



Treball Final de Grau

Estudi i disseny d'un quadre de bicicleta d'enduro

Grau en Enginyeria Mecànica

Curs 22/23

Autor: Pau Boatella Casasampere

Director: Esteban Peña Pitarch

Data: 04/07/2023

Localitat: Manresa

RESUM

En aquest treball de fi de grau es proposa un disseny d'una bici d'enduro en la qual canviant la posició del seu amortidor canviem les característiques de comportament d'aquesta, aquest disseny s'ha realitzant duent a terme estudis dinàmics sobre les diferents posicions del quadre i posteriorment el dimensionat i model 3D, sempre intentat que fos el màxim econòmic i accessible possible per a tothom.

ABSTRACT

In this final degree work we propose a design of an enduro bike in which changing the position of its shock absorber we change the behavioural characteristics of it, this design has been done by conducting dynamic studies on the different positions of the frame and then the sizing and 3D model, always trying to make it as economical and simple as possible for everyone.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	5
2. PRINCIPIS DE LA BICI D'ENDURO	6
2.1. QUÈ ÉS UNA BICI D'ENDURO?	6
2.2. PARTS D'UN QUADRE D'ENDURO.....	7
2.3. TERMINOLOGIA RELACIONADA AMB LA SUSPENSÍO.....	9
2.3.1. Amortidor.....	9
2.3.2. Break-away force.....	10
2.3.3. SAG.....	11
2.3.4. Anti-Squad.....	11
2.3.5. Pedal Kickback.....	12
2.3.6. Anti rise o brake squatk.....	13
2.3.7. Leverage ratio	14
2.4. TIPOLOGIA DE SISTEMES DE SUSPENSÍO	15
2.4.1. Mono Pivot	15
2.4.2. Pivot virtual.....	16
2.4.3. Horst Link	18
2.4.4. Split Pivot	18
2.4.5. Pivot alt	19
2.5. UTILITZACIÓ DE MATERIALS.....	20
2.5.1. Acer.....	20
2.5.2. Alumini	21
2.5.3. Fibra de carboni.....	21
3. COS DEL PROJECTE	23
3.1. ELECCIÓ DEL MATERIAL	23
3.2. ELECCIÓ DEL SISTEMA DE SUSPENSÍO	24

3.3. DIMENSIONAT ESTUDI DINÀMIC.....	25
3.3.1. Dimensionat.....	25
3.3.2. Estudi dinàmic.....	29
3.4. MODELAT 3D	40
4. NORMATIVA.....	47
4.1. ASSAIG DE XOC	47
4.2. CAIGUDA DEL QUADRE	48
4.3. FATIGA PER FORÇA DE PEDALEIG	49
4.4. FATIGA PER A FORCES HORIZZONTALS.....	50
4.5. FATIGA PER A FORCES VERTICALS	51
5. CONCLUSIONS.....	52
6. TAULA DE CONTIGUT IMATGES.....	53
7. BIBLIOGRAFIA.....	57
8. ANNEXOS.....	62
8.1. CÀLCULS.....	62
8.2. ANNEX 2.....	65

1. INTRODUCCIÓ

Des de fa 40 l'esport ciclista ha evolucionat a passos de gegant, buscant sempre la innovació i el canvi, des de la Pinarello Espada de Miguel Indurain fins a altres bicis de tipologies molt diferents com podrien ser Giant ATX One de Myles Rockwell, tot per aconseguir evolucionar, en aquest treball també hem buscat el mateix fet intentar evolucionar nosaltres com a dissenyadors i enginyers buscant crear una bici modular, implementant sistemes diferents i intentat fugir una mica de les clares tendències actuals, en les quals veiem que les bicis es representen pràcticament com un tresor a causa del seu gran preu econòmic, més que una eina per a fer el que realment ens agrada, pedalar.

En aquest treball farem un petit resum introductori sobre tots els aspectes relacionats amb la bici d'enduro, que és una bici d'enduro, les seves parts, el funcionament dinàmic en concret, els materials que utilitzen, etc. Finalment, plantejarem nosaltres el que creiem serà un disseny primer dinàmicament i posteriorment ja modelat en 3D que fugirà dels tòpics actuals de funcionament i de moda que ens implanten les grans marques de bicicletes.

2. PRINCIPIS DE LA BICI D'ENDURO

2.1. Què és una bici d'enduro?

L'enduro és un esport que neix fa relativament poc, concretament a la dècada dels 2000 a França, aquí apareix un campionat d'enduro nacional, posteriorment a Itàlia també s'inicia un campionat nacional d'enduro, lentament aquest esport es va estenent per tot al món creant una nova modalitat de MTB. L'enduro implica l'equilibri perfecte tècnicament, ja que en les competicions necessitem l'agilitat i lleugeresa suficient per a pujar de manera còmoda i ràpida en els trams d'enllaç, mentre que quan arribem als trams cronometrats, que acostumen a ser de baixada, busquem que la bici dinàmicament ens permeti baixar a màxima velocitat, sense preocupar-nos de res més que no sigui el mateix traçat. Per aconseguir els seus atributs de bici equilibrada s'acostumen a utilitzar quadres amb dobles suspensió, davantera i posterior, amb recorreguts de suspensió més llargs que en una MTB normal, d'entre uns 150 mm fins a 180 mm. La mida de roda utilitzat actualment pot ser de 27,5" o de 29", també s'utilitza des de fa relativament poc el format Mullet, que implica que la bici utilitzi roda davantera de 29" i roda posterior de 27,5". Parlant de la frenada d'aquestes bicis acostuma a disposar de discs de 200 mm aturats per pinces de fre de 4 pistons. Les transmissions emprades són del caire amb monoplats davanter, d'entre 30 i 36 dents i 12 pinyons posteriors, que van d'11 fins a 52 dents, usen també tiges del seient telescòpiques, que permeten pujar i baixar el seient sense haver de parar de pedalar. Respecte al material del quadre, antigament s'usava l'alumini, però en l'actualitat la gran tendència és la fibra de carboni. La geometria d'aquest tipus de bici és agressiva amb angles de direcció alts i llargues distàncies entre eixos. Actualment, les bicis d'enduro han canviat molt fins a semblar pràcticament bicis de descens, degut als grans recorreguts de suspensió i la geometria dels seus quadres, això ha sigut un moviment de les marques per tal de crear un nou tipus de bicis anomenades de súper enduro.

2.2. Parts d'un quadre d'enduro

En la part inferior podreu veure les diferents parts numerades d'un quadre d'una bici d'enduro, en aquest cas hem escollit una Transition Patrol.



Figura 1: Parts quadre Transition Patrol

Cal remarcar que al estudiar aquesta disposició concreta de quadre, ens podria semblar que hi ha quadres que tenen més parts degut al sistema de suspensió que utilitzen, però l'únic que podem veure de diferent són els següents aspectes: En el nostre cas el triangle posterior de la bici és articulats mentre que en altres és rígids i pivota tot sencer, també hi ha sistemes que inclouen més bieletes per tal de fer treballar el sistema de suspensió de forma diferent.

1.Pipa o tub de direcció: En aquest tub s'ubica la direcció de la bici, composta normalment per dos coixinets i dos casquillos que aguanten aquests, per dintre d'aquests casquillos passa la tija de la suspensió davantera. Dintre dels tubs de direcció podem trobar dos grans tipus, el tapered o cònic i el cilíndric, com el seu nom indica un té forma cònica i l'altre cilíndrica, la mida d'aquests està estandarditzada pel Standardized Headset Identification System. En la imatge inferior podem veure la classificació i denominació d'aquest sistema d'estandardització.

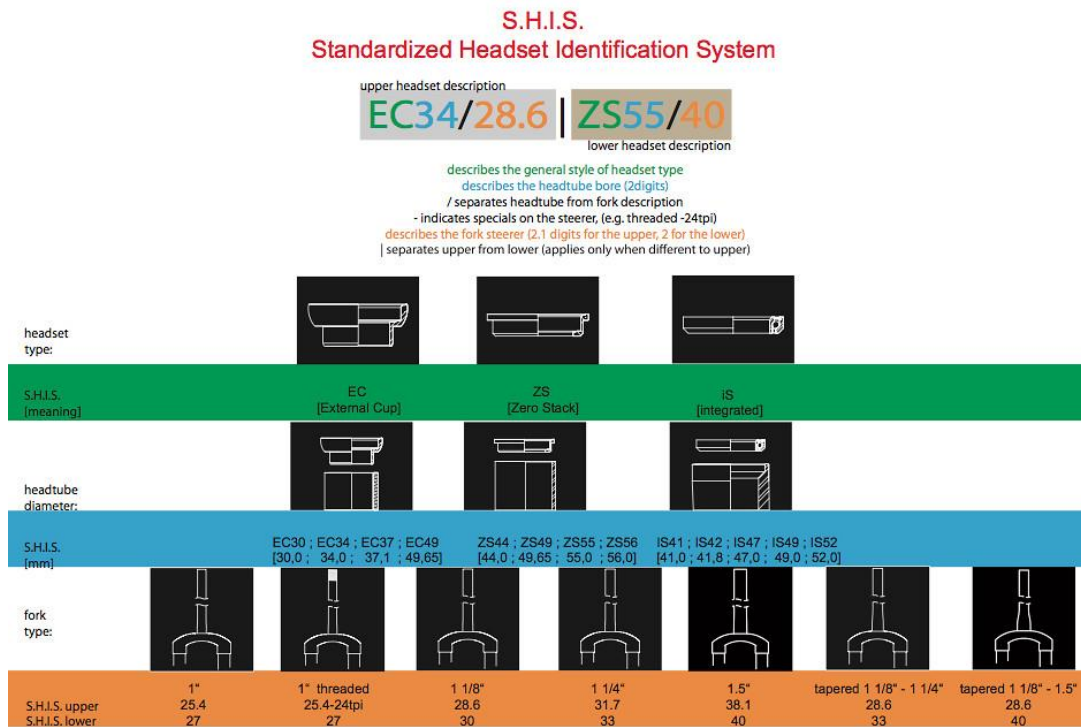


Figura 2: Taula explicació Standardized Headset Identification System (S.H.I.S.)

Cal remarcar que la pipa de direcció ha de ser compatible amb els coixinets i casquillos i aquests han de ser compatibles amb la nostre suspensió delantera.

2. Tub de pedalier: Aquesta part del quadre és l'encarregat d'ubicar la caixa de pedalier, podem trobar diferents tipus d'aquestes, però les més comuns en el món del BTT son les que utilitzen el sistema Hollowtech, amb referència al sistema, aquest està format per dos cassolotes amb dos coixinets integrats, que queden collades a aquest tub. Per altre banda aquest tub fa una altre funció molt important, uneix el tub del seient amb el tub inferior.

3. Tub del seient: Té la clara funció d'aguantar el seient per la tija d'aquest, mitjançant una brida abraçadora. Depenent de la disposició del quadre, aquest tub s'allarga i arriba a unir el tub superior amb el tub de pedalier.

4. Tub superior: És el tub que connecta la part superior del tub de direcció amb el tub del seient.

5. Tub inferior: És el tub que connecta la part inferior del tub de direcció amb el tub de pedalier. Acostuma a ser el tub més sobredimensionat del triangle frontal del quadre.

6. Bieleta: És l'element que fa pivotar l'amortidor i fa la funció d'unir el triangle posterior amb l'anterior mitjançant aquest, en aquest cas, només n'hi ha una, però depenent de la configuració, pot haver-n'hi més.

7.Articulació: En aquest quadre podem veure un total de 6 articulacions en el sistema de suspensió, d'aquesta manera podem obtenir els graus de llibertat necessaris perquè tot treballi de forma correcta.

8.Beina: És la part inferior del triangle posterior que té la funció, d'unir una de les articulacions que fa pivotar l'amortidor amb l'eix de la roda posterior, les bicis amb beines més curtes tenen més rigidesa estructural.

9.Tirant: És la part superior del triangle posterior de la bici. Uneix la bieleta amb l'eix de la roda del darrere.

10.Amortidor: És el principal encarregat d'absorbir totes les imperfeccions del relleu, en aquest cas es tracta del Float X2 Factory de la marca Fox. Posteriorment, aprofundirem més en el funcionament d'aquest element de la nostra bici.

2.3. Terminologia relacionada amb la suspensió

En aquest apartat parlarem principalment dels sistemes de suspensió posteriors de les nostres bicis, aquests tenen una funció concreta, ja que per cada disciplina disposarem d'uns sistemes que són més apropiats per aquesta pràctica, cal fer-se veure que cada sistema està dissenyat per tenir un caràcter concret i que per molt que variem l'amortidor o altres peces d'aquest sistema, la seva forma de treballar romandrà pràcticament igual.

La principal funció del sistema de suspensió és bàsicament transmetre el moviment vertical de la roda al amortidor, perquè aquest absorbeixi les imperfeccions del relleu.

2.3.1. Amortidor

Els amortidors estan compostats de dos parts principals, la molla que pot ser mecànica o neumàtic, aquest és l'encarregat de absorbir l'energia i retornar la roda al seu lloc inicial, i l'amortidor pròpiament dit, que s'encarrega de controlar com es comprimeix la molla i com retorna aquesta, d'aquí surt la regulació de compressió i rebot en alta i baixa velocitat de la qual disposen casi tots els amortidors del mercat. L'alta velocitat es produeix quan l'amortidor es comprimeix fins a les parts altes del seu recorregut, mentre que la baixa velocitat apareix en les compressions que arriben de la meitat en avall del seu recorregut.

Parlant del funcionament intern dels amortidors, aquests disposen d'una cambra amb pressió positiva, la qual pots regular segons el teu pes i conducció mitjançant una bomba especial, però també disposen d'una cambra amb nitrogen amb pressió negativa, que acostuma a estar segellada i pressuritzada entre uns 400 i 600 psi, aquesta cambra negativa anomenada IFP, Internal Floating Piston, s'encarrega de pressuritzar l'oli i fa que aquest no cavi. L'IFP va ser creada per a reduir la break-away force, però en el cas dels

amortidors d'aire continuen tenint un break-away force molt més alta que en els amortidors de molla, del ordre d'un 50% major. La reducció de la break-away force en els amortidors de molla és deguda a que les IFP d'aquests tenen cambres que treballen a menys pressió i de volum inferior. En la imatge posterior podem veure on es troba ubicada la cambra i vàlvula IFP dins d'un amortidor.



Figura 3: Rockshox vívid retallat

També cal remarcar que els amortidors d'aire acostumen a ser més progressius que els amortidors de molla, aquests últims disposen d'un comportament més lineal. En la foto inferior podem veure una gràfica comparativa de la break-away force amb i sense cambra IFP.

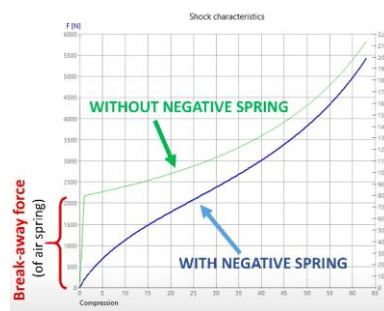


Figura 4: Comparació en el us del IFP

2.3.2. Break-away force

La break-away force, és la força que apareix a l'inici del recorregut de l'amortidor, la qual hem de vèncer perquè l'amortidor comenci a treballar de forma apropiada. Podríem dir que com més sensitiu és l'amortidor menys força s'ha d'aplicar per vèncer la break-away force. Per reduir aquest fenomen les marques van crear les

cambres IFP. En la imatge inferior podem veure un gràfic força recorregut d'un amortidor i encerclat en color vermell l'efecte que provoca aquesta força.



Figura 5: Diagrama força desplaçament roda

2.3.3. SAG

El SAG és una regulació que apareix en la suspensió anterior i posterior de la nostra bici, aquest ajust ens permet a regular l'anomenat joc mort de la suspensió, amb el joc mort ens referim al que s'enfonsa la suspensió quan el pilot puja sobre la bici de forma estàtica. El SAG ens permetrà regular concretament el recorregut negatiu, el que queda per sota d'aquest, i el recorregut positiu, el que queda per sobre d'aquest. La nostra suspensió ha de treballar tant a compressió com a extensió de forma correcta, a compressió, quan trobem quelcom que sobresurti del terra, serà en el recorregut positiu i a extensió, quan afrontem un forat o saltem d'algun lloc, serà el recorregut negatiu. El SAG s'acostuma a contabilitzar amb el % de recorregut que s'enfonsa la suspensió, per un sistema de suspensió d'una bici d'enduro el SAG comú acostuma a ser d'un 25% fins un 30%.

2.3.4. Anti-Squad

Al pedalar tensem la cadena de la nostra bici, aquesta tensió que apliquem fa que la suspensió posterior es comprimeix o expandeix depenent d'aquest, l'Anti-Squad fa referència a aquesta interferència que podem trobar entre la força que realitza la cadena sobre el nostre sistema de suspensió quan accelerem. L'Anti-Squad es comptabilitza en percentatge, si la nostra bici té un 100% d'anti-squad, la força que fa la cadena i la força que fa el nostre cos sobre el sistema de suspensió a l'accelerar la bici, és la mateixa, si l'anti-squad es troba per sota del 100%, la força creada per la cadena és menor que la força en el sistema de suspensió creada per l'acceleració, i si l'anti-squad es troba per sobre del 100%, la força creada per la cadena és major que la força en el sistema de suspensió

creada per l'acceleració. Cal remarcar que variant la relació de transmissió de la nostre bici també variara de forma considerable el nostre anti-Squad.

Cal que l'anti-squad sigui el pertinent per a cada tipus de bici i sistema de suspensió, ja que la teoria diu que com major sigui l'anti-squad, menys pèrdues hi haurà entre la força neta feta per nosaltres pedalant i la força de tracció que fa la roda a terra, però això pot crear un efecte anomenat "*Pedal Bob*" en forma d'extensió en aquest cas, aquest efecte crea unes oscil·lacions en el sistema de suspensió com es mostra en la figura inferior.

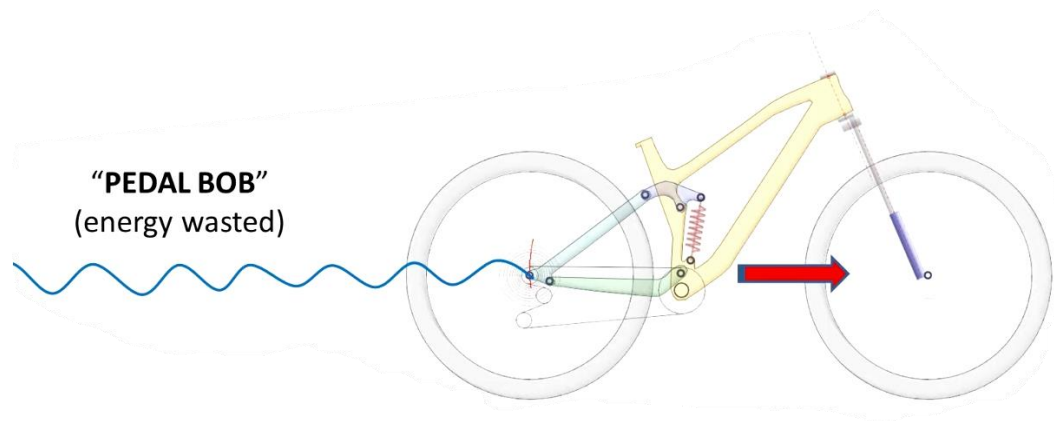


Figura 6: Esquema efecte *Pedal Bob*

Aquest cas també pot succeir amb anti-squads molt baixos, les oscil·lacions tindran un espectre igual però dinàmicament seran descendents.

En la disciplina del enduro l'anti-squad és un aspecte molt important, ja que al ser bicis més sobredimensionades, aptes pels descensos, tenen un pes més elevat que una bici de rally, això provoca que costi més pedalar, per tant, han de tenir un anti-squad molt treballat i pertinent al seu sistema de suspensió.

2.3.5. Pedal Kickback

El *Pedal Kickback* apareix quan hi ha una forta compressió de la suspensió posterior de la nostra bici, aquest efecte provoca que bieles de la bici realitzin una rotació en el sentit contrari de la pedalada, frenant aquesta. L'explicació d'això radica en el següent: quan el nostre sistema de suspensió absorbeix la compressió, la longitud entre l'eix del pedalier i el de la roda es fa més llarga, en alguns sistemes de suspensió, això fa que la cadena quedi tensada i aparegui el *Pedal Kickback*. Cal remarcar que utilitzant marxes més altes, on el diàmetre de corona és més gran i fa que la cadena quedi més tensada, tenim un *pedal kickback* més alt que en marxes baixes. Aquest es compatibilitza en graus,

Podem veure que com més eficients pedalejant són els sistemes de suspensió més *pedal kickback* tenen, Podem dir que és un efecte secundari. Actualment, existeixen sistemes

suplementaris que pots acoblar a la teva bici per tal de fer desaparèixer aquest efecte, com podrien ser l'Ochain.

