

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol: DISSENY MECÀNIC D'UN TRICICLE PROPULSAT A REM

Document: Memòria i annexos

Alumne: Miquel Zuzama Pons

Tutor: Narcís Gascons Clarió

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria Juny 2020

ÍNDIX

Índex	i
1 Introducció	1
1.1 Antecedents	1
1.1.1 Peticionari	1
1.1.2 Estat actual	1
1.1.3 Exposició del problema	3
1.2 Objecte del projecte	3
1.3 Requeriments i abast	3
1.3.1 Requeriments.....	3
1.3.2 Abast del projecte	5
2 Solució	7
3 Disseny general i ergonomia	9
3.1 Disseny	9
3.2 Ergonomia.....	10
3.2.1 Posició	10
3.2.2 Anatomia del pilot respecte al mecanisme	11
4 Mecanisme de rem.....	13
4.1 Funcionament	13
4.2 Disseny i adaptació	13
5 Estructura/Xassís	15
5.1 Disseny	15
5.2 Estudis Estructurals	16
6 Tren posterior.....	17
6.1 Transmissió.....	17
6.2 Roda posterior.....	18
7 Tren davanter.....	19
7.1 Direcció.....	19
7.2 Rodes davanteres	22

7.3	Frenada.....	24
8	Resum del pressupost.....	27
9	Conclusions	29
10	Bibliografia.....	31
11	Relació de documents	33
ANNEX A. RELACIÓ AMB EL PETICIONARI.....		35
A.1.	Presentació del prototip a la UdG	35
A.2.	Visita a Montgat.....	35
A.3.	Reunions Telemàtiques	37
ANNEX B. EVOLUCIÓ DE LA SOLUCIÓ		39
B.1.	Primer esbós de la solució.....	39
B.2.	Anàlisi DAFO dels prototips	40
ANNEX C. MODIFICACIONS PER A COMPETIR A L'ASME		45
C.1.	Introducció.....	45
C.2.	Resum de la normativa.....	45
C.3.	Modificacions proposades	46
ANNEX D. DIRECCIÓ.....		47
ANNEX E. ESTUDI DE MERCAT		49
E.1.	Introducció.....	49
E.2.	Productes similars disponibles al mercat	49
E.3.	Conclusions de l'estudi de mercat	50
ANNEX F. CÀLCUL DE L'ESTRUCTURA.....		51
F.1.	Introducció.....	51
F.2.	Condicions de contorn.....	51
F.3.	Estats de càrrega	52
F.3.1.	Pes d'una persona asseguda al tricicle	52
F.3.2.	Cas de frenada accidental.....	53
F.4.	Conclusions.....	54
ANNEX G. CÀLCUL DEL VINCLAMENT.....		55

ANNEX H.	FITXES TÈCNIQUES	57
H.1.	Guies lineals ISB	57
H.2.	Rotula ISB	58
H.3.	Frens	59
H.4.	Rodes	61
H.5.	Transmissió	63
H.6.	Politges i cable trenat	64
H.7.	Rodaments	65

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

1.1.1 *Peticionari*

El senyor Martí Helios juntament amb l'empresa ISB Bearings van desenvolupar el prototip d'una bicicleta que incorpora un mecanisme d'accionament basat en el moviment de rem. Amb aquest accionament la potència que pot desenvolupar el ciclista és major que la que podria desenvolupar amb l'accionament clàssic, segons els càlculs del seu desenvolupador. Aquest sistema ha estat patentat i per tant en tenen l'exclusivitat.

Els peticionaris volen competir a la prova de velocitat *World Human Speed Challenge (WHPSC)* organitzada per l'associació *International Human Powered Vehicle Association (IHPVA)*. Aquestes competicions són únicament per a vehicles amb propulsió totalment humana, i hi ha tres grans categories, aigua, aire i terra. En aquest cas, es tractaria de terra, i més en específic, la prova a la que es vol competir consisteix en assolir una velocitat màxima en un tram recte de 200 metres amb sortida lliure.

També es coneixen algunes altres entitats que organitzen competicions d'aquest tipus, en concret, l'*American Society of Mechanical Engineers (ASME)* és la més semblant que hi ha, i és una fita que el peticionari en un futur també voldria assolir.

Els peticionaris es va posar en contacte amb la UdG, a la qual li van presentar la proposta de projecte. Donada l'extensió del projecte es va contemplar la possibilitat d'elaborar-lo entre dos estudiants. El projecte ha estat elaborat per Miquel Zuzama Pons i Jaume Pons Gálvez. L'elaboració del projecte s'ha fet de forma conjunta responsabilitzant-se cada estudiant d'algunes parts en específic. En Jaume Pons s'ha fet càrrec de l'estructura del mecanisme, de la transmissió i tren posterior, així com del disseny de la geometria posterior del xassís. L'altra banda, en Miquel Zuzama, s'ha fet càrrec del tren davanter, que inclou la direcció i la geometria del travesser. A banda, cadascun dels estudiants ha portat a terme una sèrie de càlculs estructurals. Els aspectes no esmentats s'han desenvolupat per parts iguals.

Els estudiants, conjuntament amb el tutor, han anat posant-se en contacte amb el peticionari des d'unes primeres visites fins a reunions digitals, el que s'explica més detalladament a l'ANNEX A.

1.1.2 *Estat actual*

El prototip actual és fruit de prova i error, per arribar-hi, el peticionari i creador d'aquesta idea, ha elaborat fins a nou prototips diferents, per a arribar a l'actual.

El xassís està format per dos perfils triangulars fets amb uns travessers i el triangle posterior, i està fet a partir de tubs d'alumini de gruix desconegut, de secció circular

als dos perfils i el triangle posterior i de secció rectangular als travessers. Al centre dels travessers, porta instal·lat el mecanisme de rem, que transmet directament la potència a la caixa de la roda posterior, sense canvi de marxes ni cap relació de transmissió. I a la unió dels dos perfils amb el travesser i triangle posteriors hi trobem un seient fet de dues planxes de plàstic amb una inclinació de noranta graus.

El conjunt de rodes és: dues rodes davanteres de catorze polzades i una posterior de vint-i-vuit polzades, a la qual trobem l'únic fre disponible al tricicle.

És a les rodes davanteres on trobem la direcció, i degut a la complexitat del mecanisme de rem, és controlada per un sistema de cablejat que la connecta amb el moviment del manillar, que funciona amb el moviment de manillar d'una bicicleta convencional. Les maneguetes que transmeten el moviment de la barra de direcció amb les rodes, són paral·leles a les rodes, i es connecten a la barra de direcció amb una ròtula per banda.

Les dimensions del tricicle són relativament petites, L'alçada respecte al terra oscil·la entre els 20 i els 30 centímetres, i l'amplada màxima no arriba al metre (72 cm) i és a l'eix davanter. La seva llargada és de 150 cm entre l'eix davanter i el posterior.

Respecte al mecanisme, està format per dues guies lineals de 60 cm de llarg, on van muntats els pedals i el manillar. Aquestes dues guies estan muntades sobre un perfil rectangular, que a cada vèrtex porta una politja, per les que es mou un cable que uneix en un circuit tancat els dos lliscadors de les guies. És el lliscador inferior, el dels pedals, que està lligat a la cadena, i amb un moviment de vaivé acciona la roda posterior. El prototip actual, el perfil porta una cinquena politja, per reduir les reaccions sobre el marc d'alumini que subjecta les guies.

En general, les peces que en formen el conjunt són de fabricació pròpia, excepte les guies, les rodes, el cablejat i els frens, i tot junt té un pes aproximat d'uns vint quilos, i el seu aspecte és el de la Figura 1.



Figura 1: Prototip existent

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

1.1.3 Exposició del problema

El prototip està construït de manera casolana i rudimentària. Presenta algunes carències a l'hora de transmetre la potència del mecanisme, i a l'hora de controlar el tricicle. La direcció té un gir limitat i els frens són absents a les rodes davanteres per la qual cosa la frenada és insuficient. Una altra carència n'és el carenat, ja que l'aerodinàmica a l'hora de batre un rècord de velocitat és important i actualment el tricicle amb el record és un tricicle recumbent amb carenat.

L'ergonomia del tricicle és inexistent, degut a la falta d'espai per a les cames de l'individu i a la posició forçada.

1.2 Objecte del projecte

El projecte consisteix en el disseny d'un tricicle o HPV accionat mitjançant el mecanisme de rem patentat i proporcionat pel peticionari i que compleixi les especificacions necessàries per a poder participar en el tipus de competició esmentat.

1.3 Requeriments i abast

1.3.1 Requeriments

Els requeriments d'aquest projecte venen donats per part de les normes de la competició (WHPSC Competition Rules, 2018) i per part del peticionari, i es troben a la Taula 1.

Taula 1: Requeriments del projecte

Descripció	Tipus
Ha de ser únicament accionat per la força humana, en aquest cas a través del mecanisme de rem amb patent (Espanya Patent núm. ES2520440B1, 2012).	R
La seguretat de l'individu ha d'estar garantida.	R
Ha de ser un projecte executable.	R
El tricicle no pot tenir sortints perillousos per a l'individu, ni seccions de tub vistes que puguin ser tallants en cas d'accident.	R
Ha d'incorporar sistema de frenada a ambdues rodes davanteres, aquest, haurà de ser per mitjà de fre accionat hidràulicament.	R

Ha de ser capaç de girar amb un radi de 8 metres.	R
El vehicle ha de ser estable.	R
Ha de ser dissenyat per a poder assolir altes velocitats.	R
El vehicle ha d'estar previst de subjeccions per a un possible arc de seguretat.	R
Ha de poder adaptar un sistema de carenat que afavoreixi l'aerodinàmica.	R
El tricicle hauria de tenir una altura inferior a un metre, i sempre s'intentarà obtenir la mínima possible.	D
S'ha d'optimitzar el pes.	D
Han de prevaler els elements de compra sobre els de fabricació pròpia.	D
Ha de ser capaç d'arribar als 80 km/h, velocitat màxima establerta per un HPV amb carència de parts que afavoreixin l'aerodinàmica.	D
Ha de ser capaç de batre el record del món en un vehicle de 3 rodes (Multi-Track) de la IHPVA, actualment establert en 119 km/h	D
Es desitjaria que fos capaç d'assolir els 150 km/h, superant així els 144,5 del record en un vehicle de dues rodes.	D
Ha de ser un model ergonòmic en la mesura del possible.	D
El pressupost de fabricació ha de ser òptim i assequible.	D
El peticionari desitja una posició del seient gairebé vertical.	D

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

1.3.2 *Abast del projecte*

El projecte inclou:

- Estudi del sistema de rem.
- Estudi geomètric i ergonòmic.
- Dimensionament de l'estructura.
- Selecció de components.
- Disseny per a la fabricació.
- Verificació dels requeriments de seguretat.
- Estudi econòmic.

El projecte no inclou:

- Estudi aerodinàmic.

2 SOLUCIÓ

La solució final a la que s'ha arribat és un prototip format per tres rodes en la configuració 1R2F, una al darrera i dues al davant. El xassís està format per un llarguer que va des de la roda posterior fins a un travesser que forma l'eix davanter. El xassís està fabricat amb tubs d'alumini normalitzats i algunes parts massisses d'alumini mecanitzat.

La direcció i el sistema de frenada es troben a les rodes davanteres i la roda motriu és la posterior, i per tant, hi trobem un canvi de marxes intern. Les rodes davanteres són de 20 polzades i la posterior és de 28 polzades.

El mecanisme de rem està format per dues guies lineals, la inferior, accionada per les cames, es troba situada sobre el llarguer. La superior, accionada pels braços, està suportada per un marc d'alumini. Els carros de les guies estan connectats entre si mitjançant un cable d'acer guiat per politges. La transmissió del moviment a la roda posterior es fa per cadena, i té una etapa intermitja.

El seient, es troba reclinat 40 graus, i és d'alumini. Pel que fa a l'aerodinàmica, no porta carenat, però està pensat per poder muntar-n'hi un si es desitja. També està previst que s'hi pugui muntar un arc de seguretat.

Llavors, el resultat final es pot apreciar a la Figura 2, tot i que les variacions que ha anat sofrint, fins a arribar a aquest es recullen a l'ANNEX B.



Figura 2: Solució del problema

A part, també s'han previst algunes modificacions necessàries per a poder competir a la competició organitzada per l'ASME, la qual té una normativa més extensa. Aquestes modificacions són un arc de seguretat i un carenat de compra, els detalls són a l'ANNEX C.

3 DISSENY GENERAL I ERGONOMIA

3.1 Disseny

El punt de partida per a el disseny del tricicle ha estat la configuració de les rodes d'aquest, hi ha dues possibilitats, una roda al darrere i dues al davant (Tadpole) o dues al darrere i una al davant (Delta). Per a això cal comparar alguns punts claus de cada configuració, l'estabilitat, la capacitat de gir, complexitat de la direcció, l'aerodinàmica i la capacitat de frenada.

Pel que fa l'estabilitat, ens basem en el cas d'un gir accidental a altes velocitats. En aquest cas, la configuració Delta, tendirà a bolcar amb més facilitat degut a la distribució del pes, aquest efecte està representat a la Figura 3 B on es pot veure el vector de la força de gir i el vector en cas de frenada durant el gir. Veiem que els dos vectors es troben en el tram entre rodes (**no van dirigits cap a cap roda**). En canvi, en la configuració Tadpole, a la Figura 3 A els vectors recauen sobre la roda davantera. Aquest fet fa que en lloc de bolcar, rellisqui. Per tant per a l'estabilitat del vehicle és recomanable la configuració Tadpole.

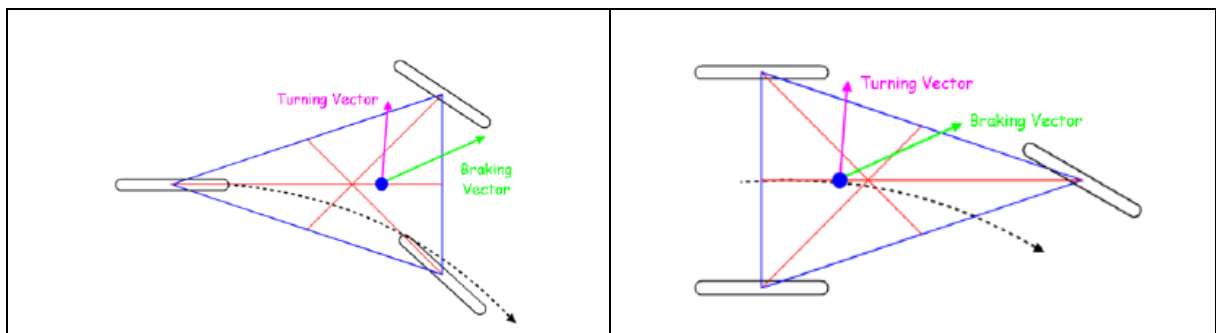


Figura 3: Efectes de les diferents configuracions de les rodes A: Tadpole B: Delta. (Thomas, 2007)

Centrant-nos en el sistema de direcció les dues configuracions són completament diferents. Per una banda, per a la configuració delta, es pot dissenyar en base a les direccions de bicicleta convencional, amb algunes modificacions per a desplaçar el manillar a sota del seient, substituint-lo per un manillar en forma de U, els extrems del qual queden a l'altura dels braços, i per tant, serà molt més senzill a l'hora de projectar-lo. Per l'altra banda, per a la configuració Tadpole, al tenir dues rodes al davant s'assembla més a la direcció d'un cotxe. En aquest cas s'ha de tenir en compte que l'angle de gir de cada roda ha de ser diferent per tal que el radi de gir sigui el mateix, i per tant, el gir sigui fluid. Aquest fet fa que la direcció sigui més complexa.

Comparant la capacitat de frenada hi ha un factor que determina quina configuració serà millor. A l'hora de frenar, degut a les forces generades en la desacceleració del vehicle, la distribució de pesos canvia. En aquesta situació el tren davanter queda carregat més que el posterior, possibilitant així, que la potencia de frenada que les rodes poden suportar abans no llisquin sigui major. Per tant, la configuració Tadpole al incorporar dues rodes al davant, i per

tant dues superfícies de contacte i dos dispositius de frenada al tren davanter, serà la que tindrà una major capacitat de frenada.

