

TRANSFORMACIÓ D'UN KART D'EXPLOSIÓ A UN D'ELÈCTRIC



Jordi Sila

Tutor: Baltasar González

Batxillerat Tecnològic

Escola Montcarvi

5 de Novembre, 2022

Agraïments:

En primer lloc, donar les gràcies al tutor d'aquest treball en Baltasar González, ja que m'ha resolt dubtes, corregit, i m'ha aconsellat molt bé, a més de la motivació que m'ha donat, on amb això també agrair als meus pares Yolanda. A. i Antonio. P., perquè han estat allà motivant-me i ajudant-me amb el que fes falta.

També agrair els que m'han ajudat a aconseguir algunes peces i cablejat importants pel kart, després ajudar, a més dels seus consells, i aquests han sigut: R. Martínez, P. Pérez, D. Pérez, a part del que m'ha soldat les peces que ha sigut en F. Requena.

A més; tanmateix, agrair a A. López per ajudar-me a trobar una falla en el sistema elèctric, i aconsellar-me. Tot seguit a en J. Borau per fer-me la fotografia de la portada, i a M. Real, per mirar-se el treball.

Per últim, agrair a N.N., ja que ha sigut l'única empresa que m'ha ajudat a fer les peces metàl·liques de suport, i al Kàrting. de C., per donar-me un pinyó pel motor, i posteriorment enganxar-lo amb ajuda d'un fresador i torner, com en D. Martin, però sobretot donar les gràcies a totes les persones que han volgut invertir temps a ajudar-me.

Resumen:

Gracias a la pasión que tengo por los coches y la mecánica, se ha hecho este trabajo sobre la construcción de un kart eléctrico, el objetivo es si se puede transformar un kart de explosión a uno de eléctrico.

Entonces en el trabajo encontramos diferentes explicaciones de conceptos para entender de que se trata, e incluyendo la explicación del procedimiento de construcción.

A partir de esto, se ha buscado diferente información, los tipos de batería, motor, y otros, que mejor se adapten para el kart.

Finalmente, en el trabajo se ha podido comprobar que si se puede hacer, y que funcione de manera correcta, aunque con sus limitaciones, además de manera más o menos económica.

Abstract:

Thanks to the passion I have for cars and mechanics, this work has been done on the construction of an electrical kart, the goal is whether an explosion kart can be transformed into an electric kart.

Then in the work we find different explanations of concepts to understand what it is about, and including the explanation of the construction procedure.

According to this, different information has been sought, and the types of battery, engine, and others, that best suit in the kart.

Finally, it has been shown at work that it can be done, and that it works correctly, albeit with its limitations, and more or less economically.

Paraules clau:

- Kart elèctric
- Càrrega elèctrica
- Electromagnetisme
- Motor elèctric
- Bateries
- Transmissió
- Controlador/Centralita
- Sensor d'efecte hall
- Potència (W)
- Ampers (A)
- Volts (V)
- Ampers-hora (Ah)

Índex:

Marc Teòric:

- Introducció..... 6
- Funcionament d'un kart..... 7
- Història..... 8
- Funcionament del motor elèctric continu..... 9
- Funcionament de les bateries..... 15

Marc Pràctic:

- Funcionament del kart elèctric..... 17
- Procediment de la construcció del kart elèctric:..... 17
 - Motor
 - Bateries
 - Controlador
 - Accelerador
 - Cables
 - Procés de construcció
- Proves del kart..... 32
- Fitxa tècnica final del kart..... 34
- Problemes durant la construcció del kart elèctric..... 35
- Conclusions..... 36
- Bibliografia i Webgrafia..... 37
- Annexos..... 40

Marc Teòric:

Introducció:

La meva motivació principal per a l'elecció del tema és la passió que sento per als cotxes, sobretot la mecànica i també la Fórmula 1. Tanmateix, amb un xassís d'un kart sense motor, l'he volgut instal·lar un d'elèctric.

La hipòtesi plantejada és: És possible adaptar un motor elèctric a un kart d'explosió?, i, per tant, l'objectiu principal del projecte és fer un kart elèctric i que funcioni posant-li un motor elèctric i bateries, adaptant-t'ho tot al xassís. Un cop assolit, un altre propòsit és fer alguna millora en el kart com, per exemple, en relació amb l'aerodinàmica, llums i més.

Referent a la metodologia, el treball es divideix en una part teòrica i documental, i en una part pràctica i de treball de camp. En la primera part, s'hi mostra una mica d'història del kart, també definicions d'alguns conceptes per entendre millor com funciona, així com el funcionament del motor elèctric, com han d'estar connectades les bateries, i una mica del kart on també hi ha els seus components. En la segona part, es mostra el muntatge del motor elèctric i les bateries, i l'adaptació d'aquests en el kart, soldant, fent connexions electròniques, i modificacions, també retocar algunes coses com l'estètica, llums i per últim, una anàlisi del kart elèctric com la fitxa tècnica.

Finalment, les fonts d'informació del present treball són telemàtiques (webs, articles, i vídeos), presencials amb experts del tema, i també bibliogràfiques.

Funcionament d'un kart:

Primer de tot, definirem què és un kart. Aquest és un vehicle terrestre de 4 rodes, que té un motor, ja pot ser de combustió, elèctric o algun altre, com no el kart normalment són monoplaques, i consta d'aquestes parts principals; la direcció, el xassís, l'eix, les rodes i el motor. Tanmateix, es pot observar que està bastant enganxat a terra, i també pot tenir carrosseria que el fa més aerodinàmic.

El kart funciona gràcies al motor que transmet la potència a l'eix posterior on les rodes de darrere. El motor està situat en un extrem del kart, justament al costat del seient, depenent del tipus de kart.

Més endavant hi ha la direcció, on tenim un volant unit a la barra de direcció que està connectada a unes ròtules que aquestes estan connectades amb les varetes que també aniran enganxades a unes altres ròtules que aniran connectades a les rodes de davant. També a davant hi trobem els dos pedals, un del fre, que el fre està situat en l'eix de darrere, i en els de competició s'hi troben 3 (dos a davant i un darrere), i l'altre pedal que serà l'accelerador.

La carrosseria ajuda en l'aerodinàmica, per agafar millor les corbes i adherir-se més a terra. En pot tenir o no, normalment quasi tots en tenen.

Història:

El kart s'origina en els anys 50. Tot va començar en una base d'aviació, quan uns soldats estatunidencs s'avorrien i van decidir divertir-se creant el que avui coneixem com a kart. El van crear amb peces d'avions com rodes, soldant, i van utilitzar un motor de curta gespa.

Després d'això, el kart es va fer popular als Estats Units i van començar a comercialitzar-lo els quals els seus creadors comercialment són Art Ingels i Louis Borelli, i van començar combinant un motor de la West Bend Company, amb un xassís fet per ells, i això va provocar que en tot els Estats Units la gent el volgués comprar, i es va anar expandint per Europa pels anys 60, on uns anys més tard la Federació Internacional de l'Automòbil va crear la Comissió Internacional del Kàrting i van aparèixer diferents marques de karts, com Tecno, TonyKart , i també els campionats del kàrting van anar creixent. A continuació passem als anys 70 i 80, on es van fer famoses les marques europees i van anar innovant, com les famoses empreses de karts Tecno, TonyKart i SodiKart, i també l'empresa Austríaca de motors Rotax que avui en dia encara fan molt bons motors. A més, comencen a aparèixer circuits millors preparats per als karts.

En els 90, comencen a aparèixer els circuits interiors a Europa, i a partir dels 90 fins avui en dia, han millorat bastant i són més potents, fins i tot han aparegut els karts elèctrics, i per primera vegada en el 2021 va aparèixer el primer campionat de karts elèctrics.



Primeres carreres de karts

Font: Carlos Sainz Karting

Funcionament del motor elèctric de corrent continu:

Primer de tot, un motor elèctric és aquell motor que converteix l'energia elèctrica en energia mecànica, més específicament en un moviment rotatori que el provoca el camp magnètic que té.

Un motor de corrent continu consumeix energia elèctrica contínua que prové normalment de les bateries.

En aquest apartat ens centrarem en els motors de corrent continu.

I què vol dir corrent continu? Per saber això primer hem de tenir en compte que d'energia elèctrica hi ha dos tipus: la de corrent altern i la de corrent continu.

Per diferenciar-les solament hem d'entendre que vol dir corrent altern i corrent continu.

El corrent altern és un tipus de corrent elèctrica que la direcció dels electrons van i venen de manera cíclica. I el corrent continu, és aquell corrent que els electrons flueixen de manera constant en una única direcció.

També per entendre el funcionament d'un motor elèctric hem de saber què vol dir electromagnetisme.

Per començar, Hans Christian Oersted va descobrir en un experiment que, col·locant un cable al voltant d'una brúixola, en passar el corrent pel cable, l'agulla de la brúixola que estava unida a un imant començaria a girar, i gràcies a això, a partir d'aquí es va començar a investigar sobre aquest fenomen i, a la llarga, Michael Faraday faria les lleis de l'electromagnetisme, i Maxwell, la seva teoria de l'electromagnetisme amb 4 equacions molt importants.

