



## **Treball de Fi de Grau**

### *Matriu progressiva per una peça particular*

Marina Escalera Casas

**Grau en Enginyeria Mecatrònica**

Tutor/a: Xavier Armengol Vila

Vic, Juny de 2015

# Taula de continguts

Índex de figures .....	I
Índex de taules .....	II
Índex d'equacions .....	III
Resum .....	VI
Summary .....	VII
Capítol 1: Objectiu.....	1
1.1. Definició del projecte .....	1
1.2. Abast del projecte .....	1
Capítol 2: Estudi de la peça .....	2
2.1. Descripció de la peça .....	2
2.2. Material de la peça .....	2
Capítol 3: Procés de fabricació .....	3
3.1. Selecció del procés de fabricació.....	3
3.1.1. Generació i plantejament de les possibles alternatives.....	3
3.1.2. Selecció de l'alternativa més adequada .....	3
3.1.3. Selecció del tipus de matriu progressiva .....	3
3.1.4. Components de la matriu progressiva.....	4
3.2. Optimització de la banda de xapa .....	5
3.2.1. Distància entre separació de peces .....	5
3.2.2. Distància de separació entre una peça i la vora del fleix .....	6
3.2.3. Determinació del pas.....	6
3.2.4. Rendiment de la banda de xapa .....	6
3.2.5. Disposició de peces sobre la banda de xapa.....	7
3.3. Etapes del procés de fabricació .....	9
Capítol 4: Disseny de la matriu progressiva.....	10
4.1. Placa base inferior .....	11
4.2. Placa matriu .....	11
4.3. Guies de banda.....	12
4.4. Placa trepitjadora .....	13
4.5. Placa guiapunxons .....	13
4.6. Placa portapunxons .....	14

4.7. Placa sufridera .....	15
4.8. Placa base superior .....	15
4.9. Manegot .....	16
4.10. Limitador de picada .....	17
4.11. Punxons .....	17
4.11.1. Punxó de posicionament .....	18
4.11.2. Punxó de tall en U .....	18
4.11.3. Punxó de l'encunyat .....	18
4.11.4. Punxó de primer sagnat.....	19
4.11.5. Punxó de segon sagnat .....	19
4.11.6. Punxó de doblegat.....	20
4.11.7. Punxó de tall final.....	20
4.11.8. Punxó guia .....	20
4.12. Elements normalitzats .....	21
4.12.1. Columnes guia .....	21
4.12.2. Dolles guia .....	21
4.12.3. Molles.....	21
4.12.4. Topall guia .....	22
4.12.5. Cargols.....	22
4.12.6. Passadors o clàvies .....	22
Capítol 5: Càlculs .....	23
5.1. Fonaments de tall de la xapa .....	23
5.1.1. Descripció d'un procés de tall.....	23
5.1.2. Fenòmens que es manifesten durant el tall de la xapa .....	23
5.1.3. Efectes produïts en la peça pel tall de la xapa .....	24
5.2. Forces produïdes en el tall de la xapa .....	24
5.2.1. Força de tall.....	24
5.2.2. Força d'extracció .....	25
5.2.3. Força d'expulsió.....	27
5.2.4. Força del trepitjador .....	27
5.2.5. Resistència dels punxons al vinclament.....	28
5.3. Tolerància de tall .....	28
5.4. Fonaments de doblegat de la xapa.....	30
5.4.1. Operació de doblegat .....	30

5.4.2. Descripció del procés de doblegat.....	31
5.4.3. Fenòmens produïts en la peça pel doblegat de la xapa.....	32
5.4.4 Determinació de la fibra neutre en el doblegat.....	32
5.4.5. Càlcul del desenvolupament final de la peça.....	35
5.4.6. Angle de doblegat.....	35
5.4.7. Joc entre punxó i matriu.....	37
5.5. Força de doblegat.....	37
5.6. Elecció de les molles.....	38
5.7. Força de la premsa.....	41
5.8. Posició del manegot.....	41
Capítol 6: Medi ambient.....	44
Capítol 7: Pressupost.....	45
Capítol 8: Conclusions.....	46
Capítol 9: Bibliografia.....	47

# Índex de figures

<b>Figura 1:</b> Pla de treball amb Project. ....	1
<b>Figura 2:</b> Clip dissenyat amb PTC. ....	2
<b>Figura 3:</b> Situació de les "c". ....	5
<b>Figura 4:</b> Distribució simple. ....	7
<b>Figura 5:</b> Distribució doble invertida. ....	8
<b>Figura 6:</b> Carta d'operacions. ....	9
<b>Figura 7:</b> Matriu progressiva. ....	10
<b>Figura 8:</b> Placa base inferior. ....	11
<b>Figura 9:</b> Vista explotada de la placa matriu. ....	12
<b>Figura 10:</b> Guies de banda. ....	13
<b>Figura 11:</b> Placa trepitjadora. ....	13
<b>Figura 12:</b> Placa guiapunxons. ....	14
<b>Figura 13:</b> Placa portapunxons. ....	15
<b>Figura 14:</b> Placa sufridera. ....	15
<b>Figura 15:</b> Placa base superior. ....	16
<b>Figura 16:</b> Manegot. ....	17
<b>Figura 17:</b> Limitador de picada. ....	17
<b>Figura 18:</b> Punxó de posicionament. ....	18
<b>Figura 19:</b> Punxó de tall en U. ....	18
<b>Figura 20:</b> Punxó d'encunyat. ....	19
<b>Figura 21:</b> Punxó de primer sagnat. ....	19
<b>Figura 22:</b> Punxó de segon sagnat. ....	19
<b>Figura 23:</b> Punxó de doblegat. ....	20
<b>Figura 24:</b> Punxó de tall final. ....	20
<b>Figura 25:</b> Punxó guia. ....	20
<b>Figura 26:</b> Descripció d'un procés de tall amb trepitjadora. ....	23
<b>Figura 27:</b> Descripció del procés de doblegat. ....	32
<b>Figura 28:</b> Mides i radis de doblegat. ....	33
<b>Figura 29:</b> Representació gràfica del l'angle real a obtenir i de l'angle teòric a doblegar en un procés típic de doblegat. ....	35
<b>Figura 30:</b> Gràfic per determinar el factor de recuperació elàstica del material. ....	36
<b>Figura 31:</b> Diagrama de increment de la força. ....	38
<b>Figura 32:</b> Aplicació de les molles. ....	38
<b>Figura 33:</b> Gràfic del recorregut de les molles. ....	39
<b>Figura 34:</b> Descripció dels paràmetres de les molles. ....	40
<b>Figura 35:</b> Posició de les molles sobre la placa guiapunxons. ....	40
<b>Figura 36:</b> Molla helcioïdal DIN ISO 10243. ....	41
<b>Figura 37:</b> Centres de gravetat dels punxons. ....	42
<b>Figura 38:</b> Pressupost total. ....	45
<b>Figura 39:</b> Pressupost total matriu. ....	45

## Índex de taules

<b>Taula 1:</b> Separació entre talls “c” en (mm).....	5
<b>Taula 2:</b> Pesos específics de referència. ....	7
<b>Taula 3:</b> Perímetre de les lletres de l’encunyat. ....	25
<b>Taula 5:</b> Valors de franquícia (F) o tolerància de tall en ( $\mu\text{m}$ ) .....	29
<b>Taula 6:</b> Posició fibra neutre. ....	34
<b>Taula 7:</b> Pressupost total.....	45
<b>Taula 8:</b> Pressupost total matriu. ....	45

## Índex d'equacions

[ 1 ] Resistència al cisallament.....	2
[ 2 ] Separació entre peces .....	5
[ 3 ] Separació entre la vora de dalt del fleix i la peça .....	6
[ 4 ] Separació entre la vora de dalt del fleix i la peça i distància entre les peces .....	6
[ 5 ] Pas.....	6
[ 6 ] Rendiment.....	6
[ 7 ] Superfície utilitzada.....	6
[ 8 ] Rendiment.....	6
[ 9 ] Pes format.....	6
[ 10 ] Volum format.....	7
[ 11 ] Ample de fleix .....	7
[ 12 ] Pas distribució simple.....	7
[ 13 ] Ample de fleix distribució simple .....	7
[ 14 ] Pes de la peça distribució simple .....	8
[ 15 ] Volum format distribució simple.....	8
[ 16 ] Pes del format distribució simple.....	8
[ 17 ] Rendiment distribució simple .....	8
[ 18 ] Pas distribució doble .....	8
[ 19 ] Ample de fleix distribució doble.....	8
[ 20 ] Pes de la peça distribució doble .....	8
[ 21 ] Volum del format distribució doble .....	8
[ 22 ] Pes del format distribució doble .....	8
[ 23 ] Rendiment distribució doble.....	8
[ 24 ] Longitud del limitador .....	17
[ 25 ] Força de tall.....	24
[ 26 ] Força de tall de la primera etapa d'operacions .....	24
[ 27 ] Força de tall de la segona etapa d'operacions .....	24
[ 28 ] Perímetre de la tercera etapa d'operacions.....	25
[ 29 ] Força de tall de la tercera etapa d'operacions .....	25
[ 30 ] Força de tall de la quarta etapa d'operacions .....	25
[ 31 ] Força de tall de la cinquena etapa d'operacions.....	25
[ 32 ] Força de tall de la setena etapa d'operacions.....	25
[ 33 ] Força d'extracció.....	26
[ 34 ] Força d'extracció de la primera etapa d'operacions .....	26
[ 35 ] Força d'extracció de la segona etapa d'operacions.....	26
[ 36 ] Força d'extracció de la quarta etapa d'operacions .....	26
[ 37 ] Força d'extracció de la cinquena etapa d'operacions .....	26
[ 38 ] Força d'extracció de la setena etapa d'operacions .....	27
[ 39 ] Força d'expulsió .....	27
[ 40 ] Força d'expulsió de la primera etapa d'operacions.....	27
[ 41 ] Força d'expulsió de la segona etapa d'operacions .....	27
[ 42 ] Força d'expulsió de la quarta etapa d'operacions.....	27
[ 43 ] Força d'expulsió de la cinquena etapa d'operacions.....	27

[ 44 ] Força d'expulsió de la setena etapa d'operacions.....	27
[ 45 ] Força del trepitjador de la primera etapa d'operacions.....	27
[ 46 ] Força del trepitjador de la segona etapa d'operacions .....	27
[ 47 ] Força del trepitjador de la quarta etapa d'operacions.....	28
[ 48 ] Força del trepitjador de la cinquena etapa d'operacions.....	28
[ 49 ] Força del trepitjador de la setena etapa d'operacions.....	28
[ 50 ] Tolerància de tall de la primera etapa d'operacions del punxó .....	29
[ 51 ] Tolerància de tall de la primera etapa d'operacions de la matriu .....	29
[ 52 ] Tolerància de tall de la segona etapa d'operacions del punxó.....	29
[ 53 ] Tolerància de tall de la segona etapa d'operacions de la matriu .....	29
[ 54 ] Tolerància de tall de la quarta etapa d'operacions del punxó.....	30
[ 55 ] Tolerància de tall de la quarta etapa d'operacions de la matriu .....	30
[ 56 ] Tolerància de tall de la cinquena etapa d'operacions del punxó .....	30
[ 57 ] Tolerància de tall de la cinquena etapa d'operacions de la matriu .....	30
[ 58 ] Tolerància de tall de la setena etapa d'operacions del punxó .....	30
[ 59 ] Tolerància de tall de la setena etapa d'operacions de la matriu .....	30
[ 60 ] Doblegat en forma de V .....	31
[ 61 ] Força de doblegat .....	31
[ 62 ] Força del trepitjador .....	31
[ 63 ] Valor dels trams rectes.....	33
[ 64 ] Posició de la fibra neutre en el radi de 10mm.....	33
[ 65 ] Factor X en el radi de 10mm .....	34
[ 66 ] Radi de la fibra neutre en el radi de 10mm.....	34
[ 67 ] Posició de la fibra neutre en el radi de 5mm.....	34
[ 68 ] Factor X en el radi de 5mm .....	34
[ 69 ] Radi de la fibra neutre en el radi de 5mm.....	34
[ 70 ] Igualtat de graus .....	34
[ 71 ] Igualtat de graus .....	34
[ 72 ] Igualtat de graus .....	34
[ 73 ] Igualtat de graus .....	34
[ 74 ] Igualtat de graus .....	34
[ 75 ] Desenvolupament del doblegat en el radi de 10mm .....	35
[ 76 ] Desenvolupament del doblegat en el radi de 5mm .....	35
[ 77 ] Desenvolupament total.....	35
[ 78 ] Angle de doblegat de radi 10 graus.....	36
[ 79 ] Factor k segons angle de doblegat de 10 graus.....	36
[ 80 ] Radi doblegat 2 .....	36
[ 81 ] Graus doblegat 1 .....	36
[ 82 ] Graus doblegat 1 .....	36
[ 83 ] Angle de doblegat de radi 5 graus.....	36
[ 84 ] Factor k segons angle de doblegat de 5 graus.....	36
[ 85 ] Radi doblegat 2 .....	36
[ 86 ] Graus doblegat 1 .....	37
[ 87 ] Graus doblegat 1 .....	37
[ 88 ] Joc entre punxó i matriu .....	37



[ 89 ] Força de doblegat .....	37
[ 90 ] Força del trepitjador .....	37
[ 91 ] Força total doblegat .....	37
[ 92 ] Força trepitjador total .....	40
[ 93 ] Força de cada molla .....	40
[ 94 ] Força de la premsa .....	41
[ 95 ] Equació per trobar el centre de forces en l'eix X.....	43
[ 96 ] Equació per trobar el centre de forces en l'eix Y.....	43
[ 97 ] Posició del manegot en l'eix X.....	43
[ 98 ] Posició del manegot en l'eix Y .....	43
[ 99 ] Estalvi total del material .....	44

# Resum

**Títol:** *Matriu progressiva per una peça particular*

**Paraules clau:** *Matriu progressiva*

**Autor:** Marina Escalera Casas

**Tutor:** Xavier Armengol Vila

**Data:** Juny de 2015

En aquest projecte, es descriu el procés de disseny d'una matriu progressiva per la fabricació d'una peça particular, exactament d'un clip.

