



Universitat de Girona  
Escola Politècnica Superior

## Projecte/Treball Final de Carrera

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

**Títol:**

Disseny d'un banc de proves per a poder mesurar les pèrdues de fregament i rodadura de pneumàtics.

**Document:** Memòria

**Alumne:** Xavier Bardera Butchosa

**Director/Tutor:** Joan Andreu Mayugo Majo

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria mecànica

**Convocatòria** (mes/any): Maig 2007

**Document 1. Memòria****Índex**

1- Introducció -----	3
1.1- Antecedents -----	3
1.2- Objecte -----	3
1.3- Abast -----	3
1.4- Especificacions tècniques -----	4
2- La UdG a la shell eco-marathon -----	6
2.1- Normativa de la cursa -----	6
2.2- El vehicle "Àliga" -----	7
3- Paràmetres del vehicle que poden influir en la fricció dels pneumàtics-----	7
3.1- Angle de caiguda -----	7
3.2- Angle de convergència/divergència -----	8
3.3- Angle d'avanç -----	9
3.4- Angle d'inclinació del eix de direcció (kingpin) -----	9
4- Objectius de les proves -----	10
4- Principis de funcionament de la màquina -----	11
6- Descripció de la màquina -----	11
6.1- La màquina -----	12
6.2- Bancada -----	13
6.3- Eixos i Rodets -----	14
6.4- Subjecció del cotxe -----	14
6.5- Mesura de la força de fregament -----	15
6.6- Seguretat -----	16
7- Resum del pressupost -----	16
8- Conclusions -----	16
9- Bibliografia -----	17
10- Llistat de documents -----	18
Annex A Dissenys preliminars -----	19
A1- Introducció -----	20
A2- Dissenys preliminars -----	21
A3- Conclusions -----	27
Annex B Informació tècnica -----	28

Banc de proves de pèrdues de fregament per rodadura	Memòria
B1- Introducció -----	29
B2- Incorporació dels elements -----	29
B3- Especificacions tècniques dels elements -----	29
Annex C Càlculs tècnics -----	36
C1- Introducció -----	37
C2- Càlcul elecció diàmetre eix dels rodets -----	37
C3- Elecció del motor elèctric i diàmetre dels rodets -----	37
C4- Potència necessària per moure les cintes -----	38
C5- Càlcul del parell necessari per l'arrancada -----	39
C6- Verificació elecció del motor elèctric -----	41
C7- Càlcul relació freqüència/ velocitat simulació de la prova--	44
C8- Càlcul selecció acoblament elàstic -----	47
C9- Càlcul selecció fixació rodets al eix -----	47
Annex D Realització de proves -----	49
D1- Introducció -----	50
D2- Preparació de les proves -----	50
D3- Realització de les proves -----	50
Annex E Expedient tècnic de seguretat-----	52
E1- Introducció -----	53
E2- Expedient tècnic -----	53
E3- Declaració de conformitat -----	54
E4- Manual d'instruccions -----	54

## 1- Introducció

### 1.1 Antecedents

Un grup d'estudiants i professors de l'Escola Politècnica Superior de la UdG porta a terme el projecte del cotxe de baix consum "Àliga". Aquest vehicle experimental participa en la "Eco-Shell Marathon", una competició internacional que es realitza anualment. Dins del grup de treball que hi ha al voltant del vehicle "Àguila" creu convenient la necessitat de disposar d'un banc de proves per poder mesurar les pèrdues de rodadura i fregament dels pneumàtics provant diferents rodaments, pressions d'inflat, càrregues i angles entre l'eix de rotació de la roda i el terra.

### 1.2 Objecte

Disseny d'un banc de proves per a poder mesurar les pèrdues de fregament dels pneumàtics provant diferents pressions, càrregues suportades, angles de la direcció, tipus de pneumàtics i diversos components del sistema de direcció.

### 1.3 Abast

En el projecte s'ha portat a terme el disseny mecànic amb la conseqüent documentació d'aquest amb memòria, justificació de càlculs, especificacions tècniques, plànols, plec de condicions i pressupost.

L'apartat de control electrònic i el sistema d'adquisició de dades del banc de proves queda fora del abast del projecte.



Fig.1" L'àliga" durant la seva participació a la eco-shell marathon l'any 06

#### 1.4-Especificacions tècniques

<b>Geometria</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Tipus</b>	<b>Descripció</b>
Ubicació	Requerida	La ubicació del banc de proves és lliure.
Muntatge de les rodes	Requerida	Suficient espai per a poder muntar i desmuntar les rodes amb els pneumàtics a provar.
Diàmetre dels pneumàtics a provar	Requerida	Diàmetre mínim de 470 mm
Altura del banc	Desitjable	Altura mínima del banc respecte al terra de 700 mm
Amplada del banc	Desitjable	Amplada de 1000 mm aproximadament
Llarg del banc	Desitjable	Lliure

<b>Funcionament</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Tipus</b>	<b>Descripció</b>
Subministrament energètic	Requerida	Corrent trifàsic de 380 v
Velocitat de gir del banc	Desitjada	Velocitat màxima a simular 55 km/h aproximadament.
Càrrega a aplicar	Desitjada	Aproximadament entre 15 i 30 kg per roda aprox.
Càrrega aguantada pel rodet	Requerida	La càrrega que ha d'aguantar el rodet és entre 50 i 70 kg.
Control	Requerida	Quadre de control en una caixa metàl·lica adjunta al banc.

<b>Constructives</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Tipus</b>	<b>Descripció</b>
Materials	Desitjable	Material de contacte amb el pneumàtic amb coeficient de frec semblant al asfalt
	Requerida	Emprar materials per obtenir una vida útil mínima de 10 anys

<b>Manteniment i seguretat</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Tipus</b>	<b>Descripció</b>
Manteniment	Requerida	Fàcil muntatge i desmuntatge de la màquina
	Requerida	Manteniment escàs i poc laboriós
Seguretat	Requerida	Evitar que una persona pugui estar en contacte amb el rodet o les rodes mentre el banc està en funcionament.
	Desitjable	Evitar punts perillosos que puguin provocar danys personals

## 2- La UdG a la Eco-shell Marathon

L'any el curs 2003-2004, un grup d'estudiants de diverses enginyeries tècniques sota la supervisió del professor Martí Comamala van començar el projecte del cotxe de baix consum "Àliga". El projecte tenia com a finalitat la participació en la Eco-shell Marathon. Aquesta prova, amb més de 20 anys de tradició a Europa, cada any agrupa a estudiants de diferents universitats del món que competeixen per ser els que més quilòmetres realitzen amb menys consum de combustible.

Des del curs 2003-2004, la participació ha estat ininterrompuda, obtenint la millor posició l'any del debut (62é lloc) amb una marca de 670 km recorreguts amb un sol litre de combustible.

### 2.1- Normativa de la cursa:

Els vehicles participants per poder córrer la cursa han de complir unes normatives imposades per l'organització, sobretot en matèria de seguretat. Les normes principals són:

- Els vehicles han de complir unes mesures mínimes i màximes determinades ja sigui d'alçada, amplada, distància entre eixos i pes.
- El vehicle ha de portar cinturons de seguretat amb 4 punts suport, que han de ser metàl·lics.
- El pilot ha de dur casc homologat.
- Arc de seguretat amb una distància mínima de 5cm per sobre el cap del pilot.
- El vehicle ha de dur a la part frontal sistemes d'absorció d'energia, per evitar danys en cas de col·lisió.
- Cada vehicle ha d'estar equipat amb un extintor amb 1 Kg de pols mínim.
- El/la pilot ha de tenir un pes mínim de 50 kg.
- Sistema de frens amb dos mecanismes independents.

Pel que fa referència a la mecànica, no hi ha gaire be cap mena de restricció, en quant a motor, transmissió i direcció. Amb això s'aconsegueix que els participants puguin aportar solucions innovadores.

## 2.2- El vehicle “Àliga”

El prototip compta amb un pes estimat de 40 kg esta fabricat amb materials lleugers com duralumini, magnesi i fibres de carboni (materials molt utilitzats en la indústria aeronàutica i en la competició automobilística). Utilitza com a propulsor un motor tèrmic de quatre temps Honda de 25 cm<sup>3</sup>, amb una potència d'un 900Watts. El vehicle compta amb tres rodes, dues al eix davanter i una al eix posterior. Al eix davanter hi ha muntat el sistema de direcció del vehicle, mentre que l'eix del darrera és l'eix motriu.



Fig.2 El vehicle, En aquesta imatge es pot apreciar l'eix davanter

## 3-Paràmetres del vehicle que poden influir en la fricció dels pneumàtics.

A banda del tipus de pneumàtics i rodaments que es muntin al vehicle, hi ha uns paràmetres de la direcció del vehicle que poden ser molt importants a l'hora de tenir més o menys fricció.

### 3.1-Angle de caiguda:

És l'angle que forma el pla mig de la roda respecte a la vertical, tal i com es pot apreciar a la figura 3. Si la part superior de les rodes és més pròxima entre si que la part inferior, la caiguda és negativa. Al revés la caiguda seria positiva.



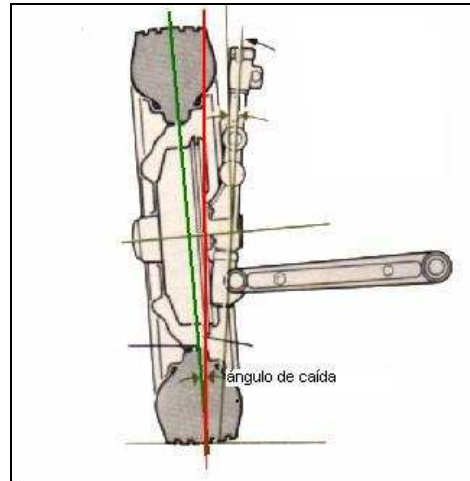


Fig 3. Angle de caiguda

Quan el cotxe agafa una corba, la forces que actuen sobre ell tendeixen a empènyer-lo cap a fora. L'angle de caiguda té la missió de conservar la banda de rodadura dels pneumàtics el més plana possible.

Com més caiguda negativa hi hagi, hi haurà més adherència a les corbes. D'altre banda, una caiguda negativa excessiva provoca un gran desgast dels pneumàtics per la part interior.

### 3.2-Angle de convergència/divergència:

És l'angle que tenen les rodes respecte el sentit de la marxa. Mirant el cotxe des de dalt, si les rodes d'un mateix eix estan més a prop entre si de la part davantera que de la part posterior, es diu que hi ha convergència (veure figura 4). Per contra, si les rodes estan més a prop de la part del darrera que la davantera és diu que hi ha divergència.