En definitiva, sabent que un camp magnètic té dos pols el Nord, i el Sud i que de càrrega oposada s'atrauen i de la mateixa càrrega es repelen, es va descobrir que al passar corrent elèctrica pel cable es creava un camp magnètic al voltant del cable. I llavors, quan està dins d'un camp magnètic, quan passes corrent pel cable, es crea una força que fa que el motor giri.

Aleshores, l'electromagnetisme és la interacció entre l'electricitat i el magnetisme, i aquests dos fenòmens estan entrellaçats pel moviment i l'atracció de les càrregues en la matèria.

La càrrega elèctrica és una propietat de les partícules que pot ser positiva, neutra o negativa, depenen de la partícula, electró (càrrega negativa), protó (càrrega positiva), i neutró (càrrega neutre), per tant la càrrega de l'àtom dependrà de quants electrons o protons tingui.

Existeixen dos camps, l'elèctric i el magnètic. El camp elèctric és una quantitat vectorial, la qual són partícules carregades les quals fan una força a una altra o sigui, un camp de força que envolta una partícula carregada. I el camp magnètic es crea pel moviment de les càrregues elèctriques, i llavors és la regió on actuen les forces magnètiques, i aquests dos camps van acompanyats.

Gràcies a l'electromagnetisme es pot utilitzar per a diferents dispositius electrònics, com per exemple un motor elèctric, un generador, dispositius mèdics, també es poden trobar fenòmens electromagnètics, com en els planetes, ja que tenen el seu camp magnètic. El planeta Terra té un camp magnètic el qual produeix aurores boreals, que aquestes es formen amb la interacció de les partícules solar, o sigui el vent solar, amb el camp magnètic de la terra.

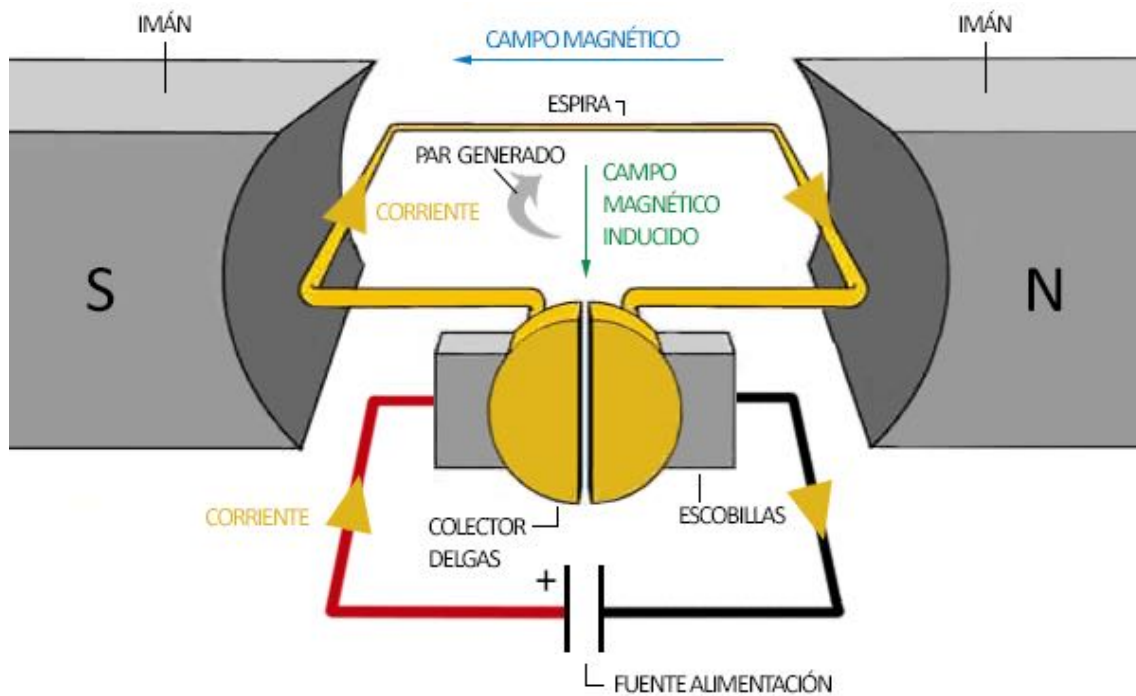
Les lleis de l'electromagnetisme són molt importants i al llarg de la història hi ha hagut diferents físics que les han anat investigant i desenvolupant, com Ampere, Faraday, i com no Maxwell entre d'altres.

La principal llei dels motors elèctrics és la de Faraday, que diu "en qualsevol conductor que es mou en la part interna del camp magnètic es generarà una diferència de potencial entre els seus extrems, proporcional a la velocitat de desplaçament".

Amb tot això, ja podem començar a entendre com funciona un motor elèctric.

Un motor funciona circulant càrregues elèctriques, que aquestes estaran en moviment gràcies a la diferència de potencial que hi haurà, i llavors seran afectades pel camp magnètic (que generaran els imants del motor). Això provocarà una força magnètica que genera un par el qual provoca el moviment del motor, i el valor de la força magnètica és perpendicular al camp magnètic i a la intensitat.

Doncs si ho simplifiquem molt, amb un exemple (imatge 2) de dos imants, un de pol Nord, i un altre de pol Sud, i al mig dels dos imants un fil elèctric que envolta una barra. Aquesta barra girarà per la força magnètica produïda en fer passar un corrent elèctric pel fil.



Imatge 2

Font: Luis Llamas

Per calcular el valor de la força magnètica hem d'utilitzar aquesta fórmula:

$$F_m = L \cdot I \cdot B \cdot \sin\alpha$$

On:

F_m: és la força magnètica.

L: és la longitud del segment.

I: és la Intensitat, o sigui, la quantitat de càrrega elèctrica que circula pel circuit, en una unitat de temps.

B: és el valor del camp magnètic.

Sinα: és l'angle que formen la velocitat i el camp magnètic.

I per entendre millor el funcionament s'haurà d'entendre la Llei de la Mà Dreta.

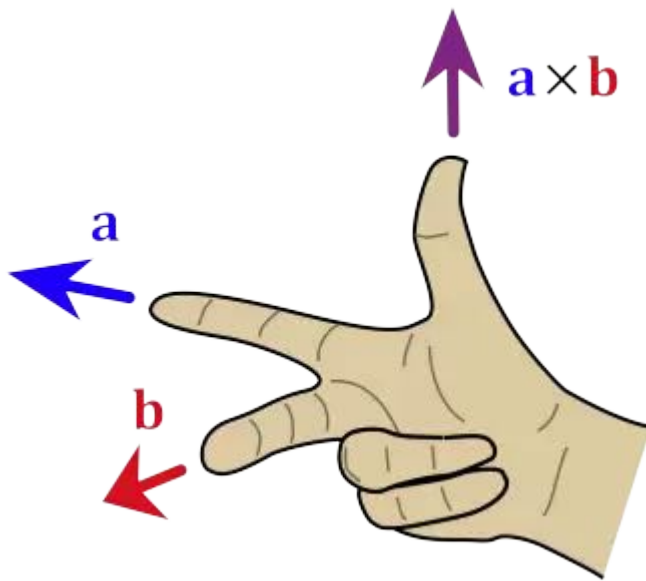
Llei de la Mà Dreta, i de la Mà Esquerra:

En general es troben les dues lleis, però normalment s'utilitza la de la mà dreta per a la qual hi ha diferents maneres d'explicar. En aquest cas utilitzarem la següent:

Mà Dreta: Índex (corrent elèctric), el cor (camp magnètic), polze (el valor de la multiplicació dels dos vectors, el qual és la força i és perpendicular als dos).

Aquestes dues lleis ens serveixen per determinar la direcció i els sentits vectorials; l'avantatge d'això és que pots conèixer la direcció i els sentits dels vectors sense necessitat de fer càlculs, també per saber en quina direcció va la força.

Amb això, si agafem per exemple la mà dreta, tenim 5 dits, agafem la mà, i la col·loquem d'aquesta manera:



Imatge 3: Llei de la mà dreta

Font: EnergiaSolar

Per a fer això primer haurem de col·locar la mà amb tots els dits indicant en la direcció de "a" (dit índex), després amagarem el dit petit i l'anular, seguidament el cor apuntant a l'esquerra, l'índex endavant i el polze cap a dalt. Ha de quedar com es mostra en la imatge 3.

Aquí ens quedarà que "a x b" serà la força (polze) on aquesta farà moure, després "a" (índex) serà un vector i determina la intensitat o sigui la direcció del corrent elèctric, i en "b" (cor) serà un altre vector on determina la direcció del camp magnètic que aquest va de N a S.

Per aplicar això en un motor hem de saber en quina direcció va el corrent elèctric, i aplicarem la llei de la mà esquerra, on farem que el dit cor apunti en la direcció del corrent, i sabent que el camp magnètic anirà de N a S, ens ajudarà a saber on anirà la força. Per tant, si fem això en una bobina de manera simplificada, hem de considerar que conste de dues meitats; llavors, hi haurà una part on la força serà cap amunt i l'altra part cap avall, i això provocarà un moviment circular, i el motor girarà. Ho podem comprovar amb la imatge d'abans (imatge 2).