Es realitza un estudi de la peça i del procés més adequat per fabricar-la, la matriu progressiva. S'estudia l'optimització de la banda de xapa, per obtenir el major rendiment, i les diferents etapes de conformat de la xapa per a obtenir la peça.

El disseny de la matriu es fa mitjançant elements normalitzats i elements fabricats. Es realitzen els plànols dels elements a fabricar i s'incorporen els catàlegs on comprar els elements normalitzats. El disseny de la matriu està justificat per càlculs realitzats prèviament.

Un cop fet el disseny de la matriu progressiva, es calcula el pressupost d'aquesta, que inclou els costos d'enginyeria, els dels elements normalitzats, els dels elements a fabricar i els de la posada en marxa.

Finalment, es fa la simulació del vinclament dels punxons en la matriu, i de l'esforç i els desplaçaments que ha de suportar la peça.

# Summary

**Title:** Progressive die for a specific piece

**Key words:** Progressive die

**Author:** Marina Escaleras Casas

**Tutor:** Xavier Armengol Vila

**Date:** June 2015

In this project, it is described the design process of a progressive die for the production of a specific piece, in particular, a clip.

It is performed a study of the piece and the most adequate process for its production, the progressive die. It is studied the optimization of the metal strap, in order to obtain the best performance possible and the different steps of shaping process of the piece.

The design of the die it is done using standard elements and self-made elements. It is also done the drawings of the self-made elements and the catalogues of the standard ones.

Once the design is done, it is done a budget where engineering costs, purchase of the standard elements, production of self-made elements and set up are taken into account.

Finally, it is done a finite element analysis of the buckling of the punches and the stresses and deformations that the piece will stand.

A tots els que heu format part d'això des dels inicis.

A la família, pel suport incondicional en tot moment.

A en Xavier, per tota l'ajuda rebuda, els consells i la seva predisposició.

# Capítol 1: Objectiu

## 1.1. Definició del projecte

Aquest projecte s'ha realitzat amb la finalitat de fer un estudi sobre el procés de fabricació d'una peça particular. La peça a tractar és un clip dels que s'empren per subjectar fulls. Més endavant es veurà que la matriu progressiva és la millor eina per fabricar aquesta peça.

L'objectiu del clip es promocionar el nou logotip de la facultat d'Enginyeries de la Universitat de Vic. Es voldria donar un clip a tots els alumnes de la Universitat al matricular-se, i també als alumnes actuals.

Per aquest motiu serà molt important el cost del producte. Els beneficis que es vol obtenir amb aquest patrocini no són amb diners, sinó donar a conèixer la nostra Universitat.

## 1.2. Abast del projecte

Pel que respecte a l'abast, es pretén fabricar un milió de peces. Es creu que per una tirada inicial de peces, un milió serà suficient per cobrir la demanda. Aquests clips es donaran al saló de l'ensenyament, en qualsevol acte cultural, i als antics, actuals i propers alumnes de la Universitat.

Es desitjaria tenir el producte final a principis de Setembre del 2015, de cara al nou curs. Per tal de poder portar a terme aquest projecte, cal que es diferenciïn dues parts: el projecte teòric i el projecte pràctic. Per temes de temps i pressupost en aquest projecte només es realitzarà el projecte teòric. La finalització del projecte teòric està establerta pel dia 2 de Juny. El projecte pràctic es podria dur a terme durant les vacances d'Estiu per tenir-lo a principis de Setembre.

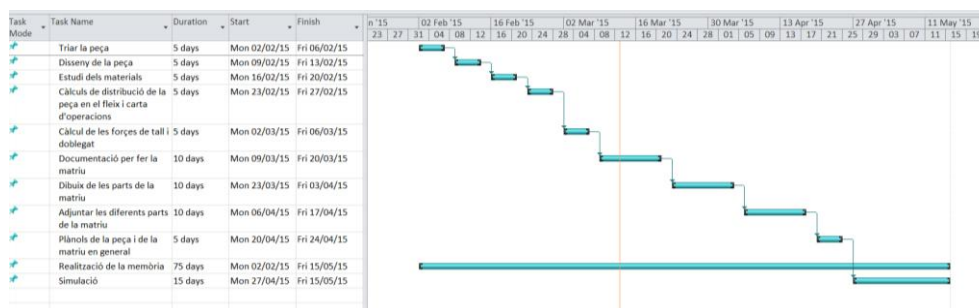


Figura 1: Pla de treball amb Project.

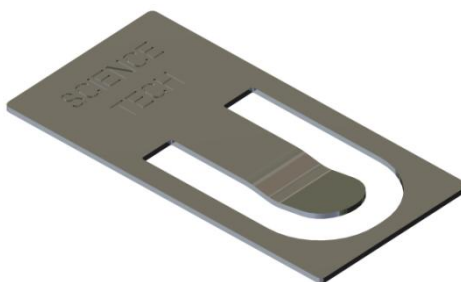
Les tasques previstes inicialment per tal de que la fabricació de la matriu sigui el més ràpid possible són les següents: triar la peça, disseny de la peça, estudi dels materials, càlculs de distribució de la peça en el fleix i carta d'operacions, càlcul de les forces de tall i doblegat, documentació per fer la matriu, disseny de les diferents parts de la matriu, adjuntar les diferents parts de la matriu, plànols de la peça i de les parts de la matriu, realització de la memòria i opcionalment la simulació.

## Capítol 2: Estudi de la peça

### 2.1. Descripció de la peça

Pel clip s'ha determinat les mides exteriors en 40x20x0,6 mm. S'ha dissenyat amb la intenció que tingui la forma del nou logotip de la UVic. A la part inferior hi ha un doblegat per tal d'enganxar els fulls. A la part superior hi ha un gravat amb el nom de la facultat. Es vol que el clip es pugui reutilitzar per altres facultats de la UVic. Per aquest motiu, el gravat ha de ser fàcil de canviar. En un principi només es fabricarà amb la facultat d'Enginyeries. A l'Annex A, pàgina 5 es pot veure, l'evolució en el disseny, des del primer clip fins al clip final. Més informació sobre les mides exactes del clip, es pot consultar l'Annex B, pàgina 54.

S'ha fet una simulació del clip, que es pot concloure dient que aplicant una força de 5N el clip entra en el límit elàstic, i amb una força de 10N el clip es trenca. Per més informació sobre la simulació consultar Annex A, pàgina 45.



**Figura 2:** Clip dissenyat amb PTC.

### 2.2. Material de la peça

Ja que la fabricació de la peça s'implementa mitjançant una matriu progressiva en la que es realitzen operacions de tal i doblegat, s'ha considerat que el material de la peça no sigui extremadament resistent per facilitar la conformació de la peça.

Aquesta es la raó per la qual, s'ha decidit que la peça es fabriqui amb acer inoxidable de qualitat 304 i acabat 2B. L'acabat del material és important, ja que es vol no haver de fer cap tractament posterior a la peça. S'ha triat acabat mate, ja que es veu menys en cas de ratllades. A part, aquest acer té un 0,02 % de carboni amb una  $R_p$  de 321 N/mm<sup>2</sup> i  $R_m$  de 633 N/mm<sup>2</sup>.

S'ha parlat amb l'empresa *ThyssenKrupp Materials Ibérica, S.A.* i estarien disposats a subministrar el material. Per més informació sobre el material consultis l'Annex A, pàgina 9. On es pot veure el certificat de qualitat del material, preu, kilograms, etcètera.

Per poder fer els càlculs corresponents de la matriu, es necessita saber la resistència al cisallament del material. Segons el càlcul següent:

$$K_c = R_m * 0,8 = 633 * 0,8 = 506,4 \text{ N/mm}^2 \quad [1]$$

## Capítol 3: Procés de fabricació

### 3.1. Selecció del procés de fabricació

#### 3.1.1. Generació i plantejament de les possibles alternatives

En aquest apartat es plantegen les possibles alternatives que es podrien fer per produir aquesta peça.

Es poden diferenciar quatre tipus de matrius. El primer determina el procés de transformació segons: manual, semiautomàtica i automàtica. El segon determina les característiques constructives segons: de pont, amb trepitjador i coaxial o doble efecte. El tercer és la progressiva. I, finalment el quart, determina els cicles de producció segons: proves, prototips, producció.

Per més informació sobre les possibles alternatives i la seva descripció consultar l'Annex A, pàgina 12.

#### 3.1.2. Selecció de l'alternativa més adequada

Aquest projecte tracta d'una producció d'un milió de clips. Cal tenir en compte que es tracta d'una peça amb diverses operacions. Aquests són els motius per els quals s'ha decidit que la millor solució és optar per la matriu progressiva. A més, si es fes la peça amb matrius simples se n'haurien de dissenyar una per cada operació, en canvi, amb la progressiva es poden fer totes les operacions a la vegada. A part, si es fessin matrius simples el preu d'aquestes augmentaria respecte la progressiva, ja que es necessitarien més premses, augmentaria la mà d'obra, disminuiria la producció i el preu del producte final seria major.

L'alternativa més adequada per aquest procés de fabricació és dissenyar una matriu progressiva.

#### 3.1.3. Selecció del tipus de matriu progressiva

Depenent de les operacions que siguin necessàries per cada tipus de peça, les matrius progressives es poden classificar en quatre: matrius progressives de tall, matrius progressives de tallar i doblegar, matrius progressives de tallar i embotir, matrius progressives mixtes.

En el clip s'ha de fer operacions de tall i doblegat. La matriu progressiva haurà de fer aquestes operacions: matriu progressiva de tallar i doblegar

Per més informació sobre els altres tipus de matriu progressiva consultar l'Annex A, pàgina 18.

#### Generalitats

Es parteix d'una tira de xapa i s'efectuen diverses transformacions consecutives (tall, doblegat, embotició, etc) dintre del mateix procés, mentre la cinta es desplaça en la matriu en passos equivalents exactament iguals.

Aquest tipus de matrius estalvien molt temps de fabricació, però no resulten barates en quant al seu projecte, construcció i manteniment. Com més transformacions es realitzen major es el grau de dificultat del seu funcionament i les probabilitats d'averies, ruptures o parades per manteniment.

Amb un estudi i projecte molt rigorós, una construcció adequada, i la utilització de materials i tractaments de qualitat adequats a les característiques de la producció s'aconsegueix evitar un desgast anormal de la matriu en un curt període de temps.

### Matrius progressives de tall i doblegar

En gairebé tots els casos, les matrius progressives de doblegar, també porten elements tallants que necessàriament han de perfilar la peça abans de doblegar-la. En les operacions de doblegat fetes en matriu progressiva, hem de posar especial atenció als següents punts:

- a) Muntar ganiveta o topalls d'avanç per garantir el pas.
- b) Centrar la banda mitjançant punxons pilot en cada estació o pas.
- c) Preveure un pas buit quan existeixin doblegats conflictius.
- d) Realitzar els talls i doblegats en plaques separades.
- e) Els doblegats hauran de tenir sortida per desplaçar-se posteriorment.
- f) Cuidar que les forces de doblegat estiguin repartides en la matriu.
- g) Impedir el moviment de la peça durant el seu doblegat.
- h) Si es possible, fer els doblegats en sentit favorable a les fibres del material.
- i) Tenir sempre en compte el factor de retorn del material.
- j) Evitar els radis de doblegat inferiors al gruix de la xapa, per evitar esquerdes.

