



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL:** Pinyó reversible

**AUTOR:** Oriol Padrós Vera i Francesc Ripol Revuelta

**TITULACIÓ:** Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat Mecànica

**DIRECTOR:** Jorge Navarro Fornies

**TÍTOL: Pinyó reversible**

**COGNOMS: Ripol Revuelta**

**NOM: Francesc**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial**

**ESPECIALITAT: Mecànica.**

**PLA: 1995**

**DIRECTOR: Jorge Navarro Fornies**

**DEPARTAMENT: Expressió Gràfica**

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENT**

**SECRETARI**

**VOCAL**

**Manuel Lopez Membrilla**

**M. Alba Torras Sendra**

**Mercé Claverol Aguas**

**DATA DE LECTURA: 3 de Juliol del 2012**

**Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:  Sí  No**

## **PROJECTE FI DE CARRERA**

### **RESUM (màxim 50 línies)**

Aquest projecte final de carrera té com a finalitat estudiar la viabilitat de la creació, partint des de zero, d'un sistema que permeti combinar els avantatges i desavantatges dels actuals sistemes d'engranatges de pinyó fixe i pinyó lliure, per tal de suplir necessitats energètiques i/o pràctiques.

S'estudiarà la situació i el funcionament de diferents màquines i mecanismes en l'actualitat.

Es projectaran diferents propostes, una de les quals serà desenvolupada.

Un cop desenvolupada la proposta, s'explicarà el funcionament del conjunt i s'explicaran cadascuna de les peces individualment.

Es farà un modelat en tres dimensions i un estudi de resistències de la proposta definitiva, el disseny de forma assistida per software informàtic CATIA V5 i el seu consegüent plotejat de plànols.

Posteriorment es realitzarà un prototipat.

El projecte s'encararà en el camp de l'esport, i més concretament el del ciclisme, tant l'utilitari com el d'alta competició.

### **Paraules clau (màxim 10)**

Pinyó	Reversible	Bicicleta	Engranatge
Fixe	Corona	Centrífuga	Satèl·lits

# ÍNDEX DE CONTINGUTS

<b>1. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE.....</b>	<b>8</b>
1.1. OBJECTIUS DEL PROJECTE .....	8
1.2. MOTIVACIONS DEL PROJECTE.....	8
1.3. ABAST DEL PROJECTE.....	9
<b>2. ANÀLISIS DE NECESSITATS EXISTENTS .....</b>	<b>10</b>
2.1. COTXE EN PÈRDUA .....	10
2.2. MUNTANYA RUSSA .....	11
2.3. BICICLETA.....	12
2.4. PORTES GIRATÒRIES.....	13
2.5. PINYÓ FIXE REVERSIBLE PER A TURBINES .....	14
2.6. CINTA TRANSPORTADORA.....	15
<b>3. ANALOGIES.....</b>	<b>16</b>
3.1. EMBRAGATGE CENTRÍFUG .....	16
3.2. FRE DE TAMBOR .....	17
3.3. PINYÓ FIXE.....	17
3.4. PINYÓ LLIURE.....	18
<b>4. AVANTATGES I INCONVENIENTS .....</b>	<b>19</b>
4.1. PINYÓ FIXE.....	19
4.1.1. Avantatges Pinyó fixe.....	19
4.1.2. Inconvenients Pinyó fixe.....	19
4.2. PINYÓ LLIURE.....	19
4.2.1. Avantatges .....	19
4.2.2. Inconvenients.....	20
<b>5. PROPOSTES.....</b>	<b>21</b>
5.1. VALORACIÓ DE LA PROPOSTA 1 .....	21
5.1.1. Avantatges .....	21
5.1.2. Inconvenients.....	22
5.2. VALORACIÓ DE LA PROPOSTA 2 .....	22
5.3. VALORACIÓ DE LA PROPOSTA 3 .....	24
5.3.1. Avantatges .....	24
5.3.2. Inconvenients.....	24

5.4.	VALORACIÓ DE LA PROPOSTA 4 .....	25
<b>6.</b>	<b>EXPLICACIÓ DETALLADA DEL SISTEMA FINAL .....</b>	<b>26</b>
6.1.	DETALL DELS BLOCS .....	26
6.2.	EXPLICACIÓ .....	26
<b>7.</b>	<b>DESCRIPCIÓ DE LES PECES I ELS SEUS PROCESSOS DE FABRICACIÓ .....</b>	<b>28</b>
7.1.	COR.....	28
7.1.1.	Emmotllament per injecció .....	29
7.1.2.	El principi de l'emmotllament .....	30
7.2.	BIELA .....	31
7.3.	CASQUET .....	32
7.4.	SATÈL·LITS.....	33
7.5.	CORONA.....	34
7.5.1.	Procés de microfusió.....	35
7.6.	EXCÈNTRICA .....	37
7.6.1.	Estampació.....	38
7.7.	PALANQUES.....	39
7.8.	PASSADOR .....	40
7.9.	PLAT.....	41
7.10.	TAPA.....	42
7.10.1.	Característiques del PVC.....	42
7.11.	TOPALL.....	44
7.12.	MOLLA .....	45
7.13.	CARGOL.....	46
7.14.	CARGOL PLAT .....	47
7.15.	CALIBRADOR .....	48
7.16.	VOLANDERES.....	49
7.17.	CARGOL ALLEN.....	49
<b>8.</b>	<b>CÀLCUL DE FORCES .....</b>	<b>50</b>
8.1.	QUE ES LA CADÈNCIA? .....	50
8.2.	LA TRANSMISSIÓ .....	51
8.3.	FORCES D'EMPENTA .....	52
8.3.1.	Càlcul per forces locals .....	52
8.3.2.	Càlcul per mitjana de potència .....	53
8.4.	CÀLCUL DE FORCES CENTRÍFUGUES I DETERMINACIÓ DE LA CONSTANT $K$ DE LA MOLLA .....	56

<b>9.</b>	<b>RESISTÈNCIA DE MATERIALS I ELEMENTS FINITS</b>	<b>62</b>
9.1.	COR	62
9.1.1.	Què és el PEEK?	62
9.2.	CORONA	66
9.3.	SATÈL·LITS	68
<b>10.</b>	<b>MUNTATGE</b>	<b>70</b>
<b>11.</b>	<b>CONJUNT FINAL</b>	<b>75</b>
<b>12.</b>	<b>PRESSUPOST</b>	<b>76</b>
12.1.	COSTOS DE FABRICACIÓ	76
12.2.	COSTOS DE MATERIAL	78
12.3.	COSTOS HONORARIS ENGINYERS	79
12.4.	PRESSUPOST GENERAL PROJECTE	79
<b>13.</b>	<b>EL PROJECTE I EL MEDI AMBIENT</b>	<b>80</b>
13.1.	CONSIDERACIONS MEDIAMBIENTALS	80
13.2.	FASE DE PRODUCCIÓ	80
13.2.1.	Provocada pel transport	80
13.2.2.	Material emprat	81
13.2.3.	Possible prototipat	81
13.3.	FASE D'IMPLANTACIÓ	81
13.3.1.	Impacte sobre l'ús del sòl	81
13.3.2.	Impacte sobre la imatge	81
13.3.3.	Impacte sobre la població	82
13.4.	FASE DE TANCAMENT DE L'ACTIVITAT	82
13.4.1.	Taula d'identificació dels riscos	82
13.5.	MESURES PREVENTIVES I CORRECTORES	83
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>84</b>
<b>15.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>85</b>
<b>16.</b>	<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>86</b>
<b>17.</b>	<b>ANNEXOS</b>	<b>87</b>
17.1.	PLÀNOLS	87

## ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1:	Tractor conreant i camions .....	10
Figura 2:	Mòdul tractor cotxe convencional .....	10
Figura 3:	Dragon khan .....	11
Figura 4:	Sínia .....	11
Figura 5:	Bicicleta nen petit .....	12
Figura 6:	Bicicleta de velòdrom .....	12
Figura 7:	Bicicleta fixie o fixed .....	12
Figura 8:	Bicicleta Holandesa .....	12
Figura 9:	Bicicleta de Bike Polo .....	12
Figura 10:	Pinyó lliure .....	13
Figura 11:	Porta giratòria .....	13
Figura 12:	Esquema aplicació pinyó reversible a porta giratòria .....	14
Figura 13:	Esquema aplicació pinyó reversible a turbina .....	14
Figura 14:	Cinta transportadora .....	15
Figura 15:	Màquina de córrer .....	15
Figura 16:	Embragatge centrífug .....	16
Figura 17:	Embragatge centrífug .....	16
Figura 18:	Frens de tambor .....	17
Figura 19:	Renderitzat d'una de les propostes prèvies al disseny definitiu .....	18
Figura 20:	Pinyó lliure convencional .....	18
Figura 21:	Renderitzat i croquis de la proposta 1 .....	22
Figura 22:	Renderitzat de la proposta 2 .....	23
Figura 23:	Renderitzat del satèl·lit de la proposta 2 .....	23
Figura 24:	Renderitzat detallat del satèl·lit de la proposta 2 .....	24
Figura 25:	Renderitzat i croquis de la proposta 2 .....	25
Figura 26:	Esquema del sistema regulador .....	26
Figura 27:	Ruta cable d'acer sistema regulador .....	27
Figura 28:	Instal·lació coixinet .....	27
Figura 29:	Vista 3D del Cor .....	28
Figura 30:	Màquina d'injecció de plàstic .....	29
Figura 31:	Màquina d'injecció d'alumini .....	30
Figura 32:	Vista 3D Biela .....	31
Figura 33:	Vista 3D Casquet .....	32
Figura 34:	Vista 3D d'un Satèl·lit .....	33
Figura 35:	Vista 3D de la Corona .....	34
Figura 36:	Procés de fusió a la cera perduda .....	36
Figura 37:	Vista 3D de la excèntrica .....	37

Figura 38:	Màquina d'estampació en calent .....	38
Figura 39:	Màquina d'estampació en fred .....	39
Figura 40:	Vista 3D Palanques .....	39
Figura 41:	Vista 3D Passador .....	40
Figura 42:	Vista 3D Plat .....	41
Figura 43:	PVC flexible.....	43
Figura 44:	Vista 3D Tapa .....	43
Figura 45:	Vista 3D topall .....	44
Figura 46:	Vista 3D Molla.....	45
Figura 47:	Vista 3D Cargol Tapa .....	46
Figura 48:	Vista 3D cargol Plat.....	47
Figura 49:	Vista 3D Femella Reguladora .....	48
Figura 50:	Vista 3D volandera .....	49
Figura 51:	Caragol Allen.....	49
Figura 52:	Ciclista a cadència màxima .....	50
Figura 53:	Detall transmissió <i>fixed</i> .....	51
Figura 54:	Diagrama de forces durant el pedaleig.....	52
Figura 55:	Gràfica Força-Angle .....	53
Figura 56:	Esquema de forces .....	55
Figura 57:	Gràfica angle recorregut – RPM .....	58
Figura 58:	Detall figura 54 .....	58
Figura 59:	Gràfica força de la molla – RPM .....	59
Figura 60:	Detall figura 57 .....	59
Figura 61:	Gràfica compressió de la molla – RPM .....	60
Figura 62:	Detall figura 59 .....	60
Figura 63:	Gràfica k - RPM.....	61
Figura 64:	Grans de PEEK .....	63
Figura 65:	Vàlvules d'admissió i d'escapament fabricades amb PEEK.....	63
Figura 66:	Fibra de Carboni .....	64
Figura 67:	Taula de propietats de les polioletercetones.....	65
Figura 68:	Esquema d'aplicació de les forces .....	65
Figura 69:	Detall 3D del reforçament del Cor .....	66
Figura 70:	Sortints subjectors dels satèl·lits .....	67
Figura 71:	Sortints dimensionats.....	68
Figura 72:	Satèl·lit aplicada la força .....	69
Figura 73:	Conjunt explosionat del muntatge.....	70
Figura 74:	Muntatge Casquet - Cor.....	70
Figura 75:	Muntatge Plat - Corona.....	70



Figura 76:	Muntatge Mordaces .....	71
Figura 77:	Muntatge Excèntriques .....	71
Figura 78:	Muntatge dels Satèl·lits .....	72
Figura 79:	Muntatge del sistema de regulació .....	72
Figura 80:	Muntatge Cable d'Acer .....	72
Figura 81:	Muntatge bloc Potència .....	73
Figura 82:	Muntatge de la Tapa .....	73
Figura 83:	Muntatge del Coixinet .....	73
Figura 84:	Acoblament del mecanisme al quadre.....	74
Figura 85:	Mecanisme muntat.....	74
Figura 86:	Conjunt final .....	75
Figura 87:	Taula d'impactes mediambientals .....	83

# 1. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE

Aquest projecte final de carrera té com a finalitat estudiar la viabilitat de la creació, partint des de zero, d'un sistema que permeti combinar els avantatges i desavantatges dels actuals sistemes d'engranatges de pinyó fixe i pinyó lliure, per tal de suplir necessitats energètiques i/o pràctiques.

El projecte tractarà en essència l'estat de l'art de la temàtica, s'estudiarà la situació i el funcionament de diferents màquines i mecanismes en l'actualitat i, a través de l'anàlisi d'aquests, es projectaran diferents propostes; aquestes seran analitzades i un cop triada la més adient, es procedirà al seu acurat disseny.

Es farà un modelat en tres dimensions i estudi de resistències de la proposta definitiva, el disseny de forma assistida per software informàtic CATIA V5 i el seu consegüent plotejat de plànols.

## 1.1. Objectius del projecte

Existeixen diferents objectius a assolir dins d'aquest projecte. El principal és millorar els actuals sistemes d'engranatges de pinyons fixes i lliures per tal de solucionar les deficiències que pateixen cadascun d'ells, tot fent-ne una combinació.

El projecte s'encararà en un sol camp de tot el ventall de possibilitats on es pot aplicar; el camp triat ha estat dirigit cap al món de l'esport, i més concretament el del ciclisme, tant l'utilitari com el d'alta competició.

Un altre objectiu és el de realitzar un estudi acurat de l'estat actual, que pot ser comparat amb el nostre projecte atenent possibles analogies que es poguessin trobar, per tal de basar els nostres dissenys sobre una base sòlida en la qual construir el projecte.

A més, es dissenyaran diversos prototips per tal de focalitzar les necessitats requerides i poder millorar així l'un darrere de l'altre, per tal d'arribar a un model definitiu sobre el qual basar-nos.

Un cop s'esculli el pre-disseny definitiu, es farà un estudi amb rigor de les capacitats de diferents materials amb els quals es poden conformar i com fer-ho, tot assistint els càlculs amb software CATIA V5 per elements finits.

Finalment es farà un muntatge del mecanisme del qual s'extrauran els seus plànols i les nostres pròpies conclusions.

## 1.2. Motivacions del projecte

Vàrem triar el Departament d'Expressió Gràfica ja que el projecte que ja prèviament havíem decidit tenia més lligams amb el món del disseny que amb cap altre; a més la bona experiència en l'assignatura d'Expressió gràfica I impartida pel tutor del projecte a inicis de la carrera ens va fer decidir.

Per altra banda, ambdós tenim certa facilitat amb el món de la representació gràfica gràcies a la nostra experiència en l'àmbit laboral i estudis previs a la carrera universitària relacionats amb el món automobilístic, així com la nostra afició envers el món del ciclisme.

Una de les principals inquietuds que ens va sorgir va ser el dubte sobre la nostra capacitat per a poder portar un projecte que partia de zero i que no s'assemblava a cap fet anteriorment.

La possibilitat de poder *ingeniar* un mecanisme que funcionés i que resultés fiable, així com la posterior utilitat pràctica, va fer-nos decidir.

El conjunt que formen totes aquestes motivacions i inquietuds, ens va semblar una bona proposta de projecte final de carrera i ens hem esforçat al màxim durant aquests mesos per tal d'assolir tots els objectius previs establerts. Esperem que en gaudiu de la seva lectura, així com nosaltres ho hem fet durant la seva elaboració.

### **1.3. Abast del projecte**

L'abast del projecte és la creació i disseny d'un mecanisme capaç de combinar els avantatges i desavantatges dels pinyons fixes amb els pinyons lliures, tal i com s'ha citat anteriorment; la seva elaboració durarà quatre mesos, i tindrà lloc al quadrimestre de primavera del curs 2011-2012 on es presentarà com a últim dia el 25 de juny i es defensarà davant d'un tribunal la setmana del 2 al 6 de juliol de 2012.

## 2. ANÀLISIS DE NECESSITATS EXISTENTS

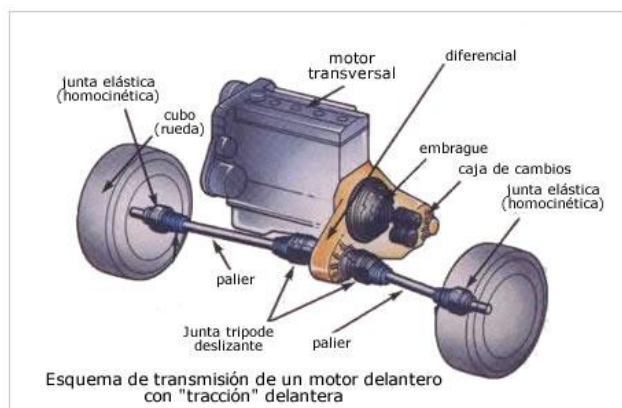
### 2.1. Cotxe en pèrdua

El pinyó fixe reversible aplicat a l'eix de transmissió que surt del canvi de marxes, pot permetre que, en un moment determinat en una baixada, es tingui la possibilitat d'evitar que el cotxe produeixi fricció degut a l'obligació de fer girar el motor mitjançant el "sistema de reducció".

En aquest cas l'eix amb el pinyó fixe reversible actuaria com un conjunt solidari fins les revolucions escollides (que haurien de ser molt pròximes al tall d'injecció per tal d'evitar un alliberament dels satèl·lits) per no influir-hi en la conducció, excepte en aquells moments que vingués una baixada i el cotxe per inèrcia volgués córrer més del que pot el motor, tal i com podria ser el cas dels vehicles agrícoles o el no voler canviar de marxa amb qualsevol automòbil. Seria aleshores quan per força centrífuga s'obririen els satèl·lits, alliberant així el motor i permetent un augment de la velocitat evitant friccions de transmissió. Just en aquest moment amb l'ajut de les noves tecnologies es podria incorporar un sistema *start-stop* per tal d'apagar el motor. Al igual que en el cas de la muntanya Russa aniria canviant l'energia cinètica per potencial sense intervenir-hi en aquest procés fins al moment en que s'igualin les velocitats del pinyó i del canvi de marxes. És aleshores quan de manera suau entraria en acció la força del pinyó reversible.



**Figura 1: Tractor conreant i camions**



**Figura 2: Mòdul tractor cotxe convencional**

## 2.2. Muntanya Russa

El pinyó fixe reversible aplicat a un plat que forma part del mecanisme de tracció que té una muntanya Russa pot permetre que, la part davantera del tren de vagonetes passi per sobre del sistema (aquest ja porta una velocitat angular constant) creant un augment de revolucions i obrint-ne els satèl·lits deixant així el pinyó lliure i fent que el tren de vagonetes pugi canviant l'energia cinètica per potencial sense intervenir-hi en aquest procés, fins al moment en que s'igualin les velocitats del pinyó i del tren. Aleshores, de manera suau entraria en acció la força del pinyó fixe-lliure arrastrant les vagonetes fins al capdamunt de la pujada.



**Figura 3: Dragon khan**

L'avantatge d'emprar el pinyó fixe-lliure és la quasi nul·la fricció en el moment del canvi d'energies afavorint així un major avanç del tren de vagonetes amb el consegüent estalvi energètic i una major suavitat en el moment d'engranatge, ja que la vagoneta desacceleraria per la força de la gravetat però sense deixar en cap moment d'estar engranada i sense arribar-se a parar, com passa a l'actualitat.



**Figura 4: Sínia**



### 2.3. Bicicleta

El pinyó reversible, aplicat a un àmbit esportiu com és el ciclisme permet gaudir dels avantatges del pinyó fixe a baixes velocitats i per tant a baixes revolucions com és tenir la possibilitat de pedalejar tant endavant com de poder-ho fer endarrere per tal de mantenir una posició estàtica d'equilibri sense que el ciclista posi els peus al terra. Una altra avantatge de pedalar en pinyó fixe és la efectivitat de la transmissió de la força, sense pèrdues.

Però l'avantatge més significatiu és el de poder frenar a contra pedal sense necessitat d'emprar frens mecànics, com serien frens de sabata (*V-brake*, disc, de cullera, tambor o de tir lateral o central); d'aquesta manera s'estalvia energia despresa en forma de calor, diners i és més ecològica, ja que l'engranatge fix permet frenar amb la pròpia força muscular de les cames del ciclista.

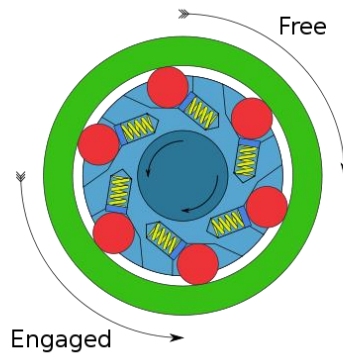
Tipus de bicicletes que empen engranatges de pinyó fix són les bicicletes dels nens petits (1), de velòdrom(2), les revolucionàries bicicletes *fixie* o *fixed*(3), les tipus holandesa (5) o de *bike polo* (5).