Una vegada entès tot això podem saber què fa cadascuna de les parts d'un motor elèctric. Primer de tot està format per una carcassa on hi ha tots els components interns, doncs en l'exterior tenim la punta de l'eix, i a l'altra banda dues terminals on es pot connectar una font d'alimentació o una bateria, en l'interior trobem dos imants que formen l'estator, que aquest crearan un camp magnètic. L'estator és la part fixa on a dintre gira el rotor, i hi ha l'eix el qual transmet l'energia en mecànica. El rotor està format per unes làmines bastant fines amb forma d'uniques branques, on aquí hi ha un bobinat, o sigui, un fil enrotllat a cada branca del rotor, que porta el corrent elèctric, i als extrems de les bobines hi ha un commutador, el qual està separat per diferents plaques i a la vegada aïllades. També separat de l'eix, però junt, hi ha un aïllant, i en els extrems de cada placa del commutador, i de cada bobina s'uneixen per crear el circuit elèctric. Les plaques del commutador es troben entre els braços i les escombretes que aquests estan amb la terminal units. Les escombretes rocen amb el commutador per així completar el circuit, que les escombretes estan unides amb el braç on hi ha les terminals. Així completen el circuit.

Les làmines del rotor estan separades, ja que si estiguessin juntes, es generen uns corrents induïts en l'interior, i són creades per la força electromotriu i afecten directament a l'eficiència del motor per això es fan separades, encara que continuen creant-se, però són més petites i afecten menys.

Finalment, aquesta part, el commutador subministra l'electricitat a les bobines de manera variada perquè així el corrent elèctric vagi variant de bobines i pugui completar el gir. A l'anar tota l'estona variant hi haurà una part de la bobina que farà una força cap amunt i l'altra cap a baix, i farà que giri, i en haver-hi més d'una bobina ho podrà fer de manera més ràpida i amb més par.

Per aclarir això, observem les següents imatges:



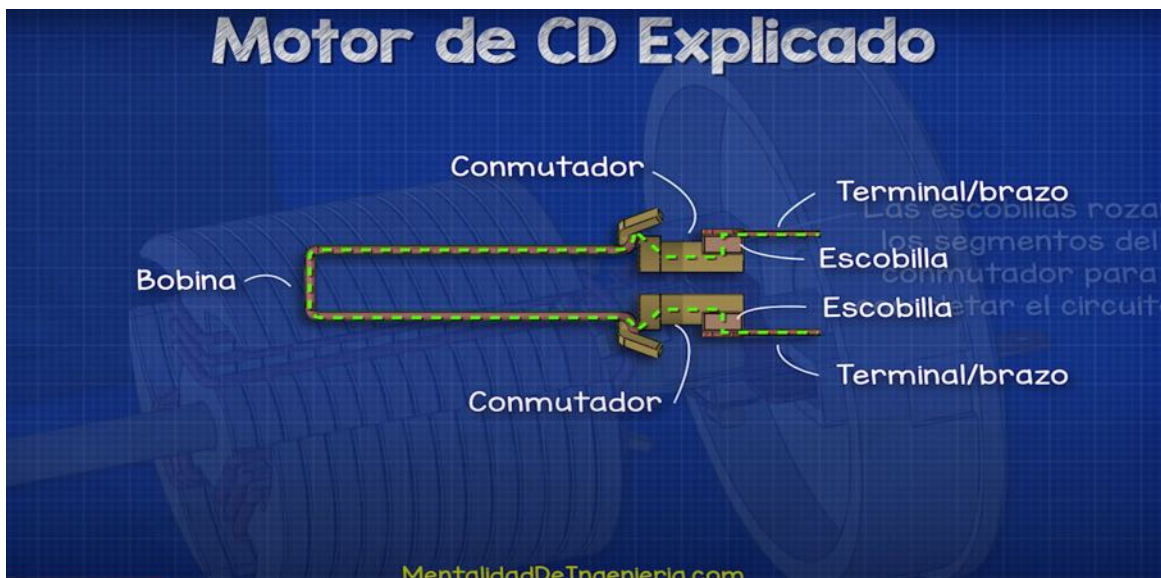
Imatge 4

Font: MentalidadDeIngenieria



Imatge 5

Font: MentalidadDeIngenieria



Imatge 6 Font: MentalidadDeIngenieria

Per a finalitzar, cal esmentar que els motors elèctrics són molt eficients. Tenen una eficiència d'entre un 75% i un 90%; fins i tot alguns arriben al 95% d'eficiència, i passen d'estar en repòs a la seva màxima potència en instants de segon.

Això és molt efectiu i llavors és molt útil per a condicions on es necessita un control de la velocitat. Tanmateix, el seu ús pot ser molt variat; ascensors, joguines, trens i, com no, els cotxes elèctrics.

Funcionament de les bateries:

Primer de tot, entendrem què és una bateria i per a què serveixen.

Una bateria és un artefacte format per cel·les electroquímiques que són capaces de convertir l'energia química en energia elèctrica de corrent continu, i emmagatzemar-ho, per a després proporcionar l'electricitat en dispositius electrònics, com els motors elèctrics.

Les bateries tenen una determinada càrrega que es mesura en "Ah"(Ampers-hora), que vol dir que els Ampers que tingui es gastarà en una hora. Exemple: Una bateria té 12 Ah, això vol dir que si un motor consumeix 12 A, aquella bateria en una hora ja estarà descarregada.

Hi ha diferents tipus de bateries, les Plom-Àcid, les Alcalines, les de Gel, les de Lipo, les de Liti, i més, però ens centrarem en les d'àcid. Totes aquestes bateries funcionen més o menys de la mateixa manera.

I per a l'explicació de com funciona una bateria tindrem com a model les bateries de Plom-àcid.

Una bateria està formada per diferents parts. La caixa que és on estan tots els components i a sobre hi ha la tapa on hi ha els terminals un de positiu i un de negatiu.

A l'interior, la caixa està dividida en 6 parts separades, que en cada part hi ha una cel·la, i cada una genera al voltant de 2 V (Volts) en forma de corrent continu. Estan connectades en sèrie, o sigui el positiu d'una cel·la al negatiu de l'altre, i així el voltatge es suma i s'aconsegueix un voltatge total de 12 V. Cada cel·la té unes quantes plaques de plom, que aquestes estan connectades amb unes dues altres plaques que les uneixen a totes, una placa negativa i l'altra positiva. A més en cada cel·la, les plaques de plom que estan connectades al negatiu fan d'ànode i les que estan en el positiu fan de càtode i aquestes plaques estan col·locades entre si sense tocar-se; és a dir, les plaques negatives estan connectades entre si, i les positives entre les positives, i llavors entre les negatives i positives no es toquen.

També, en la caixa s'omple d'un líquid: d'àcid i una mica d'aigua, que faran d'electròlit.

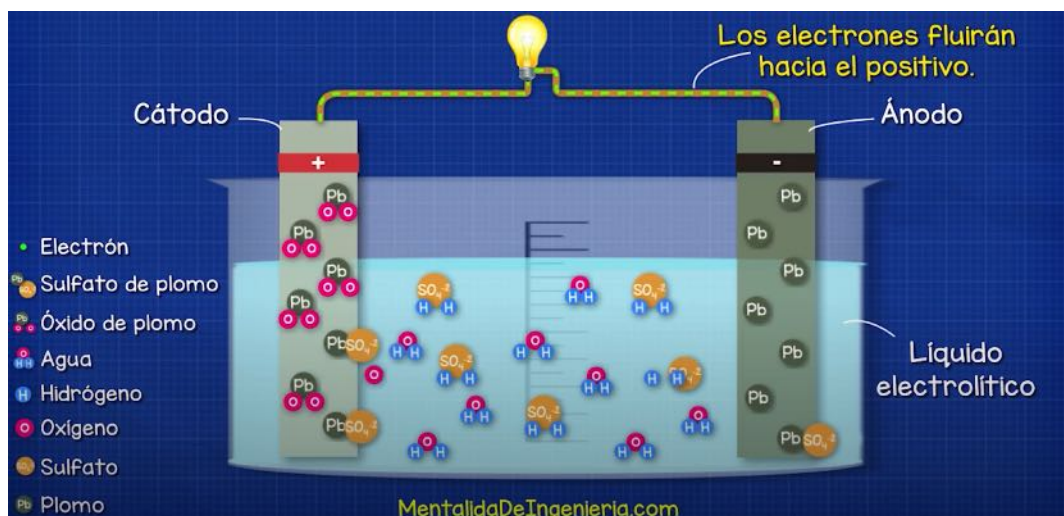
Amb tot això introduït, comencem amb més aprofundiment les reaccions químiques que s'hi donen en la bateria.

Per a començar, ho reduïrem a un petit esquema (imatge 7). Les bateries funcionen gràcies a una reacció electrò-química anomenada Redox, o millor dit reducció-oxidació. Hi ha un

elèctrode positiu que serà el càtode, i un elèctrode negatiu que serà l'ànode, quan aquests es combinin a través de l'electròlit que ajuda a transportar els ions elèctrics d'una placa a l'altre, que faran una reacció entre els àtoms, i llavors l'ànode s'oxida, deixa anar electrons, i en el càtode es redueix i llavors rebrà els electrons. Allibera electrons perquè li sobren electrons, i l'altre els rep perquè els necessita. Quan un dels pols o sigui l'elèctrode, ja no tingui més electrons per transportar aquí és quan direm que la bateria s'ha descarregat, i per recarregar-la es farà el mateix procés però a la inversa.

