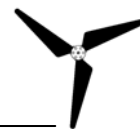


Generació de combustible a partir d'energia eòlica





INDEX

1. <u>Presentació</u>	3
2. <u>Objectius</u>	4
3. <u>Introducció</u>	5
4. <u>Breu història dels aerogeneradors moderns</u>	6
5. <u>Parts de l'aerogenerador</u>	9
5.1. Components bàsics	9
5.2. Pales del rotor	11
5.3. Sistemes de regulació	11
5.4. Generadors elèctrics	12
5.4.1. <u>Generadors trifàsics</u>	13
5.4.1.1. Generadors trifàsics síncrones.....	13
5.4.1.2. Generadors trifàsics d'inducció.....	14
5.5. Multiplicador	14
5.6. Controlador electrònic	15
6. <u>Tipus d'aerogeneradors</u>	16
6.1. Eix vertical.	
6.1.1. <u>Tipus d'aerogeneradors d'eix vertical</u>	16
6.1.1.1. Darrieus.....	16
6.1.1.2. Panèmones.....	17
6.1.1.3. Sabonius.....	17
6.2. Eix horitzontal	18
6.2.1. <u>Número de pales</u>	18
6.2.1.1. Una pala.....	18
6.2.1.2. Dues pales.....	18
6.2.1.3. Tres pales.....	18
6.2.1.4. Multipala.....	19



6.2.2. <u>Orientació de l'equip segons la direcció del vent</u>	19
6.2.3. <u>Posició de l'equip respecte al vent</u>	19
6.2.3.1. Barlovent.....	19
6.2.3.2. Sotavent.....	20
7. <u>Hidrogen</u>	21
8. <u>Metodologia</u>	23
9. <u>Exposició i anàlisi dels resultats</u>	26
9.1. <u>Construcció de l'aerogenerador</u>	26
9.1.1. <u>Tria del tipus d'aerogenerador</u>	26
9.1.2. <u>Càlcul de la proporció de l'aerogenerador</u>	27
9.1.3. <u>Tria dels components i material</u>	27
9.1.4. <u>Procés de construcció</u>	30
9.1.5. <u>Plànols</u>	31
9.1.6. <u>Pràctiques amb l'aerogenerador</u>	33
9.2. <u>Construcció del reactor</u>	35
9.2.1. <u>Materials</u>	35
9.2.2. <u>Procés de construcció</u>	36
9.2.3. <u>Pràctiques al laboratori</u>	37
9.2.4. <u>Pràctiques amb el reactor</u>	43
9.3. <u>Pràctica amb tot l'equip</u>	44
10. <u>Conclusions</u>	45
11. <u>Valoració</u>	48
12. <u>Bibliografia</u>	49



1. PRESENTACIÓ

Sempre des de petit he sentit curiositat per l'electricitat, què és?, com s'aconsegueix?...etc.

Totes aquestes preguntes em van poder ser contestades i els meus dubtes resolts gràcies al meu pare, enginyer elèctric.

El meu pare també m'ha anat aconsellant en diversos moments que he necessitat ajuda o simplement consells.

Amb poc més de 8 anys un dels regals d'aniversari va ser un senzill kit per poder fer circuits elèctrics consistent a una placa foradada i uns interruptors acoblats a aquesta placa.

La finalitat d'aquest kit era anar unint-ho amb cables, posant bombetes i altres aparells per anar creant diversos circuits amb el qual vaig poder experimentar.

Ara, uns quants anys després, arriba el moment d'haver de fer un treball de recerca, en el qual vaig decidir que seria una bona idea fer-ho en un camp que m'agrada.



2. OBJECTIUS

Els principals objectius del treball de recerca són:

- Aprofundir i conèixer el camp de l' energia eòlica.
- Conèixer els diferents tipus d'aerogeneradors.
- Determinar quin tipus d'aerogenerador és el millor pel treball.
- Calcular mitjançant fórmules les característiques de l'aerogenerador.
- Conèixer les tècniques de disseny mitjançant el programa AutoCAD per dissenyar l'aerogenerador.
- Construir un aerogenerador capaç de produir electricitat.
- Aprofundir en el camp de l' hidrogen, el combustible del futur.
- Construir un medi per poder produir hidrogen provinent de la electròlisis de forma segura i amb el màxim rendiment possible.
- Emmagatzemar aquest hidrogen en tancs construïts i ideats per a tal finalitat.
- Aprofitar la electricitat generada amb l'aerogenerador per obtenir hidrogen mitjançant electròlisis.



3. INTRODUCCIÓ

L'home sempre ha fet servir el vent, primer amb la invenció de la vela que va portar a l'home a navegar pels mars i oceans fins l'actualitat amb l'aprofitament d'una energia pràcticament inesgotable i que no contamina com la energia eòlica.

L'energia eòlica és un mitjà per aconseguir electricitat i fins i tot per transformar-lo en un combustible útil, net i fàcil d'obtenir com és l' hidrogen, ja que aquest gas consisteix els més abundant en l' univers i és present en moltes formes de la naturalesa formant compostos químics com per exemple l'aigua.

Aproximadament el 2 % de la energia que arriba del Sol es transforma en energia cinètica dels vents atmosfèrics. El 35 % d'aquesta energia es dissipa en la capa atmosfèrica a tan sols un kilòmetre per damunt del terra.

De la resta, s'estima que per la seva aleatorietat i dispersió només podria ser utilitzada una tretzena part, quantitat suficient per a abastir 10 vegades el consum actual d'energia primària mundial. D' allí el seu enorme potencial i interès.

Existeixen, naturalment, altres aerogeneradors, segons la seva tipologia: d'eix vertical, amb dos pales, multipales, amb rotor a sotavent; amb tamanys molt diferents: des de petits aerogeneradors de menys d'un metre de diàmetre i potències inferiors a 1 kilowatt fins enormes màquines de més de 100 m de diàmetre i més de 5.000 kW de potència nominal; n'hi ha situades sota terra, en línia de costa o a alta mar.

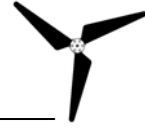
El país pioner en el camp de l'energia eòlica ha estat tradicionalment Dinamarca, que des de fa anys ha explotat l'energia eòlica en el seu territori.

Actualment, però, els líders en aprofitament eòlic són Alemanya, seguits dels Estats Units i d' Espanya. Dinamarca és la quarta.

A l'annex 5 hi ha més informació sobre l'energia eòlica a Espanya.

A Espanya i a Catalunya l' energia eòlica ha experimentat un creixent augment en la potència instal·lada consolidant la utilització d'aquesta energia renovable.

A l' annex 1 hi ha una llista dels parcs eòlics de Catalunya i a l'annex 2 un mapa eòlic de Catalunya.



4. BREU HISTÒRIA DELS AEROGENERADORS MODERNS

És cert que els recursos eòlics s'han aprofitat des de fa molts segles per moldre gra o bombejar aigua, però en aquest apartat es donarà més importància a la història dels aerogeneradors més recents i dels seus pioners.

Les primeres experiències daten del final del segle

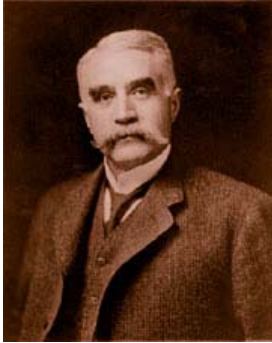


Fig. 1: Charles F. Brush

XIX; Charles F. Brush¹ (Fig.1) va construir durant l'hivern del 1887-88 Brush va construir la que actualment es creu que és la primera turbina eòlica de funcionament automàtic per a la generació d'electricitat. Era un gegant, (Fig.2) la més gran del món- amb un diàmetre de rotor de 17 m y 144 pales fabricades en fusta, perquè us feu una idea de lo immensa que era, fixeuvos en la persona que estar al costat de la turbina eòlica, però tot i ser tan gran era solament un model de 20 kW.

Aquesta turbina va funcionar durant 20 anys.

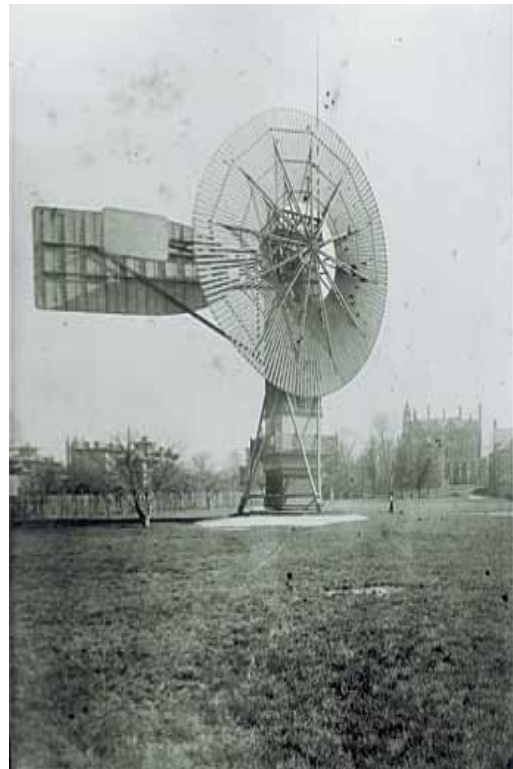


Fig. 2: La turbina eòlica de Brush, a Cleveland (Ohio)



Fig. 3: Paul la Cour, amb la seva esposa

Posteriorment Paul la Cour² (Fig.3) va anar més enllà, la Cour es preocupava de l'emmagatzemen d'energia i utilitzava la electricitat de les seves turbines eòliques per a produir electròlisis i obtenir així hidrogen per les llànties de gas de la seva escola.

El principal inconvenient que això suposava és que va tenir que substituir les finestres d'alguns dels edificis de la escola en diverses ocasions, ja que l'hidrogen explosionava degut a les petites quantitats d'oxigen que havia en ell.

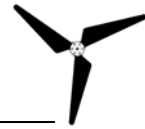


Fig. 4: Dos dels aerogeneradors de prova de La Cour.

La Cour donava cada any diversos cursos per a electricistes eòlics en l'institut Folk de Askov. Va fundar el 1904 la "Society of Wind Electricians" (La societat dels Electricistes del Vent), que un any després de la seva fundació, contava amb 356 membres i també va publicar la primera revista d'electricitat eòlica del món. (Fig.5)

¹ Charles F. Brush: (1849-1929) Estats Units, és un dels fundadors de la energia elèctrica americana;

² Poul la Cour: (1846-1908) Dinamarca, va ser un dels pioners de la aerodinàmica moderna, i va construir el seu propi túnel de vent per realitzar experiments.



L'any 1925 l'enginyer Francés Darrieus inventa l'aerogenerador d'eix vertical i el patenta a Estats Units.

Durant la Segona Guerra Mundial (1939-1945), F.L. Smidth³ i la seva companyia (amb el mateix nom) van construir diversos aerogeneradors bipales i tripales⁴. Totes aquestes màquines generaven corrent alterna.



Fig. 5 Aerogenerador de Bogø

Aquesta màquina (Fig. 5) fabricada el 1942 i emplaçada a la illa danesa de Bogø formava part d'un sistema eòlico-diesel que regia el subministrament elèctric de la illa.

Tot i que l'aspecte antiestètic que té amb la estructura de la torre amb formigó aquesta màquina tenia un paper important en l'estudi de la energia eòlica a Dinamarca. El 1951 el generador de corrent continua va ser substituït per un generador de corrent alterna fent que

aquesta turbina generes corrent alterna.



Fig. 6: Aerogenerador bipala de F.L. Smidth

Durant la meitat del segle XX un holandès, Johannes Juul⁵ introdueix dos variacions importants, modifica els generadors per produir electricitat en corrent alterna i a més dissenya un aerogenerador que canviava la orientació en funció de la direcció del vent per aprofitar amb més intensitat la energia d'aquest.



Fig. 7: Aerogenerador de Gedser

El innovador aerogenerador de Gedser de 200 kW es va construir en 1956-57 per Juul per a la companyia elèctrica SEAS en la costa de Gedser, en la part sud de Dinamarca.

Aquest aerogenerador estava dotat d'una turbina tripala amb rotor a barlovent⁶, amb orientació electromecànica i un generador d'inducció que va ser un disseny pioner dels aerogeneradors. moderns La turbina disposava de regulació per pèrdua aerodinàmica i Juul va inventar els frens aerodinàmics d'emergència en punta de pala, que es disparen per la força centrífuga en cas de sobrevelocitat.

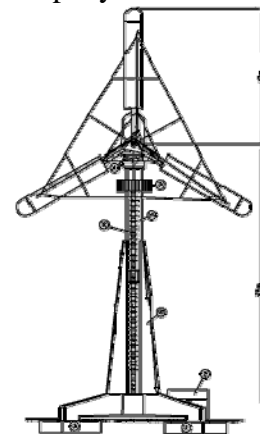


Fig. 8: Esquema de l'aerogenerador de Gedser

La turbina que durant molts anys va ser la més gran del món va ser increïblement duradora: va funcionar durant 11 anys sense manteniment.

³ F.L. Smidth: Pioner danès en la construcció d'aerogeneradors.

⁴ Aerogeneradors tripales i bipales: Més informació al apartat 3.2.1. d'aquest treball.

⁵ Johannes Juul: Un dels primers alumnes de La Cour i un dels pioners en aerogeneradors.

⁶ Barlovent: Direcció d'on prové el vent. Contrari a sotavent.



Un fuster danès, Christian Riisager, va construir a la dècada dels 80 un petit aerogenerador de 22 kW en el seu jardí utilitzant el disseny de l'aerogenerador de Gedser com a model. Va utilitzar components estàndard que no resultaven cars.

La turbina de Riisager va ser tot un èxit en moltes cases particulars de Dinamarca i el seu èxit va proporcionar inspiració per que els actuals fabricants danesos d'aerogeneradors comencessin a dissenyar els seus propis aerogeneradors.

Una dècada després, la capacitat de producció havia augmentat als 600 KV (0.6MV).

L'any 2000, aquestes dades havien augmentat més fins a un màxim de 2.5MV (EUREC).

En la actualitat es produeixen turbines amb capacitats generalment de fins a 5MV i la tendència es a cada vegada més.



Fig. 9: Aerogenerador de Riisager

A continuació hi ha la cronologia de l'energia eòlica des de l'inici fins a l'actualitat:

Any	Succés
Segle VIII	Apareixen a Europa, procedents de l'est, grans molins d' eix horitzontal amb quatre aspes.
1887 - 1888	Brush construeix el primer aerogenerador.
1890 - 1900	Paul la Cour construeix un petit aerogenerador que produeix hidrogen per la seva calefacció
1904	La Cour funda la "Society of Wind Electricians"
1939 -1945	F.L. Smidth construeix diversos aerogeneradors bipales i tripales productors de corrent alterna
1942	Es construeix l'aerogenerador a l'illa de Bogø (Dinamarca)
1951	Es va substituir el generador de corrent contínua de l'aerogenerador de Bogø per un de corrent alterna.
1956 - 1957	Johannes Juul construeix un aerogenerador a Gedser (Dinamarca) de 200 kW
1980's	Christian Riisager, va construir un petit aerogenerador de 22 kW al seu jardí.
1990's	Augmenta la capacitat de producció fins als 600 KV
2000 – Actualitat	Grans turbines i creixent tendència a l'ús de l'energia eòlica.

Taula 1 Cronologia



5. PARTS DE L'AEROGENERADOR

5.1. COMPONENTS BÀSICS

A continuació els components bàsics de l'aerogenerador

Gòndola (1): Conté els components clau de l'aerogenerador.

Coixinet (2): Està acoblat al eix de baixa velocitat de l'aerogenerador.

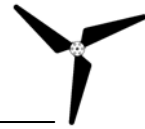
Eix de baixa velocitat (3): Connecta el coixinet del rotor al multiplicador.

Eix d'alta velocitat (4): Gira aproximadament a 1500 revolucions per minut, el qual permet el funcionament del generador elèctric.

Unitat de refrigeració (5): Conté un ventilador elèctric utilitzat per refredar el generador elèctric. A més conté una unitat refrigerant amb oli utilitzada per refredar l'oli del multiplicador. (intercanviador de refrigeració (6))
Algunes turbines tenen generadors refrigerats per aigua.

Torre (7): Suporta la gòndola i el rotor. Les torres acostumen a ser de 40 a 80 metres. Les més grans arriben als 200 metres. Normalment són d'acer.

Mecanisme d'orientació (8): està activat pel controlador electrònic, que vigila la direcció del vent utilitzant el penell i ajusta les pales perquè capti el màxim de força de vent. També registra la velocitat del vent amb l'anemòmetre.



Grua de servei (9): Serveix per poder fer petites reparacions dins de la gòndola.

Aparells meteorològics (11): Les dades de l'anemòmetre permet saber la força del vent i les del penell permet a l'equip orientar-se per aprofitar aquest vent. El parallamps protegeix l'equip de tempestes.

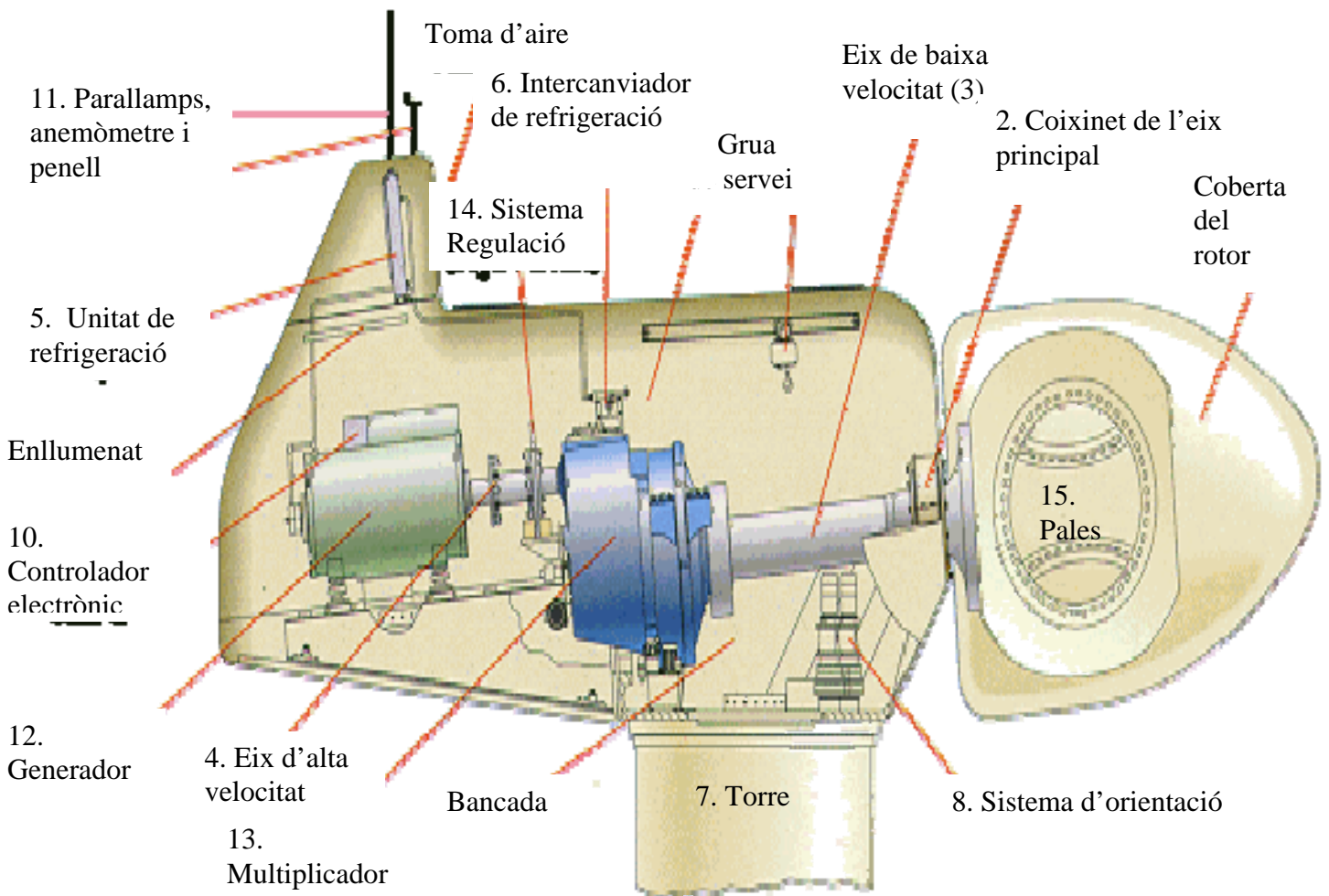
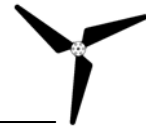


Fig. 10: Vista interna de la gòndola (1)



5.2. PALES DEL ROTOR

(En la figura 10: 15)

L' element de l' aerogenerador que rep l' energia cinètica del vent és l' hèlix aerodinàmica, que normalment esta constituïda per dos o tres pales. Les pales estan fetes de forma que aprofitin al màxim l' energia que conté el vent.

Quan les pales giren, el seu moviment indueix una velocitat del aire igual i de sentit contrari al del gir d' aquestes.

Aquesta velocitat, degut al gir de les pales va variant des del cub de l' eòlica fins la punta de les pales.

El vent que incideix sobre les pales es el resultat de sumar el vent natural i el vent induït per el gir de les pales.

És important conèixer bé la direcció d' aquest vent relatiu (V), ja que això ens permetrà determinar l' angle de calada de les pales, que és una de les principals característiques de l' eòlica.

Les pales d' un aerogenerador poden tenir varies formes diferents i és d' això que dependran les qualitats aerodinàmiques d' un segment del les pales, ja que dependrà de l' angle d' atac d' aquestes i del seu coeficient d' arrossegament.

Per tant podem deduir que: el coeficient de sustentació i d' arrossegament augmenten linealment a mesura que creix l' angle d' atac.

Els material de les pales poden ser de fusta, fibra de vidre, alumini, acers, etc..., depenent del tipus d' aerogenerador i de les necessitats existents.

5.3. REGULACIÓ

((En la figura 10: 14)

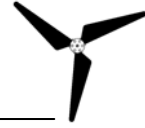
Els aerogeneradors han de disposar de sistemes de regulació per impedir que vents extremament violents puguin danyar-los. Per altra banda, a vegades interessa establir sistemes que permetin una arrancada amb velocitats suaus del vent, per així aprofitar millor el potencial eòlic.

Els sistemes de regulació tenen la missió de controlar les revolucions i el parell motor a l' eix del rotor, evitant les fluctuacions produïdes per les variacions de la velocitat del vent.

Els sistemes de regulació més simples treballen solament en les etapes d' excés de potència, evitant velocitats de gir massa altes, que podrien posar en perill l' integritat de les turbines, aquests s' utilitzen només en màquines de baixa potència i només són possibles en els rotors d' eix horitzontal.

Els sistemes més elaborats mantenen les fluctuacions en la velocitat de rotació dintre d' un marge molt estret, y encara existeix un tercer nivell de regulació que permet al sistema adaptar-se a qualsevol condició del vent i de potència, incloses les corresponents a les operacions de posada en marxa, aquests es poden posar en qualsevol màquina eòlica.

Els dos grups de sistemes de regulació venen definits per la seva forma d' actuació. en uns el control es realitza sobre el rotor, augmentant o disminuint la potencia absorbida.