		
<p><b>Figura 5:</b>      <b>Bicicleta nen petit</b></p>	<p><b>Figura 6:</b>      <b>Bicicleta de velòdrom</b></p>	<p><b>Figura 7:</b>      <b>Bicicleta fixie o fixed</b></p>

	
<p><b>Figura 8:</b>      <b>Bicicleta Holandesa</b></p>	<p><b>Figura 9:</b>      <b>Bicicleta de Bike Polo</b></p>

Tanmateix, es permet aprofitar el avantatges del pinyó lliure a altes velocitats, permetent parar de pedalejar.





**Figura 10: Pinyó lliure**

La disposició del pinyó reversible en la geometria de la bicicleta hauria de ser a l'engranatge frontal o plat, de manera que el parell de forces transmès a través dels pedals i bieles actués sobre les corones i es transmetés a continuació sobre els satèl·lits. D'aquesta manera la velocitat de la roda seria independent de la cadència de pedaleig del ciclista, és a dir la roda de la bicicleta podria anar molt ràpid sense que el pedaleig ho fos per una qüestió de relació de transmissió, de manera que tot i canviant el pinyó de la roda del darrera, la configuració del engranatge reversible variés.

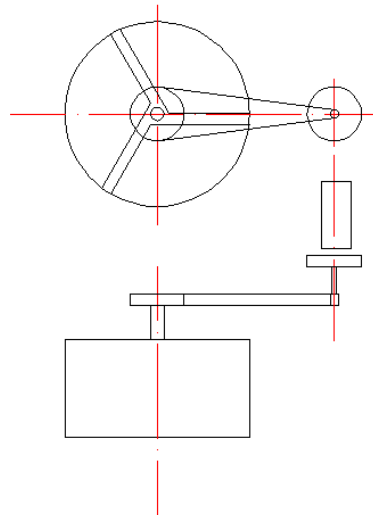
## 2.4. Portes giratòries

El pinyó fixe reversible aplicat a una porta giratòria assistida mitjançant un eix motriu connectat a un motor, permet mantenir la velocitat constant de la porta (marcada per la velocitat del motor) i facilitar als usuaris d'aquesta empenyar-la sense que el mecanisme pateixi cap desperfecte. L'aplicació permetria que portes giratòries automàtiques poguessin ser accelerades per l'actuació d'una força puntual externa al sistema (com seria una empenta per fer girar més ràpid la porta) i que al reduir i retornar a la velocitat inicial de gir del motor la porta prosseguís al ritme de l'eix motriu.

Aquesta aplicació permetria en les entrades o sortides de recintes una entrada o evacuació més ràpida, sense necessitat d'aturades per seguir el ritme de la porta.



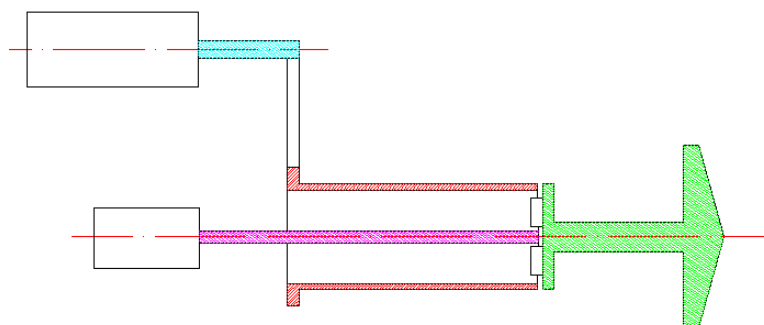
**Figura 11: Porta giratòria**



**Figura 12:** Esquema aplicació pinyó reversible a porta giratòria

## 2.5. Pinyó fixe reversible per a turbines

El pinyó fixe reversible aplicat a una turbina, ja sigui d'aigua o d'aire, pot permetre que, en un flux constant d'aigua que moguéssim l'eix de la turbina i que a poques revolucions engranés amb una corona central (que en aquest cas seria un eix connectat a un petit generador elèctric de petites dimensions), poguéssim engranar amb una corona exterior (o eix extern) permetent que a l'augmentar el cabal i fent que la turbina giri a més revolucions, les mordaces es separessin de l'eix central (generador petit) i engranessin en un d'extern, el qual estaria connectat amb un altre generador de més potència, de manera automàtica.



**Figura 13:** Esquema aplicació pinyó reversible a turbina

D'aquesta manera, podríem aprofitar al màxim l'energia hidràulica de gran cabal, sense sobreescalfar petits generadors aptes per a poc cabal, ja que si connectéssim directament el generador de grans dimensions, amb



poc cabal, el generador no aprofitaria l'energia ja que no tindria prou força per moure el bobinat, però un petit generador sí que podria.

Així estalviarem friccions innecessàries de moure grans generadors i optimitzaríem el procés de generació d'energia.

## 2.6. Cinta transportadora

El pinyó fixe reversible aplicat a l'eix motriu, pot permetre un ús de dues direccions com és actualment el de les cintes transportadores, però si en un moment donat un operari necessita que vagi mes ràpidament endavant, amb el simple fet d'espitjar la rampa ja sigui manualment o amb algun útil, aquesta s'acceleri en funció de la força addicional aplicada. D'aquesta forma es permetria una acceleració sense fricció ja que en aquest moment la cinta transportadora estaria en mode de pinyó lliure. Però al deixar d'espitjar-la arribaria un moment que tornaria a engranar amb el mode fixe tornant a girar a la velocitat estàndard.



**Figura 14:** Cinta transportadora

Un altra aplicació també similar, podria ser l'ús del pinyó en cintes de córrer; aquest podria anar situat a l'eix motriu de la cinta, i tenir una graduació segons la qual el pinyó fos fixe fins a una velocitat seleccionada per l'usuari mitjançant un mecanisme de regulació. Això permetrà que la cinta pugui anar endavant i enrere a baixa velocitat en mode fixe, però a una determinada velocitat desitjada per l'usuari, el pinyó quedi lliure, permetent a l'usuari accelerar per fer una sèrie i en acabar torni a anar a la velocitat marcada per la màquina. Aquesta aplicació també seria útil en el cas d'arribar a la velocitat màxima de la màquina i que l'usuari encara volgués córrer més, de forma que el pinyó quedaria lliure i l'usuari podria córrer tant com pogués.



**Figura 15:** Màquina de córrer

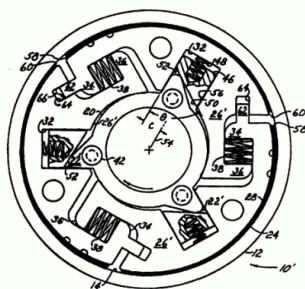
### 3. ANALOGIES

#### 3.1. Embragatge centrífug

Actualment es munta un sistema d'embragatge proveït d'uns contrapesos que, quan el motor arriba a un determinat règim de gir, la força centrífuga els empeny cap a la perifèria, fent que les palanques que van unides a ells basculin i facin pressió sobre la maça d'embragatge. D'aquesta forma s'aconsegueix l'embragat. Quan el motor gira a ralenti els contrapesos ocupen la seva posició de repòs gràcies a l'acció d'unes petites molles i amb això, el plat de pressió deixa en llibertat el disc d'embragatge, aconseguint el desembragat del motor.

Atès que la velocitat de gir del motor puja a les acceleracions de forma progressiva, l'acció d'embragat resulta igualment progressiva

Basats en aquest mateix sistema es munten embragatges semiautomàtics. Aquests embragues estan formats per un sistema d'embragatge convencional, disc i mecanisme muntats sobre la cara del davant d'un tambor, que al seu interior rep el plat proveït de sabates a la seva perifèria. El plat està unit al volant d'inèrcia del motor i, per tant gira amb ell. Les sabates són capaces de sortir cap a fora per l'acció de la força centrífuga, fent solidari el tambor amb el gir del plat. Amb aquesta disposició s'aconsegueix que sempre que el motor arribi a un determinat règim de gir s'aconsegueixi l'acció d'embragat del motor.



**Figura 16: Embragatge centrífug**

Aquesta analogia és similar al nostre pinyó fixe lliure de la proposta.



**Figura 17: Embragatge centrífug**

### 3.2. Fre de tambor

El fre de tambor és un tipus de fre en el qual la fricció es causa per un parell de sabates que pressionen contra la superfície interior d'un tambor giratori, el qual està connectat a l'eix o la roda. Aquest mecanisme és anàleg a una de les propostes, ja que són les sabates les encarregades d'obrir-se i fer fricció per fer girar la superfície exterior. La diferència del fre de tambor respecte la proposta referent, és que en la nostra proposta les sabates s'obriran per força centrífuga i serà una molla l'encarregada de regular a quines revolucions s'obriran; en canvi en el fre de tambor les sabates s'obren per l'accionament d'un bombí que és accionat mecànicament des del pedal del cotxe.



**Figura 18: Frens de tambor**

### 3.3. Pinyó fixe

El funcionament del pinyó reversible en què es basa el projecte és idèntic al funcionament del pinyó fixe, així que no es tracta d'una analogia sinó d'una variant en la que el sistema és molt semblant.

Com ja hem explicat anteriorment, el funcionament del pinyó reversible a baixes revolucions es comporta com un sistema de transmissió fixe tal com és el cas d'engranatges de qualsevol classe (el pinyó fixe no deixa de ser-ho). El fet de que en el pinyó reversible, al igual que en el fixe, es disposi d'una corona interior amb una sèrie d'engranatges plans i sense carret (que no permeti el salt de les dents motrius en cap dels sentits de rotació), permet que la transmissió del parell de forces generat pel moviment pugui anar en ambdós sentits de rotació.

La base de l'estructura del pinyó reversible és la mateixa que la d'un pinyó fixe; no obstant, la transmissió de moviment no és tant immediata, ja que el joc de les toleràncies en l'estructura d'aquesta generen un joc que en circumstàncies puntuals poden ser percebudes pel ciclista que dugui l'engranatge instal·lat a la seva bicicleta. La informació que rep el ciclista de l'estat del terra, de la tracció, vibracions, no es pot transmetre de forma tan fidel.

La simplicitat del sistema que caracteritza el pinyó lliure, tan important des del punt de vista del manteniment nul que suposa, fa que ens trobem davant d'un element de precisió, fet que es tradueix en un baix cost, lleugeresa i absència de soroll.



**Figura 19:** Renderitzat d'una de les propostes prèvies al disseny definitiu

### 3.4. Pinyó lliure

El pinyó lliure també forma part de l'estructura del pinyó reversible. Hem aprofitat la capacitat que té el pinyó lliure de transmetre parell en un sentit i la possibilitat de deixar d'aplicar-lo sense aturar la rotació de la corona induïda, tot fent saltar les dents helicoidals al passar la corona de llarg.



**Figura 20:** Pinyó lliure convencional

El funcionament del pinyó reversible, a altes revolucions, es comporta com un sistema de transmissió lliure, tal com és el cas d'engranatges de qualsevol tipus de bicicletes convencionals. El fet de que en el pinyó reversible existeixi una corona interior que disposa d'una sèrie d'engranatges de ranura helicoidal i amb carret, permetent el salt dels dents motrius en un dels sentits de rotació, facilita que la transmissió del parell de forces que genera el moviment pugui anar en un sentit de rotació però no en l'altre.

La base de l'estructura del pinyó reversible és la mateixa que la d'un pinyó lliure; de la mateixa manera, la transmissió de moviment segueix sense ser immediata. La informació que rep el ciclista de l'estat del terra, de la tracció que rep, vibracions, no es pot transmetre de forma fidel.

La complexitat del sistema que caracteritza el pinyó lliure, tan important des del punt de vista del manteniment, fa que aquest sigui un element de precisió, on un conjunt d'elements entren en joc, fet que es tradueix en cost, pes, soroll i també diners.

## 4. AVANTATGES I INCONVENIENTS

### 4.1. Pinyó fixe

#### 4.1.1. Avantatges Pinyó fixe

- Major velocitat en el arrancar.
- El pinyó fixe suggereix un ritme més constant i no permet parar.
- Simplicitat en el manteniment.
- Difícil desajust.
- No tenim pèrdues per friccions mecàniques.
- Simplicitat de disseny.
- Lleugeresa envers altres sistemes.
- Silenciós.
- Net.
- Econòmic.

#### 4.1.2. Inconvenients Pinyó fixe

- Quan deixes d'aplicar força tens que arrastrar el motor creant friccions.
- En cas de necessitar aturar-se instantàniament, la força motriu és impossible o molt difícil a través del mateix sistema.

### 4.2. Pinyó lliure

#### 4.2.1. Avantatges

- Possibilitat de deixar de transmetre parell i deixar l'equip funcionant per inèrcies.
- Es pot accelerar tant com es vulgui, transmetent parell com si es tingués un eix solidari.
- En cas d'obtenir una velocitat angular superior a la produïda no es força el motor.

#### 4.2.2. Inconvenients

Només transmet moviment cap una direcció.

Cal manteniment.

Soroll.

Pes.

Disseny complicat i precís.

Preu elevat vers pinyó fixe.

Pèrdues mecàniques.

Es brut afavorint fragilitat vers pinyó fixe.

## 5. PROPOSTES

Un cop identificades els avantatges i inconvenients de cadascun dels dos sistemes en l' apartat anterior, s'ha prosseguit a fusionar-los per tal d'extreure'n el màxim rendiment dels dos sistemes convencionals, combinant els avantatges que proporcionen.

Les propostes pensades són tres:

### 5.1. Valoració de la proposta 1

En la primera proposta hem fusionat un pinyó fixe amb un pinyó lliure per tal de combinar els avantatges i minimitzar els inconvenients d'aquest.

El concepte de la primera proposta consisteix en una fusió d'un engranatge interior d'engranatges plans, junt amb un altre exterior d'engranatges de ranura helicoidal solidaris entre ells.

Depenent de la posició d'unes mordaces tipus satèl·lit (interior dels satèl·lits a l'engranatge interior i exterior dels satèl·lits a l'engranatge exterior), es disposa d'engranatges homòlegs que engranen tant amb l'engranatge interior com en l'exterior i permeten transmetre parell en ambdós sentits a través de la corona interior d'engranatges plans. De la mateixa manera permet actuar com un engranatge lliure a l'engranar amb la corona exterior.

El desplaçament de rotació de les mordaces entorn a un eix individual, es duu a terme gràcies a la força centrífuga.

Les mordaces tendeixen a exercir més força cap a l'exterior amb l'augment de la velocitat de gir. De la mateixa manera, un dispositiu regulador retorna les mordaces a la seva posició original de pinyó fixe a poques revolucions.

El funcionament del mecanisme és molt senzill des del punt de vista físic però té els seus avantatges i inconvenients.

#### 5.1.1. Avantatges

Tal com es busca, aconsegueix els requisits buscats, és a dir, actua com a pinyó fixe a poques revolucions i com a lliure a altes revolucions.

### 5.1.2. Inconvenients

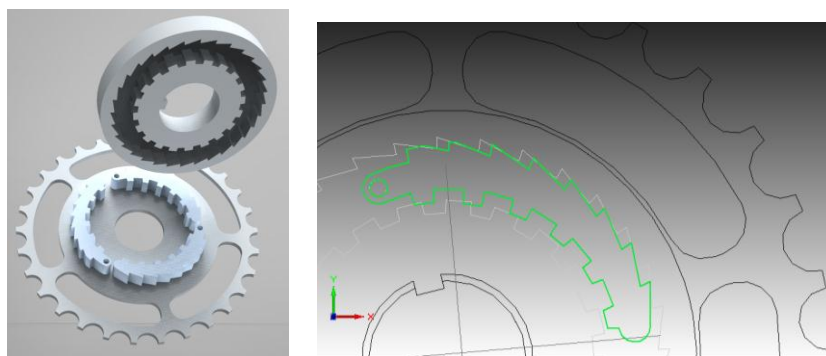
La transició del pinyó fixe al pinyó lliure no es dona de forma automàtica com caldria esperar. La fricció existent entre les dents planes dels engranatges en el moment en que s'està exercint força és molt elevada i cal un instant per deixar de fer pressió sobre aquestes per tal que les mordaces satèl·lits s'alliberin gràcies a la força centrífuga. En cas contrari, la centrífuga no és prou elevada com per superar la de la fricció i alliberar-se.

De la mateixa manera que les dents no s'obren de forma instantània, tampoc es tanquen. El fet que la gran quantitat de dents girin a revolucions molt més elevades, fa que actuïn com a un sòlid impedint que les dents entrin sense sincronitzar-se prèviament. Aquest desavantatge provoca un desgast prematur de les dents. Un possible sistema per tal de facilitar l'engranat és crear dents molt més grans per tal d'augmentar la mida dels forats on s'acoblen les dents.

El soroll del mecanisme a altes revolucions i sense transmetre parell (les mordaces romanen obertes sense girar) és originat al saltar les mordaces per sobre de les dents helicoïdals. Tot i així aquest és l'actual soroll que s'escolta al no pedalar en una bicicleta de pinyó lliure convencional.

A més, la geometria de les mordaces ha de quadrar perfectament amb l'engranatge més extern del cor, per tal que la transmissió del parell sigui més eficaç. Una brutícia que pogués caure dins del sistema, perjudicaria greument al engranatge, ja que al no acoblar-se correctament al seu lloc, la resta de dents no farien la seva funció.

Per últim, cal esmentar el desavantatge de la resistència dels materials a grans esforços. El parell de forces transmeses a la corona, sempre acaba passant pels eixos de rotació de les mordaces. Cal fer una tria acurada del material, que ha de ser prou resistent a l'esforç tallant.



**Figura 21: Renderitzat i croquis de la proposta 1**

### 5.2. Valoració de la proposta 2

La segona proposta és una adaptació i millora de la primera, que permet millorar la desavantatge de la complicada i compromesa geometria de les mordaces.



El funcionament del sistema d'engranatges és similar a la proposta anterior però s'han adaptat les mordaces que transmeten el parell.



**Figura 22: Renderitzat de la proposta 2**

En l'adaptació, cadascuna de les dents exteriors de la mordassa actuen de forma independent, permetent una millor adaptació de les dents al perfil dentat i facilitant en cas de fallida del sistema, ja sigui tant per impureses que entren en el moviment de l'engranatge com per partícules de dents trencades o fracturades, no perjudiqui la integritat de l'engranatge, que hauria de ser reparat o substituït.

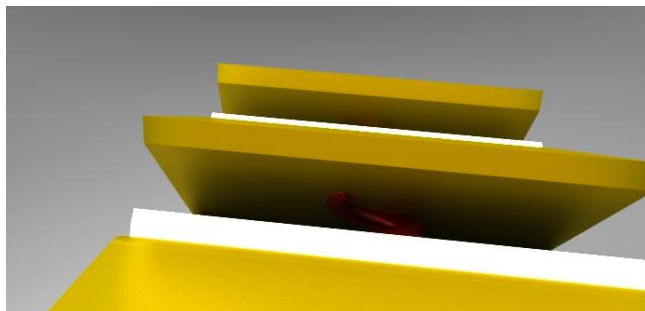


**Figura 23: Renderitzat del satèl·lit de la proposta 2**

Per tal que cadascuna de les dents de satèl·lit romangui estesa, s'ha decidit aplicar la mateixa tecnologia que s'ha aplicat fins ara en el món del pinyó lliure. Unes petites molles empenyen les dents de la mordassa cap a l'exterior (tal i com es mostra en la imatge); d'aquesta manera, si per algun motiu la dent no pot estendre's completament, permetria igualment a la dent seguir treballant de forma normal.

Aquest sistema aporta més complicació en quant a manteniment i perd la simplicitat de la proposta anterior; tanmateix, cal dir que no és més que una adaptació d'un sistema ja existent com hem dit anteriorment i que si bé és un concepte més complex, el sistema avui dia funciona.

Amb aquesta variant de la proposta 1, s'ha solucionat un dels inconvenients que teníem.



**Figura 24:** Renderitzat detallat del satèl·lit de la proposta 2

### 5.3. Valoració de la proposta 3

En aquesta proposta podem observar un Pinyó-Reversible resultat de la fusió d'un pinyó fixe al centre i el que vindria a ser un embragatge centrífug a la resta de la peça.

En aquesta proposta tenim un forat intern amb una xaveta que estaria pensat per acoblar-hi un eix principal encarregat de transmetre el parell als satèl·lits.

Inicialment els satèl·lits transmetrien el parell al cor de la peça en mode de pinyó fix fins a determinades revolucions, just on s'obririen fent contacte amb les sabates a la paret exterior del cor de la peça per continuar transmeten parell.

El cor de la peça està unit a la corona exterior, la qual amb l'ajut d'una cadena seria l'encarregada d'aconseguir el moviment de l'aparell desitjat.

#### 5.3.1. Avantatges

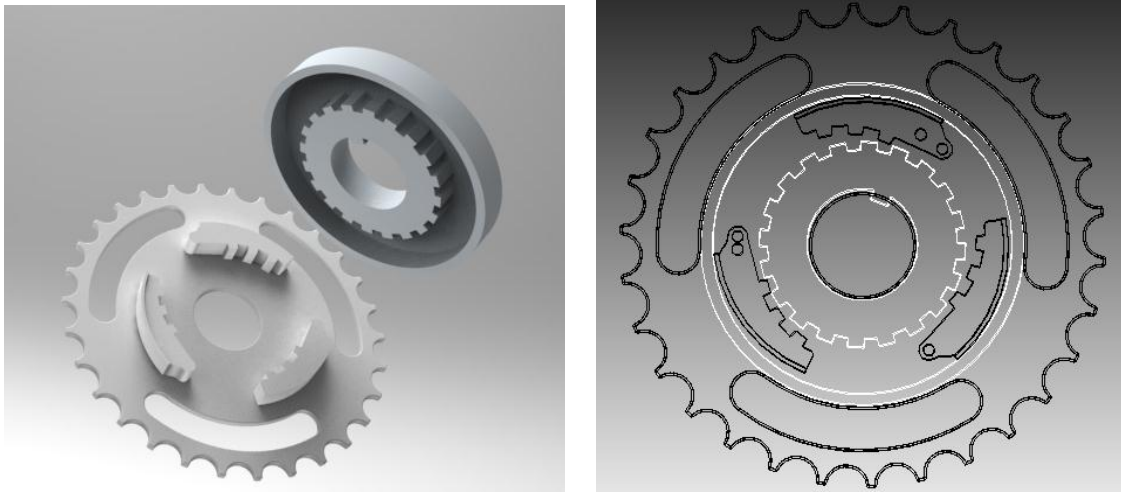
Permet la combinació de pinyó fixe i pinyó lliure

#### 5.3.2. Inconvenients

Al ser centrífug, quan les sabates s'obren van tenint un desgast com qualsevol embragatge centrífug; també té l'inconvenient de produir una fricció constant en cas tenir una major velocitat del cor de la peça vers a les sabates dels satèl·lits (per exemple, una baixada en un cas d'aplicació a un vehicle).