2.3.6. Anti rise o brake squat

Aquesta situació apareix a causa d'un canvi en el centre de gravetat del ciclista durant la frenada, el centre de gravetat s'avança per culpa de l'ús més intensiu del fre davanter provocant la compressió de la suspensió davantera i l'extensió de l'amortidor. Aquest efecte es comptabilitza amb percentatge, on un 0% significa que el sistema de suspensió no es veu afectat per la frenada, aquest funcionen de forma independent pràcticament, com més augmenta el percentatge de *brake squat* més oposició té l'amortidor a estirar-se, en arribar al 100% de *brake squat* les forces de frenada i de l'amortidor s'equilibren, aquest romandrà neutre, si es troba per sobre del 100%, el nostre sistema de suspensió es comprimirà al frenar. Cal remarcar que percentatges superiors a 100% aconseguirem preservar millor la geometria, mentre que si es busca una sensibilitat major es poden utilitzar a percentatges mes baixos. Depenent del sistema de suspensió utilitzat aquest valor pot ser d'entre 50% fins a 90%.



Figura 7: Adaptador de fre flotant del Danny Hart

Hi ha tipus de quadres que a causa de la seva geometria tenen més tendència a provocar aquest efecte, per això antigament i actualment en competició s'utilitzen sistemes de fre flotant on la pinça de fre no va collada al basculant posterior sinó que té el seu propi suport que treballa independent del sistema de suspensió.

2.3.7. Leverage ratio

Podem definir el *Leverage ratio*, com la relació entre el desplaçament de la roda posterior vers el recorregut que es comprimeix l'amortidor. La fórmula per calcular el *Leverage ratio* és la següent:

$$\text{Leverage ratio} = \frac{\text{Recorregut roda trasera}}{\text{Recorregut amortidor}}$$

El *Leverage Ratio* no té per què sempre ser constant en el mateix sistema de suspensió, per tal d'interpretar aquest, s'acostumen a plotejar gràfics on les ordenades són el *Leverage Ratio* i les abscisses representen el moviment relatiu de la roda o recorregut. Ens podem trobar 3 tipus de gràfics diferents, mostrats en la imatge inferior.

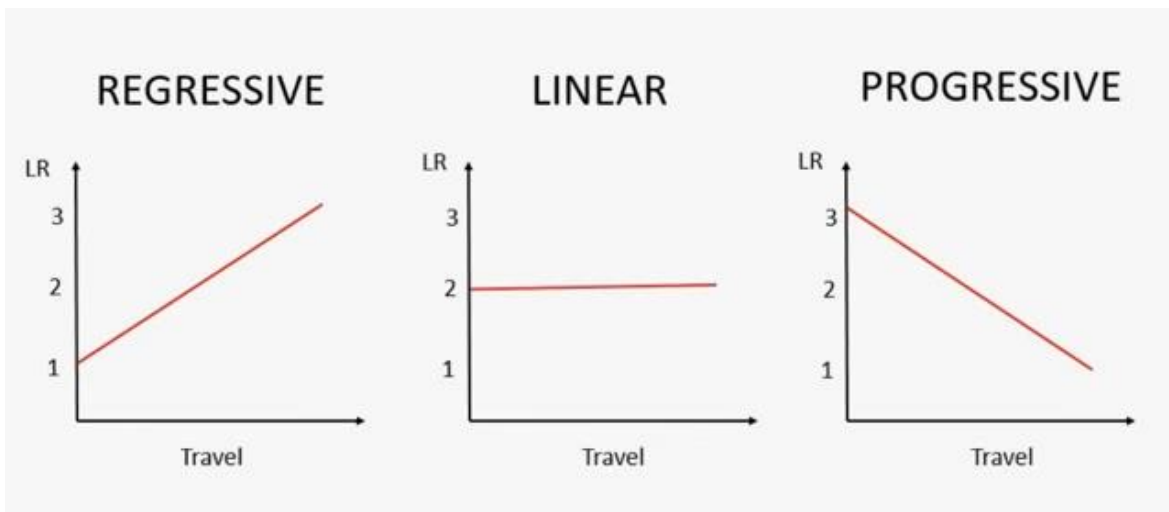


Figura 8: 3 tipus de gràfics sobre el *Leverage Ratio*

Podem trobar 3 grans grups de sistemes de suspensió que podem classificar per: Regressius. Aquest es caracteritza perquè al principi de recorregut del sistema de suspensió és difícil de comprimir, mentre que al final d'aquest es comprimeix amb facilitat, aquest perfil de *Leverage Ratio* s'acostuma a utilitzar amb bicis de poc recorregut per disciplines com el trail, rally o XC. El perfil lineal manté el *Leverage Ratio* constant, això vol dir que el recorregut de la roda sempre serà proporcional al recorregut comprimit de l'amortidor, aquest *Leverage Ratio* s'acostuma a usar en un gran ventall de disciplines, des de l'XC fins a algunes bicis d'enduro de recorregut reduït. L'últim perfil és el que ens interessa més per la pràctica del enduro, ja que el començament del recorregut de suspensió es comprimeix amb més facilitat, mentre que el recorregut final de la suspensió és difícil de comprimir. En la taula inferior podem veure el criteri de classificació dels sistemes de suspensió segon la diferència entre *Leverage Ratio's*, final menys inicial.

	Regressiva	Lineal	Progressiva	Super Progressiva
LR inicial- LR final	≤ -0.5	-0.5 fins 0.5	0.5 fins 1	≥ 1

Taula 1: Criteri classificació *Leverage Ratio's*

2.4. Tipologia de sistemes de suspensió

2.4.1. Mono Pivot

Aquesta geometria del sistema de suspensió, és la més antiga i utilitzada per la seva simplicitat. La podem trobar en tres disposicions diferents, la de basculant o triangle posterior rígid, la de triangle posterior rígid amb bieleta i l'articulada o de barra falsa.

En el sistema de basculant rígid, aquest té un únic punt de gir que es troba en el triangle davant de la bici, el moviment es limita a l'articulació entre dos peces rígides, els dos triangles de la bici, i l'amortidor. Podem dir també que la distància entre l'eix de la roda i el pivot principal es manté sempre constant, això és molt positiu pel *pedal kickback*, ja que la nostra cadena sempre mate la mateixa distància o varia molt poc, però cal remarcar que en aquests sistemes podem trobar un gran *Pedal Bob*, que provoca que l'amortidor hagi de tenir un bloqueig per tal de poder pedalar de forma òptima. Tenen per tònica general aquests sistemes un *Brake squat* bastant alt entorn al 90%, poden tenir un *pedal kickback* variable entre 15° fins a uns 35°, l'*anti squat* pot variar d'entre un 80% fins a un 180% entre diferents models.

Acostumen a ser sistemes lineals o lineals amb tendència regressiva, per tal de fer variar aquesta linealitat s'acostumen a muntar amortidors d'aire, que donen progressivitat a aquest sistema. Al ser un sistema de suspensió simple provoca que sigui molt directe, amb això em vull referir al fet que té gran sensibilitat però poca performance i tots els ajustos depenen del tuning del amortidor.

El mono pivot amb bieleta, es basa en el concepte de continuar mantenint el basculant o triangle posterior rígid, però afegint una biela que connecta aquest amb l'amortidor i el triangle davant, en afegir aquesta bieleta aconseguim canviar el comportament dinàmic del sistema de suspensió i fer que sigui més progressiu però mantenint les característiques del sistema base.

Finalment, el sistema que utilitzen els mono pivots articulats es basen a afegir una articulació en els tirants en la part propera a l'eix de la roda, és comú que es confongui amb el sistema de 4 barres o amb Split pivot que explicarem posteriorment, amb aquest sistema aconseguim encara més progressivitat i la performance creix molt, ja que al tenir més articulacions ens permet una modularitat més gran.



Figura 9: Comparació de monopivots

En l'imatge podem veure una comparació dels diferents tipus de monopivots, a l'esquerra una Orange Stage 6 que utilitza un monopivot simple, al mig podem veure un Saracen Ariel que utilitza una monopivot amb bieletes i a la part dreta podem observar una Kona Process que utilitza un sistema de monopivot articulat.

2.4.2. Pivot virtual

Aquest sistema de suspensió va néixer de la mà de Santa Cruz i Intense. Aquest sistema s'anomena pivot virtual, ja que no existeix un pivot principal que uneixi els dos triangles de la bici, aquest pivot varia mentre varia l'enfonsament de l'amortidor i s'anomena centre instantani. En la imatge posterior podem veure el centre instantani de rotació de la Specialized Demo 8 en el moment que la suspensió està sense treballar.



Figura 10: Centre instantani rotació Specialized Demo 8

Podem trobar aquest sistema en dues disposicions diferents: el pivot virtual simple, el funcionament d'aquest es basa a unir el triangle posterior, que en aquest cas és rígid, amb el triangle davanter mitjançant dues bieletes, de les quals una, normalment la inferior, es connecta a l'amortidor i aquest al triangle davanter. La disposició simple és la que es va començar a utilitzar primer, alguns models que l'apliquen són la Intense M16. També podem trobar el pivot virtual flotant, el funcionament d'aquest es basa a unir el triangle

posterior, que en aquest cas també és rígid, amb el triangle davanter mitjançant dues bieletes, però en aquest cas l'amortidor està unit a aquestes dues bieletes provocant un efecte de flotabilitat en aquest, amb el concepte de flotabilitat ens referim que aquest no és fix per cap dels dos costats, ja que quan absorbim una imperfecció del terreny les dues bieletes comprimeixen l'amortidor per la seva part superior i inferior. En la imatge inferior podem veure el sistema de suspensió en situació de repòs i en la situació de compressió màxima, així veiem com les dues bieletes fan treballar de manera flotant l'amortidor.



Figura 11: Compressió i extensió Propain Tyee

En aquest tipus de sistemes de suspensió perd rellevància el tuning del amortidor i entre més en joc la pròpia configuració geomètrica de les articulacions del sistema de suspensió, això pot ser beneficiós o no, ja que si realment no ens agrada el caràcter de la bici per molt que modifiquem els ajustos de l'amortidor, aquest no es veurà modificat en excés, per altra banda, podem usar amortidors de gamma més baixa i més barats i ens oferiran un caràcter molt semblant en el nostre sistema de suspensió.

Per tònica general aquests sistemes tenen un *Brake squat* que pot variar d'un 60% fins a un 90%, poden tenir un *pedal kickback* variable entre 10° fins a uns 25, l'*anti squat* acostuma a estar entorn al 100%. Acostumen a ser sistemes superprogressius o progressius, gràcies a aquesta progressivitat permeten muntar amortidors de molla que aporten linealitat al conjunt, així aconseguim el tacte sensible d'un amortidor de molla i la dificultat per arribar al final del recorregut d'aquest gràcies a la progressivitat del sistema de suspensió. Aquests sistemes acostumen a ser molt bons dinàmicament, ja que tenen una gran capacitat per pedalar, l'*anti squad* neutre o gradualment per sobre, ens aporta una rigidesa suficient durant el pedaleig en el sistema de suspensió i un *pedal kickback* molt baix. A l'hora d'afrontar la baixada podem veure que el fre no interfereix massa en el sistema de suspensió i aquest guanya en sensibilitat, també cal remarcar que aquest tipus de sistemes de suspensió tenen en tot moment el recorregut controlat i dissenyat, ja que a base de simulacions les marques assoleixen modificar la geometria per tal de tenir el pivot virtual sempre en el punt que creuen que és més adient per aquella part del recorregut de la suspensió posterior.

2.4.3. Horst Link

Aquest sistema de suspensió va néixer en el món del motocròs gràcies a Horst Leitner, posteriorment la marca Specialized es va interessar per aquest, va comprar la patent i la va estar comercialitzant bicis amb aquest sistema amb la denominació de FSR, aquest sistema té un disseny que s'apropa molt al mono pivot articulad, cal fixar-se en l'articulació del triangle posterior, propera a l'eix de la roda, per poder veure que en el Horst Link aquesta es troba localitzada en les beines, mentre que en el mono pivot articulad està localitzada en els tirants.

Cal remarcar que aquest sistema pot variar molt depenent del disseny que se li apliqui, podem aconseguir que sigui un sistema amb unes grans aptituds o no tan excel·lents variant pocs aspectes, per tònica general són quadres que poden ser del tipus progressiu lineal fins al tipus superprogressiu. A causa de la seva senzillesa són sistemes sensibles i directes com els pivots articulats, això també provoca que no tinguin aptituds molt bones per a pedalar com es pot veure en els percentatges *d'anti squad* inferiors. El nivell de *Brake squad* solen ser molt baixos, entorn al 40% fins al 70%, els nivells de *pedal kickback* són bastant elevats entorn d'uns 20° fins a uns 45°, referent a *l'anti squad* ens hem adonat que pot variar molt depenent de la disposició del sistema, les variacions poden estar entre un 70% fins a un 100%.

En l'imatge inferior podem veure la Specialized Enduro amb el clàssic sistem FSR utilitzat en multitud dels models d'Specialized.



Figura 12: Specialized Enduro

2.4.4. Split Pivot

Aquest sistema va ser dissenyat per Dave Weagle, i ha sigut adoptat principalment per la marca Bh i Orbea. Aquest sistema de suspensió és molt semblant al monopivot articulad i al Horst link, ja que el sistema de bieles i pivots és el mateix, però l'articulació del triangle posterior, del basculant, es troba localitzada en el centre de l'eix de la roda.

Parlant d'especificacions tècniques cal recercar que tenen unes característiques molt semblant als sistemes que implementes *Horst Link*, *L'Anti Squad* el trobarem de forma usual per sobre del 100% amb totes les relacions de canvi, els nivells de *Brake Squad* oscil·laran entre 60% i 80% depenent del model, i el *Pedal Kickback* es trobarà aproximadament entre 15° i 30°. Acostumen a ser bicis progressives, alguns models que podem trobar són l'Orbea Rallon, Bh lynx i pràcticament tota la gamma de Devinci, en l'imatge inferior podem veure la Devinci Troy que aplica aquest sistema de suspensió.



Figura 13: Quadre Norco Range

2.4.5. Pivot alt

Aquests últims anys ha tornat a créixer la influència d'aquests tipus de suspensió, aquests no són un sistema de suspensió pròpiament dit, sinó que són un complement d'aquest, podem trobar monopivots alts, monopivots articulats alts, etc. Com el seu nom indica aquests sistemes tenen el pivot principal elevat per sobre el pedalier de forma molt accentuada. La principal funció de l'aplicació d'aquest sistema es basa en reduir la interacció de la frenada i la pedalada sobre la suspensió posterior. En elevar el pivot provoquem un gran creixement en el *Pedal kickback*, per solucionar aquesta problemàtica s'utilitza un sistema molt peculiar anomenat *Idler Pulley*, bàsicament el que fem és afegir una roda dentada entre el plat i el pinyó fixa en el basculant, que fa l'única funció de reenviament de la cadena, gràcies a aquest reenviament reduïm de forma notable el *pedal kickback*.

Estudiant les bicis que apliquen aquest sistema com podrien ser la Norco Range, la Cannondale Jekyll o la Gt Force, veiem una clara tendència que per les relacions de transmissió llargues l'Anti Squad's són molt baixos, cosa en la qual les marques han de continuar treballant. Un dels avantatges del pivot apareix quan el sistema de suspensió es comprimeixi, l'eix de la roda posterior descriu un moviment que fa guanyar distància entre eixos a la bici, això li aporta gran estabilitat i permet absorbir les imperfeccions a més velocitat. En la imatge inferior podem veure una Norco Range amb el sistema de pivot alt.



Figura 14: Quadre Norco Range

2.5. Utilització de materials

2.5.1. Acer

Aquest tipus de material ha sigut el més utilitzat antigament, a causa de la seva fàcil soldabilitat, mecanitzat i el preu assequible. L'acer està format pel component base anomenat ferro i en menor part també per carboni, aquest últim ajuda a millorar les seves propietats de forma notòria, però per ser usat en bicis si acostuma a afegir altres materials, per crear aliatges amb millors propietats mecàniques, una de les aliatges més utilitzades, és el CroMo, aquest està format per Crom d'un 0,4 fins a 1,2% i Molibdè en proporcions d'un 0,08 fins a 0,25%, la seva denominació comercial és Acer 41xx, aquest és més lleuger i més resistent que l'acer comú, acer 1020. En la taula inferior podem veure les seves propietats mecàniques, aquest poden variar segons el seu procés de producció.

Actualment, és un material que està pràcticament obsolet en bicis d'enduro, a causa del seu pes i a l'aparició de materials més evolucionats, mentre que en altres tipologies de bicis encara s'utilitza. En la taula inferior podem veure algunes de les seves propietats mecàniques.

Material	Resistència tracció	Límit elàstic	Mòdul elàstic	El coeficient de Poisson	Duresa, Brinell
AISI 4130	560 Mpa	460 Mpa	190-210 Gpa	0.27-0.30	217

Taula 2: Propietats mecàniques AISI 4130

2.5.2. Alumini

Podríem dir sense equivocar-nos que l'alumini, és el material més utilitzat actualment per la fabricació de bicis, a causa de la seva gran resistència i el més important la seva lleugeresa, els aliatges d'alumini més comuns són les de grau 6061 i 7005, cada marca acostuma a utilitzar un d'aquests dos graus, la principal diferència entre aquests és la següent: l'alumini 6061, si es fabrica de forma correcta, és més dur i resistent que el 7005, però no és tan flexible i podria arribar a pesar més que el 7005. En conclusió si mai veiem un quadre d'alumini 6061 té el mateix pes que un de grau 7005, el 6061 tindrà millors propietats mecàniques, cal remarcar que la gran diferència entre aquests materials també recau en el fet que el tractament siguin de bona qualitat i s'hagin realitzat de forma pertinent. Algunes marques de bicis, com Mondraker, usen alumini 7005 per al triangle davanter i alumini 6061 pel triangle posterior.

En la taula inferior podem veure les característiques d'aquests dos materials per al mateix tractament tèrmic, en el cas de l'alumini 6061 podem arribar a tractaments tèrmics superiors, que ens poden aportar propietats mecàniques molt més altes.

Material	Resistència tracció	Límit elàstic	Mòdul elàstic	El coeficient de Poisson	Duresa, Brinell
7005-T6	350 MPa	290 MPa	72.0 GPa	0.33	94
6061-T6	310 Mpa	276 MPa	68.9 GPa	0.33	95

Taula 3: Propietats mecàniques de l'Alumini 7005-T6 i 6061-T6

2.5.3. Fibra de carboni

La fibra de carboni és un material relativament nou, es va començar a fabricar de forma comercial a l'inici dels 2000, aquest material actualment és el més utilitzat en bicis de carretera, però en mtb encara podem veure una lluita entre l'alumini i aquest.

Els quadres de carboni són fabricats a mà, amb això ens referim al fet que necessiten un procés on l'operari manipuli aquesta de forma manual, per poder donar-li una forma prèvia, el procés de fabricació d'un quadre de carboni es diferencia segons si el quadre és de carboni trenat o laminat, en el cas del carboni trenat caldrà aplicar aquest filament en l'útil que simula la geometria del quadre i posteriorment aplicar adhesiu entre aquests filaments, en el cas de fibra laminada, es va enganxant capa sobre capa per tal de donar gruix, això es fa mitjançant retalls de fibra de carboni que són units per adhesius específics com podrien ser resines epoxi, resines acríliques, etc. Cal remarcar que entre les característiques d'aquest material podem veure que ens aporta molta lleugeresa i una rígides estructural òptima, però consta d'un problema endèmic en el cas de les bicis de muntanya, el carboni a diferència de l'alumini i l'acer és molt rígid i no admet deformacions

de cap classe, normalment quan tenim una caiguda en bici de muntanya el quadre acaba impactant contra alguna pedra o part del terreny, en les bicis de carboni aquest impacte pot acabar en una fissura d'importància, mentre que en els materials fèrrics podria només ser una simple abonyegadura, per resoldre aquesta problemàtica les marques han començat a implementar el *REIN4CED* que es basa en reforçar el carboni mitjançant fibres d'acer per incrementar la resistència als impactes.

Un aspecte preocupant de la fibra de carboni és la difícil reciclabilitat que té, en la imatge inferior podem veure la cadena de reciclatge que segueix aquest material. El gran problema de tots aquests processos algun més que altres el trobem en l'excés d'ús d'energia i la poca utilitat dels materials resultants, en el cas que apareguin.