Els diferents tipus de regulació són:

- Frens aerodinàmics: Un sistema de regulació és a partir del frens aerodinàmics, normalment accionats per la força centrífuga d' alguna peça que gira junt amb les hèlices. Aquest mecanismes s' utilitzen en aerogeneradors de fins a 4 metres de diàmetre. El fre aerodinàmic és efectiu per a vents de fins a 80 km/h. Aquest tipus de mecanisme s' han d' equilibrar molt en compte, ja que són moltes les peces en moviment.
- Hèlixs de pas variable: Al variar l' angle de calada de les pales també varia l' angle amb que incideix el vent relatiu sobre el perfil i unit a això el rendiment aerodinàmic. Resumint, si girem les pales sobre el seu allotjament en el cub de l' hèlix aconseguirem que augmenti al màxim la seva velocitat o que es freni fins a parar-se del tot.
- Regulació per eix descentrat: Aquest sistema de regulació és un dels més simples, i a la vegada dels més eficaços per petits aerogeneradors autoconstruïts. Es tracta de aconseguir girar el pla de gir de les hèlices i col·locar-lo paral·lel a la cua d' orientació, i per lo tant, paral·lel a la direcció del vent, de forma que el vent passi de costat i no actuï sobre les hèlices. Aquest moviment es pot fer de forma manual o automàtica.
- Sistema de desorientació manual: Regulació per gir de l' eòlica cap a dalt. Aquest sistema és molt semblant al de regulació per eix descentrat, només que en lloc de realitzar-se cap a un costat es realitza cap a dalt; disposat de molles per retornar a la posició de repòs.

5.4. GENERADORS ELÈCTRICS

(En la figura 10: 12)

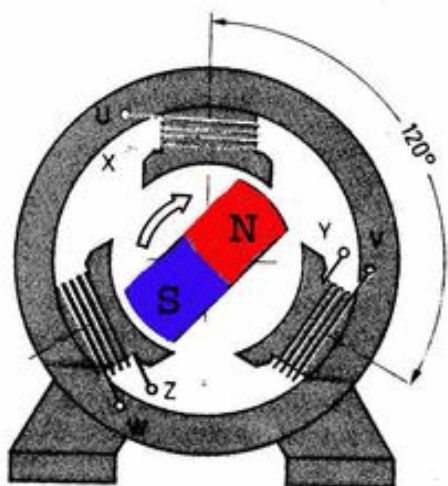
El generador converteix l'energia mecànica en energia elèctrica.

Són bastant inusuals si se'ls compara amb altres equips generadors que solen estar connectats a la xarxa elèctrica, la raó és que el generador del molí té que treballar amb una font de potència que subministra una potència mecànica molt variable (moment torsor). En grans aerogeneradors el voltatge generat per la turbina sol ser de corrent alterna trifàsica (AC).

Posteriorment, el corrent es enviat a través d' un transformador annex a la turbina (o en alguns casos dins de la torre), per augmentar el seu voltatge entre 10.000 i 30.000 V, depenent del estàndard de la xarxa elèctrica local.



5.4.1. GENERADORS TRIFÀSICS



Tots els generadors trifàsics utilitzen un camp magnètic giratori.

Aquests generadors en el seu principi de funcionament no difereixen dels generadors monofàsics. La seva diferència bàsica radica, en que tenen almenys tres escombretes polars dotades de bobines per la inducció. Quan el rotor magnetitzat, que genera un camp magnètic variable, gira, generarà voltatges alterns induïts en cada bobina separats en temps de volta de 120 graus de gir. Seria com si existiguessin tres generadors monofàsics en un mateix cos, els voltatges instantanis dels quals es separen 120 graus.

Fig. 11: Esauema de generador trifàsic

5.4.1.1. GENERADORS TRIFÀSICS SÍNCRONS

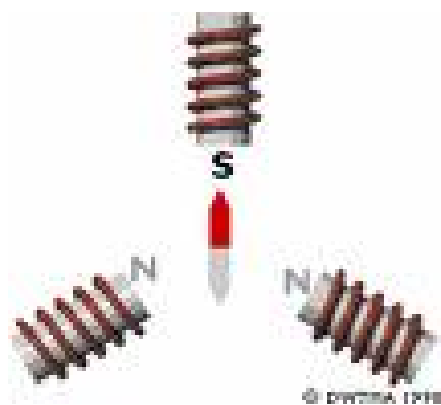


Fig. 12: Esquema generador síncron

Es fan girar els imants del generador, produint corrent alterna a la xarxa.

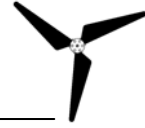
Quant més força (par "torsor") li apliquem, més electricitat produirà, encara que el generador segueixi girant a la mateixa velocitat, imposta per la freqüència de la xarxa elèctrica.

Amb aquest tipus de generador, normalment s'usa una connexió indirecta a xarxa del generador.

A la pràctica, els generadors síncrones d'imant permanent no són molt utilitzats.

Existeixen diverses raons per que així sigui. Una d'elles és que els imants permanents tendeixen a desmagnetitzar-se al treballar en els potents camps magnètics de l' interior d' un generador. Una altra de les raons es que aquests potents imants (fabricats a partir de terres rares, com el neodimi) són bastant cars, tot i que els preus han disminuït últimament.

Les turbines eòliques que utilitzen generadors síncrons solen usar imants en el rotor alimentats per corrent contínua a la xarxa elèctrica. Com que la xarxa subministra corrent alterna, s'ha de convertir la corrent alterna en corrent contínua abans d'enviar-la a les bobines del rotor.



5.4.1.2 GENERADOR TRIFÀSIC D'INDUCCIÓ



Fig. 13: Esquema de generador d'inducció

La majoria de turbines eòliques del món utilitzant un generador d'inducció (de gàbia bobinada), també anomenat generador asíncron, per generar corrent alterna.

Una altra de les raons per la elecció d'aquest tipus de generador es que és molt fiable, i comparativament no resulta tan car com el síncron. Aquest generador també té propietats mecàniques que el fa especialment útil en turbines eòliques com és el lliscament del generador i una certa capacitat de sobrecàrrega).

Aquest és el rotor que fa que el generador d'inducció sigui diferent del generador síncron. El rotor consta d'un cert nombre de barres de coure o d'alumini, connectades elèctricament per anells d'alumini finals.

El rotor proveït d'un nucli de ferro, utilitzant un apilament de fins làmines d'acer aïllades, amb forats per les barres conductores d'alumini. El rotor es situa al centre del estator connectat directament a les tres fases de la xarxa elèctrica.

5.5 MULTIPLICADOR

(En la figura 10: 13)

La potència de la rotació del rotor de la turbina eòlica es transferida al generador a través del tren de potència, és a dir, a través de l'eix principal, la caixa multiplicadora i l'eix d'alta velocitat.

La funció bàsica del multiplicador és incrementar les revolucions per minut (r.p.m.) que provenen de l'eix. La caixa multiplicadora de la turbina eòlica no "canvia las velocitats".

Normalment, sol tenir una única relació de multiplicació entre la rotació del rotor i el generador. Per una màquina de 600 ó 750 kW, la relació de multiplicació sol ser aproximadament de 1:50.

La força de gir de les pales, amb poques revolucions, no seria suficient per generar massa energia.

Si utilitzéssim un generador ordinari, directament connectat a una xarxa trifàsica de CA (corrent alterna) a 50 Hz hauríem de tenir una turbina de velocitat extremadament alta, de entre 1000 i 3000 revolucions per minut.



Fig. 14 Multiplicador



5.6 CONTROLADOR ELECTRÒNIC

(En la figura 10: 10)

El controlador de la turbina eòlica consta de diversos ordinadors que contínuament supervisen les condicions de la turbina eòlica, i recullen estadístiques del seu funcionament.

Com el seu propi nom indica, el controlador també controla un gran número d'interruptors, bombes hidràuliques, vàlvules i motors dins de la turbina.

Quan el tamany d'una turbina eòlica creix fins màquines de megavats, es fa inclús més important que la seva taxa de disponibilitat sigui alta, és a dir, que funcionin de forma segura tot el temps.

Aquest controlador comunica la turbina eòlica amb la central operativa de la turbina eòlica mitjançant un enllaç de comunicació, com per exemple, enviant alarmes o sol·licituds de servei a través de la xarxa d'Internet.

També és possible ordenar a la turbina eòlica que reculli estadístiques, i revisi el seu estat actual. En parcs eòlics, normalment una de les turbines està equipada amb un PC, des del qual és possible controlar i recollir dades del tots els aerogeneradors del parc. Aquest PC és controlat des d'Internet pels ordinador de la central.

Per les comunicacions internes, és a dir, de dins d'una mateixa turbina eòlica normalment sol haver-hi un controlador en la part inferior de la torre i un altre en la gòndola. En els models recents d'aerogeneradors, la comunicació entre controladors sol fer-se utilitzant fibra òptica.



© 1998 www.WINDPOWER.org

Fig. 15 Controlador electrònic. (vista interna)



Fig. 16 Controlador electrònic



6. Tipus d'aerogeneradors

6.1 EIX VERTICAL

La seva principal característica és que l'eix de rotació es troba en posició perpendicular al terra. Es denominen també VAWT, que correspon a les sigles angleses "vertical axis wind turbines".

6.1.1 Tipus d'aerogeneradors d'eix vertical

6.1.1.1 Darrieus: Consisteixen en dos o tres arcs que giren al voltant del eix. Els aerogeneradors Darrieus estan basats en el rotor d'eix vertical desenvolupat per l'enginyer francès Georges Darrieus.

Aquests rotors presenten l'inconvenient que no s'engeguen sols, cal donar-los una velocitat inicial mitjançant un motor o rotors Savonius acoblats.



Fig. 17 Aerogenerador d'eix vertical Darrieus

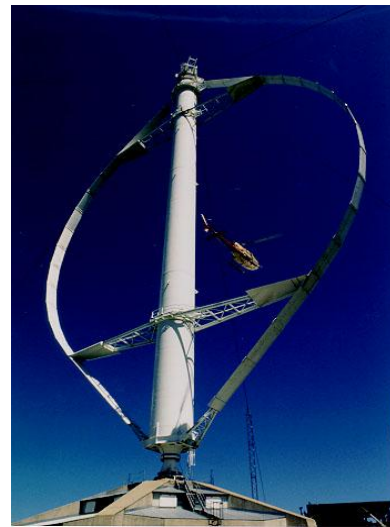
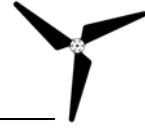


Fig. 18 Aerogenerador d'eix vertical Darrieus del Cap Chat (Canadà)



6.1.1.2 Panèmones: Quatre o més semicercles units al eix central. El seu rendiment però, és baix. En ser vertical el seu eix de gir, funcionen sigui quina sigui la direcció del vent. Són molins lents però presenten un elevat parell mecànic.



Fig. 19 Aerogenerador d'eix vertical de panèmones

6.1.1.3 Sabonius: Dues o més files de semicilindres col·locats oposadament. Consisteix en un cilindre dividit en dues meitats distribuïdes de forma helicoidal o de S. D'aquesta manera queden dues obertures que reben la força del vent, independentment de la seva direcció. L'alternador es situa a la base. Són generadors de petites potències, destinats a subministrar energia elèctrica a aparells que estan en llocs molt aïllats.

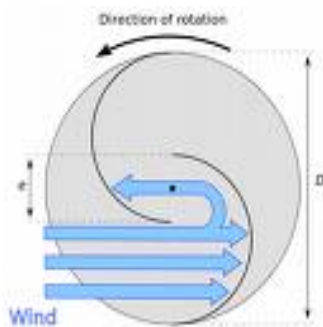


Fig.20 Esquema del pas del vent.



Fig. 21 Aerogenerador d'eix vertical Darrieus



6.2 Eix horitzontal

Són els més habituals i en ells s'ha centrat el major esforç de disseny en els últims anys. Se'ls denomina també HAWT, que correspon a les sigles angleses "horizontal axis wind turbines".

6.2.1 Número de pales:

6.2.1.1 Una pala

Al tenir només una pala aquests aerogeneradors precisen d'un contrapès en el altre extrem per equilibrar. La velocitat de gir es molt elevada. El seu gran inconvenient és que introdueixen en el eix uns esforços molt variables, el que acurta la vida de la instal·lació.

6.2.1.2 Dues pales



Els dissenys bipala d'aerogeneradors tenen l'avantatge d'estalviar el cost d'una pala i, per suposat, el seu pes. No obstant, solen tenir dificultats per penetrar en el mercat, en part perquè necessiten una major velocitat de gir per produir la mateixa energia de sortida. Això suposa una desavantatge tant en el que respecta al soroll como al aspecte visual.

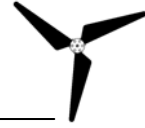
Fig. 22
Aerogenerador d'eix horitzontal de dues pales.

6.2.1.3 Tres pales



La majoria dels aerogeneradors moderns tenen aquest disseny, amb el rotor mantingut en la posició corrent amunt, fent servir motors elèctrics en els mecanismes de orientació. Aquest disseny tendeix a imposar-se com estàndard a la resta de conceptes avaluats. La gran majoria de las turbines venudes en els mercats mundials posseeixen aquest disseny.

Fig. 23 Aerogenerador d'eix horitzontal de tres pales



6.2.1.4 Multipala



Fig. 24
Aerogenerador d'eix
horitzontal multipala

Amb un número superior de pales o multipales. Es tracta de l'anomenat model americà, degut a que una de les seves primeres aplicacions va ser la extracció d'aigua en pous de les grans planures d'aquell continent.

6.2.2 Orientació de l'equip segons la direcció del vent

El mecanisme d'orientació d'un aerogenerador es utilitza per girar el rotor de la turbina en contra del vent. Es diu que la turbina té un error d'orientació si el rotor no està perpendicular al vent.

Un error d'orientació implica que una menor proporció de la energia del vent passarà a través de l'àrea del rotor. Per tant, la eficiència del mecanisme d'orientació és fonamental per mantenir el rendiment de la instal·lació.

6.2.3 Posició de l'equip respecte al vent

6.2.3.1 Barlovent

Les màquines corrent amunt tenen el rotor de cara al vent. El principal avantatge dels dissenys corrent amunt és que s'evita l'abric del vent darrera la torre. La majoria dels aerogeneradors tenen aquest disseny.

Per altra banda, també hi ha una mica d'abric davant la torre, és a dir, el vent comença a desviar-se de la torre abans d'arribar-hi, inclús si la torre és rodona i llisa. Així doncs, cada vegada que el rotor passa per la torre, la potència del aerogenerador cau lleugerament.

El principal inconvenient dels dissenys corrent amunt és que el rotor necessita ser bastant inflexible, i estar situat a una certa distància de la torre. És més una màquina corrent amunt necessita un mecanisme d'orientació per a mantenir el rotor de cara al vent.



6.2.3.2 Sotavent

Las màquines corrent avall tenen el rotor situat en la cara a sotavent de la torre. L'avantatge teòric que tenen és que poden ser construïts sense un mecanisme de orientació, si el rotor i la gòndola tenen un disseny apropiat que fa que la gòndola continui al vent passivament.

De totes maneres, en grans màquines aquesta és una avantatge una mica dubtosa, perquè es necessiten cables per conduir la corrent fora del generador. Si la màquina ha estat orientant-se de forma passiva en la mateixa direcció durant un llarg període de temps i no disposa d'un mecanisme d'orientació, els cables poden arribar a patir una torsió excessiva.

Un aspecte més important és que el rotor pot fer-se més flexible. Això suposa un avantatge tant en qüestió de pes como de dinàmica de potència de la màquina, és a dir, les pales es corbaran a altes velocitats del vent, amb lo qual trauran part de la càrrega a la torre.

L'inconvenient principal és la fluctuació de la potència eòlica, deguda al pas del rotor a través de l'abric de la torre. Això pot crear més càrregues de fatiga a la turbina que amb un disseny corrent amunt.

Els criteris a tenir en compte a l'hora de construir un parc i els materials i cost per un parc eòlic de 45 mW estan a l'annex 3 i a l'annex 8 respectivament.



7. Hidrogen

L' hidrogen és important en aquest treball ja que és el combustible que es genera a partir de l'electricitat produïda per l'aerogenerador.

7.1 Conceptes bàsics

L' hidrogen és el combustible del futur, la tecnologia del hidrogen està cridada a substituir el petroli. Extremadament net, barat i fàcil d'obtenir consisteixen les bases fonamentals d'aquest combustible.

L' hidrogen és l'element químic més lleuger i el més abundant en l' univers.

Els mètode més fàcil per obtenir hidrogen és la electròlisis de l'aigua, que consisteix en descompondre en ions l'aigua mitjançant una corrent elèctrica aplicada a un càtode, que és l' elèctrode carregat negativament i un ànode, elèctrode carregat positivament. En el procés es desprèn l'oxigen i l' hidrogen.

L' energia necessària per separar els ions i incrementar la seva concentració en els elèctrodes prové d'una font elèctrica que manté la diferència de potencial en els elèctrodes.

Durant l' electròlisis observem dos processos diferenciats: Un de reducció (càtode) i l'altre d'oxidació (ànode).

En els elèctrodes es forma hidrogen en el càtode, i oxigen a l' ànode.

Com a dada d'interès la electròlisis va ser descoberta pel físic i químic anglès el 1820.

7.2 Aplicacions de l' hidrogen

L'hidrogen, és actualment com un dels portadors energètics amb més futur, gràcies al seu baix impacte ambiental local en el punt d'utilització, perquè la seva utilització per generar electricitat no produeix gasos contaminants, només vapor d'aigua.

Una de les formes pensades per fer servir l'hidrogen són les piles de combustible, que consisteix en fer reaccionar el combustible (hidrogen) amb l'oxigen del aire per generar directament electricitat en el procediment sense necessitat d'introduir un cicle termodinàmic que accioni un generador elèctric.

A diferència dels acumuladors elèctrics (bateries), la reacció que genera electricitat en una pila de combustible no es veu interrompuda mentre s'alimenti amb hidrogen i oxigen. La pila de combustible no s'esgota ni es carrega:s'alimenta contínuament amb hidrogen i oxigen, genera electricitat i desprèn vapor d'aigua.

La seva principal aplicació es situa avui en els vehicles de transport. Té millor eficiència energètica que els motors i sistemes de tracció convencional i nul·les emissions. La energia alliberada hidrogen, al combinar-se amb oxigen, permet generar energia elèctrica a través d'un conjunt de piles de combustible. Esta energia es suficient per alimentar un motor elèctric.

Des del punt de vista ambiental, el principal problema resideix en la obtenció de l'hidrogen. L'hidrogen no és un recurs natural: és precís produir-lo a partir d'un



compost que el contingui i l'aportació de l'energia primària. En tots els casos, es consumeix una important quantitat d'energia en aquest procés d'obtenció. Avui en dia, mentre l'energia convencional no sigui de fonts renovables, el procediment més eficaç és la obtenció de l'hidrogen a partir del reformat del gas natural.

Algunes ciutats han implementat la pila de combustible en els autobusos
El que és evident és que l'hidrogen serà el combustible del futur

7.3 Utilitzacions posteriors de l' hidrogen produït.

A continuació un esquema del projecte global, des de que es genera fins que es distribueix l' hidrogen.

La primera part (obtenció) equivaldria al que s' aconsegueix en aquest projecte. Després aquest hidrogen es liquaria i es transportaria en forma líquida amb vaixells especials fins el port més proper a la destinació.

L' hidrogen líquid, mitjançant canonades, camions tanc o trens es distribuïria fins a la destinació final.

Aquest hidrogen pot ser utilitzat en plantes de cycle combinat per generar electricitat, en residències, comerços, oficines... amb la prèvia instal·lació.

També és pot utilitzar a la indústria com a gas de síntesis, per produir amoníac, com a manufactura de fertilitzants i com a mètode d'obtenció de calor.

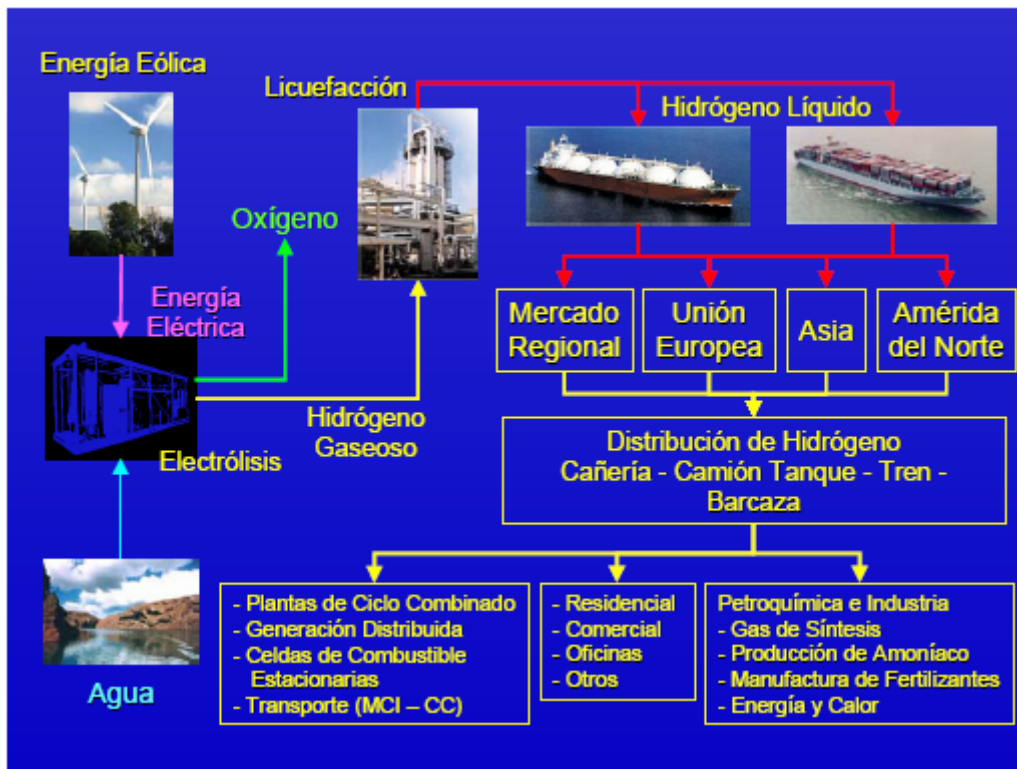


Fig. 24: Utilitzacions de l' hidrogen produït.



8. Metodologia

A continuació es detalla la metodologia i els passos que es van seguir en la construcció de l'aerogenerador i del reactor.

1) Tria del tema i recerca d'informació.

Aquest treball va començar amb l'elecció del tema: Generació de combustible a partir de l'energia eòlica.

El treball va continuar amb la recerca d'informació, aconseguida fonamentalment a Internet.

Obtinguda la informació es va triar la més útil, la informació més clara i precisa i sintetitzar-la.

Paral·lelament s'ha anat buscant sempre més informació per complementar el treball.

2) Construcció de l'aerogenerador

La primera idea era generar un combustible a partir de l'energia elèctrica produïda pel aerogenerador.

Llavors es va decidir que generés hidrogen, ja que és fàcil d'obtenir (mitjançant la electròlisi de l'aigua), és molt eficaç i en un futur no molt llunyà el combustible del futur.

Amb tot això es va buscar informació sobre si existien projectes reals.

Es va trobar que a Argentina hi ha projectes en marxa (annex 6).

El primer dubte que es va plantejar va ser quin tipus d'aerogenerador seria millor, si eix vertical o eix horitzontal, no obstant, es va resoldre ràpidament, ja que la eficiència de d'eix horitzontal és molt més gran que la de l'eix vertical. (més detallat al punt 9.1.1. *Tria del tipus d'aerogenerador.*)

L'únic problema que es podia trobar amb l'aerogenerador d'eix horitzontal és que requereix un mecanisme d'orientació.

A continuació es va decidir el nombre de pales que tindria l'equip. (més detallat al punt 9.1.1 *Tria del tipus d'aerogenerador.*)

Es va optar per construir un aerogenerador d'eix horitzontal de tres pales.

El problema va sorgir a l'hora de construir les pales.

Finalment es va resoldre anant a comprar un ventilador, ja que així les pales ja estaven equilibrades.

Aquest ventilador constava de sis pales, el qual es va pensar que en comptes de tallar les tres que sobraven deixar-les per comprovar si el rendiment seria millor.