Hem de tenir clar que una bateria no emmagatzema energia elèctrica, sinó que emmagatzema energia química.

Per a resumir-ho, quan les plaques de plom estan submergides amb l'àcid amb aigua, faran reaccions químiques que alliberen energia química i quan les connectem a un cable, els electrons que van d'una placa a l'altra quan passen pel cable creen una diferència de potencial (generant corrent elèctric), i després torna l'electró cap a la placa d'on a sortit. Quan la placa no tingui més ions perquè es van acabant, la bateria s'haurà descarregat i per carregar-la haurem de fer el procés invers.



Imatge 7

Font: MentalidadDeIngenieria.

Marc Pràctic:

Procediment:

En el procediment explica el que s'ha anat fent durant l'adaptació del motor elèctric, bateries i connexions al kart. A més en el kart s'ha polit algunes parts i netejat, i s'han soldat algunes parts que estaven trencades i altres per poder ficar el motor i bateries, i ha sigut soldat per un soldador.

Motor:

El kart necessita un motor, i per això vaig escollir ficar-li un motor elèctric, i doncs per això vaig haver de mirar diferents motors, i que es pogués adaptar millor al kart, mesures, potència, i com no que econòmicament estigués bé, però que tingui qualitat, i finalment em vaig decantar a escollir un motor de corrent continu amb una potència de 2000 W, el qual diu que consumeix 42 A aprox., i a més gira a unes 4300 RPM i al màxim 5400 RPM, el seu voltatge és de 48 V. No solament era el motor sol, sinó que era un kit, on a més venia un controlador pel motor, i un accelerador, però l'accelerador era de mà o sigui el de les motos. El motor té un pes de 4,7 kg, tot això de la marca VEVOR, i amb un preu de 181'69 €. Aquest motor no té escombretes (el que tanca el circuit del motor), utilitza un altre mètode de fregament, això porta beneficis en l'eficiència i durabilitat.

El motor tenia un engranatge de cadena i el kart està preparat per un engranatge amb corretja, i llavors vam demanar ajuda a algú que sabes del tema i així poder adaptar el motor amb un engranatge per corretja.

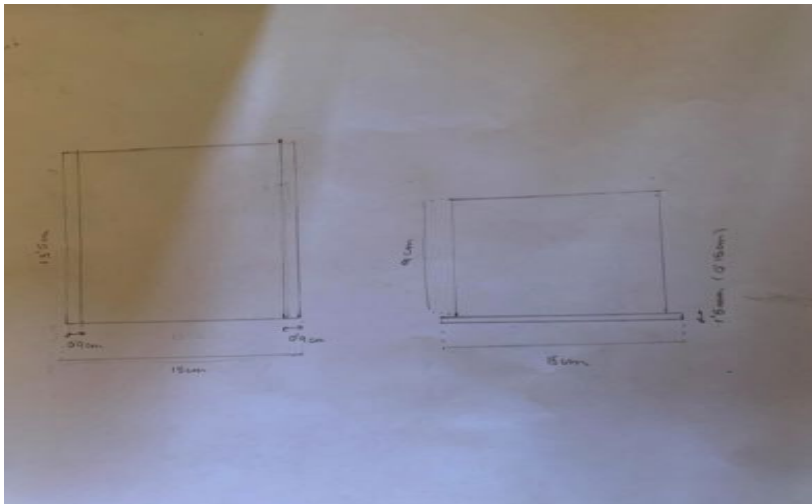
Per començar no hi havia el pinyó per aquella corretja i, es va haver de demanar una, i per això vam anar al Kàrting de C., i ens van donar un pinyó, i una vegada fet això per poder adaptar el pinyó, es va haver de portar a un torner en D. Martin i un fresador, la qual cosa em va ajudar en R. Martínez.

Una vegada fet això es va provar de fer una prova de funcionament, i funcionava.

En aquest codi QR hi ha un vídeo de com funciona el motor:



També vaig haver de dissenyar unes plaques per poder ficar el motor elevat perquè estigués suficientment tensat, i també per poder ficar les bateries en els laterals. Hi ha uns dissenys d'aquestes plaques que estan dibuixats (on aquests estan en els annexos), i un d'aquests és directament un motlle amb un cartó. Aquestes plaques, una vegada dissenyades, es van portar en un lloc perquè les fessin a mesura, i dels únics llocs on podien fer-les era a N.N.



Disseny del cub, d'on va el motor.

Font: Pròpia



Cub fet a mesura, on va el motor

Font: Pròpia



El cub amb forats, i el motor enganxat

Font: Pròpia

A més per poder ficar la placa del motor, que és un cub, en un dels laterals, es va moure una peça, i es va haver de ficar unes esquadres soldades en el cub que tinguessin uns forats corredissos, on s'ha d'enganxar amb la placa de baix per poder moure el motor per tensar-lo. Aquestes esquadres les va fer en F. Requena (Soldador).



Esquadres soldades al cub

Font: Pròpia

Una vegada el motor posat en el seu lloc, es va haver de ficar una tercera esquadra, però en la part oposada d'on estan les altres, ja que en fer la primera prova que veurem més endavant era necessari, a més a més es va fer les connexions que aquest procés, tanmateix, es veurà més endavant.

Però en les connexions dels cables del motor i altres, vaig haver de canviar el sentit al motor perquè em pogués girar endavant, ja que em girava enrere. Si li hagués posat la marxa enrere no hauria anat al màxim perquè va limitada, però al canviar-li el sentit de gir del motor pot anar en la direcció que vull a màxima potència, i el que he hagut de fer és canviar els cables de fase, i els d'alimentació o sigui invertir-los, ja que són els que decideixen el sentit del motor, i van cap al controlador. Al principi pensava que era canviar el positiu al negatiu, invertir-los, però a l'haver-hi el controlador que ho gestiona i al ser més "complex", s'ha de fer d'una altra manera que no cal canviar els pols, i ha sigut el que ja he mencionat anteriorment, els de fase i d'alimentació.

Per acabar aquest apartat, uns petits càlculs de la relació de transmissió entre el motor i l'eix del darrere. Per fer-ho, dividirem el diàmetre del pinyó entre el diàmetre de l'eix, o també la velocitat angular de sortida entre la d'entrada."i" (Relació de transmissió).

Fórmules:

$$i = \omega (\text{sortida}) / \omega (\text{entrada}) \text{ o } i = d (\text{entrada}) / d (\text{sortida})$$

Amb això es pot expressar el següent:

$$i = \omega(s) \cdot d(s) = \omega(e) \cdot d(e)$$

Amb aquesta fórmula, podem determinar que la relació de transmissió del motor a l'eix del darrere és la següent: $i = 13 \text{ cm} / 6,5 \text{ cm} = 0,5$

Llavors la relació que hi ha és $\frac{1}{2}$, i això vol dir que és una transmissió reductora, i implica que si l'eix del motor girà a 5000RPM, l'eix del darrere girà a 2500RPM, en la qual cosa perd velocitat, però guanya par motor, o sigui més força per empènyer.

Bateries:

A l'hora d'escollir les bateries vaig haver de mirar el voltatge, els Ampers, les mesures perquè més o menys cabessin en la part on volia del kart, també que les bateries duressin un cert temps, i mirar quin tipus de bateries, tant bateries d'àcid, de gel, de Lipo, Li-ion, Liti i AGM.

Al final vaig agafar les bateries d'AGM (imatges 8 i 9) d'Ultracell, que estan sellades hermèticament perquè no sigui perillós, també econòmicament no són barates, però qualitat preu estan molt bé, uns 151'10 € 4 bateries, i cada una són de 12V i 22Ah, són molt eficients i duren uns quants cicles, això vol dir que quan es descarrega perd eficiència, doncs l'eficiència que té li dura molt, més que una de plom-àcid convencional, i el més important és que es pot observar la diferència de preu d'aquestes bateries amb una de plom-àcid. Les bateries AGM d'aquest projecte es poden autoregenerar una mica, llavors quasi mai estan buides del tot.

I el perquè no tenen més Ampers que podrien tenir, és per la mesura perquè s'adapti bé al kart ha de ser uns 200 mm x 140 mm x 180 mm, i les bateries AGM que he agafat fan 180 mm x 75 mm x 167 mm, i a partir dels 22Ah es duplica la mesura i el preu, per això aquesta bateria s'adapta molt bé al que necessito.

Doncs ara que sabem que aquestes bateries que he posat al kart són de 12 V i el motor necessita un voltatge de 48 V, he hagut de posar les bateries en sèrie, per sumar el voltatge i arribar a 48 V, després he hagut de mirar l'amperatge per poder tenir una autonomia més o menys bona, el motor consumeix un amperatge de 42 A, llavors les bateries tenen una autonomia de 22 Ah, que si fem uns càlculs ens donaria que l'autonomia, seria d'uns 31 min.