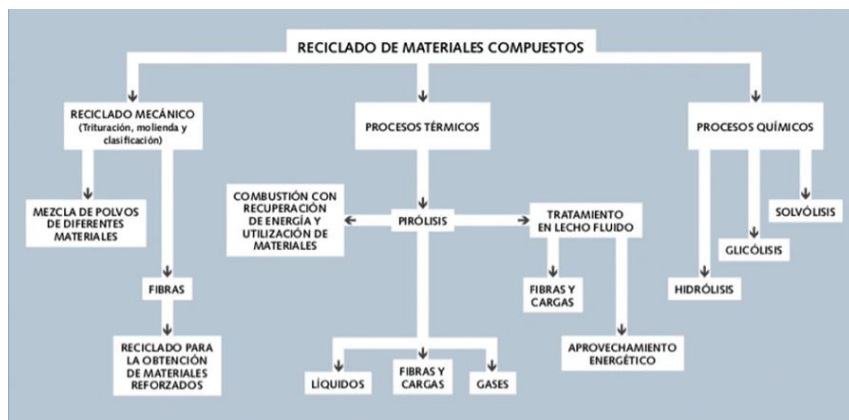


Figura 15: Mètodes de reciclatge fibra carboni

Posteriorment podem veure, les propietats mecàniques d'un carboni amb fibra multidireccional, anomenat *PX35* produït per *ZOLTEK*, és dels pocs materials que s'ha pogut obtenir dades fiables per a poder exposar en aquesta memòria.

Material	Resistència tracció	Límit elàstic	Mòdul elàstic	El coeficient de Poisson	Duresa, Brinell
ZOLTEK PX35	4137 Mpa	242 Mpa	N/A	N/A	N/A

Taula 4: Propietats mecàniques de la fibra Zoltek PX35

3. COS DEL PROJECTE

3.1. Elecció del material

Per tal de començar a teixir el disseny de la nostra bici caldrà escollir el material sobre el qual treballar, ja que projectar geometries i dissenys sense disposar de les característiques que necessita el material per funcionar de manera òptima resulta complicat.

Crec que l'elecció correcta en la realització d'un nou model de bici d'enduro es basa en la utilització d'alumini o d'acer, ja que són dos materials comuns, amb això vull dir que l'abastiment d'aquests es podria dur a terme de manera més còmoda i fàcil. Al ser materials més comuns, també ens podria resultar més fàcil trobar tècnics especialitzats en la preparació i soldadura d'aquests quadres.

Cal remarcar que la tendència actual es basa a utilitzar perfils de secció poligonal, creant quadres amb diferents seccions i volums, sortint dels antics costums de fabricar quadres de secció circular homogènia en tot el bastidor de la bici. Per tal d'abaratir costos i facilitar el procés de producció dels nostres quadres, nosaltres apostarem per fer un quadre de secció circular, usant tubs.

Escollirem l'alumini 6061-T6 com a material, el T6 es refereix al tractament tèrmic de solució, tremp i finalment maduració artificial, aquest és un dels materials més utilitzats en bicis de muntanya, podem observar les seves propietats mecàniques esmentades anteriorment en la taula 4, aquest grau d'alumini requereix un refredament líquid precís com a part del procés de tractament tèrmic al qual s'han de sotmetre tots els quadres després de la soldadura. Considerant els dos tipus d'alumini esmentats anteriorment, ens hem decantat pel 6061 degut en part per què analitzant les taules podem veure que és un material amb una resistència a la tracció i el límit elàstic més baixos, però és un material més elàstic, que ens permet absorbir l'orografia de manera més flexible i menys directa, provocant que la conducció sigui més còmode pel ciclista.

Un dels factors també decisius que ens ha portat a escollir aquest material ha sigut, que l'alumini 6061 està format en gran part per magnesi, en el cas del 7005 està format en gran part per zinc, l'alumini 6061 és més barat pel fet que el magnesi és més barat que el zinc que conté l'alumini 7005, d'aquesta manera abaratim una mica més el cost de producció del quadre.

3.2. Elecció del sistema de suspensió

Pel que fa a la geometria dels quadres d'enduro en podem trobar dos grans tipus, indiferentment del sistema de suspensió que portin, podem trobar quadres amb recorreguts de suspensió més curts aproximadament entre 150 i 160 mm, els esmentats intenten buscar el màxim equilibri entre poder afrontar trams de pujada de manera òptima i conservar les capacitats de descens de la bici per a poder afrontar les baixades més ràpidament que una Mtb normal, per aconseguir aquest fet, els quadres acostumen a ser de fibra de carboni i amb geometries simples, per reduir pes al màxim, l'angle de direcció és de l'ordre de 67° . Tanmateix, podem veure el concepte oposat, que és el superenduro, aquest tipus de bicis tenen una clara tendència en sobredimensionar els quadres, sense tenir massa en compte el pes del conjunt, per tal de poder aguantar els esforços dels descensos més durs, aquest tipus de bicis acostumen a arribar fins als 180 mm de recorregut, i en bicis elèctriques fins als 200 mm i la forquilla davantera està molt més llançada endavant, de l'ordre de 64° , les beines i tirants del quadre són el màxim de curtes possibles per tal d'evitar que el triangle posterior pugui flectar.

La millor situació seria tenir un quadre el màxim de polivalent possible, que ens oferís el màxim de modularitat per a poder adaptar-se al màxim al ciclista, arribant també així al màxim de públic possible. Dinàmicament, creiem que el quadre amb més rendiment per tal d'aconseguir aquest objectiu és el monopivot articulat o el pivot virtual, finalment ens hem decantat per un monopivot articulat, ja que creiem que per aconseguir implementar el sistema de variació de geometria, ens resultarà més efectiu en un monopivot articulat que un pivot virtual, això és degut a causa que en el monopivots tot el dinamisme del sistema recau sobre l'amortidor, variant només les cotes d'aquest, aconseguirem canvis substancials, mentre que en els pivots virtuals, hauries de moure totes les cotes un mínim per fer variar el comportament dinàmic d'aquest.

Finalment, un dels punts que ens ha portat a implementar el sistema de monopivot articulat, ha sigut que a l'hora de crear un disseny que funcioni correctament dinàmicament i que pugui donar valors de *leverage ratio*, *brake squad*, etc, més competitius amb models de grans marques.

3.3. Dimensionat estudi dinàmic

Per tal de dimensionar de forma més òptima el nostre quadre, hem utilitzat el programa *Linkage X3*, aquest software ens permet a partir d'una imatge o a través de plantilles predeterminades, crear un disseny 2D, posteriorment podem definir una geometria i sistema de suspensió concrets per tal de poder-los ensajar, veient així si realment el nostre quadre té un bon funcionament, també ens ajuda molt a obtenir dades dinàmiques sobre el nostre sistema, plotejant aquestes sobre taules. En el nostre cas vam disposar d'un model predefinit i el vam anar modificant al nostre gust.

3.3.1. Dimensionat

Posteriorment comentarem totes els aspectes geomètrics que donen forma al nostre quadre.

Per començar vam decidir que utilitzaríem un amortidor de 210x55 de molla, aquesta mesura significa que aquest consta d'una distància entre ulls de 210 mm i un recorregut de 55 mm, obtenint una mesura de 155 mm fent màxima compressió, aquest valor acostuma a ser teòric, ja que a la pràctica arriba a comprimir-se primer la molla, i aquesta fa de topall protegint el nostre amortidor. Vam escollir aquesta cota d'amortidor perquè creiem que era suficient per fer una bici equilibrada, pel fet que com més recorregut, més gran ha de ser l'amortidor i més elevat serà el seu pes.

Continuant, vam ajustar l'angle de direcció, aquest es mesura creant una línia perpendicular al terra, que parteix de l'eix de la roda davantera i interseca amb la línia que formaria la nostra suspensió davantera. Partim del concepte clar que com més llençada està la forquilla, concretament com més tancat sigui l'angle de direcció, millor funcionarà la nostra bici en baixades inclinades, però pitjors aptituds tindrà en absorbir imperfeccions en terrenys plans, per això hem preferit ser conservadors i fer servir un angle de direcció de 66°, que per una bici d'enduro tendeix a ser massa obert.

Tot seguit vam començar a moure els pivots del sistema de suspensió, partim del quadre que tenim a l'esquerra de l'imatge inferior. Es va començar per canviar l'inclinació del amortidor, per aconseguir més espai en el triangle davanter, ja que per portar el bidó de la bici, una petita caixa d'eines e inclús per protegir l'amortidor de picades ens resultava més pràctic.

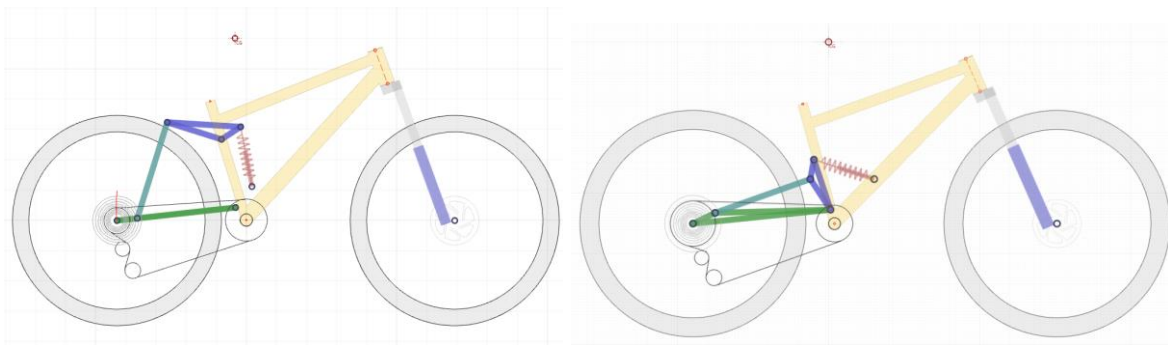


Figura 16: Plantilla i disseny final Linkage X3

En la imatge superior podem veure la plantilla proporcionada del programa Linkage X3, a l'esquerra, i el nou disseny que vam plantejar nosaltres, a la dreta de la imatge.

D'una banda es va mantenir un sistema semblant al de la plantilla, però reduït, desplaçant i invertint el braç on pivota l'amortidor, per començar es va modificar la forma de la bieleta i es va reduir les seves dimensions, vam aprofitar per unir el punt de pivot d'aquest braç amb el punt de pivot de les beines, així simplifiquem i fem una mica més compacte el sistema de suspensió. Fixant-nos en el basculant vam fer pujar una mica el punt on s'uneix amb els tirants, d'aquesta manera vam evitar que la roda ens toques amb la pipa del seient, quan es comprimia l'amortidor al màxim, aquest factor també el podríem haver solucionat fent més llargues les beines, però no ens va resultar una bona solució, ja que com més llargues siguin més tendència a flexionar tindran. Posteriorment, vam modificar la geometria de les beines, per tal de ferles més rígides, els hi vam donar forma poligonal fent que la barra dels tirants quedés alineada amb el reforç d'aquestes, també vam modificar, provocant que el pivot d'unió entre beines i tirant estigues més separat de l'eix posterior.

En modificar el sistema de suspensió d'aquesta forma ens vam trobar amb la següent problemàtica, en moure els dos punts de pivot, beines i bieleta de l'amortidor, el programa utilitzat ens va modificar l'angle del tub del seient, aquest angle és el resultat d'una línia horitzontal d'on aniria el seient amb la línia que forma la tija del seient, fent que aquest es reduís molt, això provocava que la posició de conducció fos incòmoda, ja que el pilot quedava amb el tronc mol enrere, per consegüent, aquest hauria d'estirar les cames i els braços de forma excessiva. Per solucionar aquesta problemàtica vam haver de modificar la geometria del triangle davant, ajustant algunes cotes com la longitud del tub superior.

Posteriorment podem veure una taula resum de tots els aspectes geomètrics del quadre dissenyat.

Angle direcció	66°
Longitud tub superior	580 mm
Distància entre eixos	1206 mm
Altura de l'eix del pedalier	373.5 mm
BB drop	0.9 mm
Angle seient	75°
Longitud beines	470 mm
Reach	433.5 mm
Stack	545 mm
Longitud tub direcció	120 mm
Longitud tub oblic	410 mm
Longitud amortidor	210 mm

Taula 5: Geometria del prototip

Per tal de veure si realment estàvem molt fora de cotes vam voler comparar les dades del nostre prototip amb les d'una bici comuna d'enduro, en el nostre cas vam escollir una *YT Jeffsy* del 2023, posteriorment podeu veure les dades obtingudes sobre aquesta en talla M.

Angle direcció	66°
Longitud tub superior	593 mm
Distància entre eixos	1196 mm
Altura de l'eix del pedalier	352 mm
BB drop	1.3 mm
Angle seient	77°
Longitud beines	435 mm
Reach	450 mm
Stack	622 mm
Longitud tub direcció	105 mm
Longitud tub oblic	473 mm
Longitud amortidor	210 mm

Taula 6: Geometria YT Jeffsy M 2023

Abans d'analitzar els resultats creiem que és pertinent explicar el significat del BB drop, el Reach i l'Stack. El BB drop fa referència a l'alçada entre l'eix de pedalier i la línia horitzontal virtual entre els eixos de la roda davantera i posterior, si el valor d'aquest és baix, millorarà l'estabilitat a gran velocitat. Parlant sobre el Reach, aquesta mesura fa referència a la

distància entre l'eix de pedalier i l'eix del tub de la direcció. Per últim, podem dir que el *Stack* és la distància entre l'eix de pedaler i la línia horitzontal del tub de la direcció.

Comparant ara ja les dues geometries, podem observar que les cotes són molt semblants, cal remarcar que caldria treballar a reduir l'altura del nostre eix de pedalier, ja que així baixaria el nostre centre de gravetat i obtindríem una bici molt més estable, per conseqüència d'aquesta cota també veiem afectat l'*Stack* de la nostra bici, quedant molt curt, provocant que possiblement haurem d'utilitzar una tija de manillar que ens elevi la posició de conducció uns mil·límetres, per tal de no quedar encongits. Un altre punt a tractar el qual ja hem parlat anteriorment, seria la llargada de les beines del triangle posterior, queda patent en les taules que les nostres beines són 35 mm més llargues. Si observem altres aspectes com la longitud entre eixos o el *BB drop* podem veure que la nostra bici està per sobre en característiques geomètriques, al ser una bici més llarga, serà més estable.

Posteriorment, vam realitzar el segon prototip, amb la principal idea de mantenir la geometria del nostre quadre i només modificant la inclinació i la posició de l'eix davanter de l'amortidor, per tal de canviar dinàmicament el comportament de la nostra bici, per tal de fer-la òptima a l'hora d'afrontar desnivells ascendents. La posició de l'eix davanter de l'amortidor s'ha modificat només en la seva coordenada vertical, aquesta ha augmentat 121,8 mm ascendentment, en la imatge inferior podem veure la ubicació on quedaria l'amortidor.

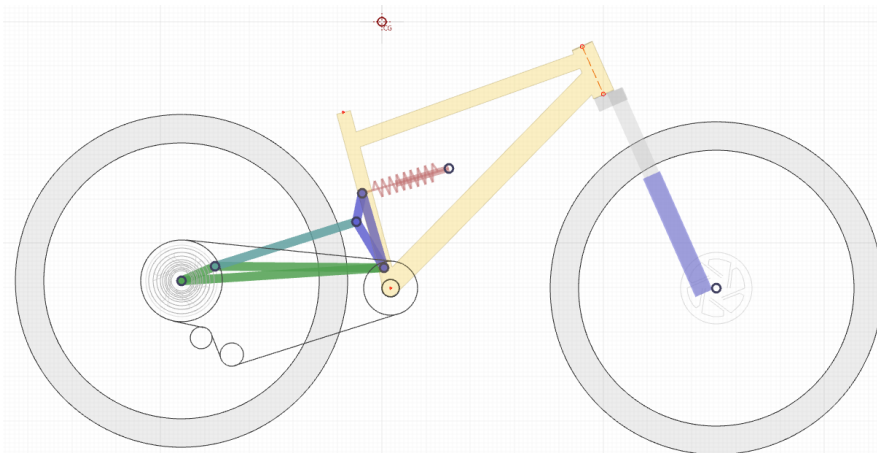


Figura 17: Segona posició d'amortidor del prototip

3.3.2. Estudi dinàmic

Abans de comprar els estudis dinàmics de les dues posicions d'amortidor del nostre prototip, vam voler tractar una temàtica interessant, sobre la qual no hi ha massa informació i ens resultava determinant en el nostre estudi dinàmic. Cal parlar sobre el centre de gravetat del pilot, ja que per a calcular el percentatge d'*Anti Squad* agafem com a referència aquest valor. Pensant en la pràctica, hem pogut veure que el centre de gravetat de qualsevol pilot va variant constantment respecte a la bici quan aquesta s'utilitza, podem trobar gran varietat de situacions diferents que creen un gran ventall de centres de gravetat, com per exemple:

La posició que el programa *Linkage X3* ens proporciona de forma predefinida es troba el centre de gravetat sempre 600 mm per sobre de l'eix de la roda i avançada a l'eix del seient, ja que es creu que és la posició més estàndard en les bicis de muntanya, aquest correspon a quan el pilot pedala assegut al seient i recolzant els seus braços sobre el manillar.

Una altra situació típica es produeix quan el pilot procedeix a baixar una baixada molt empinada i tècnica canvia la seva posició en dos punts: el primer es tendeix a tirar el cos enrere, a vegades inclús queda la seva cadera per darrere del seient de la bici, el segon també es tendeix a flexionar les cames. Aquesta posició fa que el centre de gravetat es mogui a una posició més retardada i aplanada.

Podem comentar una altra situació on el pilot es posa dret en un lloc pla per tal de poder pedalar amb més força, aquí el nostre centre de gravetat continua centrat a la posició esmentada en primer lloc, però amb més tendència a anar cap a la part davantera de la bici i de forma que queda elevada per sobre.

Vam pensar que seria interessant estudiar aquestes tres posicions del centre de gravetat en la nostra bici, per tal d'obtenir un espectre més gran de funcionament d'aquesta. Abans de definir el centre de gravetat d'aquestes tres posicions primer vam realitzar un disseny 3D d'un cos humà mitjançant el programa *Creo Modeling*, per tal d'assegurar el punt exacte del centre de masses d'un cos humà.

Per tal de trobar el centroide en les diferents posicions vam haver de donar-li la densitat del cos humà al nostre maniquí, en aquest cas van ser 950 kg/m^3 , obtenint una massa total del maniquí de 103 kg, considerant que el nostre maniquí mesura 1,90 m d'altura, podríem considerar una massa raonable, per una persona robusta.

En primer lloc, vam simular la primera posició, la qual direm que és la de pedaleig estàndard, vam col·locar el cos del nostre maniquí seguint les mesures extrems del programa *Linkage X3*, en les imatges inferiors podem veure com queda el nostre model 3D.

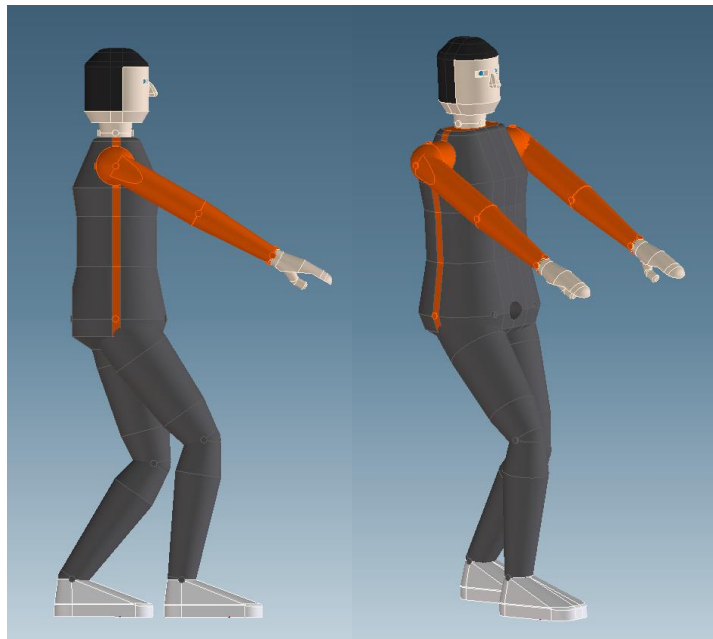


Figura 18: Posició de pedaleig

Per tal de determinar el centroide hem posat com a punt de referència el terra on es recolzen les rodes de la nostra bici, la distància d'aquest al seient és de 1194,65 mm, com podem veure en la imatge superior la nostra coordenada Z mostra que el nostre centroide es troba a 1308,7 mm del terra, a 935,1 mm de l'eix del pedalier i a 114,05 mm del seient, en la imatge inferior podem veure els resultats obtinguts i marcat en blau, el centroide en qüestió.

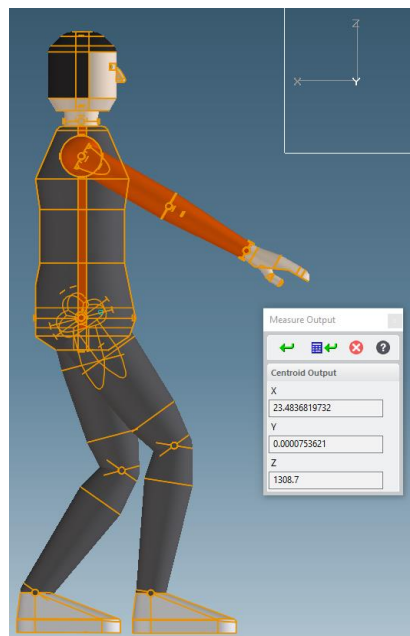


Figura 19: Centroide posició de pedaleig

Una vegada modificada la posició per tal d'aconseguir simular la posició de baixada, ens ha quedat el següent model, un aspecte que no hem pogut reflectir en el maniquí ha sigut la flexió dels braços, la qual creiem que tampoc afectaria en excés en el centroide.