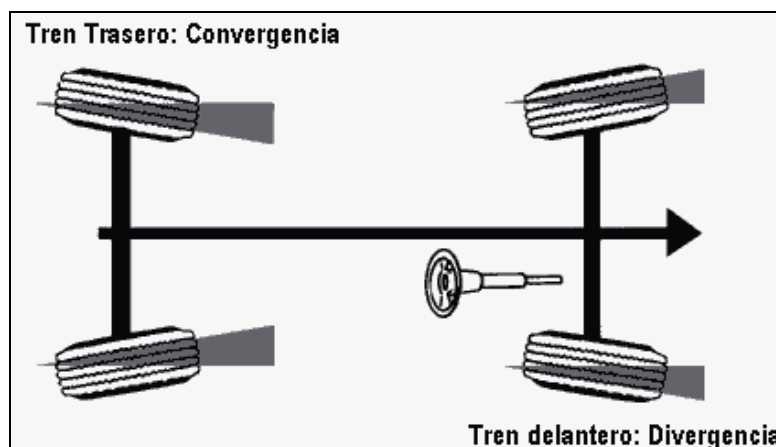


Fig.4 Angles de convergència/divergència

Quan les rodes tenen més convergència, el cotxe tindrà més estabilitat en línia recta. També facilita l'estabilitat del vehicle amb les irregularitats del terreny. La direcció s'autocorregeix i permet una conducció més còmode.. Al tren davanter, quan major convergència hi hagi hi haurà menys adherència a les corbes i el cotxe girarà menys. Per contra a major divergència, el cotxe entra millor a les corbes, gira més, però dins d'elles tendeix a subvirar (tendència a sortir recte de la corba).

Tant la convergència com la divergència afegeixen major resistència a la rodadura i per tant el vehicle tindrà menor velocitat punta.

### 3.3-Angle d'avanç:

Mirant el cotxe lateralment, és l'angle que forma la mangueta de direcció amb la vertical, tal com mostra la figura 5.

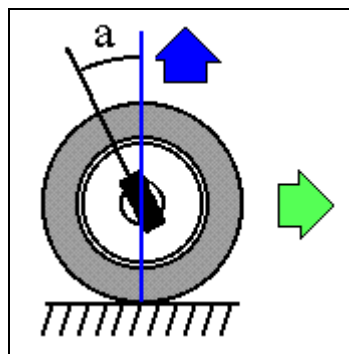


Fig. 5 Àngle d'avanç

Un angle més vertical ofereix una direcció més ràpida, sent el cotxe més àgil i també més nerviós. D'altra banda, un angle més horitzontal la direcció es torna més lenta però també afegeix un efecte autoestabilitzador. Cal tenir en compte també que amb un angle més horitzontal, al girar s'augmenta l'angle de caiguda.

### 3.4-Angle d'inclinació del eix de direcció (Kingpin)

Mirant el cotxe frontalment, és l'angle format entre l'eix del pivot de direcció i amb la vertical respecte del terra, tal com es mostra en la figura 6.

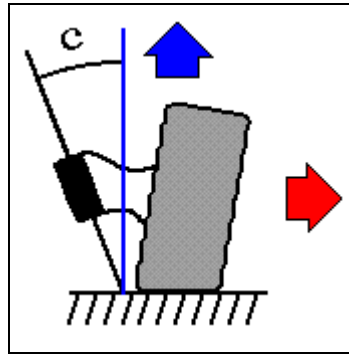


Fig.6 Angle del eix de direcció (kingpin)

Si es perllonga una línia del angle i es veu el punt d'intersecció amb la vertical i el terra, es poden obtenir tres resultats:

- El punt d'intersecció amb el terra es més al interior que el centre del pneumàtic. Llavors es diu que l'angle és positiu. El vehicle tendeix a desestabilitzar-se a les frenades. S'allarga la vida dels rodaments.
- El punt d'intersecció amb el terra és més al exterior que el centre del pneumàtic. Llavors es diu que l'angle és negatiu. Es guanya estabilitat a les frenades.

Cal comentar que un angle més negatiu tendeix a adreçar la direcció al deixar anar el volant. Per altra banda, Aquest angle també influeix al esforç que s'ha d'aplicar a la direcció del vehicle per fer-lo girar. S'anomena desviació de Kingpin a la distància entre el punt d'encreuament de la vertical amb la línia imaginària del angle de direcció i el punt d'encreuament que forma l'angle de caiguda amb la vertical. Quan aquesta distància és més petita, menys esforç s'ha d'aplicar a la direcció per fer girar el cotxe.

#### 4-Objectius de les proves

L'objectiu de les proves és poder veure com varia el fregament dels pneumàtics amb el terra segons els diferents paràmetres esmentats anteriorment en funció de la velocitat. Es poden obtenir, entre d'altres, les següents gràfiques:

- Gràfic per veure el fregament en funció de la pressió dels pneumàtics i l'angle de caiguda dels pneumàtics.
- Gràfic per veure el fregament en funció del angle de caiguda dels pneumàtics i l'angle de convergència/divergència.

- Gràfic per veure el fregament en funció del angle de convergència/divergència en funció de la velocitat.
- Gràfic per veure el fregament comparant dos tipus de pneumàtics en funció de la pressió dels pneumàtics.
- Gràfic per veure el fregament comparant diferents tipus de rodaments.

## 5-Principis de funcionament de la màquina

El principi de funcionament de la màquina es basa en el principi d'acció- reacció. El cotxe fa una força contra un topall. Aquest topall porta incorporat una cèl·lula de càrrega que mesura la força que fa el cotxe sobre ell. Si apliquem les condicions generals d'equilibri, el sumatori de les forces que actuen sobre el cotxe ha de ser 0 perquè no hi hagi moviment. Per tant tal com es mostra a la figura 7, la força de fregament del vehicle amb la superfície sobre la que s'aguanta equival a la força que es fa sobre el topall.

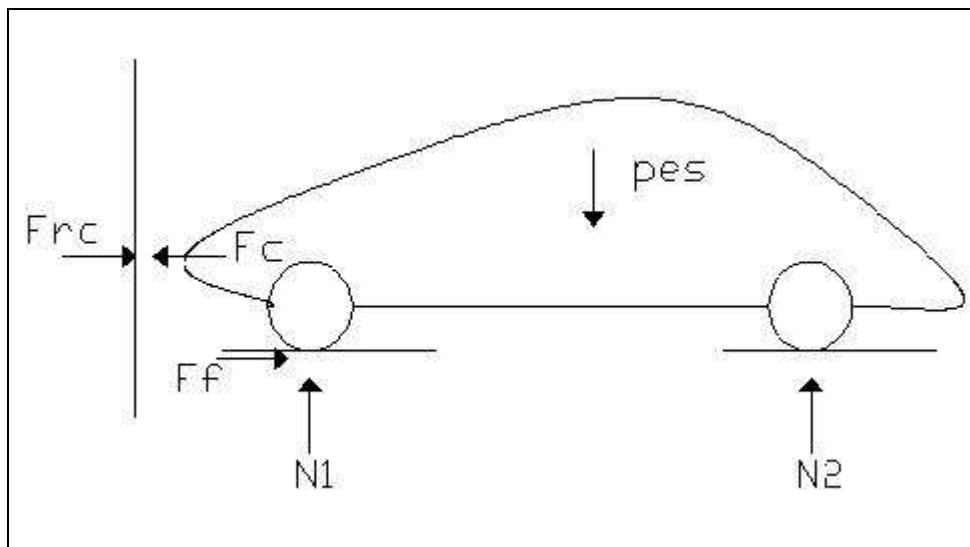


Fig.7 Esquema de forces que actuen sobre el cotxe durant la prova.

## 6-Descripció de la màquina

Havent realitzat un estudi de dissenys preliminars, on es pot observar a l'annex A1 "disseny preliminar", s'ha escollit la solució de provar el cotxe sobre el banc, amb la possibilitat de poder afegir un banc de potència inercial al eix del darrera.

S'ha pensat que aquesta seria la millor solució degut a que:

- 1- Al haver de construir altres estudiants un banc de potència inercial, es pot ubicar el banc de pèrdues de fricció al eix del davant del cotxe. La prova del banc inercial necessita posar el cotxe sobre una bancada que l'aguanti, sent només l'espai útil per aquesta prova l'eix del darrera del cotxe. Per tant l'espai del davant seria un espai desaprofitat.
- 2- Estalvi de materials al no haver de construir una altre bancada igual.
- 3- Baixa complexitat del disseny. Estalvi del sistema per simular la càrrega del cotxe.
- 4- Lectura directe del resultat de les proves, sense haver de realitzar càlculs posteriors.
- 5- Fiabilitat.
- 6- Adequació del disseny a la prova a realitzar.

### 6.1- La màquina

El banc de proves ha estat dissenyat per provar la fricció del eix davanter, ja que en l'eix posterior els únics paràmetres que es poden variar són la pressió dels pneumàtics o el tipus de pneumàtics utilitzats.

En el projecte es farà mitja bancada del banc, mentre que en el projecte que realitzen altres estudiants es durà a terme el banc inercial i l'altre part de la bancada. Un cop unides les dues parts es podrà posar el cotxe sobre la bancada.

Les rodes del eix davanter del cotxe es situaran sobre una cinta, que simularà el terra. Això permet una adequació a la prova que es vol fer ideal, ja que el repartiment de pressions del pneumàtic serà el mateix que té el cotxe sobre l'asfalt. Aquesta cinta anirà agafada a dos rodets, que seran moguts per mitjà d'un motor elèctric trifàsic de 2,2 kW. El motor anirà collat a la bancada per les seves potes. Aquest motor elèctric anirà comandat per un variador de freqüència, amb el qual es podrà variar la velocitat de gir de la cinta. Així, es pot adequar la velocitat simulada segons interressi per dur a terme les proves. El motor s'engegarà i s'aturarà per mitjà d'un interruptor de comandament. El variador de freqüència, l'interruptor, l'interruptor magneto-tèrmic que protegeix el motor, el contactor i les connexions aniran allotjats dins una caixa. El pes aproximat de la màquina és de 150 kg.

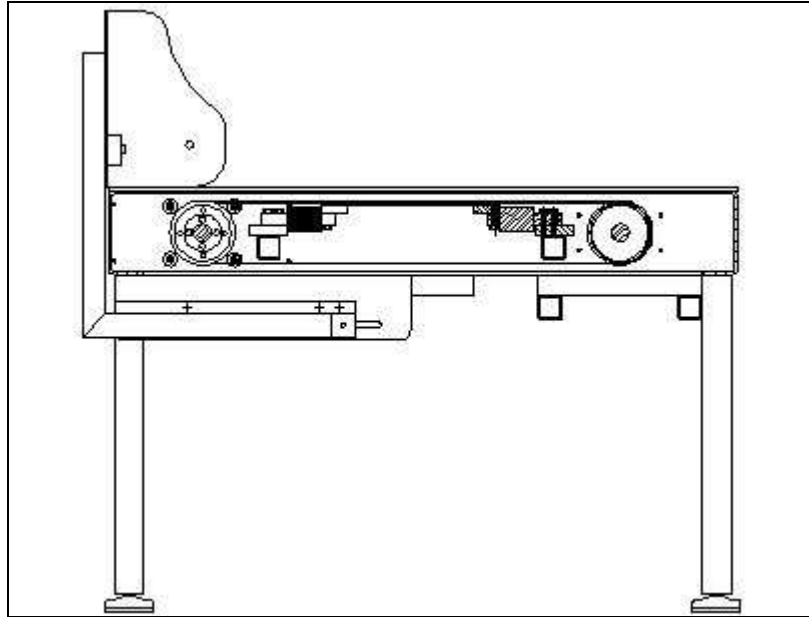


Fig.8 Secció longitudinal de la màquina

## 6.2- Bancada

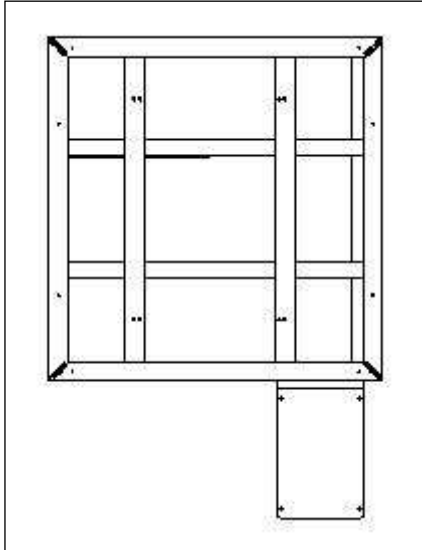


Fig.8 vista superior de la bancada

La bancada serà formada de perfils en “u” laminats en fred i soldat entre ells. Les potes seran perfils quadrats. Les mides de la bancada seran 710 mm d'alçada (entre el terra i la superfície de la tapa de fusta, serà variable segons la posició de les potes roscades), 1520 mm d'amplada màxima, sent 1088 mm la amplada en la major part de la bancada i 1057 mm de llarg. La bancada suportarà el cotxe, el suport del cotxe, un motor elèctric, els rodaments dels rodets, les proteccions dels rodaments i una tapa de fusta contraxapada. A més, es posarà una base antivibrant que anirà roscada a les potes. Mitjançant aquest tipus de base, també es podrà anivellar el banc.