Pel que fa la aerodinàmica com veiem a la Figura 4, la forma de gota, s'assoleix millor amb el disseny Tadpole, i per tant serà més fàcil posar-hi un carenat en un futur. En el nostre projecte no es pretén carenar el vehicle però si que es dissenya pensant en la possibilitat de posar-ne un més endavant.

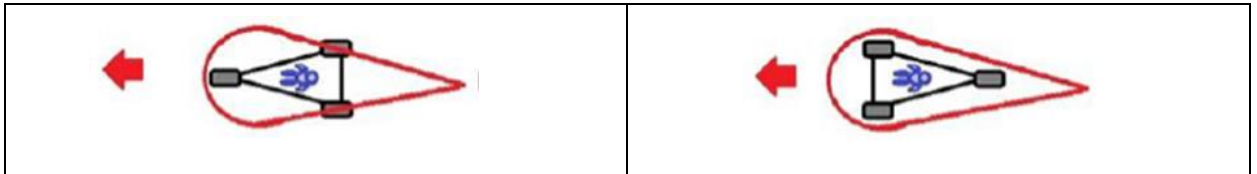


Figura 4: Acció aerodinàmica sobre les diferents configuracions del tricicle A: Delta B: Tadpole (Pokala Saiprassana et al., 2017)

En resum per tal de tenir una bona estabilitat i una major capacitat de frenada la configuració Tadpole és la idònia, ara bé, s'haurà de treballar més el disseny de la direcció. Per tant, la configuració escollida com a base del projecte serà la Tadpole.

3.2 Ergonomia

3.2.1 Posició

Per a la posició del ciclista ens hem basat en diversos estudis biomecànics del moviment de rem, en el qual es basa el nostre sistema d'accionament. La selecció de la posició del pilot s'ha fet analitzant tant estudis que analitzen tant el moviment de rem com altres que analitzen l'ergonomia dels tricicles recumbent i handbikes. Aquesta ve determinada pel rendiment del moviment i per la morfologia d'aquest.

En la Figura 5 es pot veure l'evolució de la posició del ciclista, inicialment amb les cames flexionades i el tors inclinat cap al davant i finalitzant el moviment amb les cames gairebé estirades completament i el tors inclinat cap al darrere.

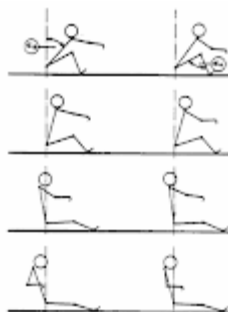


Figura 5: Descripció gràfica del moviment de rem (Nolte, 1991)

3.2.2 Anatomia del pilot respecte al mecanisme

En base a la posició que adopta el pilot en les dues posicions extremes s'ha determinat la posició del pilot respecte el mecanisme.

Respecte al moviment inferior, en la posició inicial, amb les comes flexionades, els peus es troben a una distància de 37 centímetres del maluc i en la posició final, amb les esteses la distància es d'uns 97 centímetres. Aquests valors seran els que ens serviran per a situar la guia inferior respecte a la base del seient.

Per al moviment superior s'ha tingut en compte l'angle que ha d'assolir el tronc. En la posició inicial el tronc està inclinat 10 graus va al davant ,per tant, necessita una distància lliure de 7 centímetres respecte el maluc, Tenint en compte que el moviment no és perfecte i les possibles diferents complexions del pilot la distància mínima entre aquest i el mecanisme hauria de ser de 20 centímetres. En la posició final el pilot adopta una inclinació de 40 graus cap al darrera, per això el seient està inclinat 40 graus cap al darrera.

Com s'explica a l'ANNEX A es va arribar al consens amb el peticionari d'adaptar el seient per tal de poder adoptar dues posicions. La que nosaltres hem obtingut de l'extrapolació de la biomecànica del moviment de rem al nostre projecte, a 40 graus, i la que segons la seva experiència és més efectiva, amb el respall del seient en vertical. En la Figura 6 podem veure el seient en les seves diferents posicions.

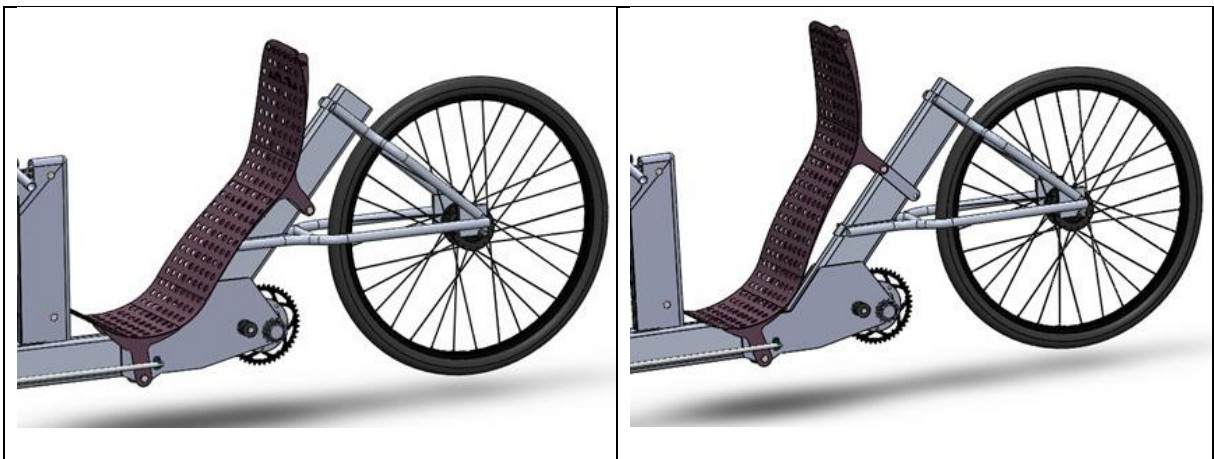


Figura 6: Diferents posicions del seient. A: 40 graus B: 90 graus

4 MECANISME DE REM

4.1 Funcionament

El mecanisme d'accionament del vehicle està basat en el sistema de propulsió humana de la Patent Espanya Patent n^o. ES2520440B1 (2015) de la Figura 7.

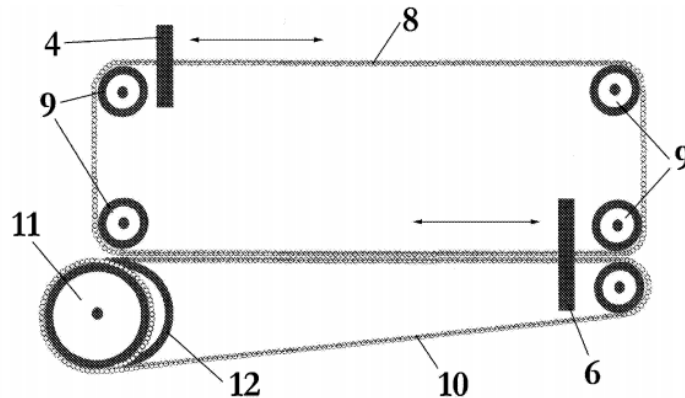


Figura 7: Esquema del mecanisme de propulsió. (Espanya Patent núm. ES2520440B1, 2012)

A diferència dels HPV convencionals, aquest mecanisme és propulsat per les quatre extremitats a l'hora. Aquest mecanisme es basa en la flexió i extensió de les cames i els braços, similar al moviment de rem. Seguint la numeració dels elements de la Figura 7, la força dels braços s'aplica a l'element 4 i la de les cames a l'element 6. Les dues van a parar a un circuit tancat, l'element 8, el qual està connectat per la part inferior al circuit de la transmissió, l'element 10, transmetent-hi la suma de les forces generades per braços i cames.

Per tal de recollir el moviment s'utilitzen dues guies lineals, una per les cames i l'altre per als braços. El moviment dels dos lliscadors de les guies està connectat mitjançant un cable d'acer trenat de 4 mm de gruix. La guia inferior està connectada a una cadena que transmet el moviment a la roda posterior.

El moviment que es realitza es alternatiu, per tant, una meitat del cicle es genera potencia i en l'altre meitat es retorna a la posició inicial. Aquest fet fa que el moviment de tornada sigui lliure, és a dir que es desvinculi del moviment del tricicle, per això, s'ha incorporat un pinyó lliure al sistema de transmissió del moviment a la roda posterior.

4.2 Disseny i adaptació

Les guies que conformen el mecanisme estan suportades per una estructura auxiliar, la guia superior, i pel llarguer, la guia inferior. Son paral·leles i la distància entre elles es de 380 mm. L'estructura que suporta la guia superior està formada per perfils d'alumini normalitzats com podem veure a la Figura 8. El cable que uneix els lliscadors està guiat per quatre politges una a cada extrem del quadrilàter.

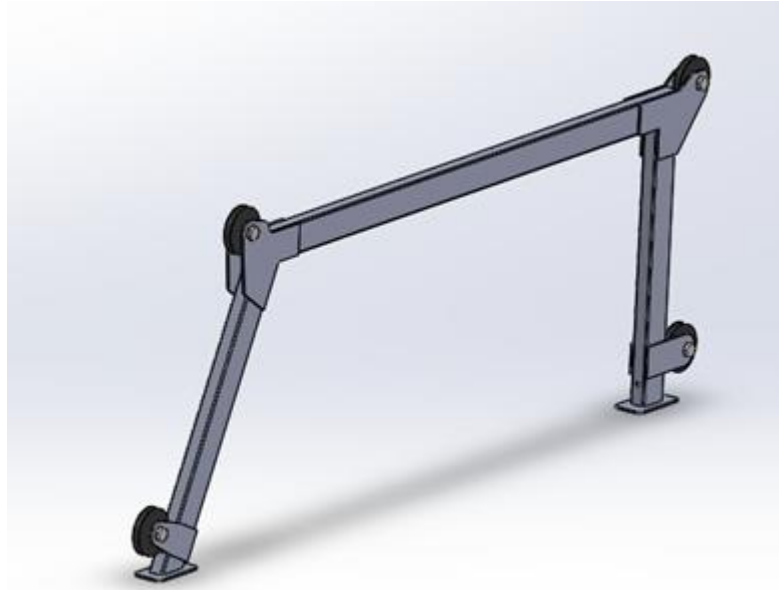


Figura 8: Estructura del mecanisme

Per a la selecció del perfil utilitzat s'ha dut a terme un estudi amb elements finits on s'ha determinat que el perfil a utilitzar és el de 40 x 20 x 2 mm. L'estructura va soldada al llarguer mitjançant uns suports d'alumini i la guia superior va cargolada sobre la estructura seguint les indicacions del fabricant. Les politges estan suportades mitjançant planxes d'alumini que també fan de reforç a les zones d'unió dels perfils.

La guia inferior, que va sobre el llarguer, també va cargolada segons les indicacions del fabricant.

S'han incorporat dos elements de seguretat al mecanisme, donada la proximitat que tenen les politges amb el ciclista. També s'ha pensat en el possible cas accidental del trencament del cable.

Aquests elements són: una protecció per a les dues politges més properes al seient, impresa en 3D, i una mànega per al retorn de la cadena. Es poden veure a la Figura 9.

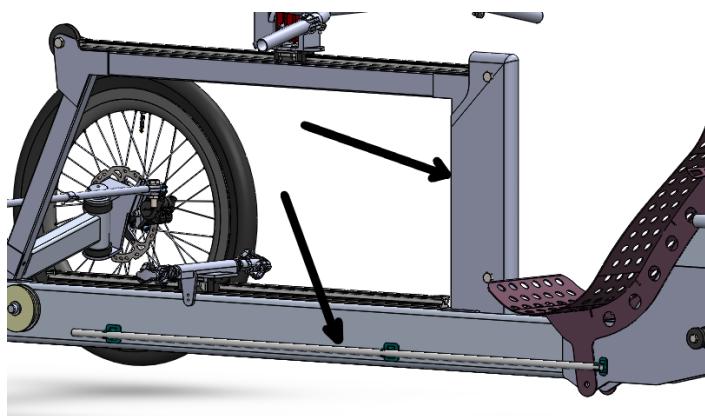


Figura 9: Elements de protecció.

5 ESTRUCTURA/XASSÍS

5.1 Disseny

Per començar es van estudiar els xassís que s'havien projectat en els prototips anteriors. Estaven formats per una estructura tubular en forma de U, com el que es veu a la Figura 1. La seva resistència era bona però eren molt pesats i la capacitat de gir era molt reduïda degut a la seva geometria. Per tant es va plantejar un redisseny d'aquest.

Com a punt de partida es va decidir quina tipologia de xassís es volia adoptar. Basant-se en l'estudi de mercat, a l'ANNEX E, i per les seves característiques s'ha utilitzat el xassís de biga central. Aquest xassís està format per un llarguer que va des de el basculant de la roda posterior fins al travesser que suporta les rodes davanteres. com es pot veure en el disseny final de la Figura 10. Abans d'arribar a aquesta solució final s'han anat desenvolupant diferents prototips on s'han incorporat diferents canvis en la morfologia d'aquest. Els canvis esmentats es detallen en l'ANNEX B.

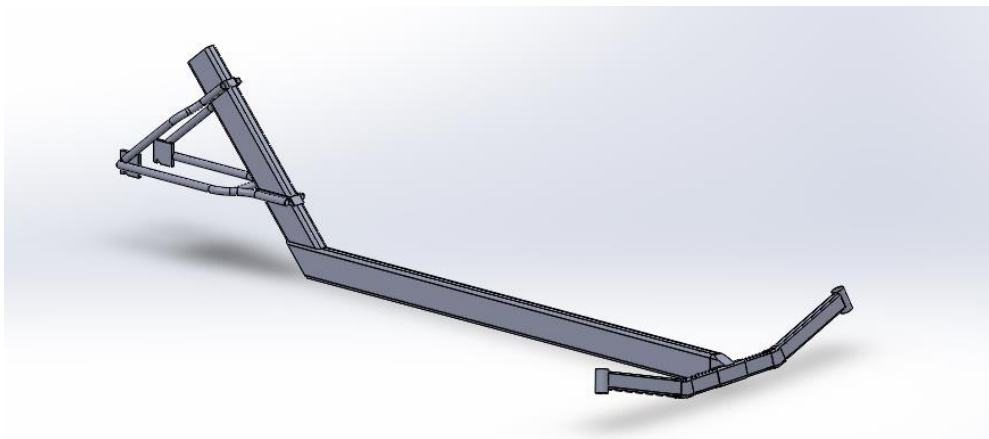


Figura 10: Disseny final del xassís.

El llarguer està format per dos trams de biga rectangular, el tram central es paral·lel al terra i el tram posterior té un angle de de 50 graus respecte al terra. Aquesta ha estat la geometria que han tingut tots els xassís que s'han projectat.

El travesser està format per una biga amb quatre trams, dos trams horitzontals centrals i dos trams inclinats, s'han posat les barres inclinades per tal que l'altura de les rodes sigui la correcta. La geometria del travesser si que ha variat al llarg de l'elaboració del projecte, i finalment es troba inclinat 15 graus respecte la vertical per tal de facilitar la fabricació.

Finalment, el basculant està fet amb perfils circulars i està compost per quatre barres. Les barres inferiors són paral·lels al terra i les dues superiors són perpendiculars al tram inclinat del travesser.

Amb aquesta tipologia de xassís en T, es pot aconseguir la resistència desitjada reduint el pes considerablement sempre i quan es triï el material i la secció idònia. Per això, es dissenya la geometria necessària i llavors es selecciona el material i es dimensionen les seccions.

5.2 Estudis Estructurals

Després del dimensionament del xassís i la determinació de la seva geometria final, degut a l'esveltesa del llarguer, s'han plantejat alguns casos accidentals. Aquest, podria deformar-se excessivament, i per a això s'ha fet un anàlisi estructural per diferents estats de càrrega amb el programari ANSYS, fent servir l'estructura simplificada i modelant-la amb biguetes. Després d'aquest estudi, s'ha arribat a la conclusió que s'ha dimensionat de forma correcta, ja que només es té una deformació màxima de 8,5 mm i un esforç combinat màxim de 68 MPa que suposa un factor de seguretat de 3.5. Aquest estudi, es troba explicat a l'ANNEX F.