Figura 20: Posició de baixada

Observant el centroide ara ens fixarem en la coordenada X i Z, en la coordenada Z podem veure que el nostre maniquí ha baixat el seu centre de gravetat, fins a 1258,2 mm del terra, a 884,6 mm de l'eix del pedalier i a 63,5 mm del seient. Si ens fixem en la coordenada X podem veure que el centroide ha avançat longitudinalment de l'ordre 127,1 mm en comparació amb la primera posició, com podem veure en la imatge inferior.

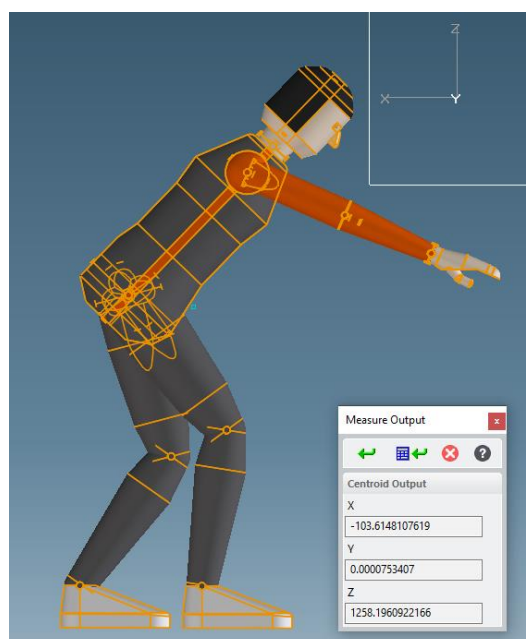


Figura 21: Centroide posició de baixada

Per acabar, hem modificat la posició del nostre manqui per tal d'intentar simular que pedalava de peu, aquesta posició ens ha resultat més complicada de simular, al posar-nos de peu tendim a tirar el cos endavant, d'aquí parteix aquesta postura avançada que podem veure en les imatges inferiors.



Figura 22: Posició pedaleig de peu

En aquest cas ens ha sorprès la posició del centroide, ja que esperàvem que estaria més avançada en l'eix X i més alta en l'eix Z, aquesta queda a 1292 mm del terra, a 918,4 mm de l'eix del pedalier i a 97,35 mm del seient, en el cas de la coordenada X podem veure que la diferència amb la primera posició és de 26,5 mm, aquesta és la més retardada de les tres estudiades, posteriorment podem veure el centroide i les seves coordenades.

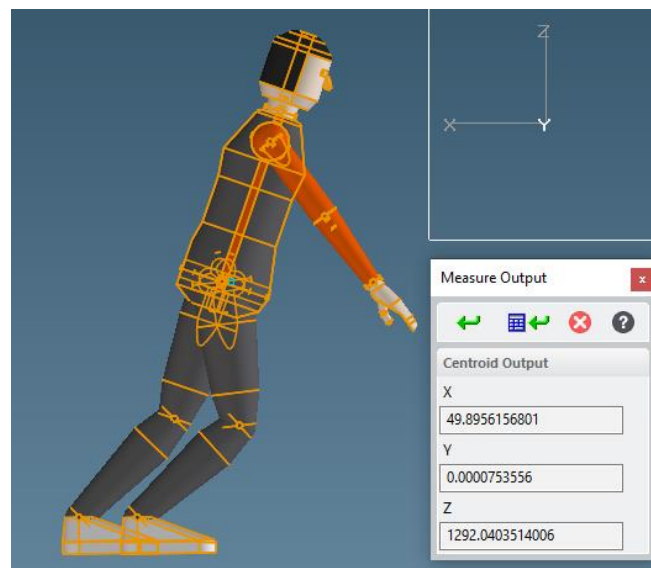


Figura 23: Centroide posició pedaleig de peu

Per tal contrastar els nostres resultats vam estar buscant informació sobre el centre de gravetat d'un cos humà sobre la bici, aquí vam trobar una taula explicativa que feia referència a l'estatura del pilot, a la relació altura-entrecreix, a la pròpia llargada de la cama, a l'altura del seient i on finalment quedava aquest centre de gravetat en la coordenada vertical, tot això en la posició de pedaleig. En aquesta taula podem veure que en totes les estatures considera la mateixa relació altura-entrecreix i l'altura del seient.

ESTATURA	E/P	PIERNA	P/S	SILLIN	C.D.G.
200 CM	48%	96.0 CM	88%	84.4 CM	124.4 CM
195 CM	48%	93.6 CM	88%	82.4 CM	122.4 CM
190 CM	48%	91.2 CM	88%	80.3 CM	120.3 CM
185 CM	48%	88.8 CM	88%	78.1 CM	118.1 CM
180 CM	48%	86.4 CM	88%	76.0 CM	116.0 CM
175 CM	48%	84.0 CM	88%	73.9 CM	113.9 CM
170 CM	48%	81.6 CM	88%	71.8 CM	111.8 CM
165 CM	48%	79.2 CM	88%	69.7CM	109.7 CM
160 CM	48%	76.8 CM	88%	67.5 CM	107.5 CM
155 CM	48%	74.4 CM	88%	65.4 CM	105.4 CM
150 CM	48%	72.0 CM	88%	63.4 CM	103.4 CM

Figura 24: Taula centres de gravetat

Comparant els resultats obtinguts d'aquesta taula amb els obtinguts per nosaltres mitjançant el programa Creo Modeling, podem veure que son molt propers, només tenim una diferència de 65 mm. Ens hagués agradat, trobar més informació per tal de validar la posició del centroid per les altres posicions de conducció.

3.3.2.1. Posició de pedaleig

Per tal de prosseguir amb el nostre estudi hem modificat el centre de gravetat en el nostre programa Linkage X3 en les dos posicions d'amortidor. Creiem convenient que la primera posició, posició de pedaleig, s'estudiï amb la posició del amortidor que s'hauria d'utilitzar per ha superar desnivells ascendents.

Primer de tot començarem estudiant el Leverage Ratio, com s'ha esmentat anteriorment aquesta terminologia relaciona el recorregut de la nostre roda amb el recorregut de l'amortidor posterior. En aquest cas el perfil de Leverage Ratio buscat era el regressiu, el qual utilitzen les bici de Xc, ja que volíem que la nostre bici tingues un comportament dur al principi i mitat del recorregut, però que fos suficientment absorbent al final d'aquest, ja que a l'hora d'afrontar desnivells ascendent acostumem a utilitzar únicament el recorregut inicial i de la meitat i volem rigidesa en aquest per tal d'evitar factor com el *Pedal Bob* i inclús anar més enllà i poder ascendir amb l'amortidor actiu i sense haver de fer servir el bloqueig de suspensió posterior.

En la gràfica inferior podem observar en la coordenada vertical el Leverage Ratio i en la coordenada horitzontal el desplaçament de la roda tresarà.

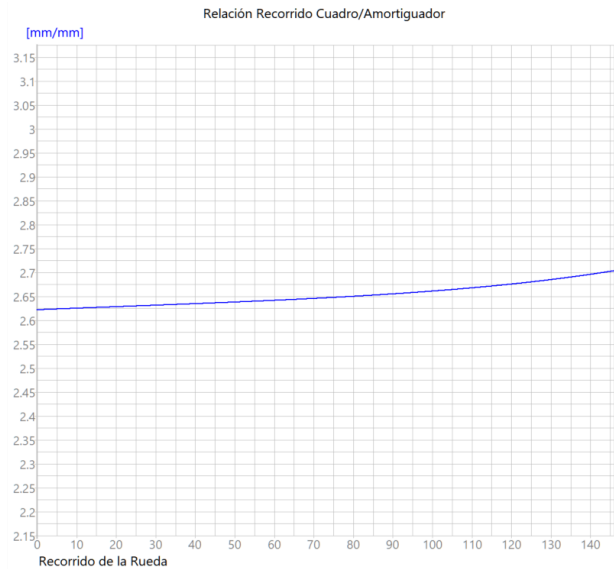


Figura 25: Gràfic *Leverage Ratio*/Recorregut roda posterior

Si ens fixem en el gràfic superior podem veure que té una lleugera tendència regressiva, en el cas de les bicis de Xc aquesta corba és més accentuada, en el nostre cas obtenim un caràcter més lineal, aquest caràcter apareix per la clara limitació de geometria que té el nostre quadre, amb això ens referim al fet que podríem arribar a aconseguir característiques més regressives, però hauríem de moure el pivot davanter de l'amortidor a una posició que no resultaria massa òptima per la disposició del nostre bastidor. En no aconseguir un funcionament totalment regressiu com volíem, haurem d'utilitzar un amortidor que tingui unes bones característiques, per suplir aquesta carència.

Un fet molt interessant és que per poder veure els nostres nivells de *Leverage Ratio* real, haurem d'abolir la part que està ocupada pel 25% de SAG, ja que aquest percentatge de recorregut de l'amortidor ja quedarà enfonsat només quan el pilot es posi sobre la bici i només s'utilitzarà quan el sistema faci una compressió molt forta que provoqui un rebot, on el nostre pilot deixi d'exercir força sobre el sistema. Una vegada comentada la temàtica amb el SAG podem veure que els nivells de *Leverage Ratio* es mouen entre 2,62 en el seu inici i 2,70 al final del recorregut.

Continuant podem parlar del *Brake Squad*, en el cas del nostre quadre podem observar nivells molt acceptables d'aquest valor, ja que podem veure que de màxim i mínim tenim uns percentatges alts que es mouen entre 97% i 73% que ens aportaran gran independència de la frenada. En la imatge inferior podem veure el gràfic obtingut en el nostre model que en la coordenada vertical ens mostra el *Brake Squad* i en la coordenada horitzontal el desplaçament de la roda tresarà.

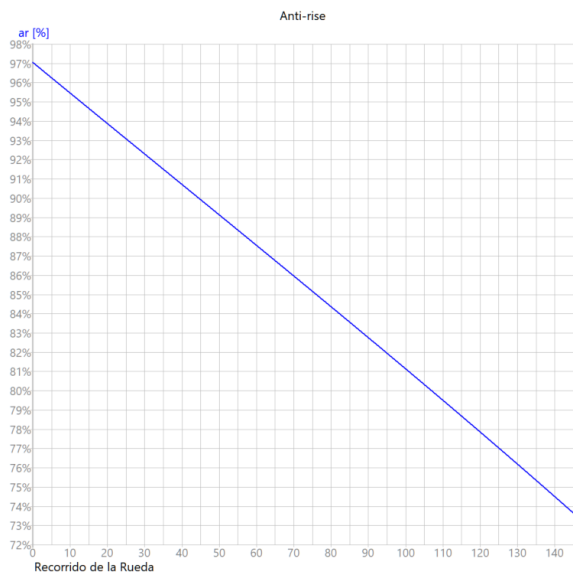


Figura 26: Gràfic Brake Squad/Recorregut roda posterior pedaleig

Proseguim ara en aquest cas evaluant els resultats obtinguts en referència al valor d'Anti Squad, aquest valor ve donat per a molts factors entre ells, el centre de gravetat com hem comentat anteriorment i també per la relació de transmissió de la nostra bici, en el nostre cas hem avaluat el model suposant una relació de transmissió on el plat fos de 30 dents i el pinyó trasers comencin amb 11 dents i arribin fins a 46 en 11 velocitats. En aquest cas no tendria sentit només plantejar un gràfic, ja que per a cada velocitat tenim un gràfic diferent, per tant hem avaluat a través d'una taula els valors obtinguts, aquesta taula ens ensenya el màxim Anti Squad, el més favorable, per cada velocitat del nostre canvi de marxes.

	11T	13T	15T	17T	19T	21T	24T	28T	32T	37T	46T
30T	44%	52%	58%	62%	66%	68%	71%	75%	77%	80%	83%

Taula 7: Anti Squad obtingut per a totes les velocitats en posició de pedaleig

Com podem veure en la taula superior, els nostres nivells d'Anti Squad no són gaire elevats, en els casos que ens interessa més, que són amb relacions de transmissió altes, ja que són les que s'utilitzen per pedalar de forma més comuna en bicis d'enduro, els nivells en aquestes es mantenen baixos, però estan dintre del rang habitual que podríem trobar en una altra bici que utilitzi el sistema de mono pivot articulada. Creiem que es podria treballar per aconseguir nivells més alts que els obtinguts, ja que ara la nostra bici tindrà un caràcter on la suspensió posterior es comprimirà en excés i serà propensa al Pedal Bob a causa d'aquest baix nivell d'Anti Squad.

Per acabar comentarem el nivell de *Pedal Kickback* del nostre 1r model, aquest va expressar en una gràfica on veiem els graus que es mou la nostra biela respecte al recorregut que fa la roda posterior. Observant podem fixar-nos en el fet que els nivells de retrocés del pedal arriben a aproximadament 20° en el topall del recorregut de l'amortidor, veiem que la corba que defineix és progressiva, aquesta característica és molt positiva, ja que el nostre pedal anirà desplaçant-se de forma molt poc pronunciada, pel fet que si la gràfica ens fes forma de paràbola podria resultar molt incòmode per la conducció. En la imatge inferior podem veure el gràfic esmentat anteriorment.

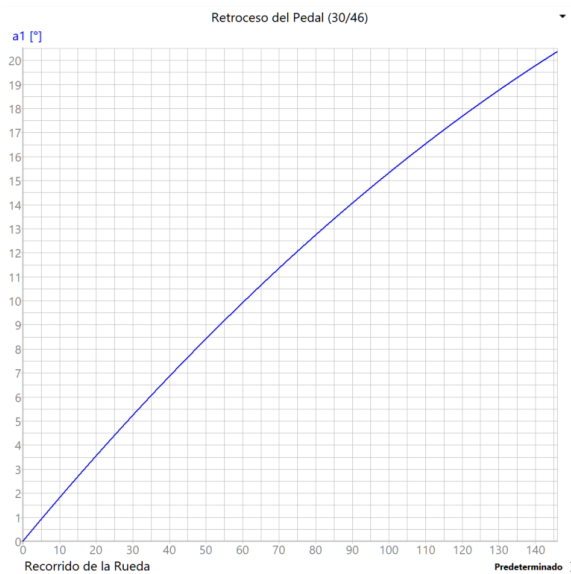


Figura 27: Gràfic *Pedal Kickback* posició pedaleig

3.3.2.2. Posicions de baixada

En aquest apartat estudiarem l'evolució dels gràfics variant el centre de gravetat en les dues posicions de baixada, pedalejant a peu dret sobre la bici i en la posició de baixada, trobem pertinent que les posicions esmentades anteriorment s'estudiïn amb la configuració d'amortidor dedicada a la baixada. Començarem comentat el cas on el nostre pilot adopta la posició de baixada, on la cadera d'aquest queda retardada del seient i inferior a ell, obtindrem els resultats d'igual manera que en el cas anterior, observant les gràfiques mostrades en el programa Linkage X3.

Movent el nostre centre de gravetat podem observar el gràfic del Leverage Ratio, el qual podem veure i estudiar posteriorment.

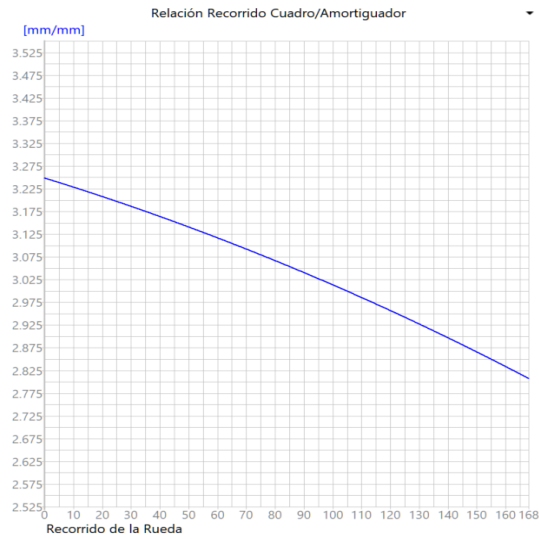


Figura 28: Gràfic *Leverage Ratio*/Recorregut roda posterior en baixada

En aquest cas a diferència de la posició de pedaleig podem observar una clara tendència regressiva que evoluciona des de 3,25 en l'inici del recorregut fins a 2,8 al final d'aquest. La diferència de *Leverage Ratio* aconseguit en aquesta posició d'amortidor ens serà molt positiva, ja que aconseguirem que el nostre sistema de suspensió es caracteritzi per ser més fàcil d'enfonsar en el principi del recorregut i més dur al final d'aquest, així aconseguirem ajudar a treballar a l'amortidor, perquè en compressions petites aquest actuarà sense problemes, però en grans compressions el sistema de suspensió l'ajudarà a no fer topall mecànic.

Com era d'esperar el *Brake Squad* es veu pràcticament immòbil, obtenim el mateix valor que en la posició de pedaleig. Posteriorment podem analitzar el gràfic resultant..

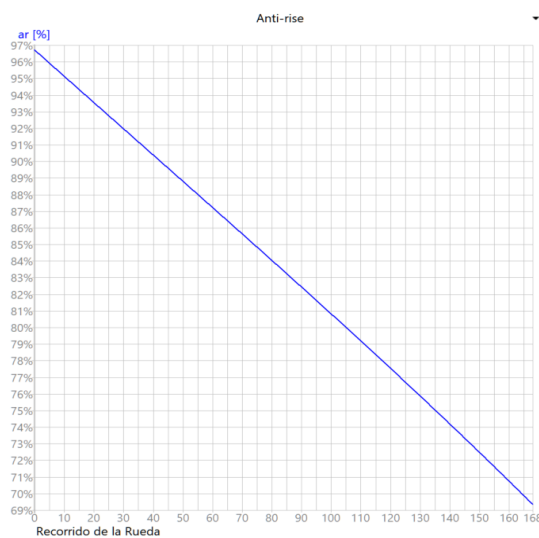


Figura 29: Gràfic *Brake Squad*/Recorregut roda posterior en baixada

A continuació observarem els efectes que té el fet de modificar el nostre centre de gravetat en els 11 gràfics obtinguts per a cada velocitat del nostre canvi de marxes, per entendre millor aquests gràfics hem representat els seus valors en una taula, aquesta ens ensenya el màxim *Anti Squad*, el més favorables, per cada velocitat del nostre canvi de marxes.

	11T	13T	15T	17T	19T	21T	24T	28T	32T	37T	46T
30T	43,5%	51,5%	57%	62%	65%	68%	71%	74,5%	77%	79%	82%

Taula 8: *Anti Squad* obtingut per a totes les velocitats en posició de baixada

Observant la taula ens podem adonar que els valors no són massa variables que els obtinguts en la posició de pedaleig, amb això ens adonem que obtindrem valors de pedaleig bons també en aquesta posició de l'amortidor, encara que ens resultarà contraproductiu perquè el seu *Leverage Ratio* no està pensat per fer-ho.

Si continuem estudiant els gràfics arribem al retrocés del pedal o *Pedal Kickback*, en aquest podem veure una paràbola de forma convexa, això ens denota clarament que aquest disseny no serveix per pedalar, ja que com mostra el gràfic sense produiran unes oscil·lacions en les bieles quan comprimim la nostra suspensió, les quals seran molt desfavorables pel pedaleig.

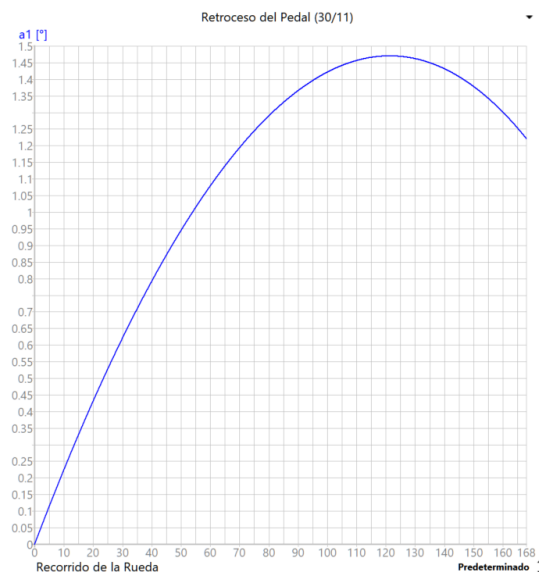


Figura 30: Gràfic Pedal Kickback posició de baixada

Si continuem estudiant els gràfics relacionats amb el dinamisme la nostra segona posició d'amortidor destinada a les baixades, però ara en aquest cas ho fem en la posició on el nostre pilot pedaleja a peu dret, per això tornarem a reubicar el centre de gravetat. L'únic gràfic que és veure modificat per aquest canvi serà el del *Anti Squad*, a causa de aquest fet només estudiarem aquesta, ja que les altres romandran iguals. Posteriorment, podem veure la taula amb els resultats obtinguts per a cada velocitat.