### 6.3- Eixos i Rodets

Cada rodet esta format per un eix i dos tambors. La cinta va agafada als tambors. El moviment dels tambors està restringit per un sistema de casquet sense xavetes. Això és degut a que els eixos són llargs i difícils de mecanitzar. El casquet de la marca Tollok, consta de dues peces còniques que encaixen entre si i unides per mitjà d'uns cargols. Una de les peces està en contacte amb l'element a fixar al eix i l'altre està en contacte amb l'eix. Quan s'apreten els cargols les dues peces s'acosten i fan pressió sobre els dos elements a fixar. Els tambors parteixen de la base d'un tub soldat de 100 mm de diàmetre. A aquest tub se li solden unes tapes laterals. Una d'aquestes tapes porta l'allotjament del casquet sense xaveta. En aquestes tapes també hi ha mecanitzats els forats roscats per fixar l'anell que evita que la banda transportadora es desplaci lateralment. Per que els tambors dels diferents eixos quedin alineats, s'ha optat per posar uns separadors que cobreixen la distància entre la bancada i el punt més proper dels tambors. Aquest separadors se'ls fa un tractament tèrmic de trempat per evitar el desgast. A la hora del muntatge, aquests separadors es munten tocant la bancada i els tambors tocant els separadors.

Els rodaments de l'eix motriu són solament un suport per al eix, mentre que els rodaments del eix conduït porten un suport que permet fer córrer endavant i endarrera el rodament, podent tensar i destensar la banda que simula el terra. Els rodaments porten un anell tensor excèntric que fixa l'eix axialment.

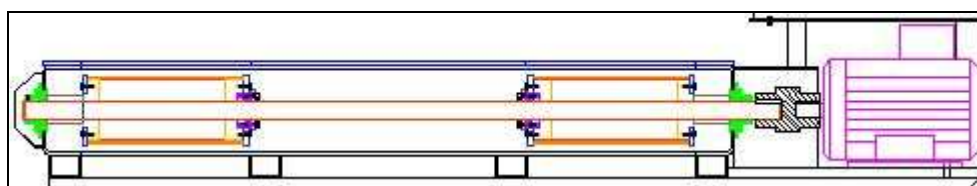


Fig.9 Vista del rodet del eix motor

### 6.4- Subjecció del cotxe

Un dels problemes que presenta aquest disseny és la subjecció del cotxe, que es soluciona posant un topall. Les proves es fan sense carrosseria i el topall fixa el cotxe pel xassís. Aquest topall es pot ajustar a la mida del cotxe i porta uns fixadors laterals per que el cotxe no tingui moviment lateral, tal com es pot apreciar a la figura 10. Porta incorporat una cèl·lula de càrrega que mesura la força de reacció que el cotxe fa contra la

cèl·lula. Aquesta força equival a la força de fregament que té el cotxe amb la cinta. Aquesta cèl·lula de càrrega va fixada al topall per mitjà d'uns cargols. Els fixadors no s'han d'ajustar del tot, sinó el cotxe quedarà fixat en la seva direcció i no tocarà a la cèl·lula de càrrega. Per acabar d'assegurar la fixació lateral del cotxe, s'ha de dissenyar en el projecte del banc inercial algun tipus de fixació que subjecti el cotxe per la seva part posterior.

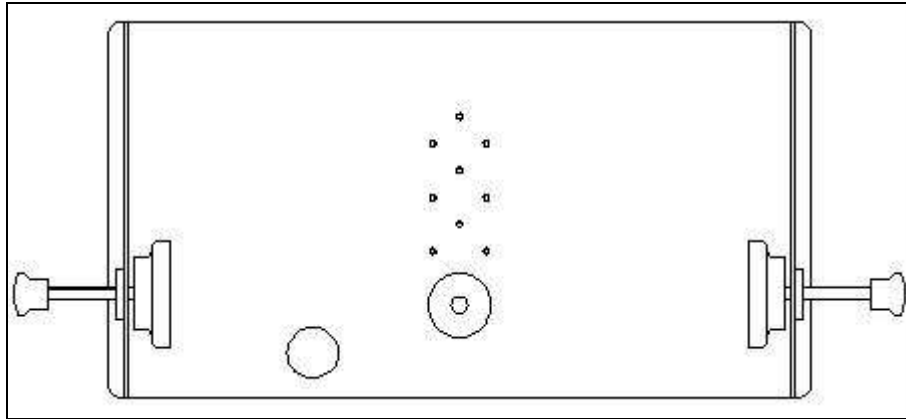


Fig.10 Vista frontal del topall, on es poden apreciar les fixacions

### 6.5- Mesura de la força de fregament

El topall porta incorporat una cèl·lula de càrrega que mesura la força que el cotxe fa contra la cèl·lula. Aquesta cèl·lula de càrrega va fixada al topall per mitjà d'uns cargols. La força que mesura la cèl·lula de càrrega equival a la força de fregament que té el cotxe amb la cinta. La cèl·lula de càrrega pot mesurar un màxim de 500 N de força amb una precisió del 0,2% (100 grams). Cal dir que aquesta cèl·lula de càrrega s'ha escollit segons la previsió dels resultats de les proves. Pot ser que s'hagi de substituir per una cèl·lula de més precisió i menys rang de mesura.

També es situaran dues cèl·lules de càrrega en la bancada, per poder saber en tot moment la càrrega que aguanta cada roda del eix davanter. Aquestes cèl·lules de càrrega van fixades a la bancada per mitjà d'uns cargols.



## 6.6- Seguretat

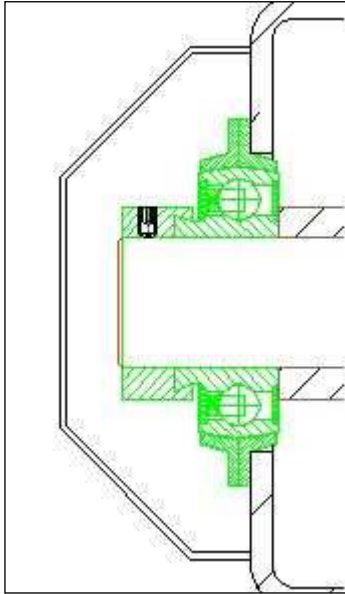


Fig.11 Protecció dels rodaments

Pel que fa al apartat de seguretat, s'ha limitat al màxim el nombre de cantells vius i s'han utilitzat formes arrodonides al disseny. Hi ha proteccions per evitar contactes amb els rodaments (veure figura 11) i l'acoblament elàstic. Per evitar que qualsevol persona pugui estar en contacte amb els rodets i la cinta mentre la màquina està en funcionament, es situa sobre la bancada una planxa de fusta contraplacada que tanca la bancada per la part superior. Aquesta planxa de fusta va unida a la bancada mitjançant uns cargols avellanats i només deixa a la vista l'espai per situar el cotxe sobre la banda transportadora. D'altre banda, hi ha dos botons de parada d'emergència. Un al quadre de comandaments i un altre just a l'altre costat de la màquina, collat a la bancada.

## 7-Resum del pressupost

El cost total de la fabricació i muntatge del banc és de 4736,60 €.

## 8-Conclusions

En aquest projecte es considera haver complert totes les especificacions proposades per la indústria client. Per tant, s'afirma que el projecte està definit, elaborat i ja es pot procedir a la fabricació de la màquina.

Autor del projecte:

Xavier Bardera Butchosa

## 9-Bibliografia

### Enllaços web:

<b>-www.directindustry.es</b>	Cercador de fabricants/catàlegs d'elements industrials
<b>-www.leroysoner.com</b>	Fabricant motors elèctrics
<b>-www.mitsubishi-automation.es</b>	Fabricant de variadors de freqüència
<b>-www.ina.de</b>	Fabricant de rodaments
<b>-www.habasit.com</b>	Fabricant de bandes transportadores
<b>-www.fennerdrives.com</b>	Fabricant de casquets fixadors sense xaveta
<b>-www.paccar.ethz.ch</b>	Equip suïss participant a la eco-shell
<b>-www.wurth.es</b>	Fabricant d'elements de fixació (cargols, femelles, arandeles ...)
<b>-www.jaure.com</b>	Fabricant d'acoblements elàstics
<b>-www.schock-metall.de</b>	Fabricant de guies correderes
<b>-www.martin-levelling.com</b>	Fabricant de potes de goma antivibració
<b>-www.tecnodin.es</b>	Fabricant de manetes i poms
<b>-www.himel.es</b>	Fabricant de caixes metàl·liques
<b>-www.simon.es</b>	Fabricant d'elements de protecció elèctrica
<b>-www.benedict.de</b>	Fabricant elements elèctrics
<b>-www.apem.fr</b>	Fabricant de pulsadors elèctrics
<b>-www.hbm.com</b>	Fabricant de cèl·lules de càrrega
<b>-www.autopista.com</b>	Revista d'automòbils. Informació variada sobre el món del automòbil.

-[www.automotriz.net](http://www.automotriz.net)

Pàgina web dedicada al món del automòbil.

-[www.zonagravedad.com](http://www.zonagravedad.com)

Pàgina dedicada als esports amb vehicles. Informació variada sobre els diferents paràmetres de la direcció dels vehicles.

### Llibres:

Shigley, J.E-Mischke C.R - *Diseño en ingeniería mecánica*(6ª ed). (2002). México D.F, Ed Mc Graw-Hill

## 10. Llista de documents

Document 1 Memòria i Annexes

Annex A- Dissenys preliminar

Annex B- Informació tècnica

Annex C- Càlculs tècnics

Annex D- Realització de proves

Annex E- Expedient tècnic de seguretat

Document 2 Llista de plànols

Document 3 Plec de condicions

Document 4 Estat d'amidaments

Document 5 Pressupost

# ANNEX A

## DISSENYYS PRELIMINARS

## A1-Introducció

En el següent document realitzem un anàlisi dels dissenys preliminars del projecte per tal d'escollir la opció més adient. Per tal de tenir un criteri d'elecció objectiu ens basarem en un criteri de puntuacions per escollir un model.