Aprofitant-ne els resultats, també s'ha previst que l'estructura pugui patir vinclament, degut als esforços ocasionats a l'ús i a la seva esveltesa. Finalment, després de fer un estudi de quatre modes, com es pot veure a l'ANNEX G, no trobem que el vinclament sigui una amenaça important, ja que s'hauria de multiplicar la càrrega que genera el pes d'una persona sobre el llarguer, per 59 per trobar el mode 1 de vinclament.

6 TREN POSTERIOR

6.1 Transmissió

El conjunt de la transmissió està format per el canvi de marxes i l'etapa intermèdia. En la podem veure totes les parts: pinyó d'entrada de l'etapa intermèdia (1), etapa intermèdia (2), roda posterior (3), canvi marxes intern (4), pinyó d'entrada canvi de marxes (5), cadena transmissió (6) i el plat de sortida de l'etapa intermèdia (7).

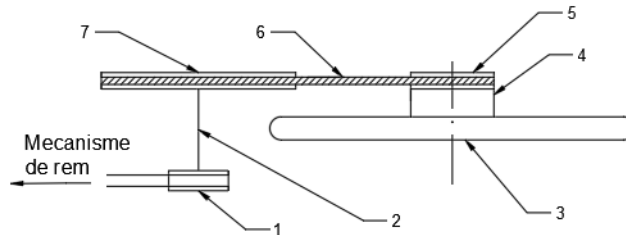


Figura 11: Esquema de la transmissió.

El canvi de marxes seleccionat es el Shimano Alfine 11, de la Figura 12, aquest és un canvi de marxes intern d'onze velocitats. La relació de transmissió final del canvi és de 2.153, partint d'aquest valor i la velocitat màxima que es vol assolir en la competició, 150 km/h, s'ha obtingut la velocitat angular desitjada a l'entrada del canvi.



Figura 12: Caixa amb canvi de marxes intern SHIMANO ALFINE 11 (www.bike-components.de)

Per l'altre banda la cadència de rem s'ha suposat constant i per tant la velocitat lineal de la guia inferior és de 0.6 m/s. Aquesta es transmet al pinyó d'entrada de l'etapa intermèdia.

Per al disseny de l'etapa intermèdia s'han tingut en compte la velocitat d'entrada i la velocitat de sortida desitjada resultant en una corona de sortida de 48 dents i un pinyó d'entrada de 16 dents, Figura 13. La disposició de l'etapa intermèdia s'ha dissenyat per tal d'aprofitar els reforços d'unió entre els dos trams del llarguer per a suportar-la.

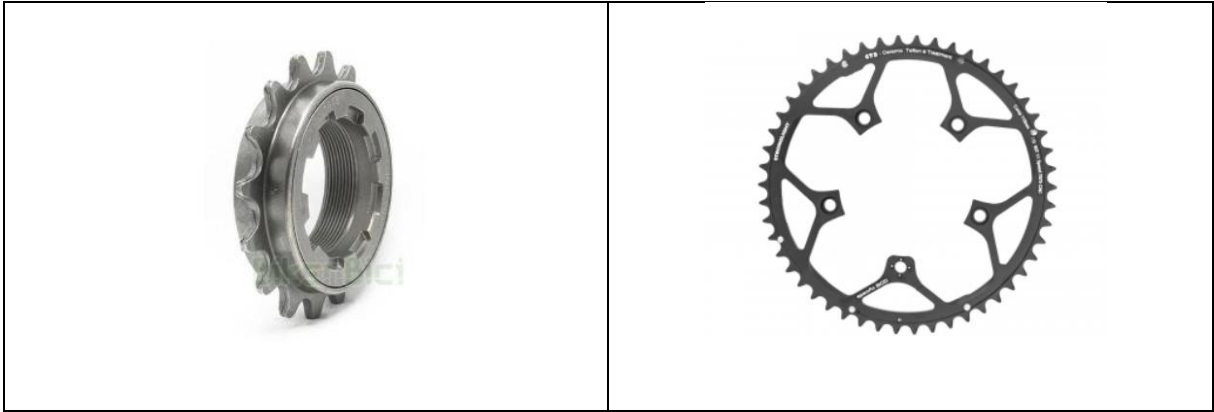


Figura 13: A: Pinyó d'entrada (www.Bikeenbici.com) B: Corona de sortida (www.Alltricks.es)

6.2 Roda posterior

Per a la roda posterior s'ha seguit la tendència vista a l'estudi de mercat, ANNEX E, muntant una roda de 28 polzades amb perfil de competició. En concret s'ha muntat una llanta fabricada en fibra de carboni que segueix l'estàndard 700C amb 32 radis, Figura 14.



Figura 14: Llanta de 28 Polzades LIENGU (www.aliexpress.com)

El material seleccionat és el carboni ja que redueix bastant el pes del conjunt, fet que fa que la inèrcia, a més aporta una certa flexibilitat a les rodes que ajuda a l'absorció de les irregularitats de la pista. El nombre de radis ve determinat per el canvi de marxes ja que al ser un canvi de marxes intern incorpora ja la caixa de la roda, aquest té 32 radis i per tant la llanta també.

7 TREN DAVANTER

7.1 Direcció

La direcció es troba al tren davanter, on hi trobem dues rodes amb els eixos separats una determinada distància. És per aquest fet que s'haurà de dissenyar la geometria de la direcció de forma que el centre de gir d'ambdues rodes coincideixi.

Per aconseguir-ho ens hem basat en un fet que s'observa a l'estudi de mercat de l'ANNEX E, i a més, podem trobar a varis manuals de construcció d'HPV. Aquest fet és que sovint no s'utilitzen direccions amb els eixos de gir paral·lels, ni tampoc perpendiculars al terra, sino que es juga amb l'angle del pivot (kingpin angle), l'angle de llançament (caster angle), i també amb l'angle de caiguda (camber angle). A més de basar les direccions en el teorema d'Ackermann.

L'angle del pivot, indicat a la Figura 15, es sol trobar al voltant dels 15 graus, i en el nostre cas, s'ha agafat un angle de 17.4 graus.



Figura 15: Angle del pivot

L'angle de llançament és al pla dels dos eixos de direcció, i es pot entendre mirant de perfil la direcció com es pot veure a la Figura 16. I s'ha decidit posar-lo a 15 graus.

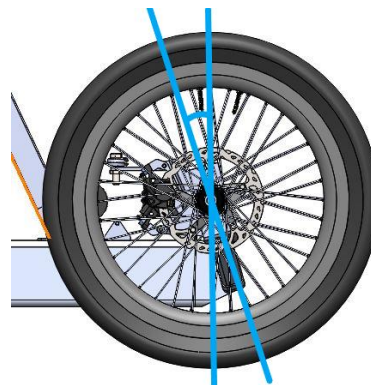


Figura 16: Angle de llançament

L'angle de caiguda, es deixarà a 0 graus.

Finalment, després d'ajustar la direcció segons Ackermann, s'ha obtingut que l'angle de les palanquetes ha de ser de 13 graus i han de tenir una longitud de 150 mm respecte el centre de gir.

L'explicació més detallada de com s'ha arribat a aquesta solució es troba a l'ANNEX D.

Per a relacionar tots aquests aspectes s'han dissenyat uns quants travessers, fins arribar al definitiu, tot i que en tot moment s'ha mantingut la forma en V per poder baixar el xassís i poder aprofitar per a donar l'angle del kingpin sense gaires dificultats. Entre el travesser i la roda, trobem dos conjunts de peces, una és una peça de fabricació pròpia, que conté les palanquetes de la direcció, l'eix de la roda, i fa d'unió entre el travesser i la roda, l'altra, és una direcció convencional.

El conjunt de direcció de bicicleta és de tipus sense rosca i és de l'estàndard 1 1/8 i té un diàmetre exterior de 34 mm. S'ha agafat com a referència la direcció de la Figura 17, una direcció comercial de la marca JESSICA, per a fer el dimensionament i està pensat per al seu ús.



Figura 17: Explosionat de la direcció JESSICA de 34 mm B07ZFJCH91 (www.ebay.es)

La peça de fabricació pròpia de la direcció és la de la Figura 18.

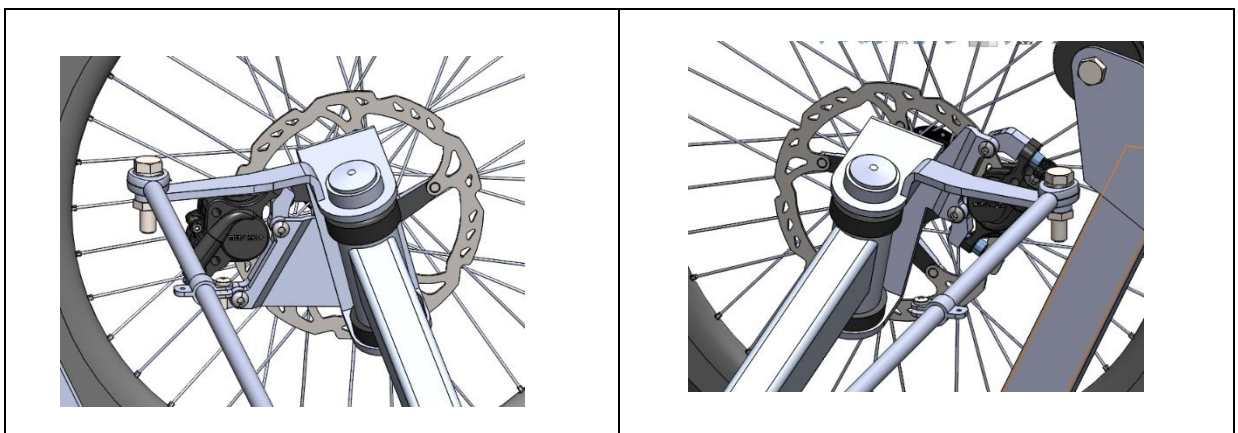


Figura 18: A: Part esquerra de la direcció B: Part dreta de la direcció.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

Està dissenyada per a deixar l'eix de la roda horitzontal quan les rodes estan rectes. És d'alumini i té un gruix de 5 mm. Està pensada per a eixos de 10 cm de longitud i 12 mm de diàmetre, i conté les palanquetes de la direcció, que aporten el moviment de la barra de direcció a la roda.

D'aquestes palanquetes, un cop dissenyat el xassís, s'ha pogut determinar l'angle, i la longitud que han de tenir. S'ha arribat a la conclusió de que han d'estar en un angle de 13 graus i han de tenir una llargària d'uns 15 cm respecte el centre de l'eix del pivot. Aquest fet s'entén millor amb la Figura 19.

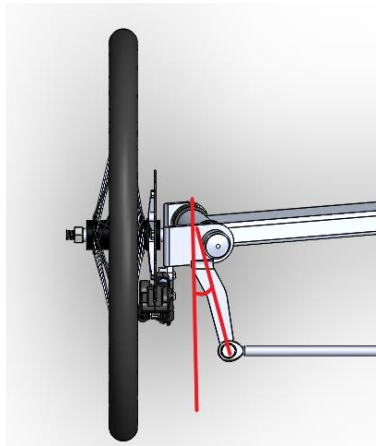


Figura 19: Angle i longitud de les palanquetes de la direcció.

Per a transmetre el moviment d'una palanqueta a l'altra, s'usarà una barra tubular d'acer amb diàmetre interior de 10 mm a la que aniran roscades les ròtules. A aquesta barra, s'hi munten dues peces que es poden veure a la Figura 20, que subjecten els cables que transmeten el moviment del manillar.

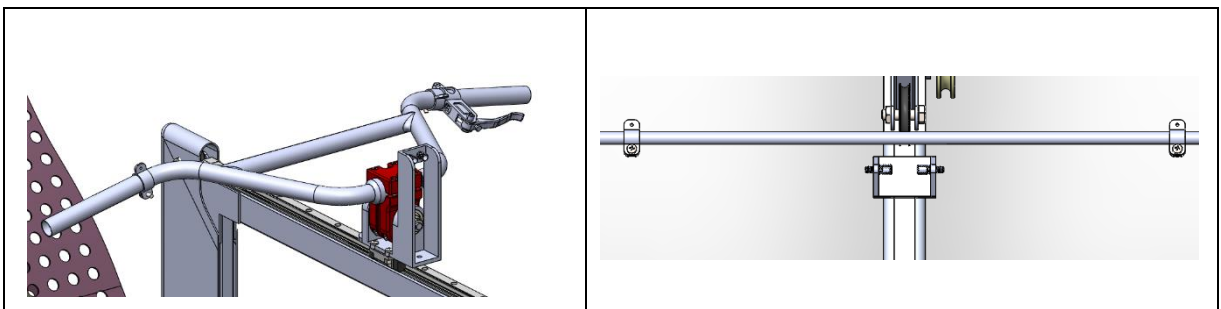


Figura 20: Accionament de la direcció. A: Part superior B: Part inferior

El moviment del manillar, és similar al d'una bicicleta convencional, tot i que volta respecte un eix horitzontal. Està lligat al lliscador de la guia a través d'una peça de fabricació pròpia que subjecta l'eix al que s'hi munta el manillar. A part, porta una estructura a la que hi trobem uns tensors als que arriben uns cables, aquests tensors serveixen per a que el funcionament del sistema no variï depenent de la posició en que es troba, i s'han distanciat de l'eix de gir

del manillar per a que el sistema de cablejat sigui més sensible. L'accionament de la direcció totalment muntat es veuria com a la Figura 20 a falta del cablejat.

Aquest cablejat connecta el moviment del manillar directament amb el de la barra de direcció. S'usarà dos cables d'acer de 1,5 mm de secció, que tindran un extrem collat al manillar, i l'altre a la barra de direcció passant per dins el tensor de l'estructura de l'accionament de la direcció, i per dins el tensor de la subjecció del cablejat que trobem al principi del llarguer. Per tal de mantenir la direcció del gir, els cables no aniran creuats, sinó que trobarem un cable a cada costat de l'accionament de la direcció com s'observa a la Figura 21.

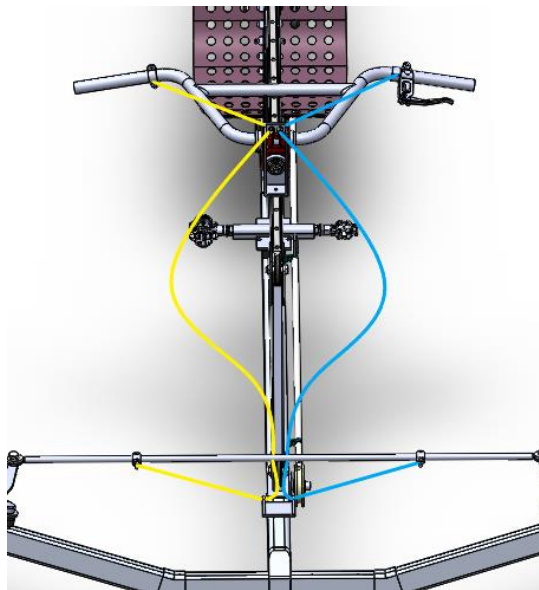


Figura 21: Cablejat de l'accionament de la direcció.

7.2 Rodes davanteres

En aquest apartat es contraposen dos fets, es vol treballar bé a altes velocitats, i es vol tenir una altura respecte al terra bastant disminuïda. Per a això, s'ha arribat a la conclusió de basar-nos en l'estudi de mercat de l'ANNEX BANNEX E. En el que s'observa com les combinacions de rodes davanteres és menor a la posterior, i sempre ronda entre les 16 i les 24 polzades. Pensant en que l'entorn en que es du a terme la competició no és totalment pla, i hi pot haver algunes protuberàncies al terra/asfalt, s'han descartat les de 16 polzades que en un principi havíem escollit, i finalment la solució final porta unes rodes de 20 polzades.