Posteriorment es va comprovar que era millor conservar-les (pràctica 1).

Les aspes es van fer amb unes plaques d'alumini es va tallar la forma de les tres aspes que es necessitava. (model a annex 1.)

Abans s'havia estudiat la possibilitat de construir-les amb altres materials com ferro, acer o plàstic, tot i que es va comprovar que l'alumini era el millor. (més detallat al punt 9.1.1 *Tria del tipus d'aerogenerador*)

Les característiques de les pales es van agafar de les estàndard i es van reduir perquè quedés proporcional (plànol 1 a l'annex 9) ja que no es va poder calcular la secció i la longitud de les pales mitjançant fórmules perquè els càlculs efectuats amb aquestes



agafen com a base processos productius rentables. (més detallat al punt 9.1.2 *Càlcul de la proporció de l'aerogenerador*)

En el cas dels aerogeneradors els càlculs requerien com a mínim un aerogenerador de 500W de potència mínima.

Es va fer construir una peça en forma de cilindre proveïda d'un coixinet a on es recolzaria el pes de les aspes i les forces que el vent desenvolupa sobre elles de tal manera que el motor només l'hi arribi la força giratòria i no suporti tant de pes, per tant augmenta el rendiment.

Inicialment es va reutilitzar un motor de corrent contínua amb escombretes, es va muntar sobre la gòndola i les proves realitzades van demostrar que al no fer servir un multiplicador de velocitat es generava molt poca energia

Es va considerar que la opció intermèdia era la d'adquirir un motor trifàsic d'inducció, ja que a cada tomb es genera el triple que el altre, la tensió és en corrent alterna i una vegada es rectificada en un pont de díodes s'aconsegua el triple de tensió.

Per tant a l'hora d'utilitzar aquesta energia elèctrica per generar el hidrogen es genera molt més.

Indicar també que es va tenir un problema en l'establiment on es va comprar el motor trifàsic, ja que van tardar més d'un mes en subministrar-lo.

Amb el mètode d'orientació es va creure que fent un suport més petit que subjectés la gòndola dins d'un altre més gran permetria girar l'equip en la direcció que es pogués aprofitar més la potència eòlica.

El mètode d'orientació consisteix, en les models reals, en un aparell que auto-orienta l'equip per tal d'aprofitar el màxim de vent.

Més endavant es va posar una placa a la part posterior de la gòndola perquè l'equip s'orientés sol amb l'acció del vent i després es van posar unes petites boletes d'acer dins del suport gran per ajudar a que es desplaçés més ràpid i sense fricció.

Per la base s'ha optat per la senzillesa i la eficàcia, se li ha posat un trípede de càmera de fotografia, ja que al ser extensible, l'equip pot arribar als dos metres d'altura, el qual el permet aprofitar més quantitat de vent.

3) Construcció del reactor

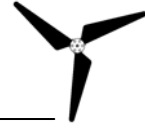
Es va començar amb la recerca d'informació i aquest mateix projecte s'està construint a gran escala a Argentina (annex 6).

Es va prendre com a mètode d'obtenció d'hidrogen la electròlisis de l'aigua, procés ràpid i senzill per obtenir el combustible.

Es va assistir a algunes pràctiques que el nostre company Enric Milà feia pel seu treball (la electròlisis) i se'n va fer alguna per verificar quin compost produïa més hidrogen.

El resultat d'aquestes pràctiques ens van fer decantar cap al compost $H_2O + NaCl$ amb càtodes i ànodes de zinc. (resultats i pràctiques al punt 9.2.2.)

Es va fer el reactor amb un envàs de plàstic tapat, proveït de dos envasos més petits de 0.5 litres en el seu interior amb petits forats a sota perquè quedessin inundats d'aigua també.



La finalitat d'aquests envasos petits es la de separar els gasos que es formen en el seu interior (H_2 i O_2), ja que en el seu interior estan els elèctrodes.

L'envàs que conté l'elèctrode d' hidrogen disposa d'una petita canonada de plàstic que a partir de sifons s' aconsegueix que arribi a un tercer envàs de 0.5 litres fora del reactor que emmagatzema l' hidrogen produït.

Aquest envàs disposa també d'un sistema d'extracció de l' hidrogen contingut.

En una de les pràctiques es va trencar l'eix perquè l'equip va caure a terra degut a la irregularitat del vent de Tarragona.

Aquest problema es va solucionar construint un eix nou de les mateixes característiques.

A l'annex 7 hi ha un article que parla sobre aquest tema.

A l'annex 10 hi ha un CD amb fotografies.

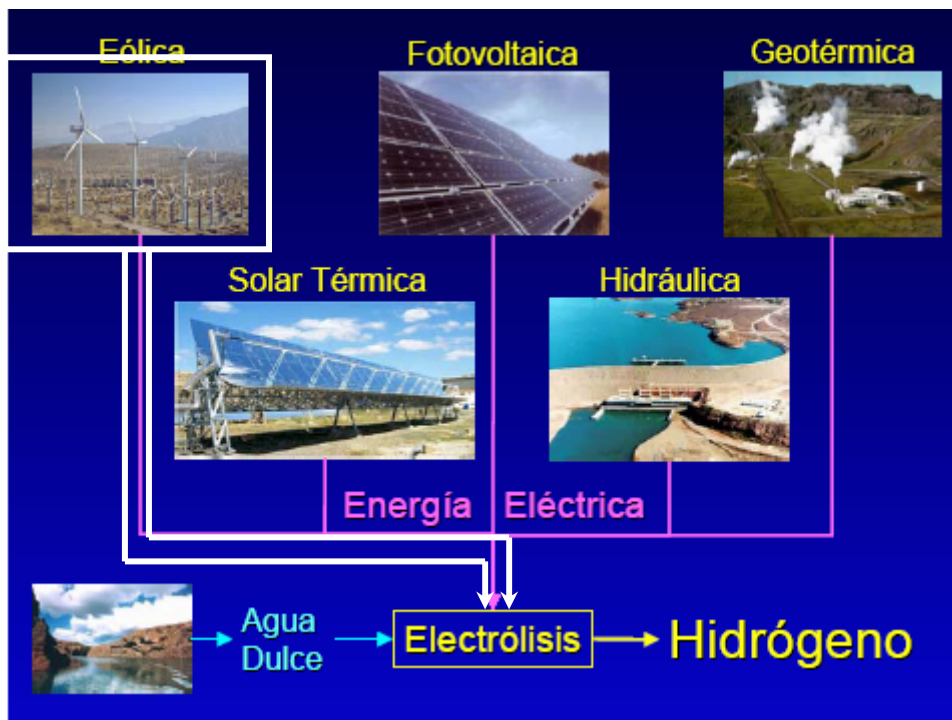


Fig. 25: Esquema del mètode utilitzat. (camí en blanc)



9. Exposició i anàlisi dels resultats.

9.1 Construcció de l' aerogenerador.

9.1.1. Tria del tipus d'aerogenerador.

A continuació es detallen els avantatges que comporten l'eix vertical i els que comporten l'eix horitzontal per tal de decidir quin és l' adequat.

Avantatges de l'eix vertical:

- No necessita una torre per la màquina.
- Es pot tenir el generador, el multiplicador... a peu de terra, per tant no encareix els costos.
- No necessita mecanisme d'orientació.

Avantatges de l'eix horitzontal

- Major velocitat del vent.
- Molta eficiència aerodinàmica, sobretot la de tres pales.
- Arrencada automàtica.
- Per substituir el coixinet principal també s'ha de desmuntar el rotor però en aquest cas no s'ha de desmuntar tota la màquina.

En la taula següent s'esquemmatitza els avantatges i els inconvenients que existeixen depenent del nombre de pales de l'equip.

Nombre de pales	Avantatges	Inconvenients
Una pala	Fàcil de muntar	Poca estabilitat i requereix un contrapès.
Dues pales	Més estable que amb una pala	No és suficient potent i estable.
Tres pales	Alta estabilitat, gran rendiment i facilitat a l'hora de començar a girar	No en té.
Multipala	Més pales, per tant és més fàcil que comenci a girar.	Requereix una base molt forta per mantenir tot el pes i encareix costos.

Taula 2 Comparativa

Es va decidir que l'aerogenerador seria d'eix horitzontal i amb tres pales ja que és la combinació més eficaç.



9.1.2 Càlcul de la proporció de l'aerogenerador.

Es va agafar com a model un aerogenerador de 80 metres d'altura i 35 metres de radi de pales.

Es va fixar que l'aerogenerador faria 1.5 metres d'altura i mitjançant l'AutoCAD es va calcular que la relació que existia era de 1:64,81 . (plànol en A3 a annex 7 i plànol en petit fig.41)

Es va posar les mides de l'aerogenerador gran (80m + 35m) i amb les que havia decidit (1,5m), el programa va calcular la longitud de les pales.

Amb aquesta relació es va calcular el radi de pales del nostre aerogenerador que seria de 0,54 metres.

9.1.3. Tria dels components i material.

a) Pales:

I. Es va fer un model en cartolina (el model està a l'annex) amb les proporcions que prèviament s'havien calculat.

II. Es va triar el material de les pales:

- Plàstic: Assequible però no es va trobar el tipus de plàstic adequat i els tipus que podien anar bé eren difícils d'aconseguir.
- Tela: És fàcil de muntar i necessita poc vent per girar però és molt fràgil.
- Alumini: Resistent i fàcil d'aconseguir.
- Acer: Molt resistent, però no és tan fàcil d'aconseguir i necessita molt més volum de vent

Es va optar per tant per fer les pales amb alumini.

III. Es va copiar el model de la cartolina en 4 planxes d'alumini. (tres pales més una de recanvi que està a l'annex).

IV. Es va comprar unes pales d'un ventilador.

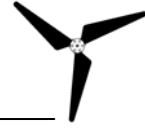
V. Es van enganxar les aspes d'alumini a les pales.



Fig. 26 Vista frontal de les pales



Fig. 27 Una de les aspes d'alumini



b) Motor (generador):

- I. Es va utilitzar inicialment un motor de corrent contínua amb escombretes.
- II. Es van fer algunes proves.
- III. Com no produïa suficient electricitat (no passava de 2,7V) es va adquirir un kit d'un molí que incloïa un motor trifàsic d'inducció
- IV. El motor generava més que l'altre (va arribar a 4,5V).



Fig. 28 El motor trifàsic



Fig. 29 El motor trifàsic



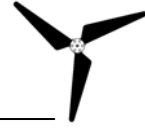
Fig. 30 Motor corrent contínua

c) Eix:

- I. Es va encarregar de fer l'eix amb les següents característiques:
 - Forma cilíndrica
 - Amb un coixinet, per recolzar el pes de les aspes en ell.
 - Diàmetre: 8mm a l'entrada i 3mm a la sortida.



Fig. 31 Eix



d) Mètode d'orientació i torre:

- I. Per fer la torre es va adquirir un cilindre d'alumini buit per dins.
- II. Dins de la torre es va construir un senzill però eficaç sistema d'orientació consistent a col·locar dins del cilindre de la torre un altre de més petit que subjecta la gòndola per tal que girés.
- III. A la part posterior de la gòndola se li va posar una làmina de cartró dur perquè s'autoorientés per l'acció del vent.
- IV. Per eliminar part de la fricció es van posar unes boletes d'acer dins del cilindre de la torre.

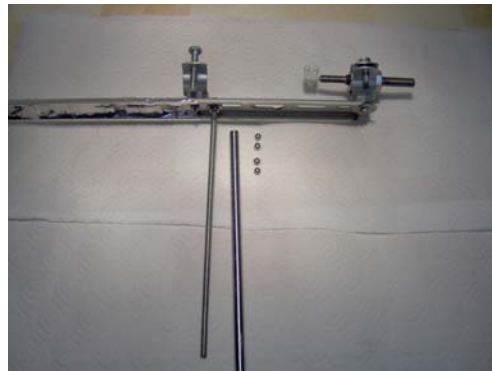


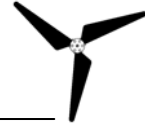
Fig. 32 Gòndola i sistema d'orientació

e) Base:

- I. Es va posar la torre amb la gòndola damunt d'un trípede perquè estigués equilibrat



Fig. 33 Torre i base



f) Rectificador:

- I. Amb el kit que es va comprar pel motor trifàsic també venia un rectificador. El rectificador serveix per transformar la corrent trifàsica alterna que surt del motor a corrent contínua.

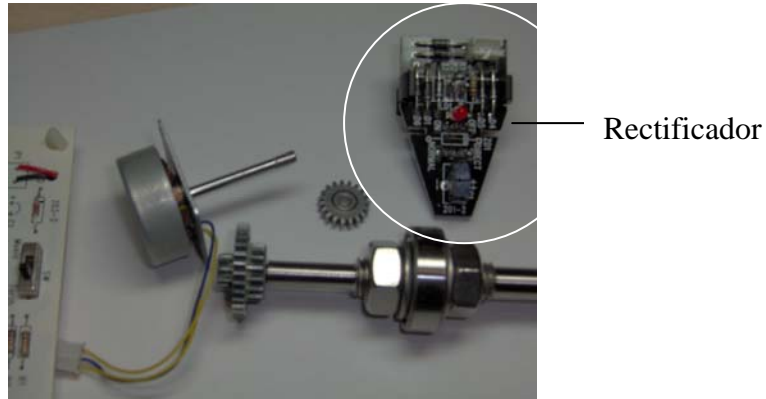


Fig. 34 Rectificador

9.1.4. Procés de construcció de l'aerogenerador

- I. Es van unir les aspes d'alumini a les pales inicials.
- II. Es va construir l'eix basant-se en el diàmetre interior de les pales.
- III. Es van unir les peces de l'eix: coixinet, cargol...
- IV. Es va unir el motor a l'eix.
- V. Tot això es va muntar sobre la gòndola intentant tenir les mínimes vibracions possibles.
- VI. Es connecta elèctricament.
- VII. Es munta tot sobre la torre.
- VIII. S'acoblen les aspes a l'equip.



Fig. 35 Eix, motor i rectificador



Fig. 36 Gòndola abans de ser muntada

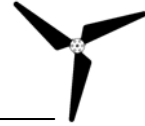


Fig. 37 Acoblant l'eix a la gòndola

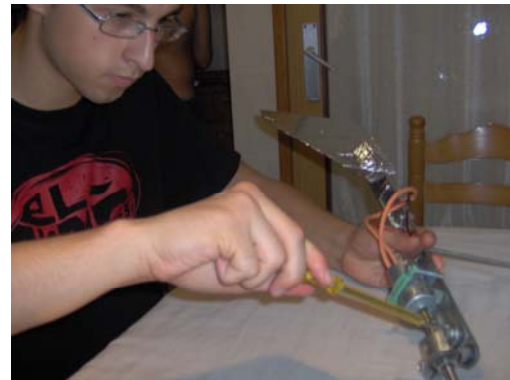


Fig. 38 Connectant l'eix al motor



Fig. 39 Connectant elèctricament



Fig. 40 Resultat final

9.1.5. Plànols

A continuació els plànols que s'han realitzat durant el treball en petit
A l'annex estan els plànols en A3.

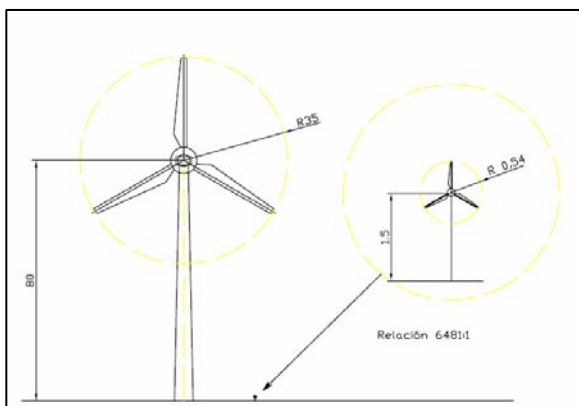


Fig. 41 proporció de l'aerogenerador

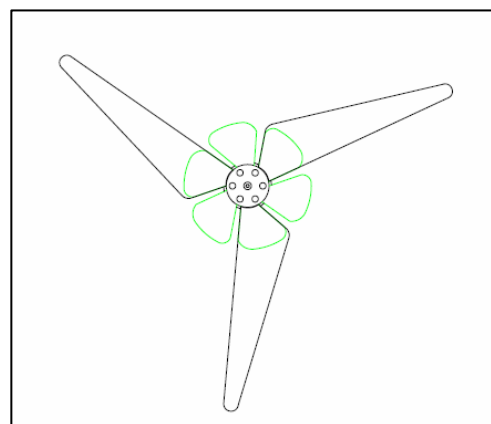


Fig. 42 Pales

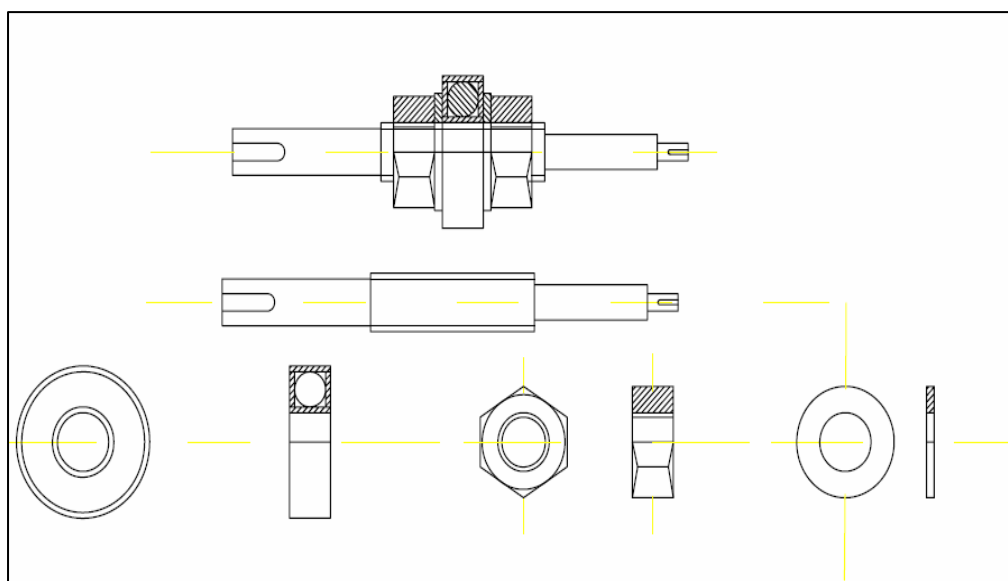
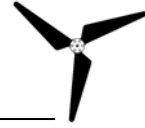


Fig. 43 Eix

La maqueta de l'aerogenerador forma part de l'annex 11 d'aquest treball.



9.1.6 Pràctiques amb l'aerogenerador

Es van realitzar dues pràctiques amb l'aerogenerador.

Pràctica 1

Títol: Pràctica amb l'aerogenerador.

Objectiu: Primera presa de contacte amb l'aerogenerador per fer les modificacions necessàries.

Es va realitzar al terrat de casa.

Es va fer servir el motor de corrent contínua ja que llavors no es tenia el trifàsic.

Es van fer algunes modificacions sobre l'original:

- Es va avançar la posició del motor per tal de millorar l'equilibri.
- Es van canviar la posició de les aspes posant-les al revés a veure si millorava el rendiment, però era el mateix i per tant es va tornar a posar com abans ja que el resultat era més estètic.
- Es va intentar posar-li una caixa multiplicador que al final no va resultar ser l'esperat i per tant es va suprimir.
- Es va comprovar que era millor conservar les aspes petites.

Conclusions:

El motor va arribar a generar 2,77 V

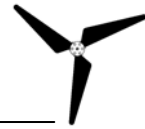
Es va poder apreciar que les ràfegues de vent a Tarragona són molt irregular i a conseqüència d'això el molí es va desestabilitzar i va caure al terra trencant-se l'eix.

Es va haver de construir un eix nou amb les mateixes característiques que l'anterior.

Al CD de l'annex hi ha un vídeo de la pràctica.



Fig. 44 Voltímetre amb la mesura



Pràctica 2

Títol: Pràctica al parc eòlic.

Objectiu: Verificar la eficiència de les modificacions aplicades al molí.

Es va realitzar al parc eòlic de la Serra de Vilobí durant la visita realitzada (annex 4) En aquesta pràctica es va fer servir el motor trifàsic i el rectificador. El motor va arribar a generar 4,5V i tot i que no són suficients per poder apreciar el resultat al connectar-lo al reactor d'hidrogen ja produeix més que l' anterior motor.

Conclusions:

No es van realitzar modificacions a l'estructura de l'aerogenerador. Les ràfegues de vent eren molt més regulars que a Tarragona durant la pràctica 1 i per tant va ser més fàcil realitzar-la. Al CD de l'annex hi ha un vídeo d'aquesta pràctica.



Fig. 45 Fent la pràctica



Fig. 46 Aerogenerador i jo



Fig. 47 Pales i jo



Fig. 48 Eix



9.2 Construcció del reactor

9.2.1 Materials

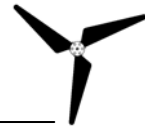
- Cubeta de plàstic amb una capacitat de 2000 cm³.
- Ampolla de 250 cm³, on es posarà l'elèctrode que generarà l' hidrogen.
- Ampolla de 250 cm³ que farà la funció de emmagatzematge de l' hidrogen generat.
- Un elèctrode de zinc per l' hidrogen.
- Un elèctrode de grafit per l'oxigen (tot i que no s' emmagatzema pel seu baix rendiment).
- Mànegues de plàstic i connectors.
- Una xeringa per succionar l' hidrogen.
- Equip de buit.
- Tèster per comprovar conductivitat.



Fig. 49 Equip de buit i xeringa



Fig. 50 Cubeta



9.2.2 Procés de construcció.

- I. Es preparen els elèctrodes. Per evitar que els conductors elèctrics de coure es posin en contacte amb la solució salina, s'encapsula dintre d'un recipient amb silicona.
- II. S'introdueix l'elèctrode de zinc dins l'ampolla del generador.
- III. Es col·loca l'altre elèctrode.
- IV. S'introdueix tot l'equip dins de la cubeta i es connecten tots els cables elèctrics i les mànegues per on passarà l' hidrogen.



Fig. 51 Ampolla de 250 cm³

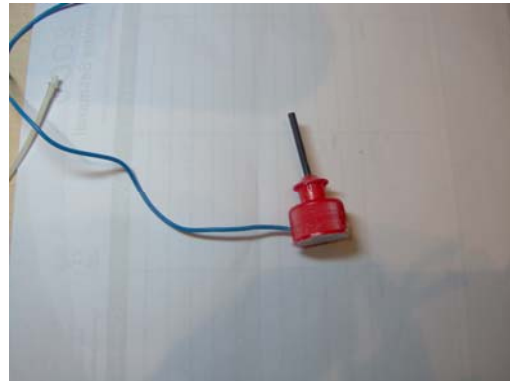


Fig. 52 Elèctrode



Fig. 53 Fase de muntatge 1

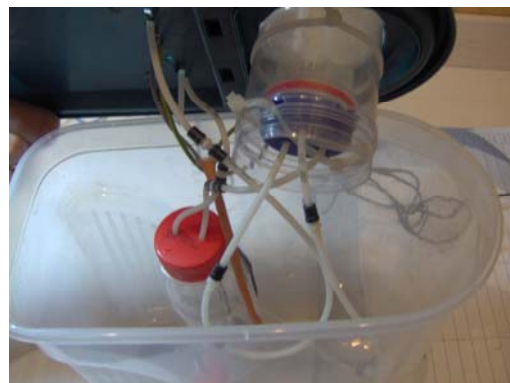


Fig. 54 Fase de muntatge 2

El reactor d'hidrogen forma part de l'annex 12 d'aquest treball.



9.2.3 Pràctiques al laboratori

A continuació, dues pràctiques que es van realitzar al laboratori del col·legi.