El principal inconvenient seria la dificultat del mecanisme a l'hora de l'alliberament de les sabates i la paret exterior del cor de la peça en cas d'una acceleració externa a la corona de la peça.

Després d'una valoració enfront la resta de les propostes, en aquesta seria la més difícil d'aconseguir un correcte funcionament. Per això va quedar descartada.



**Figura 25:** Renderitzat i croquis de la proposta 2

#### 5.4. Valoració de la proposta 4

Finalment establim una quarta proposta, variant de les anteriors on es perfeccionen certs aspectes estructurals.

S'han substituït les mordaces satèl·lits per unes més grosses i mono dentals. És a dir, cada satèl·lit té una sola dent; d'aquesta manera el problema de que no engrani en la corona central del cor al girar es minimitza. El fet de ser més robustes augmenta la seva resistència a fracturar-se.

Les dents de la corona s'han eliminat i s'ha decidit deixar l'allotjament i els forats roscats per a poder acoblar plats de bicicleta estàndard. De la mateixa manera, la part que està més sotmesa a desgast i que aporta la força al sistema, s'ha reforçat amb un casquet intercanviable que promet abaratir el procés de fabricació i el pes del conjunt.

A més s'ha ideat un sistema de regulació que garanteix que els satèl·lits actuïn amb força contra la corona i que permeti la obertura d'aquests en el moment indicat.

## 6. EXPLICACIÓ DETALLADA DEL SISTEMA FINAL

A continuació s'explica detalladament el funcionament de la proposta final.

El sistema consta de tres grans blocs:

### 6.1. Detall dels blocs

El primer gran bloc, que hem anomenat bloc potència, conformat pel cor i el casquet.

El segon bloc, anomenat mecànica de control, encarregat de la regulació del sistema i calibrat.

El tercer bloc, que consta del quadre de la bicicleta i el pedaler incloent l'eix d'aquest.

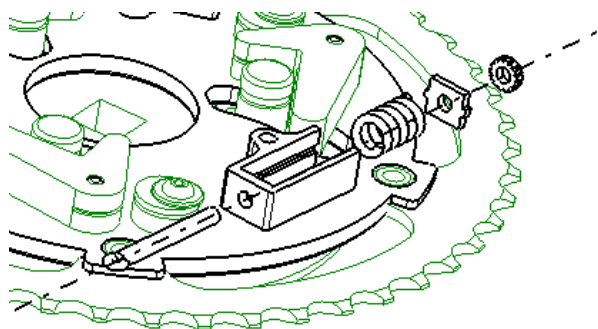
### 6.2. Explicació

Un cop el ciclista exerceix la força muscular de pedalejat a través dels pedals i en conseqüència a la biela, es transmet un parell en el nucli del cor, transmetent la força del parell a través de cadascuna de les cares del casquet d'acer.

D'aquesta manera, el casquet arrossega les mordaces que a poques revolucions es troben fixades a l'interior de la corona interior del cor en el moment de iniciar el gir.

En aquest instant, les mordaces i tot el sistema de mecànica de control comença a girar, expandint-se les mordaces satèl·lits fins a arribar a un punt on deixen de rebre el parell de la corona central del cor i passen a rebre-la de la externa. En aquest moment els satèl·lits s'han expandit empentant les palanques amb les quals està en contacte tot empentant-les i separant-les de la seva posició original.

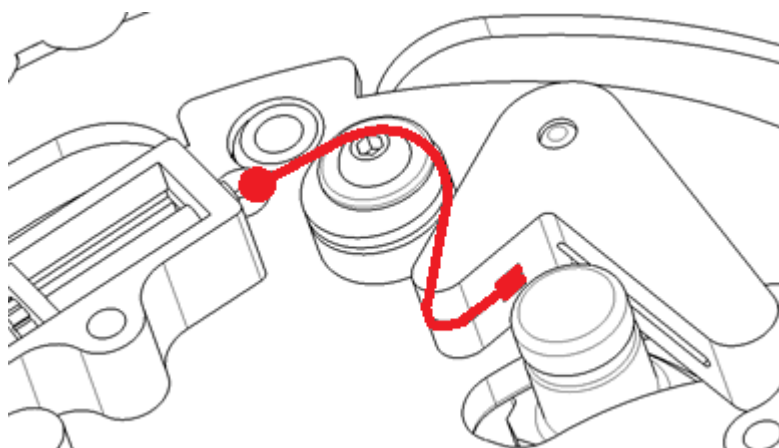
A través d'un cable d'acer d'alta resistència que descriu un recorregut estudiat, lligat a un passador i a la palanca anterior, transporta la longitud de l'arc girat al passador que reula per la guia de la corona, tal com es mostra a la imatge.



**Figura 26:** Esquema del sistema regulador

Tanmateix, al tenir un topall subjectat amb una petita femella roscada al passador i una molla comprimida entre la corona i topall, fa que el cable d'acer romangui tensat i procurant retornar la palanca a la seva posició original.

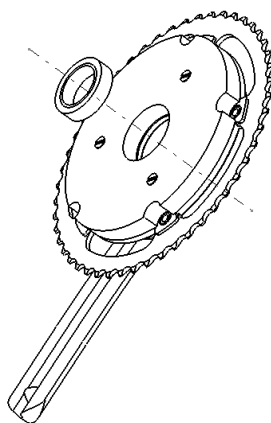
La longitud de l'arc que descriu la palanca, serà igual a la compressió de la molla instal·lada.



**Figura 27: Ruta cable d'acer sistema regulador**

En el cas de que les revolucions del sistema fossin molt elevades, i no es seguís proporcionant parell a través de la biela i el casquet, a l'estar les mordaces obertes i ser les dents en diagonal, no exercirien força, saltant així d'allotjament en allotjament fins al final de la corona interior del cor i engranant de manera fixe.

Tot el mecanisme va muntat a sobre del eix del pedalier, que gràcies a un coixinet instal·lat, permet que la corona giri de forma boja.



**Figura 28: Instal·lació coixinet**

## 7. DESCRIPCIÓ DE LES PECES I ELS SEUS PROCESSOS DE FABRICACIÓ

### 7.1. Cor

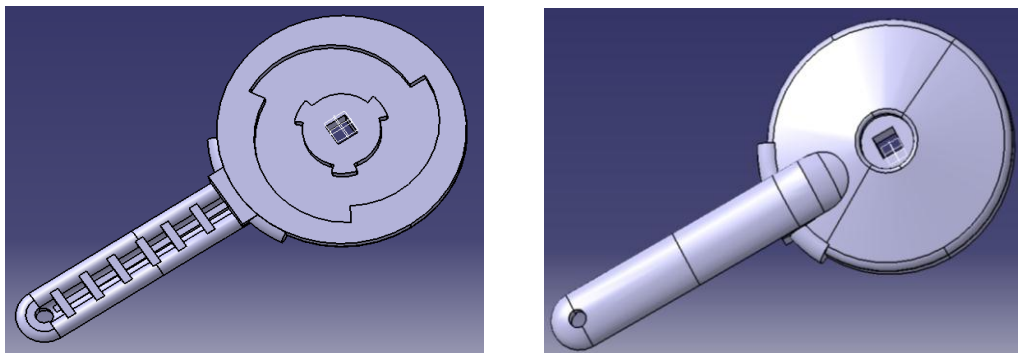
És la peça encarregada de transmetre la força exercida sobre el pedal al nucli del mecanisme.

La part principal del cor consta de dues parts, una corona interior d'engranatges plans de tres dents, encarregada de transmetre el parell al casquet i aquest a la part interna dels satèl·lits en condicions de baixes revolucions.

Dins d'aquest engranatge, al centre, tenim un forat de forma quadrada passant on anirà el eix del pedaler.

Una altra corona exterior amb forma similar al negatiu d'un ventilador de tres aspes, on estarà protegit pel casquet intercanviable, serà on a elevades revolucions, transmetrà el parell al casquet i aquest per la part exterior als satèl·lits esmentats anteriorment. Tot això, sempre i quan el parell transmès sigui en la direcció que està pensada per transmetre'l; en cas contrari no transmetrà parell i gràcies al seu disseny deixarà girar als satèl·lits de forma boja.

El cor de la peça es fabricarà per injecció.



**Figura 29:** Vista 3D del Cor

<b>Material:</b>	PEEK		<b>Densitat:</b>	1320 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b>	0,372	kg	<b>Volum:</b>	2,818e-004	m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>					
Gx: 0,002	mm	Gy: -24,64	mm	Gz: 23,166	mm
<b>Matriu d'inercia</b>					
I <sub>ox</sub> G: 0,001	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oy</sub> G: 3,85e-004	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oz</sub> G: 0,002	Kg·m <sup>2</sup>
I <sub>xy</sub> G: 1,175e-007	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>xz</sub> G: -1,23e-008	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>yz</sub> G: 5,421e-005	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principal Moments</b>					
M1: 3,828e-004	Kg·m <sup>2</sup>	M2: 0,001	Kg·m <sup>2</sup>	M3: 0,002	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principals Axils</b>					
A1x: -0,000113		A2x: -1		A3x: 0	
A1y: 1		A2y: 0		A3y: 0,038	
A1z: -0,038929		A2z: 0		A3z: 1	

### 7.1.1. Emmotllament per injecció

En enginyeria, l'emmotllament per injecció és un procés semi continu que consisteix en injectar un polímer o metall, en estat fos en un motlle tancat a pressió i fred, a través d'un orifici petit anomenat comporta. En aquest motlle el material es solidifica, començant a cristal·litzar en polímers semi cristal·lins en el cas del plàstic com es el cas del PEEK. La peça o part final s'obté en obrir el motlle i treure de la cavitat la peça modelada.

L'emmotllament per injecció és una tècnica molt popular per a la fabricació d'articles molt diferents.



**Figura 30:** Màquina d'injecció de plàstic

Els polímers han aconseguit substituir altres materials com són fusta, metalls, fibres naturals, ceràmiques, etc. L'emmotllament per injecció és un procés ambientalment més favorable comparat amb la fabricació de

paper, la tala d'arbres o cromats. Ja que no contamina l'ambient de forma directa, no emet gasos ni deixalles aquosos, amb baixos nivells de soroll. No obstant això, no tots els plàstics poden ser reciclats i alguns susceptibles de ser reciclats són dipositats en l'ambient, causant danys al medi ambient.

La popularitat d'aquest mètode s'explica amb la versatilitat de peces que poden fabricar, la rapidesa de fabricació, el disseny escalable des de processos de prototips ràpids com es aquest cas, alts nivells de producció i baixos costos, alta o baixa automatització segons el cost de la peça, geometries molt complicades que serien impossibles per altres tècniques, les peces modelades requereixen molt poc o nul acabat doncs són acabades amb la rugositat de superfície desitjada, color i transparència o opacitat, bona tolerància dimensional de peces modelades amb o sense inserits i amb diferents colors.

El disseny actual de la màquina d'emmotllament per injecció ha estat influït per la demanda de productes amb diferents característiques geomètriques, amb diferents polímers involucrats i colors. A més, el seu disseny s'ha modificat de manera que les peces modelades tinguin un menor cost de producció, la qual cosa exigeix rapidesa d'injecció, baixes temperatures i un cicle curt i precís.

### 7.1.2. El principi de l'emmotllament

L'emmotllament per injecció és una de les tecnologies de processament de plàstic més famoses, ja que representa una manera relativament simple de fabricar components amb formes geomètriques d'alta complexitat.

Per a això es necessita una màquina d'injecció que inclogui un motlle. En aquest últim, es fabrica una cavitat; la forma és idèntica a la de la peça que es desitja obtenir i per la seva grandària s'aplica un factor de contracció el qual s'agrega a les mesures de la cavitat perquè en refredar la peça modelada s'aconsegueixin les dimensions desitjades. La cavitat s'omple amb plàstic fos, el qual se solidifica, mantenint la forma modelada.

Els polímers conserven la seva forma tridimensional quan són refredats per sota de la seva temperatura de transició vítrica, per tant, també de la seva temperatura de fusió per a polímers semi cristal·lins. Els polímers semi cristal·lins posseeixen, a més, la característica de formar cristalls. Aquests cristalls proporcionen estabilitat dimensional a la molècula, la qual també es en la regió cristal·lina termodinàmicament estable. La entropia de les molècules del plàstic disminueix dràsticament a causa de l'ordre de les molècules en els cristalls.



**Figura 31: Màquina d'injecció d'alumini.**

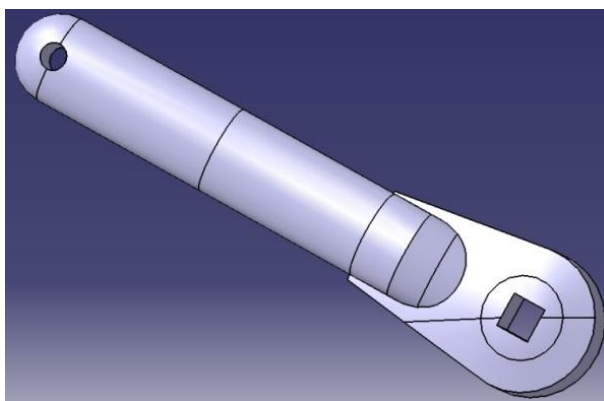


## 7.2. Biela

És una biela de bicicleta normal, fabricada de PEEK.

Serveix per transmetre el parell realitzat amb la cama esquerra a l'eix pedaler del conjunt. Té un forat amb forma quadrada en un extrem, tal i com s'aprecia a la imatge, per tal d'anar fixada a l'eix pedaler. Consta d'una forma rectangular, aconseguint d'aquesta forma la rigidesa suficient per poder aguantar la potència produïda per la cama del ciclista.

La biela, a l' igual que el cor, es fabricarà per l'anteriorment esmentat procés d'injecció de polímers.



**Figura 32: Vista 3D Biela**

<b>Material:</b>	PEEK	<b>Densitat:</b>	1320 kg/m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	0,124 kg	<b>Volum:</b>	9,362e-005 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 0,06 mm	Gy: -71,11 mm	Gz: 29,345 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
I <sub>oxG</sub> : 5,727e-004 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oyG</sub> : 1,851e-005 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>ozG</sub> : 5,872e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
I <sub>xyG</sub> : -1,863e-007 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>xzG</sub> : 2,957e-008 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>yzG</sub> : 3,669e-006 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 1,849e-005 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 5,727e-004 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 5,872e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 0	A2x: -1	A3x: 0,001951	
A1y: 1	A2y: 0,000349	A3y: 0,00645	
A1z: -0,00645	A2z: 0,001948	A3z: 1	

### 7.3. Casquet

És un casquet que consta de dues parts: una corona interior d'engrenatges plans de tres dents, encarregada de transmetre el parell a la part interna dels satèl·lits en condicions de baixes revolucions i una altra corona exterior amb forma similar al negatiu d'un ventilador de tres aspes, on a altes revolucions, transmetrà el parell per la part exterior als satèl·lits esmentats anteriorment; això sempre i quan el parell transmès sigui en la direcció la qual està pensada per transmetre'l, en cas contrari no transmetrà parell i gràcies al seu disseny deixarà girar als satèl·lits de forma boja. Es tracta d'una peça intercanviable degut a que està sotmesa a desgast. Va situada dins del cor mitjançant serratge; per canviar-lo és necessari l'ajut d'un extractor.

El casquet es fabricarà per un procés d'injecció i acabat amb un posterior mecanitzat.

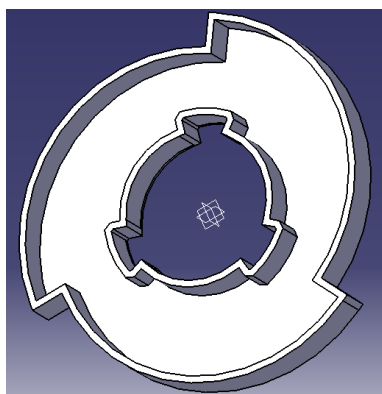


Figura 33: Vista 3D Casquet

<b>Material:</b> Acer		<b>Densitat:</b> 7860 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b> 0,138 kg		<b>Volum:</b> 1,752e-005 m <sup>3</sup>	
<b>Centre de gravetat</b>			
Gx: 1,458e-004 mm	Gy: 8,419e-005 mm	Gz: 2,841 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
I <sub>oxG</sub> : 1,284e-004 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oyG</sub> : 1,284e-004 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>ozG</sub> : 2,534e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
I <sub>xyG</sub> : 0 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>xzG</sub> : 0 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>yzG</sub> : 0 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 1,284e-004 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 1,284e-004 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 2,534e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 1	A2x: 0	A3x: 0	
A1y: 0	A2y: 1	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

### 7.4. Satèl·lits

És un conjunt format per tres satèl·lits independents, encarregats de rebre el parell provinent del cor, transmetent-lo a la corona.

Els satèl·lits són fixats a la corona col·locant el forat d'aquests en un dels sortints que té la corona, limitant d'aquesta manera el moviment dels satèl·lits a un pivotatge sobre aquest sortint.

Els satèl·lits també disposen d'un sortint situat dins d'unes guies del plat, per tenir marcada l'obertura. En aquest sortint es troba una guia per encaixar amb les palanques, que són les encarregades de regular l'obertura dels satèl·lits.

La forma corba que tenen és deguda a la funció de la part interna de rebre el parell provinent de la cassoleta a baixes revolucions mentre aquests estan engranats a la roda dentada interior. La part més allunyada del forat d'aquests satèl·lits disposa de forma plana per rebre el parell un cop es troben en posició oberta a altes revolucions.

Els satèl·lits es fabricaran per un procés d'injecció amb un posterior mecanitzat.

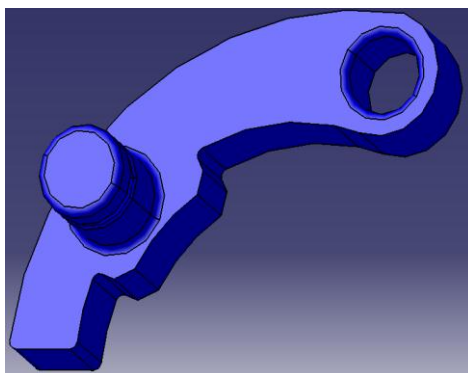


Figura 34: Vista 3D d'un Satèl·lit

<b>Material:</b>	Acer	<b>Densitat:</b>	7860 kg/m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	0,08 kg	<b>Volum:</b>	1,019e-005 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
Gx: 29,763 mm	Gy: 16,627 mm	Gz: 3,011 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 1,875e-005 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 1,194e-005 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 2,578e-005 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: 1,013e-005 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 1,094e-006 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: -1,334e-006 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 4,518e-006 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 2,585e-005 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 2,61e-005 Kg·m <sup>2</sup>	

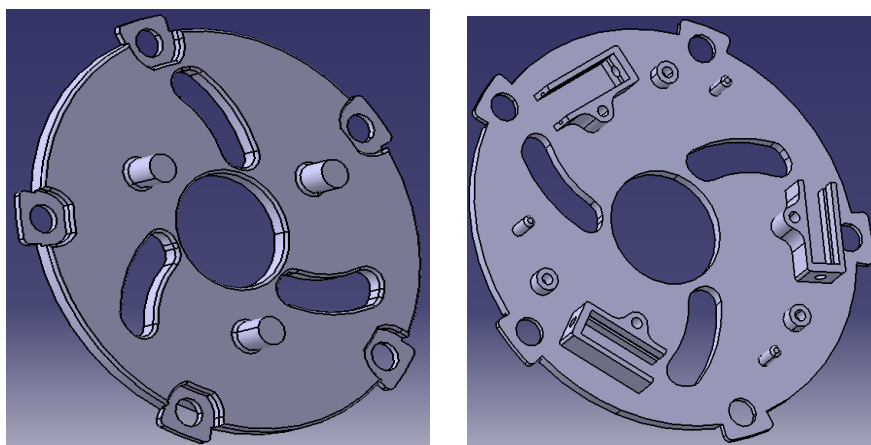
Principals Axils		
A1x: -0,582177	A2x: 0,382156	A3x: 0,717654
A1y: 0,809045	A2y: 0,359923	A3y: 0,464653
A1z: 0,08073	A2z: -0,851124	A3z: 0,51872

### 7.5. Corona

La corona és una de les peces més complexes de tot el conjunt. Serveix com a guia per diverses peces, tal com els satèl·lits gràcies a les tres ranures corbes que té al centre, alhora que també fa de guia per la molla amb els tres calaixos que té. També serveix de fixació per a les palanques, satèl·lits i les volanderes excèntriques limitant el seu moviment a la pivotació. Té un forat central encarregat de deixar passar l'eix pedaler.