	11T	13T	15T	17T	19T	21T	24T	28T	32T	37T	46T
30T	43,5%	51,5%	58%	62,5%	66%	69%	72,5%	76%	78,5%	81%	84%

Taula 9: *Anti Squad* obtingut per a totes les velocitats en posició de baixada amb el pilot de peu

En aquest cas, ja podem veure diferències substancials entre l'*Anti Squad* obtinguts en el primer model de sistema de suspensió dedicat a les pujades i el funcionament del nostre sistema de suspensió dedicat en les baixades quan el nostre pilot pedala a peu dret. Aquesta taula ens diu que a l'hora de pedalar a peu dret utilitzant la disposició d'amortidor destinada a fer descensos aconseguir una eficiència de pedaleig més bona que en el cas que estigui assegut sobre el seient utilitzant la disposició destinada als ascensos, l'eficiència de pedaleig és molt relativa en aquest cas, ja que en pedalar a peu dret ens veurem molt afectats per al *Pedal Bob*, perquè al pedalar a peu dret tendim a fer-ho amb poca cadència, però realitzant molta força, això fa que comprimim de manera considerable l'amortidor, creant un gran efecte de *Pedal Bob*, reduint l'eficiència de pedaleig notablement.

Cal remarcar que durant tot l'estudi dinàmica s'ha tingut en compte el 25% de SAG esmentat anteriorment, per tal que totes les mesures fossin el màxim de properes a la realitat del funcionament de la bici.

3.4. Modelat 3D

En aquest apartat ens centrarem a dur a terme el modelatge 3D del nostre quadre. Per tal de poder plasmar el disseny 2D que vam dur a terme amb el programa Linkage X3, vam obtenir les coordenades de tots els punts que creiem rellevants per reflectir bé el disseny del nostre quadre. Primer vam modificar el centre de gravetat i el vam posar en el centre de l'eix de pedalier, ja que el Linkage X3 ens agafa com a centre de coordenades el punt on està ubicat el centre de gravetat, vam obtenir un total de 10 coordenades rellevant pel disseny, les quals mostrem en la imatge inferior, les seves unitats són els mil·límetres, la coordenada X descriu l'eix d'abscisses i la coordenada Y el d'ordenades.

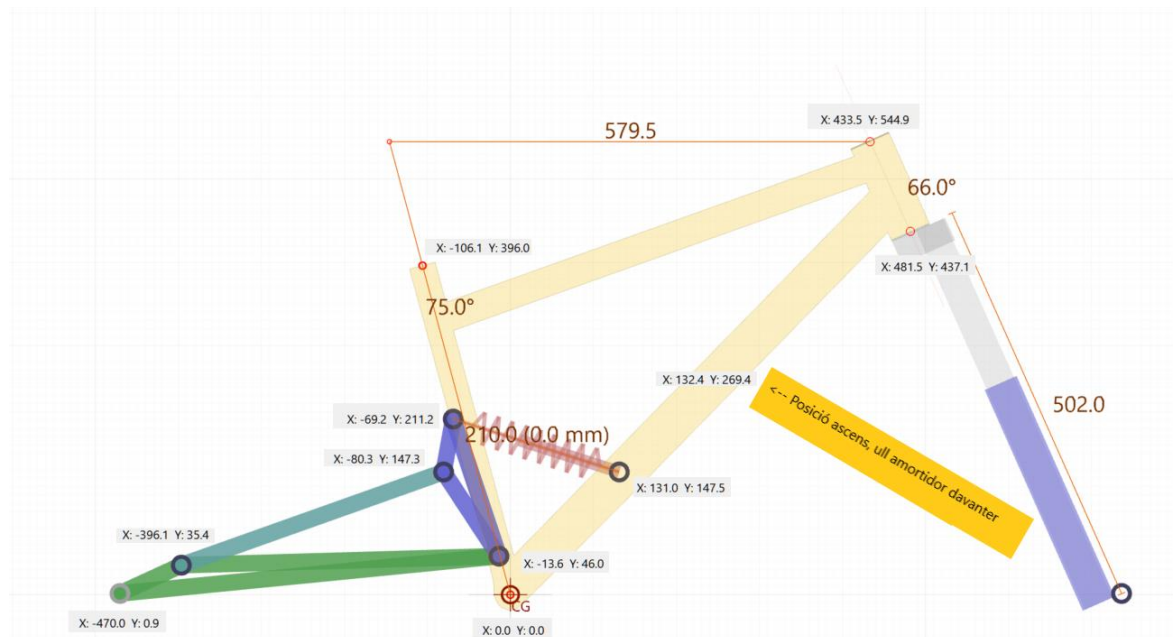


Figura 31: Coordenades Linkage X3

Continuadament, vam introduir aquestes coordenades al programa Solidworks, per tal de poder dissenyar la geometria amb la màxima fidelitat respecte al nostre disseny fet en dues dimensions, però prèviament vam estudiar quins aspectes de disseny podrien ser rellevants en el nostre quadre, com podrien ser el tipus de direcció que volíem utilitzar, el tipus de pedalier, els tubs del quadre, els coixinets, etc.

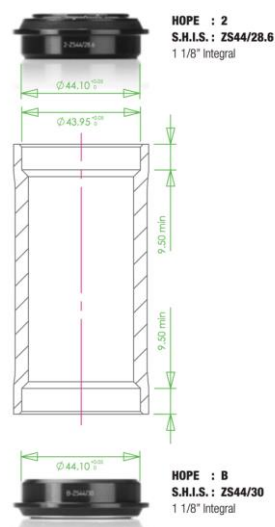
Primerament, vam plantejar quin tipus de sistema de direcció utilitzaríem, per tal de determinar-ho vam estar buscant el tipus de direcció que disposés de la major oferta disponible al millor preu possible i que fos prou robusta per una bici d'enduro. Fixant-nos en les tendències actuals, ens vam adonar que en bicis de gamma alta s'usaven direccions del tipus Tapered, aquestes són de diàmetres diferents en la seva part superior i inferior formant una forma cònica, no vam optar per aquest tipus de direcció per culpa del fet que volíem usar tubs del mateix diàmetre en la part superior i inferior i en tenir una direcció en

forma cònica, ens resultaria incòmode per dur a terme les soldadures i per fer que els tubs encaixessin de forma correcta amb el tub de la direcció, es va optar per una direcció de tipus normal cilíndrica.

A continuació vam fixar-nos que les bicis de muntanya portaven direccions integrades o semi-integrades, aquestes es diferenciaven únicament en el fet que en les semi-integrades la cassòleta on s'ubica el coixinet de direcció queda integrada dintre del quadre, mentre que en les integrades, el coixinet recolza directament sobre uns mecanitzats que té la mateixa pipa de direcció, aquí l'elecció no era tan clara, es va decidir utilitzar una direcció semi-integrada per dos factors clau, més opcions comercials amb preu més reduït i no haver de mecanitzar amb una tolerància més baixa els allotjaments de la pipa de direcció com si fos integrada.

Finalment, vam escollir el diàmetre de direcció, de 1 1/8", ja que vam veure que era bastant utilitzada i que a diferència d'altres tamanys, aquesta ens permetria utilitzar una pipa de direcció de majors dimensions, la qual ens encaixaria molt bé en el nostre quadre, perquè preferim sobredimensionar aquest aspecte, pel fet que és recurrent que en les bicis de muntanya apareguin fissures en la pipa de direcció, o que directament s'arrenqui aquesta dels tubs inferior i superior del quadre, pel fet que a causa de la mateixa geometria d'aquest es faci complicat arribar a soldar de forma correcta el llarg de tota la soldadura.

Estudiant tots els aspectes esmentats anteriorment vam buscar opcions comercials i vam trobar la següent, aquesta possiblement no és l'opció més econòmica, però per la nostra experiència pròpia podem assegurar que ofereix una qualitat molt superior que els seus competidors, mecanitzant l'alumini de forma molt òptima. Estem parlant de la marca anglesa Hope i més concretament del model SHIS ZS44 / 28,6. En la imatge inferior podem veure les cotes que s'ha seguit per el disseny de la nostre pipa de direcció.



Imatge 32: Cotes de la direcció marca Hope

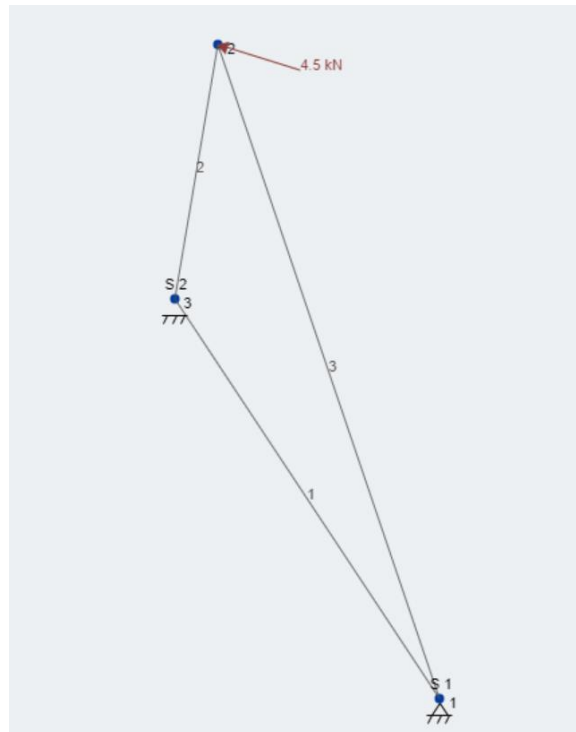
Continuant amb altres aspectes de disseny, vam arribar a l'elecció de quin sistema de pedalier utilitzar, aquí vàrem buscar la senzillesa i vam optar pel sistema de cassolletes amb coixinets incorporats, les quals van roscades directament al tub de pedalier, aquest sistema s'anomena BSA o anglès, el tipus de rosca utilitzat en aquests muntatges és de 1,375 polzades x 24 fils per polzada, l'elecció d'aquest sistema era clara, pel fet que és el sistema més utilitzat en bicis de muntanya i tenim molta oferta comercial per uns preus molt reduïts i en aspectes de disseny també és la més senzilla implementar en el nostre quadre, ja que només has de complir les mides estandarditzades, llarg del pedaler, diàmetre d'aquest i tipus de rosca. En aquest cas, de totes les opcions comercials hem escollit un sistema de rodaments de la marca Shimano, perquè la relació qualitat preu és immillorable, en aquest cas el model és el Deore BSA SM-BB52, molt conegut i usat per tothom.

Continuant amb el disseny, ens vam centrar en l'elecció dels coixinets, en aquest cas utilitzats en el pivot central del nostre sistema de suspensió. Vam recórrer al catàleg de SKF per tal de veure quines opcions comercials teníem, però vam cometre un gran error, ja que prèviament ja havíem dissenyat els tirants i les beines on anirien aquests emplaçats, això ens va portar a haver de treballar amb mides ja predefinides, que en aquest cas eren de 19 mil·límetres de diàmetre exterior i 10 mil·límetres de diàmetre interior, vam pensar que seria convenient buscar coixinets del tipus RS1, perquè al ser una bici de muntanya haurà d'aguantar les inclemències dels pilots, que passaran per sobre de fang, aigua, sorra i inclús neu, per això vam pensar que a l'utilitzar aquest tipus de segells seria òptim, ja que podries retirar les tapetes amb facilitat, netejar l'interior en el cas que s'hagi colat algun residu i lubricar de nou el rodament. Observant aquestes característiques anteriors vam trobar que l'únic coixinet que ens encaixava era el que tenia denominació comercial 61800-2RS1. Posteriorment, podem veure una taula on hem fet un recull de les seves característiques.

SKF 61800-2RS1	
Diàmetre interior	19 mm
Diàmetre exterior	10 mm
Ample	5 mm
Càrrega dinàmica	1,72 kN
Càrrega estàtica	0,83 Kn
Velocitat límit	22 000 r/min

Taula 10: Característiques del coixinet escollit

Per tal de veure si aquests coixinets aguantarien els esforços d'un pilotatge dur, primer vam determinar les càrregues que experimentarien per tal de calcular el seu factor de seguretat, per tal de determinar aquest factor ens vam fixar en les unitats que utilitzava la molla de l'amortidor per a mesurar la seva duresa, vam veure que aquestes eren lliures multiplicades per polzades, les lliures fan referència a la força que fa falta per comprimir 1 polzada la molla i les polzades que multipliquen son recorregut que té la molla comprimida sense que les espirals es toquin entre elles. En Una molla de 400x2,4, com podria ser la de la nostra bici, s'ha de fer 400 lliures per tal de comprimir una polzada, si la seva compressió màxima és de 2,4 polzades necessitariem un total de 960 lliures de força per comprimir la molla, ja que el gràfic de duresa que descriu és totalment lineal en la majoria dels casos, si això li sumem l'efecte de vèncer la cambra negativa de l'amortidor, que comporta un suma de 20 lliures en els casos més extrems, obtenim un total de 1000 lliures per fer topall d'amortidor, que convertides a newtons són 4500 newtons aproximadament, un cop sabent aquest número vam plantejar un sistema de mecànic simple per veure quines eren les forces resultants sobre els rodaments, aquesta estava format per un polígon que representava el braç de suspensió on tenien en el seu punt 2 la força de reacció feta per l'amortidor al ser comprimit, en el punt 3 vam enquestar tots els moviments, ja que aquest no ha de moure's ni girar, perquè és el que està sustentant la força de la roda posterior contra el terra i en el punt 3 vàrem limitar el moviment en X o Y, però vam deixar el seu lliure per tal de simular el gir del coixinet. En la imatge inferior podem veure el sistema plantejat.



Imatge 33: Sistema mecànic plantejat

Estudiant els resultats obtinguts en el sistema plantejat prèviament vam veure que el mòdul de les carregues resultants obtingudes era de 9 kN.

També vam plantejar el sistema mecànic orientant la força només amb component horitzontal, simulant així l'efecte de l'amortidor quan està en la posició d'ascens, observant els resultants vam veure que el mòdul de les carregues resultants era de 8,945 kN així que continuàvem utilitzant la de la posició de descens, ja que al ser més alta era més desfavorable.

Finalment, vam veure que els rodaments experimentarien una càrrega d'aproximadament 9 kN, però al tenir dos coixinets que experimenten aquesta càrrega aquesta queda repartida a la meitat, 4,5 kN.

Utilitzant la taula mostrada posteriorment proporcionada per SKF, la qual ens parla del factor de seguretat, vam calcular aquest:

Certeza del nivel de carga	Movimiento continuo Aceptación de deformación permanente			Movimiento poco frecuente Aceptación de deformación permanente
	Sí	Algunas	No	Sí
Certeza alta Por ejemplo, carga por gravedad y sin vibración.	0,5	1	2	0,4
Certeza baja Por ejemplo, pico de carga.	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 2	≥ 1

Imatge 34: Deformació segons el factor de seguretat

Aquí podem veure la fórmula utilitzada per tal de fer el càlcul.

$$s_0 = C_0/P_0$$

donde

s_0 factor de seguridad estática

C_0 capacidad de carga estática básica [kN]

P_0 carga estática equivalente del rodamiento [kN]

Imatge 35: Formula factor de seguretat

On la C_0 l'obtidrem del catàleg de SKF I en el cas de la P_0 suposarem el mateix en tots els coixinets, la més desfavorable, els 4,5kN resultants, entenem que aquest càrrega està present en tots els coixinets.

Procedim a fer els càlculs de S_0

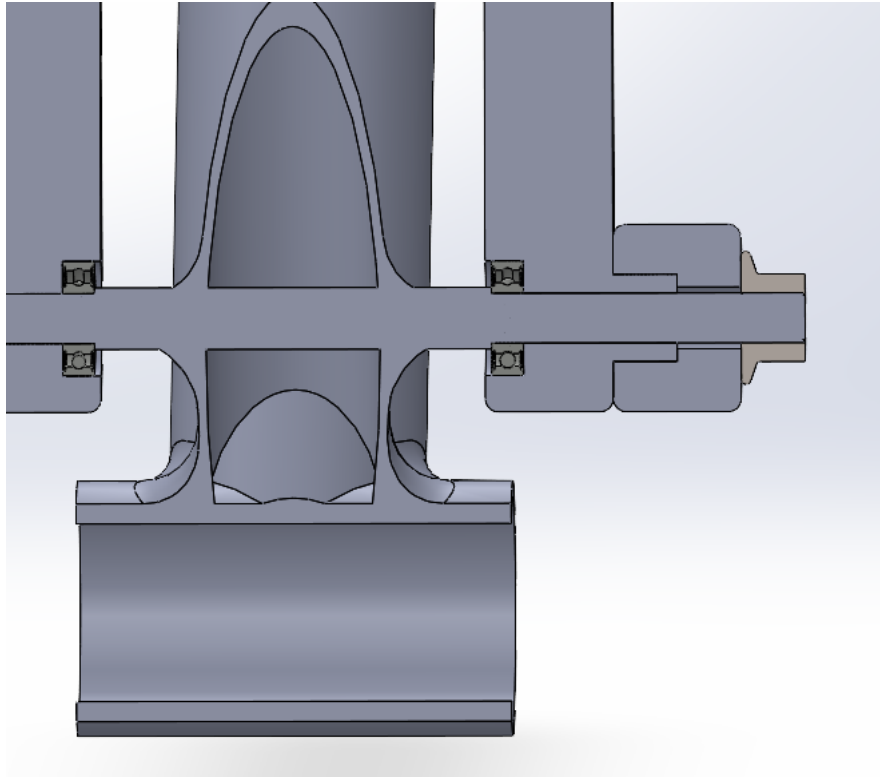
$S_0 = 0,18 \rightarrow$ Tindrem deformació permanent

Com podem observar els coixinets tindran deformacions permanents, ja que el coeficient de seguretat és molt baix, aquest problema el podríem resoldre buscant uns coixinets de majors dimensions, els quals aguantessin una càrrega major, o implementant coixinets de les mateixes dimensions, però que poguessin aguantar la nostra càrrega, això dispararia el preu perquè és un tipus de rodament molt més específic.

En escollir la tija de seient també ens hem fixat en quins serien les mides comercials, hem escollit que interiorment aquesta disposés d'un diàmetre de 27,2 mm, ja que ens ha semblat un factor poc rellevant el nostre projecte.

Fent referència als tubs utilitzats per tal de formar el quadre vam pensar que seria pertinent utilitzar tubs de perfils semblants, en el cas del tub inferior vam utilitzar tub de 40 mm de diàmetre exterior i 34 mm de diàmetre interior, en el cas del tub superior vam utilitzar tub de 30 mm de diàmetre exterior i 24 mm de diàmetre interior. En el cas del pivot del amortidor el vam provar de realitzar-lo de manera tubular però vam veure que era molt complicat, vam preferir realitzar-lo d'una sola peça d'alumini, la qual seria fabricada o amb control numèric o a través d'un motlle de fosa. En el cas de les beines i els tirants ens va passar quelcom molt semblant que en el pivot, la complexitat de fer-ho utilitzant perfil tubular ens va portar a haver de utilitzar peces fetes o de fosa i posteriorment mecanitzades o directament mecanitzades d'un perfil d'alumini utilitzant màquines de control numèric, el basculant del nostre quadre va ser dissenyat com si fos perfil macís de 20x20 mm.

Comentant alguns aspectes importants del triangle davanter del nostre quadre, aquest té dues fixacions per l'amortidor, la posició d'ascens ha sigut creada a la part central del quadre, mitjançant dues platines d'alumini de 8 mm soldades al tub superior i inferior, i amb un forat de 15 mm de diàmetre en el qual se li podrien adaptar uns casquets segons el tipus d'amortidor que si volgués acoblar en aquest, en el cas de la posició de descens s'ha fet un forat dintre el tub inferior del quadre perquè pugui entrar el cap de l'amortidor, però per no debilitar en excés aquesta part s'han soldat platines de reforç dintre d'aquest tub, també hem pensat que es podria implementar una platina en forma de tub de major diàmetre que quedés soldada a la part inferior d'aquest per tal de reforçar-lo, però finalment no ha sigut implementat. Cal comentar que per dur a terme la unió del triangle posterior amb el triangle davanter hem dissenyat un eix el qual va soldat al tub de la pipa del seient, aquest eix massís té un diàmetre de 12 mm, que en les puntes es redueix a 10 mm i finalment acaba amb una rosca de M10, sobre aquest eix hi treballen els coixinets del pivot de l'amortidor i les beines, vam dissenyar un sistema per tal de només haver d'utilitzar un joc de coixinets, aquest funciona gràcies al fet que les beines queden cabellades sobre el pivot de l'amortidor, com podem veure en la imatge inferior.