Pràctica 3

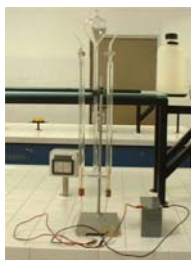
Títol: Obtenció d'hidrogen mitjançant l'electròlisi de l'aigua

Objectiu: Experimentar amb diversos compostos per verificar i comprovar quin d'ells produeix més hidrogen en les mateixes condicions.

Material utilitzat:

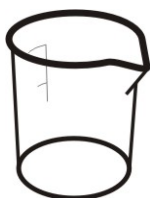
Voltàmetre de Hoffman¹:

Matràs aforat o Matràs Erlenmeyer:



Vas de precipitats:

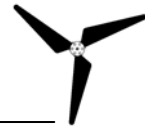
Bec Bunsen:



Procediment:

- 1- Es fa la mescla del reactiu 1 i el reactiu 2 aforat i amb la concentració molar que prèviament hem calculat
- 2- es remou amb una espàtula petita, si és necessari abocar la mescla en un vas de precipitats i escalfar la mescla amb un bec Bunsen perquè augmenti la solubilitat.
- 3- Preparar el voltàmetre de Hoffman.
- 4- Col·locar els elèctrodes en els compartiments laterals, a la part inferior amb un cable per poder aplicar-li la corrent posteriorment.

¹ Voltàmetre de Hoffman: Aparell consistent de 2 provetes graduades, amb clau, invertides, unides per un tub de seguretat comuna; a l'extrem inferior de cada bureta s'ajusta un conductor de corrent elèctric (elèctrode), el qual mitjançant un filferro s'uneix al pol negatiu o positiu d'una font elèctrica.



TREBALL DE RECERCA

- 5- Abocar la mescla en el Voltàmetre de Hoffman.
- 6- Connectar els elèctrodes a la corrent i deixar-lo durant 5 minuts a una tensió de 24V.
- 7- Comprovar el nivell de la mescla al compartiment on haguem connectat l'ànode (pol negatiu), ja que és allí on es produeix l'hidrogen.

Càlculs

Per calcular els grams de solut que s'havien d'utilitzar segons la concentració s'ha procedit a fer un càlcul estequiomètric.

Molaritat = mols solut/volum de solució

Volum= 0.5 litres

1M NaOH \rightarrow g NaOH?

$1=x/0.5 \rightarrow x=0.5$ mols NaOH

0.5 mols NaOH * 40g/mol = 20g NaOH

1M H₂SO₄ \rightarrow g H₂SO₄?

$1=x/0.5 \rightarrow x=0.5$ mols H₂SO₄

0.5 mols H₂SO₄ * 98g/mol = 49g H₂SO₄

1M NaCl \rightarrow g NaCl?

$1=x/0.5 \rightarrow x=0.5$ mols NaCl

0.5 mols NaCl * 58.5g/mol = 29.25g NaCl

5M NaCl \rightarrow g NaCl?

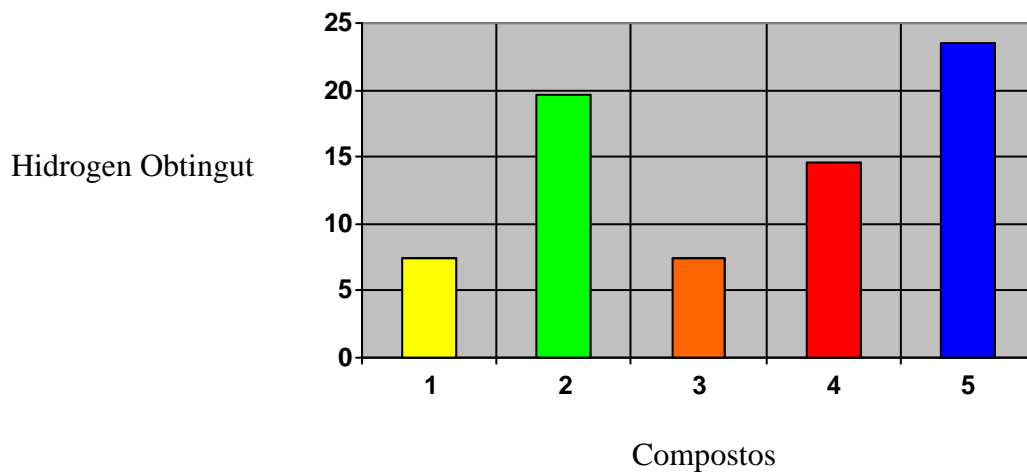
$5=x/0.5 \rightarrow x=2.5$ mols NaCl

2.5 mols NaCl * 58.5g/mol = 146.25g NaCl

Resultats: Aquests són els resultats que s'han obtingut als 5 minuts en els 5 compostos analitzats.

	Reactiu 1	Reactiu 2	Concentració	Càtode (+)	Ànode (-)	Tensió Aplicada	Intensitat mitjana	Temps (s)	Hidrogen Produït
1	H ₂ O	NaOH	1 M	Grafit	Grafit	24 V	0,50 A	300 s	7,5 mL
2	H ₂ O	H ₂ SO ₄	1 M	Grafit	Grafit	24 V	0,60 A	300 s	19,7 mL
3	H ₂ O	NaCl	1 M	Zinc	Zinc	24 V	0,20 A	300 s	7,5 mL
4	H ₂ O	NaCl	5 M	Platí	Platí	24 V	0,34 A	300 s	14,6 mL
5	H ₂ O	NaCl	5 M	Grafit	Zinc	24 V	0,55 A	300 s	23,5 mL

Taula 3 Resultats de la pràctica.



Gràfic 1 Comparativa dels resultats

Conclusió:

La mescla $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (clorur de sodi i aigua destil·lada) a concentració 5M, aplicant un voltatge de 24V durant 5 minuts amb l'elèctrode de zinc és la que més hidrogen ha produït.

Aquesta mescla ha produït 23.5 ml i per tant és la que s'aplicarà al projecte.



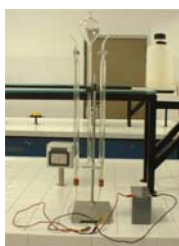
Pràctica 4

Títol: Obtenció d'hidrogen mitjançant l'electròlisi de l'aigua.

Objectiu: Estudiar la mescla que més hidrogen ha produït, en aquest cas, $H_2O + NaCl$

Material utilitzat:

Voltàmetre de Hoffman:



Matràs aforat o Matràs Erlenmeyer:



Vas de precipitats:



Bec Bunsen:



Procediment:

- 1- Es fa la mescla de H_2O i $NaCl$ en un matràs aforat i amb la concentració molar 5M
- 2- Es remou amb una espàtula petita, si és necessari abocar la mescla en un vas de precipitats i escalfar la mescla amb un bec Bunsen perquè augmenti la solubilitat.
- 3- Preparar el voltàmetre de Hoffman.
- 4- Col·locar els elèctrodes en els compartiments laterals, a la part inferior amb un cable per poder aplicar-li la corrent posteriorment.
- 5- Abocar la mescla en el Voltàmetre de Hoffman.
- 6- Connectar els elèctrodes a la corrent i deixar-lo durant 5 minuts a una tensió de 24V.
- 7- Comprovar el nivell de la mescla al compartiment on haguem connectat l'ànode (pol negatiu), ja que és allí on es produeix l'hidrogen.



Càlculs:

Molaritat = mols solut/volum de solució

Volum= 0.5 litres

5M NaCl → g NaCl?

$5 = x/0.5 \rightarrow x = 2.5$ mols NaCl

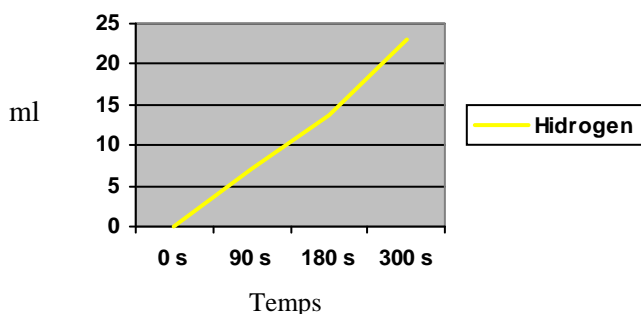
2.5 mols NaCl * 58.5g/mol = 146.25g NaCl

Resultats:

Temps	mL Hidrogen	Intensitat	Tensió
0 s	0 mL	0,54 A	24 V
90 s	7,00 mL	0,58 A	24 V
180 s	13,8 mL	0,68 A	24 V
300 s	23,1 mL	0,72 A	24 V

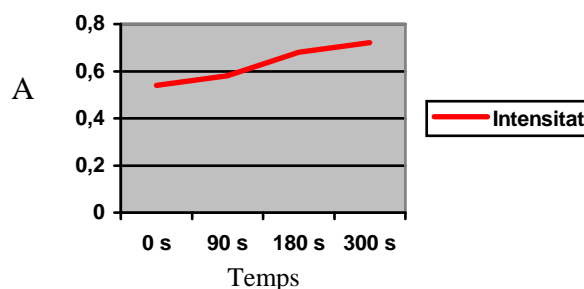
Taula 4 Resultats

Evolució de la obtenció d'hidrogen



Gràfic 2: Evolució de la obtenció d'hidrogen

Evolució en la intensitat



Gràfic 3 Evolució en la intensitat

Conclusió:

Hem estudiat més a fons la evolució de la mescla H₂O + NaCl a concentració 5M a fi de concretar-la com a la millor pel nostre projecte.

A l'hora d'aplicar-li l'electricitat que l'aerogenerador produirà, haver trobat la mescla més productiva ens permetrà obtenir el màxim rendiment.



Fig. 55 Pes de la sal



Fig. 56 Dissolent el compost



Fig. 57 Preparació del Voltàmetre de Hoffman

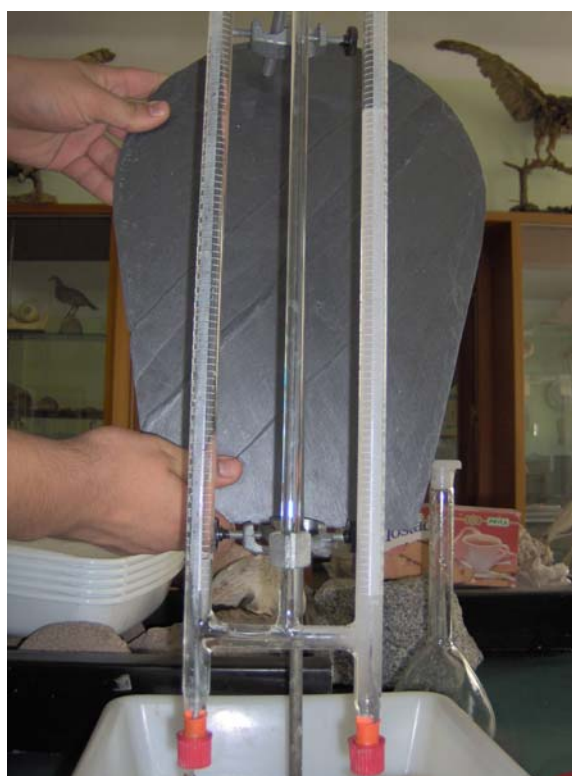


Fig. 58 Dreta=Hidrogen, Esquerra=Oxigen



9.2.3. Pràctiques amb el reactor

Es va realitzar una pràctica amb el reactor d'hidrogen per verificar la seva eficiència abans de connectar-lo a l'equip.

Pràctica 5

Objectiu: Comprovar que el reactor funcioni de manera eficient.

Procediment:

- I. Inundar amb la solució salina, i extreure l'aire de tot el circuit amb l'equip de buit.
- II. S'alimenta elèctricament (12V).
- III. Mitjançant un sistema de sifons es fa passar l' hidrogen generat al dipòsit d'emmagatzemament.
- IV. El sistema és manual al principi però quan l'equip ja ha entrat en funcionament és automàtic.

Resultat: A 12V es va generar en 10 minuts uns 23ml d'hidrogen.

Conclusions: El reactor es capaç de generar hidrogen.

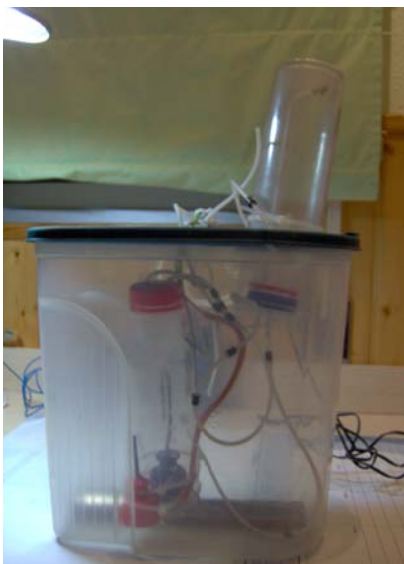


Fig. 59 Reactor d'hidrogen durant la pràctica.



9.2 Pràctica amb tot l'equip

Quan es va comprovar que tant l'aerogenerador com el reactor funcionaven perfectament es va fer la pràctica amb tot l'equip muntat

Pràctica 6

Títol: Pràctica amb tot l'equip

Objectiu: Generar hidrogen a partir de l'electricitat produïda per l'aerogenerador.

Procediment:

- I. Es va preparar el reactor com a la pràctica 5 (9.2.3. d'aquest treball).
- II. Es va connectar el cable de l'aerogenerador amb el del reactor.

Resultat:

Agafant una mitja de 5V generats per l'aerogenerador es van aconseguir aquests resultats:

Temps	Hidrogen produït
5 minuts	4.81 ml
10 minuts	9.7 ml
20 minuts	19.5 ml
30 minuts	29.1 ml



Fig. 60 Equip complet preparat per funcionar

Conclusió:

Tot i que el resultat es poc apreciable al principi a causa de la seva poca potència l'aerogenerador ha estat capaç de produir hidrogen.

No s'han realitzat cap tipus de modificacions a l'estructura de l'aerogenerador ni al reactor.



10. CONCLUSIONS

- S'ha aprofundit i s'ha conegut el camp de l'energia eòlica
- S'han conegut els diferents tipus d'aerogeneradors i s'han observat i estudiat les seves característiques.
- S'ha determinat que el millor tipus d'aerogenerador era el d'eix horitzontal.
- No s'ha pogut calcular mitjançant fórmules les característiques de l'aerogenerador, ja que les fórmules agafen com a referència equips molt més grans i potents. Les dimensions de l'aerogenerador s'han calculat amb l'AutoCAD.
- S'ha utilitzat el programa AutoCAD per dissenyar l'aerogenerador.
- S'ha construït un aerogenerador capaç de produir electricitat:
 - 2,77 V amb el motor de corrent contínua.
 - 4.5 V amb el motor trifàsic.
- S'ha aprofundit en el camp de l' hidrogen.
- S'ha construït un medi per produir hidrogen a partir de la electròlisis de forma segura i amb el màxim rendiment possible.
- S'ha pogut emmagatzemar aquest hidrogen de manera satisfactòria.
- S'ha aprofitat aquesta electricitat per obtenir hidrogen mitjançant electròlisis, però donat a les reduïdes dimensions de l'aerogenerador i la seva poca potència els resultats són poc apreciables a simple vista.



Durant aquest treball s'ha pogut comprovar els avantatges i inconvenients que té l'energia eòlica, tot seguit els detallem:

Avantatges

- 1 No contamina
- 2 Assequible.
- 3 Energia renovable
- 4 No requereix combustible
- 5 Es pot instal·lar en qualsevol terreny no apte per altres construccions (deserts, mars...)
- 6 Instal·lació ràpida i senzilla
- 7 Una sola persona pot controlar un parc eòlic
- 8 Cost energètic inexistent un cop amortitzades
- 9 Frena el consum de combustibles fòssils
- 10 No contribueix al efecte hivernacle
- 11 Al finalitzar la vida útil del parc eòlic no deixa marques
- 12 Evita la contaminació que provoca el transport de combustibles

- 13 Cada Kw/h. d'electricitat generada per energia eòlica en comptes de carbó, evita:
 - 0,60 Kg. de CO₂, diòxid de carboni.
 - 1,33 gr. de SO₂, diòxid de sofre.
 - 1,67 gr. de NO_x, òxid de nitrogen.

 - Per tant de mitjana al final de la vida útil d'una instal·lació eòlica (que pot ser variable segons l'emplaçament) de 10 MW
 - Evita: 28.480 tones al any de CO₂.
 - Substitueix: 2.447 tones equivalents de petroli.
 - Aporta: Treball a 130 persones al any durant el disseny i la construcció, més el personal encarregat de la gestió i manteniment del parc eòlic
 - Proporciona: Indústria i desenvolupament de tecnologia.
 - Genera: Energia elèctrica per a 11.000 famílies.

(font: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=409>)



Inconvenients:

- 1 L'aire, al ser un fluid de petit pes específic implica construir màquines grans, amb una altura comparable a la d'un edifici de 10 plantes.
- 2 Impacte visual mol alt
- 3 Irregularitat en el subministrament
- 4 Alta dependència a les condicions atmosfèriques
- 5 Soroll molt elevat a conseqüència de les enormes turbines i de les pales en contacte amb el vent
- 6 És necessària una velocitat del vent mínima, però també existeix una limitació en la velocitat del vent el qual faria que el aerogenerador s'hagi de desconnectar o canviar de direcció per evitar desperfectes en la estructura.
- 7 Els llocs més apropiats per la col·locació dels parcs eòlics normalment coincideixen amb la ruta d'aus migratòries o de zones on els ocells aprofiten les corrents, el que fa que entrin en conflicte aerogeneradors i aus, per tant risc de mortalitat en la fauna alta.
- 8 No té la capacitat elèctrica suficient per substituir totalment les energies no renovables.
- 9 Al estar construïts en zones muntanyoses, s'han de construir carreteres per poder arribar, el qual malmet el paisatge.
- 10 Provoquen l'anomenat "efecte discoteca", aquest efecte apareix quan el sol està per sota dels molins i les ombres de les aspes es projecten amb regularitat sobre els jardins i les finestres parpadejant. Això unit al soroll, pot portar a la gent fins un alt nivell d'estrès amb efectes considerables per la salut.
Al CD que hi ha a l'annex hi ha un vídeo amb aquest efecte que es va fer durant la visita al parc eòlic.



VALORACIÓ

Aquest treball m'ha permès de poder apropar-me a aquest tema i estudiar-lo de més a prop tot tractant un tema com són les energies renovables.

A més utilitzant l'energia que generen l'hem pogut aprofitar per generar un combustible net i amb molt de futur com és l'hidrogen.

En aquest treball he pogut transformar moltes energies: primer l'energia cinètica del vent, després la mecànica de les pales, l'energia elèctrica del generador i finalment a l'energia química al generar l'hidrogen.

Crec que de tots els treballs que podria haver triat, aquest és el que més bé podia fer i així ha estat, estic satisfet del resultat final.



BIBLIOGRAFIA

(2007). *Biblioteca Digital ILCE* [en línia].

Disponible a Internet:

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec_7.htm

(2009) *La Wikipedia* [en línia] Wikipedia, la enciclopedia libre.

Disponible a Internet: <http://es.wikipedia.org/>

(novembre 2004) *El Rincón de la Ciencia* [en línia] Energía eólica. El rincón de la ciencia.

Disponible a Internet:

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/rc-74/rc-74.htm>

(2009) *APPA* [en línia] APPA Asociación de Productores de Energías Renovables

Disponible a Internet: <http://www.appa.es/>

(2009) *REE* [en línia] REE Red Eléctrica Española: la empresa que transporta la energía y opera el sistema eléctrico español.

Disponible a Internet: <http://www.ree.es/>

GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO.

(2009) *IDAE* [en línia] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Disponible a Internet: <http://www.idae.es/>

También disponible una gráfica en tiempo real de la demanda d'electricitat:

<https://demanda.ree.es/eolica.html>

También disponible una gráfica de producción eólica en tiempo real:

<https://demanda.ree.es/demanda.html>

(2009) *UNESA* [en línia] Asociación Española de la Industria Eléctrica.

Disponible a Internet: <http://www.unesa.es/>

(Març de 2008) *Sabelotodo.org* [en línia] Máquinas eléctricas.

Disponible a Internet: <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/enlacemaquinas.html>

(2001) *Institut de Bellera* [en línia]

Disponible a Internet: <http://www.bellera.org/molins/>

UNITED STATES OF AMERICA

(2009) *Government US department of Energy* [en línia]

Disponible a Internet: <http://www.energy.gov/index.htm>



(2009) *Danish Wind Industry Association* [en línia]

Disponible a Internet: <http://www.windpower.org>

(2003) *Danish Wind Industry Association* [en línia] Tour guiado en español

Disponible a Internet: <http://www.windpower.org/es/tour.htm>

(2006) *En buenas manos* [en línia] Energía eólica

Disponible a Internet: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=409>

(2005) *Foro Ciudad* [en línia] Inconvenientes de la energía eólica.

Disponible a Internet:

<http://www.foro-ciudad.com/leon/prada-de-la-sierra/mensaje-293339.html>

BLOGSPOT

(2006) *Autoavela* [en línia] Inconvenientes de la energía eólica

Disponible a Internet:

<http://autoavela.blogspot.com/2007/08/inconvenientes-de-la-energia-eolica.html>

(2006) *Revista Futuros* [en línia] Ventajas y Inconvenientes de la Energía Eólica

Disponible a Internet:

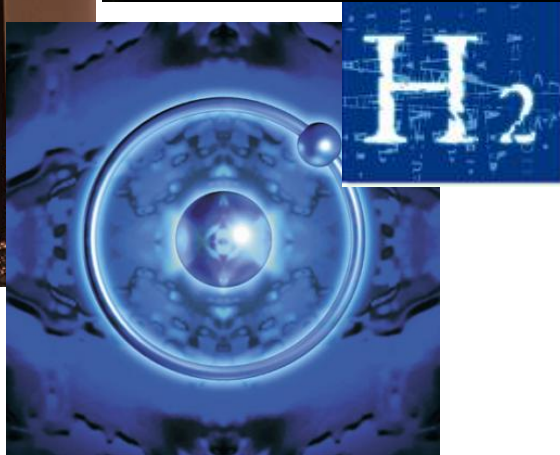
http://www.revistafuturos.info/futuros14/energia_eolica.htm

(2008) *Alihuen* [en línia] Conversión de Energía Eólica en Hidrógeno

Disponible a Internet:

<http://www.alihuen.org.ar/informacion-en-general/conversion-de-energia-eolica-en-hidrogeno.html>

ANNEXOS



Curs: 2008-2009



INDEX DELS ANNEXOS

1. Parcs eòlics de Catalunya.....	3
2. Mapa eòlic de Catalunya.....	4
3. Criteris a tenir en compte a l'hora de construir un parc.....	5
4. Visita al parc eòlic de la Serra de Vilobí.....	6
5. L'energia eòlica a Espanya.....	8
6. Projectes reals energia eòlica/producció d'hidrogen.....	9
7. Article.....	10
8. Materials i cost per construir un parc eòlic de 45 MW.....	12
9. Plànols.....	13
10. CD amb fotografies.....	14
11. Aerogenerador.....	15
12. Reactor d' hidrogen.....	16
13. Model en cartolina d'una aspa.....	17



1. Parcs eòlics a Catalunya

A continuació una taula amb els 14 parcs eòlics que estan en actiu a Catalunya:

Parc eòlic	Ubicació	Comarca	Potència (MW)
Serra de Rubió	Rubió, Òdena	Anoia	49,50
Serra de Rubió	Rubió, Òdena	Anoia	25,50
Collet dels Feixos	Desaigües	Baix Camp	7,92
Mas de la Potra	Pradell de la Teixeta, Desaigües	Baix Camp	2,60
Trucafort	Serra de Pradell i Argentera	Baix Camp	29,85
Baix Ebre	Tortosa	Baix Ebre	4,05
Ecovent	Tortosa	Baix Ebre	48,10
Les Calobres	El Perelló	Baix Ebre	12,75
Les Colladetes	El Perelló	Baix Ebre	36,63
Tortosa	Tortosa	Baix Ebre	29,90
El Motarro	Vandellòs i Hospitalet de l'Infant	Baix Ebre	2,60
Les Comes	Vilalba dels Arcs	Terra Alta	3,00
Serra del Tallat	Vallbona de les Monges, Blancafort	Urgell, Garrigues	49,50
Serra de Vilobí	Vallbona de les Fullella, Tarrés	Garrigues	40,50

Taula 1: Parc eòlics a Catalunya

TOTAL DE MW PRODUÏTS: 342,4 MW

Hi ha 25 parcs més en projecte a Catalunya que aportaran 711,65 MW.