A la part exterior disposa de cinc forats i un rebaix per tal de fixar la corona exterior.

La corona es fabricarà mitjançant un procés de microfusió o fusió a la cera perduda.



**Figura 35: Vista 3D de la Corona**

<b>Material:</b>	Alumini	<b>Densitat:</b>	2710 kg/m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	0,299 Kg	<b>Volum:</b>	1,103e-004 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
Gx: -3,386e-009 mm	Gy: -2,528e-008 mm	Gz: 0,153 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 4,03e-00 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 4,03e-004 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 7,985e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	

Principal Moments					
M1: 4,03e-004	Kg·m <sup>2</sup>	M2: 4,03e-004	Kg·m <sup>2</sup>	M3: 7,985e-004	Kg·m <sup>2</sup>
Principals Axils					
A1x: 1		A2x: 0		A3x: 0	
A1y: 0		A2y: 1		A3y: 0	
A1z: 0		A2z: 0		A3z: 1	

### 7.5.1. Procés de microfusió

El procés de microfusió “a la cera perduda” és una tecnologia d’avantguarda i en continua evolució.

El procés consta de moltes fases i es caracteritza per una closca ceràmica refractària monolítica anomenada “raïm”, derivat d’una forma especial central composta d’un o més models de cera obtinguts de l’injecció de peces en els oportuns motlles.

La possibilitat de producció de petites i grans sèries ofereix al client una sèrie d’avantatges tècnics i econòmics, entre els quals hi ha:

- Realització de peces complexes difícilment construïbles mitjançant el mecanitzat si no és amb despeses elevades.
- Realització de peces que d’altra manera només seria possible de fer amb parts diferents, unides mitjançant processos diversos com: soldadura, clavats, etc.
- Realització de peces sense mecanitzat posterior d’acabat, o bé amb limitació del mecanitzat a algunes cotes funcionals.
- Realització de fundicions d’acer o d’aliatges de difícil mecanitzat, tal com aliatges amb base de níquel i cobalt.
- Realització de les mateixes peces amb aliatges diversos, adequats a aplicacions diverses.

#### 7.5.1.1. Descripció del procés

La fase inicial per a la realització d’una peça de microfusió consisteix en la construcció d’un motlle generalment d’alumini, dimensionat de manera que compensi les contraccions de la cera i la fundició.

Mitjançant màquines especials, la cera s’injecta al motlle i d’aquesta manera es fan tants models de cera com peces hi hagi previst produir.

Per algunes peces dotades de cavitats internes complexes o escaires, la realització en un sol motlle no resulta suficient, pel que s’han de fer nuclis especials de cera soluble o bé de ceràmica, que seguidament s’introduran al motlle principal per a la successiva injecció dels models de cera. Aquests nuclis tenen formes i contorns particulars i s’estudien per a cada cas específic.

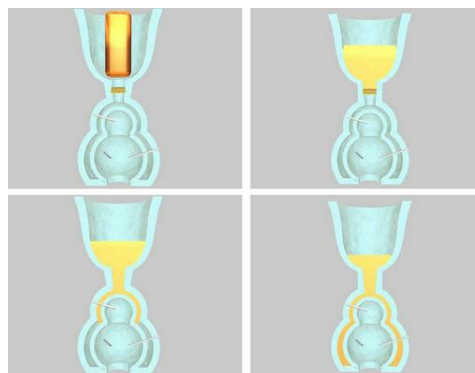
Els nuclis de cera soluble es desfaran submergeixent els models de cera en aigua, mentre que els nuclis de ceràmica es quedaran dins dels models, i es treuran de les peces mitjançant operacions successives.

Totes les peces de cera s'uneixen als canals d'alimentació (també de cera) fins a formar els raïms.

Els raïms de cera es submergeixen en una pasta ceràmica i de seguida es recobreixen de material refractari de granulometria controlada.

Els raïms que s'obtenen d'aquesta manera s'introdueixen després dins d'una autoclau, on la calor que es desenvolupa fa evacuar la cera; les peces passen successivament per forns especials a una temperatura alta per l'operació de cocció. La closca ceràmica obté així la resistència mecànica necessària i s'eliminen alhora els últims residus de cera.

Llavors segueix la colada del metall líquid dins dels raïms buits i roents; el metall líquid passa a través de tots els canals d'alimentació i va a omplir tots els buits que precedentment han estat ocupats pels models de cera. En fred es farà el trencament de la closca ceràmica mitjançant diverses operacions i així s'obté el raïm de metall.



**Figura 36: Procés de fusió a la cera perduda**

Cadascuna de les peces es separà de la resta del raïm mitjançant trencament en correspondència amb les entrades de colada; després d'això es procedirà a l'eliminació de les entrades de colada mitjançant el rebarbat. Les peces ja estan preparades per a les successives fases d'acabat i control.

Generalment les peces de microfusió passen per tractaments particulars de recarburació, normalització i recuit en forns especials d'atmosfera controlada.

Quan és necessari, es fan tractaments tèrmics o termoquímics finals, per tal de donar a les peces les característiques de resistència i de duresa desitjades.

Després del tractament tèrmic les peces es granellen, s'adreçen i passen al control final.

## 7.6. Excèntrica

Volandera excèntrica degut a la necessitat d'ampliar la regulació de la força realitzada per la molla.

Té un forat on va fixada al plat; la cara inferior està moletejada per tal de fixar-se en un punt concret i no moure's degut a la força que rep de la tensió del cable situat a la guia del perfil lateral.

Les excèntriques es fabricaran amb un procés d'estampació amb un posterior mecanitzat.

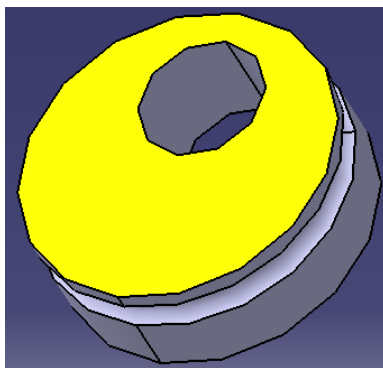


Figura 37: Vista 3D de la excèntrica

<b>Material:</b>	Acer		<b>Densitat:</b>	7860 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b>	0,014	kg	<b>Volum:</b>	1,753e-006	m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>					
Gx: -0,803	mm	Gy: 0	mm	Gz: 3,419	mm
<b>Matriu d'inèrcia</b>					
IoxG: 4,443e-007	Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 3,911e-007	Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 7,207e-007	Kg·m <sup>2</sup>
IxyG: 0	Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 8,947e-010	Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: 0	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principal Moments</b>					
M1: 3,911e-007	Kg·m <sup>2</sup>	M2:4,443e-007	Kg·m <sup>2</sup>	M3:7,207e-007	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principals Axils</b>					
A1x: 0		A2x: -1		A3x: 0,003236	
A1y: 1		A2y: 0		A3y: 0	
A1z: 0		A2z: 0,003236		A3z: 1	

### 7.6.1. Estampació

L'estampació és un tipus de procés de fabricació pel qual es sotmet un metall a una càrrega de compressió entre dos motlles. La càrrega pot ser una pressió aplicada progressivament o una percussió, pel que s'utilitzen premses i martinets. Els motlles són estampes o matrius d'acer, una d'elles lliscant a través d'una guia (martell o estampa superior) i l'altra fixa (enclusa o estampa inferior). Si la temperatura del material a deformar és major a la temperatura de recristal·lització, s'anomena estampació en calent, i si és menor s'anomena estampació en fred.

L'estampació en calent es realitza amb el material a major temperatura que la temperatura de recristal·lització. En aquest cas es tracta d'un tipus de procés de forja, amb la peculiaritat de sotmetre el material a compressió entre dues estampes. A aquesta temperatura el material té un límit elàstic baix i una regió plàstica àmplia, pel que és possible deformar sense incrementar la seva acritud. Tanmateix, per obtenir formes complicades pot ser necessari realitzar diverses operacions en una sèrie d'estampes que s'aproximen progressivament a la forma final, de vegades amb altres operacions intermèdies, com desbarbats o mecanitzats. El producte obtingut té menor precisió dimensional i major rugositat que quan es treballa en fred, a canvi s'obtenen majors deformacions en calent.



**Figura 38: Màquina d'estampació en calent**

L'estampació en fred es realitza amb el material a menor temperatura que la temperatura de recristal·lització, de manera que es deforma el gra durant el procés, obtenint anisotropia en l'estructura microscòpica. Sol aplicar-se a peces de menor espessor que quan es treballa en calent, usualment xapes o làmines de gruix uniforme. Les principals operacions d'estampació en fred són:

- Troquelació: punxonat (realització de forats), tall (separació de peces d'una xapa) o encunyació.
- Embotició: obtenció de cossos buits a partir de xapa plana.
- Deformació per flexió entre matrius: corbat, plegat o atropellat.

Els materials utilitzats en l'estampació en fred són dúctils i mal·leables, com l'acer de baix aliatge i els aliatges d'alumini preferentment al magnesi, sense coure.





**Figura 39:** Màquina d'estampació en fred

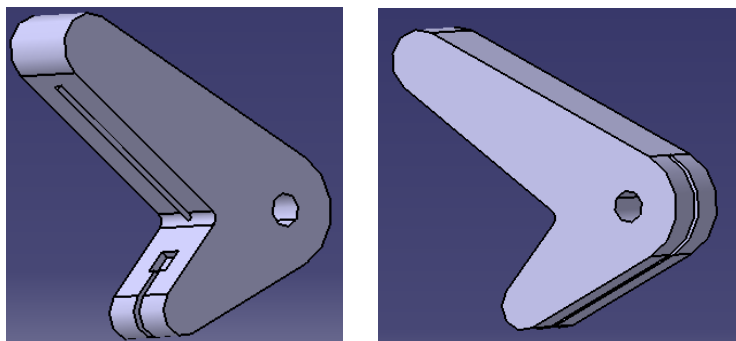
## 7.7. Palanques

Formades per tres palanques, constitueixen una part del sistema regulador de la molla; estan fabricades en acer i tenen un forat circular mitjançant el qual va fixat al plat amb la intenció de limitar el seu moviment a una simple pivotació respecte aquest forat.

Al lateral del perfil intern inferior (esquerra de la imatge), hi ha un forat lineal creat per guiar el fil de coure situat en el seu interior; aquest finalitza comunicant amb un altre forat de forma quadrada per tal d'allotjar la cabota del fil d'acer.

Al mateix perfil, però a la seva part superior, té una rebava amb la funció d'exercir de nervi i guiar els satèl·lits.

Les palanques es fabricaran per injecció.



**Figura 40:** Vista 3D Palanques

<b>Material:</b> Alumini		<b>Densitat:</b> 2710 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b> 0,016 kg		<b>Volum:</b> 6,009e-006 m <sup>3</sup>	
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 12,333 mm	Gy: 2,709 mm	Gz: 5 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
I <sub>ox</sub> G: 7,836e-007 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oy</sub> G: 2,405e-006 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oz</sub> G: 2,915e-006 Kg·m <sup>2</sup>	
I <sub>xy</sub> G: 3,306e-007 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>xz</sub> G: 0 Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>yz</sub> G: 2,647e-023 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 7,188e-007 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 2,47e-006 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 2,915e-006 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 0,981314	A2x: -0,192413	A3x: 0	
A1y: -0,192413	A2y: -0,981314	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

## 7.8. Passador

Peça del sistema regulador de la molla, situat dins de la molla És la peça del conjunt a la qual van roscats els elements encarregats de comprimir la molla, com són el topall i el calibrador. Està fabricat en acer i no segueix cap normativa. Té la funció de mantenir la tensió desitjada a la molla, mitjançant la compressió de la molla amb la subjecció del topall i el calibrador.

El passador es fabricarà per un procés d'injecció, ja que si es fes per plegat es correria el risc de sotmetre la peça a esforços de forma que s'acabés obrint l'anella i es descalibrés.



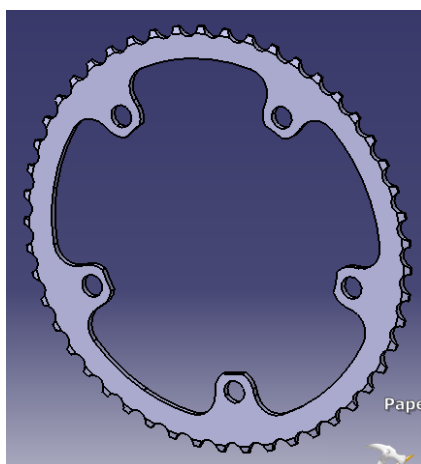
**Figura 41:** Vista 3D Passador

<b>Material:</b> Acer		<b>Densitat:</b> 7860 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b> 0,003 kg		<b>Volum:</b> 3,298e-007 m <sup>3</sup>	
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 1,407 -007 mm	Gy: 11,826 mm	Gz: -2,798e-008 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 1,547e-007 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 5,433e-009 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 1,553e-007 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 5,433e-009 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 1,547e-007 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 1,553e-007 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 0	A2x: 1	A3x: 0	
A1y: 1	A2y: 0	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

## 7.9. Plat

Es tracta d'un plat estàndard antic *Campagnolo*, molt usat en bicicletes *fixed*. Està fabricat en alumini i en el cas del prototip es tracta d'un plat de 48 dents, però es pot canviar al gust ja que té un BCD de 144mm, compatible des de 38 dents dins fins al límit que el fabricant desitgi. Va fixat al cor del conjunt mitjançant els 5 cargols dels que disposa.

La fabricació del plat és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.



**Figura 42:** Vista 3D Plat

<b>Material:</b>	Alumini	<b>Densitat:</b>	2710 kg/m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	0,064 kg	<b>Volum:</b>	2,372e-005 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: -2,98e-008 mm	Gy: -4,996e-008 mm	Gz: 1,5 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 2,246e-004 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 2,246e-004 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 4,491e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 2,246e-004 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 2,246e-004 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 4,491e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 1	A2x: 0	A3x: 0	
A1y: 0	A2y: 1	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

## 7.10. Tapa

La tapa és fabricada amb PVC, gràcies a les seves característiques:

### 7.10.1. Característiques del PVC

Té una elevada resistència a l'abració, juntament amb una baixa densitat (1,4 g/cm<sup>3</sup>), bona resistència mecànica i a l'impacte, el que ho fa comú i ideal per a l'edificació i construcció.

En utilitzar additius tal com estabilitzants i plastificants entre d'altres, el PVC pot transformar-se en un material rígid o flexible, característica que li permet ser usat en un gran nombre d'aplicacions.

És un material altament resistent. Els productes de PVC poden durar fins a més de seixanta anys com es comprova en aplicacions com ara canonades per a conducció d'aigua potable i sanitaris; d'acord a l'estat de les instal·lacions s'espera una perllongada durada del PVC així com succeeix amb els marcs de portes i finestres.

A causa dels àtoms de clor que formen part del polímer PVC, no es crema amb facilitat ni crema per si sol i cessa de cremar una vegada que la font de calor s'ha retirat. Els perfils de PVC emprats en la construcció per a recobriments, portes i finestres, es deu a la poca inflamabilitat que presenta.

S'empra eficaçment per aïllar i protegir cables elèctrics a la llar, oficines i en les indústries a causa que és un bon aïllant elèctric.

Es torna flexible i modelable sense necessitat de sotmetre'l a altes temperatures (n'hi ha prou uns segon exposat a una flama) i manté la forma donada i propietats un cop refredat a temperatura ambient, la qual cosa facilita la seva modificació.

Una altra característica és el seu alt valor energètic. Quan es recupera l'energia en els sistemes moderns de combustió de residus, on les emissions es controlen acuradament, el PVC aporta energia i calor a la indústria i les llars.

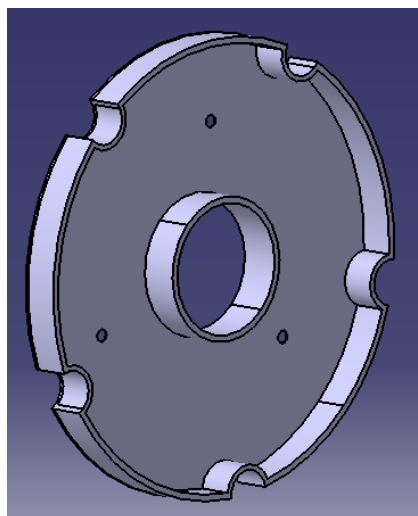


**Figura 43: PVC flexible**

Així doncs el PVC compleix amb escreix la funció de protegir tot el mecanisme de la brutícia evitant així un desgast prematur o un desajust de la peça.

Va fixat a la corona mitjançant tres cargols M4 L8 de cap alumada Philips descrits a continuació.

La tapa es fabricarà mitjançant plàstic injectat.



**Figura 44: Vista 3D Tapa**

<b>Material:</b>	PVC	<b>Densitat:</b>	1400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	0,037 kg	<b>Volum:</b>	2,662e-005 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 8,697e-009 mm	Gy: 1,841e-009 mm	Gz: 8,515 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 5,825e-005 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 5,825e-005 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 1,154e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 5,825e-005 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 5,825e-005 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 1,154e-004 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 1	A2x: 0	A3x: 0	
A1y: 0	A2y: 1	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

### 7.11. Topall

El topall és un element del sistema regulador, encarregat de sostenir i comprimir la molla, que va roscat a la part inferior del passador. Consta d'unes cares planes a la perpendicular del forat per tal de servir de base al comprimir la molla. A la part del perfil, té dues dents que serveixen de guia un cop col·locat a l'adaptador que té el plat per tal de tenir-lo allotjat.

El topall es fabricarà mitjançant un procés d'estampació en fred.

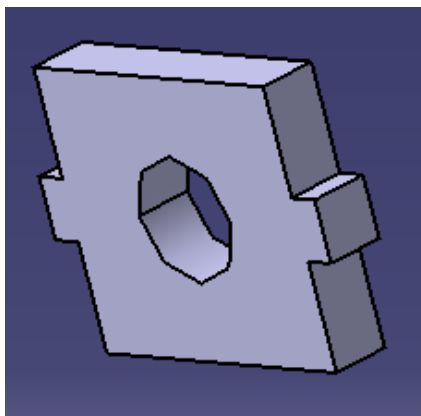


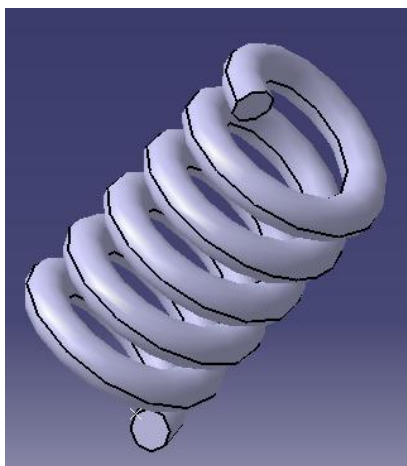
Figura 45: Vista 3D topall

<b>Material:</b> Alumini		<b>Densitat:</b> 2710 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b> 4,41e-004 kg		<b>Volum:</b> 1,629e-007 m <sup>3</sup>	
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 69,478 mm	Gy: 30,5 mm	Gz: 1 mm	
<b>Matriu d'inèrcia</b>			
IoxG: 3,379e-009 Kg·m <sup>2</sup>	IoyG: 4,802e-009 Kg·m <sup>2</sup>	IozG: 7,886e-009 Kg·m <sup>2</sup>	
IxyG: -2,2118e-022 Kg·m <sup>2</sup>	IxzG: 0 Kg·m <sup>2</sup>	IyzG: -3,309e-009 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principal Moments</b>			
M1: 3,379e-009 Kg·m <sup>2</sup>	M2: 4,802e-009 Kg·m <sup>2</sup>	M3: 7,886e-009 Kg·m <sup>2</sup>	
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 1	A2x: 0	A3x: 0	
A1y: 0	A2y: 1	A3y: 0	
A1z: 0	A2z: 0	A3z: 1	

## 7.12. Molla

La molla és la part més important del sistema regulador encarregada d'exercir la força per retornar les mordaces a la posició de pinyó fixe o evitar que s'obrin abans del previst.

La fabricació de la molla és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.

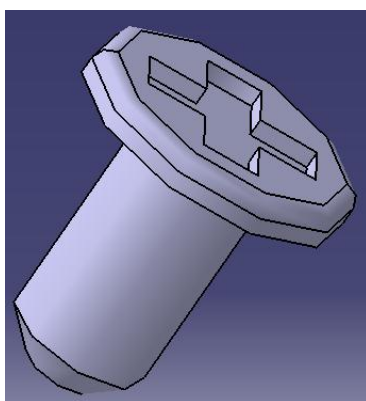


**Figura 46: Vista 3D Molla**

<b>Material:</b>	Acer		<b>Densitat:</b>	2710 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b>	0,191	kg	<b>Volum:</b>	7,045e-005	m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>					
GX:	1,458e-004	mm	Gy:	8,419e-005	mm
			Gz:	2,841	mm
<b>Matriu d'inèrcia</b>					
IoxG:	1,284e-004	Kg·m <sup>2</sup>	IoyG:	1,284e-004	Kg·m <sup>2</sup>
IozG:			IozG:	2,534e-004	Kg·m <sup>2</sup>
IxyG:	0	Kg·m <sup>2</sup>	IxzG:	0	Kg·m <sup>2</sup>
IyzG:			IyzG:	0	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principal Moments</b>					
M1:	1,284e-004	Kg·m <sup>2</sup>	M2:	1,284e-	Kg·m <sup>2</sup>
			M3:		Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principals Axils</b>					
A1x:			A2x:		A3x:
A1y:			A2y:		A3y:
A1z:			A2z:		A3z:

### 7.13. Cargol

Es tracta d'un cargol cap alomada Philips DIN 7985 ISO 7045 M4 L8, qualidad5.6, fabricat en acer.



