ vatios}$$

La potencia que se disiparía en el propio generador sería

$$P_{\text{generador}} = 24^2 \times 0.25 = 144 \text{ vatios}$$

En estas condiciones, el rendimiento del generador sería $\eta = 288 / (288 + 144) = 66.66 \%$

Si se conectaran las tres fases en paralelo (después de ser rectificadas por separado), la potencia a la batería sería el triple $288 \times 3 = 864$ vatios, y la potencia en el generador sería también el triple $144 \times 3 = 432$ vatios, con lo cual, el generador habría generado $864 + 432 = 1296$ vatios (el rendimiento sería el mismo 66.66 %)

La velocidad del viento a la que se cumplen las anteriores previsiones es desconocida, de momento, pues depende, evidentemente de la aerodinámica de las palas. La comprobación de la potencia "real" del aerogenerador se hará cuando esté totalmente terminado y colocado en lo alto de una torre.

El autor cree que esta forma de conexión entre los hilos de cada bobina hace que el rendimiento del generador sea bajo, por lo que se estudiará otra clase de conexión para aumentar el rendimiento.

Si algún lector desea hacerme alguna consulta sobre este u otros modelos de mis aerogeneradores de flujo radial, le atenderé con gusto en mi dirección de correo joaquin.navasquillo@uv.es

**Este documento está aún en fase
de creación**