2. Mapa eòlic de Catalunya

A continuació hi ha un mapa eòlic de Catalunya, aquests mapes mostren les zones amb més règim de vent.

Llegenda:

Blanc(menys règim de vent)

Blau

Verd

Groc

Taronja

Vermell(més règim de vent)

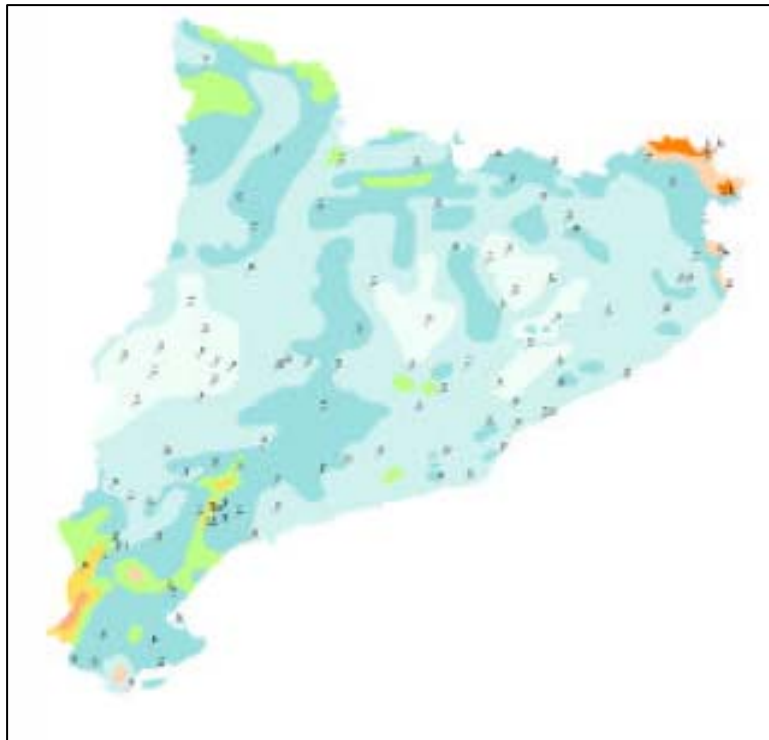


Fig. 1 Mapa eòlic de Catalunya



3. Criteris a tenir en compte a l'hora de construir un parc.

- 1- El règim de vent ha de ser suficient alt perquè les pales girin a una velocitat que permeti generar electricitat, però tampoc pot ser molt alt pel risc de col·lapse de l'equip.
- 2- La localització ha de ser accessible per les màquines que construiran el parc i posteriorment pel personal encarregat del manteniment.
- 3- No es pot construir en espais naturals.
- 4- No es pot construir en les zones de pas de les aus migratòries, ja que les aspes poden trinxar literalment les aus.
- 5- L'impacte ambiental i visual
- 6- Les necessitats que porten a la construcció del parc.



4. Visita al parc eòlic de la Serra de Vilobí.

El dia 22 de novembre de 2008 es va anar a visitar el parc eòlic de la Serra de Vilobí, comarca de les Garrigues, a 50 km de Tarragona en direcció Lleida.

Aquest parc consta de 28 aerogeneradors de 1.5 MW cadascun agrupats de cinc en cinc menys els dos primers grups que consten de quatre. Té una potència aproximadament de 40 MW

La gòndola està a 80 metres del terra i unes aspes de 35 metres.

En aquesta visita es va aprofitar per fer una pràctica amb el nostre aerogenerador. Al CD que està en aquest mateix annex estan totes les fotografies d'aquest dia, aquí només estan algunes.



Fig. 2 Fotografia general del parc



Fig. 3 Un dels 28 aerogeneradors



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6 Fotografia general



Fig. 7



Fig. 8: Jo i l'aerogenerador



Fig. 9: El meu aerogenerador i el seu germà gran



Fig. 10: Fotografia durant la pràctica al parc



Fig. 11: La torre és gran



5. L'energia eòlica a Espanya.

Taula referent a la potència eòlica instal·lada per comunitats autònomes, les dades són del 2004.

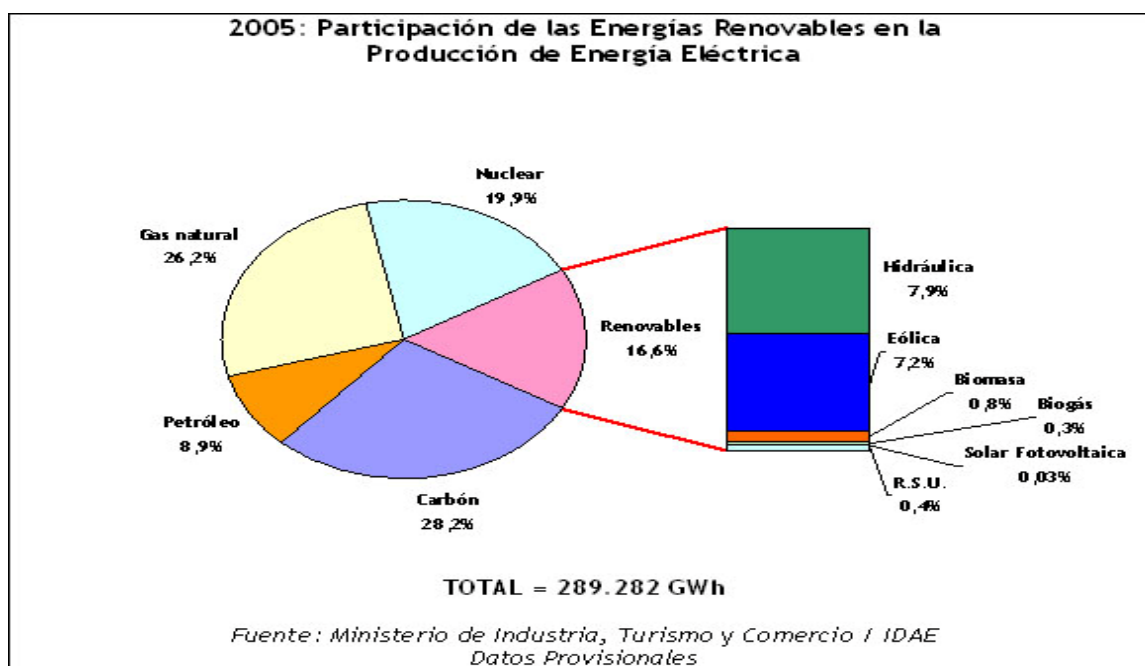
	Comunitat	Potència instal·lada en MW
1	Galícia	1549
2	Navarra	953
3	Aragó	952
4	Castella la Manxa	910
5	Castella Lleó	775
6	Andalusia	356
7	La Rioja	272
8	Canaries	147
9	Astúries	120
10	Catalunya	87
11	País Basc	59
12	Comunitat Valenciana	20
13	Murcia	11

Taula 2: Potència instal·lada a cada Comunitat Autònoma.

Les Illes Balears, Cantàbria, Extremadura i Madrid no tenen potència eòlica instal·lada.

En aquest gràfic podem observar que el 2005 el 16,6% de l'energia generada a l'Estat Espanyol era provinent d'energies renovables.

D'aquest 16,6% el 7,2% es generada per aerogeneradors, només per sota de la hidràulica.



Gràfic 1: Participació de les energies renovables en la producció elèctrica el 2005.



7. Article

(font: www.tierramerica.info/nota.php?lang=esp&idnews=83 (traduït al català)
BUENOS AIRES.- Un laboratori situat en l'austral Patagonia argentina produeix hidrogen a partir d'energia eòlica per a abastir a un llogaret i demostrar que es pot substituir combustibles contaminants derivats del petroli.
Un petit llogaret en l'extrem austral d'Argentina espera prescindir de combustibles fòssils en 2008.

El projecte té com centre a la comunitat La nostra Senyora de Koluel Kaike, de 200 habitants, a partir d'una tecnologia que combina l'energia del vent i de l'hidrogen. La meta és arribar a 2008 amb capacitat per a abastir la demanda energètica de 500 persones.

"L'objectiu és que la comissió de foment, els habitatges, escoles, els automòbils, la maquinària agrícola, tot en Koluel Kaike funcioni a hidrogen", va dir a Tierramérica l'enginyer Juan Carlos Bolcich, president de l'Associació Argentina de l'Hidrogen i promotor d'aquest projecte.

La Planta de Generació d'Hidrogen se situa a 23 quilòmetres de Koluel Kaike, en Bec Truncat, província de Santa Cruz, dues mil quilòmetres al sud de Buenos Aires, on viuen quinze mil persones, un terç de les quals ja s'abasteix d'electricitat generada amb el vent, tot i la riquesa petrolera de la zona.

La Patagonia té un extraordinari potencial d'energia eòlica a causa de els seus vents forts i constants. Amb aquesta potència, els aerogeneradors de la Planta de Generació produeixen electricitat que alimenta un electrolitzador

Mitjançant electròlisi, es trenquen les molècules d'aigua i s'obté hidrogen i oxigen. Aquest procediment permet l'emmagatzematge d'hidrogen, ja provat amb èxit com combustible de motors, tant per a ser utilitzat quan el vent minvament, com per a distribuir-lo dintre i fora del país.

"L'hidrogen va camí a substituir al petroli. Els combustibles fòssils contaminen, són cars i s'acaben, això és inescotable", va destacar l'expert.

El projecte és candidat per a ingressar a la llista de Mecanismes de Desenvolupament Net del Protocol de Kyoto sobre canvi climàtic, destinat a tecnologies que no emetin gasos que rescalfen l'atmosfera.

El projecte "Vent-Hidrogen" és el capítol americà d'un programa més vast del "International Center for Hydrogen Energy Technologies" de l'Organització de les Nacions Unides per al Desenvolupament Industrial.

El pla es porta a terme en petita escala en cinc continents.

En Xina es produeix hidrogen a partir d'energia hidràulica, a Líbia l'experiència es proposa completar el cicle amb energia solar, a Turquia s'assajarà l'utilització del nou combustible en el transport públic, i a Oceania es generarà hidrogen a partir de biomassa (matèria orgànica).

L'hidrogen és l'element més bàsic i abundant en la naturalesa, i la seva combustió és



totalment neta. El problema és que no l'hi troba aïllat, i la seva producció, mitjançant electrolísi, requereix despesa d'energia.

"El debat està en l'energia que s'utilitzi per a produir-lo", va dir a Tierramérica Juan Carlos Vilallonga, expert en energia de l'organització ecologista Greenpeace.

"Si l'hidrogen és cooptat pels productors d'energia nuclear o de petroli, llavors serà hidrogen brut", va advertir Vilallonga. En canvi, la combinació amb energia eòlica resulta ideal, va opinar.

"L'hidrogen té un potencial enorme per la seva capacitat de magatzematge. Permetria donar el salt perquè la matriu energètica (d'Argentina) que avui té a les renovables en posició marginal, passada a ser totalment dependent d'aquestes energies", va manifestar.

Però, quant més car que el combustible fòssil resultarà produir hidrogen a partir de fonts netes? De moment segueix sent costós, encara que l'augment dels preus del petroli contribueix a reduir la bretxa.

Bolcich creu que l'augment del preu del cru i el virtual esgotament de les reserves estan generant un escenari en el qual l'energia eòlica serà més competitiva. "Per a 2009 les dues energies estaran competint en tota la Patagonia", va dir.

Però aquest futur requereix treball local i cooperació internacional.

L'objectiu de la planta de Bec Truncat és produir hidrogen sota totes les normes de seguretat, provar-lo com generador d'energia per a equips electrògens, vehicles, cuines i màquines industrials, i avaluar els costos de la seva utilització massiva.

Així mateix, el laboratori optimitzarà cada etapa de la producció, experimentarà el maneig del combustible amb fins d'emmagatzematge i transport, i formarà personal especialitzat en aquesta tècnica.

El projecte també busca difondre la utilitat de l'hidrogen. "La producció de petroli està molt concentrada, però en aquest cas seria més democràtic perquè aquesta energia és de tots", va dir Bolcich.

Corresponsal de IPS

font: www.tierramerica.info/nota.php?lang=esp&idnews=83 (traduït al català)



8. Materials i cost per construir un parc eòlic de 45 MW

30 aerogeneradors de 1.5 MW.

Materials necessaris:

- 210 m³ de formigó .
- 18 tones de ferro rodó per a construcció.
- 30 tones de P.R.F.V. (Plàstic reforçat amb fibra de vidre, poliester/resina epoxi).
- 182 tones de xapa d'acer.
- 23 tones de fosa de ferro nodular.
- 50 tones d'acers especials.
- 10 tones de conductors (alumini i coure) .

A més s'haurà de considerar la infraestructura complementària, tals com camins, grues per al muntatge, etc.,etc..

En el cas de la Resina, el càlcul es va efectuar sobre els tipus que es fabriquen en l'actualitat en el país, i en realitat hi ha una part que correspon ser Resina Epoxi que avui no es fabrica en el país, però si a Brasil.

També en el cas de la xapa laminada en calenta aquesta es fabrica localment fins a 25 mm d'espessor. Per a espessors majors el país proveïdor seria Brasil o Corea, entre uns altres.

Aquest enfocament representa una important mobilització de la nostra Indústria Bàsica. Reitero que la comparança anterior està feta per a una producció de 1.000 molins anuals. Aquesta última és una xifra segurament assolible després d'un parell d'anys d'engegada del Projecte, però al seu torn fàcilment superable després d'aquest temps, òbviament estarà directament relacionada amb les facilitats i suports possibles de contar per a promocionar l'Energia Eòlica, i en particular a la fabricació de Molins Generadors.

(Font: *INDEC i Centre d'Industrials Siderúrgics)

El cost de construir un parc és molt variable, però cada kW representaria uns 1000€
El pressupost hauria de rondar els 45.000.000 €variables segons els preus del moment.
Pot semblar car, però és més car a llarg termini les energies no renovables ja que l'energia eòlica s'amortitza ràpidament i tots hi guanyem amb les energies renovables.



9. Plànols

A continuació es troben els plànols que s'han realitzat durant el treball en format DIN-A3.



10. CD amb fotografies

En aquest apartat s'adjunta un CD amb els vídeos i les fotografies que s'han fet durant les experiències, a més hi ha una còpia del treball escrit i els plànols en AutoCAD.



11. Aerogenerador

L'aerogenerador que es va construir està adjunt a aquest treball.



Fig. 13 Aerogenerador



12. Reactor

El reactor d' hidrogen que es va construir està adjunt a aquest treball.

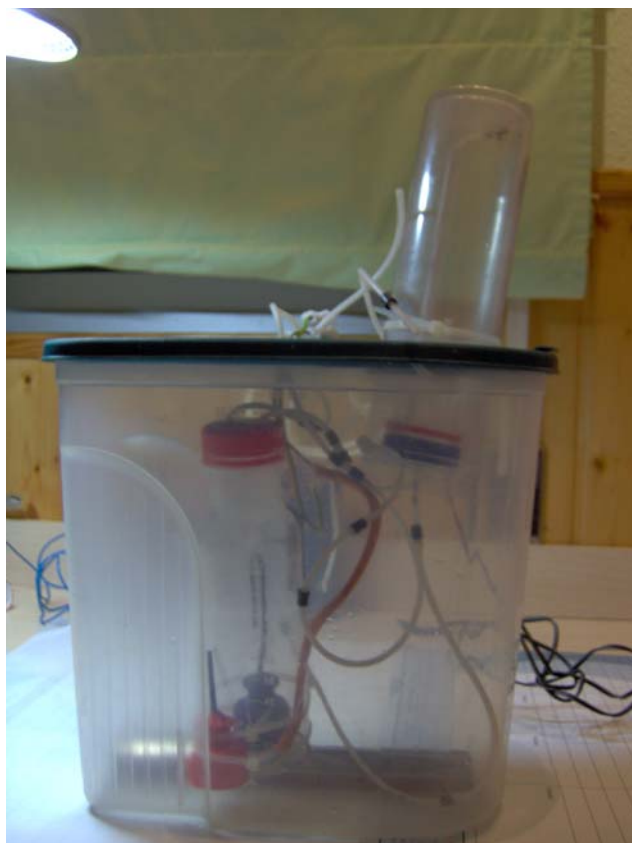



Fig. 14 Reactor d'hidrogen



13. Model en cartolina d'una aspa

En aquest apartat s'adjunta el model en cartolina que es va fer servir per construir les aspes en alumini.



Generació de Combustible a partir de l'energia eòlica

2008-2009

1.MOTIVACIÓ I INTRODUCCIÓ

- Es un tema que sempre m'ha cridat l'atenció.
- S'han de trobar maneres d'obtenir energia sense malmetre el medi ambient.
- L'hidrogen és un element fàcil d'obtenir i que té un gran potencial de cara al futur

2. OBJECTIUS

- Aprofundir i conèixer el camp de l' energia eòlica.
- Conèixer els diferents tipus d'aerogeneradors.
- Determinar quin tipus d'aerogenerador és el millor pel treball.
- Calcular mitjançant fórmules les característiques de l'aerogenerador.
- Conèixer les tècniques de disseny mitjançant el programa AutoCAD per dissenyar l'aerogenerador.

- Construir un aerogenerador capaç de produir electricitat.
- Construir un medi per poder produir hidrogen provinent de la electròlisis de forma segura i amb el màxim rendiment possible.
- Emmagatzemar aquest hidrogen en tancs construïts i ideats per a tal finalitat.
- Aprofitar la electricitat generada amb l'aerogenerador per obtenir hidrogen mitjançant electròlisis.

Eólica



Fotovoltaica



Geotérmica



Solar Térmica



Hidráulica



Energía

Eléctrica



Agua Dulce

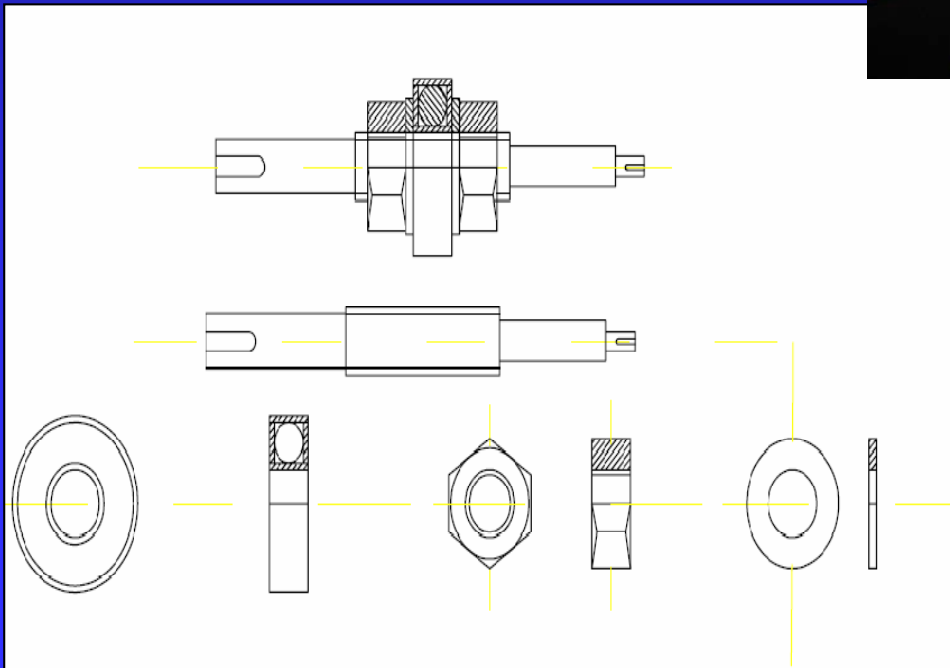
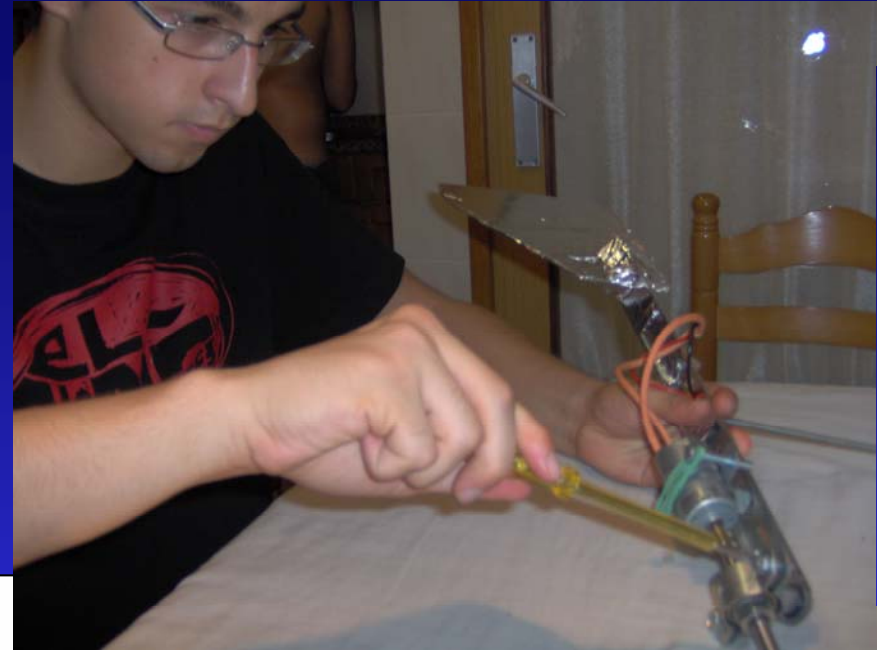
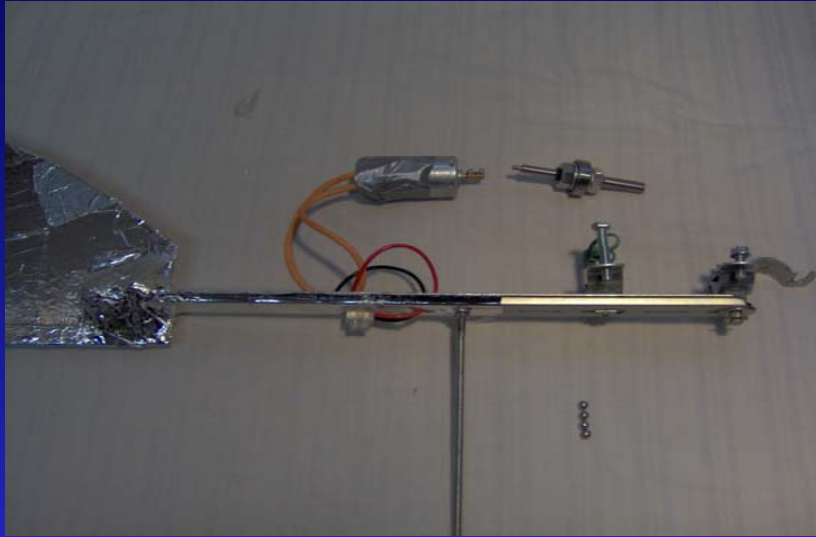
Electrólisis

Hidrógeno



3. METODOLOGIA

- 1) Tria del tema i recerca d'informació
- 2) Decisió del tipus d'aerogenerador
 - Eix Vertical/Eix Horitzontal
 - Nombre de pales
- 3) Tria dels components de l'aerogenerador
 - Pales.
 - Motor/Generador.
 - Eix.
 - Mètode d'orientació i torre.
- 4) Construcció i pràctica de l'aerogenerador.