Aquest sistema d'elecció consisteix en avaluar unes propietats del disseny donant-los una ponderació a les característiques. Les propietats reben una ponderació de 1 fins a 3 de menys important a més. Tot seguit s'avaluen per separat cada propietat puntuant-les de 1 a 3 de menys adequat a més adequat. La puntuació total s'obté agafant la propietat analitzada i multiplicant la seva ponderació per la puntuació de la propietat.

Finalment es sumen les puntuacions totals de totes les propietats per tal de tenir una puntuació de tot el disseny. Així doncs podrem comparar tots els dissenys seguint el mateix criteri. El disseny que obtingui la màxima puntuació ha de ser la millor opció.

## A2 Dissenys preliminars

### A2.1 Banc per provar una sola roda

Consta d' un rodet i un anclatge per provar solament amb un pneumàtic. Un motor elèctric fa girar el rodet, mentre que un cilindre hidràulic o pneumàtic serveix per aplicar la càrrega de la roda contra el rodet. (fig.A1)

	Ponderació	Molt adequat (3)	Adequat (2)	Poc Adequat (1)	Total
Senzillesa del disseny <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2	X			6
Fàcil instal.lació <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1	X			3
Idoneïtat del disseny <i>Adequació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3		X		6
Fiabilitat <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2	X			6
Fàcil manteniment <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1	X			3
Cost estimat <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3	X			9
Total					33

Taula 2.1 – puntuació disseny “banc una sola rodar”

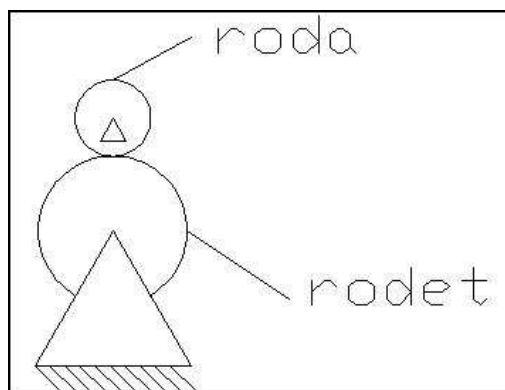


fig.A1

## A2.2 Banc per provar una sola roda amb cinta

Consta d' una cinta per simular el terra i un anclatge per provar solament amb un pneumàtic. Un motor elèctric fa girar el rodet, mentre que un cilindre hidràulic o pneumàtic serveix per aplicar la càrrega de la roda contra el rodet (fig.A2).

	<b>Ponderació</b>	<b>Molt adequat (3)</b>	<b>Adequat (2)</b>	<b>Poc Adequat (1)</b>	<b>Total</b>
<b>Senzillesa del disseny</b> <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2	X			6
<b>Fàcil instal.lació</b> <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1	X			3
<b>Idoneïtat del disseny</b> <i>Adequació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3	X			9
<b>Fiabilitat</b> <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2	X			6
<b>Fàcil manteniment</b> <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1	X			3
<b>Cost estimat</b> <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3	X			9
<b>Total</b>					36

Taula 2.2 – puntuació disseny “banc una sola rodar”

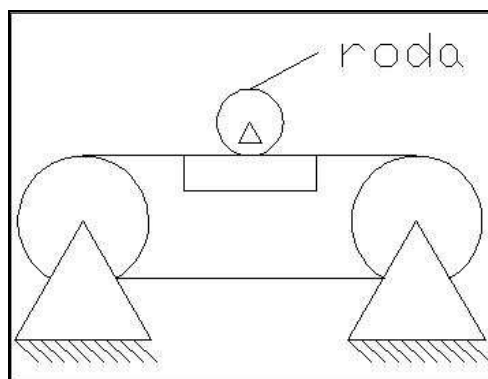


fig.A2

### A2.3 Banc de proves simulació eix davanter

Consta d'un rodet i dos anclatges per a poder muntar dos pneumàtics simulant l'eix davanter. Uns cilindres hidràulics o pneumàtics s'utilitzaran per simular la força de la roda contra el terra. (fig.A3)

	Ponderació	Molt adequat (3)	Adequat (2)	Poc Adequat (1)	Total
Senzillesa del disseny <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2			X	2
Fàcil instal.lació <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1	X			3
Idoneïtat del disseny <i>Adeqüació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3		X		6
Fiabilitat <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2		X		4
Fàcil manteniment <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1		X		2
Cost estimat <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3		X		6
Total					23

Taula 2.3 – puntuació disseny “banc de proves simulació eix davanter”

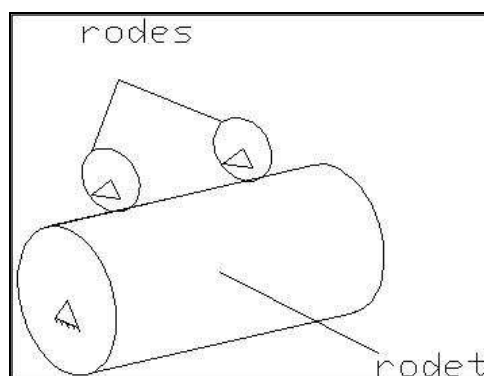


fig.A3



**A2.4 Banc de proves cotxe sobre el banc eix davanter**

Consta d'una plataforma, un rodet per situar-hi l'eix del davant i els anclatges per a poder posar el cotxe sobre el banc. La força s'aplica mitjançant uns pistons hidràulics o pneumàtics que desplaçen tot el conjunt rodet- motor. (fig.A4)

	Ponderació	Molt adequat(3)	Adequat (2)	Poc Adequat (1)	Total
<b>Senzillesa del disseny</b> <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2		X		4
<b>Fàcil instal.lació</b> <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1		X		2
<b>Idoneïtat del disseny</b> <i>Adeqüació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3			X	3
<b>Fiabilitat</b> <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2		X		4
<b>Fàcil manteniment</b> <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1		X		2
<b>Cost estimat</b> <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3			X	3
<b>Total</b>					18

Taula 2.4 – puntuació disseny “banc de proves simulació eix davanter”

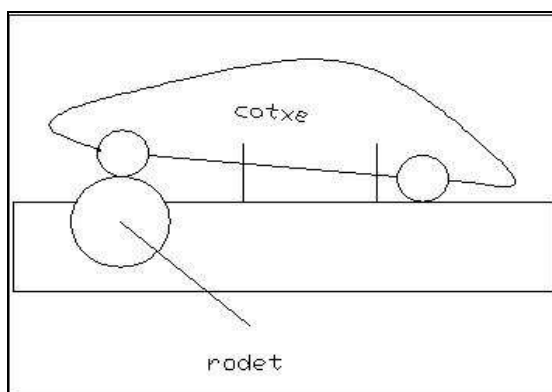


fig.A4

### A2.5 Banc de proves simulació cotxe en banc de proves

Consta d'una plataforma, un rodets per situar-hi l'eix del davant i un rodets per poder provar l'eix del darrera. També incorpora els anclatges per a poder posar el cotxe sobre el banc. La força s'aplica mitjançant uns pistons hidràulics o pneumàtics que desplaçen tot el conjunt rodets-motor. A més a més, s'ha d'afegir la peculiaritat que es pot deixar l'eix del darrera preparat per poder-hi muntar un banc de potència en un futur.

	Ponderació	Molt adequat (3)	Adequat (2)	Poc Adequat (1)	Total
<b>Senzillesa del disseny</b> <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2			X	2
<b>Fàcil instal·lació</b> <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1		X		2
<b>Idoneïtat del disseny</b> <i>Adequació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3	X*			9*
<b>Fiabilitat</b> <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2		X		4
<b>Fàcil manteniment</b> <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1		X		2
<b>Cost estimat</b> <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3			X*	3
<b>Total</b>					24

Taula 2.5 – puntuació disseny “banc de proves simulació eix davanter”

- Valorar la possibilitat d'incorporar-hi un banc de potència en el futur.

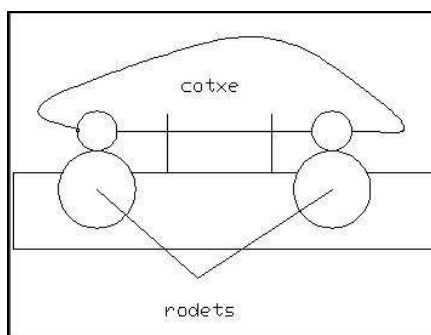


fig.A5

### A2.6 Banc de proves una roda, cinta i sistema de força per pesos

Consta d' una cinta per simular el terra i un anclatge per provar solament amb un pneumàtic. Un motor elèctric fa girar el rodet. Per simular la càrrega es posen pesos als braços laterals. (fig. A6)

	Ponderació	Molt adequat (3)	Adequat (2)	Poc Adequat (1)	Total
<b>Senzillesa del disseny</b> <i>Disseny fàcil i pràctic per realitzar-ne la construcció</i>	2		X		4
<b>Fàcil instal.lació</b> <i>Temps mínim per realitzar el muntatge</i>	1		X		2
<b>Idoneïtat del disseny</b> <i>Adeqüació del disseny per solucionar el problema plantejat</i>	3			X	3
<b>Fiabilitat</b> <i>Duració i resistència dels elements de la màquina</i>	2		X		4
<b>Fàcil manteniment</b> <i>Temps i freqüència d'ajustament de la màquina sigui el mínim</i>	1		X		2
<b>Cost estimat</b> <i>Preu orientatiu del projecte</i>	3		X		6
<b>Total</b>					21

Taula 2.6 – puntuació disseny “banc de proves simulació eix davanter”

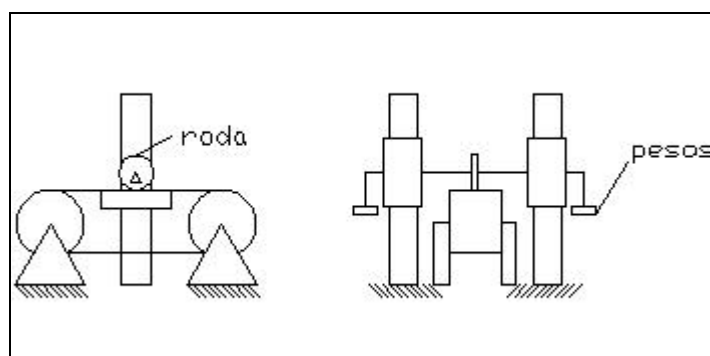


fig.A6

### A3 Conclusions

Després de realitzar un anàlisi i avaluar els paràmetres més significatius hem decidit tirar endavant el projecte “simulació cotxe en banc de proves” amb una variant. Hem obtingut la puntuació basada en una bonificació per característiques de disseny, construcció i idoneïtat del disseny.

El cotxe en comptes de situar-se sobre un rodet es situarà sobre una cinta. Així la distribució de pressions del pneumàtic serà igual que sobre l’asfalt. S’ha escollit aquesta proposta degut a que:

Tot i no ser la proposta amb millor bonificació, es creu que es la millor opció tant com per idoneïtat com per costos, ja que l’equip s’estalvia construir dues bancades pràcticament idèntiques. Una pel banc de pèrdues per fricció i una altre pel banc de potència inercial. A més a més, això també suposarà un estalvi d’espai al laboratori.