Per calcular quant duraria, hem de multiplicar els volts amb els ampers de la bateria per obtenir la potència que consumirà el motor, i després els volts del motor amb els ampers del motor i obtindrem la potència de sortida del motor. Per saber quant durarà, hem de dividir la potència consumida entre la potència de sortida.

$$\text{Ex: } P = V \cdot I \quad P_{\text{Motor}} = 48 \text{ V} \cdot 42 \text{ A} = 2016 \text{ W}, \quad P_{\text{Bat}} = (4 \cdot 12 \text{ V}) \cdot 22 \text{ A} = 1056 \text{ W}$$

$$\text{Temps de durada} = P_{\text{Consumida}} / P_{\text{Útil del motor}} \quad T = 1056 \text{ W} / 2016 \text{ W} = 0,523$$

$$T_{\text{min}} = 0,523 \cdot 60 \text{ s} / 1 \text{ min} = 31,38 \text{ min (a màxima potència)}.$$



Imatges 8 i 9: Baterías AGM Ultracell Font: Pròpia

Després d'això les bateries les vaig col·locar al Kart, on les plaques que vaig dissenyar i em van fer a mesura. L'inconvenient és que cada bateria pesa aproximadament uns 6 kg, i això efecte en el rendiment del kart, però pel que arriben a fer estan molt bé.

Controlador:

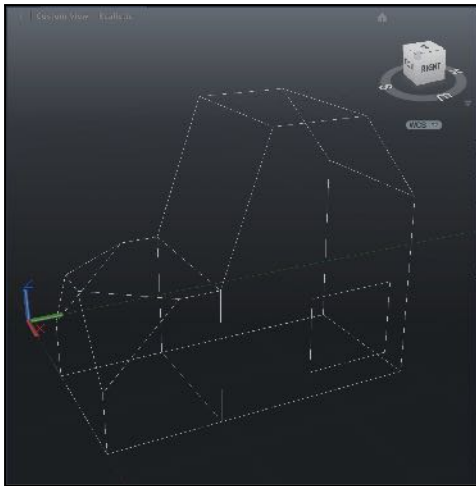
Primer de tot un controlador serveix per controlar el motor, decideix quina és la velocitat màxima, també gestiona l'ordre dels diferents bobinats del motor, a més té diferents dispositius de seguretat per vigilar que no es connecti malament i es trenqui algun component, però podria passar.

El controlador té diferents cables, entre ells un positiu i negatiu per les bateries que van directe al controlador, on aquest deixa passar el corrent i fer que el motor funcioni, també va connectat al motor i les diferents fases d'ell, també els cables de l'accelerador i l'on/off, i altres cables, com llums, marxa enrere per si es vol posar de més a més.

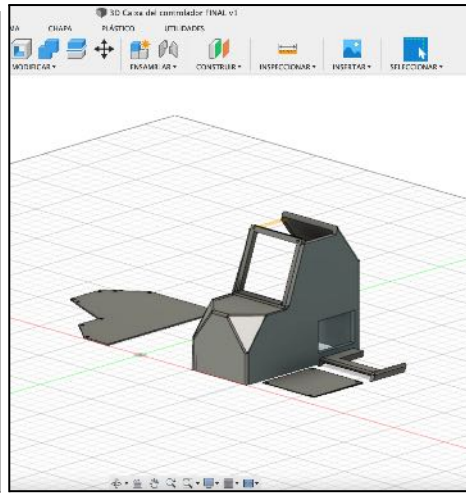
Doncs aquest controlador vaig pensar que podria anar a sota del volant, i tot el sistema elèctric, i per fer-ho bé i que estigui protegit, i a més poder ficar la clau per encendre i, l'estat del sistema, podria fer una caixa que estigués encaixada en aquella part.

Primer de tot vaig començar a fer uns dibuixos de com podria ser, i després agafar les mesures, però a l'hora d'agafar les mesures em vaig adonar que allò estava torçat, ja que el volant està en direcció al seient i el seient està més cap a l'esquerra, i també hi ha una barra més avançada que l'altre llavors vaig haver de fer els plànols més precisos i millors amb cada perfil i alçat a la seva mesura, també vaig fer un motlle amb cartó per anar provant mentre no tenia la caixa 3D.

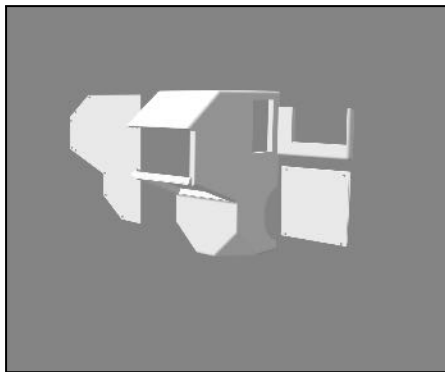
Una vegada fets els dibuixos, vaig haver de fer-los amb dos programes 3D, amb l'AutoCAD i el Fusion 360, primer ho vaig fer amb l'AutoCAD, ja que per fer dibuixos tècnics per a mi em va millor, i una vegada fets ho vaig passar al Fusion 360 un software de disseny molt bo, el qual el recomano, i en aquest vaig fer que el dibuix fos un sòlid, i començar-lo a modelar i una vegada fet ho vaig passar a STL, un format per poder-ho imprimir amb una impressora 3D.



AutoCAD 3D Font: Pròpia



Fusion 360 Font: Pròpia

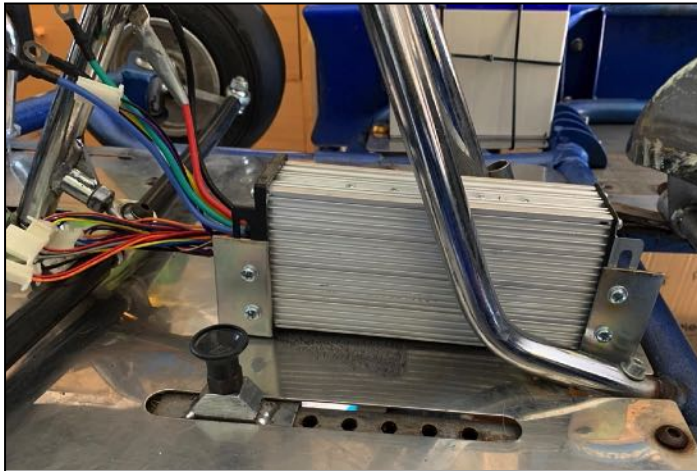


Format STL (Caixa pel controlador) Font: Pròpia



Caixa pel controlador 3D Col·lecció: Pròpia

A més, el controlador per enganxar-lo a la placa de sota el volant vaig tallar una esquadra per la meitat i, així tenir dues i com ja tenen forats solament vaig haver d'agafar la mesura dels forats i fer-li en el controlador on fes falta i, també a la placa del kart, una vegada fet, vaig haver d'enganxar-ho, i després d'això, posar tot el sistema de cables.



Controlador (Centralita), enganxada al Kart Font: Pròpia

Per últim, en aquest apartat, la caixa 3D amb el controlador en el kart:



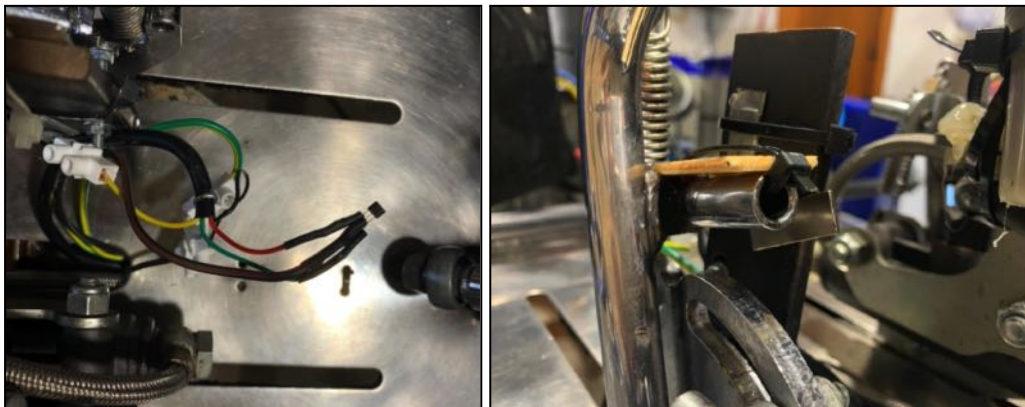
Caixa 3D amb el controlador en el kart Col·lecció: Pròpia

Accelerador:

Per començar, l'accelerador del kart va amb pedal, que aquest estirava un cable i donava gas, però per poder-lo modificar es va haver de desmuntar l'accelerador que venia amb el motor, i adaptar-lo al pedal.

Per poder fer això, es va agafar un tros de metall, el qual es va tallar en forma rectangular i es va posar entre els dos pedals del kart; més enganxat en el de l'accelerador, i es va fer dos forats en aquest tros, i després es van collar dos cargols per fixar-lo. Posteriorment, es va posar dos imants, un en direcció de pol S, i un altre en direcció de pol N, ja que l'accelerador va amb un sensor d'efecte Hall, o sigui que depenent del camp magnètic deixa circular el corrent elèctric o no, i com més fort és el camp magnètic del pol que deixa passar el corrent (depenent de quin tipus de sensor Hall sigui, farà una funció diferent), més ràpid girarà el motor.