CONSTRUCCIÓ DE L'AEROGENERADOR

5) Tria del mètode d'obtenció d'hidrogen.

– Electròlisis

6) Pràctica al laboratori

– comprovar quina mescla produeix més hidrogen en les mateixes condicions. $\rightarrow [\text{NaCl}]=5\text{M}$

7) Construcció del reactor

8) Pràctica amb el reactor

Pràctica amb tot l'equin



4.PRINCIPALS DIFICULTATS

- El generador de corrent contínua no era suficient potent.
- Es va tenir que adquirir un generador trifàsic en una tenda especialitzada que van tardar un mes en entregar-lo.
- En la primera pràctica les ràfegues de vent irregulars de Tarragona van fer caure l'aerogenerador al terra i es va trencar l'eix.
- Vaig tenir que aprendre a fer plànols amb l'AutoCAD.
- Trobar la forma d'emmagatzemar l' hidrogen.

5. RESULTATS

- L'aerogenerador es capaç de produir fins a 4.5V
- La mescla que es fa servir per l'electròlisis és: NaCl + H₂O en concentració 5M.
- Durant la pràctica amb tot l'equip durant 30 min es van aconseguir 29.7 ml d'hidrogen.

6. CONCLUSIONS

- S'ha aprofundit i s'ha conegut el camp de l'energia eòlica
- S'han conegut els diferents tipus d'aerogeneradors i s'han observat i estudiat les seves característiques.
- S'ha determinat que el millor tipus d'aerogenerador era el d'eix horitzontal.
- No s'ha pogut calcular mitjançant fórmules les característiques de l'aerogenerador, s'ha hagut de fer mitjançant l' AutoCAD

- S'ha utilitzat el programa AutoCAD per dissenyar l'aerogenerador.
- S'ha construït un aerogenerador capaç de produir electricitat
- S'ha construït un medi per produir hidrogen a partir de la electròlisis de forma segura i amb el màxim rendiment possible.
- S'ha pogut emmagatzemar aquest hidrogen de manera satisfactòria.
- S'ha aprofitat aquesta electricitat per obtenir hidrogen mitjançant electròlisis, però donat a les reduïdes dimensions de l'aerogenerador i la seva poca potència els resultats són poc apreciables a simple vista.

Reflexió Final

- Queda demostrat a petita escala que és possible aconseguir amb la infraestructura necessària combustible net, generat per energia neta.
- El seu us i la seva transformació no genera residus ni contaminació i no depenem tant de l'exploració dels recursos fòssils.
- Es en definitiva un futur factible.





8.145.2

ct
oz
g

N ~~ON/OFF~~
C T

DT 200

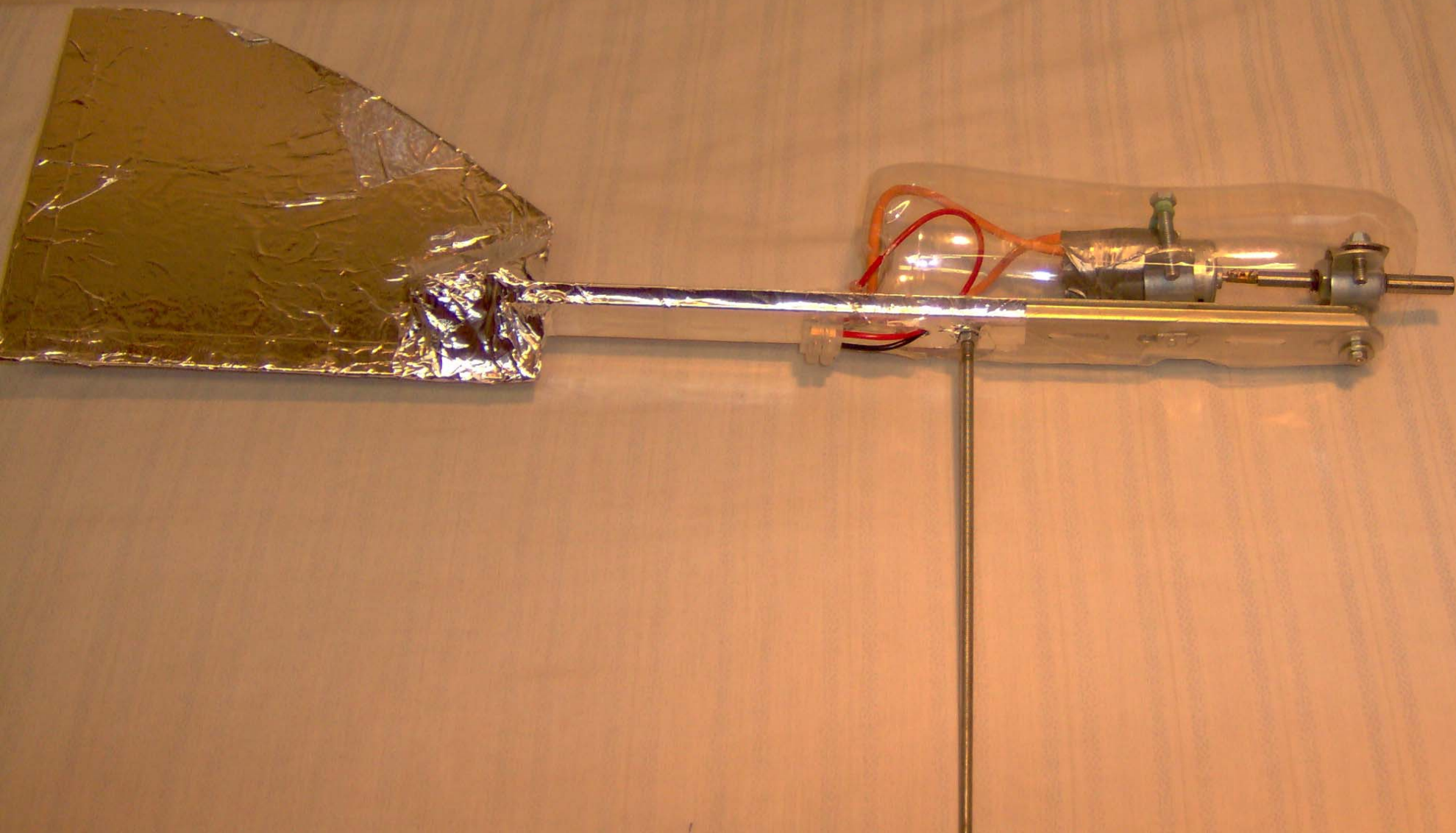
200g/0.1g





TAE
MON



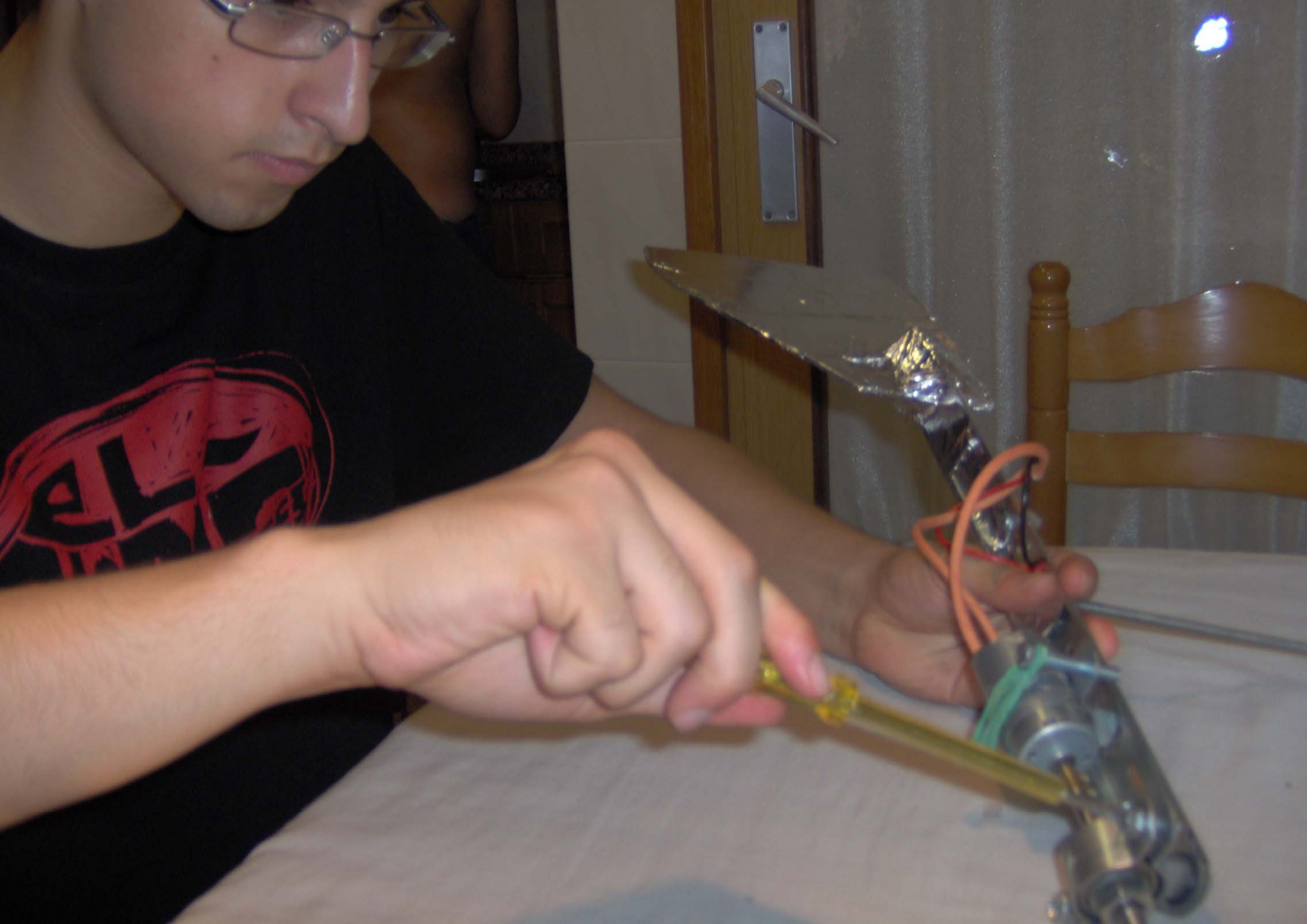


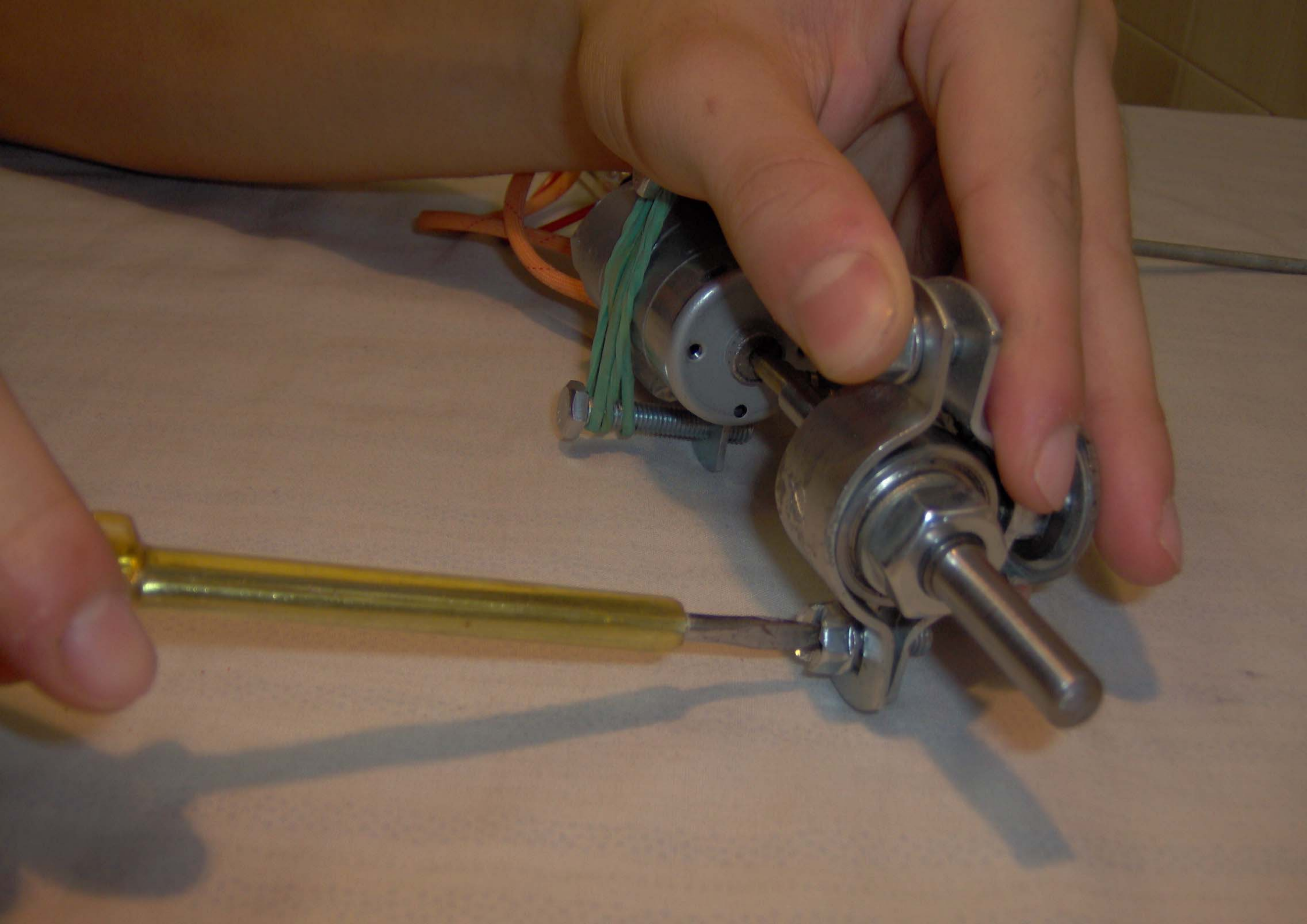










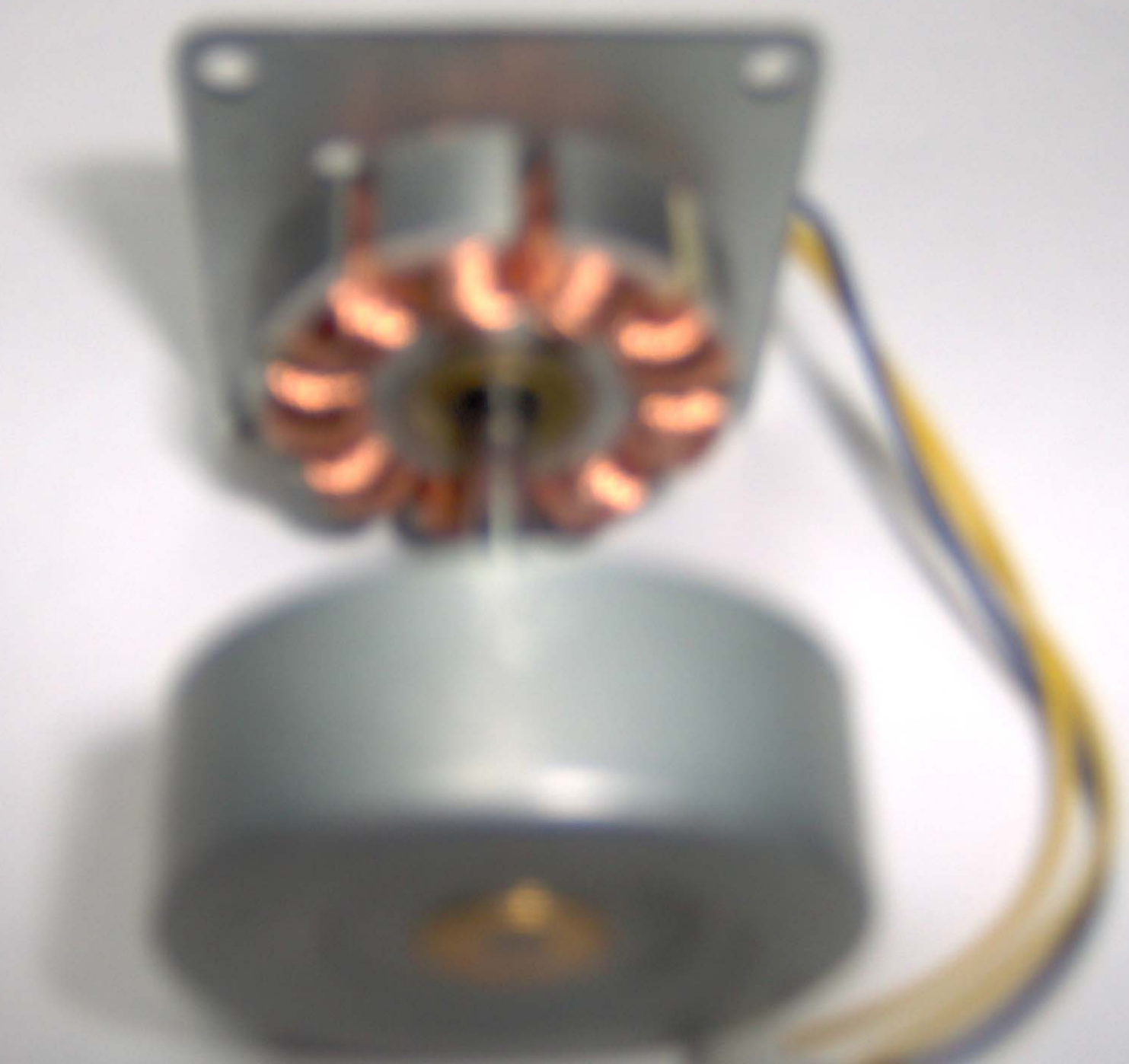


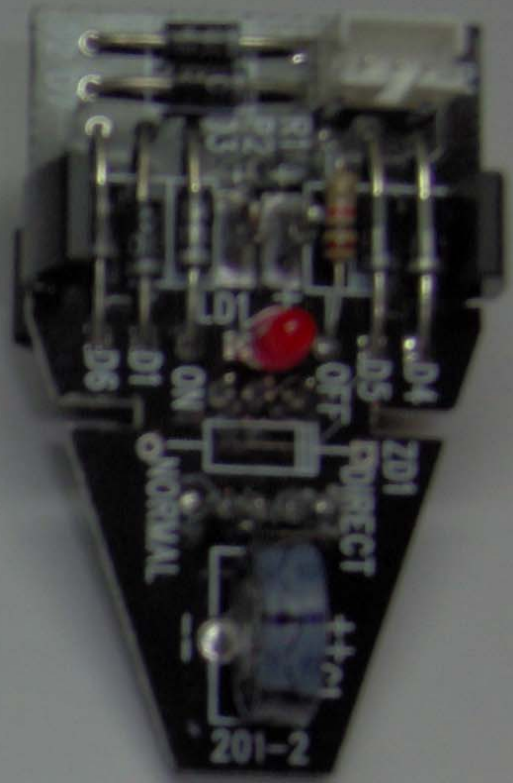
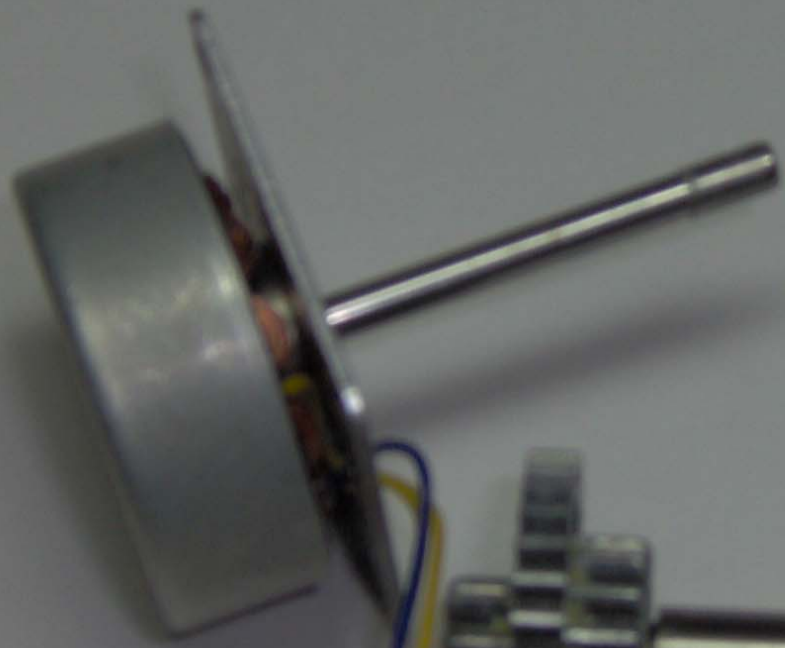