El material de construcció de cadascuna de les parts s'ha raonat de la següent manera:

-Per a les llantes, les opcions de fibra de carboni ofereixen uns pesos més raonables, i per tant s'ha optat per aquest material, amb una secció d'amplada de 23 mm com la de la Figura 22.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem



Figura 22: Proposta de llanta per a les rodes davanteres BMX406-38-M (www.carbonbikekits.com).

-Per als radis, s'ha escollit l'opció que més resistència ofereix, i compta amb 36 radis d'acer cordats en 3 creus.

-La caixa, podria ser també de fibra de carboni, però els pesos no varien tant, i el preu sí, llavors, la caixa és d'alumini amb l'eix passant de 12x100 mm que ve donat per la peça de fabricació pròpia de la direcció, i amb ancoratge per a frens de tipus Centerlock. Un exemple, la nostra proposta de muntatge, seria el Shimano 105, de la Figura 23.



Figura 23: Proposta de caixa per a les rodes davanteres Shimano 105. HB-R7070 (www.rosebikes.com)

-Els pneumàtics, seran llisos com es veu a la Figura 24, de 35 mm d'amplada, en aquest cas els Schwalbe KOJAK.



Figura 24: Proposta de pneumàtic per a les rodes davanteres. SC-1402069101 (www.deporvillage.es)

7.3 Frenada

Darrerament s'ha fet una evolució bastant gran en quant als frens per a bicicletes, abans, només hi havia els típics de V. Després es van començar a emprar els frens de disc, primer mecànics, amb cable, i després hidràulics. Aquests últims, s'estan fent servir cada vegada més, inclús per a bicicletes de carretera. Així es muntaran frens de disc hidràulics amb les següents especificacions.

Per semblança, per l'alta velocitat a la que es vol arribar, s'utilitzaran discs per a bicicleta de carretera com els de la Figura 25, ja que estan pensats per anar a més velocitat i estan més ben refrigerats.



Figura 25: Disc de fre de bicicleta de carretera Shimano Ultegra SMRT800S (www.bike.shimano.com)

Aquest tipus de discs són de tipus Centerlock, com la caixa de les rodes davanteres.

Es muntaran frens només a les rodes davanteres. Així que es necessitaran una parella de frens. Una proposta de frens de disc hidràulics és la de la Figura 26.



Figura 26: Proposta de frens, Shimano Zee M640 (www.biciprecio.com)

Per a la subjecció dels frens s'ha de tenir en compte els estàndards existents, la majoria de frens porten muntatge PostMount, inclús els frens escollits, tot i que algunes bicicletes encara porten un altre estàndard que ja va néixer una mica desfasat i s'ha emprat menys. Aquest estàndard és l'IS (International Standard). Porta dos forats de 6.2 mm llisos, sense rosca, un a un radi de 49,7 mm des de l'eix de la roda i l'altre a 87.3 mm. A la vegada, també s'ha de complir que han d'estar separats 51 mm entre centres, a més, l'amplada de la subjecció ha de ser de 7 mm i la distància entre la subjecció i la caixa ha de ser de 4 mm.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

Per facilitar la construcció, s'ha optat per fer la subjecció de la pinça de fre, que forma part de la peça de fabricació pròpia de la direcció, amb l'estàndard IS. Per la qual cosa s'haurà d'emprar un adaptador que es pot trobar fàcilment al mercat, s'haurà d'emprar un adaptador com el de la Figura 27 depenent del diàmetre del disc, que anirà a la peça que suporti l'eix de la roda, el que seria l'equivalent a la forquilla en una bicicleta corrent. En aquest cas, recordem que els frens són de 160 mm i per tant l'adaptador haurà de ser específic per aquest diàmetre.



Figura 27: Adaptador IS-PM Shimano (www.bikester.es)

També cal tenir en compte, que els frens estan pensats per anar un al davant i un al darrere, no per a un tricicle, i que van a l'esquerra de la roda, conjuntament amb el disc. Així, haurem de girar tant la pinça com l'adaptador per a poder-los muntar, a més, també haurem de modificar la subjecció per a que funcioni adequadament el fre de la roda esquerra. Per a això el que farem serà girar-los, mantenint la distància entre forats, i els radis fins a l'eix de la roda com es pot observar a la Figura 28.

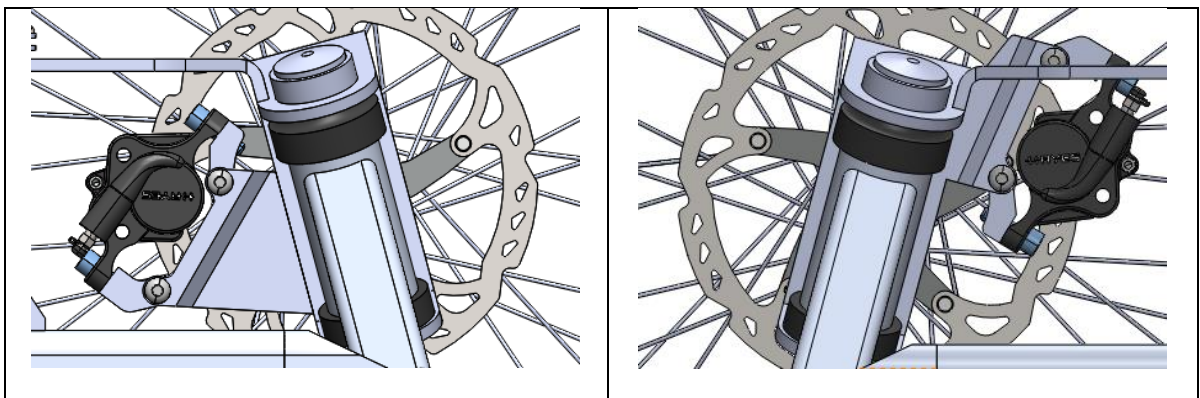


Figura 28: Diferències entre la subjecció i el muntatge dels frens. A: Esquerra B: Dreta

Per aquest aspecte ens ajudarà la unió del cable dels frens amb la pinça dels frens escollits, que es pot girar respecte l'entrada, en el cas de la pinça esquerra, s'hauria de rotar 180 graus respecte l'eix vermell de la Figura 29.



Figura 29: Detall de la pinça de fre amb sistema banjo.

Per a facilitar l'accionament dels frens, es muntarà una T a la sortida de la maneta de fre, i que la connectarà amb les dues pinces a l'hora, en específic, el de la Figura 30, a més incorpora un sistema anti-bloqueig per a millorar la qualitat de la frenada, ja que s'assoliran altes velocitats amb el vehicle.



Figura 30: T amb sistema anti-bloqueig muntada a una bicicleta convencional. (www.singletracks.com)

Per tant, el conjunt final el formaran una maneta, la T amb anti-bloqueig, i dues pinces de fre, amb els seus respectius adaptadors.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

8 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total del tricicle propulsat a rem , incloent les peces de fabricació pròpia, els elements de compra , el muntatge i la mà d'obra és de:

QUATRE MIL NOU-CENTS QUARANTA-SIS AMB QUARANTA UN CENTIMS

4.946,41€

Per a més detalls, consultar el Document 5: Pressupost.

9 CONCLUSIONS

L'objecte del projecte era redissenyar el prototip existent per tal de poder competir a la *WHPVSC*. Partint de l'anàlisi del prototip presentat i dels prototips existents al mercat, s'ha pogut arribar a una solució que s'ha hagut de dissenyar seguint la normativa de la competició.

La solució està únicament propulsada pel mecanisme proposat, i s'ha dissenyat una transmissió per poder arribar a la velocitat desitjada pel client, tot i que fins que s'executi no es podrà verificar.

S'ha vigilat per la seguretat del ciclista seguint la normativa de la competició, la solució compleix amb els requeriments proposats en aquest aspecte, inclús s'han dissenyat unes modificacions per participar a la competició de l'ASME que en relació a la seguretat és més exhaustiva.

L'execució del projecte està garantida, ja que el prototip s'ha dissenyat pensant en facilitar-ne la fabricació.

El sistema de frenada és per mitjà de disc i s'acciona hidràulicament.

En quant a la capacitat de gir i l'estabilitat del tricicle s'han seleccionat una configuració de rodes i s'ha dissenyat una direcció que permetin assolir les necessitats.

L'arc de seguretat ha estat dissenyat per a ser soldat directament a l'estructura, i per això, no necessita cap tipus de subjecció que pugui interferir en la integritat del xassís quan aquest no estigui muntat.

La posició del ciclista s'ha establert seguint els criteris de l'ergonomia, i per a satisfer el desig del peticionari, s'ha dissenyat un recolzament configurable per a satisfer les dues parts.

Així, l'única especificació que caldria millorar és el pes, que s'ha hagut de deixar de banda en favor de la resistència del xassís.

Es podria dir que la solució del projecte ha resultat favorable en quant als assoliment dels requeriments.

10 BIBLIOGRAFIA

- Beauchamp, W. (Octubre / 2016). *TheRecumbents.com*. Consultat el Març / 2020, a <http://www.recumbents.com/wisil/trike/>
- Eland, P. (Desembre / 2002). *Spreadsheets for Ackermann steering design*. Consultat el Abril / 2020, a Peter Eland Web Pages: http://www.eland.org.uk/steer_intro.html
- Horwitz, R. M. (Juny / 2002). *Build your own Thunderbolt Trike*. Consultat el Març / 2020, a IHPVA: <http://www.ihpva.org/Projects/PracticalInnovations/index.html>
- Human Powered Vehicle Challenge*. (2020). Obtenido de ASME: [https://efests.asme.org/competitions/human-powered-vehicle-challenge-\(hpvc\)](https://efests.asme.org/competitions/human-powered-vehicle-challenge-(hpvc))
- Lee, H.-H. (2015). *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 16*. Mission: SCD Publications.
- Martí Ballesté, H. (2012). *Espanya Patent núm. ES2520440B1*.
- Nolte, V. (1991). Introduction to the biomechanics of rowing. *FISA coach*, 1-6.
- Pokala Saiprasanna, K., Revu Siva, K., Veerapaneni Suresh, C., & Yelle, R. (2017). Working of an Compressed Air Vehicle by Tadpole Design: A Review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 808-814.
- Simionescu, P., & Beale, D. (2002). Optimum synthesis of the four-bar function generator in its symmetric embodiment: the Ackermann steering linkage. *Mechanism and Machine Theory*, 1487–1504.
- Steering system*. (2016). Consultat el Març / 2020, a Veloks.com: <https://veloks.com/steering-system/>
- Stiffel, W. (sense data). *Steering of tricycles*. Consultat el Març / 2020, a Velomobile: <http://www.velomobile.de/GB/Technique/Steering/steering.html>
- Thomas, H. (Novembre / 2007). *Tadpole or Delta?* Consultat el Març / 2020, a Jetrike: <https://www.jetrike.com/tadpole-or-delta.html>
- Tribolt Trike*. (2012). Consultat el Abril / 2020, a <http://triboltrike.blogspot.com/p/steering.html>
- WHPSC Competition Rules*. (2018). Obtenido de IHPVA: <http://www.ihpva.org/rules.htm>

11 RELACIÓ DE DOCUMENTS

1-Memòria i Annexos

2-Planols

3-Plec de Condicions

4-Estat d'amidaments

5-Pressupost

ANNEX A. RELACIÓ AMB EL PETICIONARI

A.1. Presentació del prototip a la UdG

El primer contacte es va dur a terme a la UdG el 07/10/2019 on l'inventor del mecanisme va presentar el prototip existent i la proposta de projecte. Es va poder estudiar in situ el prototip existent i comprovar de primera mà el seus punts forts i els punts febles. En base al mateix mecanisme, hi ha altres prototips, un dels quals també es va presentar, tot i no estar a punt per a ser provat.

A.2. Visita a Montgat

Després del primer contacte, se'ns va encarregar el projecte als dos estudiants, i es va concretar una visita a Montgat i a Badalona per a saber més del prototip existent i de les seves possibilitats.

Abans de la visita a Montgat es va dur a terme un estudi a fons del prototip existent, generant una sèrie de preguntes, per tal d'entendre millor el funcionament del mecanisme i les possibilitats del mateix. A més d'evitar errors dels prototips passats que ja havien sigut declinats. A partir d'aquesta llista, es podria començar a treballar en un primer esbós de la solució.

Amb data 05/03/2020 es visita a l'inventor del sistema de propulsió, i a l'empresa patrocinadora del projecte. Primerament, es va visitar el magatzem on estan guardats els prototips. Es van prendre mesures del prototip de la proposta, alguns exemples són els de la Taula 2.

Taula 2: Mesures del prototip de la proposta

Pes del prototip	20 kg
Dimensions de les rodes davanteres	10 polzades
Dimensions de la roda posterior	28 polzades
Llargada de les guies	60 cm
Distància entre eixos davanterers	70 cm
Distància entre eix davanter i eix posterior	150 cm
Alçada del xassís respecte el terra (mínim)	20 cm

A banda, també es van fer les preguntes preparades sobre el prototip actual, es van consultar quines opcions de xassís s'han provat. Vam preguntar-li si s'havia plantejat fer un xassís com els que es veu habitualment en els "recumbent trike", que només porten una barra

central, la barra de l'eix de la direcció i el triangle posterior, xassís que el peticionari ha desconsiderat degut a que el veu poc robust.

Es va comentar que la llargada del prototip hauria de ser d'uns 20 o 30 cm més, ja que l'actual prototip s'havia retallat aquesta mesura i el resultat obtingut ha perjudicat a la postura, i ara és molt forçada.

En quant a la postura del ciclista, només s'ha provat amb una inclinació de 90 graus. L'inventor defensa que es la millor des de la seva experiència, ja que amb aquesta postura es pot separar millor la força dels braços amb els de les cames. També es va reportar que no s'havia provat cap altra posició

Respecte a les dimensions de les rodes havíem observat que un dels prototips portava les rodes davanteres iguals a la posterior, i al prototip actual les rodes són de 10 polzades, per això, es va preguntar quin n'era el motiu d'aquest canvi. La raó no és d'altra que baixar el centre de gravetat, i fer el tricicle més baix per temes d'aerodinàmica.

També es va visitar l'empresa que promotora del projecte, ISB Bearings, a Badalona, on vam poder veure un exemple de recumbent trike del qual vam poder extreure algunes idees de profit. Es va fotografiar simbòlicament el punt de partida del projecte amb totes les seves parts. En referència a la Figura 31, de dreta a esquerra: els peticionaris, els dos estudiants i el tutor que els supervisa.



Figura 31: Fotografia d'inici simbòlic del projecte.

A.3. Reunions Telemàtiques

Degut a la situació, les properes reunions s'han fet de manera telemàtica. A aquestes reunions, s'ha anat presentant l'evolució del prototip, per tal de rebre el punt de vista del peticionari. L'evolució d'aquest ha estat favorable segons el criteri del peticionari, l'únic punt en que no ha quedat satisfet és en la posició del pilot, defensant que aquesta ha de ser a 90° i no a 50°. Per tal de satisfer aquest requisit s'ha arribat al compromís de plantejar dues posicions del seient per tal de satisfer ambdues parts.

ANNEX B. EVOLUCIÓ DE LA SOLUCIÓ

B.1. Primer esbós de la solució

Una vegada es varen tenir els conceptes bàsics del projecte clars, es va dur a terme un primer esbós, per tal de poder apreciar les mancances que pogués tenir el disseny projectat i, així, poder rectificar els aspectes fonamentals d'aquest per tal d'evitar trobar-nos en un punt de no retorn del projecte.

Per al primer esbós ja es va escollir el xassís en forma de T, amb la configuració 1R2F de les rodes. Estava dissenyat en la seva totalitat amb una perfil·leria d'alumini de 40x20x2, tret de les bigues del triangle posterior que estava dissenyat amb un perfil circular de 20x2. Amb rodes i seient de carboni.

Les dimensions de les rodes eren de 16 polzades al davant i 28 al darrere, i portava frens de disc de 140mm. La caixa de la roda posterior ja s'havia definit que seria la Shimano Alfine 11 amb canvi de marxes intern. I la transmissió constava d'un primer prototip del multiplicador.

Alguns aspectes de la direcció ja eren clars, com són els dos angles que es donen a l'eix del pivot.