Projecte	Puntuació
Banc per provar una sola roda amb cinta	36
Banc per provar una sola roda	33
Banc simulació cotxe en banc de proves	24
Banc simulació eix davanter	23
Banc de proves una roda, amb cinta i sistema de força amb pesos.	21

Taula 3.1- Puntuació màxima dels dissenys

# ANNEX B

## INFORMACIÓ TÈCNICA

## **B.1 Introducció**

En aquest annex s'exposa els elements necessaris pel sistema motriu i estructural del banc de proves.

Es realitza una breu descripció dels seus components i s'indiquen mitjançant una referència les seves dades tècniques i procedència.

La numeració de les peces fa referència al plànol 01.00.00

## **B.2 Incorporació dels elements**

El motor va incorporat directament al eix, sense cap tipus de reductor. Aquest eix gira solidari als rodets que mouen les bandes que simulen el terra. La variació de velocitat del motor es fa mitjançant un variador de freqüència. El motor va anclat per les potes a la bancada. La unió del eix del motor i l'eix dels rodets es fa per mitjà d'un acoblament elàstic. Per subjectar i permetre la rotació d' aquest eix s'utilitzaran dos rodaments que descansen sobre un suport. Per subjectar el cotxe sobre el banc es fabricarà un topall que restringirà els moviments del cotxe. Per mesurar les forces de fregament i així poder extreure dades de les proves, es col·locarà una cèl·lula de càrrega al topall.

## **B.3 Especificacions tècniques dels elements**

### 1 – Bancada

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

### 2 – Base antivibrant

Base antivibrant amb goma vulcanitzada de la marca Martin levelling, codi 280000Z. Carcasa d'acer galvanitzat. Aguanta una càrrega estàtica màxima de 4500 N i una càrrega dinàmica màxima de 2500 N.

### 3 – Topall

Element de fabricació pròpia, acer S-235.

### 4 – Tapa bancada

Element de fabricació pròpia, planxa de fusta contraplacada de gruix 5 mm. Dimensions segons plànols.

### 5– Eix tensor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

Banc de proves de pèrdues de fregament per rodadura	Memòria
---	---------

6 – Cèl·lula de càrrega 1

Cèl·lula de càrrega de la marca HBM, referència C2. Càrrega màxima 50 Kg.

<b>Cèl·lula de càrrega HBM C2</b>				
<b>Càrrega màxima(kg)</b>	<b>Presició (kg)</b>	<b>Temperatura de funcionamet(°C)</b>	<b>Deflexió màxima (mm)</b>	<b>Pes(kg)</b>
50	0,1	De -10° a 40°	0,1	0,4

Taula 1. Característiques tècniques cèl·lula de càrrega HBM C2

7– Pota de goma 2

Base antivibratoria marca Martin Levelling, model 12632/10.

8– Eix motor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

9– Quadre de comandaments

Caixa metàl·lica de la marca Himel, model CRN 43-200. Incorpora placa de muntatge universal.

10 – Motor asíncron

Motor Leroy-Sommer trifàsic asíncron 2 pols. Ref. LS 90 L.

<b>Potència</b>	<b>Velocitat</b>	<b>Parell</b>	<b>Moment</b>	<b>Rendiment</b>	<b>Pes</b>
2,2 Kw	2850 Rpm	7,4 Nm	0.0021Kg/m2	82%	16 Kg

Taula 2. Característiques tècniques motor Leroy-Sommer

11– Protector rodaments eix motor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

12– Protector acoblament elàstic

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

13 – Placa suport banda

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

14– Protector rodaments eix motor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

15– Cèl·lula de càrrega 2

Cèl·lula de càrrega de la marca HBM, referència Z6FC6. Càrrega màxima 50 Kg.

Banc de proves de pèrdues de fregament per rodadura	Memòria
---	---------

<b>Cèl·lula de càrrega HBM Z6FC6</b>				
<b>Càrrega màxima(kg)</b>	<b>Presició (kg)</b>	<b>Temperatura de funcionamet(°C)</b>	<b>Deflexió màxima (mm)</b>	<b>Pes(kg)</b>
50	0,1	De -10 <sup>o</sup> a 40 <sup>o</sup>	0,27	0,5

Taula 3. Característiques tècniques cèl·lula de càrrega HBM ZF6FC6

16 – Cargol hexagonal M8X20

Cargol M8 hexagonal marca Würth, longitud 20 mm. Segons DIN 933.

17 – Arandela ala ample M8

Arandela d'ala ample M8 zincada marca Würth. Segons DIN 125:D4.

18 – Cargol hexagonal M8x30

Cargol M8 hexagonal marca Würth, longitud 30 mm. Segons DIN 933.

19 – Arandela plana M8

Arandela plana M8 zincada marca Würth. Segons DIN 125:D4.

20 – Rodament eix motor

Rodament amb allotjament de la marca INA, model RAT30. Situat en l'eix que aguanta el rodet motriu.

<b>Pes</b>	<b>Capacitat càrrega radial del suport</b>	<b>Capacitat càrrega dinàmica radial</b>	<b>Capacitat càrrega estàtica radial</b>
0,49 kg	5000 N	19500 N	11300 N

Taula 4. Característiques tècniques rodament Ina RAT30

21– Rodament eix tensor

Rodament amb allotjament de la marca INA, model MSTU30. Situat en l'eix conduit per la banda que simula el terra. Permet un petit desplaçament per tal de poder tensar la banda.

<b>Pes</b>	<b>Capacitat càrrega radial del suport</b>	<b>Capacitat càrrega dinàmica radial</b>	<b>Capacitat càrrega estàtica radial</b>
0,84 kg	3900 N	19500 N	11300 N

Taula 5. Característiques tècniques rodament Ina MSUT30



22– Cargol avellanat M4x10

Cargol M4 allen cabota avellanada de la marca Würth, longitud 10 mm. Segons DIN 7991.

23– Femella hexagonal M4

Femella M4 hexagonal marca Würth. Segons DIN 934.

24– Cargol allen M5x12

Cargol cabota allen M5 marca Würth, longitud 12 mm. Segons DIN 912.

25 – Arandela plana M5

Arandela ala plana M5 zincada marca Würth. Segons DIN 125:D4.

26– Cargol hexagonal M10x30

Cargol M10 hexagonal marca Würth, longitud 30 mm. Segons DIN 933.

27 – Arandela plana M10

Arandela ala plana M10 zincada marca Würth. Segons DIN 125:D4.

28 – Caixa parada d'emergència 2

Caixa de connexions de poliestiré de la marca Spelsberg, model PS 99-8-m.

29– Femella hexagonal M8

Femella M8 hexagonal marca Würth. Segons DIN 934.

30– Banda transportadora

Banda transportadora Habasit FNI-12E per simular el terra. Banda de PET (Polietilè Teleftalat) de superfície teixida.

31– Guia

Guia metàl·lica de la marca Schock-metall, model ITS 012.

<b>Guia Schock-metall ITS 012</b>			
<b>Longitud de sortida (mm)</b>	<b>Càrrega màxima per parell de guies (N)</b>	<b>Pes d'un parell de guies (N)</b>	<b>Pes d'un parell de guies (N)</b>
400	272	1155	10

Taula 6. Característiques tècniques guia Schock-metall ITS 012

32– Espàrrec M8x100

Varilla roscada M8, acer qualitat 4.6 i zincada de la marca Würth, longitud 100 mm. Segons DIN 975.

33– Cargol hexagonal M4x15

Cargol M4 hexagonal marca Würth, longitud 15 mm. Segons DIN 933.

34 – Arandela plana M4

Arandela ala plana M4 zincada marca Würth. Segons DIN 125:D4.

35– Tapa lateral banda

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

36– Casquet sense xaveta

Casquet sense xaveta de la marca Tollok, model TLK 133. Parell màxim =500 Nm.

Pes=0,4 kg

37-Tambor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

38– Cargol avellanat M5x12

Cargol M4 allen cabota avellanada de la marca Würth, longitud 10 mm. Segons DIN 7991.

39– Xaveta 6x6x40

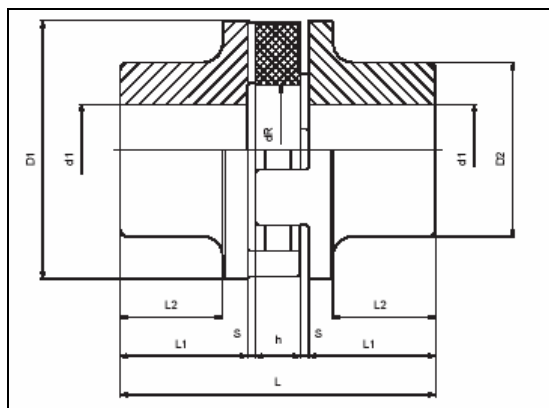
Xaveta de secció quadrada 6x6 mm longitud 40 mm. Segons DIN 6885.

40– Xaveta 6x6x30

Xaveta de secció quadrada 6x6 mm longitud 30 mm. Segons DIN 6885.

41 – Acoblament elàstic

Acoblament elàstic amb insert sintètic de la marca Jaure, model S 85 A.



Acoblament elàstic Jaure S 70 A					
Parell Nominal (Nm)	Parell Màxim(Nm)	d1(mm)		Moment inèrcia (kgm <sup>2</sup> )	Pes(kg)
		Max	min		
75	225	42	10	0,0017	2,8

Taula 7. Característiques tècniques acoblament elàstic Jaure S 85 A

42-Separador eix motor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

43-Separador eix tensor

Element de fabricació pròpia, acer S-235. Dimensions segons plànols.

44-Pom fixador lateral cotxe

Pom de la marca Tecnodin, model 1118K diàmetre 44 mm. Segons DIN 7708.

45-Pom fixador tope

Pom de la marca Tecnodin, model 1118K diàmetre 33 mm. Segons DIN 7708.

46– Variador de freqüència

Variador de freqüència Mitsubishi electric FR-E 500 EC 2,2Kw.

47– Interruptor magnetotèrmic

Interruptor magnetotèrmic de la marca Simon, referència 68505-38 Intensitat nominal 5 A.

Nº de pols = 1+N

48 – Interruptor diferencial

Interruptor diferencial Simon classe AC referència 78225 – 60. Intensitat nominal 25 A.

Intensitat nominal de defecte 30 mA.

49 – Contactor

Contactor de la marca Benedict, referència K1-07D40 230. Normalment obert. Intensitat nominal 10A.

50 – Pulsador marxa

Pulsador marca Apem, sèrie AO2 sense il·luminar. Conformat pels següents elements:

<b>Botó verd rodó (ref)</b>	<b>Operador momentari(ref)</b>	<b>Interruptor normalment obert</b>
AO261E	AO209Y	AO2501UL

Taula 8. Referències elements pulsador de marxa

51 – Pulsador parada

Pulsador marca Apem, sèrie AO2 sense il·luminar. Conformat pels següents elements:

<b>Botó vermell rodó (ref)</b>	<b>Operador momentari(ref)</b>	<b>Interruptor normalment tancat</b>
AO261B	AO209Y	AO2502UL

Taula 9. Referències elements pulsador de parada

52 – Pulsador parada d' emergència

Pulsador marca Apem, sèrie AO2. Conformat pels següents elements:

<b>Operador momentari(ref)</b>	<b>Interruptor normalment tancat</b>	<b>Adhesiu “Emergency stop”</b>
AO2ES	AO2512	AO2YL1

Taula 10. Referències elements pulsador d'emergència

# ANNEX C

## CÀLCULS TÈCNICS

## C.1 Introducció

En aquest annex es fan els càlculs tècnics necessaris, tal com són la potència necessària per impulsar les cintes que simulen el terra, relació de transmissió, etc. A partir d'aquests càlculs es realitzarà l'elecció dels diferents components de la màquina.