La construcció de la matriu s'ha de fer de manera que les zones de tall i de doblegat (plaques i punxons) siguin independents entre sí. Així la ruptura o manteniment d'alguna d'elles no afecta a l'altre.

Les parts de la peça que vagin doblegades, mai han de presentar rallades o laminacions a la superfície, ja que equivaldria a un aprimament en el gruix de la xapa (entre un 10% i un 20%), o un estirament excessiu del material, que donaria lloc a peces amb un desenvolupament erroni en les parts doblegades. Per evitar-ho, les cares dels punxons i matrius en contacte directe amb el fleix, han d'estar rectificades i pulides, impedit el gripatge de la superfície per les partícules de material que quedin adherides. A més, s'ha de tenir en compte que el comportament dels diferents materials davant a un mateix doblegat.

### 3.1.4. Components de la matriu progressiva

Seguidament s'exposaran els components de la matriu progressiva. Al Capítol 4 es detallen un per un.

Components: 1 placa base inferior, 1 placa matriu, 1 placa trepitjadora, 1 placa guiapunxons, 1 placa portapunxons, 1 placa sufridera, 5 guies de banda, 10 punxons de tall, 2 punxons de doblegat, 4 columnes guia, 8 casquillos guia, 8 distanciadors o topes guia, 8 molles, 1 manegot, 2 limitadors de picada, 47 cargols i 30 passadors.



## 3.2. Optimització de la banda de xapa

### 3.2.1. Distància entre separació de peces

La separació ( $c$ ) que s'ha de deixar entre les peces depèn del gruix de la xapa i de la longitud de tall. La separació ha de garantir la rigidesa del fleix de material, ja que és un aspecte clau per al bon funcionament del conformat de la peça. Sense la rigidesa del fleix hi podrien haver problemes en l'avanç d'aquest i podria provocar que s'espallés la matriu.

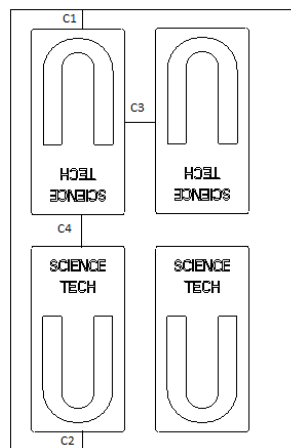
És molt important que la separació entre les peces sigui suficient per tal que el tall d'una peça no interfereixi sobre la següent. De la mateixa manera que una separació excessiva provocaria pèrdua de material i el cost del material augmentaria.

Per tal de calcular la separació entre peces, s'ha de tenir en compte la següent taula:

e (mm)	B (long. del tall)		Fleix amb tall lateral de gruix $C_1$
	$B_n \leq 10$	$10 < B_n < 200$	
0,5 a 1	$2 - e$	$(2 - e) + B_n/100$	$C_1 = e/2 + B/100 + 1$
1 a 2	$e$	$e + B_n/100$	
2 a 3	2		

**Taula 1:** Separació entre talls "c" en (mm).

Al projecte es té un gruix ( $e$ ) de 0,6 mm, per tant s'està a la fila de 0,5 a 1 mm de gruix. Per saber la longitud de tall, cal recordar la peça. La peça mesura 20 x 40 mm, però la superfície de contacte, com que hi ha radis es redueix a 18,85 x 38,9 mm. Per més informació sobre les mides de la peça consultar l'Annex B, pàgina 54.



**Figura 3:** Situació de les "c".

$$\begin{aligned}
 \text{Separació entre peces (c3): } (10 < B_n < 200): c3 &= (2 - e) + \frac{B_n}{100} \\
 &= (2 - 0,6) + \frac{38,85}{100} = 1,7885 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \quad [2]$$

### 3.2.2. Distància de separació entre una peça i la vora del fleix

La separació entre la peça i les vores del fleix es calculen de la mateixa manera. S'ha de tornar a mirar la taula 1 i s'obté la mateixa equació per calcular la distància entre la vora de dalt del fleix (c1) i la peça, i la vora de baix del fleix (c2) i la peça. De la mateixa manera es podrà calcular la distància entre les peces (c4). La distància de separació serà igual en els tres casos, ja que la distància de contacte és la mateixa.

$$\begin{aligned} \text{Separació entre la vora de dalt del fleix i la peça (c1): } (10 < B_n < 200): c1 \\ = (2 - e) + \frac{B_n}{100} = (2 - 0,6) + \frac{18,85}{100} = 1,5885 \text{ mm} \end{aligned} \quad [3]$$

$$c1 = c2 = c4 = 1,5885 \text{ mm} \quad [4]$$

### 3.2.3. Determinació del pas

El pas és la distància que hi ha entre dos punts que es troben al mateix lloc de dos peces situades de la mateixa manera en el fleix. El pas es pot definir com la distància que avança el fleix de material dins de la matriu. Per calcular el pas s'ha de tenir en compte la separació entre peces (c3) en mil·límetres i l'amplada de la peça (a) també en mil·límetres. El càlcul és:

$$\text{Pas: } P = c3 + a \quad [5]$$

### 3.2.4. Rendiment de la banda de xapa

El rendiment és necessari per determinar l'aprofitament del material. Com més gran és el rendiment, vol dir que s'està aprofitant més el material i per tant menor cost. El rendiment es calcula amb la següent fórmula:

$$\text{Rendiment : } \eta = \frac{\text{Superfície de la peça } (S_p)}{\text{Superfície utilitzada } (S_u)} * 100 \quad [6]$$

On la superfície utilitzada és la multiplicació entre el pas (p) i l'amplada de banda (a)

$$\text{Superfície utilitzada} = p * a \quad [7]$$

Hi ha una altre manera equivalent de calcular el rendiment, que és la que s'utilitza al projecte:

$$\text{Rendiment : } \eta = \frac{\text{Pes de la peça } (P_p)}{\text{Pes del format } (P_f)} * 100 \quad [8]$$

On el pes del format és:

$$P_f = \frac{\text{Pes del format :} \\ \text{Volum del format } (V_f) * \text{Pes específic de referència } (\rho_s)}{n^\circ \text{ peces}} \quad [9]$$

El volum del format ( $V_f$ ) es determina a partir del pas (p), de l'amplada de fleix (B) i del gruix del material (e).

$$\text{Volum del format} : V_f = P * B * e \quad [10]$$

L'ample de banda és específic per cada tipus de distribució. Però la manera general de calcular-ho seria sumant l'alçada de la peça (h), la separació entre la peça i la vora de dalt del fleix (c1) i la separació entre la peça i la vora de baix del fleix (c2) :

$$\text{Ample de fleix} : B = h + c1 + c2 \quad [11]$$

El pes específic s'obté de la següent taula. En aquest cas es considera el material d'acer amb un pes específic de 7,8 *grams/cm<sup>3</sup>*.

material	p <sub>s</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
acer	7,8
coure	8,9
llautó	8,4
alumini	2,7
Zenc	7,2

**Taula 2:** Pesos específics de referència.

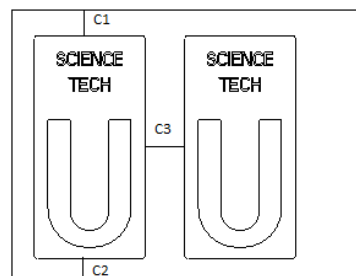
### 3.2.5. Disposició de peces sobre la banda de xapa

Com ja s'ha comentat, l'aprofitament del material influeix directament amb el cost de la peça. Cal tenir en compte que un rendiment entre el 75% i el 80% és molt bo i hauria de ser l'objectiu el projecte. L'elecció de la disposició de les peces sobre la xapa repercuteix directament sobre el rendiment d'aquesta.

Depenent de la geometria de la peça, existeixen diverses disposicions sobre el fleix del material: normal, obliqua, invertida, invertida solapada, obliqua solapada, etc.

A continuació s'exposen dos disposicions diferents i es veurà quina és més rentable i perquè es tria.

#### a) Distribució simple



**Figura 4:** Distribució simple.

El pas i de l'ample de banda es determinen de la següent manera:

$$\text{Pas} : P = c3 + a = 1,7885 + 20 = 21,7885 \text{ mm} \quad [12]$$

$$\text{Ample de fleix} : B = c1 + h + c2 = 1,5885 + 40 + 1,5885 = 43,177 \text{ mm} \quad [13]$$

Utilitzant el programa *CREO PARAMETRIC 2.0* s'obté que el pes de la peça és:

$$Pes \text{ de la peça} : P_p = 2,9598 \text{ grams} \quad [14]$$

Utilitzant les equacions explicades en l'apartat anterior s'obté el volum i el pes del format.

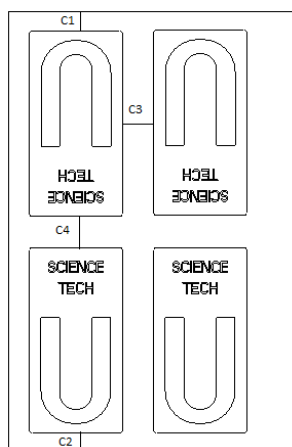
$$Volum \text{ del format} : V_f = P * B * e = 21,7885 * 43,177 * 0,6 = 564,4572387 \text{ mm}^3 \quad [15]$$

$$Pes \text{ del format} : P_f = \frac{V_f * p_s}{n^{\circ} \text{ peces}} = \frac{564,4572387 * 7,8}{1} = 4,402766462 \text{ grams} \quad [16]$$

Finalment s'obté obtenir que el rendiment, amb una distribució simple és el següent:

$$Rendiment : \eta = \frac{P_p}{P_f} * 100 = \frac{2,9598}{4,402766462} * 100 = \mathbf{67,2254\%} \quad [17]$$

### b) Distribució doble invertida



**Figura 5:** Distribució doble invertida.

El pas i de l'amplada de banda es determinen de la següent manera:

$$Pas : P = c3 + a = 1,7885 + 20 = 21,7885 \text{ mm} \quad [18]$$

$$\begin{aligned} \text{Amplada de flex} : B &= c1 + h + c4 + h + c2 \\ &= 1,5885 + 40 + 1,5885 + 40 + 1,5885 = 84,7655 \text{ mm} \end{aligned} \quad [19]$$

Utilitzant el programa CREO PARAMETRIC 2.0 s'obté que el pes de la peça és:

$$Pes \text{ de la peça} : P_p = 2,9598 \text{ grams} \quad [20]$$

Utilitzant les equacions explicades en l'apartat anterior s'obté el volum i el pes del format.

$$\begin{aligned} Volum \text{ del format} : V_f &= P * B * e = 21,7885 * 84,7655 * 0,6 \\ &= 1108,147858 \text{ mm}^3 \end{aligned} \quad [21]$$

$$Pes \text{ del format} : P_f = \frac{V_f * p_s}{n^{\circ} \text{ peces}} = \frac{1108,147858 * 7,8}{2} = 4,321776646 \text{ grams} \quad [22]$$

Finalment s'obté que el rendiment, amb una distribució simple és el següent:

$$Rendiment : \eta = \frac{P_p}{P_f} * 100 = \frac{2,9598}{4,321776646} * 100 = \mathbf{68,4854\%} \quad [23]$$

Només s'han pensat aquestes dues distribucions perquè per la geometria de la peça, es veu clarament, que donaria un rendiment inferior. Com s'ha pogut veure el rendiment entre una distribució i l'altra no varia molt. Així doncs, si només es tingués en compte el rendiment, es podria escollir qualsevol de les dues. S'ha de tenir en compte però, que en la distribució doble, al fer dues peces en el mateix pas, s'haurà de multiplicar els útils necessaris (punxons). Això provocaria que la matriu fos més gran i probablement més cara. No obstant, s'aconseguirà el milió de peces amb un temps més reduït i per tant el cost de mà d'obra seria inferior.