L'altura del xassís s'havia aconseguit rebaixar fins als 7 cm respecte el terra i l'amplada entre els eixos davanters era de gairebé uns 70 cm com al prototip del peticionari.

Una primera estimació del pes del prototip ens va indicar que rondaria per sobre dels 16kg.

El prototip tenia l'aspecte que es pot apreciar a la Figura 32.



Figura 32: Primer esbós de la solució.

Després d'analitzar el conjunt juntament amb el tutor i el peticionari es van arribar a algunes conclusions. D'entre les més notables podem destacar que s'havia de treure l'angle agut que formava l'estructura del mecanisme, que s'havia de millorar la transmissió i reforçar el xassís.

B.2. Anàlisi DAFO dels prototips

A la Taula 3 veiem l'anàlisi DAFO que es va elaborar del prototip de la proposta.

Taula 3: DAFO del prototip de la proposta

Prototip Proposta (0)	Origen Intern	Origen Extern
Punts Dèbils	<p>Debilitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La direcció té un radi de gir molt limitat. • El seient, junt amb el model en general és poc ergonòmic. • Els frens no són eficaços. • Xassís poc treballat. • La transmissió de la potència del mecanisme de rem no està ben aconseguida. • No porta carenat, per tant l'aerodinàmica és veu perjudicada. • El prototip és molt pesat per a no portar carenat (20 kg). 	<p>Amenaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tricicles del tipus recumbent cada vegada més treballats. • Direccions per a tricicles amb un radi de gir que permet circular millor i superar les normes de la competició. • Xassís de compost i del tipus T molt més lleugers. • Competidors amb una aerodinàmica molt treballada. • Models guanyadors, amb carenat, que es troben sobre els 25 kg. • Record del Món en una bicicleta recumbent amb carenat. (Aerovelo ETA 144.5 km/h) • Record del món per a tricicles per a un tricicle recumbent amb carenat.. (All Overzealous 119 km/h)
Punts Forts	<p>Fortaleses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El mecanisme de rem, molt innovador. • Altura respecte el terra del prototip, que permet millorar l'aerodinàmica. • Xassís robust. 	<p>Oportunitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Millorar la transmissió. • Estudiar l'ergonomia del prototip i millorar-la. • Aplicar una geometria nova a la direcció. • Estudiar el canvi de frens. • Estudiar les possibilitats de fabricar un carenat per al prototip.

Després, un cop elaborat el primer esbós, també es va fer un anàlisi DAFO, que després comparàrem amb el de la proposta. Aquest, es pot veure a la Taula 4.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

Taula 4: Anàlisi DAFO del primer esbós

Prototip P-Z (1)	Origen Intern	Origen Extern
Punts Dèbils	<p>Debilitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El mecanisme fa un angle molt agut al davant del seient que pot no complir les normes. • El travesser del xassís a simple vista sembla poc resistent. • Posició del ciclista una mica forçada per al mecanisme de rem. • Xassís d'acer. • Sistema estàndard per al muntatge dels frens. • Eix de les rodes davanteres 12x100 (model pensat per a rodes de 16 polzades) • El mecanisme de rem provoca que la aerodinàmica sigui pitjor. • El pes del prototip es troba sobre uns 16 kg sense tenir en compte el possible carenat. 	<p>Amenaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Xassís de compòsit més lleugers. • Competidors amb carenat amb millor aerodinàmica. • Record del Món en una bicicleta recumbent amb carenat. (Aerovelo ETA 144.5 km/h) • Record del món per a tricicles per a un tricicle recumbent amb carenat.. (All Overzealous 119 km/h)
Punts Forts	<p>Fortaleses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de frens de disc hidràulics • Xassís tipus T, només conformat amb un travesser i un llarguer. • Geometria de la direcció basada en Ackermann i amb uns angles de caiguda i de pivot (kingpin) estudiats prèviament. • Transmissió amb un multiplicador i amb canvi de marxes. • Llantes de compòsit. • Seient de compòsit amb forma ergonòmica. • Reducció de pes respecte prototip anterior. • La geometria del xassís facilita el carenat. 	<p>Oportunitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canviar la perfil·leria del xassís i/o el material per millorar-ne el pes i/o la resistència als esforços. • Estudiar la possibilitat de fer un carenat. • Demostrar la resistència del xassís i si no és l'adequada millorar-la. • Possibilitat d'utilitzar fibra de carboni per a millorar el pes del xassís.

Un cop fet les dues anàlisis es va procedir a extreure'n les millores respecte l'anterior, per a veure a quin punt ens trobàvem i cap on volíem anar. Així ens va resultar el següent conjunt de millores que vàrem poder trobar respecte la proposta.

Anàlisi de les millores respecte l'anterior prototip:

-Incorporació de frens hidràulics a les rodes davanteres i supressió del fre de llanta posterior.

-Incorporació del canvi de marxes i d'un multiplicador que milloren la transmissió de potència.

-L'altura respecte el terra s'ha vist disminuïda.

-La direcció s'ha vist millorada, estudiant-ne la geometria i canviant-la tot i que es mantingui el sistema de cablejat.

-L'amplada respecte eixos davanteres i la longitud entre eixos davanteres i posterior s'han incrementat, millorant l'estabilitat del prototip.

-S'ha incorporat un seient ergonòmic, i s'ha aplicat un cert angle a la posició del ciclista. (de 90 graus a 140)

-S'ha reduït quatre quilos el pes total del prototip, tot i que encara és una mica elevat tenint en compte que hi ha models amb carenat que pesen només 9 kg més que el pes estimat del primer esbós.

-El nou prototip porta més elements del mercat que no de fabricació pròpia.

La llista de millores és prou llarga, però com hem vist a l'apartat anterior, hi ha alguns punts que s'han de millorar, i per tant s'ha d'elaborar una solució més funcional. Aquesta solució és la que s'ha presentat al peticionari i la que es descriu al projecte. D'aquesta, també n'hem fet un DAFO per assegurar-nos-en de que efectivament, la solució final és millor als dos prototips exposats. Aquest DAFO es el que es pot veure a la Taula 5.

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

Taula 5: Anàlisi DAFO de la solució.

Prototip P-Z (2)	Origen Intern	Origen Extern
Punts Dèbils	<p>Debilitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El travesser del xassís a simple vista sembla poc resistent. • Posició del ciclista una mica forçada per al mecanisme de rem. • El mecanisme de rem provoca que la aerodinàmica sigui pitjor. • El pes del prototip es troba sobre uns 18 kg sense tenir en compte el possible carenat. 	<p>Amenaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Xassís de compòsit més lleugers. • Competidors amb carenat amb millor aerodinàmica. • Record del Món en una bicicleta recumbent amb carenat. (Aerovelo ETA 144.5 km/h) • Record del món per a tricicles per a un tricicle recumbent amb carenat.. (All Overzealous 119 km/h)
Punts Forts	<p>Fortaleses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de frens de disc hidràulics • Xassís tipus T, només conformat amb un travesser i un llarguer. • Geometria de la direcció basada en Ackermann i amb uns angles de caiguda i de pivot (kingpin) estudiats prèviament. • Transmissió amb un multiplicador i amb canvi de marxes. • Llantes de compòsit. • Seient de compòsit amb forma ergonòmica. • Reducció de pes respecte prototip anterior. • La geometria del xassís facilita el carenat. • La resistència del xassís ha estat estudiada i és òptima. • La perfil·leria està normalitzada. • El material dels perfils s'ha canviat per alumini 	<p>Oportunitats:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canviar la perfil·leria del xassís i/o el material per millorar-ne el pes i/o la resistència als esforços. • Estudiar la possibilitat de fer un carenat. • Demostrar la resistència del xassís i si no és l'adequada millorar-la. • Possibilitat d'utilitzar fibra de carboni per a millorar el pes del xassís.

Després de fer l'anàlisi DAFO de la solució final, s'ha volgut comprovar que és millor que el primer esbós, comparant-ne els dos anàlisis DAFO. Resultant així la següent llista de millores respecte a l'anterior prototip.

Anàlisi de les millores respecte l'anterior prototip:

- La flexió màxima del xassís és inferior a 1 cm.
- La resistència d'aquest s'ha millorat respecte a la versió anterior.
- S'ha mogut el pinyó del mecanisme multiplicador per tal que la cadena vagi en línia recta des dels pedals fins a aquest
- L'altura al terra s'ha modificat per tal d'assegurar el correcte funcionament d'aquest model.
- S'han incorporat elements d'unió entre les diferents bigues del xassís per tal d'assegurar-ne la correcte geometria a l'hora de fabricar-lo.
- S'ha incorporat un sistema per tal que permet variar la inclinació del seient per tal de satisfer les necessitats del client.
- Les rodes davanteres han passat de 16 a 20 polzades millorant així l'estabilitat del prototip.

ANNEX C. MODIFICACIONS PER A COMPETIR A L'ASME

C.1. Introducció

La competició per a universitaris organitzada per l'associació ASME és una mica més restrictiva en quant a seguretat que la competició de la IHPVA. Per a això, s'han plantejat algunes solucions que ens permetin en cas de voler, poder competir-hi.

C.2. Resum de la normativa

La normativa de l'ASME (Human Powered Vehicle Challenge, 2020), està ben detallada i és bastant exhaustiva en quant a la seguretat, per tal de tenir-ne una visió general, s'han resumit les més importants.

-Les superfícies interiors i exteriors han d'estar llises i evitar cantos vius per tal que no es posi en perill el conductor del vehicle.

-Tots els vehicles han de ser capaços de frenar amb sis metres, des d'una velocitat de 25 km/h. També han de ser capaços de girar amb un radi de curvatura no superior a 8 metres i ser estables viatjant en línia recta a 8 km/h durant 30 metres.

-Els vehicles han de portar com a mínim sistema de frens davanters i si es té més d'una roda, al davant o al darrere, s'haurà de instal·lar sistema de frenada a ambdues rodes.

-Rollover Protection System (RPS), tots els vehicles han de tenir un sistema de protecció en cas de bolcatge. Per provar que l'RPS és funcional els jutges poden demanar que es bolqui el vehicle amb el pilot més alt a dintre i comprovar que seria segur en cas d'accident.

-L'RPS, aplicant-hi l'estat de càrrega de la ha de tenir una deformació vertical màxima de 5.1 cm i una deformació horitzontal màxima 3.8 cm

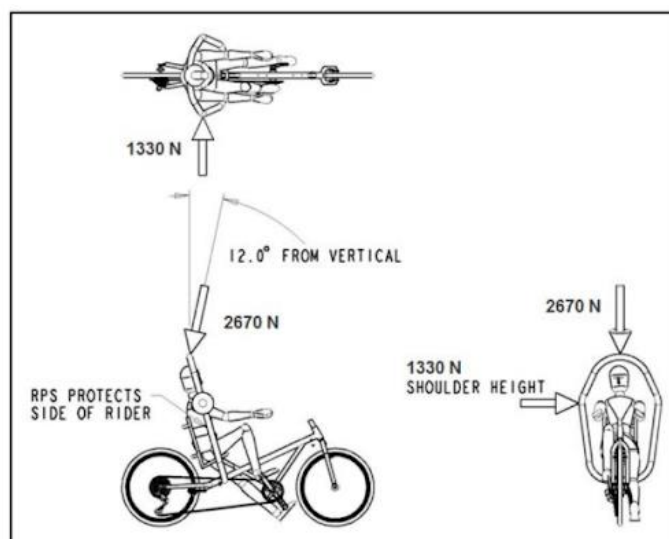


Figura 33: Estat de càrrega per al RPS o Arc de Seguretat (www.efests.asme.org)

- Els participants han de portar la roba adequada.
 - S'ha de comprovar la seguretat dels dispositius d'emmagatzematge d'energia.
 - El pilot ha de tenir 30 minuts d'experiència amb el vehicle.
 - No es pot realitzar cap prova sense la prèvia inspecció de seguretat.
 - Si es modifica el vehicle una vegada inspeccionat i aquesta modificació compromet la seguretat es desqualificarà el vehicle.
 - Arnes de protecció: el vehicle ha d'incorporar un arnes de protecció de 4 punts de fixació.
- **Es podran admetre excepcions en casos especials per a la gàbia i l'arnès.

C.3. Modificacions proposades

Les modificacions proposades són:

- Un arc de seguretat, el qual es podria muntar sobre el mateix tricicle, o bé muntar un altre exemplar del tricicle amb l'arc, ja que aquest aniria soldat a l'estructura del xassís.
- Un carenat de compra, ja que l'arc de seguretat afectaria negativament a l'aerodinàmica, i aquest fet es voldria contrarestar sense gaire cost. Aquest carenat es el WINTR Fairing del fabricant T-cycle que ja porta unes subjeccions que anirien muntades al principi del llarguer.
- Un arnes de 4 punts que aniria cargolat a la part posterior del seient, pel cas de no formar part de les excepcions de l'ASME.

El muntatge final, per a competir a la prova de l'ASME quedaria de forma aproximada com a la Figura 34.



Figura 34: Modificacions proposades per a la competició ASME.

ANNEX D. DIRECCIÓ

La direcció d'aquest tricicle està basada en la combinació de diferents angles que es donen als eixos de gir de les rodes, i del sistema de transmissió del moviment.

Primerament, es configuraran els diferents angles segons recomanacions d'altres fabricants, estudis de mecànica i recomanacions de l'IHPVA.

L'angle del pivot es varia amb l'idea d'apropar l'eix de gir, si no al punt de contacte, a prop de la zona en què la roda toca el terra. Això és per compensar el fet de no portar suspensió, per a disminuir l'efecte dels possibles desperfectes del terra sobre la direcció, ja que la majoria de les forces passen a través de l'eix enlloc de per la direcció. Aquest angle sempre es troba al voltant dels 15 graus, tot i que pot variar, en el nostre cas, s'ha agafat un angle de 17.4 graus.

L'angle de llançament s'utilitza per a donar estabilitat a grans velocitats i es sol trobar entre els 10 i 15 graus, i donat que volem assolir un rècord de velocitat, agafem el major, 15 graus.

Per acabar, per evitar que les rodes rellisquin al girar s'ajustarà la direcció amb la geometria d'Ackermann, que es basa en fer coincidir el centre de gir de les dues rodes que intervenen a la direcció, i consisteix en ajustar els braços de la direcció o palanquetes al centre de l'eix posterior, tot i que no sempre resulta efectiu. Per això, per a fer-lo el millor possible ens hem basat en un estudi (Simionescu & Beale, 2002), que indica les dimensions a seguir segons la distància entre eix davanter i eix posterior W_b , i la longitud entre eixos davanter W_t , que els podem entendre millor a la Figura 35.

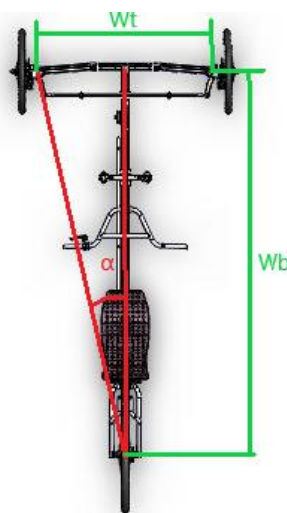


Figura 35: Localització dels paràmetres importants per al teorema d'Ackermann.

La ràtio d'aquestes dues s'ha de trobar entre 1.4 i 2.4 com veiem a l'Equació 1. Seguidament, calculem que aquest fet es compleix, calculant el ràtio de les nostres dimensions, en mm, a l'Equació 2.

$$1.4 < \frac{Wb}{Wt} < 2.4 \quad (\text{Eq 1})$$

$$\frac{Wb}{Wt} = \frac{2260,46}{1045,68} = 2,15 \quad (\text{Eq 2})$$

Vist que es compleix el requeriment, es regula l'angle de les palanquetes de la direcció α , fent-lo coincidir amb el centre de l'eix posterior segons Ackermann. Per això calculem l'angle de les palanquetes a l'Equació 3.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1045,68}{2 * 2260,46} \right) = 13,023^\circ \quad (\text{Eq 3})$$

La llargària de les palanquetes l , ha de ser un producte d'entre 0.14 i 0.18 amb l'amplada entre eixos davanters Wb . S'ha agafat com a referència un valor aproximat de 0,15 i s'ha fet el producte, en mm, a l'Equació 4.

$$l = Wb * 0,15 = 1045,68 * 0,15 = 156,1 \text{ mm} \quad (\text{Eq 4})$$

Els valor resultant, s'ha aproximat, agafant una llargària de les palanquetes de 150 mm respecte el centre de l'eix de gir, ja que els nostres eixos no són paral·lels.