A més a més, els cables de l'accelerador es van soldar al sensor d'efecte hall. Per ser més exacte, el sensor que he utilitzat, ha sigut el Sensor d'Efecte Hall 49e.



Accelerador, sensor d'efecte hall 49e Col·lecció: Propia

Cables:

Doncs en la part dels cables, o sigui tot el sistema elèctric del kart, va situat on el controlador.

Cada bateria va enganxada des del pol - d'una al + de l'altre, així van les 4 bateries connectades en sèrie, i les dos dels extrems van connectades al controlador, el - d'una al - del controlador, i el + de l'altre al + del controlador.

Els cables del motor van directe al controlador, però eren curts i vaig haver de tallar-los i ficar més cable, i per enganxar un cable amb un altre vaig haver de ficar unes regletes, i en els cables de l'accelerador també vaig haver de fer el mateix, i en alguns ficar un termoretràctil.

Els cables de les bateries i el dels motors van enganxats al xassís del kart, i així estan enganxats amb brides i no es mouen tant. Els de l'accelerador van per sota del kart, també enganxats amb brides.

Alguns cables, com per exemple els de l'accelerador van soldats al sensor, i també els del senyal d'on/off del motor a la clau.

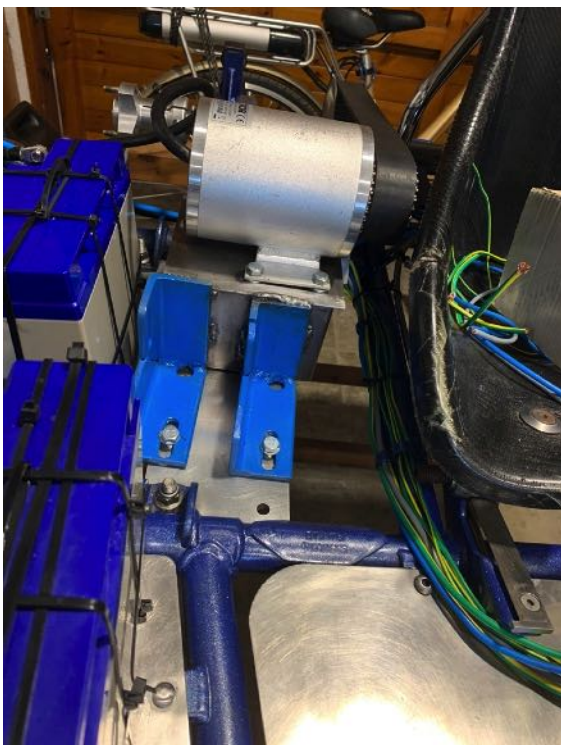
Imatges del cablejat:



Cables cap al controlador Font: Pròpia



Cables per darrere Font: Pròpia



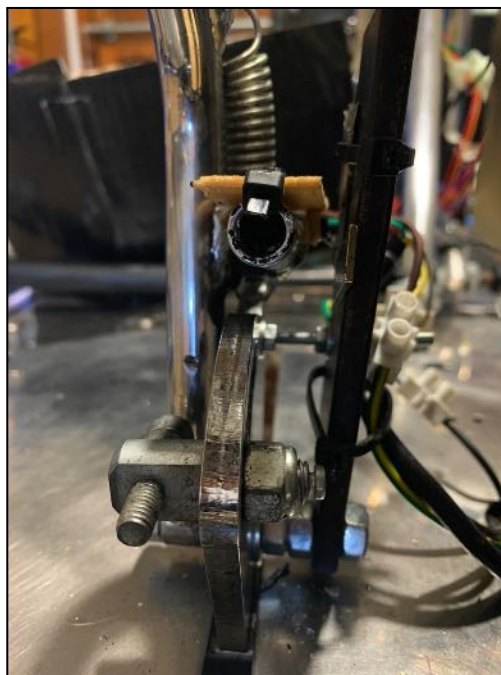
Cables del motor Font: Pròpia



Cables per sota del kart Font: Pròpia



Cables connectats al sensor
Col·lecció: Pròpia



Cables del sensor, enganxats al pedal

Part Final del procediment:

Finalment, en aquesta part, es mostra el kart, amb tots els seus components, a més amb alguns petits extres, com alguna modificació estètica en la part dels laterals, i unes llums LED a la part de davant, i a la part de darrere, amb les seves connexions.

En els annexos es podran veure alguns esquemes.

Ara l'abans, i el després del kart:

ABANS:



Col·lecció: Pròpia

DESPRÉS:



Col·lecció: Pròpia

Proves del Kart:

Prèviament, ja havia fet proves del funcionament del motor i altres, com es mostra en els anteriors vídeos, però aquesta vegada les proves són del funcionament de tot el kart.

Abans de tot, les proves han sigut fetes amb una massa total aproximada de 240 kg.

1r Prova:

Una vegada fet totes les instal·lacions i les bateries carregades, vaig fer la primera prova de funcionament en terra, i ha sigut un fracàs, ja que ha durat 30 s, i uns 5 metres, pel fet que la cadena s'ha sortit, i després en intentar tornar-la a posar el pinyó s'ha tret.

2n Prova:

La segona prova, ara sí, ha sigut provar el funcionament del kart, o sigui les sensacions que ha donat, i el seu rendiment.

Doncs les primeres impressions han sigut positives, ja que ha funcionat, i anat força bé, amb una maniobrabilitat bona, i també una bona frenada, la part de velocitat ha estat bé encara que potser he notat que li faltava acceleració sobretot al començar, també als pendents li costava més, però en general pel que fa està bé.

3r Prova:

La tercera prova, ha sigut la de la velocitat màxima, i el que vaig fer va ser provar el kart en una recta, i el kart ha arribat a una velocitat de 40 km/h en 23 segons.

Encara que depenent del pendent uns 25/30 km/h.

4t Prova:

La quarta prova tracte sobre l'acceleració del kart, on el que he fet ha sigut començar en parat i cronometrar els segons fins arribar a una certa velocitat (40 km/h), i he calculat l'acceleració mitjana. I aquesta ha sigut d'uns $0'48 \text{ m/s}^2$.

5è: Prova

La cinquena prova ha sigut la comprovació de la frenada, on el que he hagut de fer es posicionar-me en una recta, i aquesta recta ha sigut en l'asfalt (depenent del terreny, la frenada pot ser millor o pitjor, en el sentit que el kart o el vehicle es desplaçi més, o menys), i agafar certa velocitat fins a passar uns cons, i en aquests començar a frenar, i el que he calculat ha sigut els metres que s'ha desplaçat quan anava a una certa velocitat.

En 25 km/h, he frenat i s'ha desplaçat uns 3'8 m.

6è Prova:

La sisena prova va sobre la duració de la bateria, el que he fet, ha sigut anar mirant la duració de les bateries mentres anava fent les altres proves.

Llavors la bateria tarda 31 min a descarregar-se al complet sempre i quan es vagi a una potència de 2000 W, la qual cosa no vas tota l'estona al màxim, per això fent les proves he estat més de 31 min, perquè no he anat al màxim tota l'estona, ja que he anat frenant, accelerant, desaccelerant, i a més, tarda un temps a arribar a la màxima potència.

D'aquestes proves he fet alguns vídeos (no surten vídeos d'aquestes proves en concret) i aquests vídeos es poden veure en els següents codis QR:



Prova del motor en el kart Prova del kart en marxa Prova del kart en marxa amb llums

Fitxa tècnica del kart elèctric:

Motor Elèctric	Corrent Continu (VEVOR)
Potència	2000 W (2'68 CV)
Amperatge	42 A
Autonomia	31 minuts
Transmissió	Directa per corretja, i reductora
Fre	Únic fre posterior
Massa	Aprox. 180 KG
RPM: Motor	Nominal: 4300 RPM, i Màxima: 5400
RPM: Eix del kart	Nominal: 2150 RPM, i Màxima: 2700 RPM

Cost final:

Doncs amb tot el treball, econòmicament parlant, va sortir per uns **710 €** incloent el xassís, bateries, motor, i algunes despeses de cables i altres. Aquest preu és aproximat.

Si fem una comparació amb un kart de lloguer normal, ja no parlem de competició que es disparen de preu, podem dir que ha sortit econòmicament bastant bé, ja que un de lloguer de segona mà pot costar uns **800 €**, i un kart elèctric de lloguer pot costar uns **1500 €**, aproximadament i depenent de quin. Doncs es pot observar que hi ha una diferència de **790 €** amb un d'elèctric, i una diferència de **90 €** amb un de combustió.

Problemes durant la construcció del kart:

Problema: Una bateria s'espantia. (Sense voler els dos pols oposats es van tocar).

Solució: Comprar un altre bateria com la que hi havia.

Problema: El motor gira cap a l'altra banda.

Solució: Invertir els cables de fases del motor, i sensor Hall.

Problema: Va deixar de funciona el sensor d'efecte hall de l'accelerador.