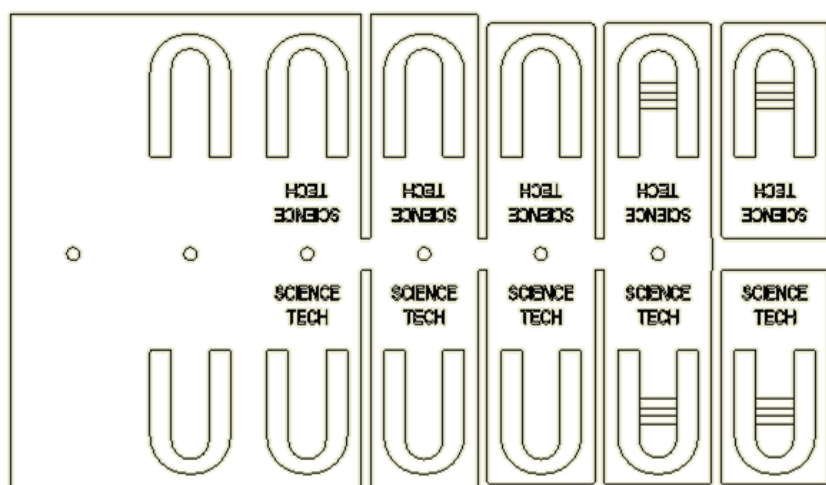
Es considera el cost de la mà d'obra molt elevat en comparació amb el suplement del cost dels punxons i per tant, es considera millor i més òptim fabricar els clips amb una distribució doble solapada.

### 3.3. Etapes del procés de fabricació

En la fabricació de la peça calen set etapes, que s'exposen a continuació:

1. Operació de punxonat. En aquesta primera operació es fa un punxonat pel centrador. D'aquesta manera es podrà controlar el pas del fleix amb precisió.
2. Operació de punxonat en U. En aquesta segona operació es realitza el tall en forma de U.
3. Operació d'encunyar. En aquesta tercera etapa del procés es fa un encunyat amb diferents frases.
4. Operació de primer sagnat. En aquesta operació cal un tall lateral, per anar donant forma a la peça.
5. Operació de segon sagnat. En aquesta operació es talla a la part de baix de la peça i es dona la forma amb el radi.
6. Operació de doblegat. Un cop feta l'operació de tall en forma de U es pot procedir a fer els doblegats pertinents a l'interior de la U.
7. Operació de tall. En aquesta última etapa del procés s'acaba de retallar la peça. Es talla només la part central de la peça i se li dona la forma amb el radi.

Per més informació sobre la disposició de la peça sobre la xapa, consultar l'Annex B, pàgina 55.



**Figura 6:** Carta d'operacions.

## Capítol 4: Disseny de la matriu progressiva

Tots els elements constructius que formen la matriu s'han de dissenyar per tal que compleixin amb el treball que han de realitzar.

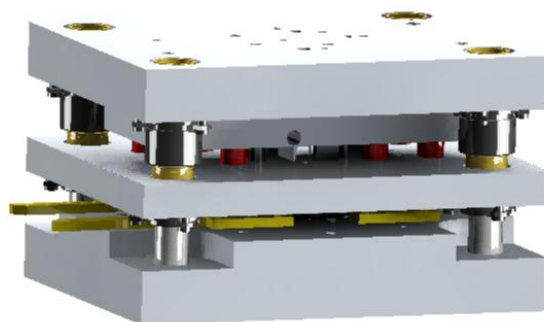
Els materials, els tractaments tèrmics i acabats utilitzats per fabricar aquestes peces són aspectes molt importants a tenir en compte. Han de tractar-se amb atenció si es volen obtenir els millors rendiments al llarg de la vida de d'utilitatge. També s'ha de prestar atenció als diferents elements normalitzats que s'utilitzen amb més freqüència en la construcció de les matrius.

Els objectius prioritaris de tots els components de la matriu són que la durabilitat sigui adequada i que les peces fabricades siguin de qualitat. Si es compleixen, el funcionament de la matriu serà el correcte.

Perquè es compleixin aquests objectius s'han de complir una sèrie de requisits com el bon disseny de la matriu, una bona construcció, uns bons materials de construcció, uns bons tractaments tèrmics i bon manteniment.

La matriu (figura 7) està composta de dos parts principals: una fixa, que està subjecte a la taula de la premsa, i una l'altra mòbil solidaria amb el capçal de la màquina.

La part mòbil de la matriu es desplaça 8,4mm fins que la placa trepitjadora entra en contacte amb el fleix de material. Després la part mòbil es desplaça 3,6mm, les molles es comprimeixen entre la placa portapunxons i la placa guiapunxons i es realitza el procés de tall i doblegat del fleix. Seguidament la part mòbil torna a la seva posició inicial per acabar un cicle i començar-ne un altre.



**Figura 7:** Matriu progressiva.

En els següents apartats es descriuen tots els elements de la matriu progressiva. Per veure les dimensions de cada element consultar el seu plànol corresponent en el document Annex B. En cas de que es tracti d'un element normalitzat, consultar l'Annex C.

## 4.1. Placa base inferior

La placa base inferior té la missió de suportar l'utilatge, suportar-lo sobre la taula de la premsa i absorbir els esforços que es produeixen sobre la matriu durant el procés de treball.

S'ha triat l'empresa *Fibro* com a principal subministrador per fer la matriu, ja que és un dels més importants d'Europa. A més el seu catàleg de productes es molt ampli i permet llibertat a l'hora d'escollir els productes.

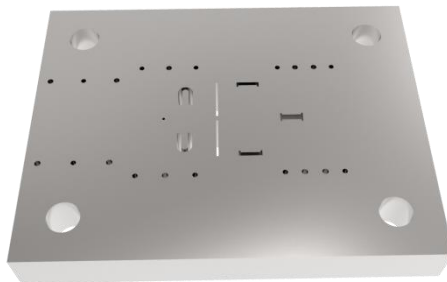
De la mateixa manera que la placa base superior i la placa guiapunxons, la placa base inferior prové de Plaques i regletes rectificades de l'empresa *Fibro*.

La placa base inferior és d'acer, amb número de material 1.0570 i té unes mides de 400x315x50. Se li realitzen quatre forats on van clavades les quatre columnes a la placa. Els forats són col·locats de manera simètrica a la placa per tal de que no es faci el muntatge de la matriu progressiva al revés.

Sobre aquesta placa s'ha de mecanitzar els perímetres de tall sobredimensionats dels punxons, ja que és per on cauen els retalls de material sobrant.

Es realitzen 6 forats roscats per tal que 10 cargols M6 DIN EN ISO 4762 uneixin les guies de banda, la placa matriu i la placa base inferior.

Es foraden 10 forats Ø6 per ajustar els 10 passadors de DIN EN ISO 8734.



**Figura 8:** Placa base inferior.

## 4.2. Placa matriu

La placa matriu, juntament amb els punxons, es la part més important d'un utilatge. Esta composta d'una sèrie de forats els quals la seva forma i situació es corresponen amb la dels punxons. El pla superior de la placa és la part activa de la matriu. Per això, sempre ha d'estar perfectament rectificada i sense osques, ja que en depèn la fabricació d'un producte perfecte.

La placa matriu és d'acer amb número de material 1.0570.

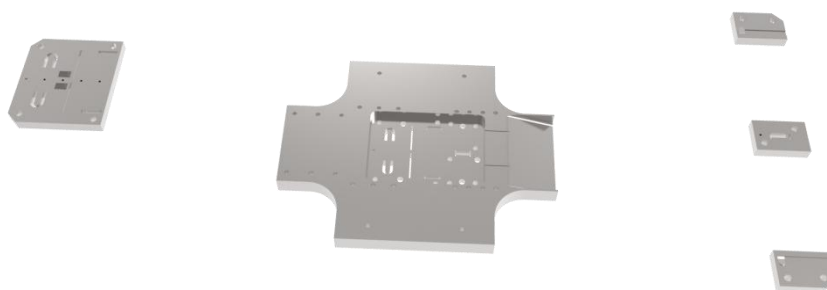
Normalment es recomana que el gruix de la matriu oscil·li entre els 15 i els 40 mm dependent del material a tallar. S'ha pres una mida estàndard de 25 mm.

A la matriu, el forat on s'ajusta el punxó, anomenat també perímetre de tall, és passant i té certa conicitat, tal que puguin caure els retalls de material sobrant. A la part cilíndrica del forat de la matriu se l'anomena vida útil de la matriu. La part útil podrà ser rectificada fins que desaparegui el perímetre de tall definit. Aquesta part cilíndrica és de 4mm. La part cònica és important, encara que no intervingui directament en el tall, ja que en depèn la correcta evacuació de les peces i retalls. Es fa amb angle de 1°, que és el recomanat per els experts en matriceria.

En funció de la peça a construir, del contorn, de les dimensions i del numero de peces a produir, la placa matriu podrà ser mecanitzada sencera o d'una peça, en varies peces, partida o en segments, amb postissos, i formada a base de dolles o pastilles encastables. En aquest projecte s'optarà per l'opció de postís. D'aquesta manera, s'abaratixen costos, tant a l'hora de fabricar la placa matriu, com a l'hora de rectificar la part superior.

En aquest projecte es separa la matriu en 5 parts. Les quatre parts petites son les parts més importants de la matriu. Aniran unides a la matriu exterior amb 5 cargols de M8 DIN EN ISO 4762 i 10 clàvies de Ø8 mm.

Les quatre parts petites es sotmetran a un tractament tèrmic de trempat i revingut (bonificat) per a obtenir una duresa de 60 – 62 HRC.



**Figura 9:** Vista explotada de la placa matriu.

### 4.3. Guies de banda

Les guies de banda o guies laterals consisteixen normalment en dos regles prismàtiques, on el seu gruix és lleugerament superior al del fleix a matritzar. Aquestes regles van enclavillades paral·leles entre si i la seva posició es troba entre la placa matriu i la placa trepitjadora. Tenen una longitud superior al bloc de l'utilitatge per tal d'alinejar i guiar millor el fleix de material.

Per facilitar l'entrada del fleix es mecanitza un xamfrà de 30° pel costat que entra la banda de xapa. El perfil de les guies de banda s'adaptarà de forma adequada perquè no es pugui sortir el fleix de material.

En aquest projecte es necessiten 4 guies, per ajustar-les a la forma de la placa trepitjadora, sense que perdin la seva funcionalitat de guiatge. Són d'acer VDI 3357 endurit amb trempat superficial.



En total es foraden 10 forats de  $\varnothing 6$  per ajustar 10 passadors de DIN EN ISO 8734 i 10 forats pels cargols M6 DIN EN ISO 4762. Entre elles hi ha la guia travessera amb 2 cargols M6 DIN EN ISO 4762.



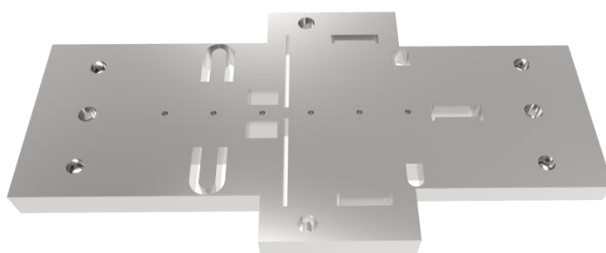
**Figura 10:** Guies de banda.

#### 4.4. Placa trepitjadora

La placa trepitjadora té la funció de guiar i facilitar l'extracció de la xapa, així com la de mantenir la xapa plana i subjecta durant la seva transformació. Amb aquestes tres premisses s'evita el vinclament dels punxons i les ondulacions de la banda de xapa. El trepitjat de la xapa es realitza gràcies a les molles situades entre la placa guiapunxons i la placa portapunxons. Al baixar la part mòbil de d'utilatge, la placa trepitjadora cedeix i subjecta la xapa mentre els punxons treballen. En l'instant en que el capçal inicia la carrera d'ascens, la placa trepitjadora deixa de fer pressió sobre la xapa, alliberant-la fins que es produeix el següent cicle.

La placa trepitjadora es d'acer amb número de material 1.0570.

Cal mecanitzar els perímetres de tall, foradar 4 forats de  $\varnothing 8$  per ajustar 4 passadors de DIN EN ISO 8734 i realitzar 4 forats roscats per cargols de M8 DIN EN ISO 4762 que uneixen la placa trepitjadora amb la placa guiapunxons.



**Figura 11:** Placa trepitjadora.

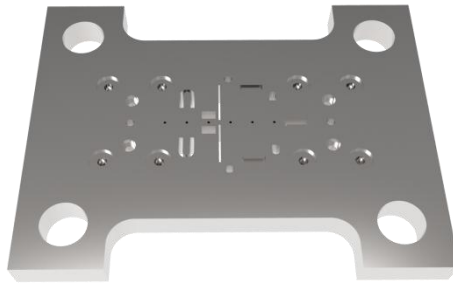
#### 4.5. Placa guiapunxons

La placa guiapunxons està guiada mitjançant dolles i columnes. Serveix de suport a la placa trepitjadora i als components del sistema elàstic de trepitjat. També té la funció de guiar els punxons durant el seu recorregut i evitar el vinclament d'aquests.