Imatge 36: Disseny eix triangle davanter

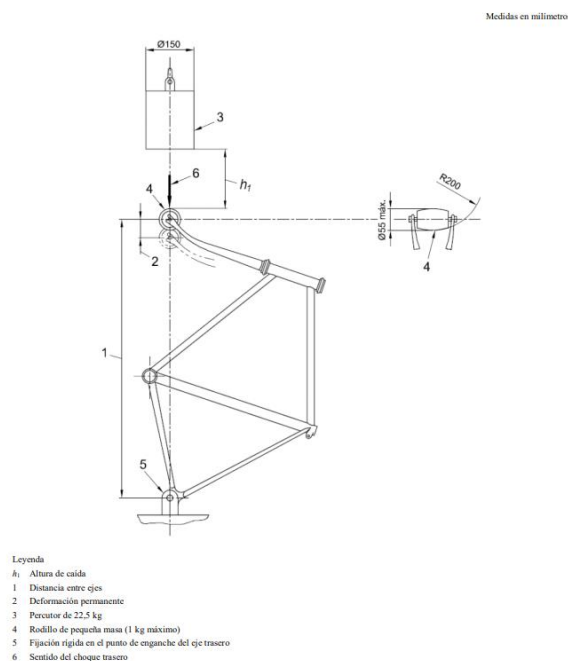
A l'hora d'escollir els caragols utilitzats per unir les diferents parts del quadre vam optar per utilitzar en el cas del punt que uneix les beines amb els tirants caragols DIN 7984 M10x30 de qualitat 8.8, posteriorment vam decidir que utilitzaríem femelles DIN 6923 per completar aquesta unió metàl·lica, posteriorment ens vam centrar a unir els tirants amb el pivot de l'amortidor, aquí els caragols escollits van ser DIN 7984 M10x50, també utilitzats amb una qualitat de 8.8 i emprant les mateixes femelles DIN 6923.

4. NORMATIVA

Ens agradaria treballar també l'aspecte normatiu del quadre de la nostra bici, al fer recerca ens vam adonar que la normativa ISO contemplava els requisits de seguretat per a bicicletes, concretament la ISO 4210, nosaltres ens centrarem concretament en la ISO 4210-6 la qual parla dels requisits i del mètode d'assaig pels quadres i forquilles. Realitzarem una petita guia d'assaig per tal de fer una interpretació de la norma treballant els aspectes aplicables al nostre quadre, estudiant aquesta hem vist que hauríem de realitzar un total de 5 assaigs en un laboratori acreditat per tal de poder vendre una bici segura segons normativa.

4.1. Assaig de xoc

Podem començar per l'assaig de xoc, aquest es basa en deixar caure una massa sobre el conjunt quadre i forquilla, per dur a terme aquest assaig prèviament s'haurà de posar una platina en el lloc de l'amortidor per representar la posició equivalent a la produïda per un ciclista de 80 kg assegut a la bicicleta. En el nostre cas que no disposem de forquilla en el nostre disseny, el laboratori ens hauria de proporcionar una forquilla d'assaig amb massa igual o inferior a 1 kg en la seva punta, amb les dimensions que podem observar en la imatge inferior. Posteriorment amb una massa de 22,5 kg es deixarà caure des d'una altura coneguda estipulada per la norma, en el nostre cas de 360 mm, prèviament es mesurarà la distància entre eixos per tal de veure si després de l'impacte s'ha vist modificada.



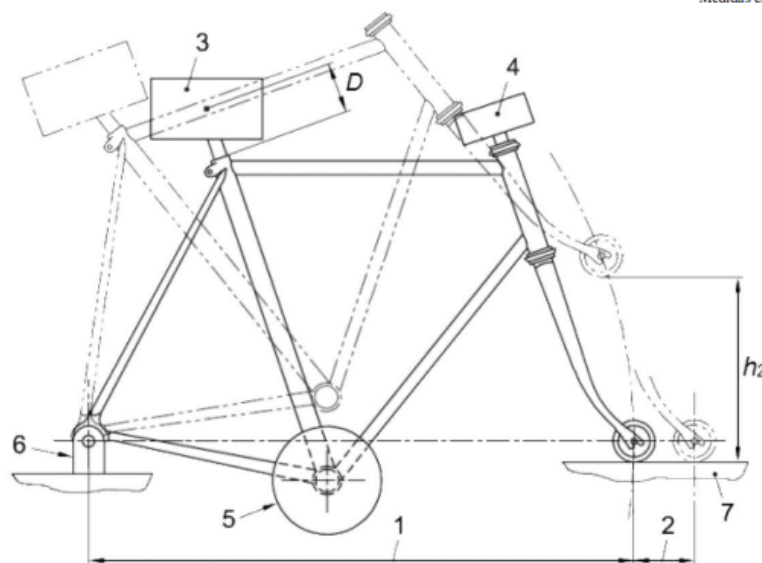
Imatge 37: Assaig de xoc

4.2. Caiguda del quadre

Continuant amb els tests, el següent és l'assaig de xoc (caiguda del quadre), aquest es basa en subjectar el quadre pel seu eix posterior i deixar caure aquest des d'una certa altura coneguda, aquest serà llastrant mitjançant 3 masses en 3 punts del quadre, localitzades en la tija, en la pipa del seient i en l'eix de pedalier. Per aquest assaig també es requerirà la forquilla d'assaig, i el quadre romandrà amb la platina en el lloc de l'amortidor. Prèviament, es mesura la distància entre eixos amb les tres masses col·locades. En la imatge inferior podem veure la taula per determinar les masses, l'altura de la caiguda i un esquema de l'assaig.

Tipo de bicicleta	Bicicletas de paseo	Bicicletas para adultos jóvenes	Bicicletas de montaña	Bicicletas de carreras
Masa 1 Tija, M_1 kg	50	40	30	30
Masa 2 parte superior del tubo de eje de horquilla, M_2 kg	10	10	10	10
Masa 3 caja del pedalier, M_3 kg	30	20	50	50
Altura de caída, h_2 mm	200	200	300	200

Medidas en milímetros



leyenda

- 1 Distancia entre ejes
- 2 Deformación permanente
- 3 Masa 1 (M_1)
- 4 Masa 2 (M_2)
- 5 Masa 3 (M_3)

- 6 Fijación rígida en el punto de enganche del eje trasero
- 7 Yunque de acero
- D Distancia al centro de gravedad (75 mm)
- h_2 Altura de caída

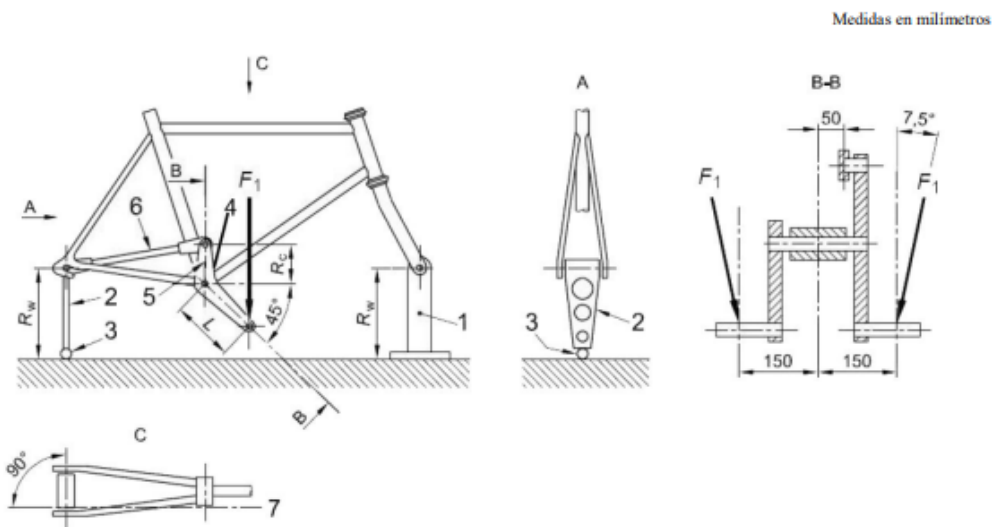
Imatge 38: Assaig de caiguda

4.3. Fatiga per força de pedaleig

En aquest assaig també es precisa de la forquilla d'assaig, per començar parlarem del muntatge del quadre, aquest anirà muntat sobre dos suports que tindran l'altura del radi de les rodes que utilitzarà el quadre, el suport davanter estarà fixat al terra i a l'eix de la forquilla, limitant tot el moviment d'aquesta, mentre que el suport posterior esta fixa a les beines però precisa d'una ròtula, posteriorment s'instal·la un conjunt de biela, plat i cadena, en el qual les dos bieles han d'estar orientada frontalment i amb un angle de -45 graus respecte l'horitzontal, al col·locar la cadena que unirà les bieles amb l'eix traser s'ha de tenir en compte que aquesta haurà de quedar fixe a l'eix posterior per tal de transmetre la força aplicada a les bieles. S'aplicara la força d'assaig un total de 100000 cicles, en la imatge inferior podem veure la taula amb les forces estipulades i un petit esquema de l'assaig asmentat.

Fuerzas en newtons

Tipo de bicicleta	Bicicletas de paseo	Bicicletas para adultos jóvenes	Bicicletas de montaña	Bicicletas de carreras
Fuerza, F_1	1 000	1 000	1 200	1 100



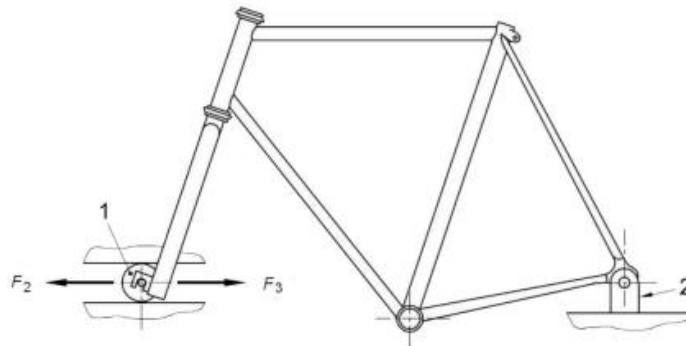
- Leyenda
- R_w Altura del dispositivo de fijación rígida y unión vertical
 - R_{c_1} Longitud del brazo vertical (75 mm)
 - L Longitud de la biela (175 mm)
 - 1 Montaje rígido
 - 2 Unión vertical
 - 3 Rótula
 - 4 Montaje adaptador
 - 5 Brazo vertical
 - 6 Tirante
 - 7 Eje del tirante

Imatge 39: Assaig fatiga per força de pedaleig

4.4. Fatiga per a forces horitzontals

En aquest assaig es busca veure l'efecte de les forces horitzontals en el nostre quadre, per tal d'aconseguir això, el nostre quadre serà fixat per l'eix posterior de tal forma que només es permetrà la rotació d'aquest, en el cas de l'eix de la forquilla davantera, es disposarà d'un rodell guia que treballarà per dintre de dos carrils que permetran que l'eix de la forquilla es mogui horitzontalment per tal d'aplicar-li una força cap a cada costat, però assegurant que aquest no es mogui verticalment. El cicle es basa en primer aplicar la força F_2 , posteriorment retirar aquest i aplicar la força F_3 fins a arribar a la seva totalitat fins a retirar aquesta i començar de nou un altre cicle. En la imatge inferior podem veure el nombre de cicles aplicables i la magnitud de les dues forces que cal aplicar.

Tipo de bicicleta	Bicicletas de paseo	Bicicletas para adultos jóvenes	Bicicletas de montaña	Bicicletas de carreras
Fuerza hacia delante, F_2 N	450	450	1 200	600
Fuerza hacia detrás, F_3 N	450	450	600	600
Ciclos de ensayo, C_1	100 000	100 000	50 000	100 000



- Leyenda
- 1 Rodillo guiado que puede girar libremente
 - 2 Montura pivotante rígida para el punto de fijación del eje trasero

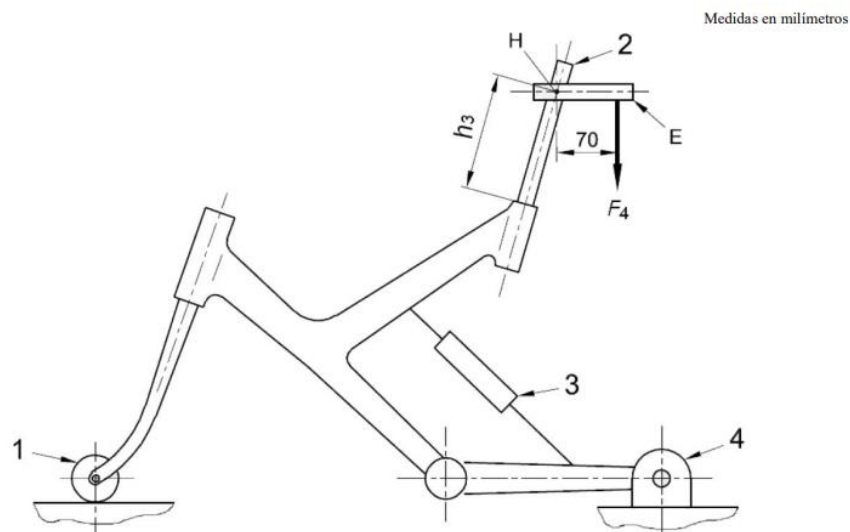
Imatge 40: Assaig fatiga per forces horitzontals

4.5. Fatiga per a forces verticals

Finalment, en aquest assaig es busca veure l'efecte de les forces verticals en el nostre quadre, per tal d'aconseguir això, el nostre quadre serà fixat per l'eix posterior, però permetent el gir d'aquests, en l'eix davanter s'utilitzarà la forquilla d'assaig i el rodell, aquest serà recolzat sobre una superfície plana, posteriorment s'introduirà la tija a una profunditat mínima de 75 mm i serà fixada per la mordassa que utilitza el quadre de forma comuna, en aquesta tija si fixarà una extensió horitzontal dirigida cap a darrere, la qual ha d'estar a una altura paral·lela a la tija de 250 mm, on en la punta d'aquesta s'aplicarà un força descendent a una distància de 70 mm de la tija. El quadre romandrà amb el sistema de suspensió posterior bloquejat, en la imatge inferior podem veure el nombre de cicles aplicats i un petit esquema de l'assaig.

Fuerzas en newtons

Tipo de bicicleta	Bicicletas de paseo	Bicicletas para adultos jóvenes	Bicicletas de montaña	Bicicletas de carreras
Fuerza, F_4	1 000	500	1 200	1 200



- Leyenda
- E Extensión horizontal rígida hacia detrás
 - H Posición equivalente al centro de la fijación del sillín con la bicicleta
 - 1 Rodillo que puede girar libremente
 - 2 Barra de acero
 - 3 Unidad de suspensión bloqueada o una unión rígida para vainas pivotantes
 - 4 Montura pivotante rígida para el punto de fijación del eje trasero

Imatge 41: Assaig fatiga per forces verticals

Cal remarcar que com que el nostre quadre té dues posicions d'amortidor, això ens portaria a fer tots aquesta llista d'assaigs dues vegades, una per cada posició, això provocaria que s'encarís una mica més el cost de producció del nostre quadre.

5. CONCLUSIONS

Per concloure el nostre treball ens agradaria parlar de diferents temàtiques. Primer de tot ens hauria agradat crear un sistema que fos més automàtic, ja que creiem que una de les grans problemàtiques del nostre sistema es basa a haver de canviar tu manualment la teva posició d'amortidor.

En segon lloc, ens hem adonat que hauríem de modificar el sistema de suspensió d'una manera molt radical per tal de veure unes millores notables en les diferents posicions de l'amortidor, ja que en el nostre disseny hem pogut veure diferències però no massa notòries.

Cal remarcar també que ens hagués agradat aprofundir més en el disseny i elaborar una anàlisi d'elements finits, pel fet que podríem veure si realment el nostre quadre podria aguantar tots els assajos de la norma esmentada anteriorment.

Per últim, cal dir que ha sigut una experiència molt gratificant fer aquest treball, perquè he après realment com funcionen molts aspectes tècnics del món del ciclisme d'enduro, els quals ja havíem escoltat prèviament, però mai havíem tingut l'oportunitat d'aprofundir.

6. TAULA DE CONTIGUT IMATGES

Figura 1: Parts quadre Transition Patrol	7
https://www.plushhillcycles.co.uk/images/Inked2021_PatrolAlloy_GalleryFrameset_raw-2.jpg	
Figura 2: Taula explicació Standardized Headset Identification System (S.H.I.S.)	8
https://p.vitalmtb.com/photos/users/109/photos/13073/s1600_90610170_1289333555.jpg?VersionId=niAR1vEnBsL0dj41G6jRmlLUYpsKFa28	
Figura 3: Rockshox vívid retallat	10
https://s14761.pcdn.co/wp-content/uploads/2013/03/Rock-Shox-Vivid-Air.png	
Figura 4: Comparació en el us del IFP	10
https://www.youtube.com/watch?v=l68FNkffbhl&t=506s	
Figura 5: Diagrama força desplaçament roda	11
https://www.youtube.com/watch?v=l68FNkffbhl&t=506s	
Figura 6: Esquema efecte <i>Pedal Bob</i>	12
https://www.youtube.com/watch?v=D0bAVTiFyy4	
Figura 7: Adaptador de fre flotant del Danny Hart	13
https://www.youtube.com/watch?v=yBJPLY4xukU	
Figura 8: 3 tipus de gràfics sobre el <i>Leverage Ratio</i>	14
https://www.youtube.com/watch?v=Dhf1Cjn1WWY	
Figura 9: Comparació de monopivots	16
https://www.orangebikes.com/bikes/stage-6-evo-se/2023#bike_images-1 https://www.labo-velo.es/mtb/mtb-kona-process-153-29-plata-2021-7879.html https://2.bp.blogspot.com/-ida1mx_cAuA/WkZygLN5UpI/AAAAAAAAA9k/B4Dae295cuALXIAQhKDzcnwBMfVTWqKiwCLcBGAs/s1600/Saracen%2B500.gif	
Figura 10: Centre instantani rotació Specialized Demo 8	16
https://www.youtube.com/watch?v=yBJPLY4xukU&list=PL4tH8egoJoZ-puE8n0kDNVdCuKL7ySEAv&index=10	

Figura 11: Compressió i extensió Propain Tyee	17
https://www.youtube.com/watch?v=Dhf1Cjn1WWY	
Figura 12: Specialized Enduro	18
https://assets.specialized.com/i/specialized/93618-02_END-FSR_SW-CARBON-29-6FATTIE_BLK-BLK_HERO?bg=rgb(241,241,241)&w=1600&h=900&fmt=auto	
Figura 13: Quadre Norco Range	19
https://1.bp.blogspot.com/-So1yKBsmao0/YM0B4RwIO7I/AAAAAAAAAeuY/CkVolbvjr1k9XK34W_vm65Op-GTtc448gCLcBGAsYHQ/s500/Troy%2B500.gif	
Figura 14: Quadre Norco Range	20
https://www.norco.com/cmsb/uploads/bikes/bikes/range_framekit_black_silver-clipped-full.webp	
Figura 15: Mètodes de reciclatge fibra carboni	22
https://www.residuosprofesional.com/dificil-tarea-reciclar-fibras-de-carbono/reciclado-materiales-compuestos/	
Figura 16: Plantilla i disseny final Linkage X3	26
Figura 17: Segona posició d'amortidor del prototip	28
Figura 18: Posició de pedaleig	30
Figura 19: Centroide posició de pedaleig	30
Figura 20: Posició de baixada	31
Figura 21: Centroide posició de baixada	31
Figura 22: Posició pedaleig de peu	32
Figura 23: Centroide posició pedaleig de peu	32
Figura 24: Taula centres de gravetat	33
Figura 25: Gràfic <i>Leverage Ratio</i> /Recorregut roda posterior	34
Figura 26: Gràfic <i>Brake Squad</i> /Recorregut roda posterior pedaleig	35
Figura 27: Gràfic <i>Pedal Kickback</i> posició pedaleig	36
Figura 28: Gràfic <i>Leverage Ratio</i> /Recorregut roda posterior en baixada	37
Figura 29: Gràfic <i>Brake Squad</i> /Recorregut roda posterior en baixada	37
Figura 30: Gràfic <i>Pedal Kickback</i> posició de baixada	38
Figura 31: Coordenades Linkage X3	40

Figura 32: Cotes de la direcció marca Hope	41
Figura 33: Sistema mecànic plantejat	43
Figura 34: Deformació segons el factor de seguretat	44
Figura 35: Formula factor de seguretat	44
Figura 36: Disseny eix triangle davanter	46
Figura 37: Assaig de xoc	47
Figura 38: Assaig de caiguda	48
Figura 39: Assaig fatiga per força de pedaleig	49
Figura 40: Assaig fatiga per forces horitzontals	50
Figura 41: Assaig fatiga per forces verticals	51
Figura 42: Càlcul reaccions, posició descens	62
Figura 43: Càlcul reaccions, posició ascens	63