Solució: Comprar un altre diferent.

Problema: Un cable de fase, s'escalfava i saltaven espurnes, i no funcionava el motor, ja que hi ha els cables d'alimentació del motor, i els de fase, i són del mateix color, però no van igual connectats llavors quan canvies la direcció de gir, s'han de canviar les fases i l'alimentació, però em vaig confondre i els de l'alimentació no van igual connectats que els de fase (quan es fa el canvi de gir, quan estava normal si).

Solució: Mirar si els cables de fase estan ben connectats, i ficar-los bé, ja que estaven malament. (S'ha d'anar comprovant i mirant pas per pas, si està tot bé).

Problema: El sensor no funciona, i està bé.

Solució: Hi havia un sensor que no era exactament com el que hi havia, o sigui específic per allò, i llavors vaig haver de comprar un altre que sí que ho fos, i aquest era el sensor d'efecte Hall 49e.

Problema: En la primera prova, el motor es va torçar per la tensió de la cadena i conseqüentment es va treure, i en fer girar el motor per veure si anava bé es va treure el pinyó.

Solució: Perquè no es pogués un altre cop el motor, es va posar un suport, per ser més exacte una esquadra. I per tornar a posar el pinyó, es va haver de fer una part més plana a l'eix perquè així quedí més fixa, i en el pinyó afluixar-lo i després tornar-lo a posar.

Per acabar aquest apartat, fer un petit incís: Vigilar en el sobreescalfament del motor, o sigui no esforçar-lo massa i si s'escalfa molt, anar fent pauses.

Conclusió:

En conclusió, aquest treball explica els diferents conceptes sobre el kart elèctric, com hem vist anteriorment, i el procediment de construcció i transformació d'aquest.

Tanmateix, s'ha pogut assolir l'objectiu final del projecte, el de transformar el kart en un d'elèctric, podent adaptar tot el necessari en les seves parts corresponents i, a més, el de poder-lo provar i comprovar un bon funcionament.

A part d'aquest objectiu principal, també s'ha pogut aconseguir un de secundari, com la instal·lació de les llums LED, tant davanteres com posteriors, alguna millora mínima d'estètica en els laterals i la neteja del kart; però hi ha hagut altres objectius secundaris que no s'han pogut donar a terme com la millora de l'aerodinàmica, tot i que en aquest cas no era necessari. No obstant, els objectius importants s'han assolit a la perfecció, encara que s'ha escalfat el motor.

A més a més, amb aquest treball he pogut aprendre bastant, com per exemple la de soldar, fer forats en metall, la de saber com funciona el motor brushless, les bateries, també saber com han d'anar els cables, i com no el sensor d'efecte hall.

Finalment, ha sigut una experiència molt beneficiosa i enriquidora intel·lectualment que recomanaria a qualsevol amant o aficionat del món de l'electromecànica.

Bibliografía:

Pàgines web:

González, Universitat de Zaragoza.

Análisis de un kart de competición y de sus componentes.

2011. 133 pàgines.

Data de consulta: 5 de Febrer de 2022

<https://zaguan.unizar.es/record/5673/files/TAZ-PFC-2011-125.pdf>

Bateries AGM.

Data de consulta: 17 de Juny de 2022

https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/las-baterias-agm-que-son-y-cuando-usarlas_1

Pena, Miguel

<https://www.youtube.com/watch?v=ZR8Z2z91cNU&t=284s>

Cómo HACER un KART ELECTRICO CASERO 🚀 [Paso a Paso] 🕒

Data de consulta: 11 d'Abril 2022

Aula21.

Cómo funciona un motor eléctrico.

Data de consulta: 29 de Març de 2022

<https://www.cursosaula21.com/como-funciona-un-motor-electrico/> Francisco Salazar

¿Cómo funciona un motor eléctrico?-Motor CD Explicado

Mentalidad De Ingeniería

Data de consulta: 17 de Juny de 2022

https://www.youtube.com/watch?v=A_VGpRxFzXQ

Gonzalo Lara, Motorpasi3n.

¿C3mo funciona una bater3a?

Motorpasi3n, 5 de Febrer del 2013.

Data de consulta: 30 de Març de 2022

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/como-funciona-una-bateria>

Mentalidad De Ingenier3a.

¿C3mo Funciona una Bater3a de Autom3vil?

YouTube, 20 de novembre de 2020.

Data de consulta: 30 de Març de 2022

<https://www.youtube.com/watch?v=M2H1JQ9flgs>

Varta-automotive.

¿C3mo funciona una bater3a?

Data de consulta: 19 de Març de 2022

<https://www.varta-automotive.es/es-es/soporte-para-baterias-varta/conceptos-basicos-sobre-baterias/como-funciona-una-bateria>

Controlador

Bikelec

Data de consulta: 20 de Juny de 2022

<https://www.bikelec.es/blog/controlador/>

Funcionament d'un motor el3ctric.

Data de consulta: 17 de Juny de 2022

https://historiaybiografias.com/motor_electrico/

Motor DC, parts i funcionament.

Data de consulta: 17 de Juny de 2022

[Motor CD](#)

Areatecnologia.




Motores eléctricos de corriente continua.

Data de consulta: 27 de Març de 2022

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-corriente-continua.html>

Pena, Miguel

<https://www.youtube.com/watch?v=zRcA71O2yOQ&t=137s>

MOTOR ELECTRICO   48V 2000W Conexiones [Motor + Centralita]  FÁCIL y RÁPIDO

Data de consulta: 11 d'Abril 2022

¿Qué es una batería y cómo funciona?

Ingeniería Mecafenix, 17 de Maig del 2021.

Data de consulta: 30 de Març de 2022

<https://www.ingmecafenix.com/electronica/que-es-una-bateria/>

Significat de electromagnetisme

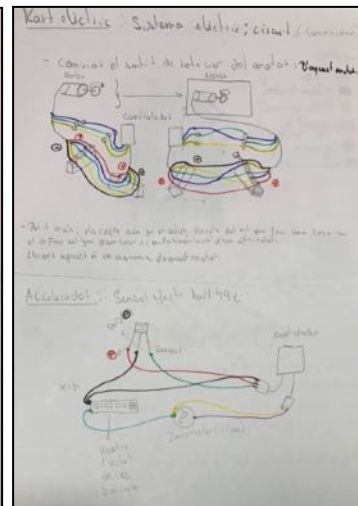
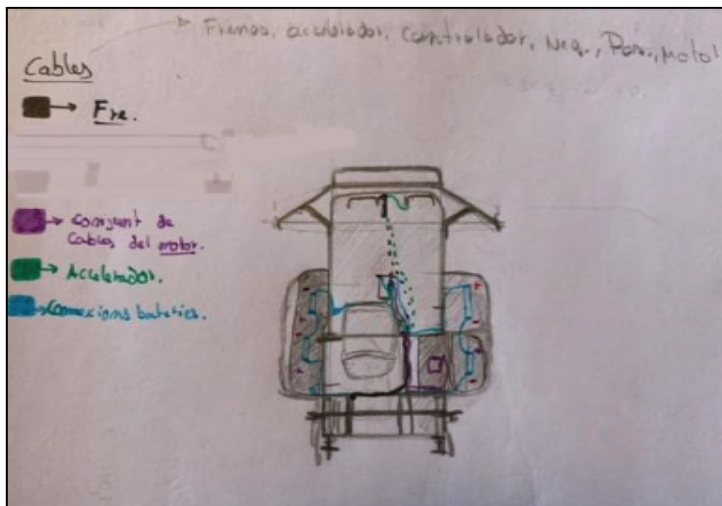
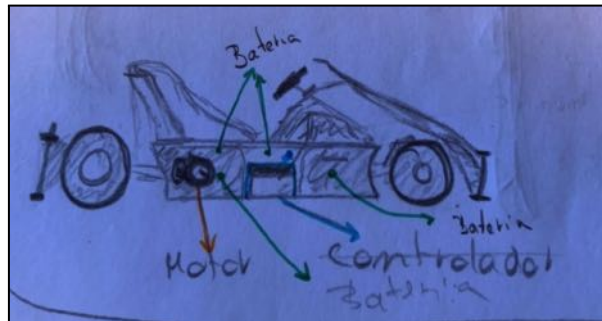
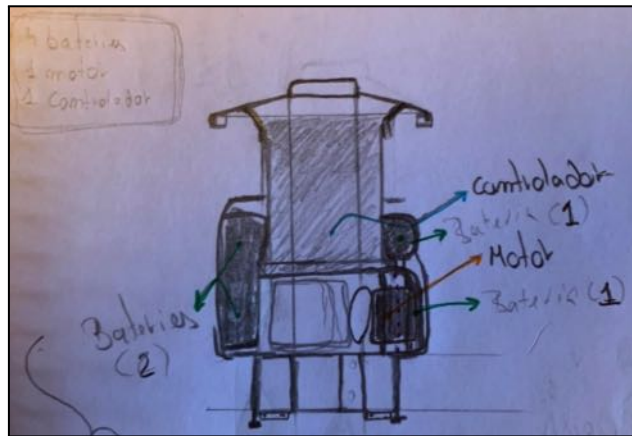
Encyclopedia Titanica