De la mateixa manera que la placa base inferior i la placa base superior, la placa guiapunxons prové del conjunt portamatrius de l'empresa *Fibro*.

La placa guiapunxons és d'acer amb número de material 1.0570 i té unes mides de 400x315x32 mm. Ja té realitzats els forats dels quatre dolles amb els que la placa serà guiada a través de les columnes guia.

S'han de mecanitzar els perímetres de tall, s'han de foradar 4 forats de  $\varnothing 8$  per ajustar 4 passadors de DIN EN ISO 8734 i s'han de realitzar 4 forats per cargols de M8 DIN EN ISO 4762 que uneixen la placa trepitjadora amb la placa guiapunxons. També s'han de realitzar 8 forats roscats M10 per els distanciadors que guien i subjecten les molles.



**Figura 12:** Placa guiapunxons.

## 4.6. Placa portapunxons

La placa portapunxons és un component de la part mòbil de la matriu que porta allotjats els punxons, de manera que es desplacen solidaris a la mateixa segons el moviment rectilini alternatiu de treball que descriu la màquina.

Existeixen diversos mètodes d'ancoratge i posicionament dels punxons en la placa. Els principals condicionants a tenir en compte per adoptar un o altre sistema fan referència a les mides i forma dels propis punxons, i a la pràctica d'un mètode que permeti el seu ràpid intercanvi, escurçant temps improductius.

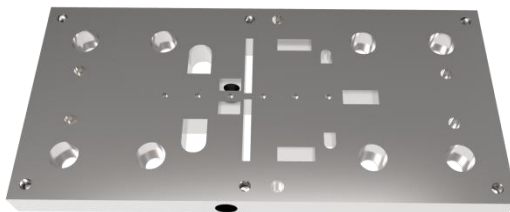
La placa portapunxons es d'acer amb número de material 1.0570 i té unes mides de 310x148x20 mm.

Respecte a l'ajust que han de tenir els punxons dins dels seus allotjaments a la placa portapunxons, existeixen punts de discussió entre els matricers. Uns opinen que els punxons han d'entrar ajustats a cops, i d'altres que hi ha d'haver un ajust lliscant per evitar i corregir possibles gripatges deguts a la mala alineació dels forats on són situats els punxons. El més utilitzat es la segona opció, i és per la que s'ha optat.

Per tant, s'ha de mecanitzar els forats on els punxons van allotjats. Dels 18 punxons que es col·locaran en la placa portapunxons, 11 es fixaran mitjançant cargols a la placa base superior i 7 es fixaran mitjançant cap cilíndric.

S'ha de foradar 8 forats de  $\varnothing 8$  per ajustar 8 passadors de DIN EN ISO 8734, i 8 forats de  $\varnothing 12,5$  per els distanciadors de les molles. A la part de baix s'ha d'allotjar les molles a  $\varnothing 25$ .

S'ha de realitzar 8 forats roscats per els cargols M8 DIN EN ISO 4762 que uneixen la placa portapunxons, la placa sufridera i la placa base superior.



**Figura 13:** Placa portapunxons.

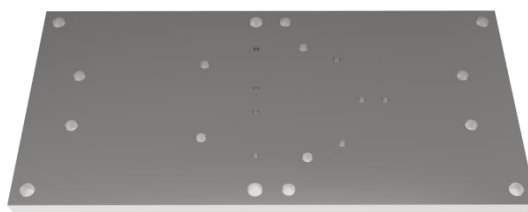
#### 4.7. Placa sufridera

La placa sufridera s'utilitza som a suport per evitar el recalcat o clavats dels punxons en la placa base superior, absorbint sobre la seva superfície, els successius impactes que rep dels elements que colpegen sobre ella. Aquests impactes es produeixen cada vegada que els punxons tallen o dobleguen la xapa.

La placa sufridera és d'acer amb número de material 1.0570 i té unes mides de 310x148x20 mm.

Es foraden 8 forats de  $\varnothing 8$  per ajustar els 8 passadors de DIN EN ISO 8734, 8 forats  $\varnothing 9$  perquè passin els cargols de M8 DIN EN ISO 4762 que uneixen la placa portapunxons, la placa sufridera i la placa base superior. Els altres forats són per unir els punxons amb la placa base superior, 4 forats de  $\varnothing 6,5$  perquè passin 4 cargols de M6 DIN EN ISO 4762, 4 forats de  $\varnothing 4,5$  per a 4 cargols de M4 DIN EN ISO 4762 i 4 forats de  $\varnothing 3,5$  per a 4 cargols de M3 DIN EN ISO 4762.

S'ha de sotmetre a la placa sufridera a un tractament tèrmic de trempat i revingut per obtenir una duresa de 56-58 HRC.



**Figura 14:** Placa sufridera.

#### 4.8. Placa base superior

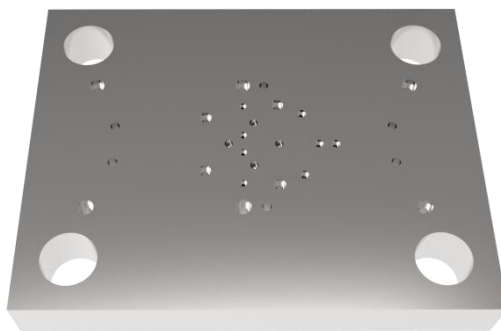
La placa base superior constitueix el suport sobre el qual van enclavillats mitjançant cargols i passadors, formant un únic bloc, tots els elements de la part mòbil de l'utilatge. Porta quatre forats roscats per subjectar l'utilatge mitjançant un manegot, al capçal de la premsa.

De la mateixa manera que la placa base inferior i la placa guiapunxons, la placa base superior prové del conjunt portamatrius de l'empresa *Fibro*.

La placa guiapunxons és d'acer amb número de material 1.0570 i té unes mides de 400x315x50 mm. Ja té realitzats els forats dels quatre dolles amb els que la placa serà guiada a través de les columnes guia.

Es foraden 8 forats de  $\varnothing 8$  per ajustar els 8 passadors de DIN EN ISO 8734, 8 forats  $\varnothing 9$  per als cargols de M8 DIN EN ISO 4762 i espai per al cap d'aquests, que uneixen la placa portapunxons, la placa sufridera i la placa base superior. Els altres forats són per unir els punxons, 4 forats de  $\varnothing 6,5$  per a 4 cargols de M6 DIN EN ISO 4762 i espai per el cap d'aquests, 4 forats de  $\varnothing 4,5$  per a 4 cargols de M4 DIN EN ISO 4762 i espai per el cap d'aquests i 4 forats de  $\varnothing 3,5$  per a 4 cargols de M3 DIN EN ISO 4762 i espai per el cap d'aquests.

S'han de foradar 4 forats roscats per 4 cargols M8 DIN EN ISO 4762 pel manegot DIN ISO 10242-2.



**Figura 15:** Placa base superior.

## 4.9. Manegot

El manegot serveix per fixar la part mòbil de l'utillatge al capçal de la premsa.

En matrius de petites dimensions, com és el cas d'aquest projecte, la base superior porta un forat roscat per subjectar l'utillatge mitjançant un plançó (manegot) o tija, al capçal de la premsa. Aquest forat roscat es troba situat en una coordenada que representa el centre de gravetat de totes les forces que es produeixen sobre l'útil durant el procés de matriatge.

El manegot ha de tenir un diàmetre igual al del corresponent allotjament en el capçal de la premsa i d'acord amb la seva potència.

La força que realitzarà la premsa serà superior a les 20 tones, cosa per la qual es decideix escollir un manegot DIN ISO 10242-2 amb un diàmetre de 25 mm. Aquest anirà collat a la placa matriu amb quatre cargols de M8 DIN EN ISO 4762 de l'empresa *Fibro*.

Per més informació sobre les característiques del manegot consultar l'Annex A.



**Figura 16:** Manegot.

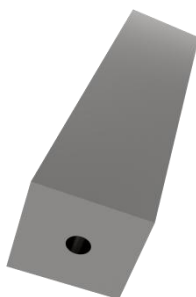
#### 4.10. Limitador de picada

El limitador de picada és un element mecànic per evitar el trencament dels components de la matriu en cas de fallada del mecanisme.

S'ha posat quatre limitadors de picada de 101,8mm. El limitador de picada es troba a una distància de 12,2mm respecte la placa base superior. Aquesta distància és la resta de la distància entre la placa base superior i la placa matriu menys la distància que ha de fer la part mòbil de la matriu per tancar-se, menys un factor de seguretat:

$$114 - 8.4 - 0.2 - 3,6 = 101,8 \text{ mm} \quad [ 24 ]$$

Té unes dimensions de 25x25x101,8 mm. Són d'acer amb número de material 1.0570.



**Figura 17:** Limitador de picada.

#### 4.11. Punxons

Els punxons son els principals elements actius d'un utillatge. La seva missió consisteix en tallar la xapa segons la secció del seu pla de treball, que, generalment, es correspon amb la figura o forma que es desitja obtenir.

Per obtenir el treball òptim dels punxons, cal que els seus extrems estiguin perfectament afilats, sense osques.

En la matriu dissenyada hi ha 18 punxons diferents, 8 de tall, 2 d'encunyat, 6 pilots centradors i 2 de doblegat.

Tots els punxons a excepció dels punxons de posicionament i del d'encunyat, són d'acer amb numero de material 1.2379 i tenen un tractament tèrmic de trempat i revingut per obtenir una duresa de 62-64 HRC. La longitud general és de 84 mm, però el punxó d'encunyat, el de doblegat i els de posicionament tindran una longitud diferent.

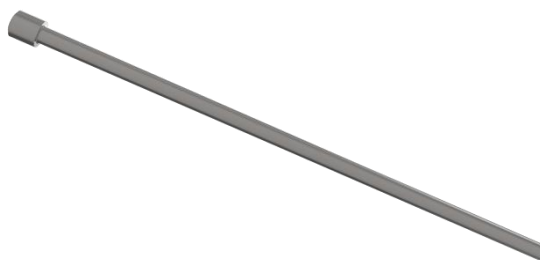
En els següents apartats es descriuen les característiques de cada punxó.

#### 4.11.1. Punxó de posicionament

Hi ha un punxó de posicionament que retallarà un forat de  $\varnothing 2,5$  mm, amb la finalitat que en el següent pas, els pilots centradors centrin la xapa gracies a aquesta forats fets prèviament.

Aquest punxó està normalitzat i es el punxó de tall DIN 9844 Form A de l'empresa *Fibro*.

El punxó és *Hardmetal* (HM) amb una qualitat HB 30F ISO 513 k15-k30, té cap cilíndric, una longitud de 83,98 mm i és d'acer de metall dur al cap i de rectificat fi a la canya.



**Figura 18:** Punxó de posicionament.

#### 4.11.2. Punxó de tall en U

Hi ha dos punxons de tall en U que fan el primer tall de la xapa en forma de la U de la UVic.

Tenen una part reforçada per evitar el vinclament i s'ha de realitzar 1 forat roscat per al cargol M6 DIN EN ISO 4762 que uneix el punxó amb la placa base superior.



**Figura 19:** Punxó de tall en U.

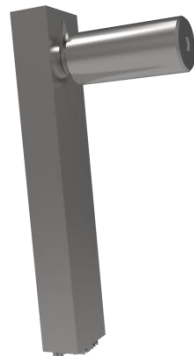
#### 4.11.3. Punxó de l'encunyat

Aquest punxó permet marcar la frase al clip. Es vol que sigui un punxó de canvi ràpid. Aquest sistema es molt utilitzat en matriceria quan es requereix la fabricació de plantilles o peces d'igual contorn i conformat, però amb punxonats diferents. Això es el que volem pel punxó de marcat, ja que més endavant s'ha previst canviar el nom de la facultat. D'aquesta manera, només cal fer un altre punxó de marcat i es pot reutilitzar la matriu.

El punxó de canvi ràpid no té cap, s'assegura la seva subjecció mitjançant un sistema de retenció per bola i resort. El punxó té un forat en forma de llàgrima, que és on anirà acoblada la bola. A l'altre part hi ha una molla que es colla apretant un cargol, d'aquesta manera la bola fa pressió sobre la llàgrima i evita que el punxó caigui.

Hi ha dos punxons de canvi ràpid i tenen una llargada de 79.98 mm on les lletres sobresurten 1,5 mm.

El punxó de canvi ràpid és d'acer HSS amb numero de material 1.3343.