ANNEX E. ESTUDI DE MERCAT

E.1. Introducció

Per a tenir una idea de les tendències que segueixen els HPV que ja estan dissenyats, i que podem trobar sovint s'ha decidit fer un breu estudi de mercat, per així poder escollir alguns punts claus en els que basar-nos.

E.2. Productes similars disponibles al mercat

-Bacchetta Carbon Trike 2.0

Aquest exemple esta elaborat en la seva totalitat en fibra de carboni, tant el xassís com el seient. En quant al xassís veiem com és una biga central que incorpora el triangle posterior, la direcció i el pedalier, en forma de creu. Porta frens de disc en les dues rodes davanteres, i un pedalier i canvi de marxés convencional. La roda posterior és de 28 polzades i les davanteres són de 20. Referent a la direcció veiem que porta una maneta per a cada ma amb els respectius frens i el control dels canvis de marxés. El seu aspecte és el de la Figura 36.



Figura 36: Bacchetta Carbon Trike (www.bacchettabikes.com)

-ThunderBolt

Aquest model com podem veure a la Figura 37 és més de passeig i porta una posició del seient menys estirada. El xassís és d'alumini, porta el pedalier més alt i més a prop del seient. Les rodes són d'alumini, i porta una combinació de dimensions de rodes de 20 polzades a les davanteres i 28 a la posterior. El manillar també és en forma de U i acaba a cada banda del seient, amb els frens i els controls del canvi de marxés.



Figura 37: Tricycle Thunderbolt (www.hellbentcycles.com)

-ICE VTX

Aquest model és semblant al de carboni però és fet d'alumini, i porta les rodes de fibra de carboni, el sistema de la direcció i de la propulsió és exactament igual, una maneta a cada ma amb els frens i els controls dels canvis de marxa. La major diferència és al xassís, on trobem que canvia el material i degut a això el triangle posterior és separat, el que serveix de recolzament per al seient. A banda, s'observa com porta un guia cadenes d'unes dimensions majors sota el seient.



Figura 38: Tricycle ICE VTX (www.icetrikes.co)

-HANDBIKE FORCE RX

Model de bicicleta manual de configuració delta, dues rodes darrere i una davant. El xassís és d'alumini format per dues bigues, el perfil d'aquest és molt baix per preservar la aerodinàmica. Les rodes són de 26 polzades i només incorpora fre a la roda davantera. La direcció és davantera i pivota respecte el xassís amb un angle de uns 45 graus respecte el terra. La transmissió es fa per cadena i incorpora 9 pinyons i 3 plats per tal de configurar el canvi de marxes.



Figura 39: Tricycle Handbike Force RX (www.topendwheelchair.invacare.com)

E.3. Conclusions de l'estudi de mercat

S'observa que en la majoria dels productes estudiats s'adopta la mateixa tipologia de xassís, d'alumini en forma de T, i que el tipus de disposició és de dues rodes de 20 polzades al davant i una de 28 al darrere. A més, porten frens de disc, i tenen el seient reclinat.

ANNEX F. CÀLCUL DE L'ESTRUCTURA

F.1. Introducció

L'estructura del xassís, després de ser definida la seva geometria, i perfil·leria, s'ha sotmès a un estudi amb ANSYS, simplificant-la amb biguetes. S'han agafat els punts clau del xassís i s'han referit a un sistema de referència, amb l'origen a un dels punts del xassís. Després s'ha determinat quins d'aquests punts es troben units entre si, arribant així a l'estructura formada per línies, a les que posteriorment s'ha assignat una secció i un material com es veu a la Figura 40. També hi podem observar el sistema de referència en què es troba. S'ha definit un mallat uniforme de mida 10 mm.

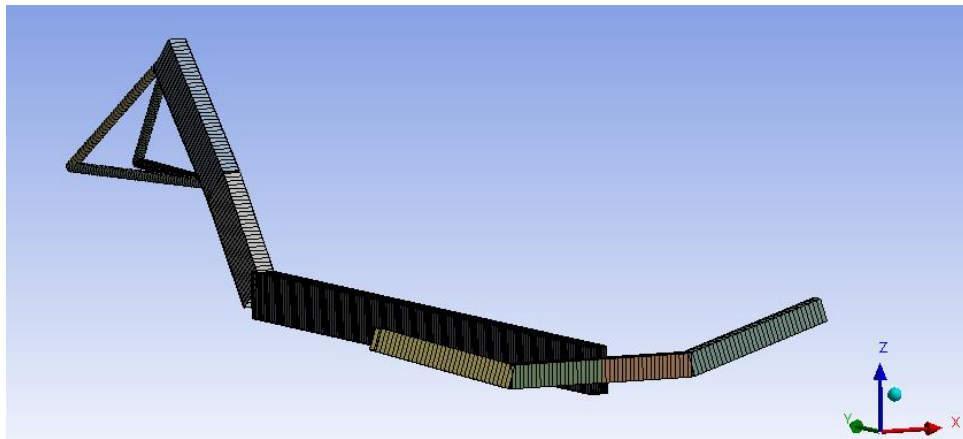


Figura 40: Xassís modelat amb biguetes.

Finalment, s'han aplicat les condicions de contorn i diferents estats de càrrega.

F.2. Condicions de contorn

Les condicions de contorn es veuen a la Figura 41 i s'han establert basant-nos en el cas del pes amb el tricicle en repòs, considerant que els recolzaments del basculant (A i C) actuen com a ròtules, impedit els desplaçaments en cap dels eixos i que els recolzaments del travesser (B i D), impedeixen els desplaçaments en z i en x.

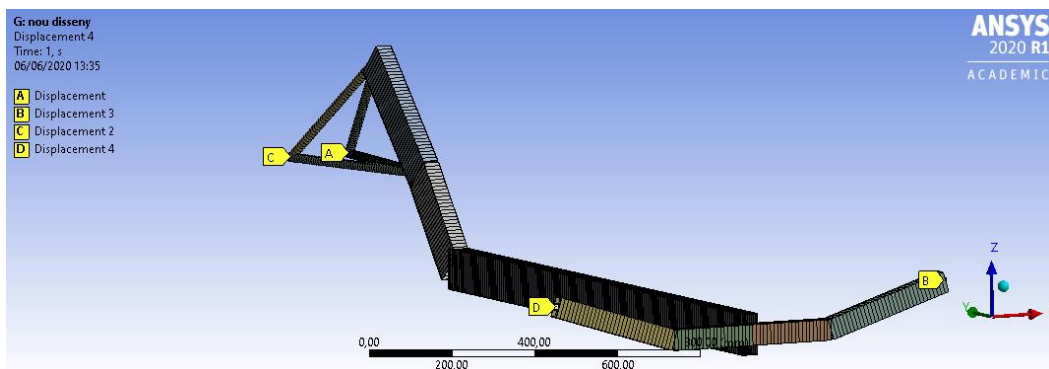


Figura 41: Condicions de contorn per a l'estudi de l'estructura.

F.3. Estats de càrrega

F.3.1. Pes d'una persona asseguda al tricicle

S'ha considerat el pes d'una persona de 80 kg, tot pensant en un cas accidental, en que la força d'aquest pes es vegi multiplicada per 1.5, és a dir, 1176 N cap avall aplicats al llarguer, al punt on va subjectat el seient.

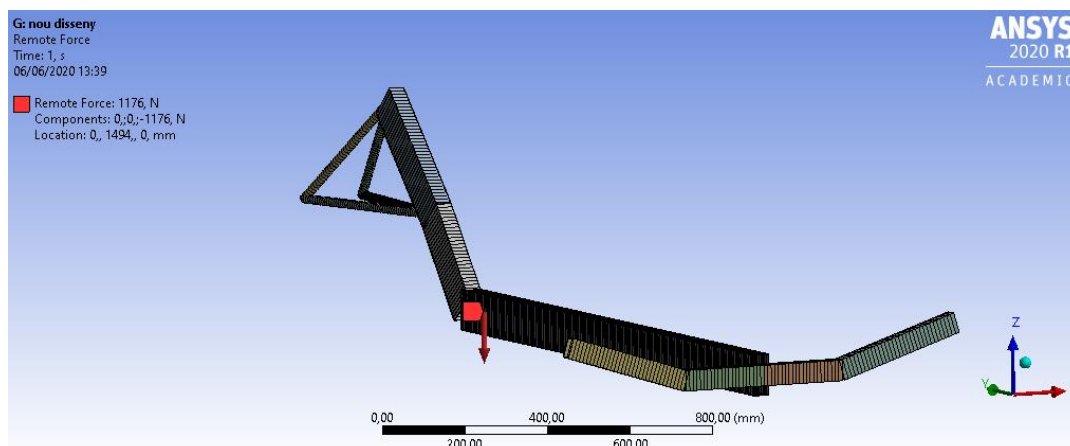


Figura 42: Estat de càrrega suposat per al pes d'una persona.

Un cop definit les condicions de contorn i l'estat de càrrega s'han obtingut els següents resultats:

Com es pot veure a la Figura 43, la deformació total es troba al llarguer, un dels punts més crítics de l'estructura, a prop del lloc on s'aplica la càrrega, donat que el llarguer és una part molt esvelta. La deformació màxima és de 8.33 mm que comparats amb els quasi 1600 del llarguer és un resultat acceptable. A més, no arribem als 10 mm màxims recomanats.

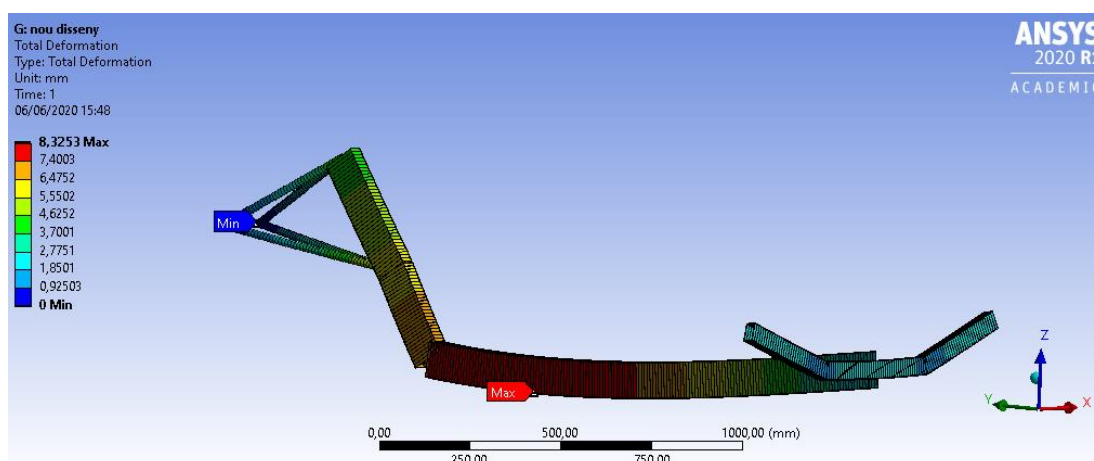


Figura 43: Deformació total (mm) per al pes d'una persona en cas accidental.

En quant a esforços, és de preveure que els màxims es trobaran a prop del lloc on hi ha la deformació màxima, i l'esforç màxim combinat és de 59.4 MPa, lluny del límit elàstic de

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

l'alumini utilitzat (245 MPa). No obstant, es calcularà el factor de seguretat, a l'Equació 5, que trobem a l'estructura.

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{241}{59.4} = 4,1 \quad (\text{Eq 5})$$

Aquest factor de seguretat és bastant acceptable, tot i que s'haurà de comprovar que es manté per altres estats de càrrega que es puguin plantejar durant l'ús del tricicle .

F.3.2. Cas de frenada accidental

El següent estat de càrrega proposat és el cas d'una frenada accidental, suposant òbviament que també hi ha el pes de la persona de 80 kg a sobre.

S'ha suposat una frenada per passar de 120 km/h a 0 km/h en 5 segons, que podem veure a l'Equació 6 que provoca una desacceleració de $6,66 \text{ m/s}^2$ que suposaria una força de 666 N, segons l'Equació 7, on la massa són els 80 kg de l'individu sumats als 20 kg aproximats del tricicle, repartida entre la superfície de contacte de les dues rodes amb el terra, és a dir, 333 N a cada roda.

$$a \left(\frac{m}{s^2} \right) = \frac{v}{t} = \frac{33.33 \frac{m}{s}}{5 s} = 6.66 \frac{m}{s^2} \quad (\text{Eq 6})$$

$$F = m * a = 100 * 6.66 = 666 N \quad (\text{Eq 7})$$

Per entendre millor l'estat de càrrega podem mirar la Figura 44.

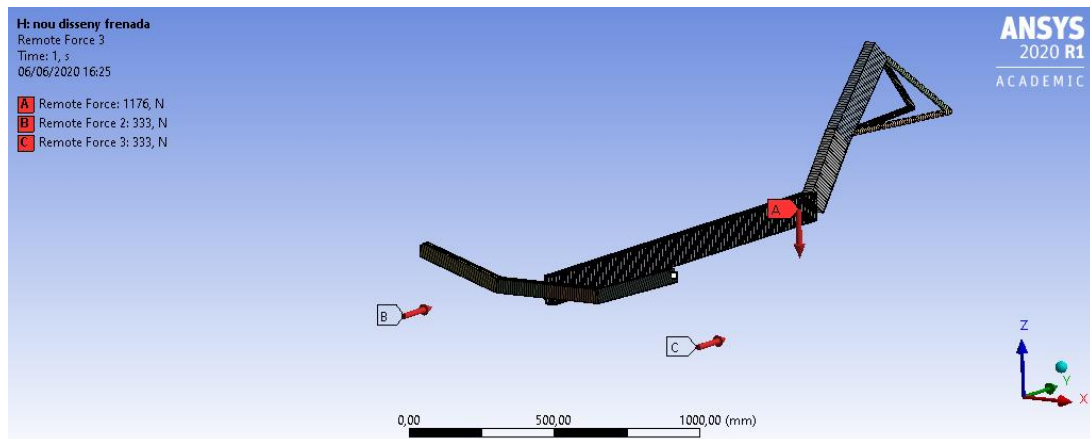


Figura 44: Estat de càrrega per a un cas de frenada accidental.

Així, obtenim uns resultats prou semblants al primer cas. La deformació augmenta fins a 8,47 mm, tot i que es troba al mateix lloc i l'esforç màxim puja fins a 68,19 MPa i canvia de localització, en aquest cas, l'esforç màxim es troba a la unió del llarguer amb el traverser, com es pot observar a la Figura 45. Tot i així, calcularem el factor de seguretat, a l'Equació 8, per a veure en quin ordre es manté.

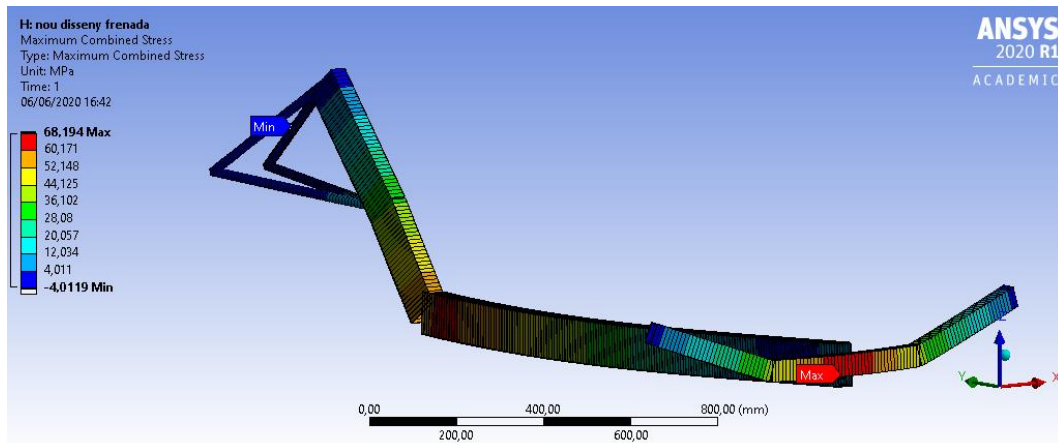


Figura 45: Esforç màxim (MPa) per al cas accidental de frenada.