## C.2-Càlcul elecció diàmetre eix del rodets.

L'eix dels rodets pràcticament no ha de suportar cap esforç (pes dels rodets i la tensió de la banda transportadora). Per tant, l'elecció del diàmetre del eix es fa purament per motius geomètrics. El diàmetre escollit són 30 mm, perquè pugui aguantar sobradament els esforços que es reben i també perquè no hi hagi gaire diferència de mides amb el diàmetres dels rodets (100 mm).

## C.3-Elecció del motor elèctric i diàmetre dels rodets

Per calcular la potència es calcula la força de fregament a vèncer, causada pel fregament de la cinta amb la roda i el fregament de la cinta amb la placa que suporta la roda. Segons les especificacions cada roda del eix davanter del cotxe suporta 25 kg i es preveu que el coeficient de frec ( $C_r$ ) sigui entre 0,01 i 0,02. El fregament entre la cinta i les planxes d'acer que la suporten ( $C_c$ ) es preveu que sigui entre 0,1 i 0,2. El coeficient de frec total ( $C_f$ ) serà de 0,22. Per fer els càlculs s'agafa el coeficient de frec més elevat per no quedar-se curt de potència. La velocitat lineal a simular segons les especificacions és d'aproximadament 55 km/h ( 15,27 m/s). Se suposa que els rodets que mouen la cinta són similars al que es mostra a continuació:

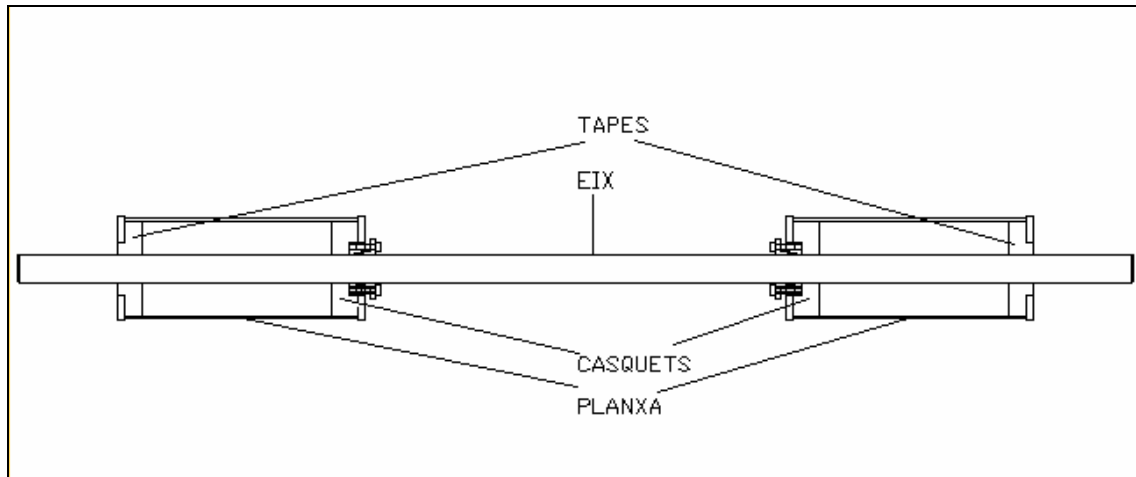


Fig.C-1

Diferents paràmetres varien en funció del diàmetre dels rodets. Els càlculs es fan per diferents diàmetres per així poder escollir el motor i el diàmetre de rodet que més convingui. S'ha de tenir en compte el gruix de la cinta escollida, que és de 1,6 mm.

#### C.4 Potència necessària per moure les cintes

La potència es calcula segons la fórmula:

$$P = M_r \cdot \omega \quad (\text{Eq.1})$$

On  $P$  és la potència,  $M_r$  el moment resistent a vèncer i  $\omega$  la velocitat de rotació.

Per trobar la velocitat de rotació, s'aplica la següent expressió:

$$V = \omega \cdot r \quad (\text{Eq.2})$$

On  $V$  és la velocitat lineal,  $\omega$  la velocitat de rotació i  $r$  el radi.

La velocitat de rotació dels rodets que mouen les cintes a la velocitat màxima de 55 Km/h pot variar segons el valor del radi dels rodets tal com mostra la següent taula (C-1):

Diàmetre(mm)	rpm	rad/s
90,00	3240,39	339,33
100,00	2916,36	305,40
110,00	2651,23	277,64
120,00	2430,30	254,50

Taula C-1: Relació diàmetre rodet-velocitat de rotació eixos

Per trobar el moment resistent es fa servir el sistema de reducció de moment resistent al eix, segons la expressió:

$$M_r = \sum F_n \cdot (v_n / \omega_r) \cdot (\cos \alpha_n / \cos \alpha_r) + \sum M_n \cdot (\omega_n / \omega_r) \cdot (\cos \alpha_n / \cos \alpha_r) \quad (\text{Eq.3})$$

On  $F_n$  són les diferents forces que actuen al sistema,  $v_n$  es la velocitat lineal de cada punt on hi ha una força aplicada,  $\alpha_n$  l'angle entre el vector  $F_n$  i el vector  $v_n$ ,  $\alpha_r$  l'angle

entre la força a reduir i la direcció de la velocitat lineal del punt a reduir.  $M_n$  són els diferents moments que actuen al sistema i  $\omega_n$  és la velocitat de rotació del punt a reduir al final. Com que el valor de  $\omega_r$  varia en funció del radi del rodet, es calcula per diferents valors de radi de rodet., tal com mostra la taula següent (C-2) el parell resistent en funció del radi és de :

Diàmetre(mm)	Velocitat de rotació del rodet (rad/s)	Parell resistent(Nm)
90,00	339,33	4,86
100,00	305,40	5,40
110,00	277,64	5,94
120,00	254,50	6,47

Taula C-2: Relació diàmetre rodet-parell resistent

Substituint els valors que s'han trobat en la expressió que defineix la potència (eq.1) s'obté que la potència necessària per moure les cintes a la velocitat de 55 km/h és de 1647,79 Watts (1,65 kW).

### C.5-Càlcul del parell necessari per l'arrancada

El parell a vèncer a la arrancada es descriu amb la següent expressió:

$$M_a = M_r + (I_{eq} \cdot \varepsilon) \quad (\text{Eq.4})$$

On  $M_r$  és el moment resistent del sistema,  $I_{eq}$  la inèrcia equivalent del sistema i  $\varepsilon$  l'acceleració del sistema.  $M_r$  ha estat trobat anteriorment (veure taula C-2). La inèrcia equivalent del sistema es busca segons la expressió de la inèrcia reduïda:

$$I_r = \sum m_n \cdot (v_g / \omega_r)^2 + \sum I_g \cdot (\omega_n / \omega_r)^2 \quad (\text{Eq.5})$$

On  $m_n$  són les masses del sistema,  $v_g$  la velocitat lineal d'aquestes masses,  $\omega_r$  és la velocitat de rotació del motor,  $I_g$  les diferents inèrcies dels components del sistema i  $\omega_n$  la velocitat de rotació que es mouen els components del sistema(rodets, rodes del cotxe..).

La inèrcia de les rodes del cotxe es calcula segons la expressió:

$$I_{roda} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \quad (\text{Eq.6})$$



On  $m$  és la massa de la roda, considerada 1 kg, i  $R$  el radi de la roda. Cada roda té una inèrcia de 0,027 Kgm<sup>2</sup>.

Els rodets tenen la geometria que s'aprecia a la figura C-1.

Considerant l'eix de diàmetre 30 mm, el gruix de la planxa del rodet de 3 mm, el casquet sense xaveta i la tapa com uns discs d'acer, la inèrcia de cada rodet es calcula segons la fórmula:

$$I_{\text{rodet}} = \left(\frac{1}{2} \cdot m_{\text{eix}} \cdot R_{\text{eix}}^2\right) + \left(\frac{1}{8} m_{\text{rodet}} \cdot (D_{\text{ext}_{\text{rodet}}}^2 + D_{\text{int}_{\text{rodet}}}^2)\right) + \left(\frac{1}{2} m_{\text{casquet}} \cdot R_{\text{casquet}}^2\right) + \left(\frac{1}{2} m_{\text{tapa}} \cdot R_{\text{tapa}}^2\right) \quad (\text{Eq.7})$$

Substituint a la fórmula de la inèrcia reduïda al eix i tenint en compte que hi ha dos rodets, s'obtenen els següents resultats per a diferents diàmetres de rodet:

Diàmetre (mm)	inèrcia rodets(kgm <sup>2</sup> )	inèrcia rodes cotxe(kgm <sup>2</sup> )	inèrcia equivalent(kgm <sup>2</sup> )
90,00	0,029	0,055	0,0306
100,00	0,032	0,055	0,0347
110,00	0,040	0,055	0,0391
120,00	0,034	0,055	0,0440

Taula C-3: Relació diàmetre rodet-inèrcia equivalent conjunt

L'acceleració del sistema es calcula segons la expressió:

$$\varepsilon = \Delta\omega / \Delta t \quad (\text{Eq.8})$$

On  $\Delta\omega$  és l'augment de velocitat de rotació, mentre que  $\Delta t$  és l'augment de temps. Es suposa que el sistema s'accelera en 10 segons fins a arribar a la velocitat de rotació 55 km/h simulats en la cinta. L'acceleració segons el diferent diàmetre de rodet val:

Diàmetre(mm)	acceleració(rad/s <sup>2</sup> )
90,00	33,93
100,00	30,54
110,00	27,76
120,00	25,45

Taula C-4: Relació diàmetre rodet-acceleració

Substituint en la expressió del parell necessari per la arrancada (Eq.4) s'obté el parell que es necessita per arrancar:

Diàmetre (mm)	Velocitat del rodet (rpm)	moment resistent (Nm)	inèrcia equivalent (kgm <sup>2</sup> )	Acceleració (rad/s <sup>2</sup> )	parell necessari per arrancar(Nm)
90,00	3240,39	4,86	0,0306	33,93	5,90
100,00	2916,36	5,40	0,0347	30,54	6,45
110,00	2651,23	5,94	0,0391	27,76	7,02
120,00	2430,30	6,47	0,0440	25,45	7,59

Taula C-5:Relació diàmetre rodet-parell necessari per arrancar

S'ha de tenir en compte que el motor funcionarà amb un variador de freqüència i que per tant el parell màxim que donarà serà el parell nominal. El diàmetre ideal segons els càlculs seria entre 100 i 110 mm, ja que la velocitat de rotació del rodet és molt semblant a la velocitat nominal de la gamma de motors que hi ha per triar.

A partir dels càlculs realitzats anteriorment es selecciona:

\*Rodet de diàmetre 100 mm (sense tenir en compte el gruix de la cinta.)

\*Motor elèctric Leroy Sommer LS 90-L

Motor elèctric Leroy Sommer LS 90-L		
Potència(kW)	Parell nominal(Nm)	Velocitat nominal (rpm)
2,2	7,4	2850

Taula C-6: Característiques motor elèctric escollit

Es tornen a fer tots els càlculs esmentats anteriorment tenint en compte les característiques del motor escollit, també el gruix de la cinta (1,6 mm) i es mira que es continuïn complint els requisits pel bon funcionament d'aquest.