**Figura 20:** Punxó d'encunyat.

#### 4.11.4. Punxó de primer sagnat

Hi ha dos punxons de primer sagnat. Aquests punxons tenen la finalitat de partir verticalment la xapa, per separar les operacions.

S'han de realitzar dos forats cecs roscats, on es fixen dos cargols de M3 DIN EN ISO 4762 des de la placa base superior.



**Figura 21:** Punxó de primer sagnat.

#### 4.11.5. Punxó de segon sagnat

Hi ha dos punxons de segon sagnat. Aquests punxons tenen la finalitat de donar forma a la part inferior del clip.

S'ha de realitzar un forat cec roscat, on es fixa un cargol de M6 DIN EN ISO 4762 des de la placa base superior.



**Figura 22:** Punxó de segon sagnat.

#### 4.11.6. Punxó de doblegat

Hi ha dos punxons de doblegat. L'objectiu d'aquest punxó es doblegar la part interior de la U per poder aguantar els clips. A la peça final es vol obtenir un angle de  $10^\circ$  i de radi 5, és per això que, tenint en compte l'efecte retorn de la xapa, el punxó té un angle de  $13,33^\circ$  i un radi de 3,94. Per més informació veure el punt 5.4.6.

S'ha de realitzar un forat cec roscat on es munta un cargol de M4 DIN EN ISO 4762 des de la placa base superior.



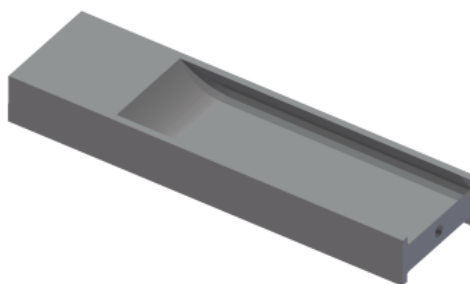
**Figura 23:** Punxó de doblegat.

#### 4.11.7. Punxó de tall final

Hi ha un punxó de tall final. Té la finalitat de separar la xapa horitzontalment, acabant de donar forma al clip.

Té la particularitat que incorpora en el seu interior un punxó de posicionament. D'aquesta manera, a la vegada que es talla la xapa, també es pot guiar.

S'han de realitzar dos forats cecs roscats on es fixen dos cargols de M4 DIN EN ISO 4762 des de la placa base superior.



**Figura 24:** Punxó de tall final.

#### 4.11.8. Punxó guia

Aquest punxó té la finalitat de guiar el pas del fleix. Hi ha 7 punxons guia a la matriu. Amb els punxons guia i amb les guies de banda el fleix queda totalment guiat.



**Figura 25:** Punxó guia.



## 4.12. Elements normalitzats

La utilització d'elements normalitzats en els disseny de la matriu progressiva representa una simplificació en quant a disponibilitat i emmagatzemen de les eines de treball, amb el seu respectiu estalvi econòmic.

En quant al manteniment dels utillatges, l'ús dels elements normalitzats redueix significativament els costos i minimitza de manera considerable els temps morts de màquina, amb la possibilitat de preveure l'aprovisionament de recanvis quan la línia de producció encara està en funcionament.

A més del portamatrius, el manegot i el punxó de posicionament, descrits anteriorment hi ha altres elements normalitzats que s'han utilitzat pel disseny de la matriu progressiva i que es comenten seguidament.

Per més informació sobre les característiques d'aquests elements normalitzats, consultar el seu respectiu apartat en el Annex C.

### 4.12.1. Columnes guia

Les columnes guia són peces cilíndriques que formen part del sistema de guiatge i alineació. De dimensions robustes, aquests elements asseguren una perfecta alineació de la part mòbil respecte a la part fixa del utillatge.

Les columnes són clavades a la placa base inferior. Es necessiten 4 columnes de longitud 224 mm.

Les columnes escollides pel disseny de la matriu són de tipus columna DIN 9825/ISO9182-2 de l'empresa *Fibro* d'acer 1.11221 (Ck60, duresa del nucli  $\geq 900$  N/mm<sup>2</sup>) i tenen una duresa de 60 +3 HRC.

### 4.12.2. Dolles guia

De la mateixa manera que les columnes guia, les dolles guia són peces cilíndriques que formen part del sistema de guiatge i alineació.

Es necessiten 8 dolles guia, 4 que vagin clavades a la placa portapunxons i 4 a la placa base superior.

De les dolles escollides, 4 son de tipus 2081.46. de  $\varnothing 32 \times 75$  i 4 de tipus 2081.47. de  $\varnothing 32 \times 42$ .

Aquestes dolles guia són d'acer 1.7131 (F1516) i tenen una duresa de  $62 \pm 2$  HRC.

### 4.12.3. Molles

Les molles utilitzades en matriceria són de tipus helcioïdal, treballen a compressió i tenen la seva principal aplicació en les matrius dotades de sistema elàstic per al trepitjat de la xapa. També s'utilitzen per treballs d'extracció de la xapa.

Després dels càlculs realitzats les molles escollides són 8 molles DIN ISO 10243 Ø25x25 de l'empresa *Fibro*.

Aquestes molles són d'acer al crom vanadi 50 Cr V 4 i tenen una constant  $k$  de 578 N/mm.

Al capítol 5.6 es descriuen amb més detall les molles i els càlculs realitzats.

#### 4.12.4. Topall guia

Els topes guia o distanciadors son uns cargols que s'utilitzen com a guia dels elements elàstics de les matrius amb trepitjador per reduir el vinclament de les molles durant la seva flexió. A la vegada, quan la matriu està oberta, son els elements responsables de mantenir la part mòbil de l'utilitatge formant un únic bloc.

Es necessiten 8 topes guia, que seran d'acer trempat i revingut ISO 898-1.

#### 4.12.5. Cargols

Els elements de fixació que normalment s'utilitzen en matriceria són cargols de rosca mètrica de cap cilíndric Allen, tot i que en ocasions, i pel mínim gruix dels elements a subjectar, s'utilitzen també cargols Allen de cap cilíndric d'alçada reduïda, o cargols Allen de cap cònic.

S'utilitzen 49 cargols DIN EN ISO 4762 (6 M8x70, 8 M8x30, 5 M8x12, 2 M8x4, 4 M6x70, 10 M6x60, 4 M6x40, 4 M4x70 i 4 M3x70) d'acer 12.9 de l'empresa *Fibro*.

#### 4.12.6. Passadors o clàvies

Els passadors són unes columnes petites cilíndriques que tenen com a finalitat posicionar els diferents elements sobre els que van muntats, dins d'un forat escairat i ajustats a pressió.

S'utilitzen 30 passadors DIN EN ISO 8734 (6 Ø8x70, 4 Ø8x32, 10 Ø8x12 i 10 Ø6x60) d'aliatge d'acer amb crom vanadi amb duresa  $60\pm 2$  HRc de l'empresa *Fibro*.

## Capítol 5: Càlculs

En aquest apartat s'exposa tota la teoria i càlculs per poder realitzar el projecte.

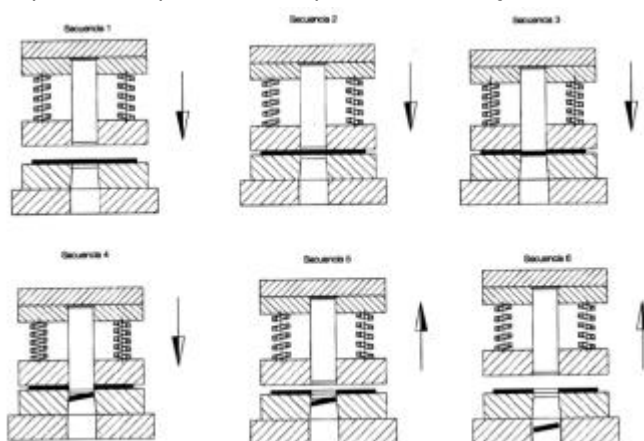
### 5.1. Fonaments de tall de la xapa

#### 5.1.1. Descripció d'un procés de tall

Es pot descriure el procés de tall com una separació d'una part del material a través d'una línia definida pel perímetre d'un punxó i una matriu. Els elements que permeten la separació són el punxó i la matriu.

El procediment és el següent:

- Primer es munta la matriu a la premsa i en la posició de repòs o punt mort superior, es posiciona el material a tallar a la matriu.
- En accionar la màquina, el capçal inicia el descens i la trepitjadora exerceix la pressió necessària per tal de subjectar el material mentre dura el procés.
- En tercer lloc, el punxó pressiona el fleix de material i exerceix una força suficient com per seccionar les fibres del material. Tot això es realitza abans que el capçal arribi al final del recorregut.
- Un cop la premsa ha arribat a baix (en punt mort inferior), el punxó es troba a dins de la matriu, i ja ha tallat el material.
- En sisè lloc el capçal de la premsa torna a la seva posició inicial, treu el material i extreu el retall de material enganxat al punxó, just al mateix moment que aquest s'amaga a la trepitjadora.
- Finalment arriba a la posició de punt mort superior, i comença un altre cicle.



**Figura 26:** Descripció d'un procés de tall amb trepitjadora.

#### 5.1.2. Fenòmens que es manifesten durant el tall de la xapa

En el transcurs d'un procediment de tall el material a processar està estàtic. Han de tenir-se en compte els canvis físics que es produeixen a la xapa, ja que d'això en depèn el resultat final del procés.

Per més informació consultar l'Annex A, pàgina 22.

### 5.1.3. Efectes produïts en la peça pel tall de la xapa

Degut a la força que es fa sobre la xapa per tallar el material, apareixen una sèrie d'esquerdes i fissures en la peça.

Per més informació consultar l'Annex A, pàgina 23.

## 5.2. Forces produïdes en el tall de la xapa

El tall d'un material es produeix mitjançant la força generada per la premsa sobre una matriu. Els esforços generats pel tall del material són els següents:

- Força de tall
- Força d'extracció
- Força d'expulsió

### 5.2.1. Força de tall

S'anomena força de tall, a la força que ha d'exercir el punxó sobre la xapa per poder perforar.

La força de tall depèn de la longitud del perímetre a tallar, del gruix del material i de la resistència del material:

$$\text{Força de tall: } F_t = P * e * k_c \quad [25]$$

On:

$P$ : Longitud del perímetre de tall en mm.

$e$ : Gruix de la xapa en mm.

$K_c$ : Resistència del material al cisallament en  $N/mm^2$ .

Cal que es calculin les sis forces de tall que es produeixen a la peça. Es troben en totes les operacions descrites en la carta d'operacions, excepte la sisena.

En totes les forces de tall que es calcularan, la  $K_c$  és la mateixa. Com ja s'ha comentat en apartats anteriors en aquest projecte la  $K_c$  és de  $506,4 N/mm^2$ .

#### Primera etapa d'operacions. Punxonat pel centrador.

Del programa *PTC* obtenim el perímetre del punxonat en U.

$$F_{t01} = P * e * k_c = 7,85398 * 0,6 * 506,4 = 2386,3533 N \quad [26]$$

#### Segona etapa d'operacions. Punxonat en U.

Del programa *PTC* s'obté el perímetre del forat en U. Com s'ha decidit fer la distribució doble, s'ha de tenir en compte que hi ha dos punxonats en U, per tant es multiplica per dos el resultat de la força de tall.

$$F_{t02} = 2 * P * e * k_c = 2 * 107.231 * 0,6 * 506,4 = 65162,1341 N \quad [27]$$

### Tercera etapa d'operacions. Encunyat.

Habitualment no es tenen compte les forces de l'encunyat. En aquest projecte es farà una aproximació de les forces que pot causar. Enlloc de considerar el gruix del material de 0,6 mm es substituirà per 0,1 mm, que es la profunditat de l'encunyat. La resistència al cisallament es té en compte a l'hora de foradar el material, en aquest cas com només es vol marcar el material es multiplicarà per 0,2.

Igual que en l'etapa anterior també s'haurà de multiplicar per dos, ja que hi ha dos encunyats.

A continuació s'exposa una taula amb les diferents lletres de la frase de l'encunyat amb els perímetres de cada una.