Data de consulta: 22 de Juny de 2022

<https://ca.encyclopedia-titanica.com/significado-de-electromagnetismo>

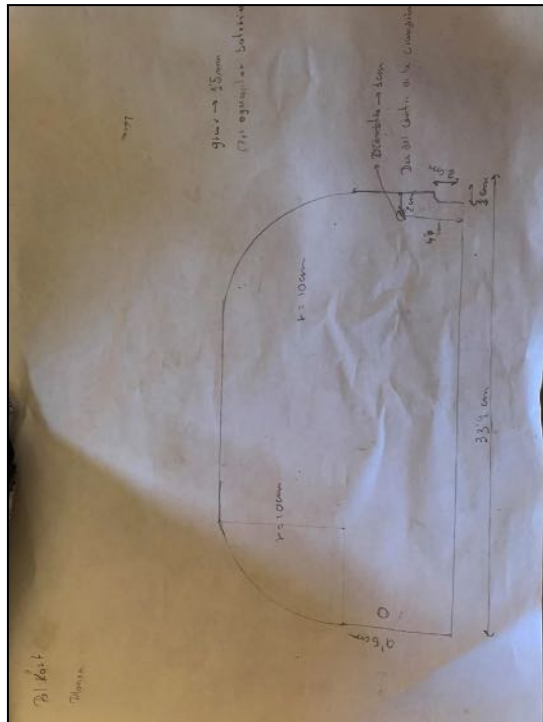
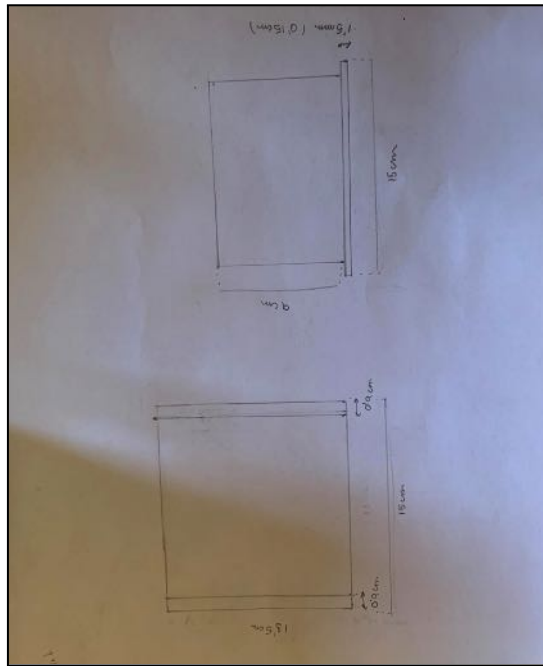
Annexos:

Esquema del cablejat:



Col·lecció: Pròpia

Esquemes plaques metàl·liques:



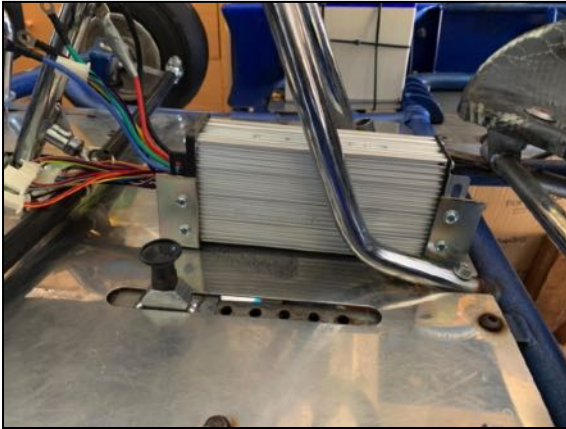
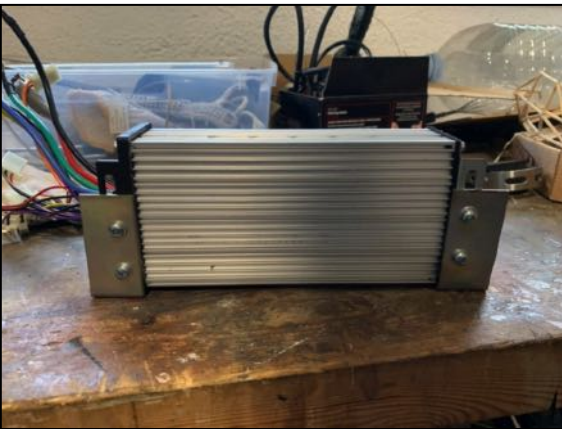
Col·lecció: Pròpia

Plaques metàl·liques:



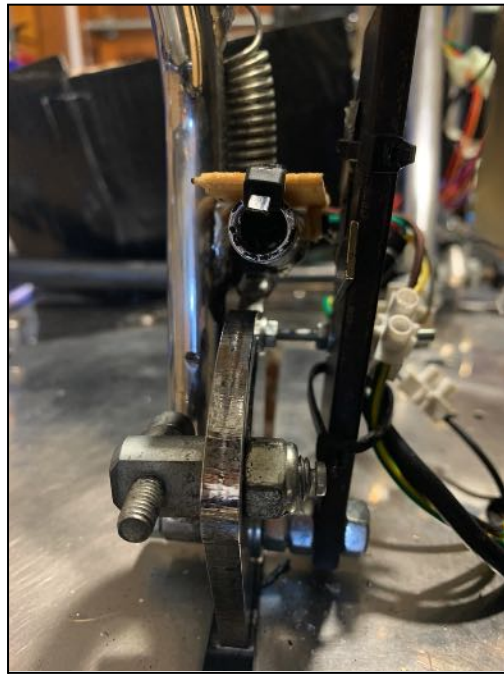
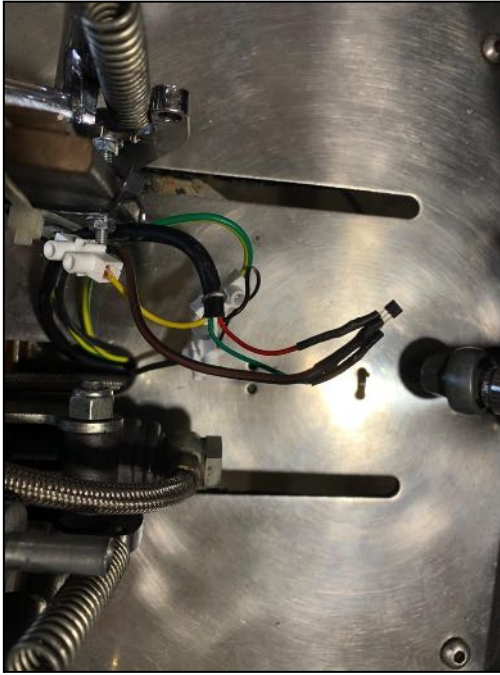
Col·lecció: Pròpia

Motor i controlador:



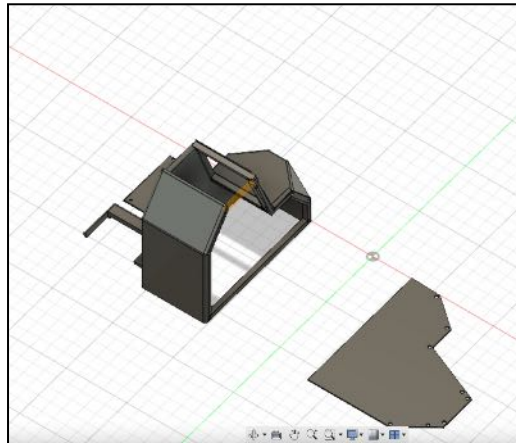
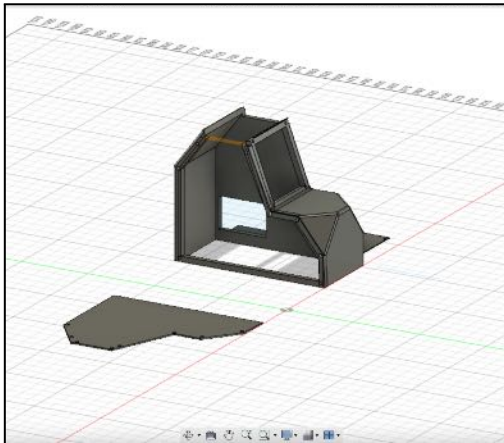
Col·lecció: Pròpia

Accelerador (Sensor d'efecte hall 49e):



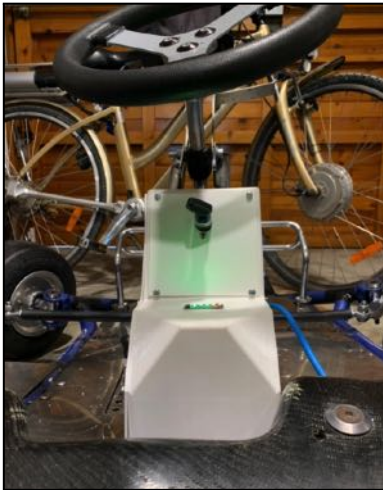
Col·lecció: Pròpia

Controlador(Centralita):



Col·lecció: Pròpia

Kart:







Col·lecció: Pròpia