**Figura 47: Vista 3D Cargol Tapa**

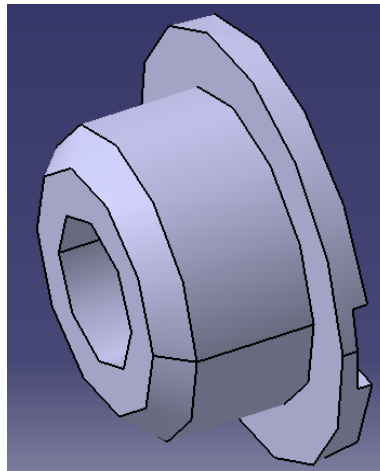
La fabricació del cargol és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.



## 7.14. Cargol plat

La fabricació del cargol és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.

Es tracta d'una peça estàndard, que podem adquirir a qualsevol establiment de bicicletes.



**Figura 48: Vista 3D cargol Plat**

<b>Material:</b>	Acer		<b>Densitat:</b>	2710 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Massa:</b>	0,191	kg	<b>Volum:</b>	7,045e-005	m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>					
GX: 1,458e-004	mm	Gy: 8,419e-005	mm	Gz: 2,841	mm
<b>Matriu d'inercia</b>					
I <sub>oxG</sub> : 1,284e-004	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>oyG</sub> : 1,284e-004	Kg·xm <sup>2</sup>	I <sub>ozG</sub> : 2,534e-004	Kg·m <sup>2</sup>
I <sub>xyG</sub> : 0	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>xzG</sub> : 0	Kg·m <sup>2</sup>	I <sub>yzG</sub> : 0	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principal Moments</b>					
M1: 1,284e-004	Kg·m <sup>2</sup>	M2: 1,284e-	Kg·m <sup>2</sup>	M3:	Kg·m <sup>2</sup>
<b>Principals Axils</b>					
A1x:		A2x:		A3x:	
A1y:		A2y:		A3y:	
A1z:		A2z:		A3z:	

## 7.15. Calibrador

La seva funció bàsica és regular la molla, per tenir una constant més gran o mes petita, segons es comprimeixi o s'afluixi.

La rosca mètrica interior va cargolada al passador, comprimint la molla amb la superfície plana del propi calibrador. Les dents exteriors serveixen per esglaonar la regulació a mida que es rosca.

La fabricació del calibrador és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.

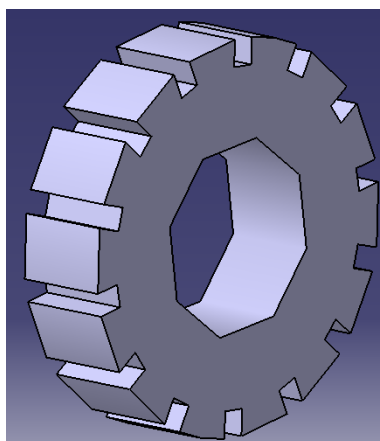
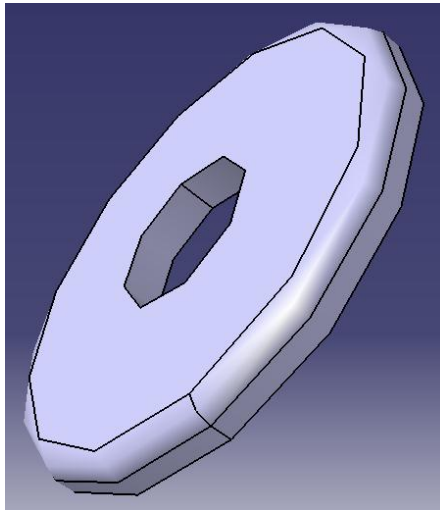


Figura 49: Vista 3D Femella Reguladora

<b>Material:</b>	Acer	<b>Densitat:</b>	7860 kg_m <sup>3</sup>
<b>Massa:</b>	5,34e-004 kg	<b>Volum:</b>	6,796e-008 m <sup>3</sup>
<b>Centre de gravetat</b>			
GX: 2,735e-009	mm	Gy: 2,735e-009	mm
		Gz: 5,114e-009	mm
<b>Matriu d'inercia</b>			
IoxG: 2,735e-009	kgxm <sup>2</sup>	IoyG: 2,735e-009	kgxm <sup>2</sup>
		IozG: 5,114e-009	kgxm <sup>2</sup>
IxyG: 0	kgxm <sup>2</sup>	IxzG: 0	kgxm <sup>2</sup>
		IyzG: 0	kgxm <sup>2</sup>
<b>Principal Moments</b>			
M1: 2,735e-009	kgxm <sup>2</sup>	M2: 2,735e-009	kgxm <sup>2</sup>
		M3: 5,114e-009	kgxm <sup>2</sup>
<b>Principals Axils</b>			
A1x: 1		A2x: 0	A3x: 0
A1y: 0		A2y: 1	A3y: 0
A1z: 0		A2z: 0	A3z: 1

## 7.16. Volanderes



**Figura 50:** Vista 3D volandera

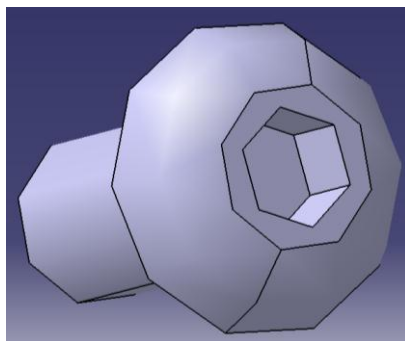
Es tracta de volanderes planes d'acer tractat DIN 125 ISO:7089, M4.

La fabricació de les volanderes és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.

## 7.17. Cargol Allen

Es tracta d'un cargol estàndard d'acer tractat, Allen M4 L8 DIN 7380, Qualitat 10.9.

La fabricació del cargol és aliena al procés de fabricació del mecanisme, ja que es tracta d'una peça de comerç.



**Figura 51:** Caragol Allen

Un cop explicades les característiques principals de les peces que conformen el conjunt i el seu muntatge, es procedeix al seu dimensionat.

## 8. CÀLCUL DE FORCES

Una de les intencions principals del conjunt és la d'adaptar-se a l'usuari depenent del seu estat de forma física i les seves preferències. Això està basat en la cadència.

### 8.1. Que es la cadència?

La cadència marca el ritme de pedaleig. Amb un bon ritme de pedaleig aconseguirem cansar-nos menys i moure'ns amb més fluïdesa. Una cadència massa alta ens pot fer perdre metres i una massa baixa pot estar jugant en contra de les nostres articulacions.

No hi ha una cadència exacta que sigui la millor, tot depèn del terreny i sobretot de les nostres sensacions i tipus de pedaleig. Cadències i desenvolupaments diferents poden fer que avancem el mateix per pedalada, per això és important saber en quin terreny ens trobem.

La cadència ha estat un dels factors dels que més s'ha parlat darrerament en el món del ciclisme. Gairebé tots els comentaris i estudis intenten descobrir què cadència és l'òptima per aconseguir el major estalvi energètic i eficiència mecànica. En ciclisme, és possible rendir a un determinat treball amb diferents combinacions de força o cadència. Dos ciclistes poden anar a la mateixa velocitat engranant diferent desenvolupament i cadència, avançant els mateixos metres per pedalada. Una freqüència de pedaleig més alta en pendent positiu, és a dir, una major cadència en pujada, pot fer posar-nos menys vegades de peu sobre els pedals, i això en jornades llargues pot ser un estalvi energètic. D'aquesta manera, amb una cadència "alta" millora l'alternança contracció-relaxació muscular millorant la irrigació i retorn sanguini.



**Figura 52: Ciclista a cadència màxima**

Per tal de poder fer un correcte dimensionat de les peces, en primer lloc s'ha hagut d'esbrinar quina és la força d'empenta que haurà d'aguantar el conjunt.

## 8.2. La transmissió

Tot sistema de transmissió convencional pot ser causa de problemes de tipus tècnic. A més implica major pes per a la bicicleta, manteniment, peces de desgast, despeses, etc..

Portar muntat un sistema de transmissió en la bicicleta és molt útil per a canvis de pendent o inclinació del sòl pel qual ens movem però la gran majoria de ciutats Europees, i molt concretament Barcelona, estan edificades en zones majorment planes o de pendent poc considerable, pel que no tenim canvis d'inclinació importants. El sistema de transmissió idoni per a la ciutat és el sistema fix, és a dir, una sola marxa, el tipus de bicicleta al qual va dirigit el conjunt.

Aconseguir una bona relació de transmissió amb un sol plat i un sol pinyó implica una velocitat pràcticament constant. A més és impossible que la cadena es surti de la seva posició si el sistema està ben muntat, no és causa de cap tipus d'avaría i és pràcticament impossible de trencar.

Existeix una fórmula que indica quin tipus de relació porta cada bicicleta i així poder comparar dureses. Si comptem el nombre de dents del pinyó i del plat i els dividim entre ells, plat entre pinyó, obtenim un nombre. Aquesta xifra farà de guia i podrem comparar i calcular la relació òptima. Per a qualsevol usuari sense especial experiència la millor relació per moure's per una ciutat o muntanya és de 2'7, que correspon per exemple a un plat de 44 dents i un pinyó de 16.

Tot i que això no es compleix en un usuari sense experiència en el ciclisme, una relació de 3 és òptima per a ciutat. El problema d'endurir la relació a partir de 2'7 és que, tot i ser més dura i per tant amb més velocitat màxima, comença a ser dura per arrencar i disminuïm massa l'acceleració.



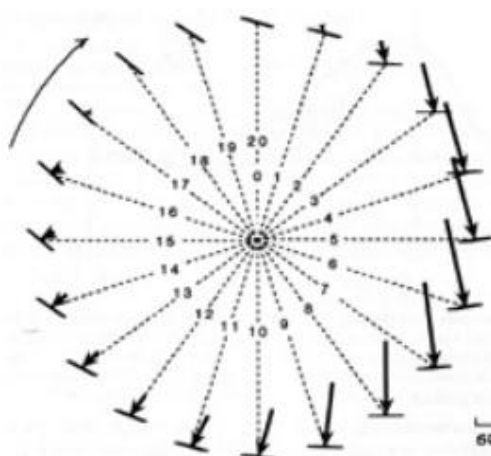
**Figura 53:** Detall transmissió *fixed*

## 8.3. Forces d'empenta

### 8.3.1. Càlcul per forces locals

El primer pas consisteix en fer un anàlisi directe sobre els pedals:

En un assaig estàtic o durant la marxa per un circuit amb bicicletes convencionals, tenim els pedals en moviment giratori; la força que el ciclista realitza amb el peu sobre el pedal durant una volta completa del mateix, varia en mòdul i direcció tal com es veu en la figura.



**Figura 54: Diagrama de forces durant el pedaleig**

Segons estudis i acotacions realitzades per Davis i Hull es posa de manifest la variació de les forces realitzades sobre els pedals durant el gir de  $360^\circ$  per varis ciclistes.

Es van prendre la mida de varis ciclistes, resultat del qual va sortir un diagrama de forces aplicades sobre el pedal, en funció de l'angle de la palanca del pedal.

Tal i com s'ha vist a la imatge anterior la direcció de la força aplicada sobre el pedal, en la majoria de les posicions, no és totalment perpendicular a la palanca del mateix; per això mateix, la força aplicada no és totalment efectiva al llarg del cicle.

Representant la força efectiva (component perpendicular a la palanca, en funció de l'angle de la palanca del pedal) s'obté la funció representada en la següent figura.

De forma anàloga, el parell aplicat per un pedal sobre l'eix del pedaler serà una funció similar ja que el seu valor és la força efectiva per la longitud constant de la palanca.

Per tant, l'energia desenvolupada pel ciclista durant una volta del pedal serà l'àrea compresa sota la corba de la següent figura multiplicada per la longitud de la palanca o biela. S'observa així que l'aport d'energia del ciclista es realitza pràcticament durant la carrera de descens del pedal i a més de forma poc constant.

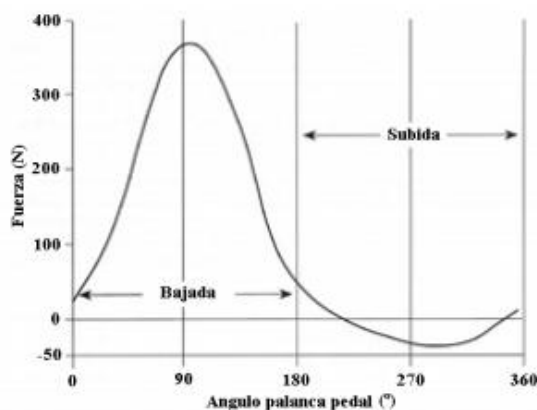


Figura 55: Gràfica Força-Angle

### 8.3.2. Càlcul per mitjana de potència

Altra manera més fiable pel càlcul de potència és fer mitja a través de la potència mitja d'un ciclista.

Per a poder realitzar el càlcul a través d'aquest mètode, s'ha de calcular la força d'empenta a través de la potència màxima (W) que és capaç de proporcionar l'usuari i la velocitat del pedal.

$$\text{Força d'empenta (N)} = \frac{\text{Potència (W)}}{\text{Velocitat del pedal (m/s)}} \quad (1)$$

Considerant com a referència una potència màxima, s'ha buscat la màxima registrada per un professional com podria ser un *sprinter* del *tour* de França, obtenint-ne una potència màxima d'uns 1800 watts.

Per obtenir la velocitat màxima del pedal també és necessari saber quina cadència màxima (rpm) haurà de ser capaç d'aguantar.

Hem tornat a prendre com a referència un *sprinter* del *tour* de França, obtenint-ne una cadència màxima d'unes 180 rpm.

Per tal de poder obtenir la velocitat del pedal s'ha hagut d'aplicar la següent fórmula:

$$Velocitat\_del\_pedal(m/s) = Longitud\_de\_la\_biela(m) \cdot Velocitat\_angular(rad/s) \quad (2)$$

Com a conseqüència de no tenir la velocitat angular per aplicar-la a la fórmula, s'ha realitzat el factor de conversió següent:

$$Velocitat\_angular(rad/s) = \frac{180\text{pedalades}}{1\text{min}} \cdot \frac{1\text{min}}{60\text{segons}} \cdot \frac{2\pi rad}{1\text{pedalada}} = 18,84\text{rad/s} \quad (3)$$

Obtenint-ne com a resultat una velocitat angular de 18,84 rad/s.

La següent mida que requerim és la longitud de la biela, ja que aquesta és la equivalent al radi de la circumferència realitzada a l'hora de pedalar. Per una alçada mitjana estàndard de 1,75m, podem dir que la biela té una longitud necessària d'uns 0,175m (4).

Finalment podem aplicar les dades obtingudes (3) i(4) per obtenir el valor de la velocitat del pedal:

$$Velocitat\_del\_pedal(m/s) = 0,175m \cdot 18,84\text{rad/s} = 3,297\text{m/s} \cong 3,3\text{m/s}$$

Considerant com a velocitat del pedal un màxim de 3,3 m/s.

Amb les dades obtingudes anteriorment ja podem calcular finalment la força d'empenta:

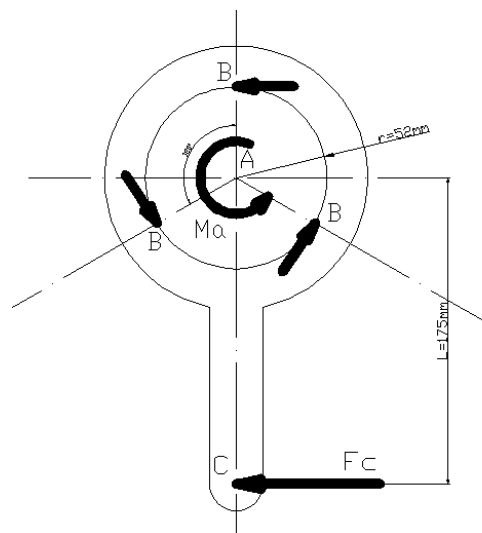
$$Força\_d'empenta(N) = \frac{1800W}{3,3\text{m/s}} = 545,45N$$

Aquesta força d'empenta d'uns 545,45N és la força màxima aplicada al pedal; per tal de poder dimensionar es realitza un càlcul de moments a la resta de parts de la biela.

Tenim 3 punts principals.

- Anomenarem A al centre de la circumferència. En aquest centre es transmet un esforç a l'eix de la caixa pedaler.
- Als tres punts B, on la peça impulsa els tres satèl·lits, tenim una distància des d'A d'uns 0,052m.
- Finalment tenim el punt C, on la peça rep la força d'empenta, situat a 0,175m del centre de la circumferència.





**Figura 56: Esquema de forces**

En primer punt s'aplica moment en el punt A, on tenim una força C de 545,45N, a una distància de 0,175 (longitud de la biela); realitzant l'operació s'obté el següent:

$$Ma = Fc \cdot L = 545,45N \cdot 0,175m = 95,45N / m$$

Un parell de 95,45 N/m, considerat el parell màxim a l'eix de la caixa pedalier i al centre de la circumferència.

En segon lloc, per tal de mesurar el parell transmès als 3 punts B, es calcula el moment en B des de A:

$$3Mb = Ma$$

$$Mb = 31,81Nm$$

Obtenint-ne un moment en cada superfície B de 31,81Nm. A una distància de 0,052m esmentada anteriorment, es realitzen els càlculs següents per saber la força que ha de suportar l'estructura en aquest punt:

$$Fb = \frac{Mb}{r} = \frac{31,81Nm}{0,052m} = 611N$$

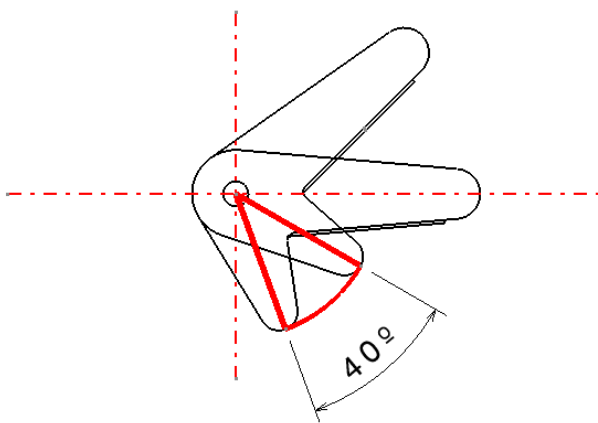
Després d'haver calculat la força màxima que pot rebre B, només queda dimensionar tota l'estructura en funció del material.

#### 8.4. Càlcul de forces centrífugues i determinació de la constant K de la molla

Un cop ja sabem en quin entorn es mouen les masses del mecanisme del pinyó reversible, és hora d'estudiar la força centrífuga dels satèl·lits i de la palanca per tal de saber quina és la força hauran d'exercir les palanques i per tant la molla del mecanisme.

La massa dels satèl·lits és de 80gr i la de les mordaces de 16gr.

Cal tenir en compte que la força de la molla variarà en funció de les revolucions ja que a mida que el mecanisme giri i les mordaces juntament amb les palanques s'obrin, la palanca descriurà un angle que es veurà traduït en la compressió de la molla.



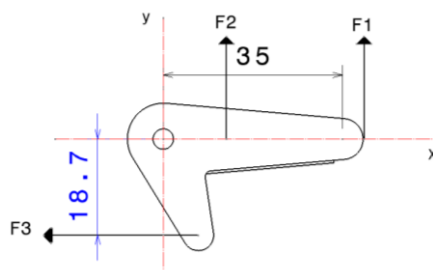
$$\Delta l = \frac{2\pi \cdot R \cdot \alpha}{360}$$

On R és la distància des del punt de rotació fins l'extrem de la palanca i  $\alpha$  l'angle rotat.

L'equació de la compressió de la molla en funció de l'angle rotat és la següent:

$$\Delta l = \frac{2\pi \cdot 0,023 \cdot \alpha}{360} = 4,01 \times 10^{-4} \cdot \alpha$$

Per tal analitzar correctament l'estudi dels moments que actuen sobre la peça tenim la següent situació:



On:

F1 és la força centrífuga exercida pel satèl·lit.

F2 és la força exercida per la força centrífuga de la palanca.

F3 és la força de la molla.

La força centrífuga d'un element en gir és la següent:

$$F_c = m \cdot a$$

On a és l'acceleració normal:

$$a = \omega^2 \cdot r$$

On:

$\omega$  és la velocitat angular en rad/s a la qual rota el mecanisme.

r és la distància entre el centre de gravetat de la peça i el punt de rotació.