Lletres	Quantitat	Perímetres
C	3	10,4217
E	3	12,7896
H	1	12,7485
I	1	5,50802
N	1	15,3790
S	1	11,2528
T	1	8,21745

**Taula 3:** Perímetre de les lletres de l'encunyat.

$$P = (3 * 10,4217) + (3 * 12,7896) + 12,7485 + 5,50802 + 15,3790 + 11,2528 + 8,21745 = 122,73967 \text{ mm} \quad [28]$$

$$F_{t\ 03} = 2 * P * e * k_c * 0,2 = 2 * 122,7397 * 0,1 * 506,4 * 0,2 = 2486,2148 \text{ N} \quad [29]$$

### Quarta etapa d'operacions. Primer sagnat.

Del programa PTC s'obté el perímetre del primer sagnat. També s'ha de multiplicar per dos.

$$F_{t\ 04} = 2 * P * e * k_c = 2 * 86,754 * 0,6 * 506,4 = 52718,6707 \text{ N} \quad [30]$$

### Cinquena etapa d'operacions. Segon sagnat.

Del programa PTC s'obté el perímetre del segon sagnat. També s'ha de multiplicar per dos.

$$F_{t\ 05} = 2 * P * e * k_c = 2 * 44,9049 * 0,6 * 506,4 = 27287,8096 \text{ N} \quad [31]$$

### Setena etapa d'operacions. Tall final.

Del programa PTC s'obté el perímetre del tall final.

$$F_{t\ 07} = P * e * k_c = 61,4558 * 0,6 * 506,4 = 18672,7303 \text{ N} \quad [32]$$

## 5.2.2. Força d'extracció

S'anomena força d'extracció, a la força necessària que s'ha d'aplicar sobre la xapa per a ser extreta del punxó després d'haver tallat.

Després de cada operació de tall, la matriu inicia la seva carrera ascendent fins a arribar al punt mort superior. Durant aquesta carrera de retorn, el punxó o punxons arrosseguen la xapa que

ha quedat atrapada/subjecta a ells, fins que algun element manual o mecànic s'encarrega de realitzar la seva extracció.

La subjecció de la xapa al punxó i per tant l'extracció del material, és tant més forta, com més gran sigui la secció tallada i més irregular sigui el seu perfil.

$$\text{Força d'extracció: } F_{ex} = Ft * X\% \quad [33]$$

Sent:

Ft: Força de tall X%: Factor variable (7%, 4% i 2%) segons la irregularitat del perfil tallat

*2% - Quan en material al l'entorn de la figura és mínim, amb possibilitat de obrir-se o expandir-se per sí sol de punxó. Contorns oberts o propers al límits de la xapa.*

*4% quan la peça presenta formes irregulars o té algun entrant en el seu perímetre interior.*

*7% quan el tall s'efectua en plena xapa, en el punxonat, on existeix bastant material al voltant del tall.*

De la mateixa manera que s'ha calculat les sis forces de tall que es produeixen en la peça, cal calcular la força d'extracció per cada força de tall. El marcat però no té força d'extracció ni d'expulsió ja que no s'arriba a tallar la xapa del tot.

#### Primera etapa d'operacions. Punxonat pel centrador.

Es considera el 2% ja que el perímetre de tall és regular. Directament, es multiplica la força de tall total per aquest tant per cent.

$$F_{ex\ 01} = F_{t\ 01} * 2\% = 2386,3533 * \frac{2}{100} = 47,7271\ N \quad [34]$$

#### Segona etapa d'operacions. Punxonat en U.

En aquesta operació es considera el 7% ja que el perímetre de tall en U és molt irregular.

$$F_{ex\ 02} = F_{t\ 02} * 7\% = 65162,1341 * \frac{7}{100} = 4561,3494\ N \quad [35]$$

#### Quarta etapa d'operacions. Primer sagnat.

En aquesta operació es considera el 2% ja que el perímetre de tall és regular.

$$F_{ex\ 04} = F_{t\ 04} * 2\% = 52718,6707 * \frac{2}{100} = 1054,3734\ N \quad [36]$$

#### Cinquena etapa d'operacions. Segon sagnat.

En aquesta operació es considera el 4% ja que el perímetre de tall és força irregular a causa del radi.

$$F_{ex\ 05} = F_{t\ 05} * 4\% = 27287,8096 * \frac{4}{100} = 1091,5124\ N \quad [37]$$

### Setena etapa d'operacions. Tall final.

En aquesta operació es considera el 4% ja que el perímetre de tall és força irregular a causa del radi.

$$F_{ex\ 07} = F_{t\ 07} * 4\% = 18672,7303 * \frac{4}{100} = 746,9092\ N \quad [38]$$

### 5.2.3. Força d'expulsió

En acabar un procés de tall, la peça acabada de tallar té la tendència, per expansió o per fregament a quedar-se adherida a l'interior de la matriu.

Aquesta adherència o fregament de les peces a l'interior de la matriu representa un esforç addicional a tenir en compte, i que s'anomena força d'expulsió ( $F_{exp}$ ). Aquesta força d'expulsió es considerarà com 1,5% de la força produïda en el tall ( $F_t$ ).

$$\text{Força d'expulsió: } F_{exp} = F_t * 1,5\% \quad [39]$$

Sent:

$F_t$ : Força de tall

#### Primera etapa d'operacions. Punxonat pel centrador.

$$F_{ex\ 01} = F_{t\ 01} * 1,5\% = 2386,3533 * \frac{1,5}{100} = 35,7930\ N \quad [40]$$

#### Segona etapa d'operacions. Punxonat en U.

$$F_{ex\ 02} = F_{t\ 02} * 1,5\% = 65162,1341 * \frac{1,5}{100} = 977,4320\ N \quad [41]$$

#### Quarta etapa d'operacions. Primer sagnat.

$$F_{ex\ 04} = F_{t\ 04} * 1,5\% = 52718,6707 * \frac{1,5}{100} = 790,7801\ N \quad [42]$$

#### Cinquena etapa d'operacions. Segon sagnat.

$$F_{ex\ 05} = F_{t\ 05} * 1,5\% = 27287,8096 * \frac{1,5}{100} = 409,3172\ N \quad [43]$$

### Setena etapa d'operacions. Tall final.

$$F_{ex\ 07} = F_{t\ 07} * 1,5\% = 18672,7303 * \frac{1,5}{100} = 280,0910\ N \quad [44]$$

### 5.2.4. Força del trepitjador

La força del trepitjador és equivalent a la suma de la força d'extracció i la força d'expulsió. Es la força que haurà de fer la placa perquè el punxó no es quedi enganxat al material.

#### Primera etapa d'operacions. Punxonat pel centrador.

$$F_{trep\ 01} = F_{ex\ 01} + F_{exp\ 01} = 47,7271 + 35,7930 = 83,5224\ N \quad [45]$$

#### Segona etapa d'operacions. Punxonat en U.

$$F_{trep\ 01} = F_{ex\ 01} + F_{exp\ 01} = 4561,3494 + 977,4320 = 5538,7814\ N \quad [46]$$

#### Quarta etapa d'operacions. Primer sagnat.

$$F_{trep\ 01} = F_{ex\ 01} + F_{exp\ 01} = 1054,3734 + 790,7801 = 1845,1535\ N \quad [47]$$

#### Cinquena etapa d'operacions. Segon sagnat.

$$F_{trep\ 01} = F_{ex\ 01} + F_{exp\ 01} = 1091,5124 + 409,3172 = 1500,8295\ N \quad [48]$$

#### Setena etapa d'operacions. Tall final.

$$F_{trep\ 01} = F_{ex\ 01} + F_{exp\ 01} = 746,9092 + 280,0910 = 1027,0002\ N \quad [49]$$

### 5.2.5. Resistència dels punxons al vinclament

El vinclament és un fenomen d'inestabilitat elàstica que pot donar-se en elements comprimits esvelts i es manifesta per l'aparició de desplaçaments importants transversals a la direcció principal de compressió.

Per més informació sobre aquest tema consultar l'Annex A, pàgina 24 i la seva simulació a la pàgina 41.

## 5.3. Tolerància de tall

S'anomena tolerància o joc de tall, a l'espai aplicada en tot el perímetre de la figura d'un punxó o mascle respecte a la d'una matriu o femella, partint de la base que tots dos tenen el mateix perfil.

El joc o tolerància que s'ha d'aplicar, vindrà determinat per dos factors:

1. El gruix del material a tallar (mm).
2. La resistència al tall del mateix material (N/mm<sup>2</sup>).

Considerat des d'un punt de vista general, el joc o tolerància de tall, sempre estarà relacionat amb l'espessor i resistència de la xapa. És a dir, la tolerància de tall sempre serà major per tallar xapa de 3 mm d'espessor que per a una altra d'1 mm (quan totes dues tinguin les mateixes característiques). De la mateixa manera, la tolerància de tall serà més gran per tallar xapa d'Acer dur que per tallar xapa d'alumini.

És indubtable que el grau de durabilitat i rendiment d'una matriu, depèn en gran mesura de la qualitat i precisió amb que s'hagi construït aquesta, però, la precisió i qualitat de les peces estampades, sempre dependran de l'exactitud amb què s'hagin aplicat les toleràncies de tall.

Una incorrecta tolerància de tall, podria donar com a resultat els següents defectes: rebaves a la peça, arrencades de material, desgast excessiu de la matriu i punxó, mesures incorrectes, perfil poc definit, etc... Tot això, independentment que els talls en la matriu i punxó es trobin en bon estat de manteniment i afilats.

Tot i haver aplicat correctament la tolerància de tall, cal tenir en compte que hi ha una sèrie de causes que podrien donar lloc a un tall defectuós de les peces, per exemple: materials o



tractaments tèrmics defectuosos, muntatge incorrecte de la matriu, ajustaments inadequats, tècniques de construcció deficientes, manteniment inadequat, xapa de mala qualitat, etc...

Per aplicar correctament la tolerància de tall, cal tenir en compte el següent; les mesures d'un forat punxonat en una xapa sempre seran iguals a les del punxó que l'ha realitzat, mentre que les del retall o disc després seran iguals a les de la matriu. Això vol dir que, el punxó ha de tenir la mesura nominal i la matriu tindrà aquesta mesura, més la tolerància de tall.

Tenint molt en compte aquest últim paràgraf ens proposem calcular la tolerància de tall en les següents operacions de tall.

S'està treballant amb una  $K_c = 506,4 \text{ N/mm}^2$ , per tant en la taula s'està entre el 401 i el 600. S'ha de recordar el gruix del material amb el que s'està treballant. En aquest projecte de 0,6mm. Amb aquestes dades i utilitzant la següent taula, s'obté una tolerància de  $42\mu\text{m}$ .

Gruix del material en (mm)	$K_c = 100$ a $250$ N/mm <sup>2</sup> (3% de e)	$K_c = 251$ a $400$ N/mm <sup>2</sup> (5% de e)	$K_c = 401$ a $600$ N/mm <sup>2</sup> (7% de e)	$K_c = 601$ a $980$ N/mm <sup>2</sup> (9% de e)
0,2	6	10	14	18
0,3	9	15	21	27
0,4	12	20	28	36
0,5	15	25	35	45
0,6	18	30	42	54
0,7	21	35	49	63
0,8	24	40	56	72
1	30	50	70	90
1,2	36	60	84	108
1,5	45	75	105	135
1,8	54	90	126	162
2	60	100	140	180
2,5	75	125	175	225
3	90	150	210	270
3,5	105	175	245	315
4	120	200	280	360
4,5	135	225	315	405
5	150	250	350	450
6	180	300	420	540
8	240	400	560	720
10	300	500	700	900

**Taula 5:** Valors de franquícia (F) o tolerància de tall en ( $\mu\text{m}$ )

En totes les operacions es vol que la peça quedi perfecta. I per tant, la tolerància es trobarà en tots els casos a la matriu.

#### Primera etapa d'operacions. Punxonat pel centrador.

Tenint en compte la tolerància anterior:

$$Punxó = 7,85398 \text{ mm} \quad [50]$$

$$Matriu = 7,85398 + 0,042 = 7,89598 \text{ mm} \quad [51]$$

#### Segona etapa d'operacions. Punxonat en U.

Tenint en compte la tolerància anterior:

$$Punxó = 107,231 \text{ mm} \quad [52]$$

$$Matriu = 107,231 + 0,042 = 107,273 \text{ mm} \quad [53]$$

#### Quarta etapa d'operacions. Primer sagnat.

Tenint en compte la tolerància anterior:

$$Punxó = 90,754 \text{ mm} \quad [54]$$

$$Matriu = 90,754 + 0,042 = 90,796 \text{ mm} \quad [55]$$

#### Cinquena etapa d'operacions. Segon sagnat.

Tenint en compte la tolerància anterior:

$$Punxó = 44,9049 \text{ mm} \quad [56]$$

$$Matriu = 44,9049 + 0,042 = 44,9469 \text{ mm} \quad [57]$$

#### Setena etapa d'operacions. Tall final.

Tenint en compte la tolerància anterior:

$$Punxó = 73,0558 \text{ mm} \quad [58]$$

$$Matriu = 44,3279 + 0,042 = 73,0978 \text{ mm} \quad [59]$$

## 5.4. Fonaments de doblegat de la xapa

### 5.4.1. Operació de doblegat

Força de doblegat, és aquella que es necessita aplicar sobre un cos, per sotmetre'l a una deformació permanent.