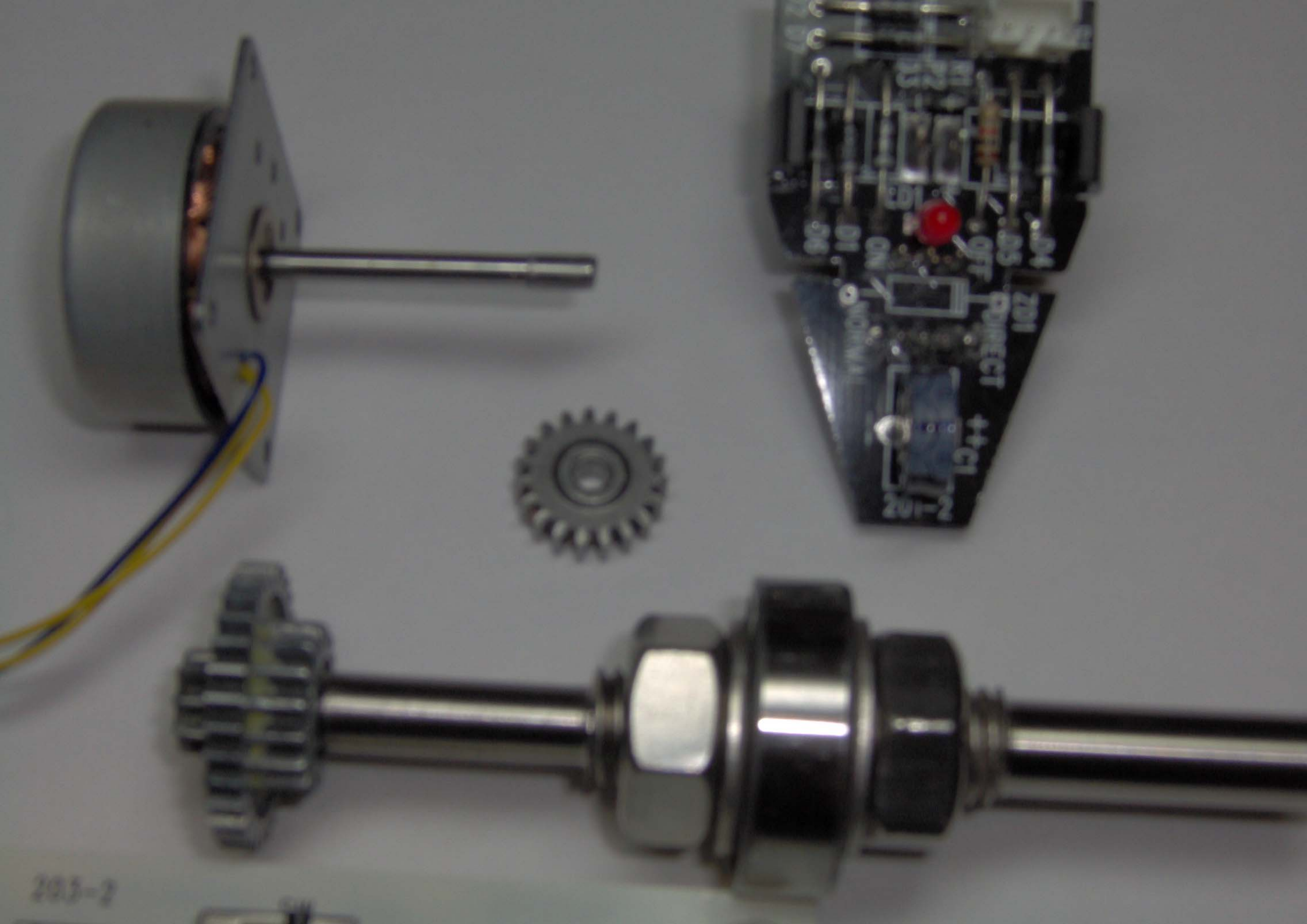




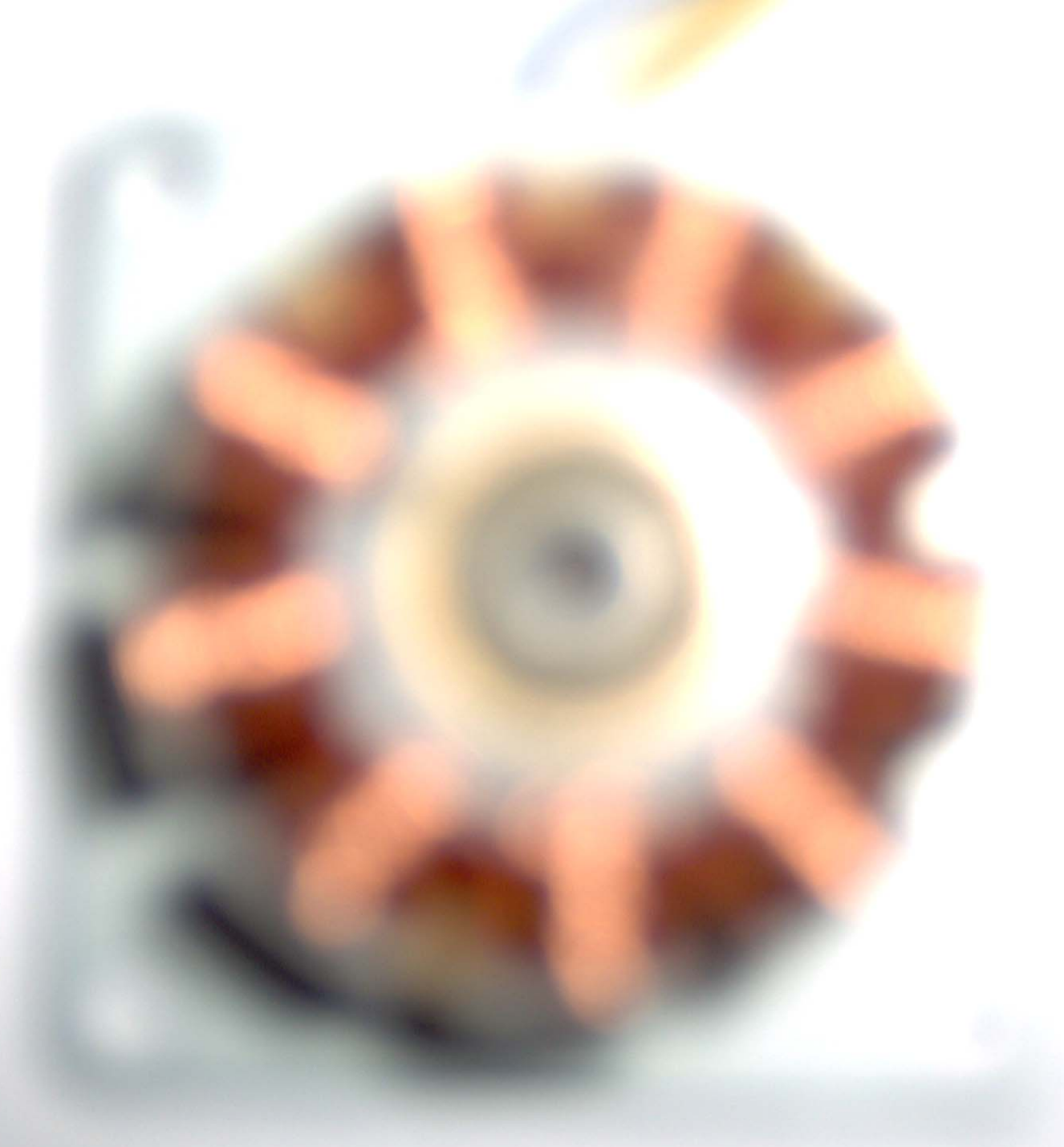






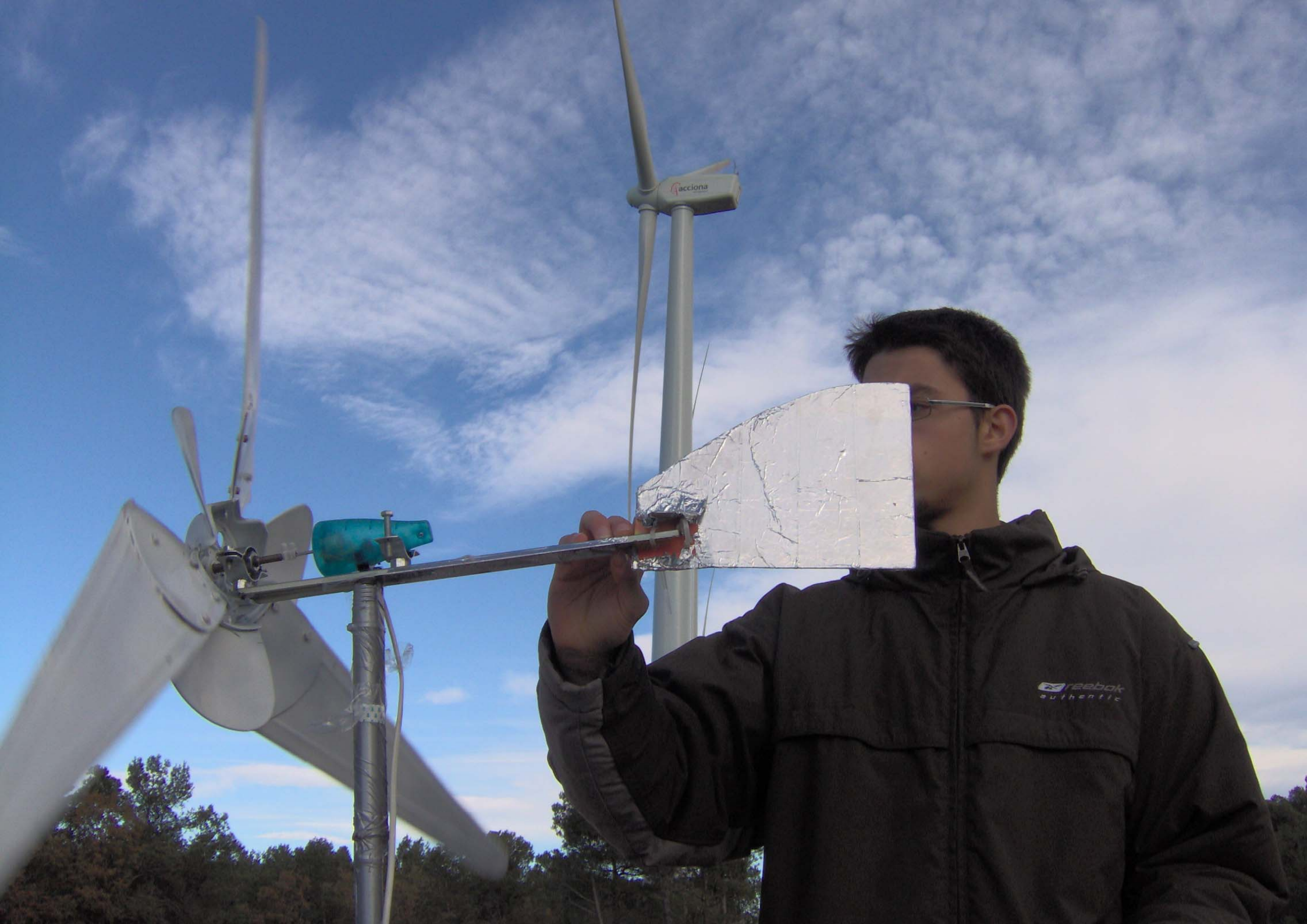


293-2















2.11

V= 600 OFF 600 V=

200

20

A=

200

200

20

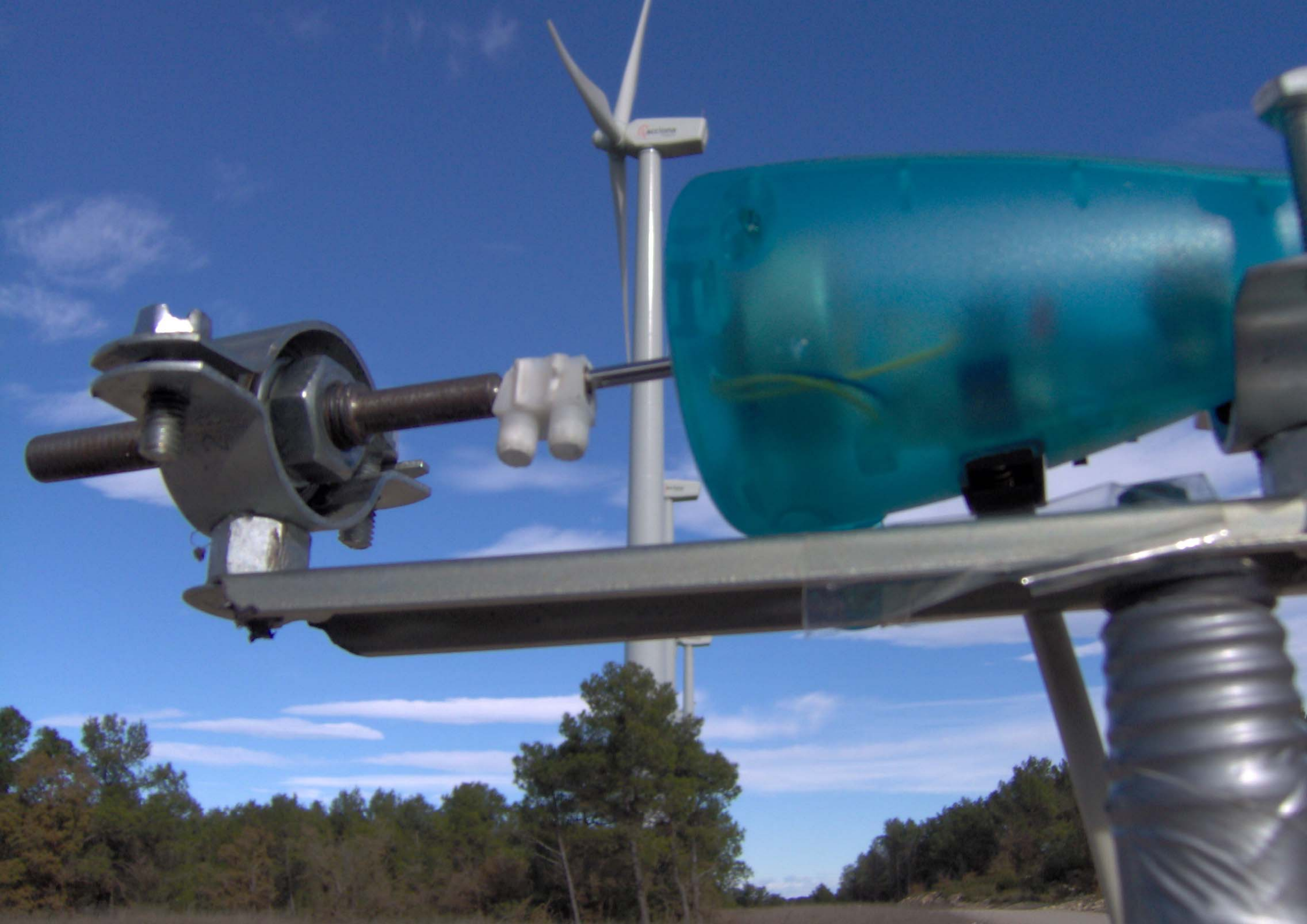














B1.5



PELIGRO!
ALTA TENSION































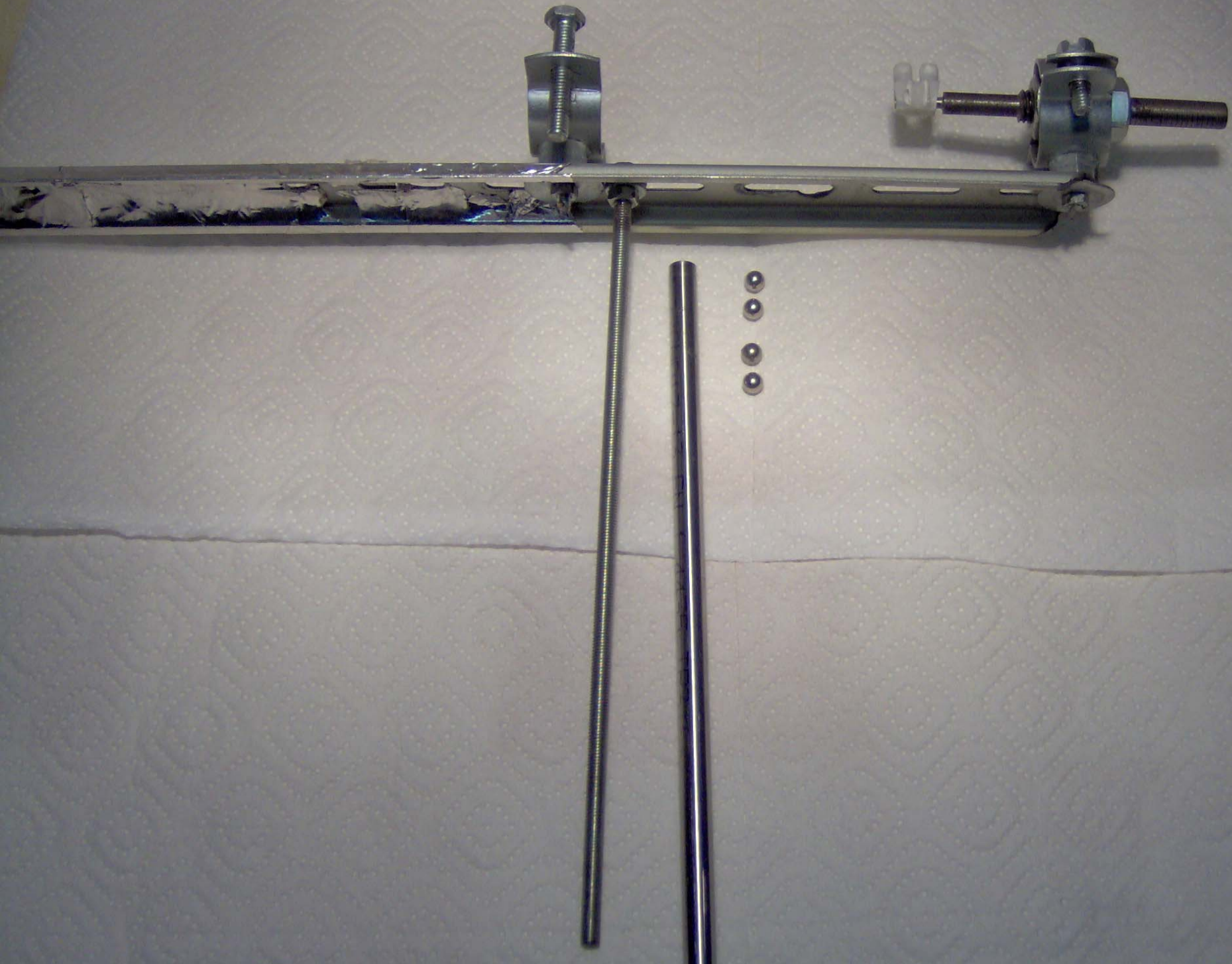






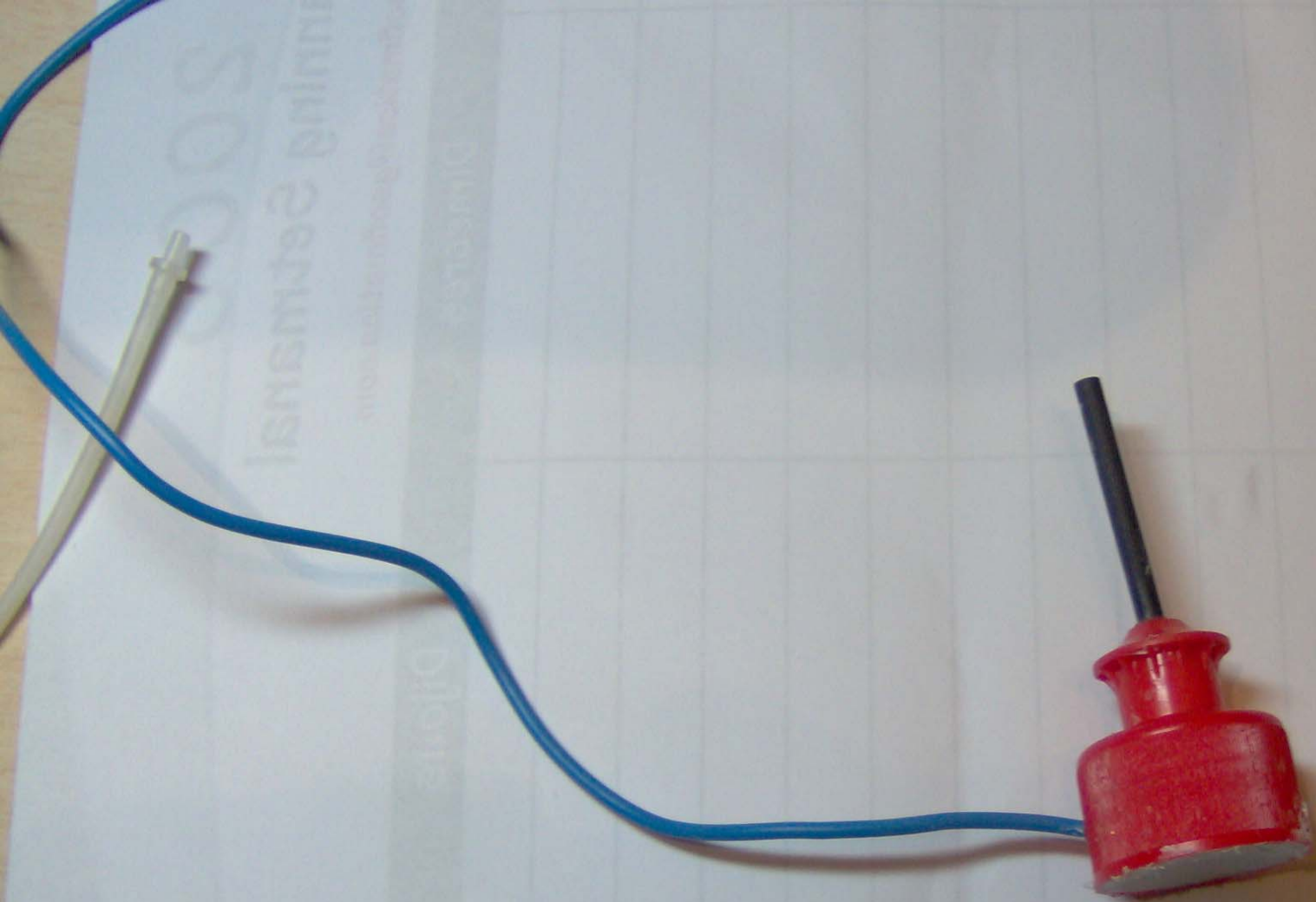




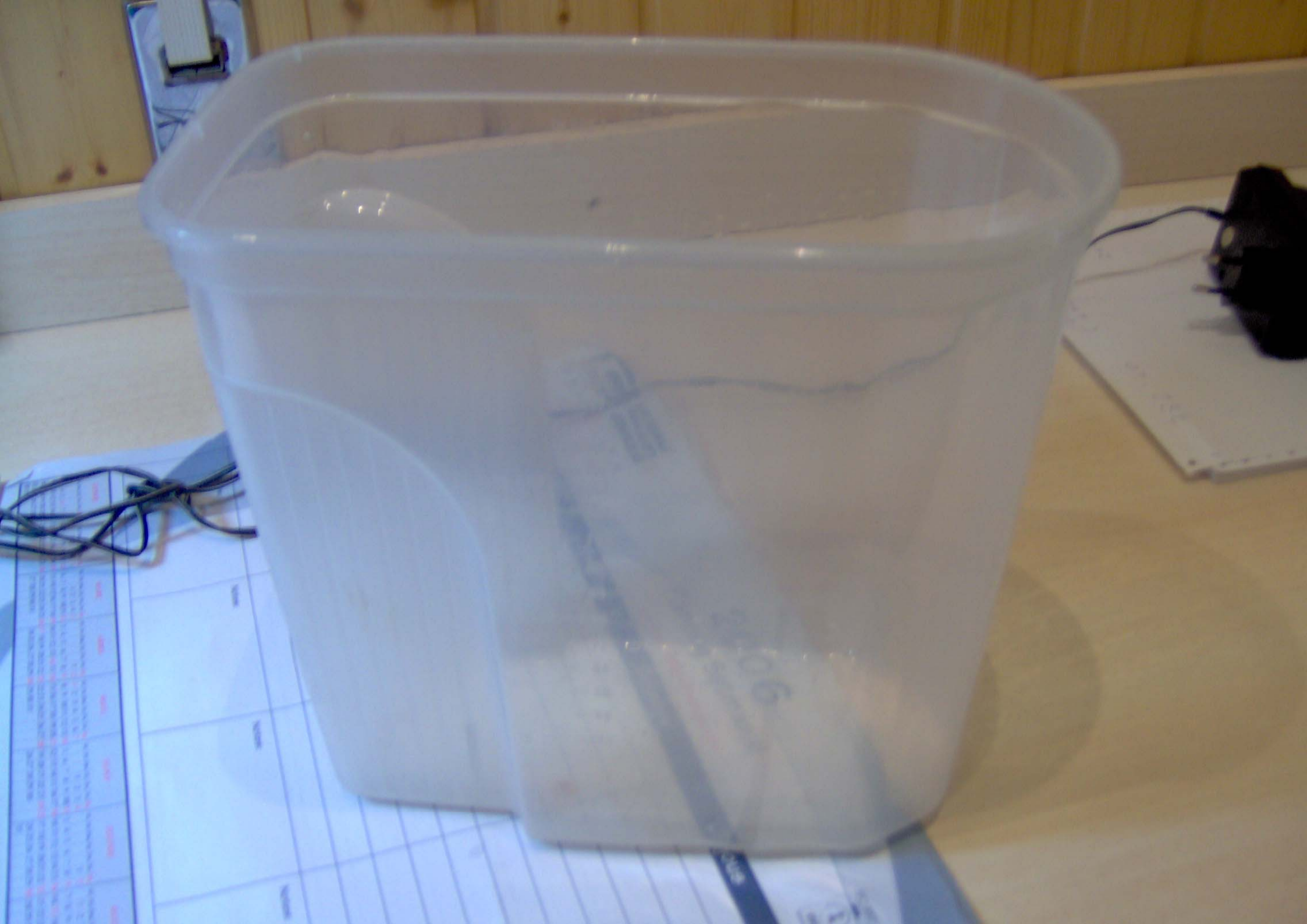




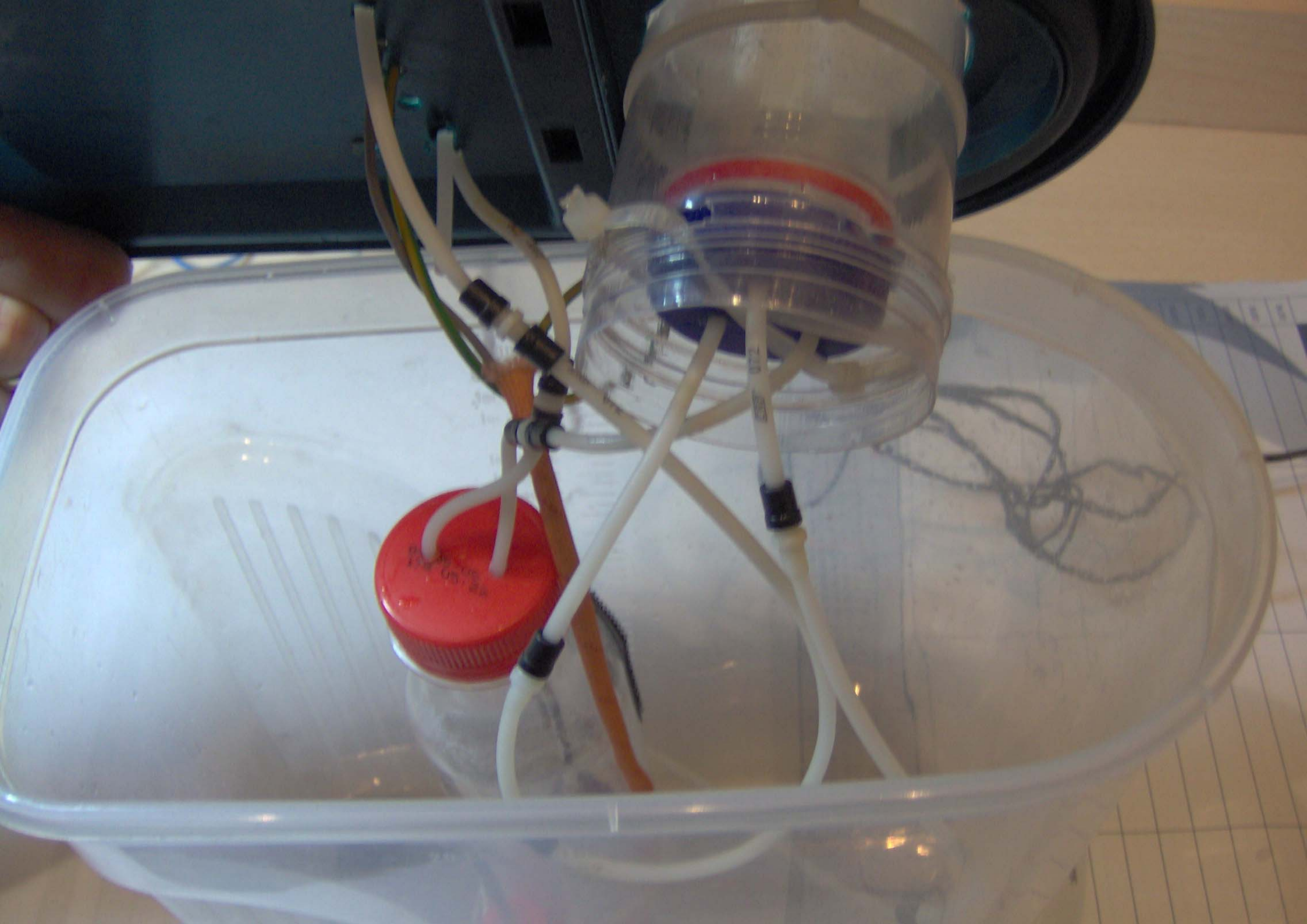


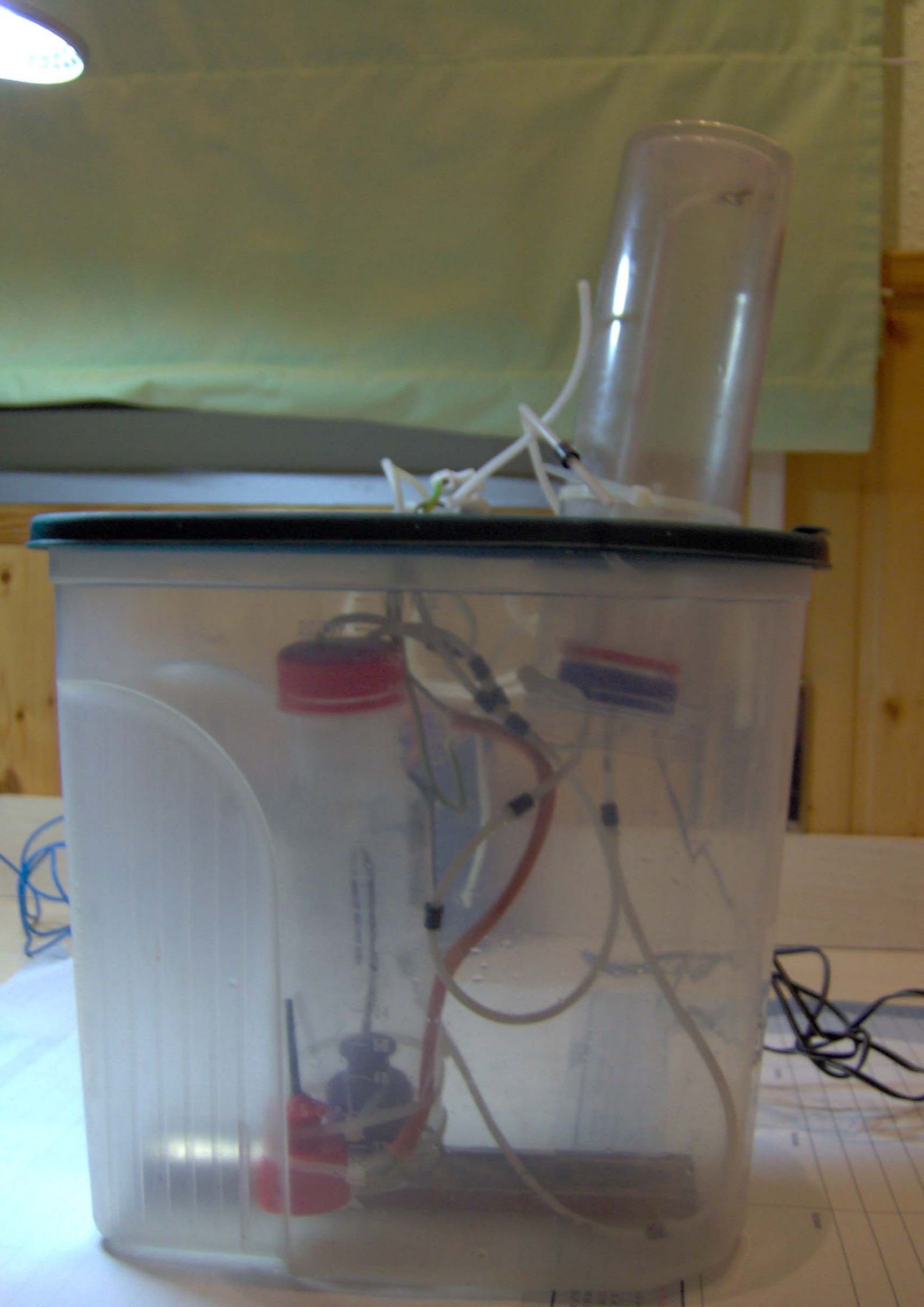






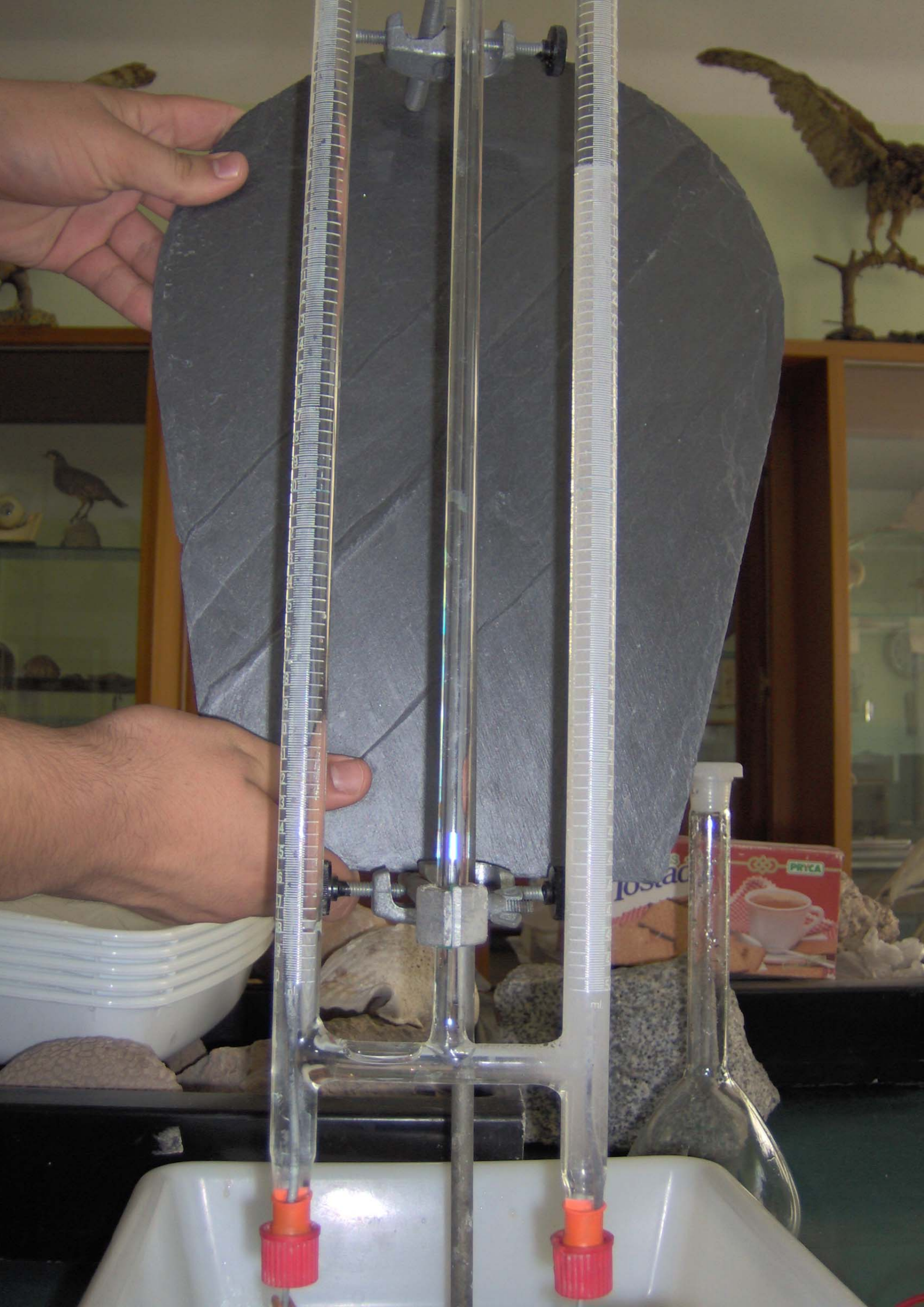
NO	DESCRIPTION	QTY	UNIT	PRICE	TOTAL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

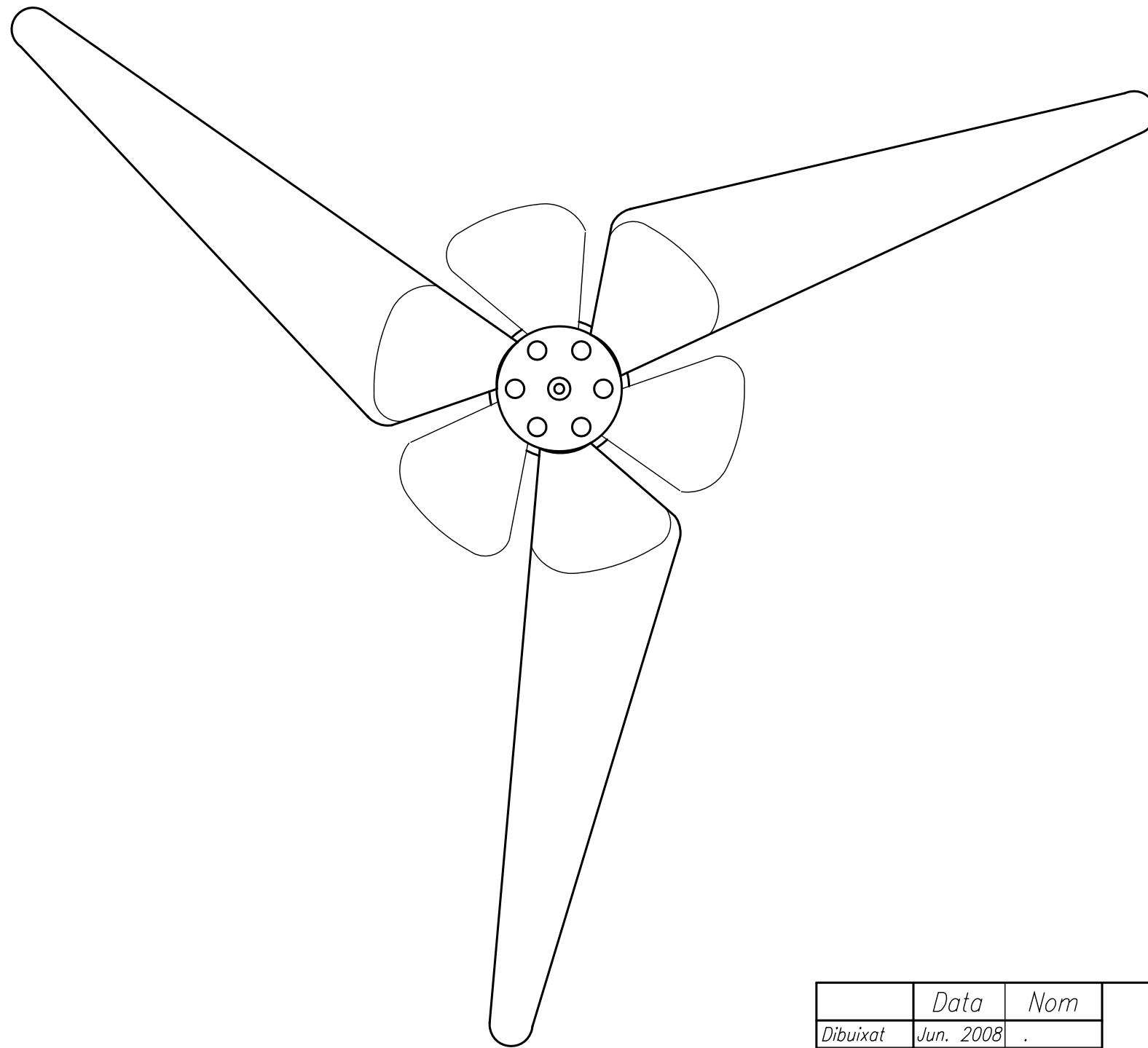




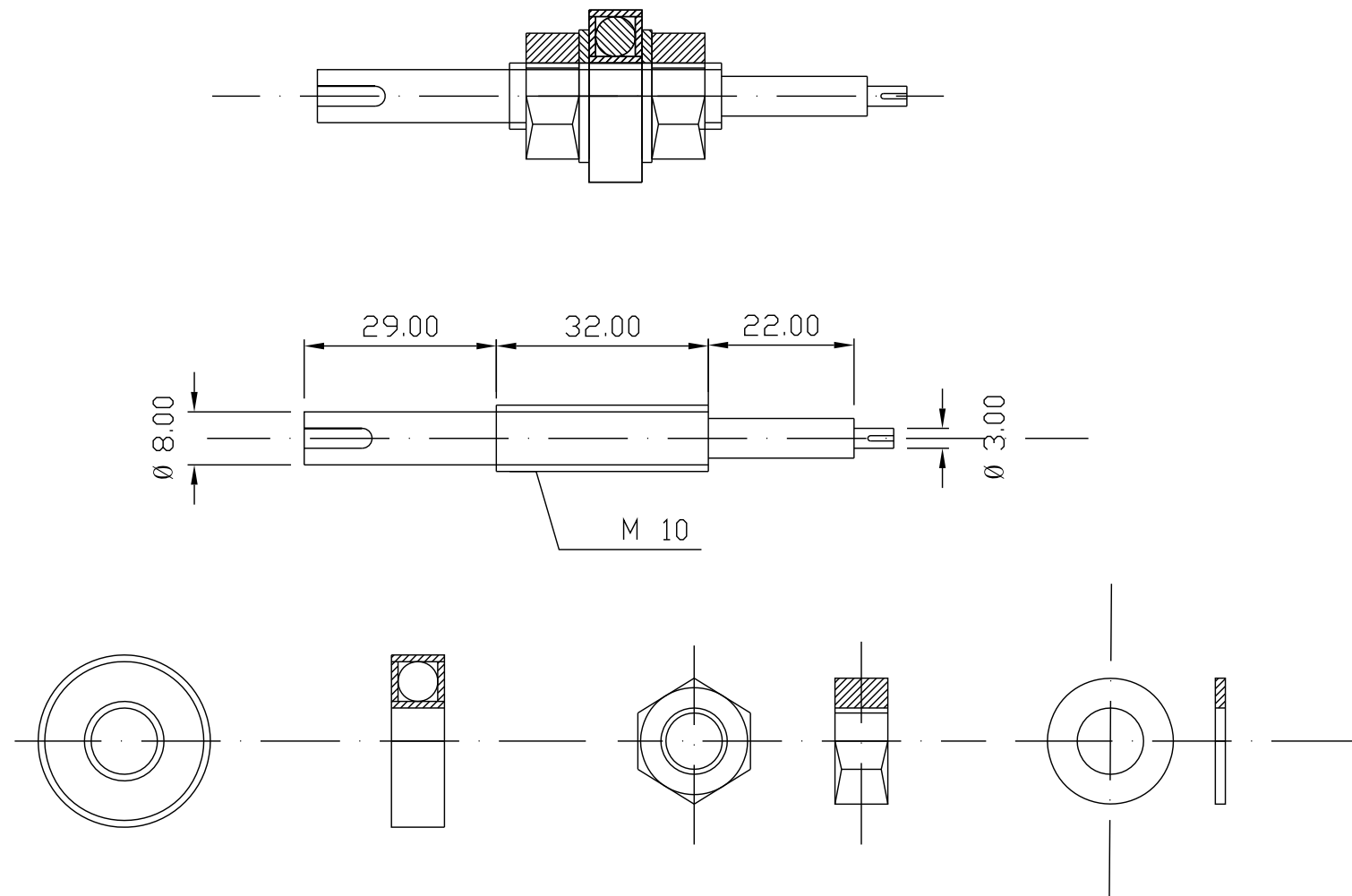




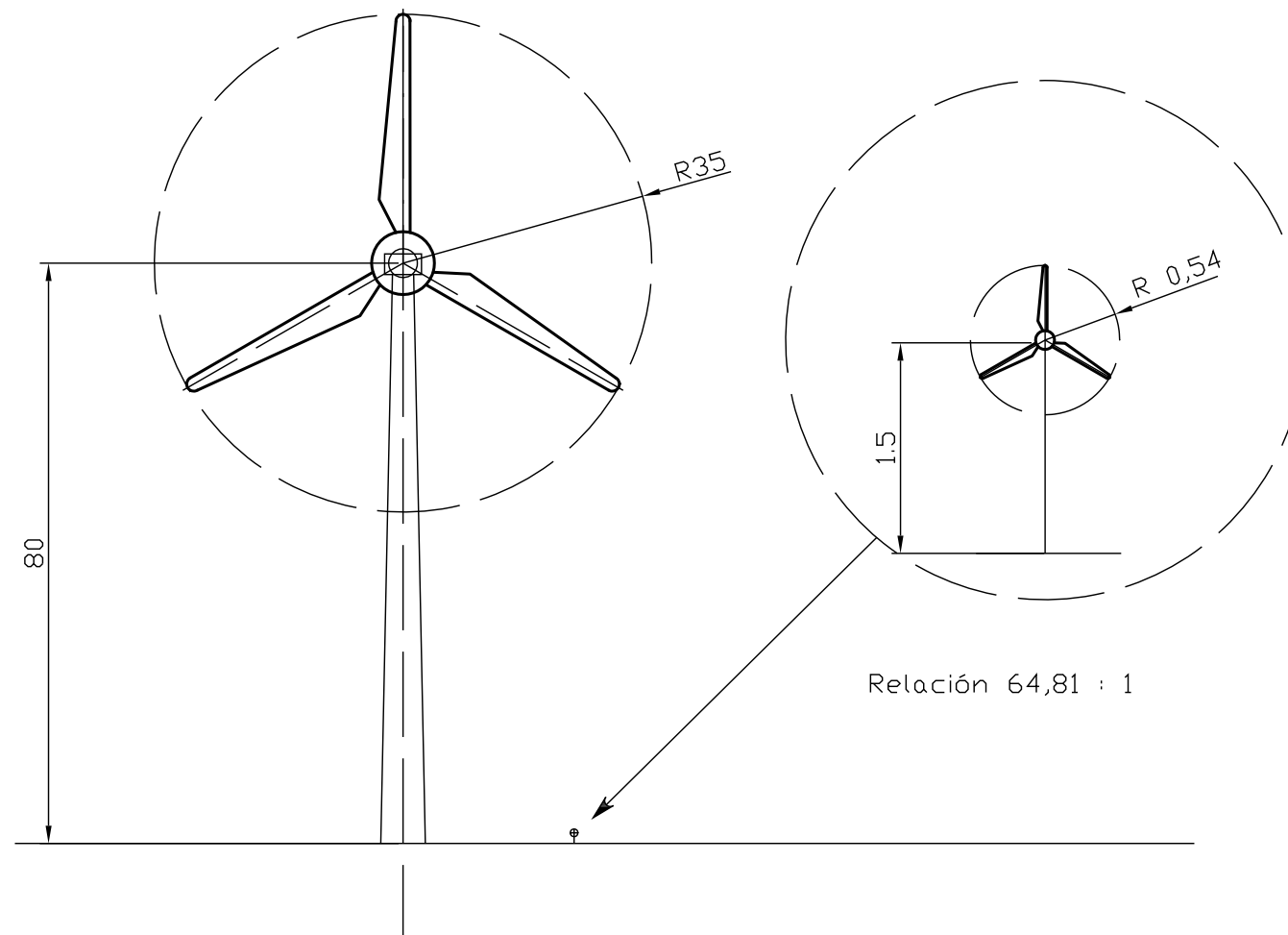




	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		TREBALL DE RECERCA GENERACIÓ ENERGÍA
<i>Dibuixat</i>	<i>Jun. 2008</i>	.		
<i>Comprovat</i>	<i>Gen. 2009</i>	.		
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>		
<i>Escala 1:30</i>	ASPES			PLÀNOL N.2
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		TREBALL DE RECERCA GENERACIÓ ENERGÍA
<i>Dibuixat</i>	<i>Jun. 2008</i>	.		
<i>Comprovat</i>	<i>Gen. 2009</i>	.		
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>		
<i>Escala</i> <i>1:1</i>	EIX			PLÀNOL N.3
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		TREBALL DE RECERCA GENERACIÓ ENERGÍA		
<i>Dibuixat</i>	Jun. 2008	.				
<i>Comprovat</i>	Gen. 2009	.				
<i>S.normes</i>		UNE				
<i>Escala S/C</i>	PROPORCIONES			PLÀNOL N.1		
				<i>Sustitueix a</i>		
				<i>Sustituit per</i>		