7. TAULA CONTIGUT DE TAULES

Taula 1: Criteri classificació Leverage Ratio's	15
Taula 2: Propietats mecàniques AISI 4130	20
Taula 3: Propietats mecàniques de l'Alumini 7005-T6 i 6061-T6	21
Taula 4: Propietats mecàniques de la fibra Zoltek PX35	22
Taula 5: Geometria del prototip	27
Taula 6: Geometria YT Jeffsy M 2023	27
Taula 7: Anti Squad obtingut per a totes les velocitats en posició de pedaleig	35
Taula 8: Anti Squad obtingut per a totes les velocitats en posició de baixada	38
Taula 9: Anti Squad obtingut per a totes les velocitats en posició de baixada amb el pilot de peu	39
Taula 10: Característiques del coixinet escollit	42

8. BIBLIOGRAFIA

12:12pm, B. 11/9/2010. (s/f). Standardized headset identification system [S.h.i.s.] overview. Vital MTB. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.vitalmtb.com/photos/member/bturmans-album,295/Standardized-Headset-Identification-System-S-H-I-S-Overview,13073/bturman,109>

AISI 4130 Steel, annealed at 865°C (1585°F), furnace cooled 11°C (20°F)/hour to 680°C (1255°F), air cooled, 25 mm (1 in.) round. (s/f). Matweb.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=a2fe6ff24cf44bf1bdeb35b1b2b6259>

Aluminio 6061 vs 7005. Toda la verdad. (s/f). Blog Bikelec. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.bikelec.es/blog/aluminio-6061-vs-7005-toda-la-verdad>

Aluminum 6061-T6; 6061-T651. (s/f). Matweb.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b8d536e0b9b54bd7b69e4124d8f1d20a>

Aluminum 7005-T6, 7005-T63, and 7005-T6351. (s/f). Matweb.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=34c308934f7a4be589a80ecbee94406e>

andrext [@andrext]. (2016a, marzo 3). How-to measure Breakaway Force (MTB rear suspension Ep.8). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=l68FNkffbhl>

andrext [@andrext]. (2016b, marzo 24). IFP forces on rear shock (MTB rear suspension Ep.9). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=lyH8hNlr1m0>

andretr [@andretr]. (2020, mayo 31). Pedaling efficiency and anti-squat (MTB suspension Ep.21). Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=DwIC_cGtofE

Araneda, D. [@DanielAraneda]. (2020, mayo 6). Sistema de suspensión de Mountain Bike - MONO-PIVOTE. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qwnEcGmJlBE>

Beamers, L. (2022, noviembre 2). Aluminium Frames: 6061 vs 7005 – Which is the best? Gadget Advisor. <https://gadgetadvisor.com/bike-advisor/aluminium-frames-6061-vs-7005-which-is-the-best/>

Benedict, T. (2017, julio 6). Suspension tech: What's an IFP? Bikerumor. <https://bikerumor.com/suspension-tech-whats-ifp/>

BikeRumor [@BikeRumor]. (2020, septiembre 18). What is Pedal Kickback? AASQ #85. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Qqd0UNZjJMk>

China 4130, 25CrMo4, 1.7218, 708A25, SCM430 Aleación de barra de acero Fabricantes, proveedores, fábrica, exportador, vendedor - Linkun. (s/f). Xi'an Linkun acero Pipe Co., Ltd. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <http://es.lksteelpipe.com/4130-alloy-steel-bar>

Cinemática de la suspensión – GEBAUER BIKES. (s/f). Gebauerbikes.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://gebauerbikes.com/es/cinematica-de-la-suspension/>

De EMEB, E. E. (s/f-a). CAJAS DE PEDALIER, TIPOS Y MEDIDAS. APRENDE A DIFERENCIARLAS. Emeb.es. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.emeb.es/cajas-de-pedalier-tipos-y-medidas/>

De EMEB, E. E. (s/f-b). DIRECCIONES, TIPOS Y MEDIDAS. APRENDE A DIFERENCIARLAS. – EMEB – Escuela de Mecánica de Bicicletas. Emeb.es. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.emeb.es/direcciones-tipos-y-medidas/>

De tornillos y piezas análogas, P. M. E. (s/f). PROPIEDADES MECÁNICAS DE TORNILLOS. Tornillera.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de http://www.tornillera.com/archivos/info_tecnica/esp/propiedades_tornillos.pdf

Gómez, F. A. L., & Largo, O. R. (2019, abril 2). La difícil tarea de reciclar las fibras de carbono de coches y aviones. The Conversation. <http://theconversation.com/la-dificil-tarea-de-reciclar-las-fibras-de-carbono-de-coches-y-aviones-114460>

Hamzah, H. (s/f-a). Anti-Squat I. Blogspot.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://linkagedesign.blogspot.com/2009/04/anti-squat.html>

Hamzah, H. (s/f-b). Gráfica Anti-rise (Tutorial). Blogspot.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://linkagedesign.blogspot.com/2013/10/grafica-anti-rise-tutorial.html>

Hamzah, H. (s/f-c). Tutorial Anti-Squat. Blogspot.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://linkagedesign.blogspot.com/2010/05/tutorial-anti-squat.html>

Hamzah, H. (s/f-d). Tutorial Pedal Kickback. Blogspot.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://linkagedesign.blogspot.com/2010/05/pedal-kickback.html>

Labrador, I. (2017, enero 17). La guía definitiva de cuadros de bicicleta; ¿qué material es mejor? El blog de Tuvalum; Tuvalum. <https://tuvalum.com/blog/guia-materiales-cuadros-bicicleta/>

Nebot, M., & Perfil, V. T. mi. (s/f). Fantastik Bikes! Blogspot.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <http://fantastikbikes.blogspot.com/2016/01/amortiguadores-fox-el-secreto-del.html>

No title. (s/f). Redbull.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.redbull.com/es-es/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-las-carreras-de-enduro-mtb>

P., I. (2021, abril 22). Curiosidades y problemas de la fibra de carbono. brujulabike.com. <https://www.brujulabike.com/fibra-de-carbono/>

SAG DE AMORTIGUADOR Y HORQUILLA: QUÉ ES Y CÓMO SE REGULA. (2018, noviembre 3). Escuela La Bicicleta. <https://labicicleta.net/escuela/sag-de-amortiguador-y-horquilla-que-es-y-como-se-regula/>

Wikipedia contributors. (s/f). Acero 41xx. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Acero_41xx&oldid=135952356

Zoltek™ PX35 multi-directional carbon fiber fabric. (s/f). Matweb.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=7c8a8b22cdb244c5bf9abf5e0045d2a1>

(S/f-a). 32dientes.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.32dientes.com/anti-squat-en-mtb/>

(S/f-b). 32dientes.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.32dientes.com/pedal-kickback-en-mtb/>

(S/f-c). Rumblebikes.com. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://www.rumblebikes.com/es/blog/posts/diferencia-entre-monopivote-y-pivote-virtual-en-bicicletas-explicado-de-forma-facil>

(S/f-d). Tuulparg.eu. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <http://tuulparg.eu/KB/alumiinium/AL6061vs7005frames.pdf>

(S/f-e). Biblus.us.es. Recuperado el 5 de julio de 2023, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70701/fichero/ANEXO+I.pdf>

9. ANNEXOS

9.1. Càlculs

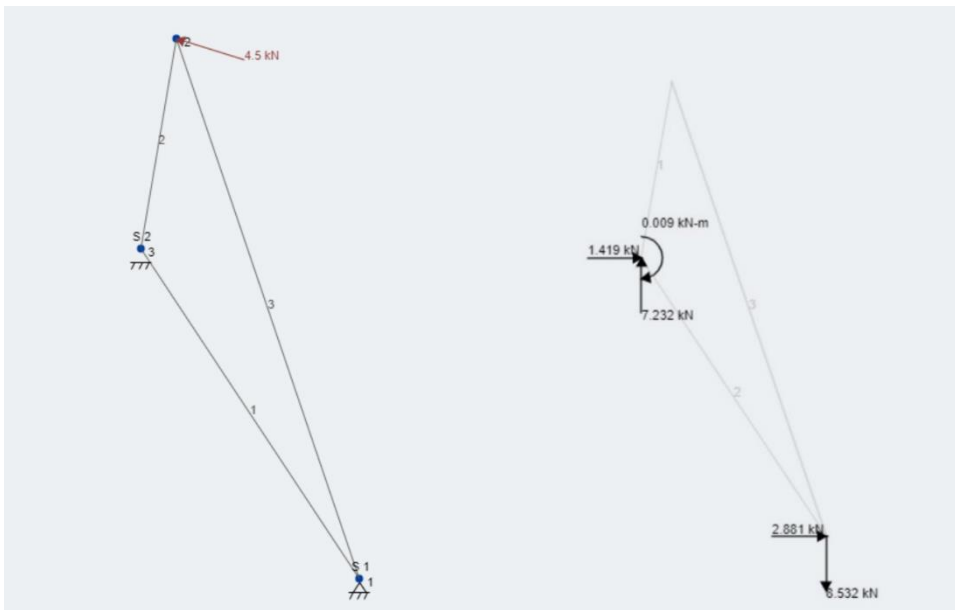
En aquest apartat farem un aplec dels càlculs realitzats al llarg del treball, començarem esmentant els càlculs realitzats per a determinar la força de la molla.

$$\text{Força del amortiguador} + \text{molla} = 400 \text{ lbf} \times 2,4 \text{ inch} + 20 \text{ lbf} = 980 \text{ lbf}$$

$$\frac{1}{980} = \frac{4,4482}{x} \rightarrow x = 4359,2 \text{ N}$$

Utilitzant el programa Skyciv vam calcular les reaccions en el coixinet en les dos posicions del amortidor, aquí podem veure les imatges i càlculs pertinents.

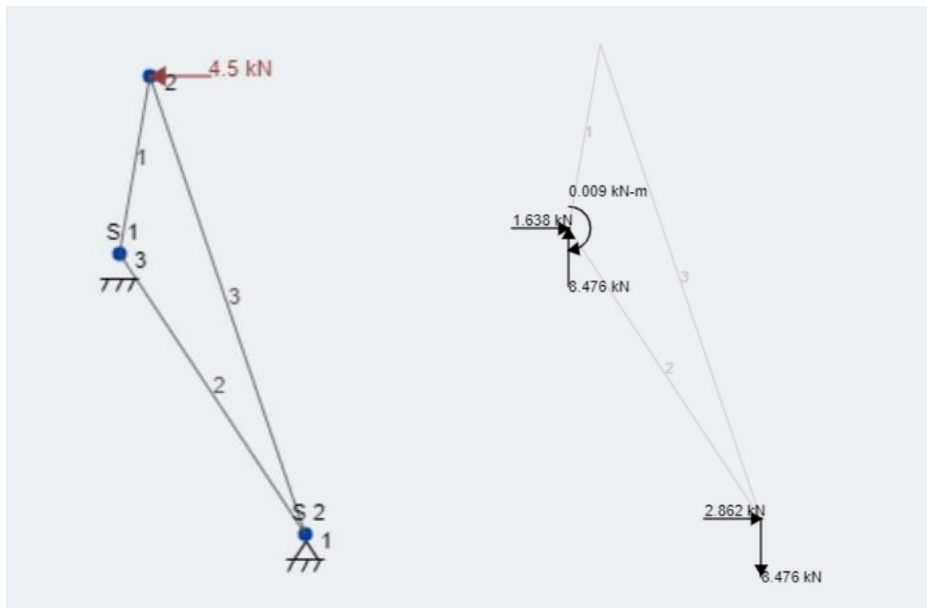
En la posició d'amortidor referent a descens:



Imatge 42: Càlcul reaccions, posició descens

$$\sqrt{(2881 \text{ N})^2 + (8532 \text{ N})^2} = 9005,3 \text{ N} \rightarrow 9 \text{ kN}$$

En el calcul superior podem veure la resultant en el coixinet de la posició de descens



Imatge 43: Càlcul reaccions, posició ascens

$$\sqrt{(2862 \text{ N})^2 + (8476 \text{ N})^2} = 8946,15 \text{ N} \rightarrow 8,9 \text{ kN}$$

En el càlcul superior podem veure la resultant en el coixinet de la posició d'ascens.

Posteriorment vam calcular la resistència dels cargols, en el nostre cas de M10, vam fer aquest càlcul per diferents qualitats de cargols.

$$\text{Qualitat 8.8} \rightarrow \text{Límit elàstic} = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Qualitat 10.9} \rightarrow \text{Límit elàstic} = 900 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Qualitat 12.9} \rightarrow \text{Límit elàstic} = 1080 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Resistència cargol, límit elàstic} = \text{Àrea} * \text{Límit elàstic}$$

$$\text{Àrea} = \pi \times 5^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Resistència cargol 8.8, límit elàstic} = 78,54 \times 640 = 50254,6 \text{ N}$$

$$\textit{Resistencia cargol 10.9, límit elàstic} = 78,54 \times 900 = 70686 \textit{ N}$$

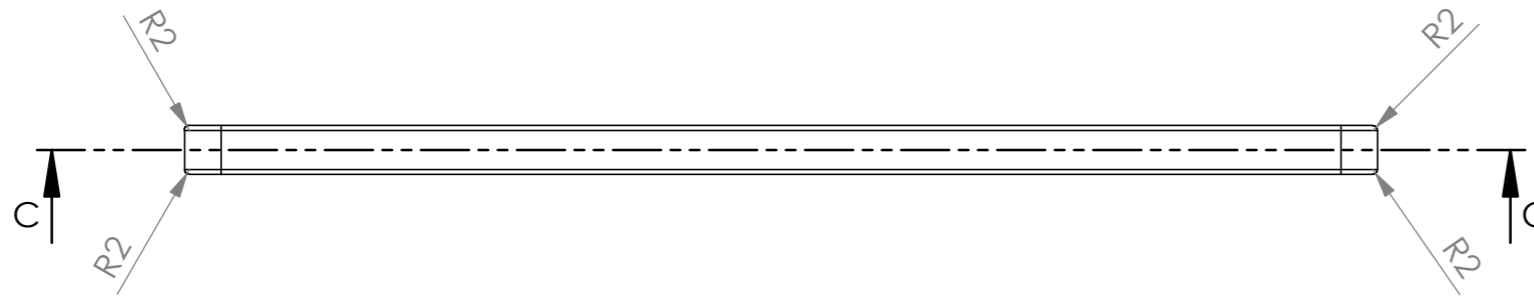
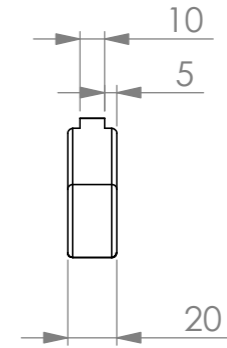
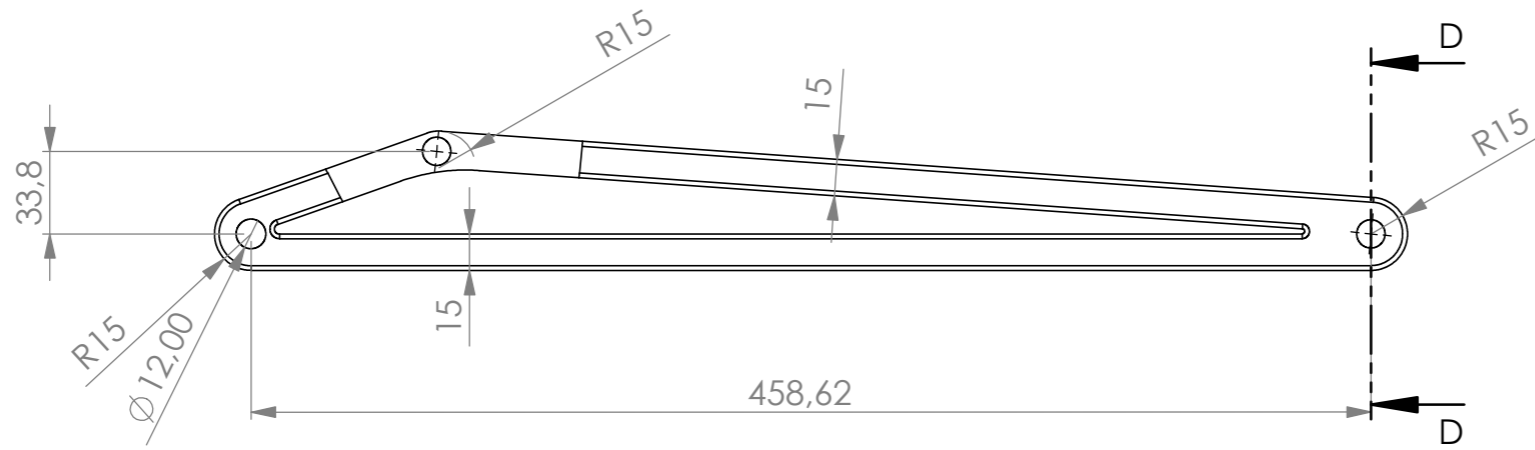
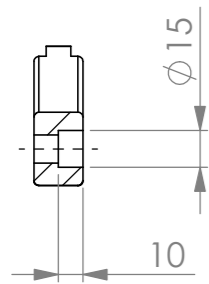
$$\textit{Resistencia cargol 12.9, límit elàstic} = 78,54 \times 1080 = 84823,2 \textit{ N}$$

Al veure l'alta resistència del cargol de grau 8.8 no vam creure necessari utilitzar tornilleria de més qualitat, ja que també elevaria el cost de producció.

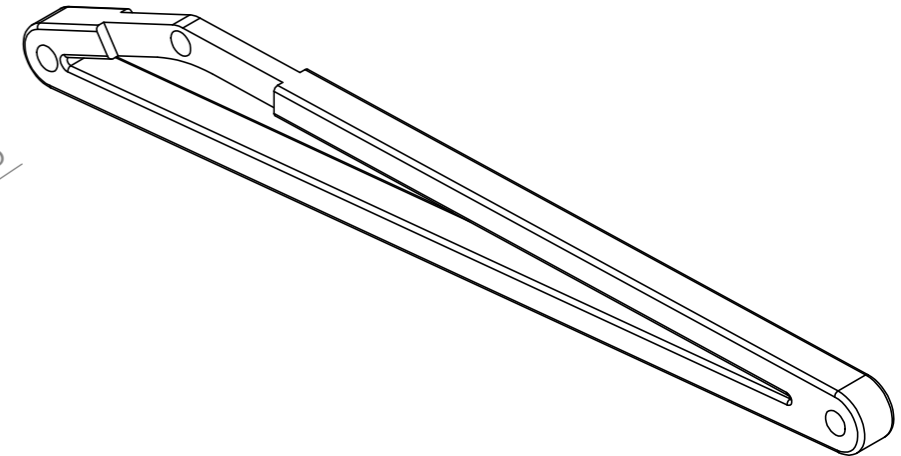
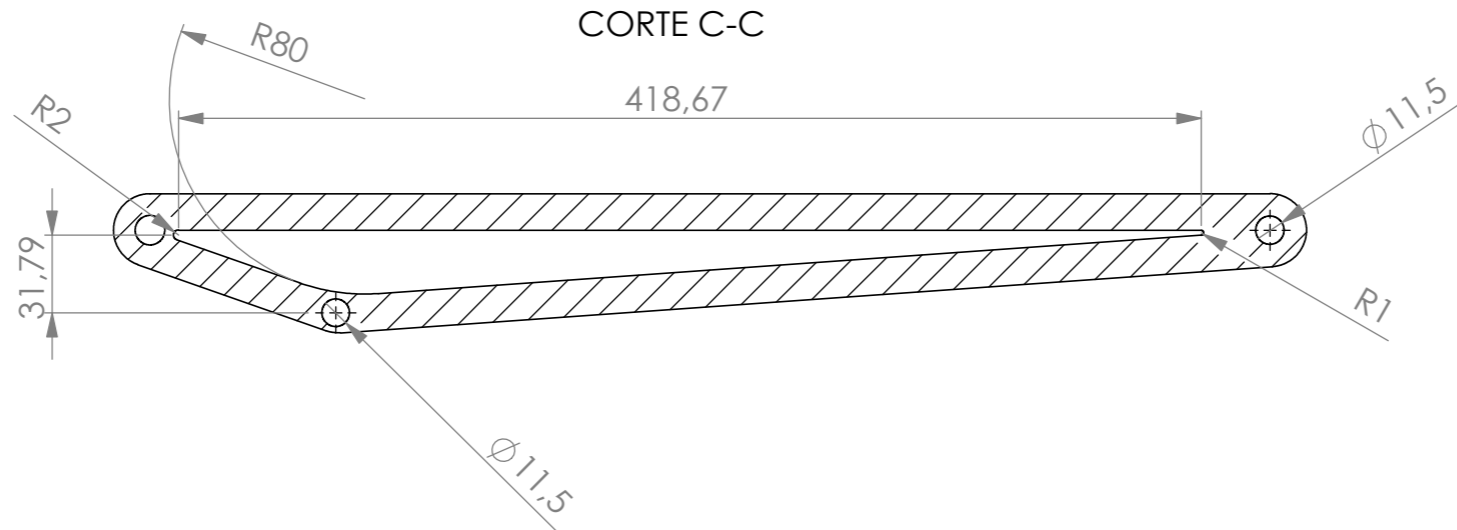
9.2. Annex 2

En aquest Annex adjuntarem els plànols detallats de les peces dissenyades per nosaltres i finalment mostrarem també dues d'imatges renderitzades del resultat final.