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{241}{68.2} = 3.53 \quad (\text{Eq 8})$$

A aquest punt, per l'estat de carrega proposat, trobem un factor de seguretat de 3.53 i notem que no ha disminuït excessivament. Tot i així, aquesta unió està previst que serà reforçada, feta d'una peça massissa d'alumini.

F.4. Conclusions

L'estructura està dimensionada de forma que les parts més crítiques, en casos accidentals es deformen per sota de 10 mm, el que és un resultat prou favorable tenint en compte les dimensions totals del xassís. I ens trobem amb un factor de seguretat al voltant de 3.5.

Això ens indica que l'estructura és prou resistent.

ANNEX G. CÀLCUL DEL VINCLAMENT

Degut a l'esveltesa de la peça principal, s'ha decidit fer un càlcul de vinclament, per a això, s'ha partit dels resultats del càlcul estructural de l'ANNEX F per al cas del pes d'una persona.

Aquest càlcul, s'ha fet seguint les indicacions d'un manual per a càlcul d'elements finits per a ANSYS (Lee, 2015).

Relacionant l'estat de càrrega amb un estudi de vinclament *Eigenvalue Buckling* de l'ANSYS, es procedirà al càlcul de 4 modes, i per a cada mode obtindrem un multiplicador de càrrega que s'aplicarà a la càrrega inicial per a trobar la càrrega de vinclament. Els resultats doncs, són els de la Taula 6.

Taula 6: Resultats de l'estudi de vinclament

Mode	Multiplicador de càrrega
1	58,304
2	106,02
3	133,19
4	153,98

Això significa que per a que col·lapsi l'estructura per vinclament, els axials generats pel ciclista s'han de multiplicar per 58,304 per al primer mode, per 106,02 per al segon, i així respectivament. Per a veure-ho més clar, es pot mirar a la Figura 46.

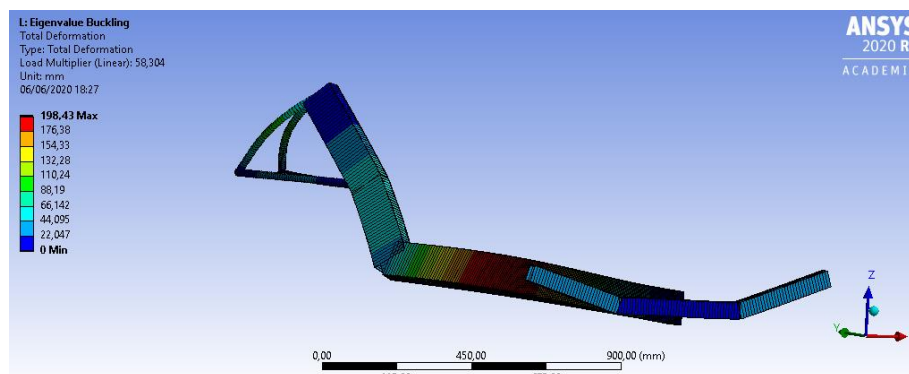


Figura 46: Deformació del mode 1 de vinclament

Cal dir, que la deformació no té sentit físic, ja que és un problema de valors propis, tot i que el que ens interessa és saber que no existeix el vinclament fins a multiplicar la càrrega aplicada per 58. A més, la forma de la deformació, ens serveix per saber per quina part col·lapsarà. I sembla que per al primer mode, la part més afectada, per on vinclarà, és el llarguer.

També pot ser convenient mirar el mode 2, per veure per on podria vinclar després, això es pot veure a la Figura 47, a la que s'observa que també vinclaria per les barres del basculant.

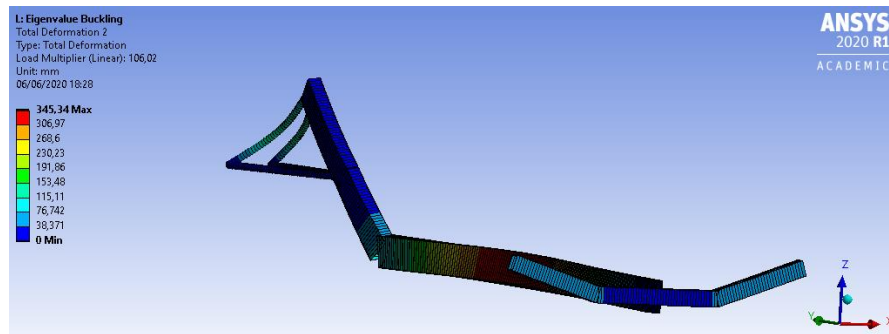


Figura 47: Deformació del mode 2 de vinclament

El mode 3, a la Figura 48, i el mode 4, a la Figura 49, ens confirmen el que preveiem al modes 1 i 2, i no és més que les parts més crítiques per al vinclament són el llarguer i el basculant, sobretot al mode 4, tot i que difícilment s'arribi al punt del vinclament.

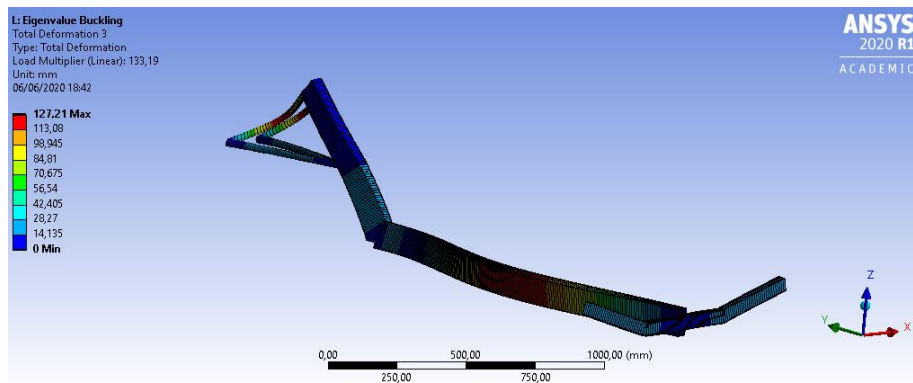


Figura 48: Deformació del mode 3 de vinclament

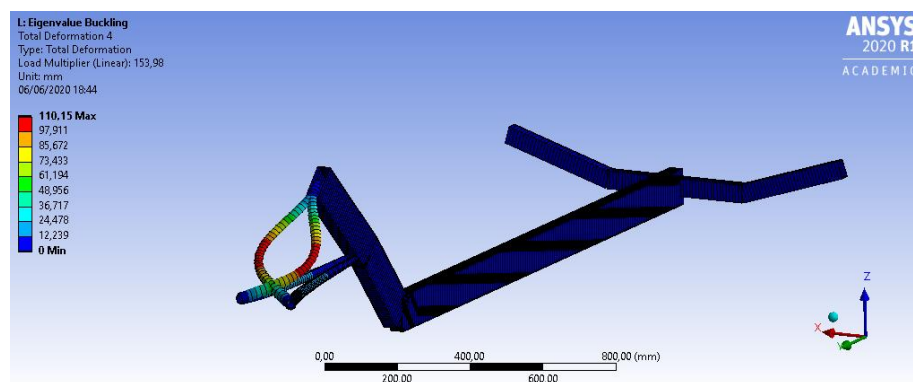
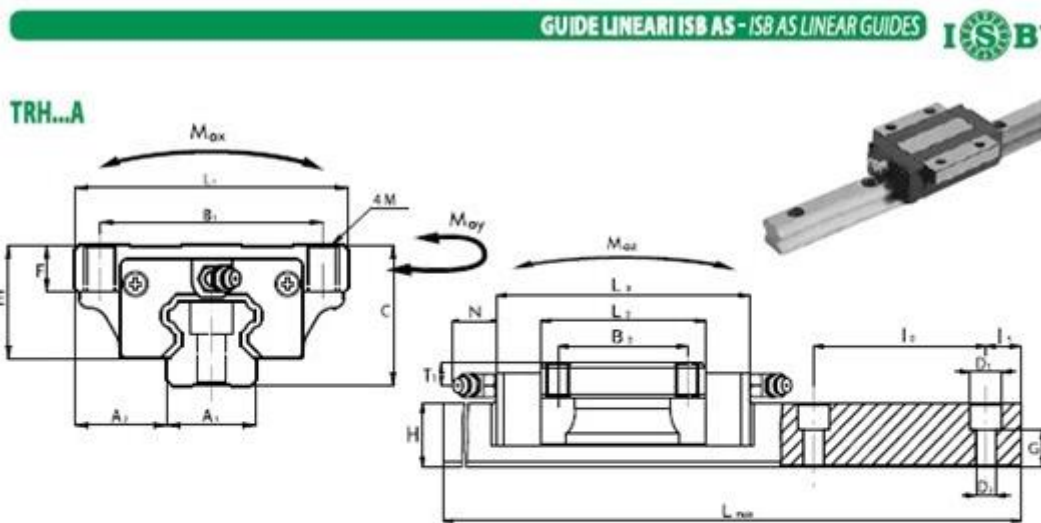


Figura 49: Deformació del mode 4 de vinclament

ANNEX H. FITXES TÈCNiques

H.1. Guies lineals ISB



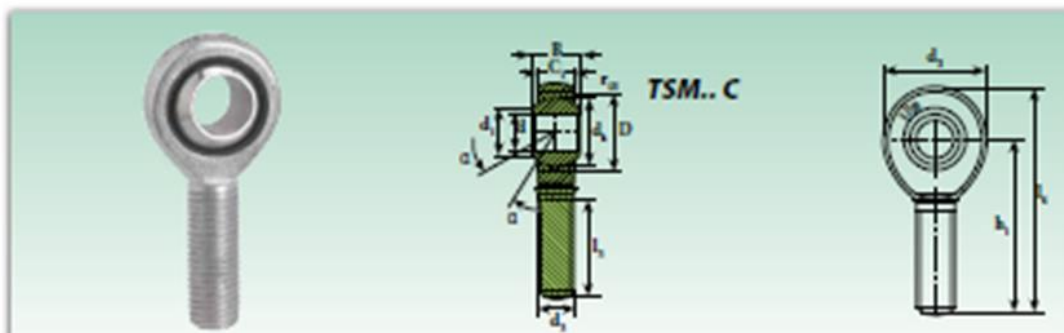
CARRELLO BLOCK	DIMENSIONI / DIMENSIONS															
	Guida Rail	Tappo fori guida Rail holes cap	A ₁ [mm]	A ₂ [mm]	B ₁ [mm]	B ₂ [mm]	M [mm]	C [mm]	E [mm]	F [mm]	H [mm]	⁽¹⁾ l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]	l ₂ [mm]	l ₃ [mm]
TRH15A	BR15	C15	15	16	38	30	M5x8	24	19.4	8	14	20	60	47	40	66
TRH20A	BR20	C20	20	21.5	53	40	M6x9	30	25	9	18	20	60	63	48.8	77.8
TRH25A	BR25	C25	23	23.5	57	45	M8x12	36	29	12	22	20	60	70	57	88
TRH30A	BR30	C30	28	31	72	52	M10x12	42	33	12	26	20	80	90	72	109
TRH35A	BR35	C35	34	33	82	62	M10x13	48	38.5	13	29	20	80	100	80	119
TRH45A	BR45	C45	45	37.5	100	80	M12x15	60	46	15	38	22.5	105	120	105	148.2
TRH55A	BR55	C55	53	43.5	116	95	M14x20	70	55	20	38	30	120	140	121	170

CARRELLO BLOCK	DIMENSIONI / DIMENSIONS										CARATTERISTICHE MECCANICHE MECHANICAL CHARACTERISTICS				PESO WEIGHT	
	Guida Rail	Tappo fori guida Rail holes cap	Foro lub. Oil hole [mm]	T1 [mm]	N [mm]	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	G [mm]	L _{max} [mm]	C ₀ [kN]	C [kN]	M _{Cx} [Nxm]	M _{Cy} [Nxm]	M _{Cz} [Nxm]	Pattino Block [kg]	Rotaia Rail [kg/m]
TRH15A	BR15	C15	ø3	4.3	5.3	7.5	4.5	8.7	4000	16.5	8.5	100	80	80	0.21	1.4
TRH20A	BR20	C20	M6x1	5	16.6	9.5	6	9.5	4000	25.6	14.5	220	180	180	0.4	2.6
TRH25A	BR25	C25	M6x1	5	16.6	11	7	13	4000	40	21.4	360	320	310	0.57	3.6
TRH30A	BR30	C30	M6x1	7	16.6	14	9	14	4000	54.9	29.8	600	500	490	1.1	5.2
TRH35A	BR35	C35	M6x1	8	16.6	14	9	17	4000	70.1	39.6	960	750	730	1.6	7.2
TRH45A	BR45	C45	M8x1	10	16.6	20	14	21	4000	121	67.4	2160	1700	1680	2.7	12.3
TRH55A	BR55	C55	M8x1	11	16.6	23	16	24	4000	171	99.4	3670	2930	2880	5.0	16.9

(1) Misura consigliata. Altre misure a richiesta. In mancanza di specifica indicazione la misura l1 sarà uguale per entrambe le estremità.
 (1) Suggested dimension. Other dimensions on request. With no specific request, the l1 values on both ends will be the same.

H.2. Rotula ISB

Cabezas de articulación (sin mantenimiento)
Rod ends (maintenance-free)



Cabezas de articulación / Rod ends

Serie ^a Designator ^b	Dimensiones mm Dimensions mm										Grados Degrees	Distancia de los bordes (mm.) Distance from edges (mm.)	Coeficientes de Carga Ratings load		Peso Weight	
	d H7	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	B	C ₁	D	h ₁	l ₁			l ₂	l ₃		l ₄
TSM 5 C	5	7,7	18	M 5x0,8	11,11	8	7,5	13	33	19	42	13	0,3	3,6	3,9	0,01
TSM 6 C	6	8,9	20	M 6x1	12,70	9	7,5	16	36	21	46	13	0,3	4,7	5,2	0,020
TSM 8 C	8	10,3	24	M 8x1,25	15,88	12	9,5	19	42	25	54	14	0,3	7,6	8,2	0,03
TSM 10 C	10	12,0	28	M 10x1,5	19,05	14	11,5	22	48	28	63	13	0,3	12	15	0,05
TSM 12 C	12	15,4	32	M 12x1,75	22,23	16	12,5	26	54	32	71	13	0,3	14	19	0,085
TSM 12,1 C	12	15,4	32	M 12x1,25	22,23	16	12,5	26	54	32	71	13	0,3	14	19	0,085
TSM 14 C	14	16,8	36	M 14x2	25,40	19	14,5	29	60	36	79	16	0,3	19	24	0,12
TSM 16 C	16	19,3	42	M 16x2	28,58	21	15,5	32	66	37	87	15	0,3	23	29	0,18
TSM 16,1 C	16	19,3	42	M 16x1,5	28,58	21	15,5	32	66	37	87	15	0,3	23	29	0,18
TSM 18 C	18	21,8	44	M 18x1,5	31,75	23	17,5	35	72	41	95	15	0,3	29	34	0,26
TSM 20 C	20	24,3	50	M 20x1,5	34,93	25	18,5	40	78	45	103	14	0,3	34	40	0,34
TSM 22 C	22	25,8	54	M 22x1,5	38,10	28	21	42	84	48	112	15	0,3	42	50	0,43
TSM 25 C	25	29,5	60	M 24x2	42,85	31	23	47	94	55	124	15	0,3	52	57	0,64
TSM 28 C	28	32,3	66	M 27x2	47,60	35	26	-	103	62	136	15	0,3	66	69	0,87
TSM 30 C	30	34,8	70	M 30x2	50,80	37	27	55	110	66	145	17	0,3	73	77	1,07
TSM 35 C	35	-	81	M 36x2	57,15	43	28	-	140	85	180,5	16	0,3	-	-	1,64
TSM 40 C	40	-	91	M 42x2	66,67	49	33	-	150	90	195,5	17	0,3	-	-	2,3
TSM 50 C	50	-	117	M 48x2	82,5	60	45	-	185	105	243,5	17	0,3	-	-	4,8

Bajo demanda, están disponibles en acero inoxidable (aro interior AISI 440 C - aro exterior AISI 304)
 Under request, stainless steel available (AISI 440 C inner ring - AISI 304 housing)

^a Para rosca a izquierda agregar el sufijo "L" (ejemplo: TSM...C)
 The thread of ball joint housing may be left-hand thread, for left-hand thread suffix "L" is added (example: TSM...C)

Acoplamiento de deslizamiento: acero/PTFE
 Sliding coupling: steel/PTFE
 TSM...C equivalente a equivalent to: GAKL-FW INA y and SAKL.F SKF
 * Longitud mínima: Minimum length

H.3. Frens

Pinza de freno de disco hidráulico de 4 pistones ZEE



BR-M640

ZEE - ICE TECHNOLOGIES - 4 pistones - Pinza de freno de disco hidráulico

El diseño de alta potencia de 4 pistones cerámicos del freno ZEE garantiza el control cuando se conduce por los terrenos más abruptos.