Un cop explicats aquests conceptes iniciem l'estudi de moments.

$$\Sigma M = F \cdot d$$

$$\begin{aligned} [(0, F_1, 0) \wedge (0, 0, 0, 0, 0)] + [(0, F_2, 0) \wedge (0, 0, 0, 0, 0)] + [(F_3, 0, 0) \wedge (0, 0, 0, 0, 0, 187)] &= 0 \\ [(0, 0, 8 \cdot \omega^2 \cdot 0, 032) \cdot 0, 035] + [(0, 0, 16 \cdot \omega^2 \cdot 0, 047) \cdot 0, 0123] + (K \cdot \Delta l \cdot 0, 0187) &= 0 \\ (8, 96 \times 10^{-5} \omega^2) + (9, 25 \times 10^{-6} \omega^2) - (4, 01 \times 10^{-4} \cdot K \cdot \alpha) &= 0 \end{aligned}$$

On obtenim les següents equacions:

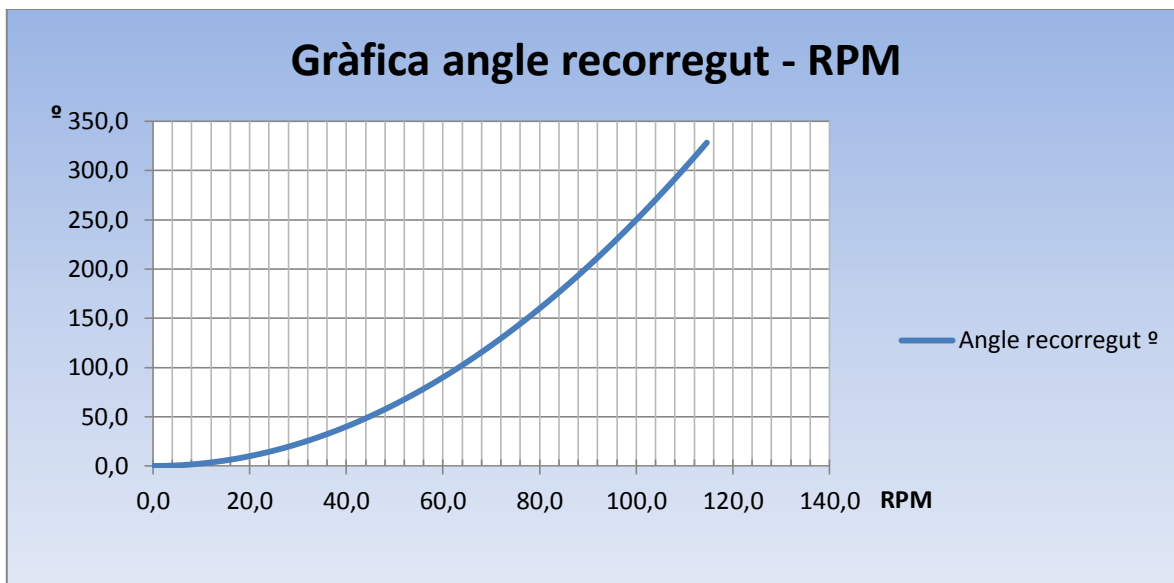
$$\omega = \sqrt{\frac{4, 01 \times 10^{-4} \cdot K \cdot \alpha}{(8, 96 \times 10^{-5} \cdot \omega^2) + (9, 25 \times 10^{-6} \cdot \omega^2)}} = \sqrt{40, 58 \cdot k \cdot \alpha}$$

$$\alpha = \frac{(8, 96 \times 10^{-5} \cdot \omega^2) + (9, 25 \times 10^{-6} \cdot \omega^2)}{4, 01 \times 10^{-4} \cdot K} = \frac{0, 246 \cdot \omega^2}{K}$$

$$K = \frac{0, 246 \cdot \omega^2}{\alpha}$$

Un cop formulades les equacions s'ha procedit a analitzar-les mitjançant un full de càlcul del qual s'han extret les següents dades:

S'han tret les següents gràfiques per a una cadència de pedaleig de 40 revolucions per minut, és a dir 80 pedalades en un minut.

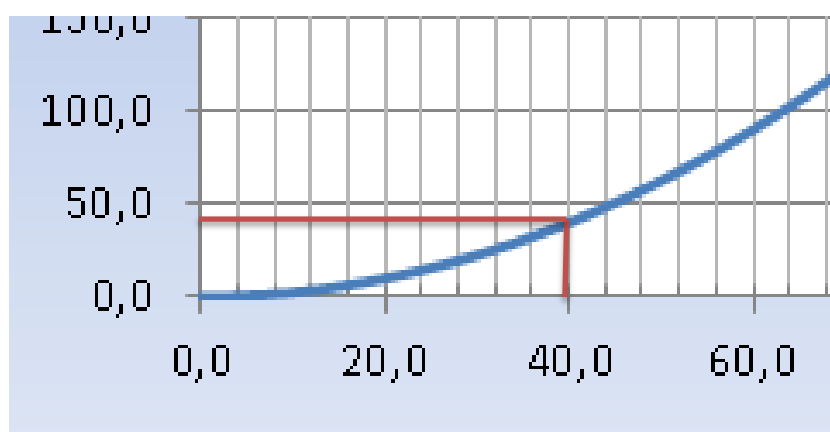


**Figura 57: Gràfica angle recorregut – RPM**

En la gràfica de la figura 55 podem observar la relació que hi ha entre l'angle que recorre la palanca en funció de la velocitat de rotació.

Com hem esmentat, la gràfica pertany a una cadència de 40 rpm, és a dir, en el límit de les 40 rpm el ciclista ja no pot pedalejar més ràpid i per tant, la palanca que controla l'obertura del satèl·lit ha d'estar entorn dels 40º, és a dir en posició de pinyó lliure.

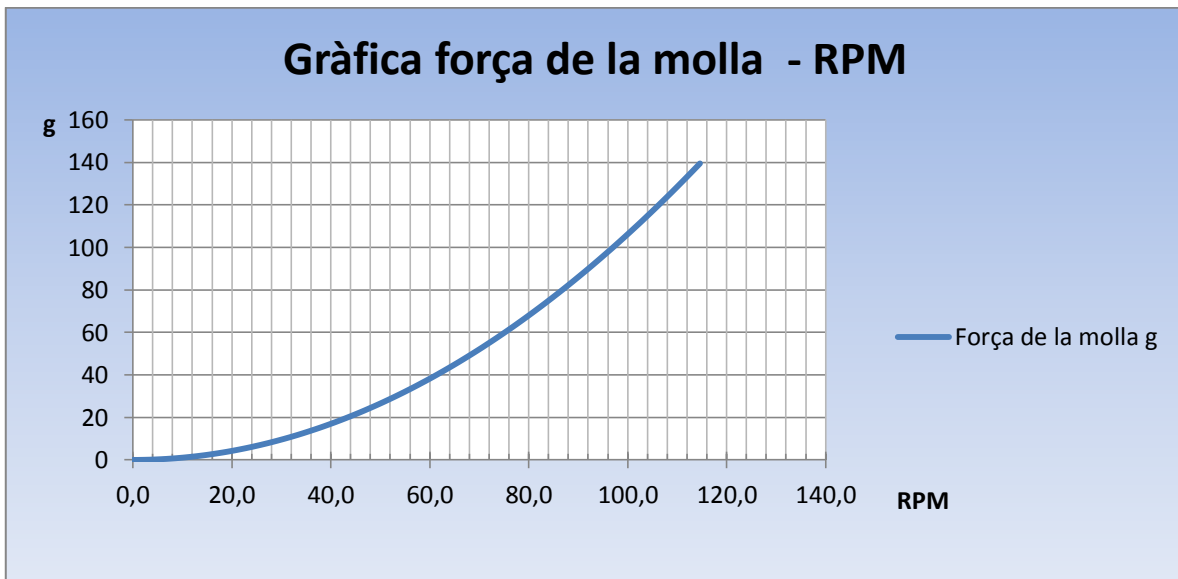
Com podem observar més detalladament en la següent figura, detall de l'anterior, l'angle que ha recorregut la palanca a les 40rpm és efectivament de 40º.



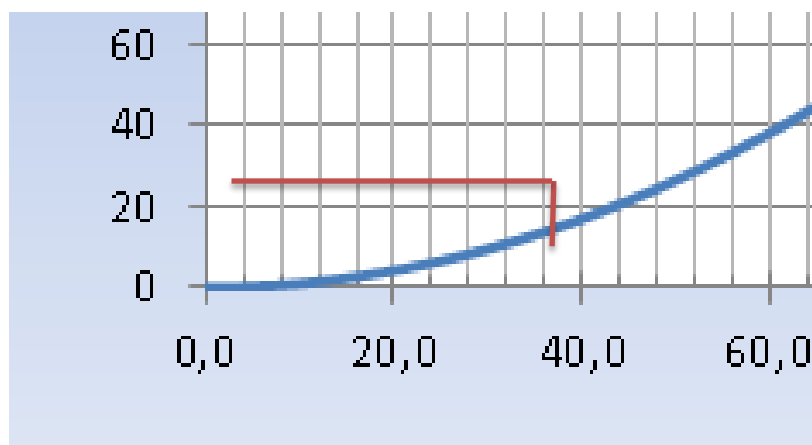
**Figura 58: Detall figura 54**

En la figura 57, podem veure la relació que hi ha entre la força que fa la molla mesurada en grams amb la velocitat de gir del mecanisme mesurat en rpm.

Podem veure que a 40rpm la força que fa la molla és de 17gr, tal i com es veu a la figura 58, detall de la 57.



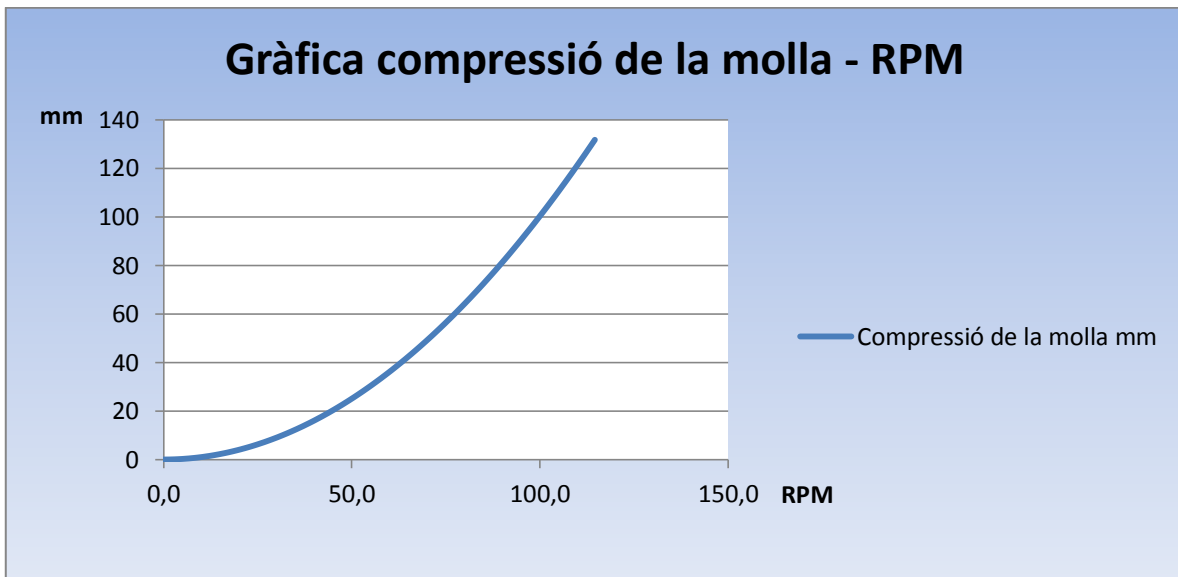
**Figura 59:** Gràfica força de la molla – RPM



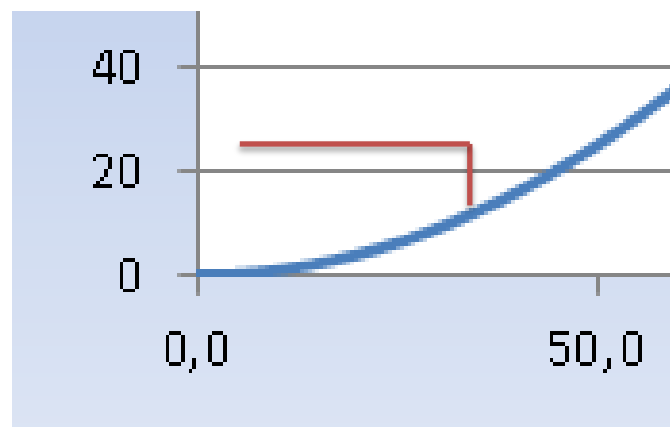
**Figura 60:** Detall figura 57

En la següent gràfica s'observa com es comporta la molla durant tot moment en que el sistema gira.

Es pot observar com es comprimeix la molla a mida que augmenta la velocitat de rotació del mecanisme; per exemple podem veure com a les 40rpm la compressió de la molla és màxima sent de 16mm, tal i com es mostra en el detall.



**Figura 61:** Gràfica compressió de la molla – RPM



**Figura 62:** Detall figura 59

Per últim, la següent gràfica serveix com a catàleg per a poder triar la molla idònia per a cada usuari. Es mostra la constant de restitució equivalent a cadascuna de les molles que fan falta per a cada cadència de l'usuari.

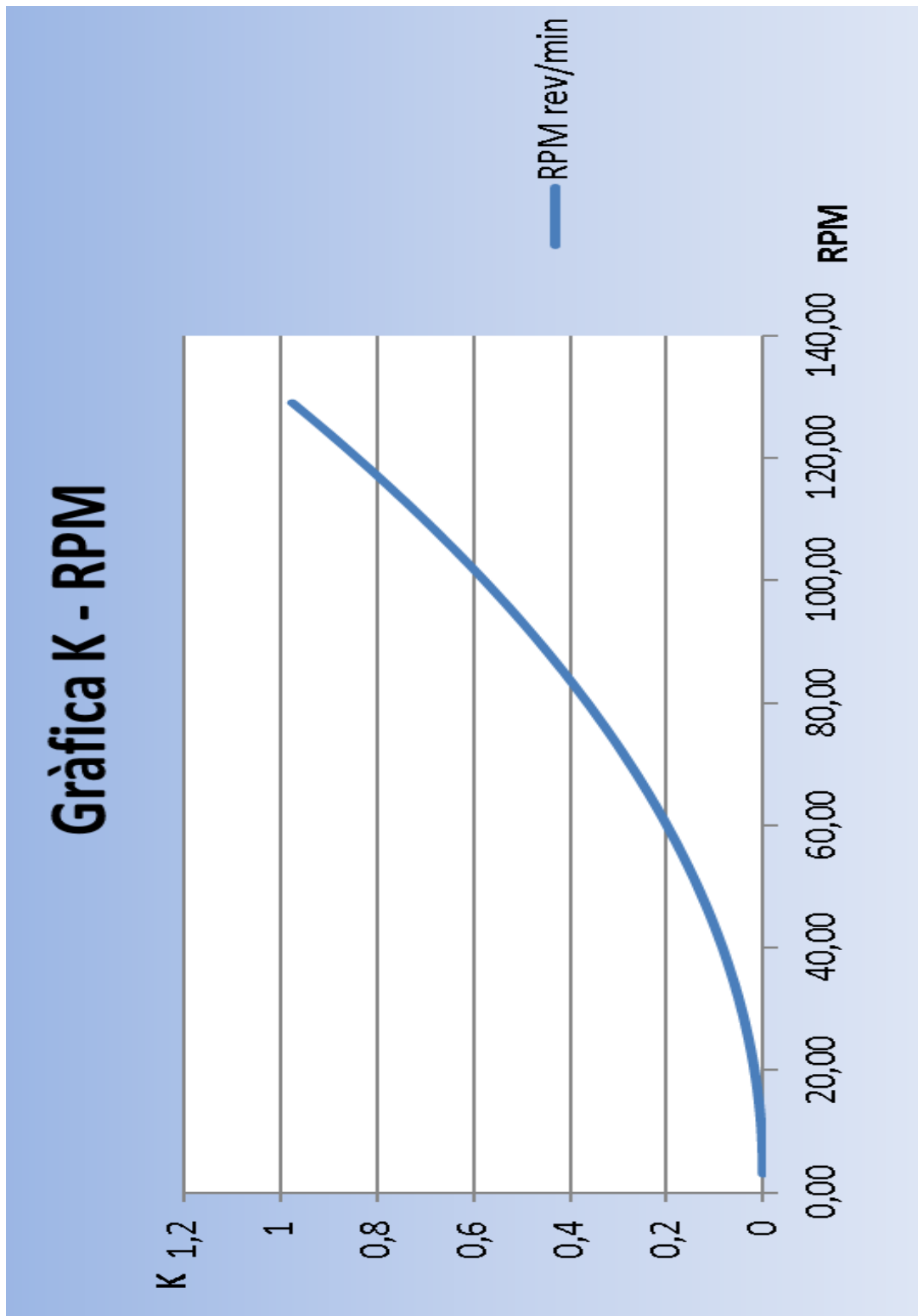


Figura 63: Gràfica k - RPM

## 9. RESISTÈNCIA DE MATERIALS I ELEMENTS FINITS

En la realització del projecte s'ha cregut oportú comprovar i dimensionar cadascuna de les peces dissenyades per tal de garantir la seva integritat estructural en el moment d'aplicar les forces estudiades anteriorment.

Per a dur a terme aquest estudi, s'ha emprat el programa Catia en el seu mòdul d'elements finits, el qual permet estudiar de forma molt més visual el comportament de les peces que conformen el mecanisme sota l'acció de les forces.

### 9.1. Cor

Primerament s'ha estudiat la peça principal del conjunt, el Cor, ja que és la peça que ha de suportar la major part dels esforços.

Una biela convencional sol estar conformada per alumini injectat. Amb l'objectiu de no carregar molt de pes el mecanisme, sent aquesta la peça amb més volum, s'ha cregut convenient que fos d'un material relativament lleuger però alhora durador, tenaç, amb bona resiliència, resistent a la fatiga, lliscant, resistent a l'abrasió, que amortitzés les vibracions, que fos precís i amb bona resistència química.

Per a això s'ha pensat en emprar un polímer. Convencionalment s'empren el poliacetat, les poliamides, els polièsters saturats, així com el sulfur de polifenilè, poliimides, poliuretans, etc, ja que compleixen gran part dels requisits que es demanen per a fabricar engranatges.

Per això s'ha procedit a fer un estudi amb una polialetercetona (PEEK) subministrada per la empresa Vitrex<sup>R</sup> que, encara que actualment està en fase d'experimentació, està donant grans resultats.

#### 9.1.1. Què és el PEEK?

El PEEK o polialetercetona és un termoplàstic semi cristal·lí amb excel·lents propietats de resistència mecànica i química i és molt resistent a les altes temperatures.

El polímer PEEK gaudeix d'una gran resistència al desgast per fricció, a les altes temperatures amb un punt de fusió de 343°C, i una temperatura de fluència de 143°C.

La conductivitat tèrmica augmenta linealment en funció de la temperatura que sorgeix de restar la temperatura ambient a la del sòlid. És altament resistent a la degradació tèrmica, així com a l'atac pels entorns orgànic i aquós. Es dissol completament en àcid sulfúric concentrat a temperatura ambient.

##### 9.1.1.1. Aplicacions actuals del PEEK

A causa de la seva robustesa, el PEEK s'utilitza per a la fabricació d'articles usats en les aplicacions més exigents, incloent rodaments, peces de pistons, bombes, vàlvules de compressors de plaques, i l'aïllament del cable. El PEEK és considerat un avançat biomaterial utilitzat en els implants mèdics. És àmpliament utilitzat en les indústries aeroespacial, automotriu, electrònica, i les indústries de processos químics.





**Figura 64: Grans de PEEK**

Un inconvenient és l'elevat preu, el que limita la seva aplicació als articles d'alt valor.

El PEEK no és tradicionalment un polímer amb memòria de forma, però recents avenços en el processament han permès dotar el polímer de memòria, és a dir que pot retornar a la seva posició original. Aquesta tecnologia s'ha expandit per a aplicacions en cirurgia ortopèdica.



**Figura 65: Vàlvules d'admissió i d'escapament fabricades amb PEEK**

#### 9.1.1.2. Característiques generals del PEEK

Rang de temperatura de treball  $-60^{\circ}\text{C}$   $+250^{\circ}\text{C}$ .

Molt alta resistència mecànica, rigidesa i duresa.

Resistència excel·lent a la corrosió química i a la hidròlisi.

Bona resistència a la fluència, fins i tot a temperatures elevades.

Alt límit de fatiga.

Alta tenacitat.

Molt bona resistència al desgast.

Molt bona estabilitat dimensional.

Resistència intrínseca a la flama.

Molt baix nivell de fum durant la combustió.

Bones propietats dielèctriques i d'aïllament elèctric.

Resistència excepcional als raigs d'alta energia.

Excel·lent força, rigidesa i estabilitat dimensional en ambients agressius i d'alta temperatura.

Fàcil processament i pes lleu comparat amb l'acer, l'alumini i el titani.

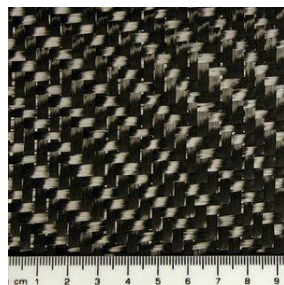
Baix coeficient de fricció i alta resistència al desgast sense necessitat de lubricació.

Químicament resistent i insoluble en solvents comuns incloent àcids, sals i olis.

Presenta característiques de baixa emissió de gas, baixa generació de partícules i puresa inherent per a la disminució del risc de contaminació.

### 9.1.1.3. Aliatges de PEEK

A més, es pot trobar l'esmentat PEEK, combinat amb fibres de carboni, element que dota a la peça d'una gran resistència tant a la flexió com a la tracció.