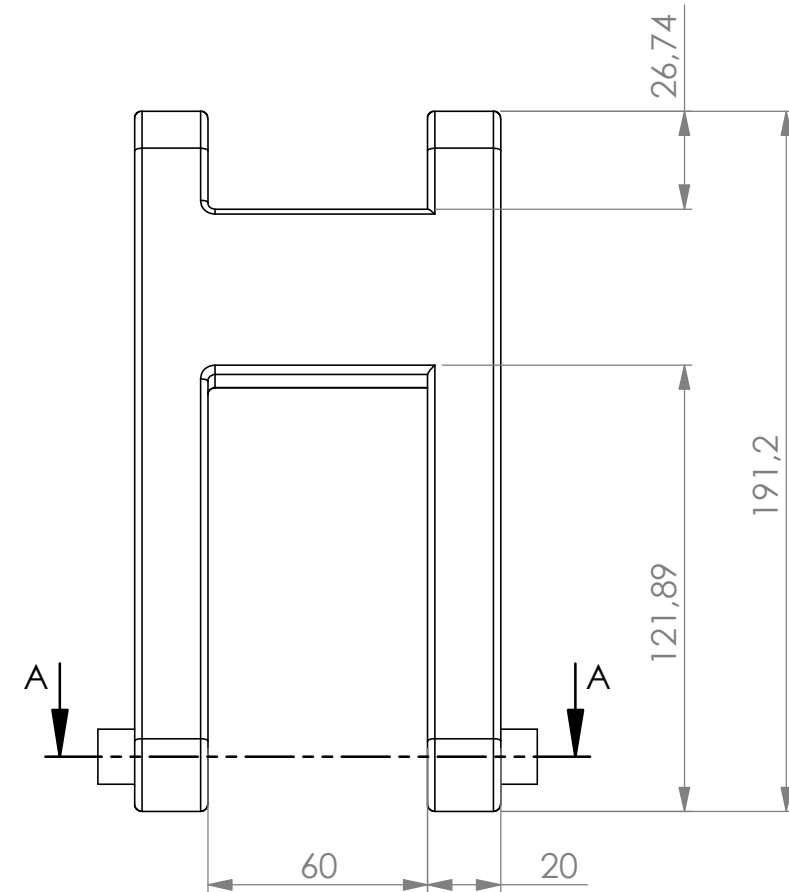
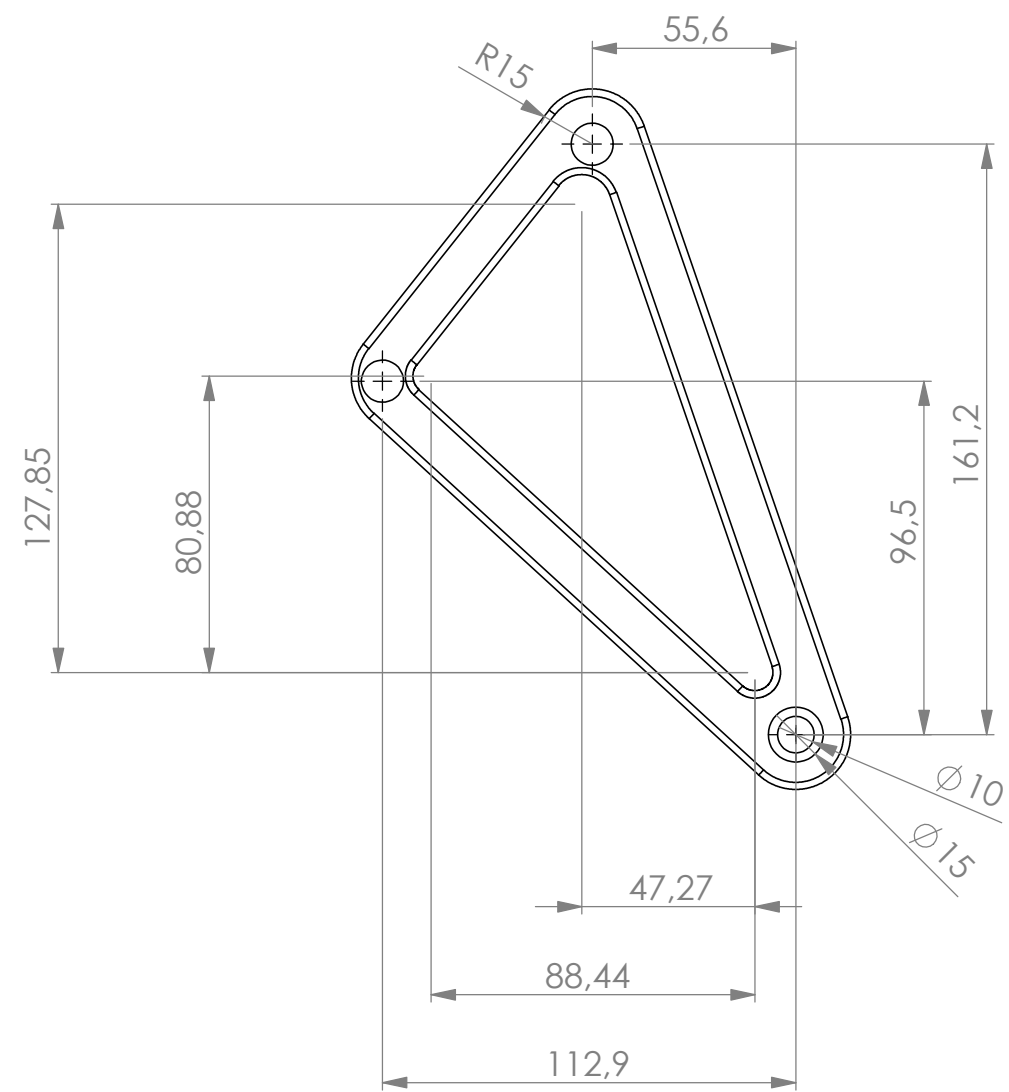
CORTE D-D



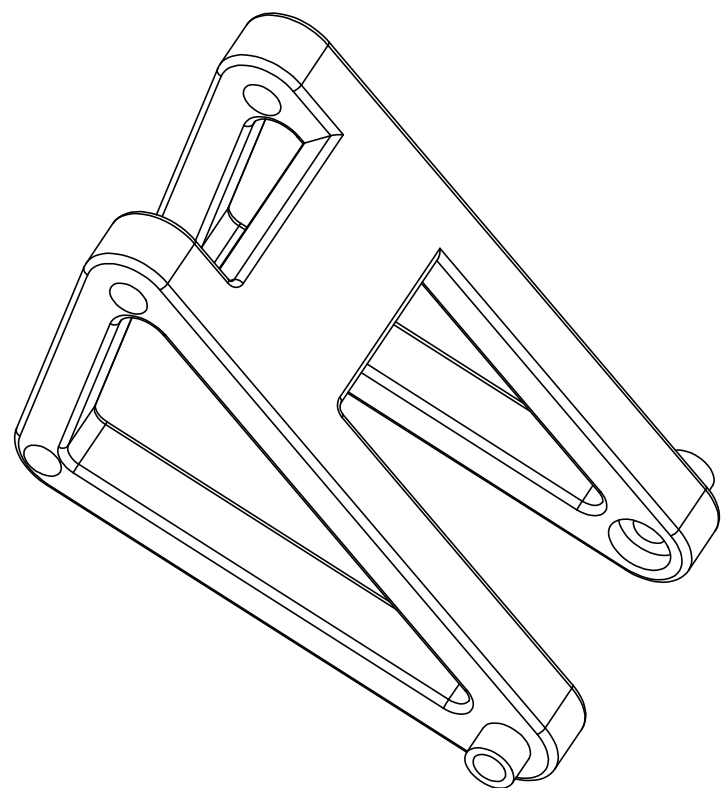
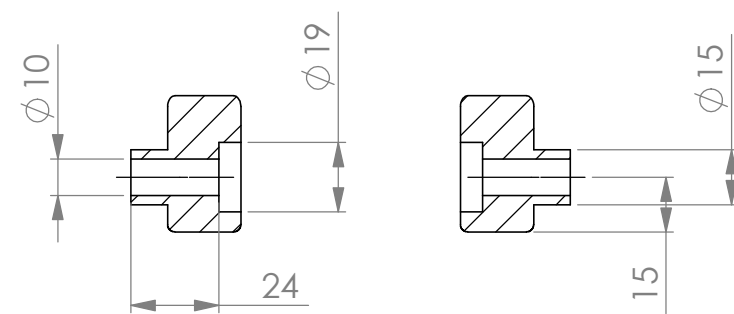
CORTE C-C



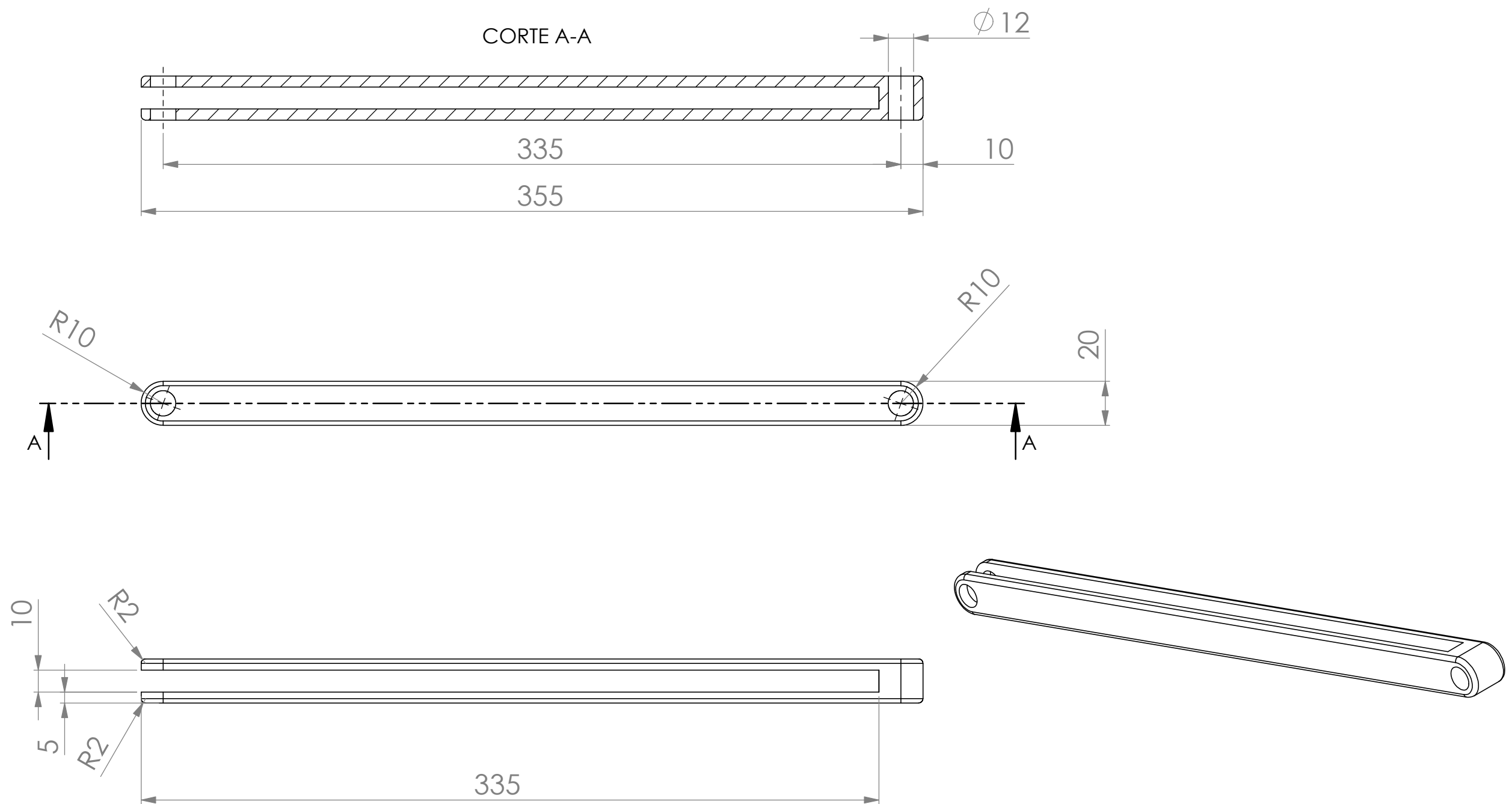
	Fecha	Nombre	Bici P.B
Dibujado	24/06/23	P.Boatella	
Comprobado			
Escala	<i>Beines</i>		Nº de plano:
1:3			Sustituye a:
			Sustituido por:



CORTE A-A



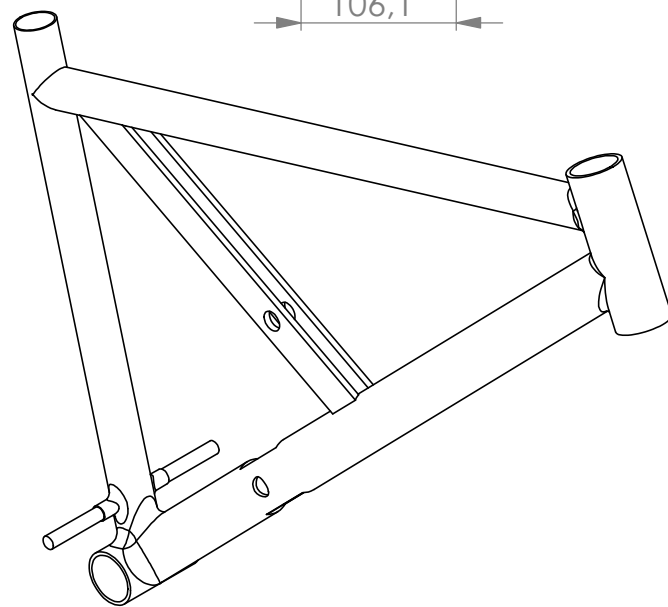
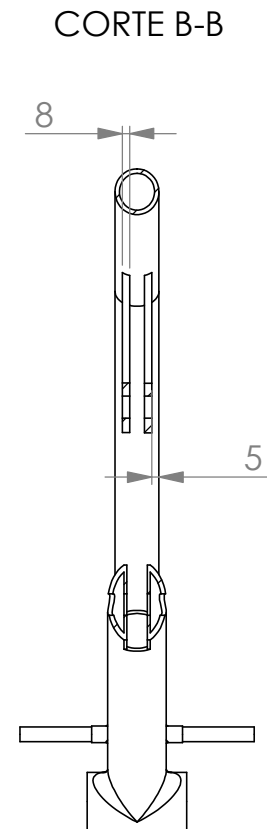
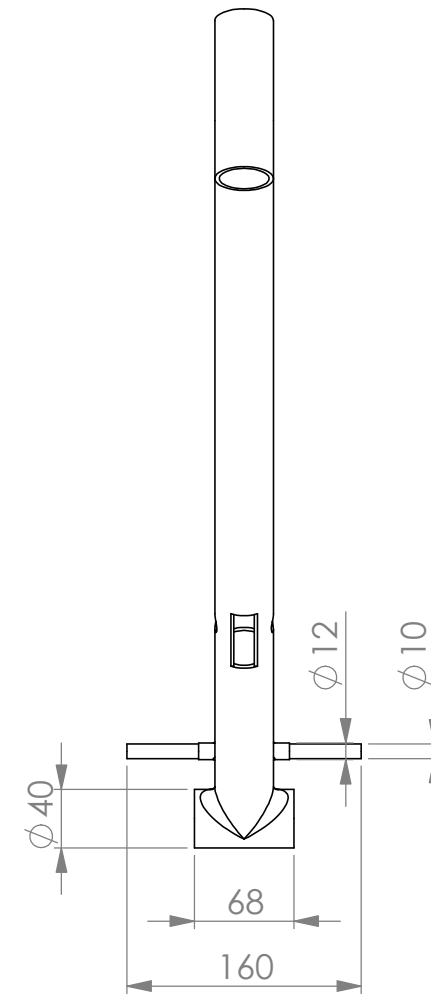
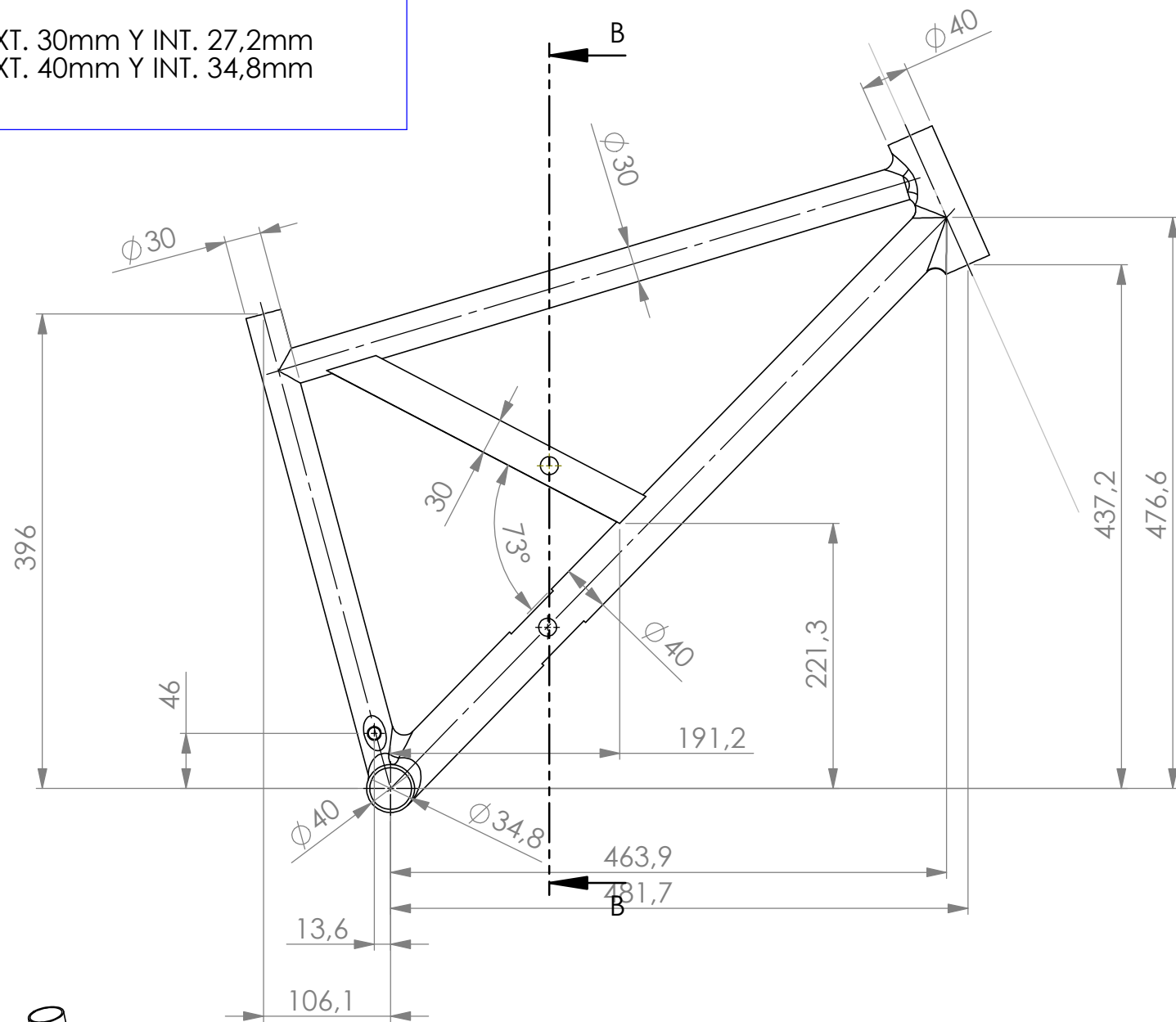
	Fecha	Nombre	Bici P.B
Dibujado	24/06/2023	P.Boatella	
Comprobado			
Escala 1:2	<i>Braç amortidor</i>		Nº de plano:
			Sustituye a:
			Sustituido por:



	Fecha	Nombre	Bici P.B
Dibujado	24/06/2023	P.Boatella	
Comprobado			
Escala	<i>Tirants</i>		Nº de plano:
1:2			Sustituye a:
			Sustituido por:

NOTAS:

- DIAMETRO EXT. 30mm Y INT. 27,2mm
- DIAMETRO EXT. 40mm Y INT. 34,8mm



	Fecha	Nombre	Bici P.B	
Dibujado	24/06/2023	P.Boatella		
Comprobado				
Escala	<i>Triangle davanter</i>			Nº de plano:
1:5				Sustituye a:
				Sustituido por:



