

RESUM

El present projecte defineix una adequació d'una taladradora manual per tal de poder realitzar un assaig de maquinabilitat diferent als usats fins al moment en la indústria. Aquest assaig està extret del treball de diversos enginyers experts en el camp de la mecànica i de les tècniques de treball dels materials.

Per a la realització del disseny de dita màquina s'ha dividit la mateixa en diferents parts per tal de treballar-les per separat. De manera ordenada es presenta el funcionament de cadascuna de les parts, a partir d'aquí es defineix com ha de funcionar quins elements n'han de formar part, les seves característiques i en cas de poder trobar aquest element al mercat quina elecció es fa.

Al final, coneixent el disseny de la màquina i quin és el seu funcionament es fa un pressupost del cost que tindria dita màquina. Als diferents annex que presenta el projecte hi ha tan els plànols dels conjunts muntats de peces que formen la màquina com el plànol de dites peces. Així mateix als annex es recullen els cicles de fabricació de les peces que procedeixen de fabricació pròpia i les fitxes tècniques i catàlegs dels elements d'altres fabricants emprats en la constitució de la màquina.





SUMARI

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. PREFACI	7
2.1 ORIGEN DEL PROJECTE	7
2.2 MOTIVACIÓ	7
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE	9
3.2 ABAST DEL PROJECTE	9
4. ASSAIGS DE MAQUINABILITAT	11
4.1 ESTAT DE L'ART	11
4.2 ASSAIG PROPOSAT	12
5. COM DUR A TERME L'ASSAIG PROPOSAT	15
5.1 ANÀLISI D'ALTERNATIVES	15
5.1.1 Màquina base	15
5.1.2 Elements acoblats a màquina base:	17
6. LA MÀQUINA	25
6.1 PRESTACIONS DE LA MÀQUINA	25
6.2 PARTS DE LA MÀQUINA	29
6.3 PROCÉS QUE EFECTUA LA MÀQUINA PER REALITZAR L'ASSAIG	32
6.4 TALADRADORA	38
6.4.1 Necessitats	38
6.4.2 Elecció d'entre els candidats	39
6.5 CONJUNT D'ELEMENTS QUE PERMETEN L'ELEVACIÓ I DESCENS DEL CAPÇAL DE LA BROCA	40
6.5.1 Parts que componen el conjunt:	41
6.5.2 Politja	41
6.5.3 Motor elèctric	44
6.5.4 Estructura de suport del motor	48
6.5.5 Sensors	49
6.5.6 Sistema d'accionaments	53
6.5.7 Elements auxiliars	57
6.6 CONJUNT D'ELEMENTS QUE PROPORCIONEN GIR A LA BROCA	58
6.6.1 Motor de la taladradora	58
6.6.2 Variador de freqüència	58
6.7 TAULA DE COORDENADES X-Y	60
6.7.1 Bancada	62
6.7.2 Accionadors lineals	62
6.7.3 Motor elèctric unit a l'accionador	64
6.7.4 Guies lineals	65
6.7.5 Elements estructurals	66
6.8 PC	68
6.8.1 PROGRAMA INFORMATIC	68
6.8.2 Targeta I/O	72
6.8.3 Preparació d'informes	72
6.9 PARTS OPCIONALS	73
6.9.1 Bufador	73
6.9.2 Conjunt de fixació de la broca	73



7. MUNTATGE I POSTA A PUNT	74
7.1 MUNTATGE	74
7.1.1 Muntatge del conjunt d'elevació i descens de la broca	74
7.1.2 Muntatge de la taula de coordenades	75
7.1.3 Muntatge del conjunt accionador de la broca	77
7.1.4 Muntatge final (unió de tots els conjunts)	78
7.1.5 Muntatge dels sensors	78
7.2 POSTA A PUNT	79
8. FABRICACIÓ PECES	81
8.1 CICLES DE FABRICACIÓ	81
8.2 FASES DE FABRICACIÓ	82
8.3 COMENTARIS DE LES PECES FABRICADES	82
9. PRESSUPOST	88
10. IMPACTE AMBIENTAL	93
CONCLUSIONS	94
BIBLIOGRAFIA	95



1. GLOSSARI

Per tal de fer més entenedors els càlculs que es presenten a la memòria aquí hi ha un llistat de símbols i el seu significat.

- t => Temps transcorregut
- V => Velocitat angular de gir la broca
- T_{mij} => Mitja de temps per fer el forat en aquestes condicions (s)
(“i” es velocitat de gir de l’eina i “j” la càrrega aplicada)
- Z => Nombre de forats fets en l’assaig
- h => Profunditat dels forats de l’assaig (mm)
- n_i => Velocitat de gir d’eina (r.p.m.)
- k => Nombre de diferents velocitats de tall de l’eina
- σ_{ij} => Desviació estàndard de temps de foradat (s)
- α => Paràmetre de valor entre 0 i 1
- P => Pes (Kg)
- l => longitud (cm)
- E => Mòdul d’elasticitat del material (Kg/mm²)
- I_x => Moment d’inèrcia (cm³)
- W_x => Mòdul resistent (cm⁴)
- $\sigma_{adm}, \sigma_{max}$ => Resistència a la flexió (admissible i màxima) (Kg/cm²)





2. PREFACI

2.1 ORIGEN DEL PROJECTE

El present projecte sorgeix arran de la cooperació educativa entre l'ETSEIB (Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona) i Pedro Roquet S.A. (empresa de fabricació components oleo - hidràulics).

2.2 MOTIVACIÓ

Es pretén aconseguir el disseny o adaptació d'una màquina per tal de poder realitzar assaigs de maquinabilitat a més baix cost. Es basa en un nou assaig ideat per un equip d'enginyers, gran part professors de l'escola, que permet obtenir resultat tan vàlids com els assaig existents però amb menys temps i pèrdua de material.





3. INTRODUCCIÓ

3.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE

Aquest projecte presenta l'adaptació d'una taladradora manual per realitzar un assaig de maquinabilitat. Dona una visió dels components que es requereixen, quines característiques han de tenir i com han d'interactuar entre si. De la mateixa manera defineix com construir dits elements i on aconseguir els que es poden comprar al mercat definint alhora el cost final de la màquina.

3.2 ABAST DEL PROJECTE

Aquest projecte presenta el disseny de la part mecànica d'una màquina que realitza assaig de maquinabilitat. La part mecànica implica un estudi de totes les peces necessàries, com actuen en conjunt i en particular cadascuna d'elles, quines característiques tenen, com es construeixen i a partir de quin material. En cap moment el projecte entra en la part elèctrica, electrònica ni en la programació aplicada al PC pel tractament i rebuda d'informació per part de la màquina.

La part mecànica i la part electrònica d'aquest projecte estan molt diferenciades i són molt extenses, per aquest motiu sols es treballa una de les dues.





4. ASSAIGS DE MAQUINABILITAT

La maquinabilitat en termes generals és la facilitat relativa amb la qual es pot mecanitzar un material utilitzant eines i condicions de tall adequades. Per tan la fita d'un assaig de maquinabilitat és trobar aquesta facilitat relativa amb la que es pot mecanitzar el material.

4.1 ESTAT DE L'ART

Amb el pas del temps i l'evolució de la tècnica han anat sorgint diferents assaigs de maquinabilitat per poder conèixer si els materials tenen un bon comportament alhora de ser treballats (mecanitzats). Aquests assaigs en termes generals es poden dividir en dos tipus d'assaigs, els "normals" i els "accelerats". En ambdós assaigs el que es busca és determinar la maquinabilitat del material segons la degradació que sofreix l'eina de tall després de moltes proves.

Els assaigs "normals" imposen un ritme de treball a la broca, un avanç per la matèria i es fan forats fins que la broca queda inutilitzable. Es computa el temps que s'ha tardat a inutilitzar la broca i aquesta temps dona el grau de maquinabilitat del material a través d'unes taules. Aquests van ser els primers assaigs que van aparèixer, després van sorgir els assaigs "accelerats" arran de la necessitat de temps i material que requeria fer un assaig "normal".

Els assaigs "accelerats" es basen en el fet que la vida de l'eina està determinada pel fabricant sota unes certes condicions d'utilització i a partir dels coeficients de l'equació de Taylor (Eq. 4.1) es pot extrapolar la velocitat amb la que s'ha de fer l'assaig per tal de que aquest duri un temps determinat. Per tan, es busca una velocitat suficientment elevada per tal d'aconseguir realitzar un assaig en un temps relativament curt. En aquest moment apareix el concepte d'assaig accelerat.

$$t_1 \cdot V_1^{1/n} = t_2 \cdot V_2^{1/n} \quad (4.1)$$

on: t és el temps

V és la velocitat angular de gir la broca



El desgast de l'eina, però, no és l'únic paràmetre a mirar en fer assaigs de maquinabilitat, n'hi ha una gran varietat: la temperatura de la viruta, el gruix d'aquesta viruta o la potència consumida per la màquina al realitzar l'assaig entre d'altres.

4.2 ASSAIG PROPOSAT

L'assaig de mecanització que es proposa per la màquina que aquí es tracta difereix notablement tan del "normal" com de "l'accelerat".

En aquest assaig [Costa,2002] es fixa una velocitat de gir de l'eina i la força que exerceix aquesta sobre el material. Es deixa l'avanç de la broca lliure i amb la força aplicada l'eina s'agafa l'avanç que necessita. En cap cas es força un avanç constant. En el procés d'efectuar un assaig es realitzen al voltant d'una cinquantena de forats, més si es vol més precisió en els resultats. Aleshores es canvia l'eina de tall, s'aplica més força i es torna a fer la mateixa quantitat de forats que abans i així fins que s'han aplicat tota la gamma de pesos. Un cop arribat a aquest punt es canvia la velocitat de gir de la broca i es torna a realitzar tots els passos anteriors. Per obtenir informació més detallada de en que es fonamenta l'assaig i com es realitza consultar Annex F.

Amb tots els valors obtinguts en l'assaig es fan els càlculs següents per determinar numèricament la maquinabilitat del material:

Velocitat d'avanç (mm/rev.):

$$a_{mij} = \frac{60 \cdot Z \cdot h}{Z \cdot n_i \cdot T_{mij}} = \frac{60 \cdot h}{n_i \cdot T_{mij}} \quad (4.2)$$

on:

"i" es velocitat de gir de l'eina i "j" la càrrega aplicada

T_{mij} = la mitja de temps per fer el forat en aquestes condicions

Z = nombre de forats fets

h(mm) = profunditat dels forats

n_i (r.p.m.) = velocitat de gir d'eina



Percentatge perforat $\%L_{ij}$:

$$\%L_{ij} = \frac{a_{mij} \cdot n_i}{\sum_{j=1}^k a_{mij} \cdot n_i} \cdot 100 \quad (4.3)$$

on:

k = nombre de diferents velocitats de tall de l'eina

Estabilitat E_{ij} :

$$E_{ij} = 100 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot \sigma_{ij}}{T_{mij}} \right) \quad (4.4)$$

on:

σ_{ij} (s) = desviació estàndard de temps de foradat

T_{mij} (s) = mitjana temps de foradat

Paràmetre combinat P_{cij} :

$$P_{cij} = \alpha \cdot E_{ij} + (1 - \alpha) \cdot \%L_{ij} \quad (4.5)$$

on:

α = paràmetre de valor entre 0 i 1

El paràmetre combinat P_{cij} de l'equació (Eq. 4.5) és qui dona la maquinabilitat del material depenent del paràmetre α , que permet escollir si es vol bona maquinabilitat en el vessant productiu (α proper a 0) o en d'un bon acabat superficial (α proper a 1).



Comentari:

L'assaig que es proposa per aquesta màquina conté algunes variants respecte els assaigs citats, el "normal" i "l'accelerat". Es quantifica la maquinabilitat d'un material realitzant un assaig on es fixa la velocitat de gir de la broca i la força que l'eina exerceix sobre el material, en cap cas l'avanç de l'eina. El que es busca és mesurar el temps que es tarda a fer un forat d'una profunditat determinada sota una força constant. Al contrari que als altres assaigs, en aquest no es busca el desgast de l'eina, si es pogués tenir l'eina amb el fil de tall en òptimes condicions durant tot l'assaig els resultats serien encara més acurats i fiables.

En aquest comentari és on rau la gran diferencia. La maquinabilitat no ve donada per la duració de l'eina fins al seu desgast final i no es fixa l'avanç de l'eina sinó la força que exerceix aquesta sobre el material. Tampoc es controla la potència consumida per la màquina sinó el temps que es tarda a efectuar un forat d'una profunditat determinada. El gran avantatge que té aquest assaig és la rapidesa amb la que es dur a terme i el poc material necessari. Al mateix temps permet fer assaig sobre materials molt més tous com ara plàstics on els altres assaigs no es poden obtenir resultats perquè l'eina tarda molt a gastar-se.



5. COM DUR A TERME L'ASSAIG PROPOSAT

Per poder dur a terme l'assaig que s'ha proposat és fa necessari disposar d'una màquina que tingui unes característiques que ho permetin.

Les característiques de la màquina han de ser:

- Poder portar i usar una broca.
- Poder conèixer i controlar la força que exerceix l'eina sobre la superfície del material a assajar.
- No forçar l'avanç de l'eina.
- Poder controlar la velocitat amb la que gira l'eina.
- Poder controlar el temps que transcorre des de que l'eina comença a foradar el material a assajar fins que ja ha fet el forat.
- Poder controlar la profunditat del forat de la broca.
- Poder moure la peça de manera automàtica durant l'assaig.
- Obtenir els resultats de l'assaig sense intervenció humana.

Al mercat actualment, una màquina amb les característiques que s'han anomenat no existeix, per tan la solució passa per fer el disseny d'una de nova o fer una adaptació d'alguna màquina ja existent. De les dues opcions la menys costosa en quan a temps i a diners és la segona ja que es parteix d'una màquina on la feina de disseny d'aquella part ja està feta.

5.1 ANÀLISI D'ALTERNATIVES

5.1.1 Màquina base

Alhora de dur a terme un anàlisi d'alternatives el que es busca és trobar una idea per tal de desenvolupar-la. Com ja s'ha comentat, el que interessa és fer una adaptació d'una màquina ja existent per tal d'estalviar bàsicament temps (que en el fons son diners). Per tal d'encaminar el debat de les alternatives el primer que cal plantejar és quines màquines existents al mercat compleixen o poden complir la característica bàsica per realitzar l'assaig: “poder portar i usar una broca”.



A continuació es presenta un llistat de les màquines que compleixen aquesta característica:

- Fresadora
- Torn
- Taladradora
- Serra disc
- Brunyidora
- Control numèric
- Mola
- Unitat taladradora independent (Consultar annex A, elements no usats)

De totes aquestes possibles màquines es fa una tria escollint les que poden tenir com a eina de tall una broca. Això és així perquè l'assaig està concebut per aquest tipus d'eina. Les màquines que queden són:

- Fresadora
- Taladradora
- Brunyidora
- Control numèric
- Unitat taladradora independent

De les màquines que queden, la brunyidora està pensada per realitzar acabats de les peces més que no pas per fer forats, per aquest motiu tampoc és la més adequada per la feina que se li vol assignar.

Una altre propietat que es vol aconseguir és que no es forci un avanç constant al treballar la peça com funciona en altres tipus d'assaigs sinó que sigui mitjançant una força constant que l'eina de tall s'agafi l'avanç que necessita. Per aquest motiu es pot descartar el control numèric. Aquesta sol ser una màquina per produir peces en sèrie i que per tan si la broca talla poc i l'avanç és lent, la pròpia màquina s'agafa més potència per tal de tallar. Per aquest mateix motiu queden descartades les taladradores i fresadores automàtiques que també s'agafen l'avanç constant.



Les màquines amb un grau més elevat d'automatització que la del funcionament manual tenen un motor amb un mecanisme acoblat que controla la posició de l'eina. Aquestes màquines treballen marcant l'avanç que ha de tenir dita eina en treballar el material i no la força que l'eina ha d'exercir sobre el material que en aquest assaig és el que interessa.

Les possibilitats que queden són:

- Fresadora manual
- Taladradora manual
- Unitat taladradora independent

La unitat taladradora independent necessita un cos i un sistema de guiat que li permeti realitzar l'acostament. Tot i ser una solució que permet molt joc es descarta arran de la necessitat de disseny d'elements auxiliars que necessita. Aquests elements auxiliars es tradueixen en temps i costos.

Davant les dues possibilitats que queden i degut a que per l'assaig que es vol realitzar tan la fresadora manual com la taladradora manual poden funcionar bé, es fa una tria escollint la màquina més senzilla i més econòmica. Per aquest motiu l'escollida és la taladradora manual.

5.1.2 Elements acoblats a màquina base:

La màquina base és la taladradora manual i aquesta conjuntament amb altres elements ha de complir les característiques inicialment imposades a la màquina que són les que es repeteixen a continuació:

- Poder conèixer i controlar la força que exerceix l'eina sobre la superfície del material a assajar.
- No forçar l'avanç de l'eina.
- Poder controlar la velocitat amb la que gira l'eina.
- Poder controlar el temps que transcorre des de que l'eina comença a foradar el material a assajar fins que ja ha fet el forat.
- Poder controlar la profunditat del forat de la broca.
- Poder moure la peça de manera automàtica durant l'assaig.
- Obtenir els resultats de l'assaig sense intervenció humana.



Anàlisi de mètodes alternatius per complir característiques:

- **Poder conèixer i controlar la força que exerceix l'eina sobre la superfície del material a assajar.**

La força que exerceix la taladradora manual a través de la broca sobre el material que es forada és directament la que s'aplica a les palanques de dita màquina, tal com mostra la figura 5.1, multiplicada per un factor intern de la mateixa màquina.

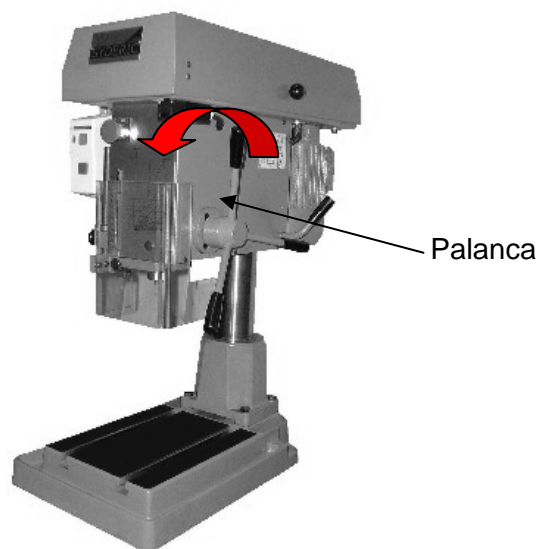


Figura 5.1

Alternatives que es plantegen alhora d'exercir dita força:

- 1- Motor elèctric
- 2- Politja + pesos
- 3- Sistema hidràulic



Explicació de les alternatives:

1- Motor elèctric: del gran ventall de motors elèctrics que existeixen actualment, el motor de corrent continu aporta la possibilitat de poder regular sense massa complicació el parell que aquest exerceix controlant la intensitat que circula pel motor com mostra la figura 5.2. Així es pot aconseguir una força constant.

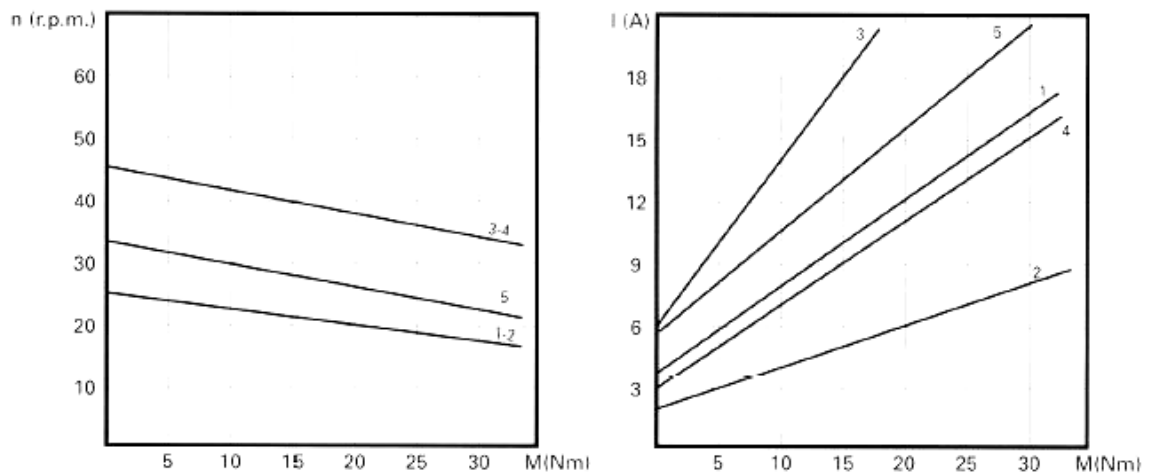


Figura 5.2

2- Politja + pesos: Aquest sistema no és res més que una politja amb un cable enrotllat i un pes penjat del cable. El pes provoca un parell constant sobre l'eix de la politja com mostra la figura 5.3 on dit parell es pot regular mitjançant el canvi de pes penjat.

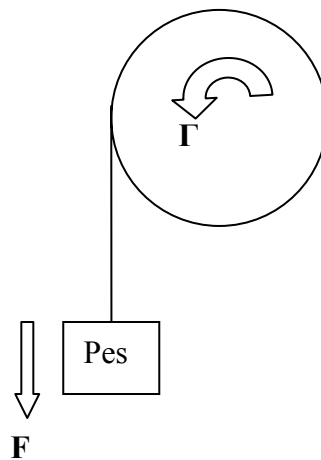


Figura 5.3



· Sistema hidràulic: A través d'un circuit hidràulic es pot aconseguir aportar una força constant a la broca. Aquest circuit pot actuar sobre les palanques de la màquina manual omplint un dipòsit de líquid penjat d'un cable seguint així el sistema de pes + politja del cas anterior o bé modificant el funcionament de transmissió intern de la taladradora actuar directament sobre el capçal de la broca empenyent-lo avall amb l'ajut d'un cilindre hidràulic.

Totes tres alternatives permeten mitjançant un cert grau de regulació aportar una força constant a la broca. Per tan totes compleixen la seva funció i per tan cap es pot descartar per aquest motiu. Aleshores l'elecció és fa simplement per cost i senzillesa d'operació, i amb aquest criteri la millor solució és la politja amb els pesos.

El motor elèctric permetria variar la força amb algun sistema automàtic manat des de un PC i per tan s'aconseguiria un sistema més automatitzat. Cal pensar però que s'ha de canviar la broca cada vegada que s'aplica un força diferent sobre el material per tal que el desgast de la mateixa no interfereixi en els resultats dels assaigs. Per tan si la mà de l'home ja ha d'intervenir en el canvi de broca s'aprofita per canviar el pesos i així es simplifica el sistema.

- No forçar l'avanç de l'eina.

Aquest ja ha set un dels criteris per escollir la màquina base pel disseny és a dir la taladradora manual. Per aquest motiu aquest punt ja està solucionat, aquesta màquina amb un pes penjat que aporta una força constant a la broca i que està girant a una velocitat determinada s'aconsegueix una velocitat de perforació no forçada.

- Poder controlar la velocitat amb la que gira l'eina.

Per poder realitzar l'assaig s'ha de poder escollir la velocitat lineal de tall del fil de la broca. Per tan dependent del diàmetre de la broca amb la qual es realitza l'assaig la velocitat de gir d'aquesta haurà de ser diferent. Les alternatives son:

- 1- Joc de politges: algunes taladradores incorporen un conjunt de politges o engranatges diferents per tal de poder variar la velocitat de gir de la broca. Si es varia el diàmetre de la politja o de l'engrenatge que està unit a l'eix del motor i alhora el diàmetre de la politja o engranatge de l'eix del capçal de la broca la



relació de transmissió entre aquest eix del motor i l'eix de la broca varia modificant així la velocitat de gir de la broca.

- 2- Variador freqüència. Els motors amb que funcionen les taladradores solen ser motors de corrent alterna. Això permet modificar la velocitat de gir del motor canviant el nombre de pols d'un motor o variant la freqüència del corrent altern que l'alimenta. Canviar el nombre de pols d'un motor en marxa és una cosa difícil i per tan és més factible l'altre solució, variar la freqüència del corrent.

De les dues alternatives, si el que es vol és aconseguir una màquina que realitzi un assaig de manera automàtica cal usar el variador de freqüència que es pot programar o connectar a un PC. Al mateix temps, si el que es vol aconseguir un ventall gran de velocitats diferents cal usar el variador de freqüència ja que el sistema de combinacions de politges és molt limitat. Per tan la decisió està clara, s'usarà un variador de freqüència connectat al motor de la taladradora manual per tal de modificar la velocitat de gir de la broca.

- **Poder controlar el temps que transcorre des de que l'eina comença a foradar el material a assajar fins que ja ha fet el forat.**

En aquest procés es necessita un avisador d'inici de forat i un de final per tal de poder començar a comptar i parar de fer-ho. De la mateixa manera cal un sistema que compti el temps i un lloc on aquest temps quedi enregistrat.

Per realitzar això hi ha dos fronts diferents d'acció, el primer, com computar el temps:

- 1- Comptar el temps amb un cronòmetre accionat per algun tipus de sensor.
- 2- Comptar el temps amb un PC amb senyals d'inici i fi donats per algun tipus de sensor.

El segon, com donar el senyal d'inici i de fi de comptar: Per donar el senyal d'inici i fi de forat és clar que s'ha de fer amb algun tipus de sensor que cal ubicar. Aquesta ubicació és el segon front d'acció.

- 1- Sensors a la zona de la columna de la taladradora
- 2- Sensors a la bancada de la màquina
- 3- Sensors a la zona de la politja i els pesos
- 4- Sensors a la zona de la broca



Les dues alternatives que es presenten per comptar el temps són vàlides. Cal pensar que l'objectiu final és poder obtenir una màquina capaç de realitzar un assaig de maquinabilitat i donar un informe de la facilitat o dificultat que té un cert material per treballar-lo. Per aquest motiu tot i complicar més el disseny, construcció i implementació de la màquina s'ha escollit l'opció d'usar el PC. Això és així ja que si es vol una màquina que ofereixi informes fets amb els resultats ha d'intervenir un PC, i per tan ja es pot utilitzar aquest mateix perquè faci el compte del temps.

En el cas d'escollir la ubicació dels sensors, siguin del tipus que siguin, s'han de mirar pros i contres de cadascuna d'elles. Els sensors hauran de marcar l'inici i el final de forat. Aquests s'hauran de poder galgar per foradar diferents profunditats.

1- Sensors a la zona de la columna de la taladradora

Sensors a la zona de columna fan de mal treballar ja que no perceben el moviment descendent de la broca per si mateixos. S'hauria de muntar un sistema auxiliar que permetés que els sensors arribessin a la zona de la broca. Si s'ha de fer això el més normal és ja muntar-ho a la zona de broca no a la columna.

2- Sensors a la bancada de la màquina

Muntar els sensors a la zona de bancada és contraproductiu ja que aquesta és mou i per tan la broca estarà situada a posicions diferents respecte els sensors en cada assaig cosa que fa més complicada la seva realització. (No és una bon solució).

3-Sensors a la zona de la politja i els pesos

Un sistema de sensors situats a la zona de politja mesurant la rotació de la politja i sabent així la profunditat del forat fet no és una mala solució. La problemàtica és que s'ha de galgar els sensors per a cadascuna de les provetes de material ja que segons el gruix d'aquestes la broca entrarà en contacte amb el material havent recorregut menys distància des del punt més alt. Al mateix temps hi ha la dificultat afegida que s'ha d'extrapolat la distància a foradar a l'angle que ha de girar el sistema que dona força a la broca (politja + pesos).



Per aquests motius el sistema de sensors escollit estarà situat al costat de la broca, aquest pot ser un simple sensor palpador que doni senyal quan la broca prengui contacte amb el material i un altre que doni senyal quan el forat tingui la profunditat desitjada.

- **Poder controlar la profunditat del forat de la broca.**

Aquesta qüestió ja ha quedat resolta en l'apartat anterior en l'elecció dels sensors on aquests amb un calibratge previ en quan a distancia a foradar donaran senyal al començar a foradar i al arribar a la profunditat desitjada.

- **Poder moure la peça de manera automàtica durant l'assaig.**

L'interès de poder moure el material a assajar duran l'assaig és que s'han de poder fer molts forats sense la intervenció humana i per tan el que no es pot fer és fer baixar la màquina sempre al mateix lloc perquè sols foradarà la primera vegada.

Alternatives de sistemes que aportin moviment a la peça:

- 1- Taula de coordenades
- 2- Braços hidràulics que moguin la peça posada sobre superfície plana.
- 3- Peça fixada per unes "mordaces" unides a un vis sens fi que s'accioni mitjançant un motor elèctric donant moviment longitudinal a la peça.

De les tres opcions que hi ha la última és la que primer es desestima ja que és una variant de la taula de coordenades i a més, al haver d'agafar la peça directament amb una mordassa, unes pinces o altre artillugi limita les possibles formes del material a assajar. Un sistema hidràulic tot i oferir un control tan bo com el del vis sens fi aporta alhora una dificultat en el seu disseny, muntatge i posta a punt. Per aquestes raons la millor solució passa per una taula de coordenades que sols requereix un costat pla per recolzar contra la bancada i el costat pla indispensable en la zona d'assaig.

Ara be, una taula de coordenades es pot comprar ja fabricada a un cost elevat degut a la precisió que aporten aquests aparells. La màquina que aquí es planteja no necessita moure la peça amb un marge d'error de centèsimes de mil·límetre, amb un error major també funciona.



Per això es decideix dissenyar i construir una taula de coordenades a un menor cost encara que això comporti un augment de l'error de posicionament de la peça del material a assajar.

Arribats a aquest punt ja queden definits els principals elements que constituiran la màquina i sols cal passar al seu disseny. Això, però, no vol pas dir que la màquina estigui formada sols per les parts o peces que aquí s'han escollit. Durant el disseny de la màquina s'incorporen nous elements que aquí no es veuen reflectits.



6. LA MÀQUINA

6.1 PRESTACIONS DE LA MÀQUINA

Els element que s'han escollit en la selecció d'alternatives cal determinar quines característiques han de tenir. Aquests elements són la taladradora manual, els sensors, el PC, la taula de coordenades, la politja i els pesos.

Les prestacions mínimes que han d'aportar els elements són:

· Taladradora manual:

Per tal de poder aconseguir les diferents velocitats de tall del fil de la broca alhora de realitzar l'assaig es fa mitjançant el variador de freqüència. Cal dir però que els components de la taladradora estan dissenyats per treballar a la velocitat de rotació de la taladradora, si aquesta velocitat es supera la vida de la taladradora disminueix en gran mesura. Per aquest motiu el que es busca és una taladradora que permeti treballar a unes velocitats molt elevades i que el variador de freqüència l'únic que faci sigui variar la velocitat de gir dins el rang permès per la màquina.

A la taula 6.1 hi ha una relació de velocitats de tall aconseguides pel fil de l'eina depenent del diàmetre de dita eina i de la velocitat de rotació que té. La velocitat màxima de tall del fil de l'eina que interessa és d'aproximadament 60 m/min. Observant la taula i escollint quin és el diàmetre mínim que es vol usar de broca es pot veure quina velocitat angular ha de donar la màquina. Al cas que ens ocupa es vol una broca de diàmetre 2 mm i mirant la taula 6.1 es veu que es necessita una velocitat de gir d'entre 9.500 i 10.000 rpm. Cal pensar que com més petit sigui el diàmetre de la broca, més assaigs es podran realitzar amb el mateix material.

Tenint en compte que les taladradores manuals acostumen a treballar a un màxim de 4.500 rpm queda clar que aquí és necessita una taladradora manual especial, d'alta velocitat.



		Diàmetre de l'eina de tall (m)								
		0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005
Velocitat angular de l'eina de tall (rpm)	500	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
	1000	3,1	4,7	6,3	7,9	9,4	11,0	12,6	14,1	15,7
	1500	4,7	7,1	9,4	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,6
	2000	6,3	9,4	12,6	15,7	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4
	2500	7,9	11,8	15,7	19,6	23,6	27,5	31,4	35,3	39,3
	3000	9,4	14,1	18,8	23,6	28,3	33,0	37,7	42,4	47,1
	3500	11,0	16,5	22,0	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,0
	4000	12,6	18,8	25,1	31,4	37,7	44,0	50,2	56,5	62,8
	4500	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7
	5000	15,7	23,6	31,4	39,3	47,1	55,0	62,8	70,7	78,5
	5500	17,3	25,9	34,5	43,2	51,8	60,4	69,1	77,7	86,4
	6000	18,8	28,3	37,7	47,1	56,5	65,9	75,4	84,8	94,2
	6500	20,4	30,6	40,8	51,0	61,2	71,4	81,6	91,8	102,1
	7000	22,0	33,0	44,0	55,0	65,9	76,9	87,9	98,9	109,9
	7500	23,6	35,3	47,1	58,9	70,7	82,4	94,2	106,0	117,8
	8000	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113,0	125,6
	8500	26,7	40,0	53,4	66,7	80,1	93,4	106,8	120,1	133,5
	9000	28,3	42,4	56,5	70,7	84,8	98,9	113,0	127,2	141,3
	9500	29,8	44,7	59,7	74,6	89,5	104,4	119,3	134,2	149,2
	10000	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2	109,9	125,6	141,3	157,0
10500	33,0	49,5	65,9	82,4	98,9	115,4	131,9	148,4	164,9	
11000	34,5	51,8	69,1	86,4	103,6	120,9	138,2	155,4	172,7	
11500	36,1	54,2	72,2	90,3	108,3	126,4	144,4	162,5	180,6	
12000	37,7	56,5	75,4	94,2	113,0	131,9	150,7	169,6	188,4	
12500	39,3	58,9	78,5	98,1	117,8	137,4	157,0	176,6	196,3	
13000	40,8	61,2	81,6	102,1	122,5	142,9	163,3	183,7	204,1	
13500	42,4	63,6	84,8	106,0	127,2	148,4	169,6	190,8	212,0	
14000	44,0	65,9	87,9	109,9	131,9	153,9	175,8	197,8	219,8	
14500	45,5	68,3	91,1	113,8	136,6	159,4	182,1	204,9	227,7	
15000	47,1	70,7	94,2	117,8	141,3	164,9	188,4	212,0	235,5	
15500	48,7	73,0	97,3	121,7	146,0	170,3	194,7	219,0	243,4	
16000	50,2	75,4	100,5	125,6	150,7	175,8	201,0	226,1	251,2	

Taula 6.1

· Els sensors:

Els sistema de sensors que s'instal·li a la màquina ha de tenir la possibilitat d'adaptar-se amb diferents profunditats de forat que es pugui exigir a la màquina en realitzar un assaig. Les possibles profunditats poden variar de 5mm a 25mm depenent del gruix del material a assajar i de la broca que s'usi.

Els sensors que s'acaben usant i de quina manera es veu en apartats posteriors.



· El PC:

Aquesta part de la màquina no ha de tenir cap requisit especial apart de que tingui la capacitat de poder-hi connectar una placa d'adquisició de dades. Aquestes plaques es connecten a un "slot" lliure que contingui el PC i permet tan rebre dades de l'exterior com enviar-ne. Això serà imprescindible si el que es vol aconseguir és una màquina amb un cert automatisme.

La majoria de PC, per no dir, tots permeten l'acoblament d'una placa d'aquestes característiques.

· Taula de coordenades:

La taula de coordenades que es necessita per aquest assaig i que per tan ha d'incorporar la màquina és una que tingui la possibilitat d'efectuar dos moviments independents per tal de poder situar la peça sota la broca.

Les dues possibilitats que hi ha són:

- Tenir un moviment longitudinal sobre un eix i un moviment de rotació. Tal i com mostra la figura 6.1.

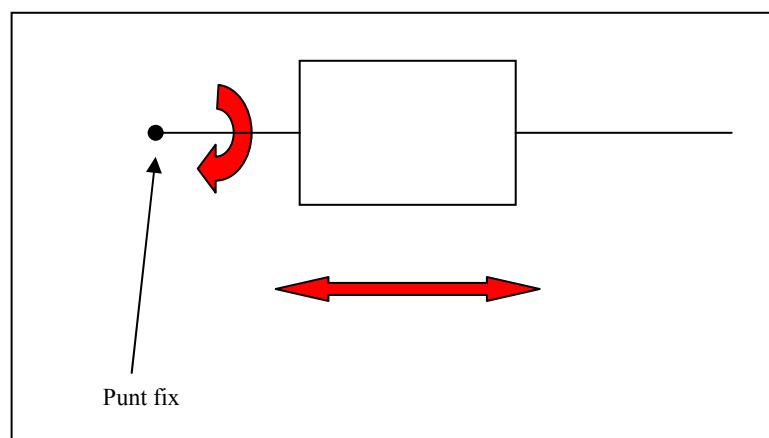


Figura 6.1



- Tenir dos moviments lineals perpendiculars entre ells tal com mostra la figura 6.2. No tenen perquè ser perpendiculars però és la manera més senzilla d'aconseguir moure la proveta i situar-la als punts que convingui.

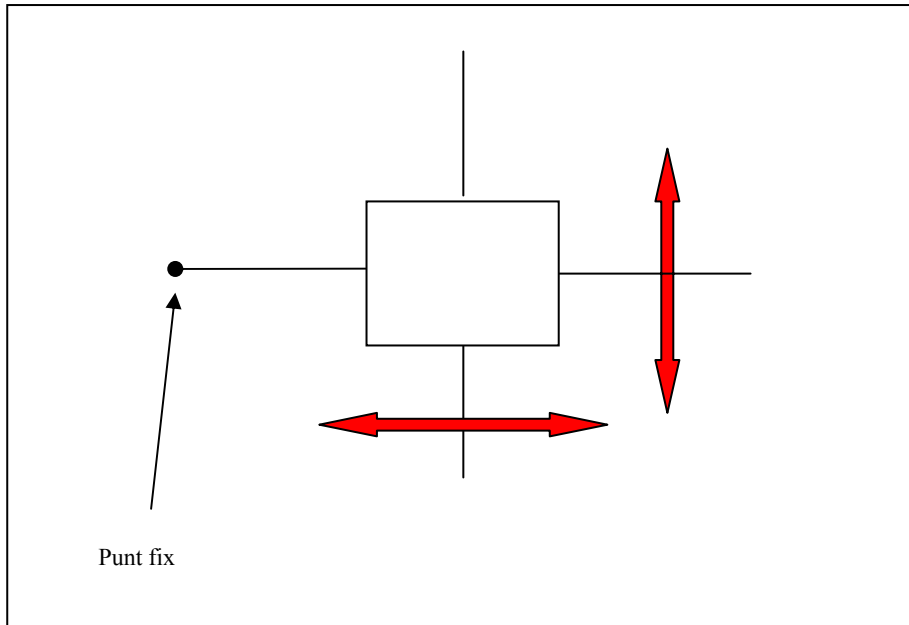


Figura 6.2

Per aquesta màquina s'ha escollit el segon sistema per al moviment de la taula de coordenades.

· Politja i pesos:

Alhora d'escollir la dimensió de la politja i el joc de pesos que acompanyaran la màquina s'ha de saber quina és la força màxima que es vol donar a la broca per fer l'assaig. S'ha de tenir en compte que la broca no exercirà la mateixa força que el pes penjat ja que depenent del diàmetre de la politja i del sistema de transmissió interior de la taladradora, la relació de transmissió no serà igual a 1.

Els pesos i el diàmetre de politja són dos paràmetres que es determinen a l'apartat on s'introdueix el sistema per acostar la broca al material i aixecar la broca un cop el forat ja està fet.



6.2 PARTS DE LA MÀQUINA

Fins aquest punt s'ha mostrat la discussió de les alternatives pel disseny de la màquina en una sèrie de punts clau. No obstant això no implica que no hi hagi més elements de la màquina que mereixen debat. En aquesta presentació de les parts de la màquina i com interaccionen entre elles hi ha elements dels quals no se n'ha parlat fins al moment. Aquests seran anomenats aquí i es discutirà el seu disseny.

La màquina que realitzarà els assaigs es basa en l'adaptació d'una taladradora manual, però és molt més que això. Per poder entrar en més detall en el funcionament i interacció de tots els elements de manera més entenedora, el millor és dividir la màquina en diferents parts:

- Taladradora
- Conjunt d'elevació i descens de la broca
- Conjunt que proporciona el gir a la broca
- Taula de coordenades X-Y
- PC

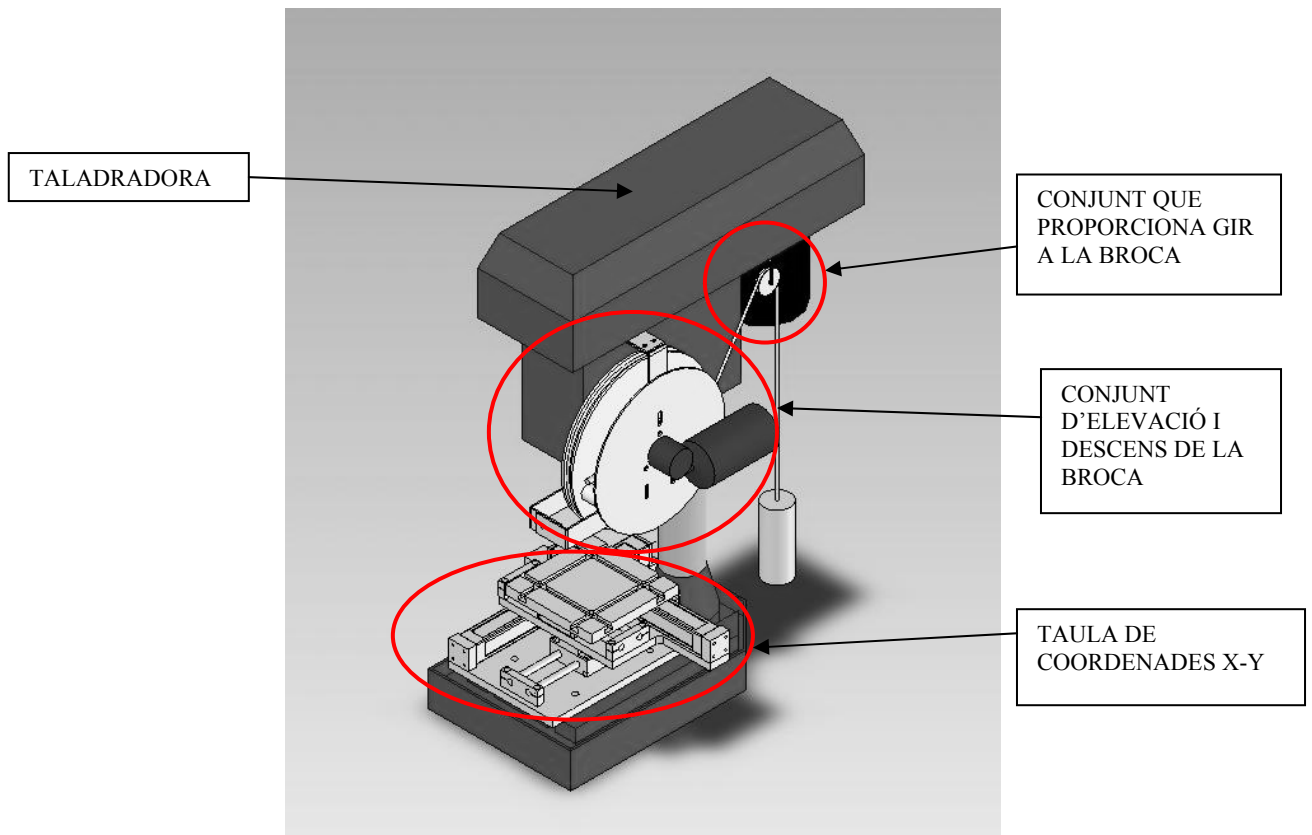


Figura 6.3, Visió general de la màquina.



A la figura 6.3 dona una idea de com és la màquina per tal de poder entendre amb més facilitat el que segueix i a la figura 6.4 es posa de manifest quins conjunts interaccionen entre ells en el funcionament de la màquina en qüestió.

Es té un PC des d'on es controla tota la màquina actuant sobre els blocs especificats, que al mateix temps actuen sobre la taladradora manual.

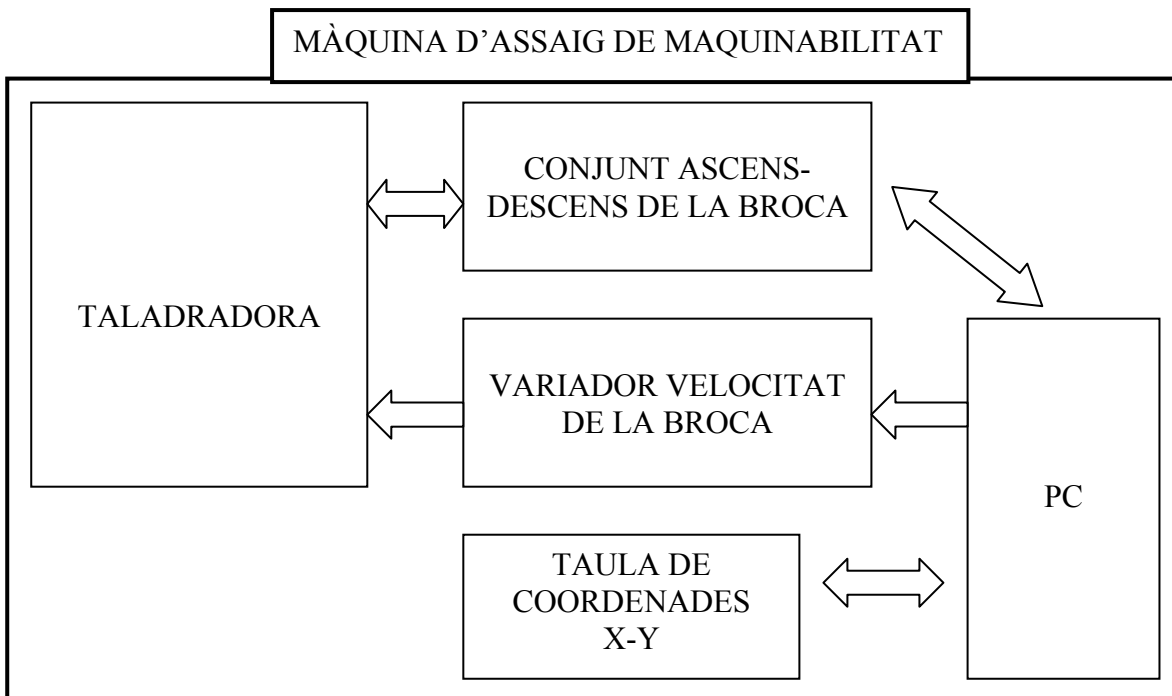


Figura 6.4

A fi de presentar els components de la màquina i poder entrar en més detall, coneixent els blocs principals mostrats a la figura 6.4, es presenta el desglossament de cadascun dels blocs anteriors a la figura 6.5.



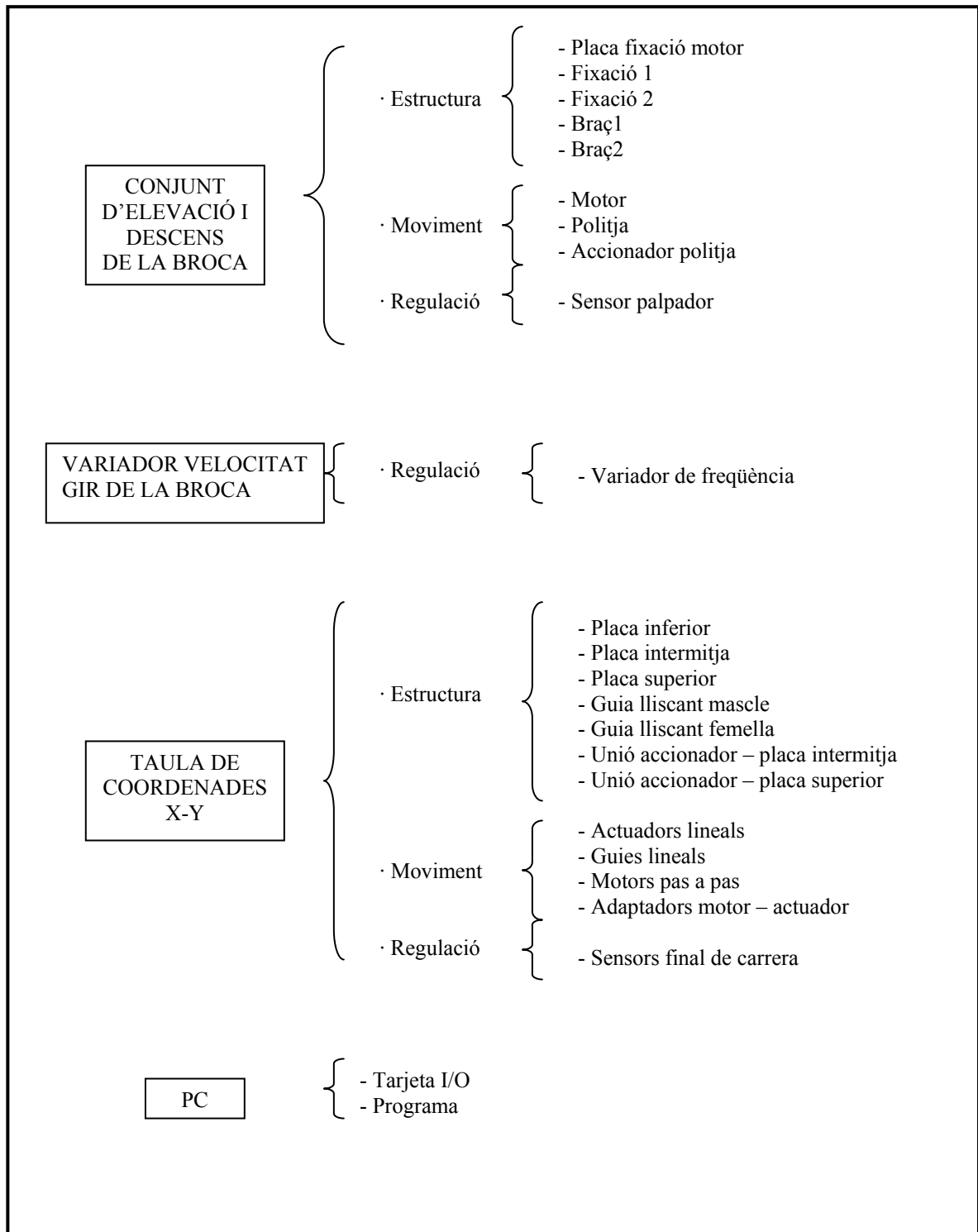


Figura 6.5

Per poder veure detalladament els components de la màquina consultar els plànols presents a l'annex E.



6.3 PROCÉS QUE EFECTUA LA MÀQUINA PER REALITZAR L'ASSAIG

Observar pas a pas tot el procés que ha d'efectuar la màquina permet adonar-se de tots els elements que ha de contenir la màquina i com han d'interactuar entre ells.

Procés:

Per tal de realitzar l'assaig el primer que cal fer és posar la proveta del material sobre la taula de coordenades i fixar-la mitjançant unes mordaces. La peça del material que es vol assajar ha de tenir dues cares planes i paral·leles entre elles, una per poder recolzar sobre la taula de coordenades la peça i que aquesta no es mogui quan la broca foradi i la cara oposada, on s'efectuarà l'assaig. Si la cara superior no és plana i paral·lela a la bancada es pot arribar a enganyar els sensors d'inici i final de forat falsejant els resultats. Les provetes a assajar han de tenir una superfície on poder realitzar els assaigs coneguda i predeterminada al programa informàtic del PC. El programa informàtic és el que regularà els moviments de la taula de coordenades i per tant ha de conèixer la forma de la peça a assajar.

Quan la proveta del material a assajar està fixada a la bancada el primer que ha de fer la màquina és situar la taula de coordenades en la posició inicial tal i com mostra la figura 6.6.

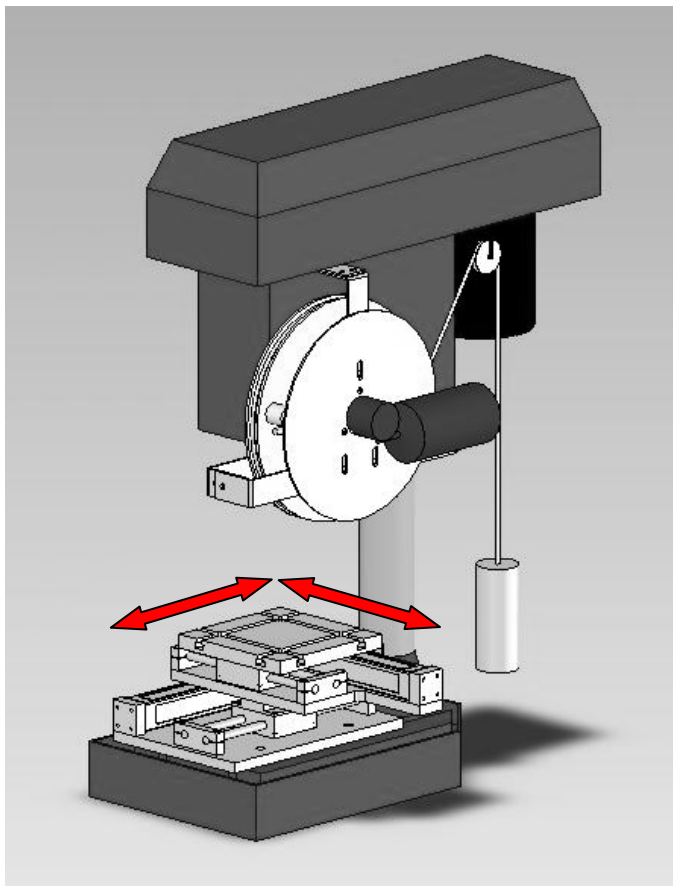


Figura 6.6



Aquesta posició situa la peça al lloc on es fa el primer forat. Aquesta primera posició es fa de manera “manual” controlant la taula de coordenades des del PC. Les successives posicions les determina el programa informàtic de manera automàtica.

Aleshores s'entra al programa les dades amb les característiques d'aquest assaig, el nombre de forats que es vol fer, la forma de la peça a assajar, les velocitats de gir de l'eina, ... i un cop es tenen totes les dades s'executa el programa. En aquest moment s'inicia l'assaig pròpiament dit, es dona ordre des del PC al variador de freqüència de fer girar la broca a la velocitat establerta. Així mateix el programa dona ordre al conjunt d'elevació i descens de la broca per tal d'aproximar la broca a la superfície del material tal i com mostra la figura 6.7. Aquest conjunt el que fa és mitjançant un motor elèctric i uns accionaments mecànics fer rodar la politja i produir un acostament de la broca a la proveta de material.

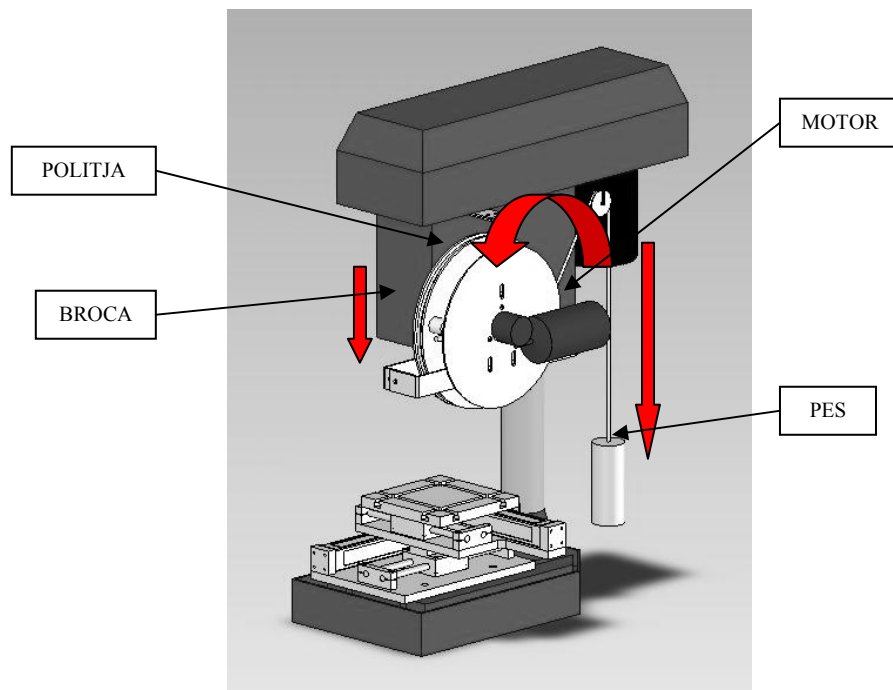


Figura 6.7

Cal tenir en compte que sense l'acció d'aquest motor elèctric i els accionaments mecànics la politja giraria fent baixar la broca per l'acció del propi pes penjat. Per tan l'acció del motor no és la de fer girar la politja sinó retenir la politja perquè aquesta no giri o perquè ho faci poc a poc. El motiu pel qual s'ha de retenir la politja és que la broca no baixi excessivament ràpid i doni un cop al material que s'ha d'assajar. Aquest cop podria danyar els fils de tall de la



broca aconseguint que aquesta no funcioni correctament i falsejar els resultats obtinguts. En aquest assaig no es busca el desgast de la broca com ja s'ha comentat en punts anteriors, però aquest desgast afecta als resultats obtinguts. El desgast, si hi és, ha de venir donat per l'ús de l'eina no per cops innecessaris.

El capçal de la broca baixa i unes dècimes (entre 1 i 4) abans de que la broca toqui el material a assajar, un sensor palpador (figura 6.8) dona senyal de proximitat. La senyal és enviada al PC i el programa respon de tal manera que el motor allibera la politja. La politja comença a actuar lliurement per l'acció del pes, per tan la força que s'aplica al material és única i exclusivament a causa del pes penjat. Simultàniament el Pc comença a comptar per mesurar quan temps tarda a fer-se el forat mentre la broca s'agafa l'avanç necessari depenent de la seva velocitat de gir i la força que aplica sobre el material.

Per alliberar la politja el que es fa és fer girar ràpidament el motor elèctric en el mateix sentit de gir que la politja durant $\frac{3}{4}$ de volta per tal que l'accionador perdi contacte amb la politja i la deixi actuar lliurement. Un cop recorreguts aquests $\frac{3}{4}$ de volta el motor es para esperant nova ordre.

Per aconseguir aquest canvis de funcionament del motor es fa un petit circuit elèctric amb uns relés i unes resistències per tal de fer variar la intensitat que s'aporta al motor depenent de la zona d'actuació.

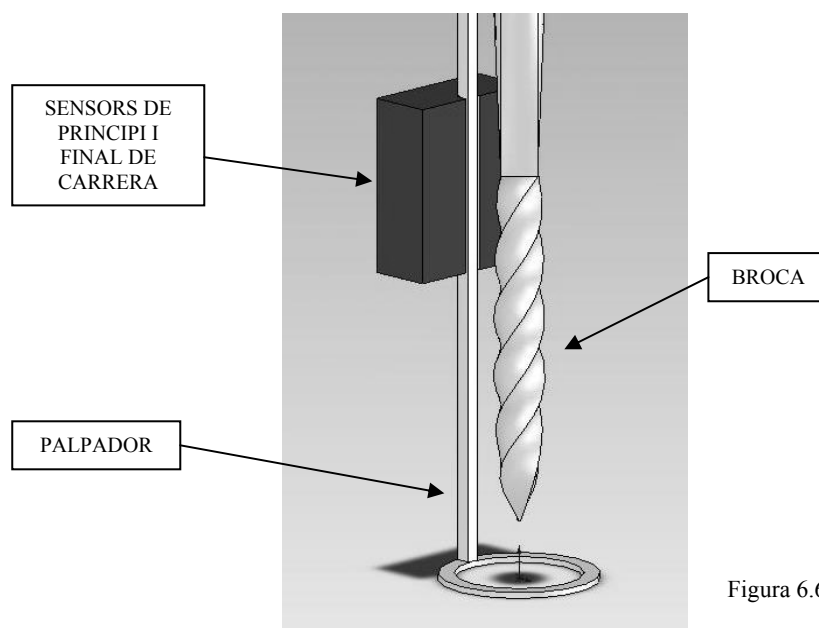


Figura 6.6



Mentre la broca forada, l'anell del palpador està recolzat al material i la guia unida a aquest anell va lliscant dins la caixa, on hi ha els sensors de principi i final de carrera tal i com mostra la figura 6.9. El funcionament del sensor palpador es pot consultar en punts posteriors on es detalla el funcionament de cadascun dels elements que formen la màquina.

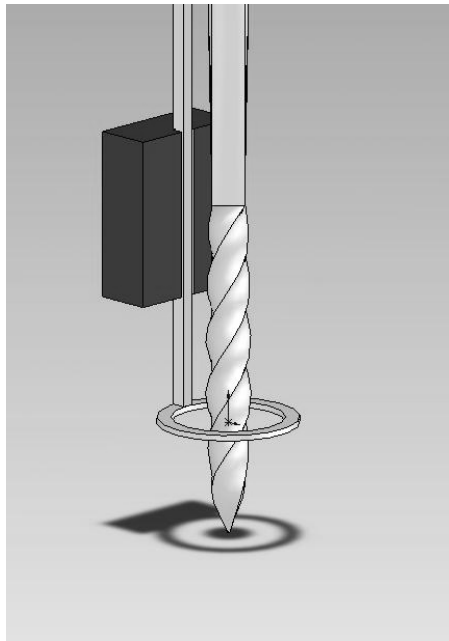


figura 6.9

En haver foradat la distància desitjada dona senyal al PC que para el cronòmetre. En aquest instant ja s'ha fet el forat de la profunditat adequada. Aquesta profunditat ve marcada pels sensors instal·lats en el sistema de palpador que s'ha ajustat abans de fer l'assaig. Aleshores el sensor final de forat dona senyal al circuit que controla el comportament del el motor elèctric del conjunt d'elevació i descens de la broca i aquest actua de nou i en sentit contrari a l'anterior i puja la broca tal com es veu a la figura 6.10.



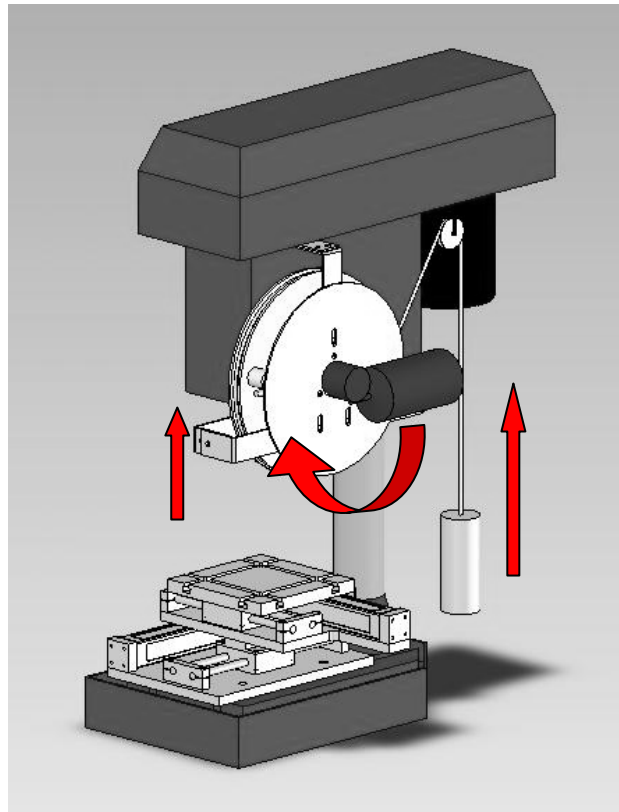


Figura 6.10

Un cop la broca està a la part superior de la seva carrera un sensor dona senyal al PC i al circuit que controla el seu funcionament i aquest regula el motor elèctric per tal de que no segueixi fent força per apujar la broca sinó sols per frenar la baixada.

En el moment en que el sensor abans esmentat dona senyal de que la broca està a la part superior del seu recorregut, el PC dona senyal a la taula de coordenades per tal de que aquesta es mogui situant-se en posició per tal de realitzar un nou assaig, tal i com mostra la figura 6.6.

El PC emmagatzema el valor de temps que s'ha obtingut per tal de realitzar posteriorment l'informe de la maquinabilitat del material.

A partir d'aquí es torna a repetir el procés que s'ha descrit excepte la inicialització de la taula de coordenades.

Aquesta iteració es dona fins tenir el nombre de mesures desitjades per un pes i velocitat determinades. Aleshores es manté la velocitat i es varia el pes aplicat i es fan les noves mesures. Un cop realitzades totes les proves amb tots els pesos, es canvia la velocitat de la broca i la broca per una de nova encara que no s'hagi gastat. Aleshores es torna a realitzar



l'assaig sencer per una altre velocitat. Així el que s'aconsegueix és tenir una llista amb les dades per poder realitzar els càlculs adequats (Eq. 4.5) i poder avaluar la maquinabilitat del material.

En aquesta breu explicació de com actua la màquina durant l'assaig hi falta el funcionament d'alguns elements i la seva actuació. Això és així per tal de facilitar la comprensió del procés. Els elements i el seu funcionament s'aniran explicant al llarg de la memòria.



6.4 TALADRADORA

La taladradora és el component base de la màquina que es dissenya. Aquesta ha de complir una sèrie de requisits per tal de poder realitzar la tasca que se li encomana. Aquests requisits o necessitats són el que es presenta al punt següent.

6.4.1 Necessitats

La taladradora manual necessària per realitzar l'assaig proposat no pot ser una qualsevol, ha de tenir unes característiques que la fan molt especial. La principal característica és la velocitat màxima de rotació de la broca. Aquest punt i la seva justificació ja s'ha comentat amb anterioritat, en el moment que s'ha parlat de les prestacions de la màquina, i per tan aquí sols es recorda que ha de ser de entre 9.500 i 10.000 rpm.

A part de la velocitat màxima hi ha altres requisits mínims que ha de complir que al no ser especials la majoria de taladradores manuals del mercat ho compleixen. Aquests requisits són:

- 0,5 a 1 CV de potència.
- Carrera de la broca de més de 25 mm i de més de 350mm de la columna.

Raonament de les característiques mínimes

- La potència de la màquina ha de ser la suficient com per poder foradar peces metàl·liques, cosa que fan totes les taladradores manuals i per tan no és un requisit especial. Les potències de les taladradores normals és de 0,5 a 1 CV que és suficient per l'assaig que aquí es vol realitzar.
- La carrera de més de 25 mm és per poder fer forats de fins a 25mm de profunditat. Aquesta també és una característica molt comú en les taladradores on el recorregut està per sobre dels 200mm. Al mateix temps es vol un recorregut de tot el cap de la taladradora per la columna de més de 350mm que és l'alçada màxima estimada que pot tenir la taula de coordenades.
- La velocitat de gir de la broca ja s'ha comentat en punts anteriors i per tan aquí no es torna a repetir.



6.4.2 Elecció d'entre els candidats

La màquina que es necessita és una taladradora manual d'alta velocitat. Al mercat, de fabricants de taladradores n'hi ha molts i amb una gamma molt ampla on escollir. Tot i això, taladradores manuals que arribin fins a aquestes velocitats no n'hi ha gaires. El motiu és que per foradar el material no es necessiten aquestes velocitats de gir tan elevades. Una taladradora manual pot arribar a treballar a un màxim de 4.500 rpm. Aquesta velocitat ja es suficient com per permetre foradar el material Treballar a una velocitat de gir més elevada comporta muntar millors rodaments, aconseguir millor alineament dels elements, etc. En resum, muntar una sèrie d'elements més precisos i econòmicament més costosos. Per aquest motiu no és habitual que els fabricants de taladradores manuals disposin d'aquestes màquines. Els models del mercat que presenten les característiques que es requereixen són els que es poden trobar a la taula 6.2. (No s'ha trobat constància de cap altre model).

DESCRIPCIÓ	θ (RPM)	PREU (€)
SYDERIC SL-10	Des de 660 fins a 12.000	3.537
ACME-AIKARTU T-10/1	Des de 600 fins a 9000	3.435
ERLO SV.18	8.000	3.989

Taula 6.2, màquines d'alta velocitat presents al mercat.

De les màquines presents a la taula 6.2 s'escull la primera per la gran versatilitat en velocitats que presenta i un preu raonable, en comparació a les altres. En cas de voler consultar les característiques tècniques de la màquina, a l'annex A hi ha la fitxa tècnica d'aquesta.



6.5 CONJUNT D'ELEMENTS QUE PERMETEN L'ELEVACIÓ I DESCENS DEL CAPÇAL DE LA BROCA

Aquest conjunt és l'encarregat dins la màquina d'acostar la broca a la proveta amb el material a assajar de manera suau per tal de no danyar la broca amb cops inútils. També és l'encarregat de apujar la broca un cop ja s'ha realitzat el forat així com mantenir-la a la posició més alta del seu recorregut mentre la taula de coordenades es mou situant la peça per tal de poder tornar a foradar.

S'ha comentat en apartats anteriors que la broca forada el material sota l'acció d'un pes constant penjat d'un cable enrotllat a un polítila. Cal dir que aquest sistema funciona a la perfecció en el moment de fer el forat però necessita un altre sistema de suport per tal de acostar la broca al material així com alhora de fer pujar la broca. El perquè d'aquest sistema auxiliar és molt senzill, si la broca en la posició més elevada de la seva carrera es deixa lliure, l'acció del pes penjat farà que la broca baixi adquirint cada cop més velocitat per l'acció de la gravetat. En el moment en que la broca entri en contacte amb el material aquesta rebrà un cop important.

En aquest assaig no es busca el desgast de l'eina per tal de determinar si el material és de bon treballar o no ho es però això no vol dir que el desgast de l'eina no afecti als resultats de l'assaig. Per aquest motiu, si els fils de tall de la broca sofreixen un desgast o trencament aquest ha d'haver-se produït tallant, no a base de cops innecessaris de la broca contra el material.



6.5.1 Parts que componen el conjunt:

El conjunt d'elevació i descens de la broca està format per una colla d'elements que es poden veure a la figura 6.11 i de forma molt més detallada en els apartats successius.

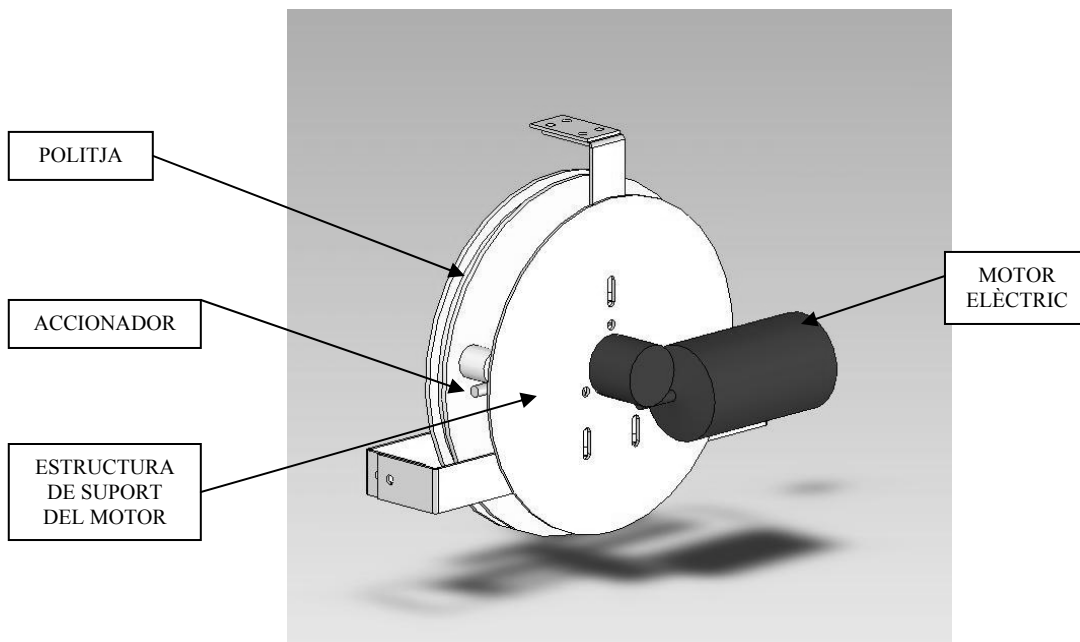


Figura 6.11

6.5.2 Politja

La funció principal de la politja és aconseguir que la força generada pels pesos es transmeti a la broca alhora de realitzar l'assaig. Per poder dur a terme aquesta tasca una bona solució és la de posar una politja amb un cable suficientment resistent enrotllat al seu voltant i els pesos penjant d'aquest. L'acció de la gravetat sobre els pesos els estirà cap avall provocant un moviment giretor de parell constant sobre l'eix de gir de la politja. Es pot considerar parell constant si es desprècia la variació de diàmetre que hi haurà al desenrotllar-se el cable del voltant de la politja. Aquest parell serà transmès a través del mecanisme de la taladradora a la broca.



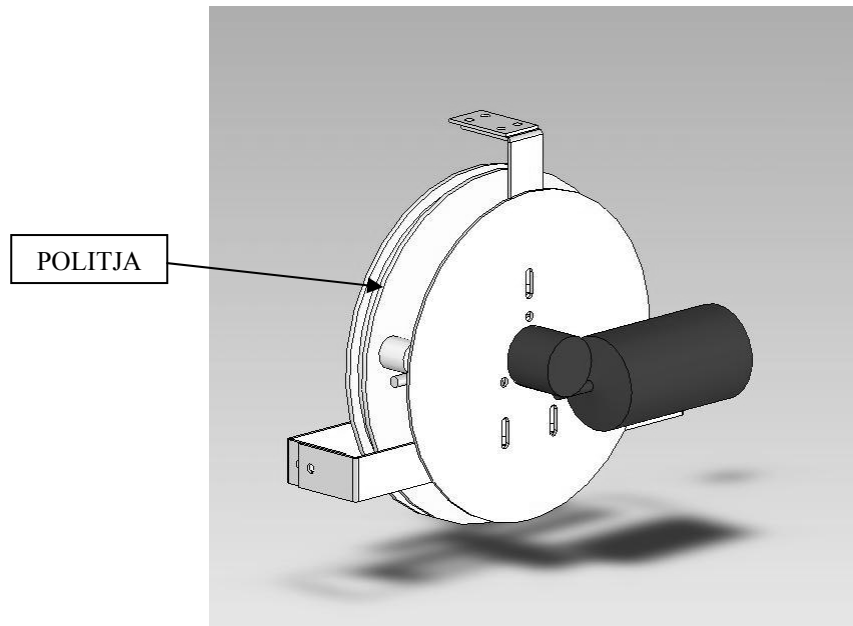


Figura 6.12

Per qualsevol dubte constructiu referent a la politja o al conjunt consular annex E on hi ha els plànols de les peces de la màquina.

Alternatives

Les possibles alternatives a la politja són en tot cas o més complicades o menys efectives. Aquestes però ja s'han comentat en apartats anteriors en la proposta d'alternatives.

Material

Aquest és un component del conjunt que no està sotmès a cap tipus de fatiga ni esforç devastador. Per aquest motiu un plàstic com ara el nylon és una bona elecció que permet alhora alleujar pes a l'estructura si es compara a una peça metàl·lica i oferir una resistència més que suficient per la tasca que se li encomana. L'elecció de nylon com a material és també gràcies al fet que en el seu funcionament ha d'entrar en contacte amb elements metàl·lics. Si la politja fos metàl·lica el desgast sofert per les peces durant la seva interacció seria major i al mateix temps acústicament podria arribar a ser molest al contactar els dos metalls.



Interacció

La interacció que te la politja amb el seu voltant és senzilla i al mateix temps imprescindible pel bon funcionament del conjunt. És un dels elements que transmeten el moviment del motor elèctric a la taladradora provocant el moviment de pujar i baixar de la broca. Al mateix temps, la politja, és la peça que transmet la força constant gràcies als pesos a la broca per poder realitzar l'assaig de maquinabilitat.

Fabricació

Aquesta peça no es compra ja feta sinó que es fabrica. Pensant que aquesta màquina es podria comercialitzar i que per tan que no es tracta de fabricar una sola politja sinó moltes en cadena, el que s'ha fet és elaborar un cicle de fabricació que es pot consultar a l'Annex D on surten tots els passos a seguir per aconseguir fabricar aquesta peça..

Comentaris sobre el disseny de la peça

L'elecció del diàmetre de la politja és qüestió del parell que es vol transmetre a la taladradora a través del seu eix. Observant la taula 6.3 es pot veure tot el ventall de possibilitats. Es creu suficient amb poder exercir un parell màxim de 25Nm sobre l'eix de la taladradora ja que la realització de l'assaig no fa necessari que la broca exerceixi una gran força sobre el material. Amb aquest raonament una politja de 300mm de diàmetre amb possibilitat de penjar-hi 16 Kg és suficient.



		Diàmetres de politja (mm)										
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Pes (Kg)	3,5	0,86	1,72	2,58	3,43	4,29	5,15	6,01	6,87	7,73	8,58	10,30
	4,0	0,98	1,96	2,94	3,92	4,91	5,89	6,87	7,85	8,83	9,81	11,77
	4,5	1,10	2,21	3,31	4,41	5,52	6,62	7,73	8,83	9,93	11,04	13,24
	5,0	1,23	2,45	3,68	4,91	6,13	7,36	8,58	9,81	11,04	12,26	14,72
	5,5	1,35	2,70	4,05	5,40	6,74	8,09	9,44	10,79	12,14	13,49	16,19
	6,0	1,47	2,94	4,41	5,89	7,36	8,83	10,30	11,77	13,24	14,72	17,66
	6,5	1,59	3,19	4,78	6,38	7,97	9,56	11,16	12,75	14,35	15,94	19,13
	7,0	1,72	3,43	5,15	6,87	8,58	10,30	12,02	13,73	15,45	17,17	20,60
	7,5	1,84	3,68	5,52	7,36	9,20	11,04	12,88	14,72	16,55	18,39	22,07
	8,0	1,96	3,92	5,89	7,85	9,81	11,77	13,73	15,70	17,66	19,62	23,54
	8,5	2,08	4,17	6,25	8,34	10,42	12,51	14,59	16,68	18,76	20,85	25,02
	9,0	2,21	4,41	6,62	8,83	11,04	13,24	15,45	17,66	19,87	22,07	26,49
	9,5	2,33	4,66	6,99	9,32	11,65	13,98	16,31	18,64	20,97	23,30	27,96
	10,0	2,45	4,91	7,36	9,81	12,26	14,72	17,17	19,62	22,07	24,53	29,43
	10,5	2,58	5,15	7,73	10,30	12,88	15,45	18,03	20,60	23,18	25,75	30,90
	11,0	2,70	5,40	8,09	10,79	13,49	16,19	18,88	21,58	24,28	26,98	32,37
	11,5	2,82	5,64	8,46	11,28	14,10	16,92	19,74	22,56	25,38	28,20	33,84
	12,0	2,94	5,89	8,83	11,77	14,72	17,66	20,60	23,54	26,49	29,43	35,32
	12,5	3,07	6,13	9,20	12,26	15,33	18,39	21,46	24,53	27,59	30,66	36,79
	13,0	3,19	6,38	9,56	12,75	15,94	19,13	22,32	25,51	28,69	31,88	38,26
13,5	3,31	6,62	9,93	13,24	16,55	19,87	23,18	26,49	29,80	33,11	39,73	
14,0	3,43	6,87	10,30	13,73	17,17	20,60	24,03	27,47	30,90	34,34	41,20	
14,5	3,56	7,11	10,67	14,22	17,78	21,34	24,89	28,45	32,01	35,56	42,67	
15,0	3,68	7,36	11,04	14,72	18,39	22,07	25,75	29,43	33,11	36,79	44,15	
15,5	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	45,62	
16,0	3,92	7,85	11,77	15,70	19,62	23,54	27,47	31,39	35,32	39,24	47,09	
16,5	4,05	8,09	12,14	16,19	20,23	24,28	28,33	32,37	36,42	40,47	48,56	
17,0	4,17	8,34	12,51	16,68	20,85	25,02	29,18	33,35	37,52	41,69	50,03	
17,5	4,29	8,58	12,88	17,17	21,46	25,75	30,04	34,34	38,63	42,92	51,50	
18,0	4,41	8,83	13,24	17,66	22,07	26,49	30,90	35,32	39,73	44,15	52,97	
18,5	4,54	9,07	13,61	18,15	22,69	27,22	31,76	36,30	40,83	45,37	54,45	
19,0	4,66	9,32	13,98	18,64	23,30	27,96	32,62	37,28	41,94	46,60	55,92	
19,5	4,78	9,56	14,35	19,13	23,91	28,69	33,48	38,26	43,04	47,82	57,39	
20,0	4,91	9,81	14,72	19,62	24,53	29,43	34,34	39,24	44,15	49,05	58,86	
20,5	5,03	10,06	15,08	20,11	25,14	30,17	35,19	40,22	45,25	50,28	60,33	

Taula 6.3

6.5.3 Motor elèctric

Per poder pujar i baixar el capçal de la broca es necessita un element que proporcioni la força. En aquest disseny es proposa que aquest element sigui un motor elèctric de corrent continu. Aquest és l'encarregat de donar el parell necessari per tal de fer girar la politja cap un costat o cap a l'altre i aconseguir allunyar o acostar la broca del material a assajar.



Necessitats

Per dur a terme l'assaig de maquinabilitat proposat és necessari un motor que permeti:

- Funcionar a velocitat lenta donant un parell més o menys constant
- Donar parell funcionant en els dos sentits de gir.
- Facilitat en el seu control.
- Proporcionar parell suficient per tota la gamma de pesos que es penjaran en els assaigs.

Elecció tipus de motor

Dins totes les opcions de motors elèctrics que hi ha al mercat, que son moltes, el que millor s'adapta a les necessitats que es requereixen degut al seu comportament és el motor de corrent continu. El perquè d'aquesta afirmació es veu clarament amb els comentaris següents:

- Els motors de corrent alterna necessiten funcionar a un règim determinat de voltes per poder treballar bé i en aquesta aplicació la velocitat és molt baixa. Es pot reduir la velocitat de l'eix sortint amb un reductor però aleshores hi hauria el problema del control del motor. Els motors d'alterna no són els més adequats per tal de controlar el moviment.
- Els motors pas a pas són els més adequats si hom es fixa en el control que es pot exercir sobre ells però el ventall de parells que poden oferir és força limitat. En l'aplicació que es presenta el parell no és exageradament elevat pels motors elèctrics, però potser sí per motors pas a pas.

En conclusió, el motor de corrent continu és el més adequat ja que permet accedir a un gran ventall de parells amb ajut de petits reductors. Al mateix temps el parell que pot oferir en cada instant és de fàcil regular i permet oferir grans parells a velocitats molt petites que en aquest cas és el que interessa. A més el motor CC (corrent continu) permet donar parell estant parat. (actuar de fre). D'aquesta manera no cal muntar un fre mecànic al sistema. Aquesta i les altres característiques del motor CC es posen de manifest a les figures 6.13 i 6.14 on és pot veure, a tall d'exemple, dos gràfics del comportament de diferents motors de corrent continu.



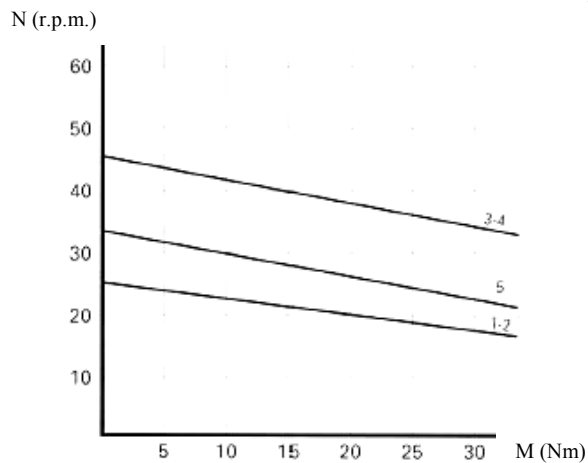


figura 6.13

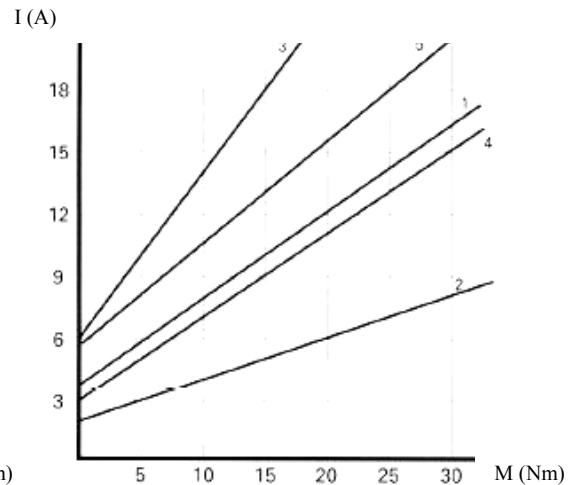


figura 6.14

Observant els gràfics hom s'adona que el motor de corrent continu no necessita estar a una certa velocitat de rotació per poder oferir un parell de manera mes o menys constant com podrien ser els motors síncrons o asíncrons. Una altre avantatge és que el parell de treball que ofereix el motor depèn de la intensitat que circula pel motor, cosa fàcilment regulable.

Requeriments

Per poder escollir un motor és imprescindible conèixer les condicions en les que ha de treballar i quin és el parell que ha d'exercir durant el seu funcionament. En aquesta situació es considera que el motor treballa de forma intermitent, girant en els dos sentits i amb un parell màxim de 23,54 Nm. Aquest parell ve donat pel pes màxim (16 Kg) aplicat a la politja (diàmetre 300mm). A la taula 6.4 es pot veure tots els possibles parells que haurà d'exercir el motor en algun moment durant el seu funcionament.



Pes (Kg)	Parell resultant a l'eix de la politja (Nm)
0.5	0.74
1	1.47
1.5	2.21
2	2.94
2.5	3.68
3	4.41
3.5	5.15
4	5.89
4.5	6.62
5	7.36
5.5	8.09
6	8.83
6.5	9.56
7	10.3
7.5	11.04
8	11.77
8.5	12.51
9	13.24
9.5	13.98
10	14.72
10.5	15.45
11	16.19
11.5	16.92
12	17.66
12.5	18.39
13	19.13
13.5	19.87
14	20.6
14.5	21.34
15	22.07
15.5	22.81
16	23.54

Taula 6.4, parell necessari segons pes aplicat a politja.



Per tan el motor adient ha de poder exercir un parell de 23.54 Nm. S'ha de tenir en compte que no es treballa sempre amb el pes màxim, sinó al contrari, el més habitual serà treballar amb pesos de fins a mitja taula (taula 6.4), uns 8 kg com a màxim i consegüentment entre 11 i 12 Nm. Per aquest motiu un motor + reductor que pugui arribar a exercir els 23,54 Nm serà adequat per aquesta aplicació ja que no anirà forçat ni sobrecarregat en la major part de la utilització i en cas de ser necessari pot treballar amb pesos de fins a 16 Kg..

Elecció

Al mercat la oferta de motors de corrent continu és molt amplia, existeixen un gran ventall de marques i models. La proposada per aquest cas és un motoreductor de la casa DOGA, el model 259 amb referència 259.9008.30.00 que permet exercir un parell nominal de 25 Nm, un parell d'arrencada de 135Nm i una velocitat nominal de 25 r.p.m.. En cas de voler més informació consultar la fitxa tècnica a l'annex A.

6.5.4 Estructura de suport del motor

Aquest element o conjunt d'elements tenen la funció de subjectar el motor elèctric en un pla paral·lel al de la politja i amb la sortida de l'eix del motor concèntrica amb la politja. Aquesta estructura ha de ser tal que no permeti el moviment o balanceig del motor durant el seu funcionament així com un fàcil muntatge i desmuntatge de la mateixa.

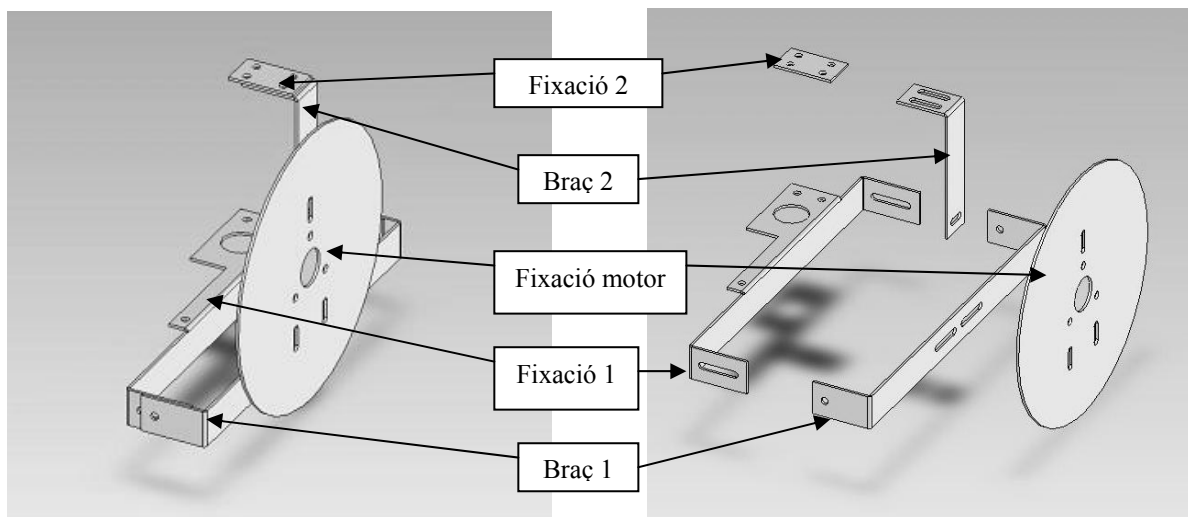


Figura 6.15

Els plànols de les peces i el conjunt de la màquina es poden consultar a l'annex E.



Alternatives

Les possibles alternatives a aquesta estructura són moltes i de formes diverses que poden disposar els elements d'una manera diferent. Aquesta presenta un fàcil muntatge així com un nombre baix de peces que formen el conjunt. Pels motius esmentats s'ha pres aquesta solució com a definitiva.

Material

L'estructura que es presenta no sofreix grans tensions ni esforços que puguin danyar-la de forma important. Per aquest motiu es realitzarà de planxa d'acer de 3mm de gruix amb un tractament final de zincat per tal de protegir l'estructura de la corrosió

Fabricació

Aquest conjunt de peces es fabriquen expressament. Pensant que aquesta màquina es podria comercialitzar el que s'ha fet és un cicle de fabricació per cada peça que es pot consultar a l'Annex D.

6.5.5 Sensors

El conjunt d'elevació i descens de la broca es l'encarregat d'acostar la broca a la superfície a assajar i en ser suficientment a prop deixar-la actuar lliurement sota l'acció dels pesos. Per saber en quin moment el conjunt ha d'actuar d'una manera o altre es disposa de 4 sensors que controlen el moviment del motor elèctric.

Els 4 sensors necessaris per al correcte funcionament del conjunt d'ascens i descens de la broca anomenats per ordre de funcionament són:

- Inici de forat
- Final de recorregut d'escapada de l'accionador
- Final de forat
- Final del recorregut ascendent del capçal de la broca



Els sensors inici i final de forat estan units en un sol conjunt anomenat sensor palpador com es pot veure a la figures 6.16. Aquest a part de l'anella, la guia i els dos sensors dins la caixa disposa d'una molla que empeny la guia mantenint-la de manera tal que si no actua cap tipus de força el sensor sempre està en disposició per activar el primer sensor.

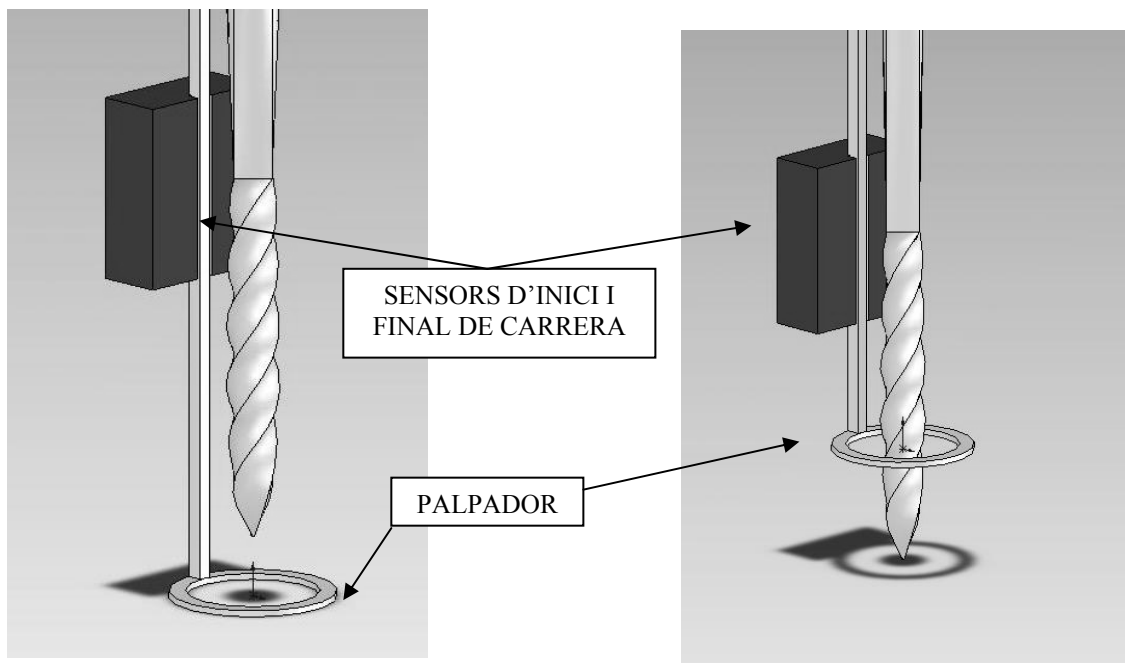


Figura 6.16

De sensors n'hi ha de molts tipus i mides diferents, per poder veure, a tall d'exemple, tot ventall de possibilitats consultar annex A on hi ha el catàleg d'un fabricant.



Funcionament del conjunt de 4 sensors:

· Sensor palpador (sensor inici forat + sensor final forat): Per poder seguir millor l'explicació del funcionament dels sensors mirar esquema de la figura 6.17. El palpador i els sensors baixen amb la broca acostant-se a la superfície del material a assajar. Quan el palpador toca la superfície del material a assajar, la guia llisca per l'interior de la caixa on hi ha els sensors activant el sensor d'inici de carrera o sensor de contacte (sensor 1). Aleshores el sensor dona senyal a un petit circuit i aquest fa que el motor elèctric deixi lliure la broca sota l'acció del pes i alhora senyal al PC per tal que comenci a comptar el temps. La broca va foradant mentre el palpador es manté recolzat contra el material i la guia llisca per l'interior dels sensors que es mouen solidaris a la broca. En foradar la distància suficient, el palpador que ha anat mesurant la distància dona una altra senyal en passar per davant del sensor final de carrera (sensor 2) i el conjunt d'elevació i descens torna a actuar fent pujar la broca i el PC para el cronòmetre.

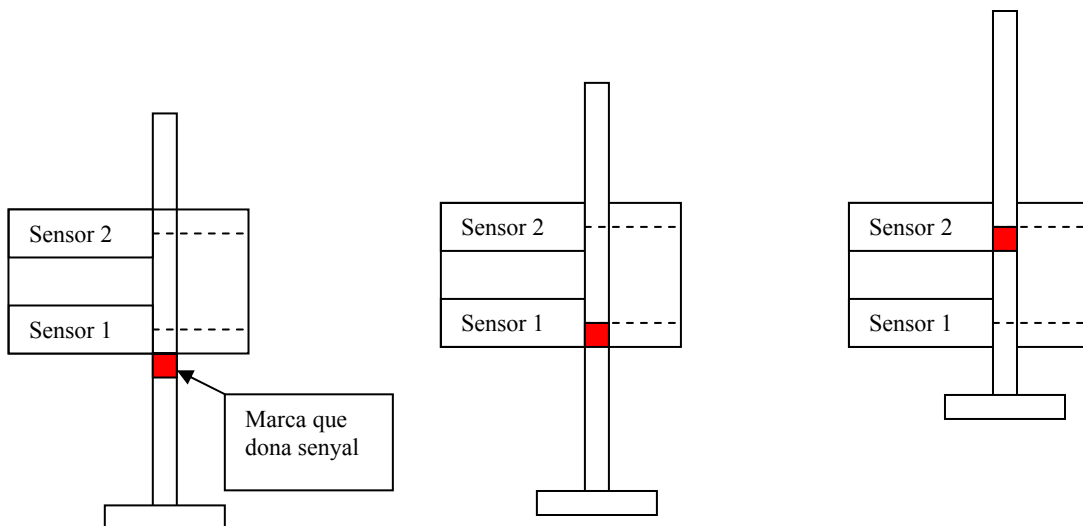


Figura 6.17

Es disposarà d'un petit sistema elèctric amb uns relés que fa és canviar el corrent que passa pel motor de corrent continu canviat així el seu sistema de treball.

En fer contacte el primer sensor, el motor canvia de direcció de gir i s'accelera (és el moment que la broca toca el material a assajar), l'accionador perdrà contacte amb el tac de la politja i per tan es deixarà els pesos actuar lliurement. S'ha de recordar que el motor a través de l'accionador no empenya la politja per fer-la rodar sinó que la retenia perquè no s'accelerés. A més el motor no es manté accelerat indefinidament sinó que poc després d'accelerar-se es para.



S'ha de parar abans de fer una volta per tal de no tenir contacte de l'accionador amb el tac de la politja per l'altre costat.

En fer contacte el segon sensor, es torna a canviar el circuit del motor i aquest comença a girar en sentit contrari al pas anterior, l'accionador pren contacte amb el tac de la politja i es fa pujar la broca fins a la seva posició superior.

- Sensor final de recorregut d'escapada de l'accionador: Aquest sensor atura el motor després de que aquest s'acceleri per tal d'alliberar la retenció que ofereix a la politja deixant que aquesta actuï lliurement.

- Sensor de final de recorregut ascendent: Aquest sensor dona senyal per tal que el motor s'aturi retenint la broca a la seva posició més elevada mentre es mou de lloc la proveta per tal de fer un nou forat. En fer contacte el sensor de final de carrera de la broca, el motor ha de quedar-se fent força per actuar de fre i impedir que la politja rodi mentre la taula de coordenades es situa en una nova posició per foradar el material. En estar tot a punt el PC donarà senyal al sistema i es canviarà de nou al circuit inicial per fer baixar la broca.

Alternatives

La discussió d'aquest sistema per conèixer la situació de la broca respecte el material ja s'ha fet en un apartat anterior, en la discussió d'alternatives. Els sensors que s'ha decidit usar en aquest palpador són sensors fotoelèctrics, tot i que també podrien ser de contacte. La diferència en el muntatge entre uns i altres és molt similar, per tan es deixa oberta la possibilitat de muntar uns o altres en funció de les ofertes que pot oferir el mercat en cada moment.



6.5.6 Sistema d'accionaments

Per poder transmetre el gir i el parell que proporciona el motor elèctric a la taladradora per fer pujar o baixar el capçal de la broca cal que hi hagi uns elements pont que transmetin dit moviment. Dins el conjunt d'accionaments hi ha quatre elements:

- Acoblament motor-accionador (Ref. 1980-01-10)
- Accionador (Ref. 1980-01-11)
- Tac politja (Ref. 1980-01-26)
- Fixació politja (Ref. 1980-01-04)

- Les referències que es donen son dels plànols de les peces que es poden consultar a l'annex E.-

El motor porta agafat al seu eix l'acoblament motor accionador que permet la fixació de l'accionador. Aquest accionador és una barra de ferro que transmetrà el moviment a la politja a través del tac unit a aquesta. Finalment la fixació de la politja uneix la politja amb l'eix sortint de la taladradora per on es transmetrà el moviment cap al capçal de la broca. Es tracta d'un sistema molt senzill però efectiu.

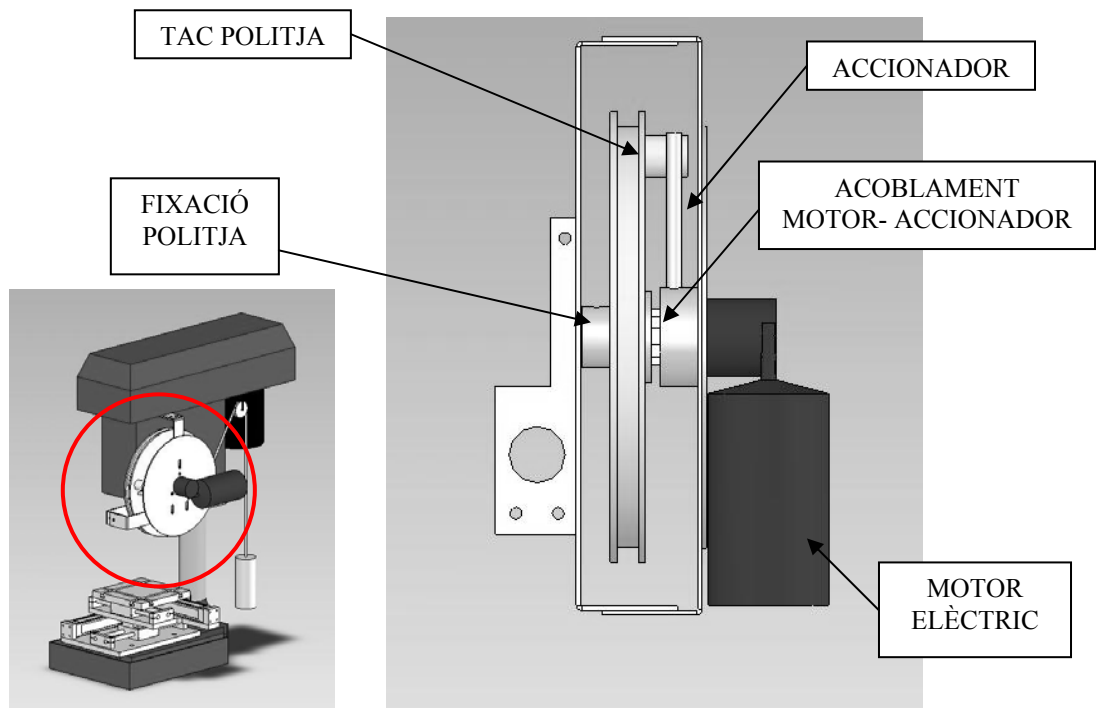


Figura 6.18, a l'esquerra vista isomètrica de la màquina i a la dreta vista inferior del conjunt.



Alternatives

Una alternativa vàlida per realitzar la transmissió de moviment entre motor elèctric i taladradora és a través d'un embragatge. Un embragatge permet transmetre moviment quan es requereix i quan no deixar el sistema actuar lliurement. En aquest cas un embragatge per realitzar aquesta tasca transmetent tan poc parell encarriria el conjunt de la màquina. Per aquest motiu s'ha decidit fer-ho amb els elements presentats anteriorment. La solució és més senzilla, barata i igualment efectiva.

Material

El material amb el que estan fabricades les peces que formen part de l'accionament no és el mateix per totes.

- El tac politja està fabricat de nylon.
- La politja és de nylon.
- Acoblament motor accionador és d'acer F-114.
- Accionador és d'acer A 42.
- Fixació politja és d'acer F-114.

S'ha tingut en compte que la zona en la que es poden produir cops i fregament entre les peces en aquesta transmissió és entre l'accionador i el tac politja, per aquest motiu, sembla encertat fer-los un d'acer i l'altre de nylon. El xoc d'aquests dos materials no produirà tantes vibracions ni sorolls desagradables.

Els elements metàl·lics rebran un tractament de zincat per tal d'evitar la corrosió i ja que els esforços que es transmeten no són molt elevats, no és necessari que siguin materials de gran resistència.

L'accionador és la peça que pot sofrir més deformació. Aquesta deformació, però, no afecta per res al bon funcionament de la màquina i per comprovar això es fa un càlcul de la deformació de l'accionador.



Càlcul de deformació de l'accionador:

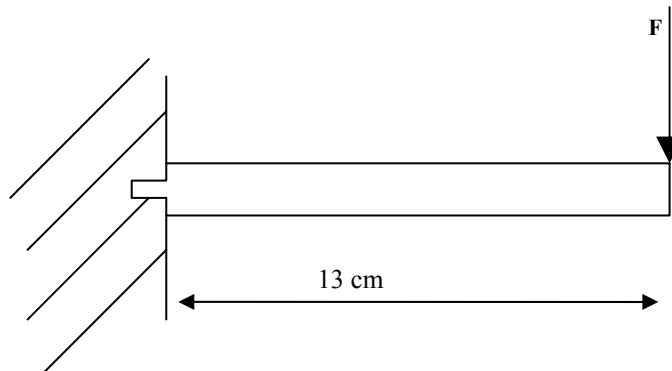


Figura 6.19

Partint del parell màxim al que es pot veure forçar l'accionador es calcula la fletxa:

$$\Gamma_{m\grave{a}x} = 23,54 Nm \quad (\text{Com ja s'ha vist anteriorment})$$

$$\Gamma_{m\grave{a}x} = F \cdot 0,13 \Rightarrow F = 181,1 N \Rightarrow P = 18,45 Kg$$

Amb aquesta força es calcula la fletxa:

$$v = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I_x}$$

Sabent:

$$P = 18,45 Kg$$

$$l = 13 \text{ cm}$$

$$E = 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I_x = 0,102 \text{ cm}^4$$

Es té:

$$V = 0,063 \text{ cm} = \mathbf{0,63 \text{ mm}}$$

Aquesta fletxa pel funcionament que té la màquina es pot considerar despreciable ja que no afectarà per res el bon funcionament del sistema. El que si cal assegurar és que en cap moment es superi el límit elàstic del material per tal de que no es trenqui.



Per una barra cilíndrica de 10 mm de diàmetre d'acer A 42 es té:

$$\sigma_{adm} = 2.600 \text{ Kg/cm}^2$$

$$W_x = 0,098 \text{ cm}^4$$

$$l = 13 \text{ cm}$$

$$P = 18,45 \text{ Kg}$$

Per saber si es supera el límit elàstic del material es fa:

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{m\grave{a}x} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{P \cdot l}{W_x}$$

Aïllant de l'expressió anterior P es té:

$$\mathbf{P \leq 34 \text{ Kg}}$$

Com que el pes màxim que s'usarà és de 16Kg no es té cap problema per part de l'accionador ni el seu material.

Fabricació

Totes les peces que intervenen en la transmissió són dissenyats expressament per la màquina que aquí es tracta. Els cicles de fabricació de cadascuna de les peces es poden consultar a l'Annex D i els plànols a l'annex E.



6.5.7 Elements auxiliars

Per tal que la màquina funcioni correctament hi ha una sèrie d'element que, tot i no pertànyer directament al conjunt d'elevació i descens del capçal de la broca, intervenen en el procés efectuat per aquest. Aquests element són:

- Politja petita auxiliar. Politja de dimensions petites, al mercat n'hi ha de molts tipus diferents, només s'ha d'assegurar que pot aguantar els esforços requerits.
- Cable d'acer de Ø5 mm amb ganxo a un dels extrems.
- Plaques cilíndriques de diferents pesos amb forat al centre. Amb aquest conjunt s'ha de poder aconseguir qualsevol pes en intervals de 0.5 Kg des de 0.5 Kg fins a 16 Kg.
- Subjectador de pesos. És una planxa de forma circumferencial de 3mm de gruix amb un eix perpendicular al pla de la planxa per on s'introduiran els pesos. Al final de l'eix ha de fer una anella per poder penjar del cable.



6.6 CONJUNT D'ELEMENTS QUE PROPORCIONEN GIR A LA BROCA

El conjunt d'elements que proporcionen el gir a la broca és molt important per la realització de l'assaig. Això és així ja que per obtenir uns resultats fiables, la broca ha de girar a una velocitat constant. Ha de ser, a més, molt versàtil alhora de poder escollir velocitats de gir ja que per obtenir uns bons resultats de l'assaig, s'ha de poder fer amb unes velocitats molt variades.

La taladradora incorpora un motor d'alterna a 230V que és l'encarregat de proporcionar gir a la broca amb la transmissió adequada. Com s'ha comentat el apartats anteriors, en l'estudi d'alternatives per aconseguir una màquina amb unes característiques concertes, la taladradora pot obtenir per si mateixa una varietat de velocitats limitada ja que el canvi de velocitat es fa canviant de lloc la corretja que transmet el moviment del motor a la broca. Sobre l'eix del motor hi ha un joc de politges de diferents diàmetres i sobre l'eix de la broca el mateix. Jugant amb els diàmetres de les politges que s'usen s'obté una velocitat de la broca o una altre. Aquest sistema a més d'oferir un nombre de velocitats molt limitades no és (ni molt menys) automàtic. Per aquest motiu el canvi de velocitat del gir de la broca no es farà canviant la corretja de politja sinó a través d'un variador de freqüència. La corrent que alimenta el motor de la taladradora s'extreu de la xarxa elèctrica i el variador de freqüència li canvia la freqüència. Un cop la freqüència és diferent s'envia aquest corrent al motor de la taladradora per tal d'alimentar-lo aconseguint un nou règim de gir.

6.6.1 Motor de la taladradora

Per generar el gir que es transmetrà a la broca s'utilitza el mateix motor que ja incorpora la taladradora. Aquest és trifàsic i pot estar alimentat a 230V o a 400V a escollir sota comanda de la màquina. El motor té una potència de 0.5 CV o 0.37 kW que és suficient per l'ús que se li vol donar.

6.6.2 Variador de freqüència

Aquest és l'element indispensable si es vol poder controlar la velocitat de gir de la broca d'una manera més automàtica ja que controlant la freqüència del corrent que arriba al motor s'aconsegueix que aquest giri més o menys ràpid.



Alternatives

L'alternativa a posar un variador de freqüència com ja s'ha comentat és canviar la velocitat de la broca manualment jugant amb les politges que aporta la taladradora. Aquest mètode aporta poques velocitats per l'assaig i a més no permet tenir un control de la velocitat des del PC.

Elecció

Variadors de freqüència n'hi ha molts, el que aquí s'ha escollit és un Hitachi, model L200-004HFEF. Aquest variador s'ha escollit tant per la seva capacitat de connectar-se a un PC com pel seu cost reduït. Per tenir més informació sobre el variador consultar annex A.



Figura 6.20, variador de freqüència Hitachi model L200-004 HFEF



6.7 TAULA DE COORDENADES X-Y

La taula de coordenades compleix la funció de desplaçar, en un pla perpendicular a l'eix axial de la broca, la peça amb el material a provar. Per tal de poder practicar forats sobre tota la superfície de la proveta, la taula de coordenades ha de tenir la capacitat d'efectuar com un mínim de dos moviments. Com s'ha comentat en l'apartat de la presentació d'alternatives, la solució que s'adopta és:

- Dos moviments lineals perpendiculars entre ells, direccions X i Y en el pla.

Així mateix en la presentació d'alternatives queda clar que el que es fa és dissenyar una taula de coordenades a mida per l'aplicació que se li vol donar.

Aquesta taula de coordenades té tres parts molt diferenciades, la part que aporta moviment, la part que suporta pes i permet un moviment sense grans esforços i una part formada per les peces d'unió de les dues parts anteriors.

Les peces encarregades de suportar el pes del conjunt han d'aguantar: el pes de la pròpia taula de coordenades, del material a assajar i de la força feta per la broca.

Calculant això es té:

$$F_{\text{total}} = (\text{Pes elements} + \text{Pes proveta} + \text{força broca}) \cdot \text{factor seguretat}$$

$$F_{\text{total}} = (20 \cdot 9,81 + 5 \cdot 9,81 + 500) \cdot 1,5 = 1.118 \text{ N}$$

S'ha de tenir en compte que aquests són càlculs fets molt estimativament per entreveure en quins valors es mou el conjunt. Per tan el conjunt que aguanta el pes ha de treballar bé sota una càrrega de 1.118N aproximadament. Aquest conjunt està explicat més detalladament en apartats posteriors.



Funcionament

La finalitat de la taula de coordenades és tenir una bancada on poder fixar la proveta que es pugui moure en dues direccions perpendiculars entre elles per situar-la on es vulgui. Per aconseguir això és necessari tenir un grup de peces que s'encarreguin del moviment en una direcció i un altre grup s'encarregui de l'altre direcció.

Per cada una de les direccions es fa necessari un element que doni moviment al conjunt (accionador lineal) i un altre que suporti el pes de tots els elements que te a sobre i permet el moviment sense resistència dels elements(guia lineal). La idea és senzilla, es fan dos pisos "independents", cadascun d'ells encarregar del moviment en una direcció diferent i dins de cada pis un element que dona moviment i un que suporta el pes.

Les parts que formen la taula de coordenades s'expliquen en els següents apartats. Per situar dins el conjunt cadascuna de les parts mirar la figura 6.21.

Parts que formen la taula de coordenades

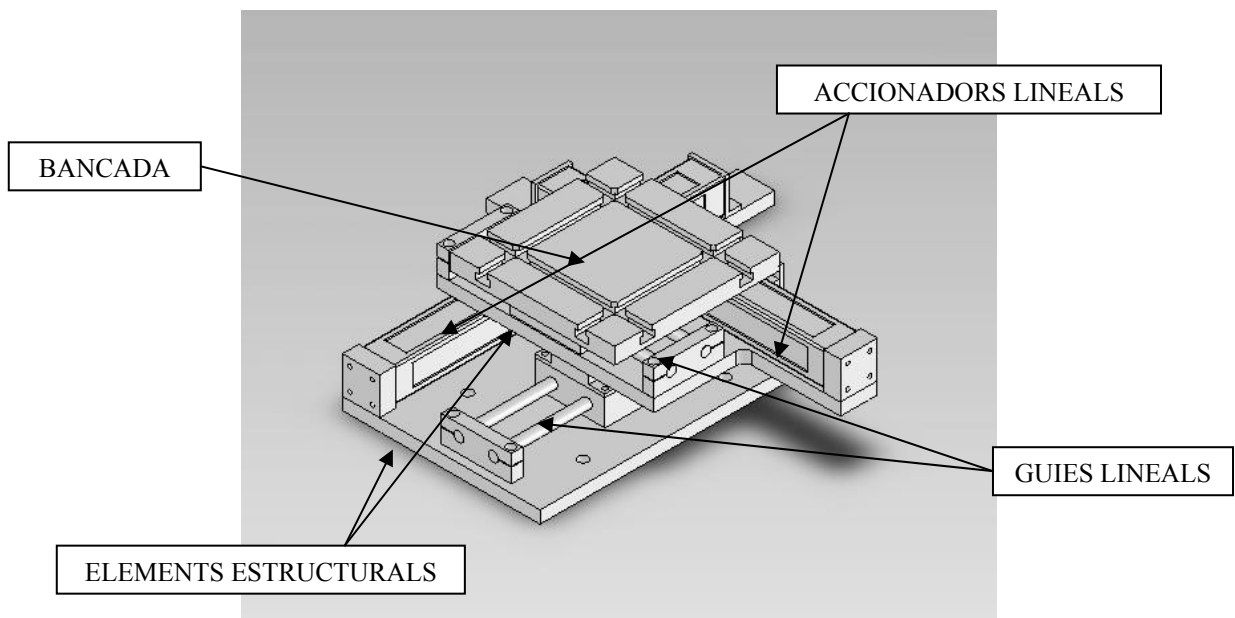


Figura 6.21, taula de coordenades.



6.7.1 Bancada

La bancada és, en grans termes, una passamà amb unes guies practicades a la seva cara superior a fi i efecte de poder-hi fixar les provetes amb l'ajut d'unes mordaces. Les guies practicades són de mida estandar per tal que no sigui complicat trobar una mordassa amb la qual fixar la peça.

Material

La bancada és d'acer F 115 amb un tractament de templat per tal d'endurir el material. Aquesta duresa superficial es busca a fi de que aquesta bancada no es faci malbé amb l'ús. Es vol evitar ratllades i deformacions en fixar les provetes a assajar.

Fabricació

En la fabricació d'aquesta peça es segueix el cicle d'elaboració que es pot consultar a l'Annex D. En la fabricació de la peça es posa especial atenció en les cotes amb una tolerància fina com ara l'acabament superficial de la cara inferior i superior per tal d'aconseguir una certa planitud a la zona on s'han de fixar les peces.

6.7.2 Accionadors lineals

Els accionadors lineals són els elements encarregats de donar un moviment al conjunt (taula de coordenades. Aquest aparell està connectat a un motor elèctric el qual li proporciona un moviment circular i ell el transforma en moviment lineal. La platina té la funció d'empènyer l'element al qual està fixat, té forma de paral·lelepípede i és la part de l'accionador que es pot veure a la part superior de l'aparell a la figura 6.22. Aquest element no està preparat per rebre càrregues en sentit vertical i per tan no pot ser l'encarregat de suportar els esforços que causen el pes dels elements ni la força exercida per la broca.



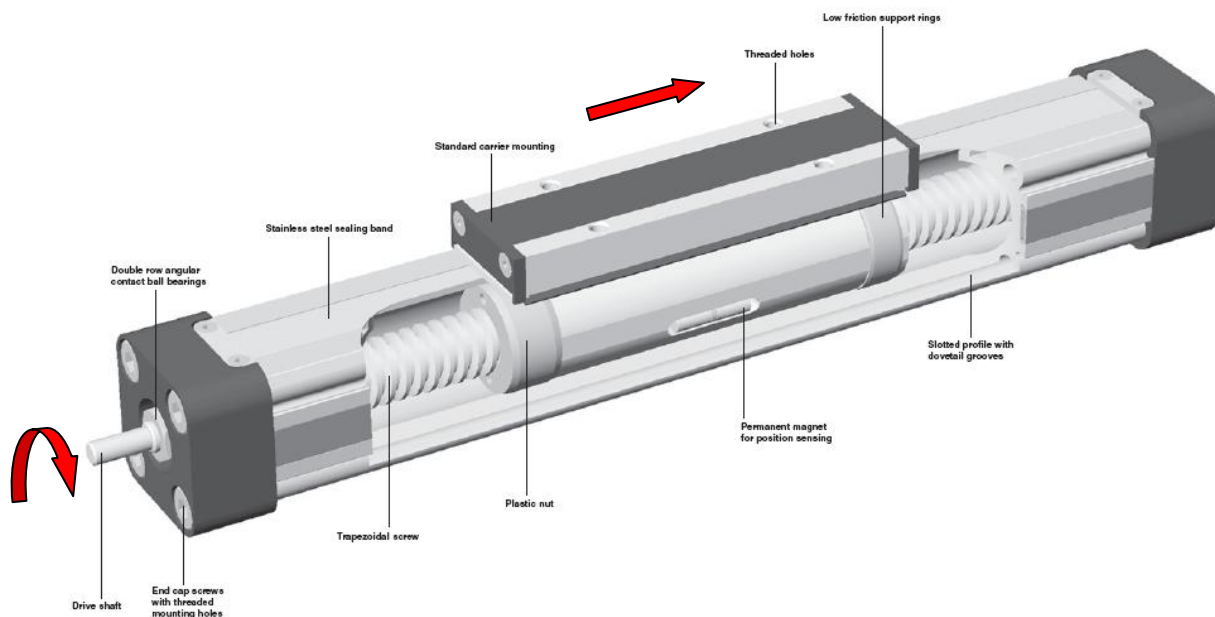


Figura 6.22, accionador lineal.

Característiques

L'accionador lineal, en el moviment longitudinal de la platina pot tenir un error de posició d'unes dècimes de mil·límetre segons el fabricant. Per l'aplicació que aquí se li dona aquest fet no és molt important. Com s'ha comentat anteriorment hi ha un altre aparell que és l'encarregat d'aguantar el pes del conjunt i permetre un fàcil desplaçament dels elements i per aquest motiu l'accionador no té necessitat d'exercir una força que no sigui la necessària per aportar moviment en el sentit del moviment de la taula de coordenades.

Alternatives

El que aquest aparell persegueix és proporcionar moviment lineal en una direcció. Totes les possibles alternatives passen per un aparell que pugui realitzar aquesta tasca.

Elecció

L'elecció de l'accionador lineal que s'ha fet valorant les ofertes existents al mercat és la de la sèrie OSP-E-E de la marca HORBIGER ORIGA. Es pot consultar la seva fitxa tècnica a l'annex A.



6.7.3 Motor elèctric unit a l'accionador

El bon control del moviment i posició de la taula de coordenades és imprescindible. El moviment ha de venir donat per un motor elèctric (especificació de l'accionador lineal), per tan aquest s'ha de poder ser controlat de manera fàcil i al mateix temps precisa. El motor elèctric que permet un major control sobre el seu posicionament és el motor pas a pas. Amb aquest tipus de motor es pot escollir l'angle que gira i per tan controlar la distància recorreguda per la platina de l'accionador lineal.

Elecció

El motor pas a pas és un element molt comú i amb una gamma de productes molt extensa. Per aquesta aplicació s'ha escollit un motor de la marca MAE, model HY2226 0160BIP08 amb l'electrònica corresponent per tal de fer-lo funcionar sense cap problema. Per saber més detalls sobre el motor o l'electrònica consultar catàlegs a l'annex A.



Figura 6.23, motor pas a pas (marca MAE, model HY2226 0160 BIP08).

Muntatge

Aquest motor anirà unit a l'accionador lineal a través d'un element amb una certa elasticitat per tal d'absorbir les possibles desalineacions entre els eixos del motor i de l'accionador lineal.



6.7.4 Guies lineals

Les guies lineals (figura 6.24) són uns conjunts d'elements que tenen la funció de suportar el pes aplicat sobre seu i permetre alhora un moviment horitzontal sense oposar resistència. Això permet que per molt pes que es posi o força que s'apliqui (dins uns límits acceptables) l'accionador lineal quedarà lliure de tota càrrega podent exercir la seva funció, és a dir, donar el moviment a la taula de coordenades.

Elecció

L'elecció passa per un sistema que aporti el mínim de fricció possible per molta força que s'apliqui per tal de no dificultar el moviment del conjunt de la taula de coordenades. Hom podria pensar en altres solucions a priori més senzilles. Una d'elles, i potser la més bàsica, seria posar dues plaques metàl·liques una sobre l'altra amb una capa de lubricant entremig i algun tipus de guies per tal de permetre un lliscament lineal. Al final però, la millor solució passa per unes barres i uns rodaments.

El conjunt que s'ha elegit per realitzar aquesta tasca és de la marca SKF, el model LZBU que es pot veure a la figura 6.24. Aquesta guia lineal permet escollir la distància de recorregut a mida sota comanda cosa que la fa molt adequada.

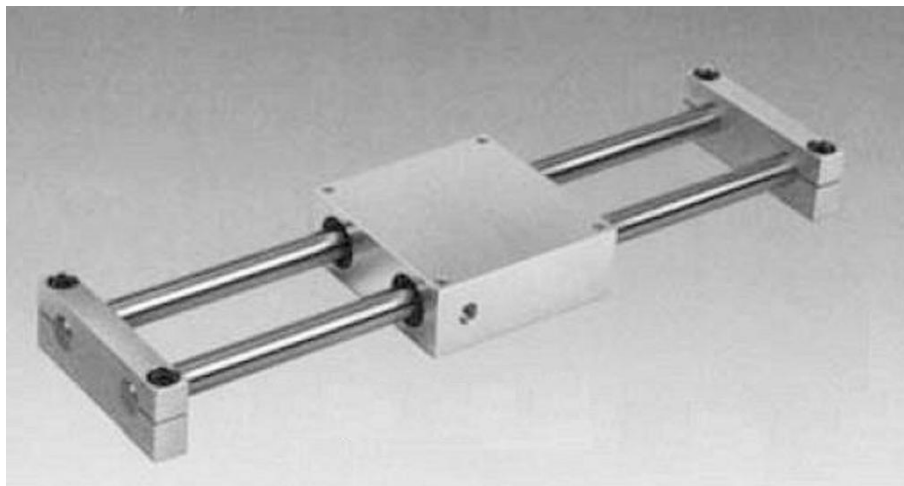


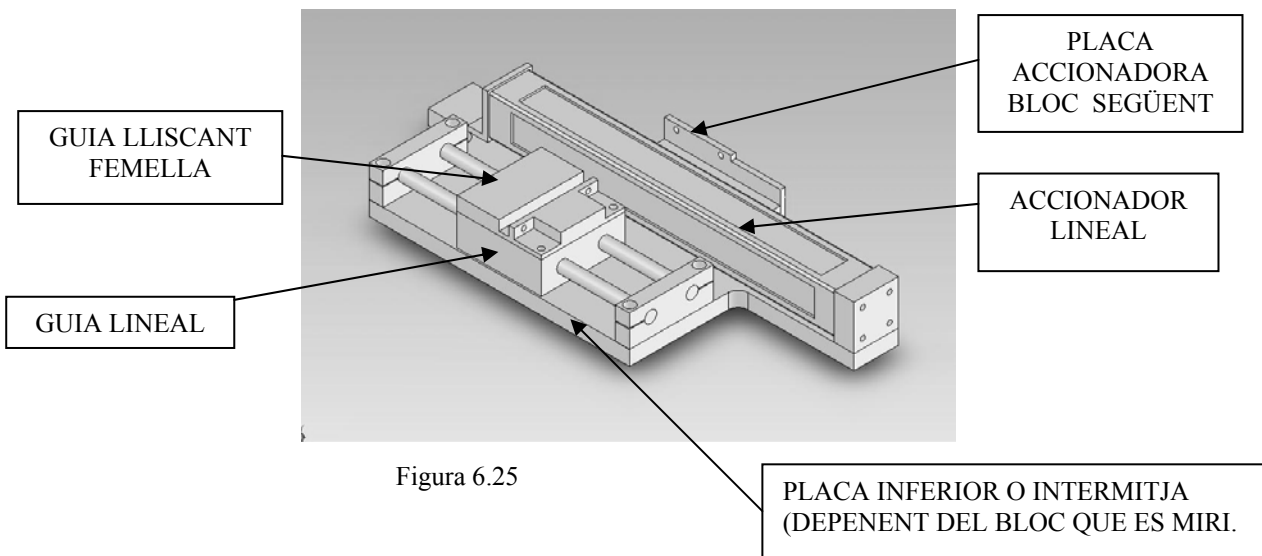
Figura 6.24

En el conjunt de la guia lineal, l'element més feble són els rodaments, aquests permeten una càrrega dinàmica de 2850N i una càrrega estàtica de 3250N que és notablement superior als 1.118N vistos en apartats anteriors. A l'annex A es pot consultar la fixa tècnica per qualsevol dubte que hi hagi.



6.7.5 Elements estructurals

Com ja s'ha comentat anteriorment la taula de coordenades està formada per dos blocs de peces que permeten dos moviments lineals perpendiculars entre ells. Els dos blocs de peces son iguals i per tan veient l'estructura d'un dels ja queden explicats tots dos.



La figura 6.25 mostra un dels blocs que formen la taula de coordenades. La placa inferior o intermitja dependent del bloc que es miri és la base del conjunt. A aquesta placa es fixen tan la guia lineal com l'accionador lineal. Sobre la guia lineal hi ha una peça especial on es recolza tot el pes del que hi ha per sobre d'ella i que permet un cert joc per adaptar-se si la guia lineal i l'accionador lineal no es munten perfectament paral·lels. Aquesta peça fabricada a tal efecte és l'anomenada guia lliscant femella. Si no es deixa aquest joc i no estan totes les parts muntades perfectament paral·leles el mecanisme al entrar en funcionament quedarà clavat i no podrà complir la seva funció.

Per aconseguir deixar aquest joc, la placa que subjecta els elements del pis següent o la bancada, si es tracta del pis superior, té fixada a sota el que s'anomena guia lliscant mascle. Aquesta peça es posa dins la regata de la guia lliscant femella on podrà lliscar lateralment i tindrà un cert joc, mirar figura 6.26.



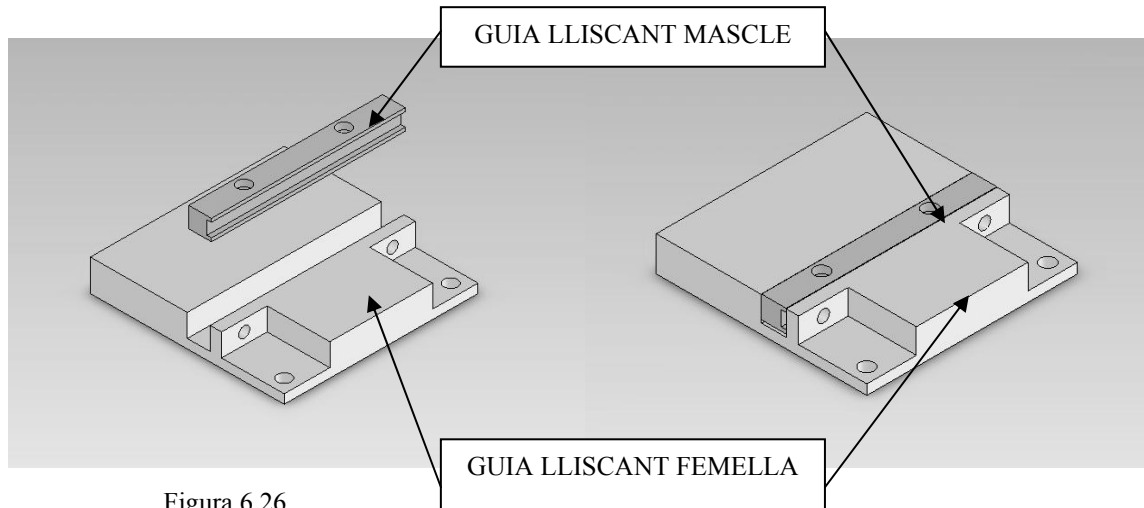


Figura 6.26

La guia lliscant mascle té de 6 a 35 mil·lèsimes de joc. S'ha de tenir en compte que les peces en muntar-se, abans de fixar-se les unes amb les altres, s'han de presentar assegurant-se que tot el conjunt es pot moure. Això s'explica més clarament en l'apartat del muntatge del conjunt.

Fabricació

Tots aquests elements disposen de cicles de fabricació a l'Annex D ja que són de disseny i fabricació expressa per aquesta màquina.

Si s'observen els plànols de l'annex E es pot veure que hi ha toleràncies específiques en el disseny de diferents elements.



6.8 PC

El PC és una part important del conjunt ja que és el que fa possible que en es pugui aconseguir una màquina amb un cert automatisme. Aquest element és el que es comunica amb la màquina pròpiament dita i posteriorment elabora un informe que mostra els resultats. Des del PC és des d'on es gestiona pràcticament tota la màquina exceptuant d'algunes operacions que són o bé manuals o bé controlades per un altre component.

6.8.1 PROGRAMA INFORMATIC

El programa que s'ha de desenvolupar per tal de poder controlar la màquina, es pot fer de moltes maneres. La solució que es proposa és la de programar amb Visual Bàsic. Aquest permet enviar i rebre informació al PC a través de targetes I/O que és l'element que s'usarà així com crear pantalles senzilles d'entendre i interactuar per l'usuari.

El programa ha de permetre introduir les característiques de l'assaig com ara la velocitat de gir de la broca, el diàmetre d'aquesta, la geometria de la peça (important alhora d'on fer els forats) i altres dades bàsiques per tal de poder obtenir al final un informe complet de la maquinabilitat de la peça.

Exemple de programa:

Unes finestres exemple de com ha de ser el programa per tal de poder introduir les dades necessàries per realitzar l'assaig són les que mostren les figures 6.27, 6.28, 6.29 i 6.30.

En executar el programa apareix la primera finestra, aquesta és la finestra principal a partir d'on s'accedeix a les següents finestres que permeten introduir les dades. Polsant el botó de opcions de gir de la broca a la finestra que mostra la figura 6.27 s'accedeix a la figura 6.28 i polsant el botó de opcions en la matriu de forats s'accedeix a la figura 6.29. En cadascuna d'aquestes finestres s'introdueixen les dades per realitzar l'assaig.

Polsant el botó de introducció de dades pel càlcul s'obre un altre finestra on es posen les dades necessàries per realitzar l'informe posterior a l'assaig.



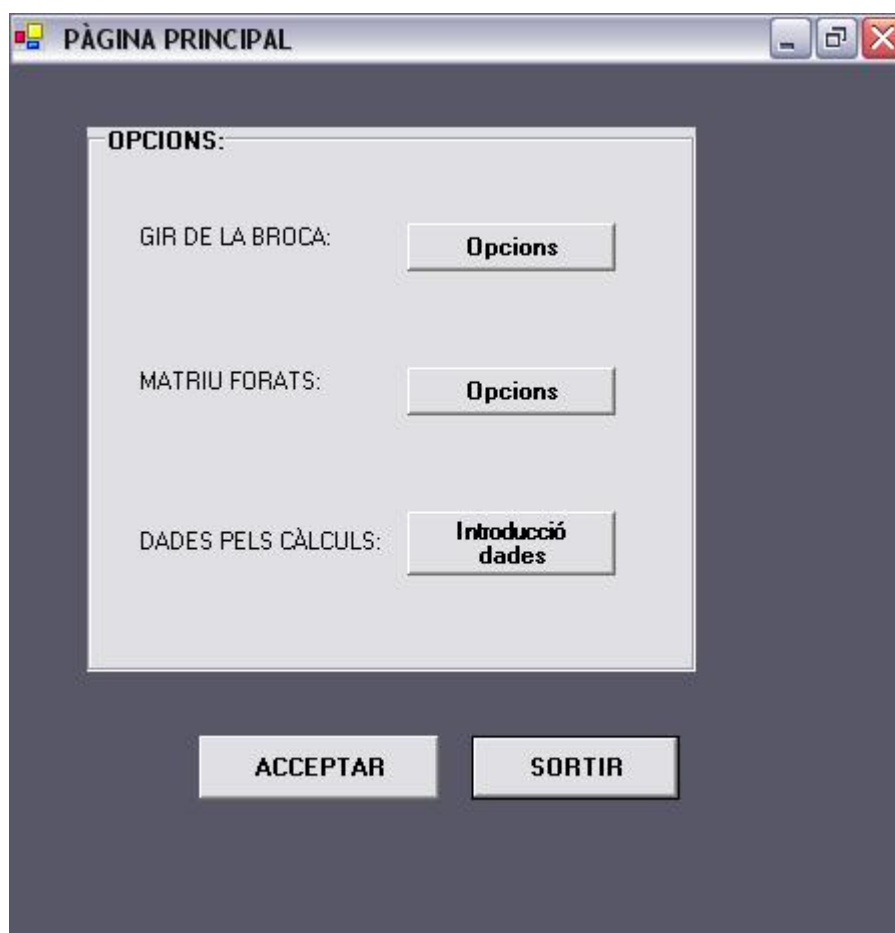


Figura 6.27

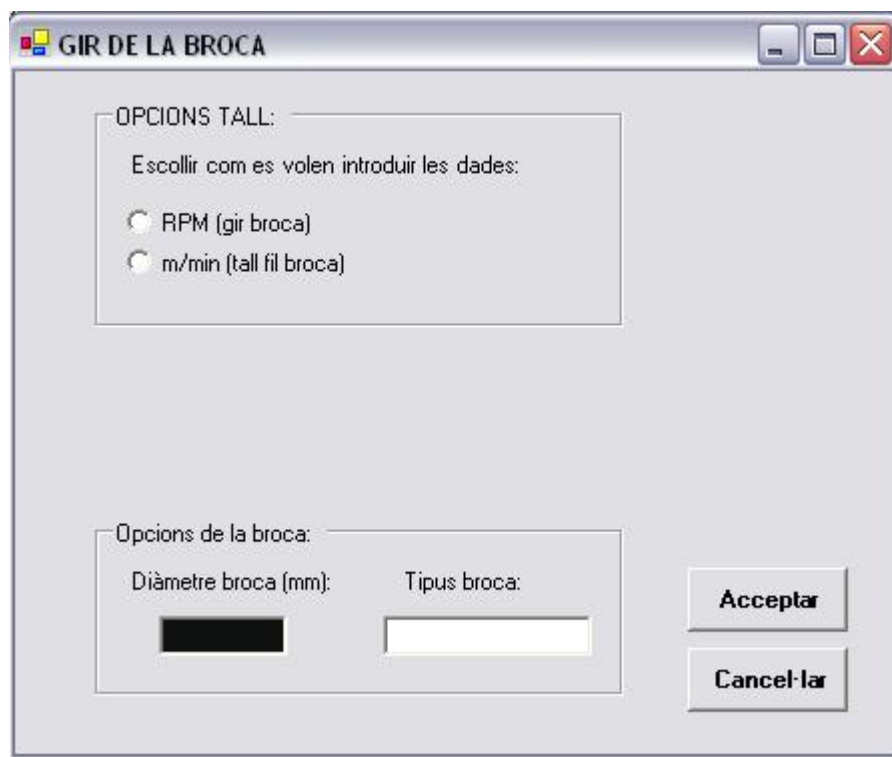


figura 6.28



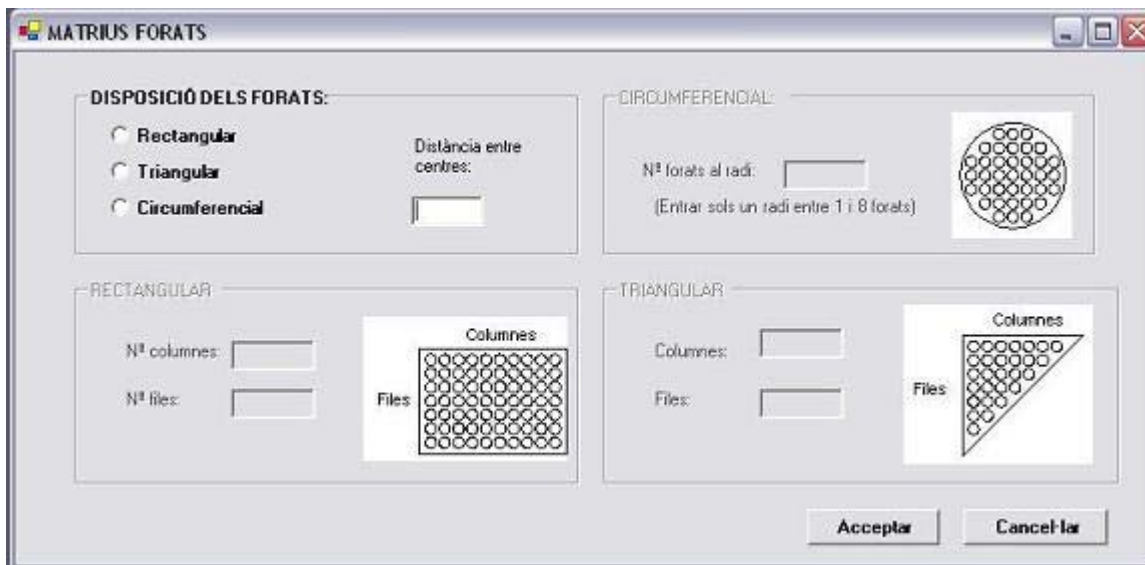
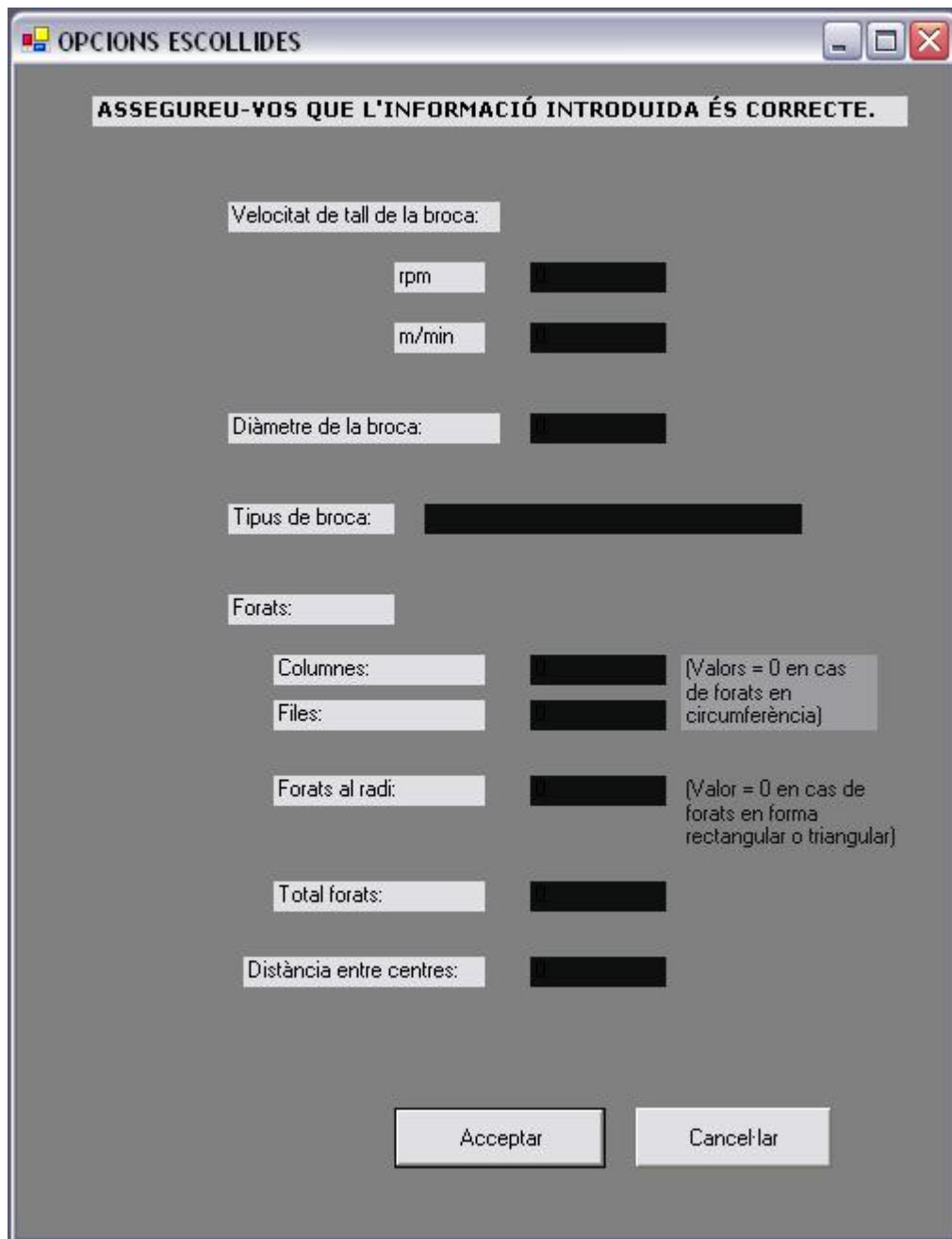


figura 6.29

Al final un cop les dades ja estan introduïdes apareix una pàgina, figura 6.30, on hi ha el resum de les dades introduïdes per comprovar que tot és correcte.





OPCIONES ESCOLLIDES

ASSEGUREU-VOS QUE L'INFORMACIÓ INTRODUIDA ÉS CORRECTE.

Velocitat de tall de la broca:

rpm

m/min

Diàmetre de la broca:

Tipus de broca:

Forats:

Columnes: [Valors = 0 en cas de forats en circumferència]

Files:

Forats al radi: [Valor = 0 en cas de forats en forma rectangular o triangular]

Total forats:

Distància entre centres:

Acceptar Cancel·lar

figura 6.30



6.8.2 Targeta I/O

Al mercat hi ha un gran ventall de targetes d'adquisició de dades que es posen en un "slot" del PC. Aquestes targetes ja venen amb unes instruccions de com enviar i rebre informació on forma binària. És a partir d'aquesta targeta que es pot controlar el funcionament dels motors pas a pas de la taula de coordenades, donar i rebre senyals del motor que mou la politja i comptabilitzar el temps que es tarda a fer els forats dels assaigs. Una possible opció dins el gran ventall de possibilitats que presenta el mercat és la 8255 I/O que permet enviar i rebre dades a través del PC.

6.8.3 Preparació d'informes

Un cop realitzats tots els assaigs de la peça la màquina ha d'oferir el resultat de dit assaig. L'informe que ha de presentar unes taules amb tots els resultats obtinguts així com els càlculs que s'han indicat al punt 4.2 (Assaig proposat).

Per realitzar aquest informe un cop es tenen els resultats es pot fer a partir d'una fulla de càlcul ja configurada. Això permet visualitzar els resultats i imprimir-los si es vol en format paper.



6.9 PARTS OPCIONALS

Hi ha un conjunt de components que no estan inclosos al model inicial de la màquina i que es poden considerar parts opcionals. Aquestes parts el que fan es millorar la màquina i fer-la més autònoma alhora de realitzar l'assaig. Dites part son les que es presenten en els punts següents sense entrar-hi en massa detall.

6.9.1 Bufador

Aquest element el que proporciona és un corrent d'aire que extreu les virutes que es creen en fer els forats de l'assaig i a la llarga poden dificultar la realització de dit assaig. Aquest grup bufador no és més que un petit grup compressor que proporciona la pressió necessària a l'aire, una manega que condueixi l'aire i un dispositiu que reguli el pas de l'aire per poder-lo engegar quan es cregui oportú.

Aquest aire actuarà sobre la peça que s'està assajant fixada a la taula de coordenades i després de fer cada forat, d'aquesta manera les virutes no influïrien en els resultats de l'assaig.

6.9.2 Conjunt de fixació de la broca

Aquest element el que persegueix és no fer necessària la mà humana per tal de canviar de broca i poder automatitzar més el procés. Quan es parla de l'agafa broques, hom es refereix a un capçal que pugui agafar i expulsar la broca de manera automàtica. La idea és que la pròpia màquina disposi, fixat a la taula de coordenades, d'un "estoig" amb les broques ben col·locades on la pròpia taladradora pugui anar dipositant les broques ja utilitzades i agafar-ne de noves.

Aquest aparell no es tan senzill com el bufador ja que necessita elements de més precisió. El posa broques hauria de poder agafar les broques i que aquestes quedessin perfectament perpendiculars a la superfície que s'assaja. Això és possible però requereix no sols d'elements físics per muntar la maquinària sinó de programes per tal de que el PC doni ordre de canviar la broca i fer-ho de la manera correcte.



7. MUNTATGE I POSTA A PUNT

7.1 MUNTATGE

El muntatge de la màquina s'ha de fer primer per conjunts. Fins al moment s'han presentat diversos conjunts de peces que tenen tasques molt diferenciades entre elles. A continuació es presenta el muntatge dels diferents conjunt i al final la unió d'ells per formar la màquina acabada.

7.1.1 Muntatge del conjunt d'elevació i descens de la broca

El muntatge d'aquest conjunt és senzill però s'ha de fer de forma ordenada per no trobar cap problema. Així doncs per facilitar la comprensió es desglossa en els passos a seguir, a més del nom de les peces s'indiquen les referències d'aquestes peces. Això és així per tal de que el lector pugui consultar els plànols de les peces si així ho creu oportú. El muntatge d'aquest conjunt es fa directament sobre la taladradora manual que és la base de la màquina.

Passos a seguir:

- Foradar la planxa de la taladradora (ref. 1980-01-01) al lloc adient per poder muntar la fixació 1 (ref. 1980-01-07) i la fixació 2 (ref. 1980-01-06). Per poder fer els forats al lloc correcte, primer es presenta la peça, es marca el lloc on cal foradar i aleshores es forada. No ha de preocupar al muntador si els forats estan perfectament alineats amb l'eix que acciona el capçal de la broca ja que el sistema permet un cert joc ja pensant en aquesta situació.
- Es collen les fixacions 1 i 2 a la taladradora mitjançant cargol de M8x20 i femella de M8 a través dels forats practicats al pas anterior amb ajut d'arandel·les si és necessari.
- Cargolar el tac politja (ref. 1980-01-26) a la politja (ref. 1980-01-02) amb la rosca feta a tal efecte.
- S'ha de col·locar la fixació politja (ref. 1980-01-04) passant per dins de la politja (ref. 1980-01-02) fixant la posició a través d'uns passadors Ø5 als 3 forats a tal efecte. Aleshores s'ha de collar amb 3 cargols de M5x10 per tal que les dues peces quedin perfectament unides sense gens de joc.
- S'ha de posar el conjunt que s'ha muntat al pas anterior a la taladradora. L'eix que surt de la taladradora, que transmet el moviment al capçal de la broca, s'introdueix dins el forat de Ø35 que hi ha a l'interior de la fixació de la politja (ref. 1980-01-04). Aleshores s'ha posar bé el



conjunt muntat tal que el forat Ø8 sigui concèntric amb el de l'eix i es posa un passador que clavi el conjunt.

- Es presenta la politja petita (auxiliar) a distància de entre 285 i 290 mm de la fixació 2 i es fan els forats a la xapa de la taladradora per poder collar-la.
- Es colla la politja petita (auxiliar) amb cargols de M8x20 i femelles M8.
- S'uneixen els braços 1 i 2 (ref. 1980-01-09 i ref. 1980-01-08) a les fixacions 1 i 2 (ref. 1980-01-07 i ref. 1980-01-06) respectivament amb cargols M8x15 i femelles de M8. Es poden usar arandeles en cas de ser necessari.
- S'uneix el motor elèctric (ref. 1980-01-03) amb fixació del motor (ref. 1980-01-05) amb cargols M8x1x25.
- Es clava l'accionador (ref. 1980-01-11) dins de l'acoblament motor – accionador (ref. 1980-01-10) amb l'ajut d'un martell.
- Es munta l'acoblament motor – accionador (ref. 1980-01-10) amb l'eix de sortida del motor elèctric. Per fixar-lo s'usa un cargol de M5x0,8x10 i una arandela.
- Es fixa el conjunt de motor elèctric que s'ha muntat en els passos anteriors a través de la fixació motor amb els braços 1 i 2 (ref. 1980-01-09 i ref. 1980-01-08) mitjançant cargols M8x20 i femelles de M8. Abans de fixar-ho del tot presentar sistema tal que l'eix del motor quedi el més concèntric possible amb l'eix de gir de la politja.

7.1.2 Muntatge de la taula de coordenades

Per aconseguir realitzar el muntatge de la taula de coordenades de manera correcta s'ha de seguir els passos en l'ordre que s'indica a continuació. Per facilitar la localització de cada peça es pot usar la figura 6.31 o el plànol del conjunt muntat que es troba a l'annex E. Els nombres indicats tan al plànol 1980-02-00 de l'annex E com a la figura 6.31 coincideixen amb els dos últims dígitos de les referències de les peces.

Passos a seguir:

- Fixar amb 4 cargols M6x1x30 la guia lineal de 200mm (ref. 180-02-25) amb la guia lliscant femella (ref. 1980-02-18).
- Presentar la guia lineal de carrera 200mm (ref. 1980-02-25) sobre la placa inferior (ref. 1980-02-16) i collar amb cargols de M6x1x30.
- Presentar la fixació accionador (ref. 1980-02-19) amb els centradors posats i collar-la amb la placa inferior amb un cargol M5x0,8x15.



- Collar la fixació accionador del costat motor (ref. 1980-02-20) amb l'accionador lineal de 200mm de carrera (ref. 1980-02-23) amb 4 cargols M5x15, posar arandela si és necessari.
- Presentar el conjunt muntat en el pas anterior sobre la placa inferior (ref. 1980-02-16) on ja hi ha la fixació accionador (ref. 1980-02-19) muntada. Posar centradors entre la fixació accionador costat motor (ref. 1980-02-19802-02-20) i la placa inferior en presentar-ho.
- Collar fixació accionador (ref. 1980-02-19) amb accionador lineal (ref. 1980-02-23) amb 4 cargols M5x25, posar arandela si és necessari.
- Cargolar la unió accionador - placa intermitja (ref. 1980-02-13) a l'accionador lineal (ref. 1980-02-23) mitjançant 4 cargols M5x25.
- Unir la guia lliscant mascle (ref. 1980-02-17) a la part inferior de la placa intermitja (ref. 1980-02-15) amb 2 cargols de M4x10.
- Fixar amb 4 cargols M6x30 la guia lineal de 150mm (ref. 180-02-24) amb la guia lliscant femella (ref. 1980-02-18).
- Presentar la guia lineal de carrera 150mm (ref. 1980-02-24) sobre la placa intermitja (ref. 1980-02-15) i collar amb cargols de M6x30 per la part inferior de la placa inferior.
- Presentar la fixació accionador (ref. 1980-02-19) amb els centradors posats i collar-la amb la placa inferior amb un cargol M5x15, usar arandela si és necessari.
- Collar la fixació accionador del costat motor (ref. 1980-02-20) amb l'accionador lineal de 150mm de carrera (ref. 1980-02-22) amb 4 cargols M5x15, posar arandela si és necessari.
- Presentar el conjunt muntat en el pas anterior sobre la placa intermitja (ref. 1980-02-15) on ja hi ha la fixació accionador (ref. 1980-02-19) muntada. Posar centradors entre la fixació accionador costat motor (ref. 1980-02-19802-02-20) i la placa inferior en presentar.
- Collar fixació accionador (ref. 1980-02-19) amb accionador lineal (ref. 1980-02-22) amb 4 cargols M5x25 posant arandela si és necessari.
- Cargolar la unió accionador - placa intermitja (ref. 1980-02-13) a l'accionador lineal (ref. 1980-02-23) mitjançant 4 cargols M5x10.
- Posar el conjunt muntat sobre la placa intermitja (ref. 1980-02-15) sobre el conjunt muntat sobre la placa inferior (ref. 1980-02-16). Per fer-ho correctament s'ha d'introduir la guia lliscant mascle (ref. 1980-02-17) del conjunt superior dins la regata de la guia lliscant femella (ref. 1980-02-18) del conjunt inferior. Per tal que el conjunt intermitg no es pugui escapar posar 2 cargols M5x5 presoners a la guia lliscant femella.
- Unir la guia lliscant mascle (ref. 1980-02-17) a la part inferior de la placa superior (ref. 1980-02-14) amb 2 cargols de M4x10.



· Posar el conjunt muntat sobre la placa superior (ref. 1980-02-15) sobre el conjunt muntat sobre la placa intermitja (ref. 1980-02-15). Per fer-ho correctament s'ha d'introduir la guia lliscant mascle (ref. 1980-02-17) del conjunt superior dins la guia lliscant femella (ref. 1980-02-18) del conjunt inferior. Per tal que el conjunt superior no es pugui escapar posar 2 cargols M5x5 presoners a la guia lliscant femella.

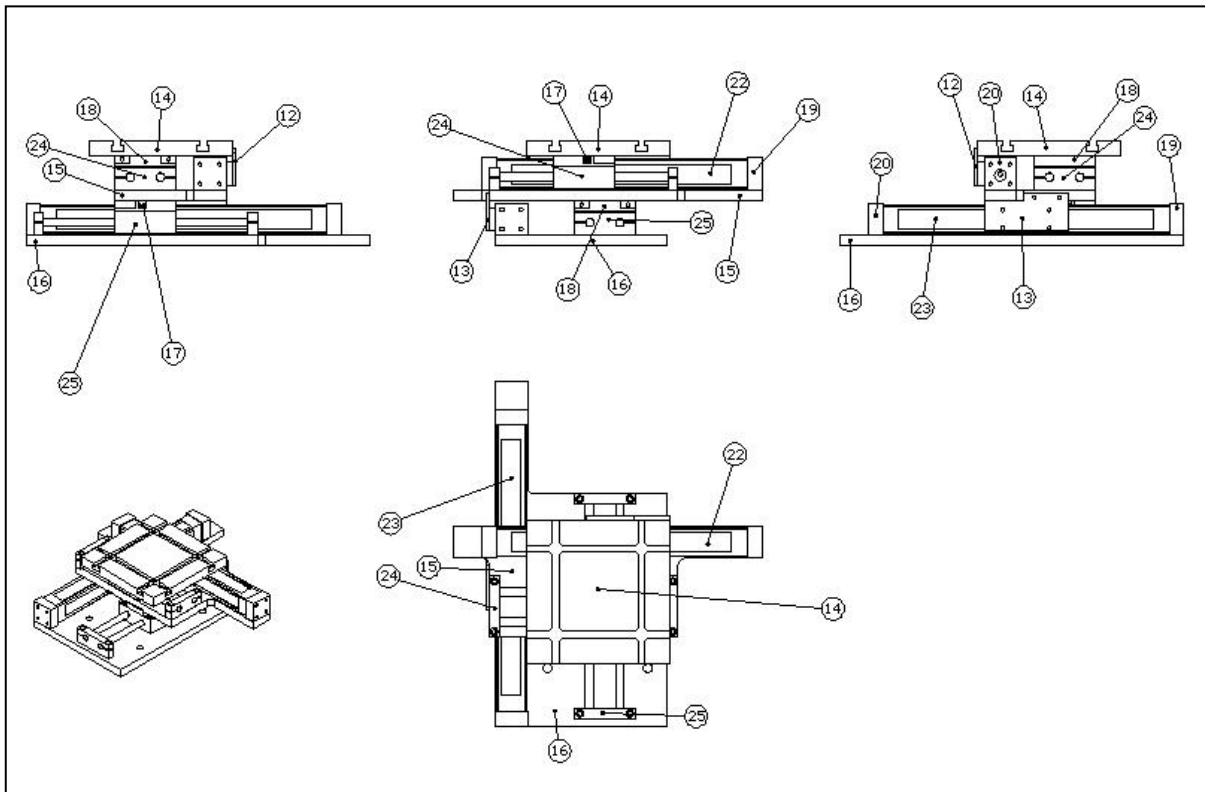


Figura 6.31

7.1.3 Muntatge del conjunt accionador de la broca

El muntatge d'aquest conjunt és molt senzill ja que només es disposa de dos elements. El motor de la taladradora ha d'anar alimentat per corrent de la xarxa elèctrica. Aquest corrent abans passa a través del variador de freqüència que ja disposa de les sortides adients per fer aquesta connexió. L'altre pas és connectar el variador al PC per poder-lo programar. Al variador s'hi poden insertar alguns programes fets prèviament però també és pot connectar, segons indicació del fabricant, al PC. El variador es pot programar des del PC però també es pot connectar a aquest que és el que li va donant instruccions respecte a com ha d'operar en cada instant.



7.1.4 Muntatge final (unió de tots els conjunts)

Els conjunts que s'ha explicat com es munten manca unir-los a la taladradora manual.

El conjunt d'ascens i descens de la broca ja s'ha muntat directament sobre la taladradora i per tan no cal comentar res més.

La taula de coordenades s'ha de fixar a la bancada de la taladradora manual mitjançant unes femelles en forma de T (veure figura 6.32) i amb cargols de M12. La fitxa tècnica d'aquestes femelles es pot consultar a l'annex A.

El conjunt accionador de la broca per unir-lo a la taladradora l'únic que cal fer és fixar el variador de freqüència a la taladradora. Això es fa mitjançant cargols collats directament a la xapa de la taladradora com s'ha fet amb el suport del conjunt d'ascens i descens de la broca. El variador de freqüència ja disposa d'espais habilitats per tal de collar-lo a on es requereixi.

7.1.5 Muntatge dels sensors

Hi ha quatre sensors diferents que s'han de muntar, el d'inici i final de forat que estan junts a la caixa del polsador, el sensor final de carrera del capçal de la broca i el de final d'escapada de l'accionador.

Els sensors de control de forat han d'anar muntats de tal manera que quedin encarats a la guia del palpador que és qui portarà la marca per tal de que aquests donin senyal. Al mateix temps aquesta caixa anirà unida a la

El sensor final de carrera del capçal anirà fixat a una estructura que estarà alhora fixada a la planxa de la taladradora i qual el capçal de la broca estigui pràcticament a la posició més alta donarà senyal.

Els sensor final d'escapada de l'accionador anirà fixat a la politja i l'element que l'activa estarà a l'accionador de tal manera que en passar per davant hi haurà senyal.



7.2 POSTA A PUNT

Un cop la màquina ja està muntada falta sols fer la posta a punt de tots els elements, d'assegurar les connexions entre ells i galgar els components que ho requereixin. Per fer la posta a punt d'aquesta màquina s'han de dur a terme els següents processos:

- Galgar força transmesa a la peça segona pes penjat a la politja.

En aquest assaig la força important no és la que produeix el pes penjat de la politja per acció de la gravetat sinó el conjunt d'aquest pes més la relació de transmissió interna de la taladradora. Aquesta última és la que la broca aplica sobre el material i per tan amb la que al final es fa l'assaig.

Per poder conèixer la força s'ha de posar una galga de força sota la broca, amb la taladradora parada, i penjar diferents pesos. Així, amb la relació de força final entre força inicial (pes penjat) es troba la relació de transmissió del conjunt.

- Provar totes les connexions entre PC i màquina. (variador de freqüència, sensors, motor elèctric, sensor final recorregut broca(dalt de tot), a través de la targeta I/O.

Cal comprovar que el PC a través de la targeta I/O es pot comunicar amb els elements necessaris de la màquina. Aquests elements són: el motor elèctric de corrent continua, els dos motors pas a pas de la taula de coordenades, el variador de freqüència, el sensor que indica que la broca està al seu punt més alt i els sensors d'inici i final de forat.

- Relació desplaçament accionador lineal amb senyals motor procedents del programa.

El primer que cal configurar al programa informàtic és quantes senyals son necessàries al motor pas a pas per tal que avanci la distància mínima entre forats (depenent del diàmetre de la broca). Cal recordar que és el mateix programa informàtic el que envia a través de la targeta I/O senyals a tots els elements de la màquina, inclosa la taula de coordenades.

- Galgar els sensors per la profunditat del forat de l'assaig.

Abans de començar qualsevol assaig cal determinar quina és la profunditat que es vol foradar i per tan posar el segon sensor del sistema palpador a aquesta distancia respecte del primer. Això és així perquè és aquest segon sensor el que donarà senyal de final de forat.



- Implementació i prova del programa informàtic.

S'ha de fer el programa informàtic i comprovar que dona les senyals a tots els elements que componen la màquina així com capta les senyals necessàries. El programa informàtic es fa un sol cop però la implementació s'ha de comprovar a totes les màquines on aquest es fa servir.

- Calibrar i comprovar que un cop donada ordre des del programa la broca giri a la velocitat que toca.

Cal calibrar i comprovar que la velocitat que s'ordena des del programa i la que gira realment la broca sigui la mateixa. Per comprovar-ho i si cal modificar-ho s'usa un encoder que dona senyal per volta feta i així s'obtenen les rpm.



8. FABRICACIÓ PECES

L'adaptació d'una taladradora manual per tal d'obtenir una màquina que permeti efectuar els tipus d'assaig que es volen dur a terme comporta haver de fer el disseny de peces específiques a tal efecte. Per aquest motiu i pensant en una possible fabricació en sèrie de dites màquines, s'han ideat els cicles de fabricació de les diferents peces que componen la màquina. Aquestes peces s'aconsegueixen a través de treballar la matèria prima: platines, rodons i quadrats d'acer, d'alumini i nylon de mides estàndard. Aquests cicles de fabricació es poden consultar a l'Annex D.

Per tal de poder realitzar una fabricació correcta i eficient és molt important que els cicles de fabricació han de ser els més detallats possible ja que això estalvia costos i temps que en el món empresarial suposen diners. Per aquest motiu tots els cicles de fabricació disposen de fitxa per cadascun dels passos a seguir en la seva fabricació on en cada pas s'indica la operació a fer, a quina màquina s'efectua dita operació, el temps aproximat que es tarda a fer la operació així com les eines necessàries tan per la fabricació com per la comprovació de la correcta fabricació de la peça.

Les peces que es fabriquen per a la màquina s'obtenen a partir de la mecanització del material, en cap cas s'ha usat processos d'extrussió, de fundició o de forjat.

8.1 CICLES DE FABRICACIÓ

Es troben a l'Annex D. Cadascun dels cicles de fabricació de cadascuna de les peces té una fitxa on apareix:

- Nom de la peça.
- Referència de la peça per poder consultar el plànol.
- Passos que s'han de seguir per fabricar la peça.
- Maquinària que s'ha d'usar.
- Operació que s'ha de realitzar a cada màquina.
- Duració de l'operació.
- Creador i data de creació.



8.2 FASES DE FABRICACIÓ

Es troben a l'Annex D. Cadascuna de les fases de fabricació del cicle de fabricació té una fitxa on apareix:

- Nom de la peça.
- Referència de la peça per poder consultar el plànol.
- N° de fase dins el cicle de fabricació.
- Maquinària que s'ha d'usar.
- Operació que s'ha de realitzar a cada màquina.
- Esquema per clarificar quina part de la peça s'està treballant.
- Eines que cal usar per la fabricació i per la verificació.
- Duració de l'operació.
- Creador i data de creació.

8.3 COMENTARIS DE LES PECES FABRICADES

A continuació es presenten totes les peces procedents de fabricació. Totes elles disposen dels cicles de fabricació ja esmentats en apartats anteriors i que es poden consultar en l'Annex D. El llistat següent fa un apunt de les principals característiques de les peces per donar una idea de com són totes elles. Hi ha comentaris sobre les cotes amb tolerància especial, les que aquí no es comenten reben les toleràncies generals que marca la norma DIN 7168. Per poder seguir de manera més entenedora els comentaris d'acotació consultar els plànols de les peces a l'annex E.

Nom: Politja

Referència: 1980-01-02

Material: Nylon

Tractament: --

Utilitat: Transforma la força lineal dels pesos penjats per l'assaig en parell destinat a l'eix de la taladradora.

Comentaris d'acotació: Hi ha tres forats amb un acabament 5H7 disposats en cercle distanciats 120° entre ells. Aquest són els centradors per tal d'aconseguir que aquesta sigui concèntrica amb l'eix de la taladradora.



Nom: Fixació politja

Referència: 1980-01-04

Material: Acer F114

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Serveis de pont d'unió entre la politja i l'eix de la taladradora.

Comentaris d'acotació: Disposa de tres forats 3H7 pels centradors, estan disposats en cercle i cada 120°.

Nom: Fixació motor

Referència: 1980-01-05

Material: Planxa d'acer

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Element on es fixa el motor elèctric de corrent contínua.

Comentaris d'acotació: No té cap cota de tolerància especial.

Nom: Fixació 2.

Referència: 190-01-06

Material: Planxa d'acer

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Placa fixada a la taladradora que forma part de l'estructura de suport del motor.

Comentaris d'acotació: No té cap cota de tolerància especial.

Nom: Fixació 1.

Referència: 1980-01-07

Material: Planxa d'acer

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Placa fixada a la taladradora que forma part de l'estructura de suport del motor.

Comentaris d'acotació: No té cap cota de tolerància especial.

Nom: Braç 2.

Referència: 1980-01-08

Material: Planxa d'acer

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)



Utilitat: Placa fixada a la taladradora que forma part de l'estructura de suport del motor.

Comentaris d'acotació: No té cap cota de tolerància especial.

Nom: Braç 1.

Referència: 1980-01-09

Material: Planxa d'acer

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Placa fixada a la taladradora que forma part de l'estructura de suport del motor.

Comentaris d'acotació: No té cap cota de tolerància especial.

Nom: Acoblament motor-accionador.

Referència: 1980-01-10

Material: Acer F114.

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Uneix el motor elèctric i l'accionador per tal de transmetre el moviment.

Comentaris d'acotació: Aquest element disposa d'un forat de diàmetre 10H7 per on s'introdueix l'accionador de la politja amb ajustament. També disposa d'un forat de diàmetre 14H7 per introduir amb joc l'eix de sortida del motor, aquí no és necessari disposar d'apretament ja que el moviment el transmet la claveta.

Nom: Accionador politja.

Referència: 1980-01-11

Material: Acer F114.

Tractament: Zincat (segons Zn 13 UNE 37-552-73)

Utilitat: Transmetre la força i el moviment giratori del motor elèctric a la politja.

Comentaris d'acotació: Un dels extrems de l'accionador de la politja té un acabament de diàmetre 10k6 per tal d'entrar amb ajust dins el forat on ha d'anar muntat.

Nom: Tac politja.

Referència: 1980-01-26

Material: Nylon.

Tractament: --



Utilitat: Posa en contacte la politja i l'accionador.

Comentaris d'acotació: Cap cota disposa d'una tolerància especial.

Nom: Unió accionador-placa superior.

Referència: 1980-02-12

Material: Alumini.

Tractament: --

Utilitat: Transmet el moviment de la taula de coordenades a la placa superior.

Comentaris d'acotació: La distancia entre els forats superiors té una tolerància especial per tal d'assegurar que a les dues peces els forats siguin concèntrics.

Nom: Unió accionador-placa intermitja.

Referència: 1980-02-13

Material: Alumini.

Tractament: --

Utilitat: Transmet el moviment d'una part de la taula de coordenades a la placa intermitja.

Comentaris d'acotació: La distancia entre els forats superiors té una tolerància especial per tal d'assegurar que a les dues peces els forats siguin concèntrics.

Nom: Placa superior

Referència: 1980-02-14

Material: Acer

Tractament: Templat.

Utilitat: Part de la taula de coordenades on es fixa el material que es vol assajar.

Comentaris d'acotació: Té un acabament superficial tal que assegura una certa planitud. També disposa d'una acotació especial tant pels forats roscats inferiors com laterals per tal d'assegurar que siguin concèntrics amb els elements que hi han d'anar fixats.

Nom: Placa intermitja.

Referència: 1980-02-15

Material: Alumini

Tractament: Anoditzat blanc.



Utilitat: Base per al muntatge del segon pis de la taula de coordenades que és l'encarregat de generar moviment en un dels dos eixos de coordenades.

Comentaris d'acotació: Disposa de quatre forats centradors de diàmetre 3H7 per assegurar situació de l'accionador lineal respecte aquesta placa on la distància entre ells també té tolerància especial. També disposen d'una tolerància especial els forats roscats inferiors i laterals per tal d'assegurar la concentricitat amb la peça que hi va fixada.

Nom: Placa inferior.

Referència: 1980-02-16

Material: Alumini

Tractament: Anoditzat blanc.

Utilitat: Base per al muntatge de tota la taula de coordenades.

Comentaris d'acotació: Disposa de quatre forats centradors de diàmetre 3H7 per assegurar situació de l'accionador lineal respecte aquesta placa on la distància entre ells també té tolerància especial. La resta de cotes no té cap tolerància especial.

Nom: Guia lliscant mascle.

Referència: 1980-02-17

Material: Alumini

Tractament: --

Utilitat: Element d'interacció entre dos pisos de la taula de coordenades. Limita el moviment d'un respecte l'altre.

Comentaris d'acotació: Aquesta peça té una amplada 12g6 que permet un joc amb la guia lliscant femella on va muntada. Això permet absorbir alguna mancança de paral·lelisme entre accionador lineal i guia lineal. També disposa de tolerància especial la distància entre dos forats per tal d'aconseguir que aquests siguin concèntrics a les peces que s'han d'unir.

Nom: Guia lliscant femella.

Referència: 1980-02-18

Material: Alumini

Tractament: --



Utilitat: Element d'interacció entre dos pisos de la taula de coordenades. Limita el moviment d'un respecte l'altre.

Comentaris d'acotació: Disposa d'una ranura d'amplada 12H7 per on entra amb joc la guia lliscant mascle comentada anteriorment.

Nom: Fixació accionador lineal.

Referència:1980-02-19

Material: Alumini

Tractament: --

Utilitat: Permetre la fixació dels accionadors lineals de la taula de coordenades.

Comentaris d'acotació: Disposa de dos forats centradors de diàmetre 3H7 on la distància entre ells també té tolerància especial.

Nom: Fixació accionador lineal costat motor.

Referència:1980-02-20

Material: Alumini

Tractament: --

Utilitat: Permetre la fixació dels accionadors lineals de la taula de coordenades.

Comentaris d'acotació: Disposa de dos forats centradors de diàmetre 3H7 on la distància entre ells també té tolerància especial.



9. PRESSUPOST

Un dels aspectes més importants en el disseny d'una màquina i la comercialització és el cost d'aquesta al mercat. Aquesta és la motivació de fer un pressupost, preveure el cost de la màquina de manera estimada i prendre una decisió en conseqüència.

El detall del pressupost del cost de la màquina és:

- Peces de compra a fabricants exteriors
- PC
- Components de fabricació pròpia (compra matèria prima i treball d'aquesta)
- Muntatge de la màquina
- Posta a punt
- Programació
- Despeses imprevistes

Els punts anteriors són els que donaran el cost final de la màquina que es dissenya. Es preveu un fabricació inicial de 100 màquines i per tan hi haurà algun cost que quedarà repartit entre aquestes elles. Pressupost de manera desglossada per parts:

- Peces de compra a fabricants exteriors

El cost de cadascuna de les peces es pot observar a la taula 9.1. La suma total del cost de totes les peces procedents de compra és 6.193,2 €.

$$C_{\text{compra}} = 6.193,2\text{€}$$

Aquest preu és del que cal partir, es podria aconseguir reduir-lo si hi hagués acord amb els subministradors del material de reduir el preu en cas de comprar grans quantitats.

Per poder consultar els pressuposts rebuts pels fabricants, comercials o distribuïdors dels diferents components veure Annex B.



ELEMENT	DESCRIPCIÓ	QUANTITAT	PREU (€)/unitat	DISTRIBUIDOR	Persona de contacte:	Telefon
Taladradora	SYDERIC SL-10 de 660 a 12.000 rpm	1	3537	SITGES S.L.	-	-
Actuador lineal	Serie OSP-E..E	2	1277	HOERBIGER ORIGA		937211494 (Fàbrica)
Variador freqüència	0,4 Kw Monofasico Modelo: L200-004NFEF	1	130,20	LOGITEK S.A.	Antonio Bayot	678483836
Guia lineal	LZBU 12A-2LSx360	2	365	SKF	Jose Andres Berné	933779977
Motor pas a pas	HY2226 0160EIP08	2	91	ELMEQ	Roberto Durán	934227033
Electrònica	GMD02	2	248	ELMEQ	Roberto Durán	934227033
Connectors	EQ05	2	30	ELMEQ	Roberto Durán	934227033
Motor CC	259.9008.30.00	1	285	ELMEQ	Victor Naranjo	934227033
Acoplament motor pas a pas – accionador lineal	-	2	60 – 90	HOERBIGER ORIGA	-	937211494 (Fàbrica)
Placa adquisició dades per PC	8155 I/O	1	140	ONDA RADIO		

Taula 9.1, pressupost i lloc de procedència dels elements



· PC

Ha d'haver-hi un PC que controli la màquina. Aquesta element, si el client disposa d'una màquina que pot destinar a aquest ús i que compleix els requisits mínims necessaris es pot aprofitar i reduir així el cost de la màquina. En un principi es destina un cost de 700€ a aquest element. (No es necessita un PC ultima generació).

$$C_{pc} = 700€$$

· Components de fabricació pròpia (compra matèria prima i treball d'aquesta)

Per fer el càlcul del cost de fabricació es parteix de que ja es disposa de les màquines adequades per a la fabricació de les peces necessàries ja que no es pretén fer un estudi de viabilitat econòmica del projecte. A continuació s'expressa una a una les peces amb el cost de fabricació de cadascuna d'elles:

Peça	Temps de fabricació (s)	Cost mà d'obra(€)	Cost matèria prima (€)
1980-01-02	230	1,92	1,65
1980-01-04	560	4,67	3,54
1980-01-05	230	1,92	4,21
1980-01-06	130	1,08	0,13
1980-01-07	370	3,08	1,43
1980-01-08	210	1,75	0,41
1980-01-09	260	2,17	1,03
1980-01-10	399	3,33	2,10
1980-01-11	160	1,33	0,22
1980-01-26	165	1,38	0,01
1980-0-12	300	2,50	0,39
1980-0-13	310	2,58	0,39
1980-0-14	4160	34,67	12,50
1980-0-15	1730	14,42	12,68
1980-0-16	1460	12,17	21,65
1980-0-17	250	2,08	0,20
1980-0-18	1110	9,25	1,22
1980-0-19	390	3,25	0,49
1980-0-20	430	3,58	0,49
TOTAL	12854	107,12	64,74

El cost dels components de fabricació pròpia és el conjunt del cost de la matèria prima i de les hores de feina aplicada. Això fa un total de:

$$C_{fabr} = 171,86 €$$



· Muntatge de la màquina

Per al muntatge de la màquina un cop es tenen tots els components procedents de compra i les peces, s'estima que es pot muntar en un temps aproximat de 4 hores amb la dedicació d'un operari. Aquest muntatge no inclou ni la programació ni la posta a punt dels sistemes electrònics, sols el muntatge mecànic dels diferents elements. Les hores de muntatge es cobraran a 36€/h.

Per tan al final s'obté un cost per aquesta operació de:

$$C_{\text{muntatge}} = 4h \cdot 36€/h = 144€$$

· Posta a punt

Per posta a punt s'entén el fet d'aconseguir que la màquina un cop muntada funcioni correctament, és a dir, que les diferents parts es comuniquin entre elles de manera adient. És el pas final abans d'entregar definitivament la màquina al client.

Es considera que aquesta part dura aproximadament 5 hores de dedicació per part d'un tècnic. Aquestes hores es cobren a 48 €/h. Per tan al final aquest cost d'operació surt a :

$$C_{\text{posta a punt}} = 5h \cdot 48€/h = 240 €$$

· Programació

En la programació s'hi inclou el desenvolupament del software adient per controlar al màquina i les proves de funcionament en la màquina prototipus. Es considera que el desenvolupament de dit software pot portar 15 dies de feina a 8 h/dia per part d'un programador informàtic.

$$C_{\text{programa}} = 15d \cdot 8h/d \cdot 48 €/h = 5760 €$$

S'ha de tenir en compte que es preveu una primera fabricació de 100 màquines i que la programació sols es fa una vegada, per tan té un cost de:

$$C_{\text{programa}'} = 57,6 €$$



· Despeses imprevistes

S'augmenta un 5% del cost de la màquina per tal de poder cobrir despeses varies que no s'han tingut en compte alhora de fer el pressupost.

Cost total de la màquina és la suma de tots els costos parcials de tots els components:

Despeses	Cost (€)
Peces de compra	6193,2
PC	700
Peces de fabricació pròpia	171,86
Muntatge de la màquina	144
Posta a punt	240
Programació	57,6
Cost total	7506,66
Despeses imprevistos	375,33
Total	7881,99

Aleshores el cost de fabricació de la màquina és 7.881,99 €. El preu de venda evidentment ha d'estar per sobre del que aquí apareix. En el present document no es pretén fer un estudi de mercat, per tan no s'entrarà dins aquests temes.



10. IMPACTE AMBIENTAL

L'impacte ambiental que pot causar el disseny, la fabricació i la distribució d'aquesta màquina és el mateix que qualsevol altre empresa dedicat a aquest sector. Això implica la utilització de certs materials, treballar aquests materials en unes condicions determinades i aconseguir acumular una certa quantitat de material de rebuig.

Materials utilitzats:

Tot material utilitzat és obtingut d'empreses que tindran el permís per fabricar-lo. Aquest permís per part de l'entitat governamental corresponent assegura unes condicions de treball i de tractament dels residus.

Treballar el material:

En aquest projecte es considera que hi haurà una sèrie de peces que es fabricaran i unes altres que es compraran ja fetes. Amb les que s'ha de tenir més compte és amb les que es fabriquen, si es fa amb seguretat pels treballadors i per al medi. Aquesta seguretat per al medi passa per complir una sèrie de normatives, si es compleix la vigent normativa medi ambiental es té el possible risc ambiental controlat. De totes maneres cal dir que per la producció d'aquesta màquina no s'usaran productes tòxics ni perillosos pel medi.

Tractament del material de rebuig:

Tot el material de rebuig sigui del tipus que sigui ha de ser recollit per transportistes autoritzats i portat a centres de gestió autoritzats.

En tot moment s'haurà de complir la normativa vigent en temes relatius a la prevenció i control del medi ambient.



CONCLUSIONS

La present memòria ofereix el disseny d'una màquina que aplica un assaig de maquinabilitat diferent als usats actualment. Aquesta manera alternativa requereix una màquina especial degut a les característiques intrínseques de l'assaig. Dita màquina és la motivació del projecte que es presenta, no l'assaig pròpiament dit.

Una màquina d'aquestes característiques ofereix la possibilitat de realitzar un tipus d'assaig que les empreses que es dediquen al treball del material ja fan a través d'altres mètodes, però amb una sèrie d'avantatges molt importants que s'acaben traduint en guany econòmic. La màquina no requereix una gran inversió econòmica per part d'una empresa i per contra el temps i el material que es pot estalviar és força interessant.

Al llarg de la memòria es presenten els elements, les seves característiques tècniques, la interacció entre ells i la manera de fabricar-los per tal d'aconseguir una màquina capaç de realitzar la funció requerida. En cap moment s'indica el funcionament de la part electrònica, ni s'entra a la part de programació del PC per controlar els elements així com l'enviament i rebuda de dades entre els elements de la màquina ja que no és l'objecte d'aquest projecte. Es tracta d'una visió mecànica de la màquina que deixa oberta la participació en la part electrònica.



BIBLIOGRAFIA

- [Costa, 2002] Costa Lluís ; Sierra Cayetano; Vivancos J. “Test for comparing the machinability of materials”, Article procedent del sisè congrés internacional datat de setembre del 2002.
- Nicolás Larburu Arizabalaga “Máquinas prontuario”, Ed. Paraninfo.
- Oriol Boix, Luis Sainz, Felipe Corcoles, Francisco J. Suelves “Tecnología Eléctrica”, Ed. Ceysa
- Carles Riba Romeva “Selecció de motors i transmissions en el projecte mecànic”, Ed. CPDA
- A. Chevalier “Dibujo Industrial”, Ed. Limusa
- Fransesc Roura Fernandez “Resistència de materials” Ed. CPDA
- Domenico Luchesi “Ensayos mecánicos de los materiales metálicos” Ed.Labor

Web consultades (major importancia):

www.hoerbigeroriga.es

www.skf.es

www.abb.es

www.maxonmotor.es

www.amhcomponetes.es

www.saim.es

www.interempresas.net

www.elmeq.es

www.syderic.com

www.hitachi.com

www.directindustry.com