## C.6-Verificació elecció del motor elèctric

### C.6.1-Potència necessària per moure les cintes

La potència es calcula segons la fórmula:

$$P = M_r \cdot \omega \quad (\text{Eq.1})$$

On  $P$  és la potència,  $M_r$  el moment resistent a vèncer i  $\omega$  la velocitat de rotació.

Per trobar la velocitat de rotació, s'aplica la següent expressió:

$$V = \omega \cdot r \quad (\text{Eq.2})$$

On  $V$  és la velocitat lineal,  $\omega$  la velocitat de rotació i  $r$  el radi.

La velocitat de rotació dels rodets que mouen les cintes pot variar segons el valor del radi dels rodets, tal com es mostra en la següent taula:

Diàmetre(mm)	rpm	rad/s
103,20	2825,93	295,93

Taula C-7: Relació diàmetre rodet-velocitat de rotació eixos

Per trobar el moment resistent es fa servir el sistema de reducció de moment resistent al eix, segons la expressió:

$$M_r = \sum F_n \cdot (v_n / \omega_r) \cdot (\cos \alpha_n / \cos \alpha_r) + \sum M_n \cdot (\omega_n / \omega_r) \cdot (\cos \alpha_n / \cos \alpha_r) \quad (\text{Eq.3})$$

On  $F_n$  són les diferents forces que actuen al sistema,  $v_n$  es la velocitat lineal de cada punt on hi ha una força aplicada,  $\alpha_n$  l'angle entre el vector  $F_n$  i el vector  $v_n$ ,  $\alpha_r$  l'angle entre la força a reduir i la direcció de la velocitat lineal del punt a reduir.  $M_n$  són els diferents moments que actuen al sistema i  $\omega_n$  és la velocitat de rotació del punt a reduir al final. Com que el valor de  $\omega_r$  varia en funció del radi del rodet, es calcula per diferents valors de radi de rodet tal com mostra la taula següent (C-8) el moment resistent en funció del radi és de :

Diàmetre(mm)	Velocitat de rotació del rodet (rad/s)	moment resistent(Nm)
103,20	295,93	5,57

Taula C-8: Relació diàmetre rodet-parell resistent

Substituint els valors que s'han trobat en la expressió que defineix la potència (Eq.1) s'obté que la potència necessària per moure les cintes a la velocitat de 55 km/h és de 1647,79 Watts (1,65 kW).

### C.6.2-Càlcul del parell necessari per l'arrancada

El parell a vèncer a la arrancada es descriu amb la següent expressió:

$$M_a = M_r + (I_{eq} \cdot \varepsilon) \quad (\text{Eq.4})$$

On  $M_r$  és el moment resistent del sistema,  $I_{eq}$  la inèrcia equivalent del sistema i  $\varepsilon$  l'acceleració del sistema.  $M_r$  ha estat trobat anteriorment (veure taula C-8). La inèrcia equivalent del sistema es busca segons la expressió de la inèrcia reduïda:

$$I_r = \sum m_n \cdot (v_g / \omega_r)^2 + \sum I_g \cdot (\omega_n / \omega_r)^2 \quad (\text{Eq.5})$$

On  $m_n$  són les masses del sistema,  $v_g$  la velocitat lineal d'aquestes masses,  $\omega_r$  és la velocitat de rotació del motor,  $I_g$  les diferents inèrcies dels components del sistema i  $\omega_n$  la velocitat de rotació que es mouen els components del sistema (rodets, rodes del cotxe..).

La inèrcia de les rodes del cotxe es calcula segons la expressió:

$$I_{roda} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \quad (\text{Eq.6})$$

On  $m$  és la massa de la roda, considerada 1 kg, i  $R$  el radi de la roda. Cada roda té una inèrcia de 0,027 Kgm<sup>2</sup>. Els rodets tenen la geometria que s'aprecia a la figura C-2.

Considerant l'eix de diàmetre 30 mm, l'acoblament elàstic com un cilindre massís, el gruix de la planxa del rodet de 3 mm, el casquet sense xaveta i la tapa com un disc d'acer, la inèrcia d'un dels rodets es calcula segons la fórmula:

$$I_{rodet} = \left(\frac{1}{2} \cdot m_{eix} \cdot R_{eix}^2\right) + \left(\frac{1}{8} m_{rodet} \cdot (D_{ext_{rodet}}^2 + D_{int_{rodet}}^2)\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot m_{casquet} \cdot R_{casquet}^2\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot m_{tapa} \cdot R_{tapa}^2\right) + I_{motor} + I_{acoblament} \quad (\text{Eq.7})$$

Ara, també es té en compte la inèrcia del motor escollit i la inèrcia del acoblament elàstic, de 0,0021 kgm<sup>2</sup> i 0,0017 kgm<sup>2</sup> respectivament.

Substituint a la fórmula de la inèrcia reduïda al eix s'obtenen els següents resultats per a diferents diàmetres de rodet:

Diàmetre(mm)	inèrcia rodets(kgm <sup>2</sup> )	inèrcia rodes cotxe(kgm <sup>2</sup> )	inèrcia motor elèctric(kgm <sup>2</sup> )	inèrcia equivalent(kgm <sup>2</sup> )
103,20	0,033	0,055	0,0021	0,0386

Taula C-9: Relació diàmetre rodet-inèrcies

L'acceleració del sistema es calcula segons la expressió:

$$\varepsilon = \Delta\omega / \Delta t \quad (\text{Eq.9})$$

On  $\Delta\omega$  és l'augment de velocitat de rotació, mentre que  $\Delta t$  és l'augment de temps. Es suposa que el sistema s'accelera en 12 segons fins a arribar a la velocitat de rotació 55 km/h simulats en la cinta. L'acceleració segons el diferent diàmetre de rodet val:

Diàmetre(mm)	acceleració(rad/s <sup>2</sup> )
103,20	29,59

Taula C-10: Relació diàmetre rodet-acceleració

Substituint en la expressió del parell necessari per la arrancada s'obté el parell que es necessita per arrancar:

Diàmetre (mm)	Velocitat del rodet (rpm)	moment resistent (Nm)	inèrcia equivalent (kgm <sup>2</sup> )	Acceleració (rad/s <sup>2</sup> )	parell per arrancar(Nm)
103,20	2825,93	5,57	0,0372	29,59	6,67

Taula C-11: Relació diàmetre rodet- parell necessari per la arrancada-

El parell que proporciona el motor és més gran que el parell necessari per arrancar, tenint en compte que el motor funcionarà amb un variador de freqüència. La potència necessària per moure les cintes a 55 Km/h és més petita que la que ens proporciona el motor escollit.

## C.7-Càlcul relació freqüència/ velocitat simulació de la prova

El rodet que dona moviment a les cintes ha de girar a 2825,93 rpm, mentre que la velocitat de rotació del motor escollit és de 2850 rpm.

Es calcula la relació de transmissió a partir de la fórmula següent:

$$i = \frac{n_{rodets}}{n_{motor}} \quad (\text{Eq.8})$$

on  $i$  és la relació de transmissió,  $n_{motor}$  és la velocitat de rotació del motor i  $n_{rodets}$  la velocitat de rotació dels rodets. La relació de transmissió necessària és de 0,99 aproximadament.

S'opta per no posar cap reductor, tenint en compte també que se seleccionarà la velocitat de funcionament del motor per mitjà d'un variador de freqüència. La relació serà la següent:

$$n_{motor} = \frac{60 \cdot f_b}{P_p} \cdot (1 - s) \quad (\text{Eq.9})$$

on  $n_{motor}$  és la velocitat de rotació del motor,  $f_b$  és la freqüència de funcionament del motor,  $P_p$  és el nombre de parell de pols del motor i  $s$  el lliscament del motor. El lliscament del motor es calcula segons la expressió:

$$s = \frac{(n_s - n_m)}{n_s} \quad (\text{Eq.11})$$

on  $n_s$  és la velocitat de sincronisme del motor,  $n_m$  la velocitat de rotació del eix del motor.

La velocitat de sincronisme del motor es defineix com:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{n_p} \quad (\text{Eq.12})$$

On  $f$  és la freqüència d'alimentació del motor i  $n_p$  el nombre de parell de pols del motor. S'obté el valor de  $n_s = 3000$  rpm per un motor com el que s'ha escollit anteriorment. El lliscament val 0,05.

Per altre banda, la fórmula de la relació de transmissió diu que:

$$n_{motor} = \frac{n_{ro\ det\ s}}{i} \quad (\text{Eq.8})$$

Es substitueix  $n_{ro\ det\ s}$  per la expressió de la velocitat lineal de la cinta que simula el terra. L'expressió queda de la següent manera:

$$n_{motor} = \frac{v_{cinta} \cdot 60}{i \cdot 0,051 \cdot 2 \cdot \pi}$$

on  $v_{cinta}$  és la velocitat lineal de la cinta(m/s) a la qual es vol simular la velocitat del cotxe. 0,051 és el valor del radi del rodet en m. La relació de transmissió en aquest cas val 1. La velocitat de rotació es passa a rpm.

Igualant les expressions anteriors[(Eq.8) i (Eq.9)] s'obté que la relació entre la velocitat de gir dels rodets i la freqüència a la qual ha de funcionar el motor és la següent:

$$f = \frac{v_{cinta} \cdot 1000}{0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,051 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3600}$$

simplificant:

$$f = v_{cinta} \cdot 0,91217 \quad (\text{Eq.13})$$

El valor de la freqüència és amb Hz. La velocitat s'ha d'entrar a la fórmula en km/h.

En la següent taula es mostren els diferents valors de freqüència de funcionament del motor en funció de la velocitat que es vol simular:

velocitat (km/h)	freqüència (Hz)
5	4,61
10	9,22
15	13,83
20	18,43
25	23,04
30	27,65
35	32,26
40	36,87
45	41,48
50	46,08
<b>54,80</b>	<b>50,00</b>
55	50,69

Taula C-12: relació velocitat-freqüència de funcionament del motor

\*50 Hz és la freqüència de sincronisme del motor.

## C8-Càlcul selecció acoblament elàstic

Segons el catàleg del fabricant d'acoblements elàstics Jaure, hi ha dues maneres d'escollir un acoblament: per mitjà del parell nominal o per mitjà del parell màxim. La velocitat de rotació del banc de proves no serà constant, per tant el parell del motor elèctric tampoc. Per això s'utilitza el càlcul per mitjà del parell màxim.

El catàleg explica que els acoblaments poden suportar parells més grans que els nominals, però amb un període de temps limitat. La condició per a elegir l'acoblament és que el parell màxim a transmetre no superi el parell màxim admissible del acoblament.

El parell màxim a transmetre el motor elèctric escollit són 7,4 Nm, mentre el parell nominal admissible dels acoblaments és com a mínim de 15 Nm. Per tant, es pot dir que la elecció del acoblament elàstic serà condicionada bàsicament per un factor geomètric, concretament el diàmetre del eix del rodet i del eix del motor.

L'acoblament elàstic escollit és el model S 85 A de la marca Jaure.