**Figura 66: Fibra de Carboni**

Les Propietats del PEEK reforçat amb les fibres de carboni al 30% a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C}$  són les següents:

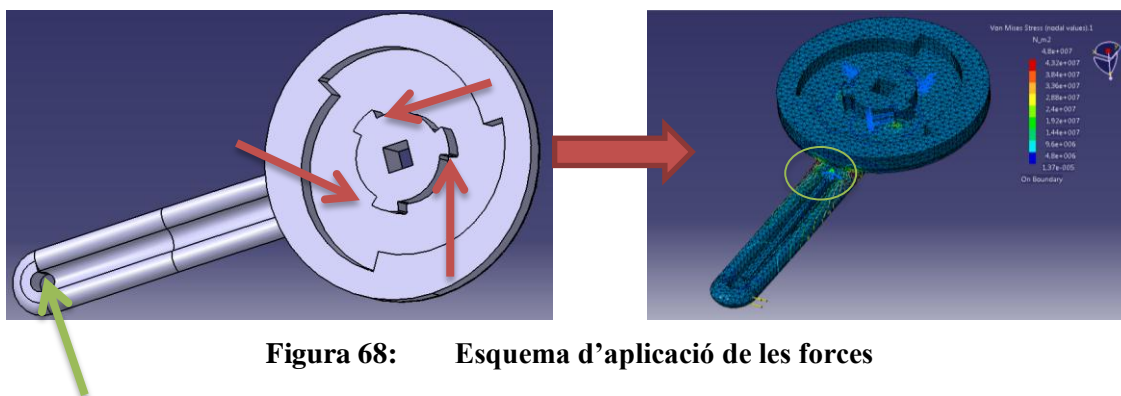
PROPIETATS	PEEK 90CA30	PEEK 150CA30	PEEK 450CA30	PEEK 650CA30
Elongació	1,3%	1,5%	1,7%	2,2%
Mòdul de Young	27 GPa	26 GPa	25 GPa	24 GPa
Resistència a Flexió	360 MPa	360 MPa	380 MPa	370 MPa
Mòdul a flexió	24 GPa	23 GPa	23 GPa	22 GPa
Punt de fusió	343°C	343°C	343°C	343°C
Densitat	1,40 <sup>g</sup> /cm <sup>3</sup>	1,40 <sup>g</sup> /cm <sup>3</sup>	1,40 <sup>g</sup> /cm <sup>3</sup>	1,40 <sup>g</sup> /cm <sup>3</sup>

**Figura 67: Taula de propietats de les polialetercetones**

Atenent a aquestes característiques s'ha decidit emprar el PEEK més resistent, el 90CA30.

Un cop hem triat el polímer més dur, hem prosseguit a analitzar mitjançant software assistit els esforços que es presenten a la peça i on es presenten, per a poder dimensionar correctament la peça.

Per a això hem agafat el pre-disseny del cor i li hem aplicat les restriccions (fletxes vermelles) de moviment oportunes als tres punts a través dels quals es transmet tot el parell al sistema en estat de poques revolucions; aquest és el punt més crític ja que és l'instant en el que un ciclista pot aplicar el màxim parell. En el nostre cas hem calculat una força de 545N en l'extrem de la biela (fletxa verda).

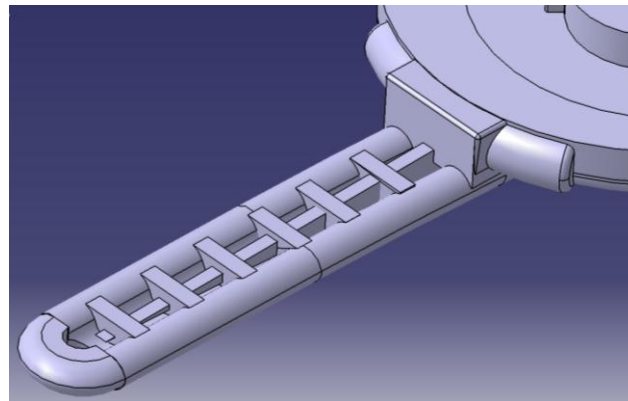


**Figura 68: Esquema d'aplicació de les forces**

Un cop feta la simulació per elements finits, observem contra pronòstic, que el punt més crític no es situa en l'interior de la peça. Tot i que a la base de les dents trobem un esforç a tenir en compte, el punt crític es troba a l'inici de la biela (cercle verd), on trobem un esforç màxim de 480MPa.

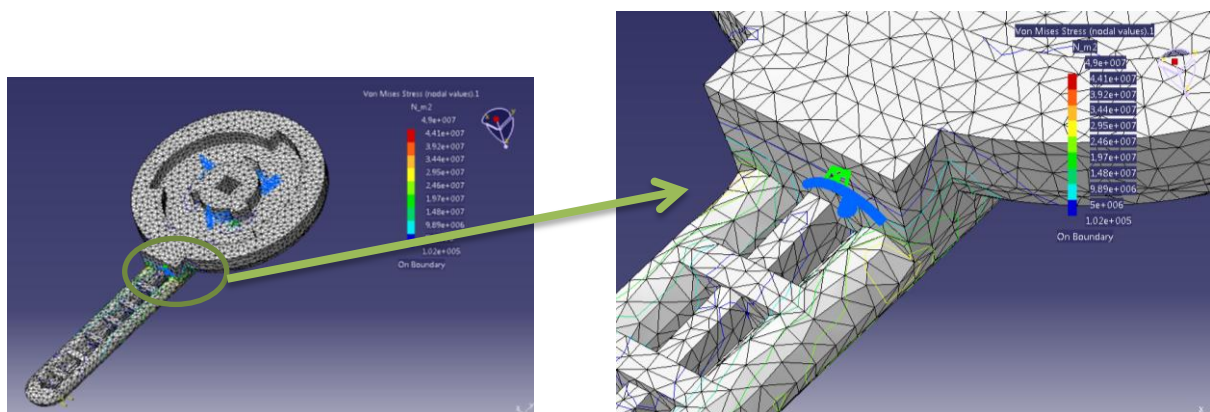
Aquest esforç de 480MPa a flexió indica que la biela trencaria pel punt indicat.

Per tal de reforçar la peça s'ha procedit a fer un post disseny, on la part més afectada per les deformacions degudes a les tensions és reforçada per un tramat de nervis transversals i longitudinals, tal com es mostra a la imatge següent.



**Figura 69:** Detall 3D del reforçament del Cor

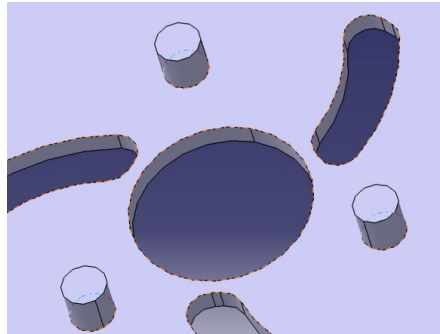
Un cop reforçada la peça s'ha refet la simulació per elements finits i hem observat que les tensions acumulades en la base de la biela ara s'han repartit al llarg de la biela, alliberant el punt crític de tensions.



Ara, les tensions acumulades en aquest punt es troben entorn els 246 MPa, no excedint el límit del material aplicat.

## 9.2. Corona

Seguidament, s'ha analitzat la segona gran part del sistema, la corona.



**Figura 70: Sortints subjectors dels satèl·lits**

La corona, tot i ser una peça complexa, consta de tres punts principals, per tant, tota la força recaurà sobre aquests tres punts; el pre-disseny d'aquests tres sortints que treballen a tallant haurà de ser estudiat amb cura.

Els sortints han de suportar:

$$F_{pedal} \cdot D = 3F_{sortint} \cdot d$$

On  $F_{pedal}$  és la força exercida pel ciclista,  $D$  la distància de la biela,  $F_{sortint}$  la força que rebrà cadascun dels sortints de la corona i  $d$  la distància del centre de la corona a cadascun dels sortints.

$$545N \cdot 0,175 = 3F \cdot 0,032$$

$$F = 993N$$

Un cop obtinguda aquesta dada apliquem les restriccions, que en aquest cas seran cadascun dels orificis roscats on es col·loca el plat de comerç. S'aplica l'esforç de 993N a cadascun dels sortints, en les seves components X, Y corresponents.

Per a dimensionar cadascun dels sortints, hi haurà prou amb condicionar la secció d'aquests amb el límit resistent del material i aplicar un coeficient de seguretat.

S'ha decidit fer el pre-disseny amb material d'alumini, ja que la majoria de les peces comercials relativament semblants són d'aquest material, degut a la seva lleugeresa intrínseca.

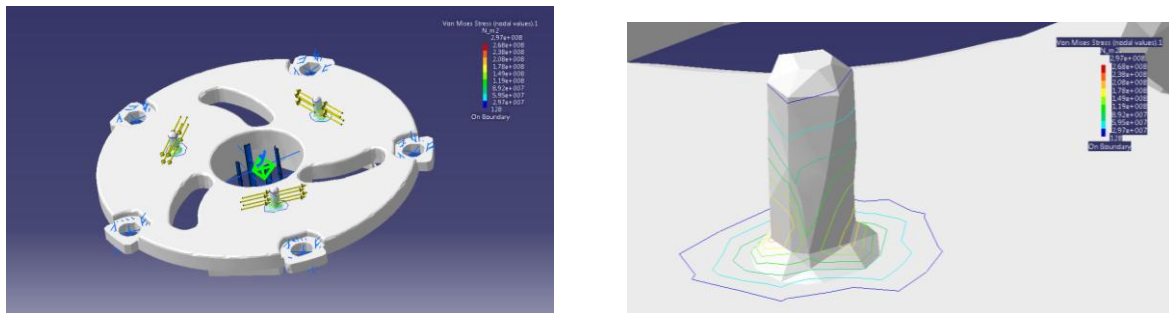
Hem decidit triar un alumini 6063, propietats de la resistència a tallant del qual és de 140MPa.

$$\sigma = \frac{F}{A} = 140MPa = \frac{993N}{\pi \cdot r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{993}{\pi \cdot 140}} \approx 1,5\text{mm}$$

Aplicuem un factor de seguretat del 30% i obtenim que el radi del sortint serà de 1,95, el qual arrodonim a 2mm, aplicant finalment un coeficient de seguretat del 33%.

Un cop fet l'anàlisi per elements finits, s'observa uns esforços als punts crítics que com ja es preveia, són les bases dels sortints que treballen a tallant, que ja es trobaven dimensionades de forma correcta.



**Figura 71: Sortints dimensionats**

Per últim, les darreres peces susceptibles a ser analitzades són els satèl·lits.

D' igual manera que amb el cor, aplicant la força al pedal de 545N, obtenim que la força que es rep a la distància de 52mm és de:

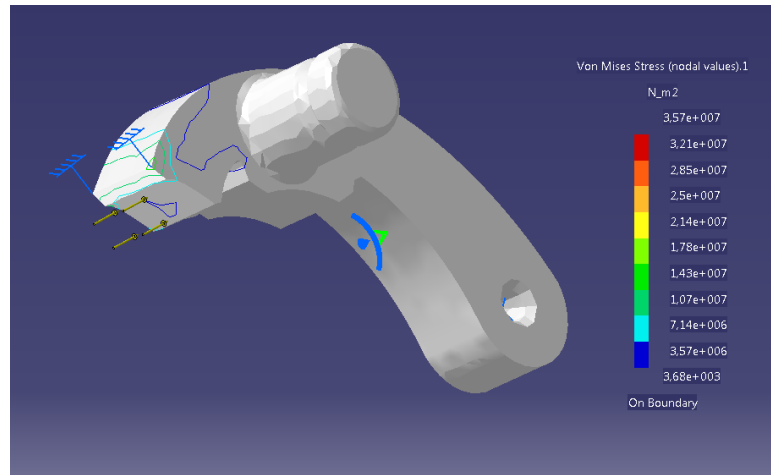
$$545N \cdot 0,175 = 3F \cdot 0,052$$

$$F= 611N$$

### 9.3. Satèl·lits

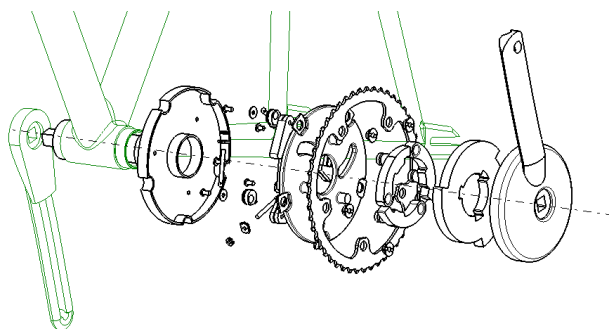
S'ha decidit pre-dissenyar la mordaça d'acer per tal que agunti satisfactòriament la fricció i els impactes que pugui rebre durant la seva vida útil gràcies a la seva capacitat resistent.

Un cop fet l'anàlisi per elements finits, s'observa que no pateix en excés, ja sigui en el punt d'aplicació a baixes com a altes revolucions.



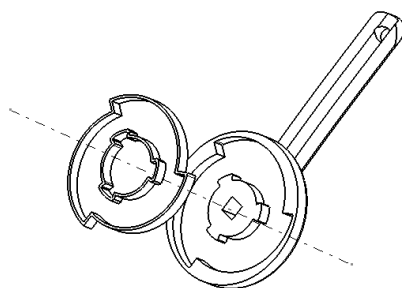
**Figura 72: Satèl·lit aplicada la força**

## 10. MUNTATGE



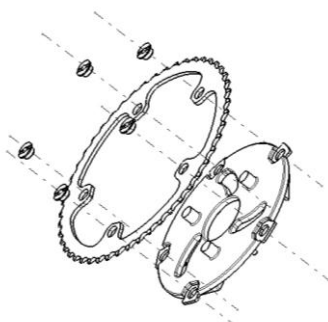
**Figura 73: Conjunt explosionat del muntatge**

Primerament es procedeix al muntatge de la part més important, el Cor del mecanisme. Per a això es munta el casquet i el cor com s'indica a la imatge, introduint el casquet en l'allotjament del cor.



**Figura 74: Muntatge Casquet - Cor**

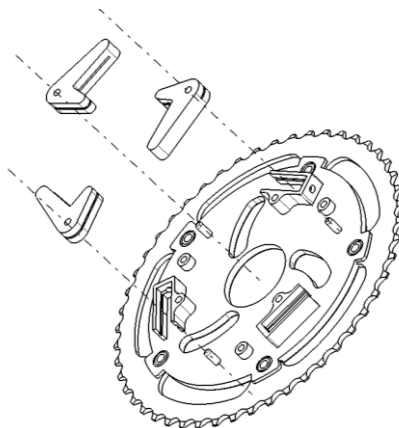
A continuació es procedeix a muntar un plat de BCD estàndard de 135mm a la corona. Per a fer-ho es disposaran cinc caragols estàndard per a fixar plats de bicicleta, i es muntarà com si d'una biela normal es tractés, tal i com s'indica a la imatge.



**Figura 75: Muntatge Plat - Corona**

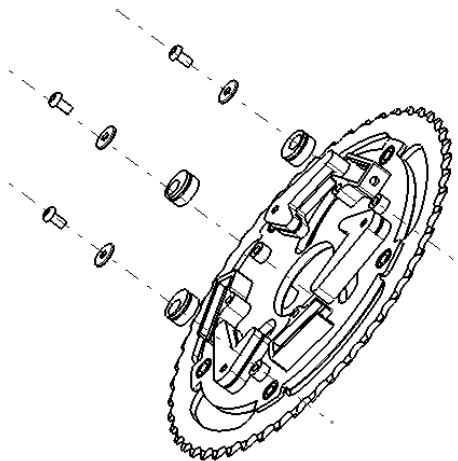


En tercer lloc i un cop muntat el plat, es disposen les palanques del sistema regulador, encarant les peces i introduint els sortints de la corona a l'orifici de les palanques. La punta llarga de la palanca apuntarà en sentit horari, prenent com a referència el costat del sistema regulador.



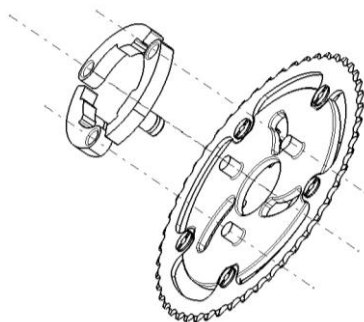
**Figura 76: Muntatge Mordaces**

Tot seguit instal·larem les lleves mitjançant cargol, volandera i lleva. Es procedirà a roscar el conjunt al sortint que té la corona (cal muntar la lleva amb la paret més gruixuda cap a l'interior).



**Figura 77: Muntatge Excèntriques**

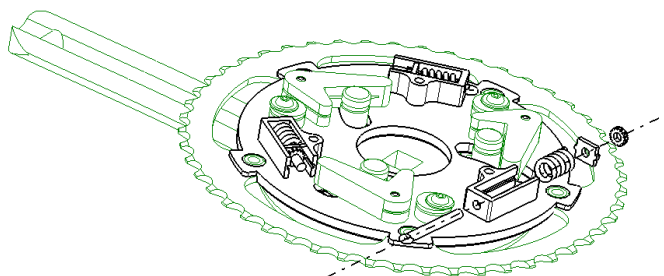
A continuació instal·larem les mordaces o satèl·lits al conjunt de la corona. Encarem els satèl·lits als sortints de la corona i introduïm els sortints dels satèl·lits dins dels corresponents sortints, de tal manera que l'arc exterior de les mordaces conformin aproximadament una circumferència, tal i com es mostra a la figura.



**Figura 78: Muntatge dels Satèl·lits**

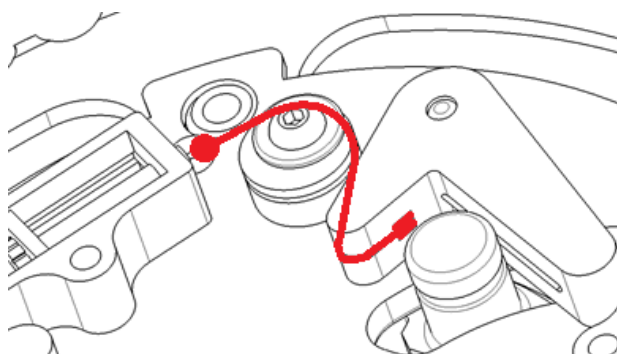
Per últim lloc, i abans de muntar els dos grans blocs del sistema, muntem el sistema de regulació.

Per a fer-ho, introduïrem el passador pel forat de cadascun dels allotjaments de les molles de la corona. Tot seguit, introduïrem individualment la molla a l'allotjament, passarem el topall d'acer i comprimint lleugerament la molla roscarem el calibrador al passador, tal com es mostra a continuació.



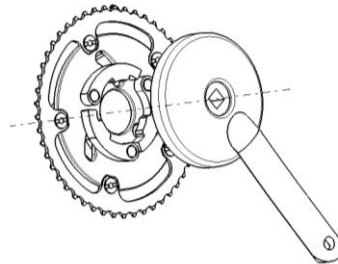
**Figura 79: Muntatge del sistema de regulació**

En una posició estàtica i descarregada, és a dir, amb la molla en el seu estat original i amb les palanques en la seva posició més tancada, es fixa un cable d'acer de fre de bicicleta convencional allotjant l'extrem del topall dins la palanca i lligant mitjançant unió grimpada l'altre extrem, havent passat pel recorregut indicat i enfilat el passador.



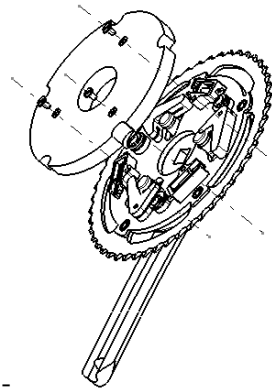
**Figura 80: Muntatge Cable d'Acer**

Un cop muntats els dos grans blocs del sistema es lubrica (en cas de ser necessari) amb oli engreixant i s'encaren. S'ha d'ajudar des de l'altre banda, obrint les mordaces que tenen tendència a ser tancades, i introduint l'engranatge interior del cor entre les mordaces.



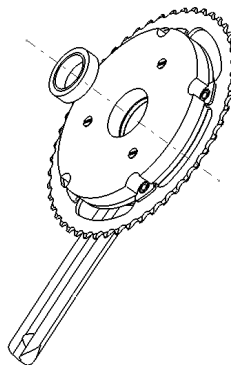
**Figura 81: Muntatge bloc Potència**

Un cop calibrada la compressió de la molla es procedeix a acoblar-hi la tapa de protecció, encarant els forats de la tapa amb els allotjaments corresponents de la corona i roscant els tres cargols.



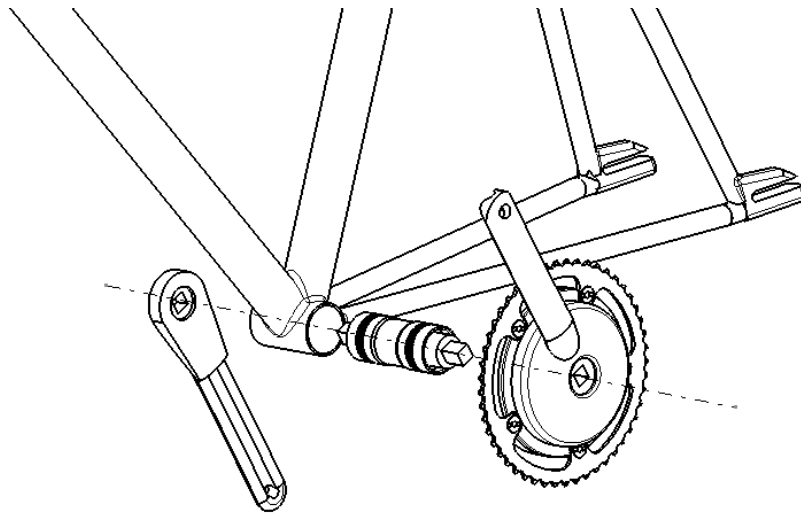
**Figura 82: Muntatge de la Tapa**

Per finalitzar, instal·larem un coixinet normalitzat fins a l'interior de la corona.