- Puente de 4 pistones cerámicos de alta potencia
- Diseño con rigidez total
- Purga limpia y sencilla
 - » Pinza de purga unidireccional
 - » Herramienta de purga de embudo
- Pastilla ICE TECHNOLOGY (opcional): H01A resina/H03C metal Pastilla de freno ultraligera: D01S Resina/D02S Metal
- Peso: 314 g (delantero y trasero, zapata de resina)

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DEL DISTRIBUIDOR 1

MANUAL DEL DISTRIBUIDOR 2

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

N ° DE MODELO	BR-M640
SERIE	ZEE M640 Serie
Color	Color de serie
Peso medio	314 g**
Observaciones	** Peso de una unidad
Color de manguito de freno (kit)	Negro Blanco
Manguito de freno (kit)	SM-BH90-SBS
Tipo de freno	Freno de disco hidráulico
Perno de fijación de la pinza_Método antiaflojamiento	Anillo elástico
Perno de fijación de la pinza_Tamaño de herramienta	5 mm
Unión de manguitos	Banjo
Especificación J-Kit (para fabricantes de equipos originales)	✓
Tipo de soporte (disponible para soporte IS con adaptador)	Tipo de montaje en tija
Aceite	Mineral SHIMANO
Purga de una dirección	✓
Pastilla_Opción	H01A Resina, H03A Resina
Pastilla_Estándar	D01S Resina, D03S Resina D02S metal
Soporte de pastilla	Horquilla
Pistón	4
Maneta de freno recomendada	BL-M640
Disco de freno recomendado	SM-RT66
Pinza compatible con pastilla Ice Technology	✓

Maneta de freno de disco hidráulico con abrazadera I-SPEC II SHIMANO ZEE



ZEE

BL-M640-B

SHIMANO ZEE - Maneta de freno de disco hidráulico - Abrazadera I-SPEC II - SERVO WAVE ACTION

Gracias a su palanca con textura y a su diseño rígido, la maneta SHIMANO ZEE ofrece un rendimiento de freno seguro destinado a los ciclistas que practican la modalidad de Gravity. La maneta BL-M640 cuenta con un ajuste de alcance que no necesita herramientas y SERVO WAVE ACTION, y es compatible con I-SPEC II.

- Palanca Servo Wave corta
- Maneta antideslizante ergonómica
- Ajuste de alcance sin herramientas
- Diseño con rigidez total
- Compatible con I-spec
- Peso: 116,7 g

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DEL DISTRIBUIDOR 1

MANUAL DEL DISTRIBUIDOR 2

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

N ° DE MODELO	BL-M640-B
SERIE	ZEE M640 Serie
Color	Color de serie
Peso medio	116.7 g**
Observaciones	* I-SPEC Tipo B. ** Peso de una unidad
Manguito de freno (kit)	SM-BH90-SBS
Color de manguito de freno (kit)	Negro
Tipo de freno	Freno de disco hidráulico
Abrazadera_Abrazadera abierta	✓
Purga con embudo	✓
Unión de manguitos	Recto
Opción J-Kit disponible	✓
Tamaño de maneta (dedo)	2
Aceite	Mineral SHIMANO
Ajuste de alcance_Herramienta	✓
Pinza de freno recomendada	BR-M640
Mecanismo Servo Wave	✓
Soporte de maneta de cambio compatible_Abrazadera	✓
Soporte de maneta de cambio compatible_I-SPEC B	✓

H.4. Rodes

Buje delantero de freno de disco SHIMANO 105



SHIMANO **105**

HB-R7070

SHIMANO 105 - Buje delantero - CENTER LOCK - Freno de disco - 100x12 mm Eje E-THRU

Juntas tóricas internas, un manguito de engrase, y rodamientos de cazoleta y cono de alta calidad proporcionan una alta durabilidad y un rodamiento suave. Disponible en plateado y negro.

- Gran estabilidad
 - » Alta rigidez
 - Eje de carretera E-THRU de 12 mm
- Fácil instalación y mantenimiento
- Colores opcionales: Negro Sedoso

[MANUAL DE USUARIO](#)

[MANUAL DEL DISTRIBUIDOR](#)

[LOCALIZA UN DISTRIBUIDOR](#)

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

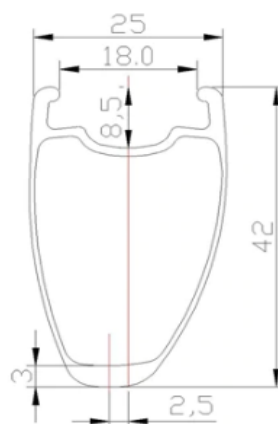
N ° DE MODELO	HB-R7070
SERIE	SHIMANO 105 R7000 Serie
Color	Negro Sedoso
Peso medio	165 g
Montaje de disco_CENTER LOCK	✓
Montaje de disco_Compatible con rotor de disco de 140 mm	✓
Método de fijación del eje	E-THRU de 12 mm
Balero_Cono	CBN, Polish
Balero_Taza	Cera
Tipo de freno	Freno de disco CENTER LOCK
Diámetro de brida (mm)	52.8
Distancia de brida (mm)	59.6
Manguito de grasa interno	✓
Ancho de buje (mm)	100
Ajuste (mm)	6
P.C.D. (mm)	44
Junta	Contacto
Orificios de los radios_32 orificios	✓
Orificios de los radios_36 orificios	✓
Thru Axle(Length x Inner diameter)_100 x 12 mm	✓
Flange diameter_Parte delantera (mm)	52.8
Flange diameter_Parte trasera (mm)	52.8
P.C.D._Parte delantera (mm)	44/44
P.C.D._Parte trasera (mm)	44/44



Borde de carbono BMX 20er 406 Información básica			
Número de modelo	BMX406-38	Material	Toray de T700
Tamaño de la llanta	20 pulgadas	Borde tipo	Clincher
Borde amplia	23mm	Con agujeros	18/18/20/24/28/32/36 H
La profundidad del borde	38mm	División de	348
Terminar	UD/3 K (brillante y mate)	Peso	300±15g
Garantía	2 años		

Product Specifications

Borde sección

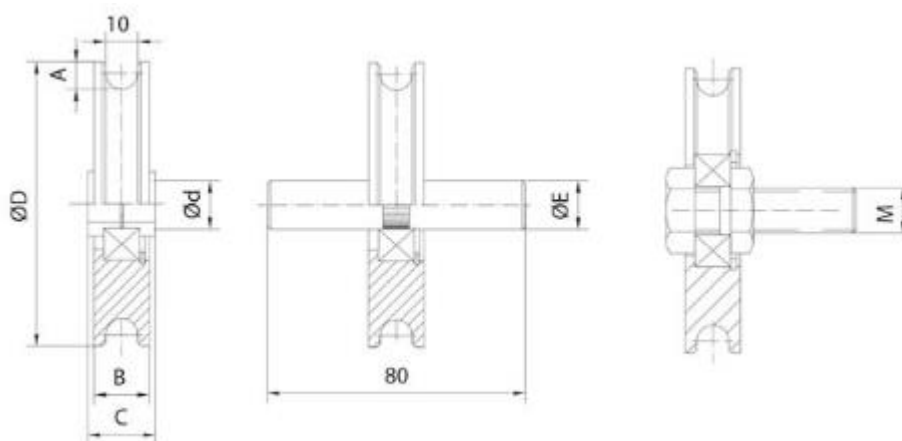


Tamaño	700C
Profundidad	42mm
Ancho	25mm asimétrica
Tipo de	Sin cámara
Peso	380±15g
Material	Toray de T700
Ancho interior	18mm
Armadura	UD
Terminar	Mate
Agujeros	20 a 24 y 28 a 32 o 36
Pezón de posición	Externa
Sistema de frenado	Disco
Límite de peso máximo	125Kg
Max hablaba atención	180KGf
Estándar	Es
Garantía	12 meses

H.5. Transmissió

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
N ° DE MODELO	SG-S7001-11
SERIE	SHIMANO ALFINE S7000/S700 Serie
Color	Plata Negro
Peso medio	1,665 g
Tipo de bicicleta_Tipo de soporte	Freno de disco CENTER LOCK
Velocidades	11
Relación de marchas_Total	409%
Relación de marchas_1	0.527
Relación de marchas_2	0.681
Relación de marchas_3	0.77
Relación de marchas_4	0.979
Relación de marchas_5	0.995
Relación de marchas_6	1.124
Relación de marchas_7	1.292
Relación de marchas_8	1.462
Relación de marchas_9	1.667
Relación de marchas_10	1.888
Relación de marchas_11	2.153
Modulador de potencia del cambio	✓
Orificio de radio_32 orificios	✓
Orificio de radio_36 orificios	✓
Longitud del eje (mm)_187	✓
Estructura del cambio	Top Normal
Eficiencia de conducción	Alto
Diámetro de brida (mm)	104.3
Ancho de anclaje (mm)_Izquierdo	3.2
Ancho de anclaje (mm)_Derecho	3.2
Mecanismo de soporte del cambio de marcha	✓
Ancho de buje (mm)	135
Ajuste (mm)	3.2
P.C.D. (mm)	92.6
Embrague silencioso	✓
Tamaño de radio	#13/#14
Distancia de brida (mm)	57.3

H.6. Politges i cable trenat



Cod.	Medidas Dimensions	ØD	A	B	C	ød	ØE	M			Peso Máx. Kg
360	45x10	45	8	16	-	-	10	-	30	2,00	196
361	60x10	58	8	17	22	12	15	14x50	30	2,75	375
362	70x10	68	9	17	22	12	15	14x50	24	2,55	375
363	80x10	78	9	17	22	12	15	14x50	15	1,95	375
364	90x10	88	9	17	22	12	15	14x50	12	1,85	375
365	100x10	98	9	17	22	12	15	14x50	12	2,20	375
366	120x10	118	9	17	22	12	15	14x50	7	1,70	375
367	150x10	147	9	19	32	16	20	16x50	4	1,90	655
381	180x10	177	9	19	32	16	20	16x50	4	2,60	655
368	200x10	197	9	19	32	16	20	16x50	4	3,05	655

REFERENCIA: 60136

Rueda para portal de 60 mm de diámetro, para portal de acero negro con canal redondo.

Esta rueda de canal redondo de 10 mm de ancho está diseñada para un rail redondo. Puede soportar una carga máxima de 200 kg.

Este accesorio de diseño para portal corredero tiene un núcleo simple en rodamiento de bolas. Muy fácil de poner, gracias a su montaje rápido, se vende con sus accesorios de ferretería (perno y tuerca de fijación).

El color de esta rueda se consigue por cataforesis: una técnica de aplicación uniforme de una resina coloreada, utilizada en particular en la industria automovilística. Esta técnica proporciona una extraordinaria protección contra todos los agentes atmosféricos y otros tipos de ataques, que perduran en el tiempo.

FICHA DE DATOS

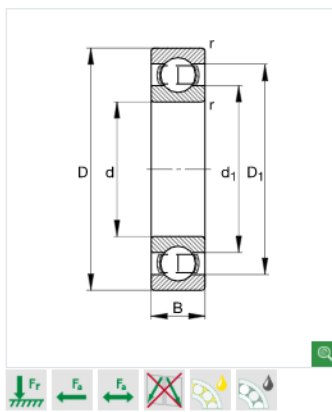
	DIÁMETRO DE LA RUEDA EN MM	60
	CAPACIDAD DE CARGA EN KILOS	200
	MATERIAL DE VENDAJE	Acero
	TIPO DE RODAMIENTO	Cojinete de bolas
	TALADRO	10
	PROFIL DE GORGE	Ronda

Disseny mecànic d'un tricicle propulsat a rem

Características del producto	
Carga soportada	160 kg
DIN/EN/ISO	DIN EN 12385-4
Diámetro	4 mm
Trenzado	6 × 7 FC
Material	Acero
Tratamiento superficial	Galvanizado
Largo	10 m
Con certificación DIN	Sí, según DIN
Peso (neto)	600 g

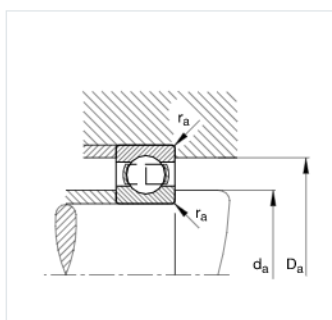
Características del producto	
Carga soportada	240 kg
DIN/EN/ISO	DIN EN 12385-4
Diámetro	5 mm
Trenzado	6 × 7 FC
Material	Acero
Tratamiento superficial	Galvanizado
Largo	10 m
Con certificación DIN	Sí, según DIN
Peso (neto)	840 g

H.7. Rodaments

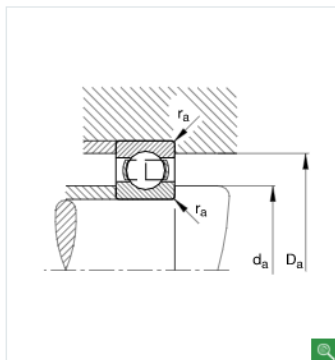
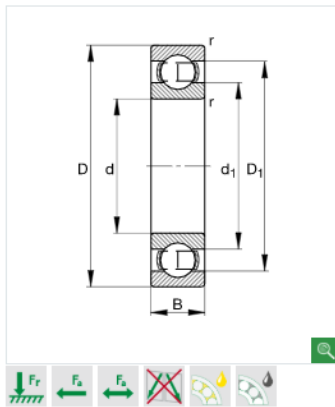


d	10 mm
D	35 mm
B	11 mm

D_1	27 mm
$D_{a \max}$	30,8 mm
d_1	18,1 mm
$d_{a \min}$	14,2 mm
$r_{a \max}$	0,6 mm
r_{\min}	0,6 mm



m	0,055 kg	Peso
C_r	8600 N	Capacidad de carga dinámica, radial
C_{Dr}	3450 N	Capacidad de carga estática, radial
C_{Ur}	237 N	Carga límite de fatiga, radial
n_G	31000 1/min	Velocidad límite
n_{Br}	21100 1/min	Velocidad de referencia
f_0	11,3	Factor de cálculo



d	20 mm
D	32 mm
B	7 mm

D_1	28,2 mm
$D_{a \max}$	30 mm
d_1	23,2 mm
$d_{a \min}$	22 mm
$r_{a \max}$	0,3 mm
r_{\min}	0,3 mm

m	0,018 kg	Peso
C_r	4020 N	Capacidad de carga dinámica, radial
C_{0r}	2460 N	Capacidad de carga estática, radial
C_{ur}	111 N	Carga límite de fatiga, radial
n_G	33500 1/min	Velocidad límite
n_{Br}	17200 1/min	Velocidad de referencia
f_0	13,4	Factor de cálculo