## C9-Càlcul selecció fixació rodets al eix

Per fixar els rodets al eix s'ha escollit l'opció de fer-ho sense xavetes, amb un sistema de casquet sense xaveta del fabricant Tollok. Per mides del eix s'escull el model TLK 133. Les característiques d'aquest casquet sense xaveta es presenten en la següent taula:

Diàmetre eix (mm)	Diàmetre casquet (mm)	moment màxim (Nm)	Pressió superfície eix (Psi)	L1 (mm)
30	55	659	18855	17,7

**Taula C-13: característiques casquet sense xaveta**

Com es veu, el parell màxim que pot aguantar es superior al parell màxim que dona el motor. Una altre condició que s'ha de complir es que el diàmetre del allotjament del



casquet ha de ser més gran que el diàmetre exterior del eix multiplicat per un factor “ $K$ ” que el fabricant dona al seu catàleg, i depèn bàsicament de la geometria del allotjament( $c$ ), de la pressió que fa el casquet sobre l'eix( $Ph$ ) i el material del eix.

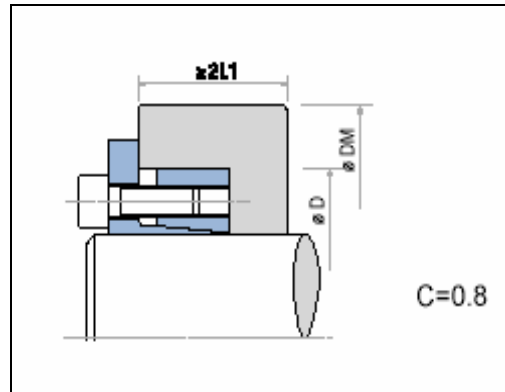


Fig.C-2

$$D_m \geq D \cdot K \quad (\text{Eq.14})$$

Després de fer el càlcul s'obté que el diàmetre exterior de l'allotjament (DM) del casquet ha de ser com a mínim de 81,38 mm. S'opta per un diàmetre exterior de 82 mm.

## ANNEX D

### Realització de proves

## D-1 Introducció

En aquest annex es vol fer una breu explicació de com s'han de dur a terme les proves, així com els diferents paràmetres de la màquina a tenir en compte a la hora de realitzar les proves.

## D-2 Preparació de les proves

El banc de proves ha estat dissenyat per que el cotxe es pugui provar sense la carrosseria, només amb el xassís. Un cop desmuntada la carrosseria del cotxe, entre dues o tres persones s'ha de pujar el cotxe al banc. S'han de situar les rodes del eix davanter sobre les bandes transportadores.

El següent pas serà ajustar el topall a la mida del cotxe. A la hora d'ajustar el topall tenir en compte deixar una petita distància entre la superfície frontal\* del xassís del cotxe i la cèl·lula de càrrega (1 o 2 mm). Un cop ajustat s'ha d'assegurar que el topall està ben fixat a la bancada. Seguidament, es fixarà el cotxe pels laterals, deixant un petit joc entre el xassís i els fixadors per tal de no restringir el moviment del cotxe en la seva direcció.

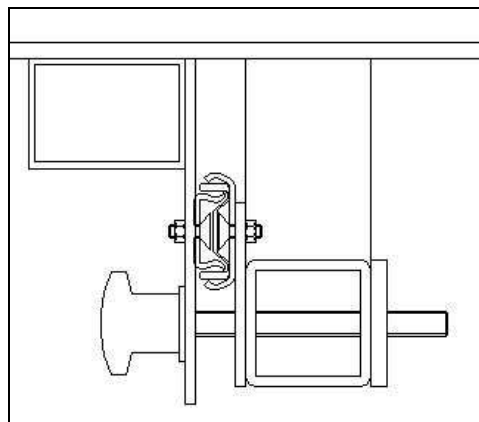


Fig D1. Fixador del tope a la bancada

Per últim, carregar el cotxe amb el pes que es cregui convenient. Per exemple, es pot fer servir un sac de sorra.

\*Si el xassís del cotxe té una superfície frontal molt petita s'haurà de fabricar un utilatge per a poder acoblar al xassís i poder realitzar la prova.

### D-3 Realització de les proves

Un cop acabada la preparació, es pot procedir al inici de les proves. La persona que estigui al comandament de la màquina s'ha d'assegurar que no hi ha ningú al voltant de la màquina a la hora d'engegar-la.

Per engegar la màquina només caldrà prémer el botó verd del quadre de comandaments. A través del display del variador de freqüència ajustar la velocitat a simular que es desitgi (veure taula D-1).

velocitat (km/h)	freqüència (Hz)
5	4,61
10	9,22
15	13,83
20	18,43
25	23,04
30	27,65
35	32,26
40	36,87
45	41,48
50	46,08
<b>54,80</b>	<b>50,00</b>
55	50,69

Taula D-1 Relació velocitat a simular-freqüència de funcionament

\*50 Hz és la freqüència de sincronisme del motor.

Un cop ajustada la velocitat, fer les lectures que interessin (força de fregament i/o pes que recau en cada roda.)

Per parar la màquina només caldrà prémer el botó vermell del quadre de comandaments.

Si hi ha alguna emergència, prémer un dels botons d'emergència, situats un al quadre de comandaments i l'altre just al altre costat de la màquina collat a la bancada.

ANNEX E

EXPEDIENT TÈCNIC  
DE  
SEGURETAT

## E.1 Introducció

En aquest annex s'exposen els factors de seguretat a tenir en compte per la persona/es que interactuarà amb la màquina.

## E.2 Expedient tècnic

### E.2.1 Identificació de la màquina

Aquesta màquina ha sigut dissenyada únicament per a realitzar proves amb el prototip que la UdG fa participar a la cursa Eco-Shell Marathon. Un altre ús de la màquina podria crear un mal funcionament d'aquesta i posar en perill la integritat dels operaris.

El funcionament bàsic d'aquesta màquina es basa en la rotació d'un eix que gira solidari amb una banda transportadora que simula el terra. El cotxe se situa sobre el banc i queda fixat per mitjà d'un topall al qual s'ha d'acoblar.

Només interactuaran els operaris amb ella quan es realitzin les proves, variant la velocitat de funcionament del motor elèctric. A més a més disposarà d'una tanca que no permetrà que cap operari entri en contacte amb la màquina quan aquesta està en funcionament.

### E.2.2 Estudi requisit de seguretat

L'avaluació de seguretat realitzada a la màquina considera que aquesta màquina es segura sempre que es segueixin les següent instruccions:

- Per evitar danys provocats per elements mòbils de la màquina (per exemple el topall o la banda), aquesta ha de disposar d'una tanca de seguretat que no permeti entrar al seu recinte amb la màquina en funcionament. A més a més, hi haurà una tapa de protecció a la bancada per evitar contactes amb els rodets i també hi haurà proteccions per evitar contactes amb els rodaments i l'acoblament elàstic.

- Per assegurar la correcte subjecció del cotxe, s'ha de subjectar el cotxe lateralment per la seva part posterior. Aquesta subjecció s'ha de dissenyar sobre la bancada del projecte del banc de rodets inercial (veure plànol 1.00.00).
- La màquina ha estat dissenyada per resistir les condicions que serà sotmesa durant el seu ús (veure annex C).
- Per evitar contactes elèctrics indirectes per defectes d'aïllament, s'instal·larà un interruptor diferencial
- Tots els operaris que manipulin la màquina hauran d'anar correctament equipats i amb indumentària adequada.
- Sempre que es vulgui posar en funcionament la màquina, s'haurà de verificar que no hi hagi cap objecte sobre la tapa de la bancada, a part del cotxe a provar.
- En la seva fabricació s'han eliminat tots els cantells vius.

### **E.3 Declaració de conformitat**

Es declara que la màquina és apte per a la seva utilització, compleix la normativa vigent de riscos laborals i se li dóna una qualificació de poc perillosa, seguint tots els requisits de seguretat esmentats a continuació:

Directiva de seguretat de màquines.

Real decreto 1495/1986 de 26 de maig BOE 21/7/86

Real decreto 830/1991 de 24 de maig BOE 31/5/91

Directiva 98/37/CE (Màquines)

Es considera que la màquina no podrà treballar sense la tanca de seguretat.

### **E.4 Manual d'instruccions**

#### **E.4.1 Introducció**

Seguidament es fa una breu descripció del funcionament de la màquina, així com les recomanacions de manteniment i les condicions de desinstal·lació.

## E.4.2 Funcionament

### E.4.2.1 Instal·lació de la màquina

La màquina es pot instal·lar a qualsevol lloc, sempre i quan el terreny sigui pla. L'espai que ocupa la màquina és aproximadament  $1,3 \text{ m}^2$ . Les mides de la bancada són  $1,05 \times 1,08 \text{ m}$ . La màquina es pot anivellar cargolant o descargolant els peus de la bancada. El muntatge es farà segons les indicacions descrites en el plec de condicions.

### E.4.2.2 Fixació del cotxe al tope

Situar el cotxe sobre la màquina, fixar-lo correctament acoblant-lo al tope. Fixar lateralment el cotxe, deixant una mica de joc entre els fixadors i el cotxe, sinó el cotxe quedarà fixat també en la seva direcció i no tocarà la cèl·lula de càrrega.

### E.4.2.3 Fixació del tope a la bancada

Fixar el tope en la seva posició correcta i ben collat a la bancada per mitjà dels fixadors que hi ha a la part inferior de la bancada (veure figura E1).

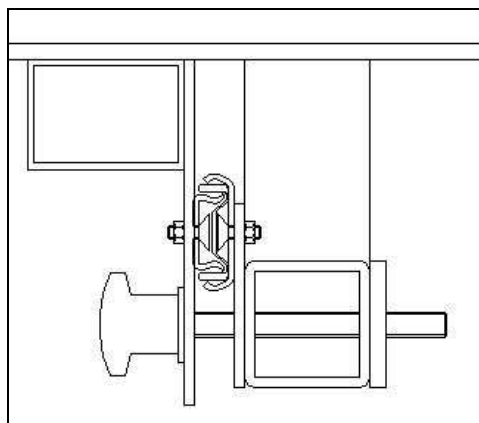


Fig.E1 Fixador del topall a la bancada

### E.4.2.4 Engegar/parar la màquina

La posta en marxa es fa a través del botó verd del quadre de comandament de la màquina. El temps de realització de la prova és el que es cregui necessari en cada cas. Per parar la màquina prémer el botó vermell del quadre de comandaments. En cas d'emergència prémer el botó de parada d'emergència.



#### **E.4.2.5 Variar la velocitat de gir de la màquina**

Durant la prova es pot anar variant la velocitat de gir del motor a través del display del variador de freqüència.

#### **E.4.3 Manteniment de la màquina**

Les condicions de manteniment de la màquina són les següents:

1. Revisar cada any l'estat de la instal·lació elèctrica.
2. Revisar cada cop que s'acabi de fer una prova l'estat de les bandes transportadora i substituir-la si cal.
3. Comprovar cada any el correcte funcionament de les cèl·lules de càrrega.
4. Revisar cada any l'estat dels fixadors del topall a la bancada.
5. Revisar cada any l'estat dels separadors, canviant-los si és necessari.
6. Revisar cada any l'estat dels separadors, canviant-los si és necessari.
7. Comprovar cada any el correcte funcionament dels sistemes de seguretat.
8. Canviar el rodaments al cap de 1000 hores de funcionament.

#### **E.4.4 Desinstal·lació de la màquina**

Per la desinstal·lació de la màquina es procedirà al desmuntatge de tots els components. Tots els components de la màquina s'han de portar a una planta de reciclatge.