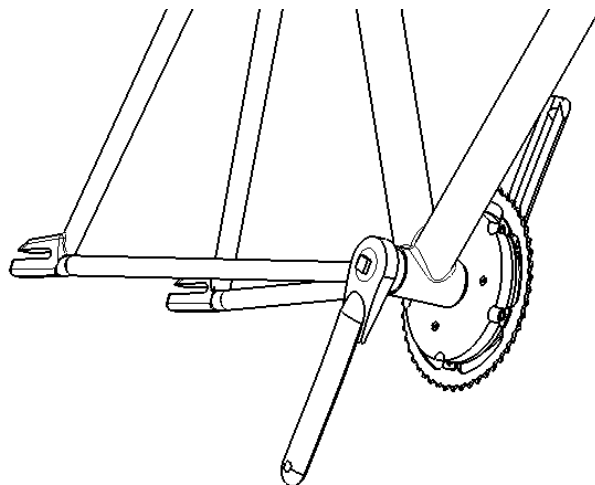
**Figura 83: Muntatge del Coixinet**

Instal·larem tot el conjunt, com si d'unes bieles de bicicleta convencional es tractés.



**Figura 84:** Acoblament del mecanisme al quadre

Per a fixar tot el conjunt, roscarem les femelles de l'eix del pedaler als extrems d'aquest.



**Figura 85:** Mecanisme muntat

## 11. CONJUNT FINAL

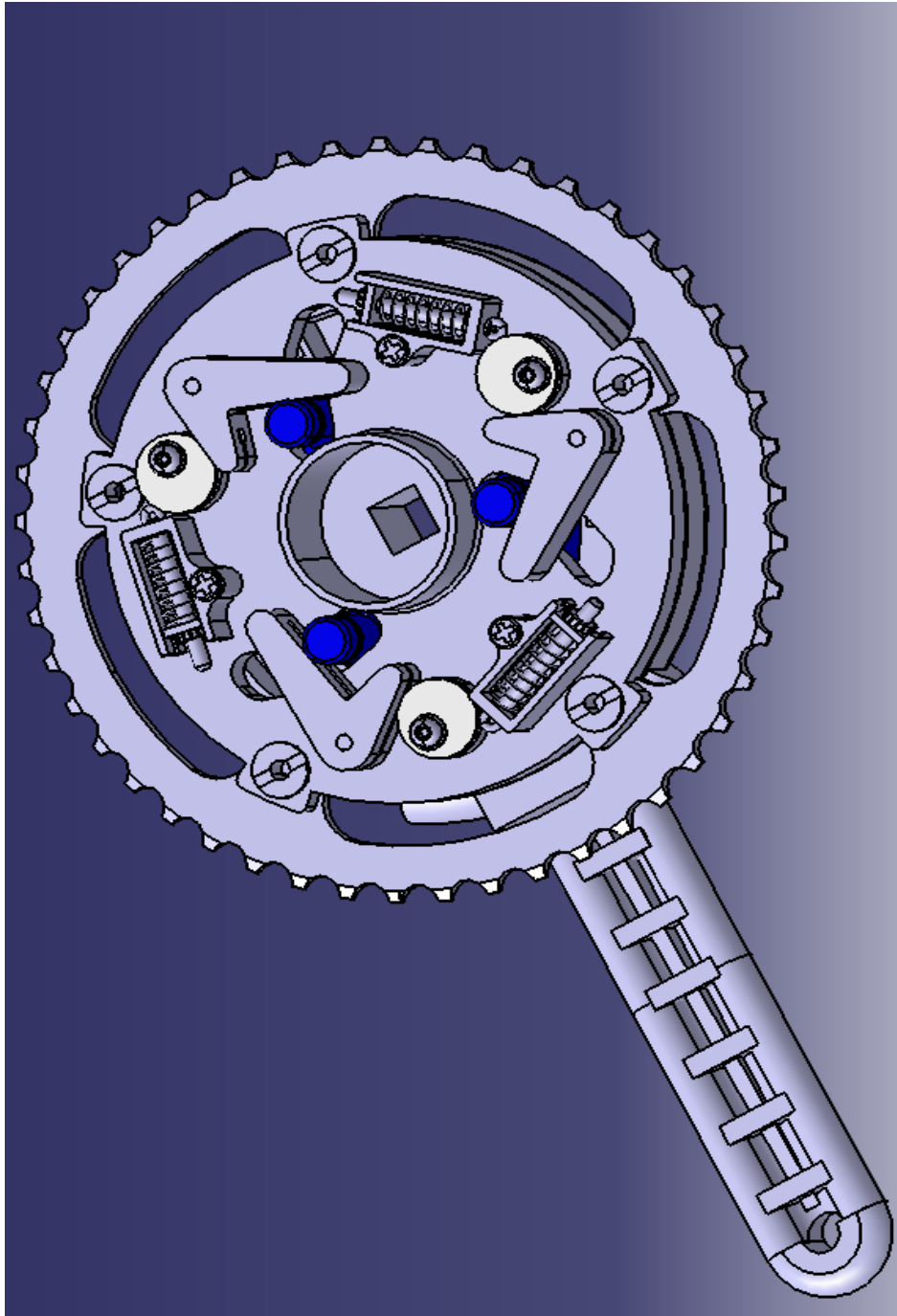


Figura 86: Conjunt final

## 12. PRESSUPOST

En aquest apartat es fa una relació entre les diferents despeses en l'elaboració d'aquest projecte, costos del material usat, possibles costos de la producció de les peces i costos relacionats amb els honoraris dels enginyers tècnics.

### 12.1. Costos de fabricació

Els costos consten el disseny del conjunt, la mecanització de les peces i el tractament tèrmic elaborat per una empresa externa. S'obvien els costos dels programes emprats.

<b>COSTOS DE FABRICACIÓ</b>			
<b>CONCEPTE</b>	<b>UNITATS</b>	<b>PREU UNITARI (€)/(€/h)</b>	<b>PREU TOTAL (€)</b>
<b>Mecanitzat de peces</b>	17	36,6	40
<b>Temps de muntatge</b>	1	30,00	30,00
<b>Galvanitzat en fred</b>	17	2,94	50
<b>COSTOS TOTALS DE FABRICACIÓ I.V.A. NO INCLÒS:</b>			<b>120</b>

**COSTOS DE MECANITZAT**

PEÇA	UNITATS	TEMPS	PREU UNITARI (€/min)	PREU FINAL (€)
<b>Cor</b>	1	2'	0,61	1,2
<b>Biela</b>	1	2'	0,61	1,2
<b>Casquet</b>	1	5'	0,61	3,05
<b>Plat</b>	1	10'	0,61	6,1
<b>Tapa</b>	1	2'	0,61	1,2
<b>Satelits</b>	3	10'	0,61	6,1
<b>Palanques</b>	3	10'	0,61	6,1
<b>Excentriques</b>	3	3'	0,61	1,83
<b>Passador</b>	3	10"	0,61	0,3
<b>COST TOTAL (INCLOENT TEMPS DE CANVI D'EINES):</b>				<b>40</b>

## 12.2. Costos de material

Detalla els costos dels diferents elements, utensilis i petits dispositius que s'han anat comprant per l'elaboració del projecte.

### COSTOS DE MATERIAL

CONCEPTE	UNITATS	PREU Kg (€/u)	PREU Kg (€/u)	PREU TOTAL (€)
<b>Cor</b>	1	79,16	29,44	29,44
<b>Biela</b>	1	79,16	9,80	9,80
<b>Casquet</b>	1	0,8	0,11	0,11
<b>Plat</b>	1	0,76	20 €/u	20
<b>Corona</b>	1	0,76	0,22	0,22
<b>Tapa</b>	1	1,24	0,05	0,05
<b>Satèl·lits</b>	3	0,8	0,01	0,03
<b>Palanca</b>	3	0,76	0,01	0,04
<b>Excèntrica</b>	3	0,8	1	0,03
<b>Molla</b>	3	0,8	0,60	1,80
<b>Topall</b>	3	0,8	0,03	0,09
<b>Calibrador</b>	3	0,8	0,1	0,03
<b>Passador</b>	3	0,8	0,01	0,03
<b>Cargol pla corona</b>	5	0,8	5 €/u	25
<b>Cargol tapa</b>	3	0,8	0,05€/u	0,15
<b>Volanderes</b>	3	0,8	0,03e/u	0,09
<b>Cargol Allen M4</b>	3	0,8	0,1e/u	0,03
<b>COSTOS TOTAIS DE MATERIAL I.V.A. NO INCLÒS:</b>				<b>86,94</b>



### 12.3. Costos honoraris enginyers

Per a establir el cost dels honoraris dels enginyers, s'ha establert un preu unitari aproximat segons el Conveni col·lectiu de treball de la indústria siderometal·lúrgica de la província de Barcelona publicat el dimarts 3 de maig de 2011.

<b>COSTOS HONORARIS ENGINYERS</b>			
<b>CONCEPTE</b>	<b>UNITATS</b> (hores)	<b>PREU UNITARI</b> (€)	<b>PREU TOTAL</b> (€)
<b>Enginyer Tècnic 1</b>	300	13,5	4050,00
<b>Enginyer Tècnic 2</b>	300	13,5	4050,00
<b>COSTOS TOTALS HONORARIS ENGINYERS I.V.A. NO INCLÒS:</b>			<b>8100,00</b>

### 12.4. Pressupost general projecte

En aquest últim apartat es fa una relació i un sumatori de tots els costos parcials que formen el pressupost general d'aquest projecte.

<b>PRESUPOST GENERAL</b>	
<b>CONCEPTE</b>	<b>PREU TOTAL</b> (€)
<b>COSTOS TOTALS DE FABRICACIÓ</b>	120
<b>COSTOS TOTALS DE MATERIAL</b>	86,94
<b>COSTOS TOTALS HONORARIS ENGINYERS</b>	8100,00
<b>PRESUPOST GENERAL I.V.A. NO INCLÒS:</b>	<b>8186,94</b>

Així doncs, aquest projecte de disseny d'un conjunt d'engranatges lliure-fixe, té un cost final sense IVA de 8186,94 € i amb la aplicació del corresponent impost, que és d'un 18%, el projecte tindria un cost final de 9660,60€.

## 13. EL PROJECTE I EL MEDI AMBIENT



### 13.1. Consideracions mediambientals

A continuació es valorarà els diferents aspectes mediambientals que han afectat a l'elaboració d'aquest projecte del pinyó fixe reversible. Aquest tipus de valoració és cada cop més freqüent en els petits i grans projectes. Tots tenim més cura del nostre entorn, però això no es deu únicament a la consciència individual, sinó que també es veu afectat per les diferents lleis i tractats mediambientals.

L'impacte ambiental es defineix com l'efecte que produeix una determinada acció humana sobre el medi ambient i es diferencia de la contaminació ja que aquesta sempre és negativa i en canvi l'impacte ambiental pot ser negatiu o positiu.

L'avaluació d'aquest impacte mediambiental és únicament de caràcter preventiu i té com a objectiu incorporar la variable de sensibilització ambiental en aquest projecte.

Trobem diferents aspectes mediambientals segons les diferents fases d'elaboració del projecte, fent una petita descripció de les activitats afectades. Es realitzarà una taula gràfica per tal d'identificar i valorar els impactes més crítics i finalment s'establiran una sèrie de mesures correctores per tal de prevenir-ne les conseqüències.

### 13.2. Fase de Producció

En la fase de producció intervenen diferents procediments, alguns elaborats a casa, com seria el plotejat de plànols.

#### 13.2.1. Provocada pel transport

Englobem qualsevol activitat en la qual s'utilitzi un vehicle com a mitjà de transport que genera: diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ), monòxid de carboni (CO), hidrocarburs, òxids de nitrogen, entre d'altres gasos altament contaminats per a l'atmosfera.

En aquest apartat, podem incloure el transport des de Barcelona fins la universitat per a les periòdiques visites de seguiment amb el tutor.

### 13.2.2. Material emprat

Inclourem en aquest grup els elements que hem pogut utilitzar relacionats amb el projecte; paper, llibretes, energia...

### 13.2.3. Possible prototipat

S'inclouen els elements que intervenen en el prototipat del mecanisme, fustes, metalls, pols en suspensió de la fabricació d'aquest, lubricants...

## 13.3. Fase d'implantació

### 13.3.1. Impacte sobre l'ús del sòl

El nostre pinyó reversible pot ser instal·lat a totes les bicicletes a les que es pugui acoblar, sent així la majoria.

Amb una producció a petita escala i a un nivell de prototip, no s'hauria de construir cap fàbrica nova, ja que s'aprofitarien petits tallers i petites foses on fabricar les peces, però amb una producció massiva per tal de reduir costos de fabricació i de transport. S'hauria d'estudiar la possibilitat de construir una petita factoria de fabricació i acoblament i un magatzem.

En aquest darrer cas estaríem eliminant vegetació i fauna i no només no afegiríem productes beneficiosos pel medi ambient (per exemple adobs) sino que podríem estar afegint productes que poguessin afectar de manera negativa (per exemple substàncies químiques) al sòl. Per aquest motiu, podríem dir que existeix un petit impacte mediambiental a una producció a gran escala, fet que no és l'actual situació del projecte.

### 13.3.2. Impacte sobre la imatge

La implantació del sistema del projecte, donat que s'instal·larà en una bicicleta convencional, no suposarà grans canvis en l'estètica de les actuals bicicletes de pinyó fixe ja que el mecanisme esmentat es troba recollit i dissimulat amb proteccions, que fan que només els més entesos puguin distingir-lo.

### 13.3.3. Impacte sobre la població

La població en aquest cas la formarien els esportistes o usuaris del sistema i els mecànics que en un futur haguessin de reajustar el mecanisme després d'un període d'ús.

Es pot destacar un impacte positiu per als usuaris del nou sistema ja que emprat com a material esportiu ajuda a que els ciclistes gaudeixin de pedalar en *fixie* sense patir en moments difícils d'altres velocitat. Així doncs, estem parlant d'un element de seguretat passiva.

## 13.4. Fase de tancament de l'activitat

Quan els equips d'engranatges fabricats deixin d'utilitzar-se per diferents motius s'hauria d'intentar que les diferents parts que el conformen es portessin a una deixalleria, per tal de poder ser reciclades o en cas de no ser possible, ser tractades com a residus fent així que l'impacte al medi ambient sigui menor.

### 13.4.1. Taula d'identificació dels riscos

En la següent taula es valoren els diferents impactes al medi ambient, per a les diferents fases del projecte, i amb diferents colors identificatius:

**Impacte ambiental nul**, color: blanc. No existeix cap tipus d'activitat per millorar.

**Impacte ambiental compatible**, color: groc. No són necessàries activitats posteriors correctores.

**Impacte ambiental moderat**, color: taronja. En el cas de la consecució de les condicions mediambientals de l'operació, es necessitarà iniciar amb un procés de protecció.

**Impacte ambiental considerable**, color: rosa. El procés necessita accions protectores i correctores

.

**Impacte ambiental crític**, color: vermell. Pèrdues considerables de les bones condicions ambientals, cal una actuació immediata i una adopció de mesures protectores i correctores.

		FACTORS AMBIENTALS						
		EMISIONS QUÍMIQUES	PARTÍCULES EN SUSPENSÍO	SOROLLS	FAUNA I VEGETACIÓ	PAISATGE	POBLACIÓ	
FASE	DE PRODUCCIÓ	Provocat per el transport		Orange	Yellow			
		Material emprat	Yellow	Orange				
		Prototipat		Orange	Pink			
	D'IMPLANTACIÓ	Impacte sobre l'us del sol Petita/gran escala	Yellow	Orange/Pink	Pink	Pink	Orange	Orange
		Impacte sobre la imatge					Yellow	Yellow
		Impacte sobre la població					Yellow	Yellow
	DE TANCAMENT	Material que es pot reutilitzar					Yellow	Yellow
		Material que s'ha de tractar	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Figura 87: Taula d'impactes mediambientals

### 13.5. Mesures preventives i correctores

Per a tots els impactes medi ambientals que s'hagin qualificat com a moderats, considerables o crítics, s'han d'adoptar diferents mesures preventives i correctores per tal de no produir danys majors.

El nostre transport des de Mollet / Barcelona fins a la Universitat de Vilanova i la Geltrú, és una activitat que genera moltes emissions, i també és una activitat que no es pot eliminar, però sí que es pot fer un ús encara més eficient per part nostra, desplaçant-nos en tren fins a la universitat.

El paper que hem emprat per a la impressió del treball hauria pogut ser paper reutilitzat o reciclat.

Cal dir que tots els desplaçaments que s'han fet per ciutat, han estat mitjançant bicicleta.

El material que s'empraria per a fer el prototipat podria originar pols i petites partícules en suspensió.

Com a mesura de protecció col·lectiva, que habitualment sol ser encara més eficient que els EPI's, es podria instal·lar un sistema d'extracció localitzat per recollir la pols que produeix l'operació o bé combinar els dos sistemes.

A més, les màquines que intervenen en la producció ja sigui a petita o gran escala, han de complir certes revisions per tal de canviar les peces malmeses. D'aquesta forma s'intentarà minimitzar el soroll provinent de màquines de producció però als tallers hi ha sorolls gairebé inevitables, pels que es poden fer servir taps o cascs.

## 14. CONCLUSIONS

L'elaboració d'aquest projecte final ens ha ajudat a consolidar coneixements adquirits al llarg de la carrera, sobretot a desenvolupar la capacitat de dissenyar des de zero nous projectes.

El fet de treballar en equip ens ha aportat diferents opinions i experiències personals, però també ens ha fet trobar amb diversos contratemps, sobretot a l'hora de planificar els diferents horaris dels col·laboradors.

Ha estat una tasca que ens ha portat moltes hores però hem après a organitzar de diferent manera el treball i ser flexibles.

Una de les coses que més valorem de l'elaboració d'aquest projecte és que ens ha obert una mica els ulls i ens ha fet conèixer aspectes més pràctics dins del món de l'enginyeria. Conceptes que no s'aprenen en les aules; com per exemple la comunicació, variant segons els diferents receptors, l'equip de I+D, etc. Comptar també amb el factor "sorpresa", problemes informàtics, altres petits problemes, etc.

Ens ha fet conscienciar-nos una mica sobre aquests possibles obstacles i ens ha aportat una visió més pràctica i usual. Considerem que són aspectes que únicament s'aprenen amb l'experiència personal de l'individu i amb aquest projecte hem pogut reforçar aquests punts a desenvolupar. Ens a fet créixer una mica més com a enginyers, agafant major dinàmica i agilitat; podríem dir que ha estat la primera presa de contacte amb el món laboral dins la nostra especialitat.

En definitiva, esperem que el futur del prototip creat sigui el primer d'una llarga sèrie de mecanismes innovadors. Estem contents dels objectius assolits, tant els generals establerts a l'inici del projecte, com les fites personals per aconseguir un bon disseny. Finalment ens sentim força satisfets dels resultats obtinguts després dels mesos de dedicació; la peça resisteix i funciona correctament.

## 15. BIBLIOGRAFIA

[www.entrepadres.com](http://www.entrepadres.com)

[www.bikezona.com](http://www.bikezona.com)

[www.biciclasica.com](http://www.biciclasica.com)

[www.marissaclass.blogspot.com](http://www.marissaclass.blogspot.com)

[www.mercadelia.com](http://www.mercadelia.com)

[commons.wikimedia.org](http://commons.wikimedia.org)

[genoveses.blogspot.com](http://genoveses.blogspot.com)

[www.motomundo.com](http://www.motomundo.com)

[www.contactouno.net](http://www.contactouno.net)

[cintastransportadoras.com.es](http://cintastransportadoras.com.es)

[www.ikonet.com](http://www.ikonet.com)

[www1.ceit.es](http://www1.ceit.es)

[www.Vitrex.com](http://www.Vitrex.com)

[www.garneristamperie.com](http://www.garneristamperie.com)

[www.yizumi-group.es](http://www.yizumi-group.es)

[www.maquinariahernando.com](http://www.maquinariahernando.com)

## 16. AGRAÏMENTS

Aquest és un projecte que engloba molts camps de l'enginyeria. És indubtable la necessitat de recolzament dels experts de cada àmbit per desenvolupar el treball amb rigor tècnic i fidelitat a la realitat, i és un punt obligat pels autors deixar constància de l'agraïment a tots els col·laboradors en aquesta tasca.

En primer lloc hem de donar les gràcies al nostre tutor Jordi Navarro, qui ens ha proposat bones idees pel treball i des de bon principi ens va donar la seva confiança per desenvolupar-lo amb llibertat, així com la col·laboració i ajuda en la resolució de les diferents dificultats i dubtes que s'han anat plantejant al llarg d'aquests mesos.

Al taller de *Motocicletes A SAC*, per mostrar-nos analogies i sistemes de funcionament de diversos mecanismes anàlegs al prototip final.

Al Toni Valcarcel i al Manel Oltra de *Barceloneta bikes*, per mostrar el seu interès i donar-nos idees i coneixements, així com la seva predisposició a deixar-nos prendre com a referència el seu material.

Hem d'agrair a tot l'equip d'Alstom Transporte per respondre els dubtes puntuals que se'ns han anat plantejant, i molt en concret a l'Oriol Foz, de qui ha sigut molt important l'experiència i interès mostrat i al Jaume Altesa del partament de I+D per la seva ajuda crucial per a la realització del prototipat. Al Ginés Vázquez, Luis Cartagena i Edgar Rivas pels consells i la documentació de suport cedida.

Agraïm de forma molt particular la permanent ajuda de les nostres parelles i família, així com els seus consells i suport incondicional.



## 17. ANNEXOS

### 17.1. Plànols

- 01- Cor
- 02- Casquet
- 03- Corona
- 04- Satèl·lits
- 05- Palanques
- 06- Passador
- 07- Molla
- 08- Topall
- 09- Excèntrica
- 10- Tapa
- 11- Biela
- 12- Conjunt
- 13- Muntatge