Cal tenir en compte que la xapa en el moment de col·locar-la sobre la matriu per ser doblegada, es comporta com un cos sòlid. De manera que, per a ser deformada es necessita aplicar una força igual o superior a la resistència que oposa el material.

Sempre que sigui possible s'evitarà l'arresta viva. De manera que, el radi mínim en les zones de doblegats ha de ser igual o superior que el gruix de la xapa per tal d'evitar l'excessiu estirament de les fibres i la consegüent trencament del material.

L'esforç necessari per al doblegat d'una xapa pot variar segons els següents factors:

1. Els que afecten a la forma del doblegat: en forma de «V», «L» o «U».
2. Els que afecten les característiques del material com l'ample i gruix del material i la resistència de la xapa

Per més informació sobre el doblegat en U i el doblegat en L, consultar l'Annex A, pàgina 26.

#### Doblegat en forma de V

El càlcul de la força de doblegat per un cas com aquest, es realitza tenint en compte que, en el moment d'iniciar el doblegat, la xapa es troba recolzada pels seus dos extrems i és pressiona sobre el centre.

$$F_d = \frac{e * b * K_d}{3 * l} (N) \quad [60]$$

F<sub>d</sub>: Força necessària pel doblegat.

b: Ample del material a doblegar, en mm.

l: Distància entre suports, en mm.

e: Gruix de la xapa, en mm.

K<sub>t</sub>: Coeficient de ruptura a la tracció en  $N/mm^2$ .

K<sub>d</sub>: Sol·licitud a la flexió en  $N/mm^2$  necessaris per a la deformació permanent  $K_d = 2 * K_t$  (aprox.)

### Força total de doblegat

Per determinar la força total de doblegat cal considerar la força necessària per trepitjar la xapa.

$$F_{doblegat} = F_d + F_p \quad [61]$$

F<sub>doblegat</sub>: Força total de doblegat.

F<sub>d</sub>: Força necessària pel doblegat.

F<sub>p</sub>: Força màxima del trepitjador.

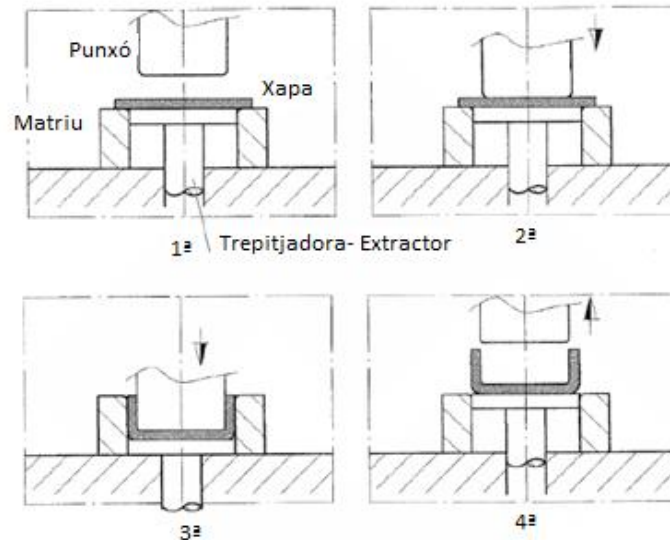
### Força del trepitjador

S'estima entre un 10% i 40% de la F<sub>d</sub>. Sempre s'agafarà el pitjor dels casos, és a dir del 0,4.

$$F_{p \max} = 0,4 * F_d \quad [62]$$

## 5.4.2. Descripció del procés de doblegat

1. El punxó i la part mòbil de la matriu estan estàtics en el punt mort superior, mentre que en la part inferior es posiciona una xapa plana, preparada per ser doblegada (figura 27: seqüència 1).
2. El punxó inicia la carrera de descens, fins fer contacte amb la xapa i iniciar el doblegat de la mateixa (figura 27: seqüència 2).
3. Al final de la carrera de descens el punxó arriba el punt mort inferior, i la peça queda doblegada (figura 27: seqüència 3).
4. Després del doblegat, la part superior de la matriu retrocedeix fins a arribar al punt mort superior, mentre que l'extractor inferior treu la peça fora de la boca de la matriu. En aquest moment el cicle de treball ha finalitzat i la matriu està preparada per doblegar una nova peça (figura 27: seqüència 4).



**Figura 27:** Descripció del procés de doblegat.

### 5.4.3. Fenòmens produïts en la peça pel doblegat de la xapa

- Estirament de les fibres: A més de la deformació pròpia del procés, el doblegat d'una xapa metàl·lica genera en l'aresta produïda un petit desplaçament molecular, que es tradueix, essencialment, en la compressió del material al voltant del perímetre interior de la secció de la xapa i simultàniament, en un estirament de les fibres del material en el perímetre exterior d'aquesta secció.
- Expansió lateral: En la cara interior del doblegat, la compressió de les fibres provoca la seva expansió lateral, amb el consegüent augment de l'ample primitiu de la peça (dilatació lateral). En canvi, en la cara exterior del doblegat, l'estirament de les fibres produeix una contracció segons la qual es formen unes zones de pèrdua de volum en la geometria de la peça doblegada.

Per més informació consultar l'Annex A, pàgina 28.

### 5.4.4 Determinació de la fibra neutra en el doblegat

Es considera que la situació de la fibra neutra en un element doblegat es troba en la línia del material a la qual les seves fibres no es modifiquen com a conseqüència de les forces de tracció o compressió a què està sotmesa la xapa en ser doblegada.

Aquesta situació no sempre es troba al centre exacte de la xapa, sinó que pren una posició diferent segons el gruix del material i el radi de doblegat.

Per obtenir el desenvolupament d'un element doblat podem fer-ho de dues maneres diferents; tallant prèviament diversos desenvolupaments teòrics i posteriorment doblegar o bé coneixent la posició de la fibra neutra i calculant el desenvolupament d'aquest objecte.

En el cas d'aplanar la peça després de ser doblegada, el seu desenvolupament o longitud final no hauria de canviar respecte a l'inicial o primitiu.

Aquest fenomen només es produeix en les zones en què, en major o menor mesura la peça va doblegada ja que en les zones planes o sense doblegar les fibres romanen inalterables abans, durant i després del doblegat.

El gran avantatge que ens ofereix el conèixer la situació de la fibra neutra és poder calcular la longitud de xapa que necessitarem per a la construcció de la peça, sense necessitat de fer proves de doblegat o prototips.

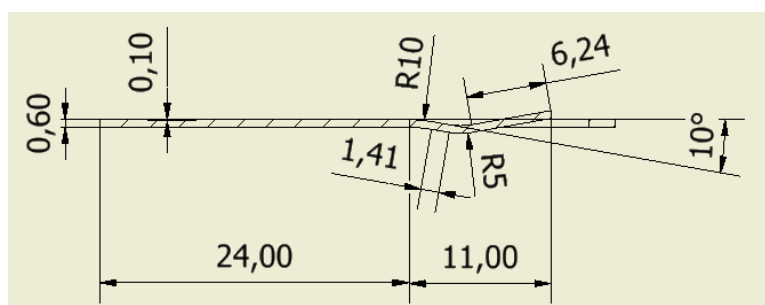
L'experiència acumulada, després de moltes proves realitzades ens indica que hi ha diversos factors que incideixen directament sobre el càlcul de la fibra neutra.

Aquests factors són: El gruix del material i el radi de doblegat.

També hi ha altres factors variables que poden afectar a aquest càlcul, com ara: les diferències centesimals que es troben en el gruix de la xapa, la lubricació o no de la mateixa al ser doblegada o les toleràncies més o menys ajustades entre el punxó i la xapa. Tot això pot semblar insignificant, però és molt provable que afecti el desenvolupament final de la peça, per exemple, quan les seves toleràncies generals siguin de  $\pm 0.05$  mm com a mínim.

El que s'aconsella és mantenir les mateixes condicions de treball durant tot el temps de producció, per tal de reduir els efectes negatius que aquestes variants podrien exercir sobre la peça.

No obstant això i per a la realització dels càlculs, ens limitarem a treballar amb els factors indicats en primer lloc ja que són els més importants i fiables.



**Figura 28:** Mides i radis de doblegat

Procediment pel càlcul de la fibra neutra:

1. Sumar els valors dels trams rectes.

$$\text{Valor dels trams rectes} = 24 + 1,41 + 6,24 = 31,65 \text{ mm} \quad [63]$$

2. Calcular la posició de la fibra neutra en les zones doblegades.

- a) Càlcul de la posició de la fibra neutre en el radi de 10 mm

$$\frac{r}{e} = \frac{10}{0,6} = 16,6667 \text{ mm} \quad [64]$$

r/e	Factor X
0,2	0,347 · e
0,5	0,387 · e
1	0,421 · e
2	0,451 · e
3	0,465 · e
4	0,470 · e
5	0,478 · e
10	0,487 · e

**Taula 6:** Posició fibra neutre.

Segons la taula 6 la relació r/e que pren per valor 16,6667 equival a un Factor X de 0,487 per el gruix del material.

$$\text{Factor } X = 0,487 * e = 0,478 * 0,6 = 0,2922 \text{ mm} \quad [65]$$

El radi de la fibra neutre és el següent:

$$r_{FN10} = 10 + 0,2922 = 10,2922 \text{ mm} \quad [66]$$

b) Càlcul de la posició de la fibra neutre en el radi de 5 mm

$$\frac{r}{e} = \frac{5}{0,6} = 8,3334 \text{ mm} \quad [67]$$

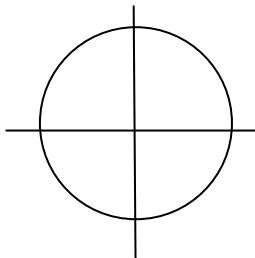
Segons la taula 6 la relació r/e que pren per valor 8,3334 equival a un Factor X de 0,487 per el gruix del material.

$$\text{Factor } X = 0,487 * e = 0,478 * 0,6 = 0,2922 \text{ mm} \quad [68]$$

El radi de la fibra neutre és el següent:

$$r_{FN5} = 5 + 0,2922 = 5,2922 \text{ mm} \quad [69]$$

3. Calcular el desenvolupament de les zones doblegades.



$$90^\circ = \frac{1}{4} \quad [70]$$

$$20^\circ = q \quad [71]$$

$$10^\circ = m \quad [72]$$

$$q = \frac{20 * (1/4)}{90} = \frac{1}{18} \quad [73]$$

$$m = \frac{10 * (1/4)}{90} = \frac{1}{36} \quad [74]$$

$$x_{FN10} = \frac{2 * \pi * r}{36} = \frac{2 * \pi * 10,2922}{36} = 1,796327773 \text{ mm} \quad [75]$$

$$x_{FN5} = \frac{2 * \pi * r}{18} = \frac{2 * \pi * 5,2922}{18} = 1,847326293 \text{ mm} \quad [76]$$

4. Pel desenvolupament final, sumar els trams rectes amb els desenvolupaments dels doblegats.

$$\begin{aligned} \text{Desenvolupament total} &= 31,65 + 1,796327773 + 1,847326293 \\ &= 35,29365407 \text{ mm} \end{aligned} \quad [77]$$

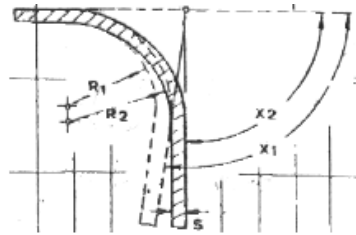
#### 5.4.5. Càlcul del desenvolupament final de la peça

Després de fer el càlcul de la fibra neutre, podem saber que el desenvolupament de la peça en el doblegat serà de 35,2937 mm.

#### 5.4.6. Angle de doblegat

Una de les principals propietats mecàniques dels metalls es l'elasticitat. De la qual el material metàl·lic experimenta una deformació quan actua sobre el mateix una determinada força. Si la càrrega no sobrepassa el límit elàstic del material, es recuperarà la seva forma primitiva en el moment en el que cedeixi l'esforç aplicat. En el cas contrari, que el límit elàstic sigui superat, el material entrarà en una fase de deformació plàstica segons la qual la deformació aconseguida continuarà encara que la força deixi d'actuar sobre el material.

De totes maneres, i tenint en compte la deformació plàstica adquirida, existeix sempre una part elàstica per la que qualsevol peça sotmesa a un procés de doblegat té tendència a recuperar lleugerament la seva forma original.



**Figura 29:** Representació gràfica del l'angle real a obtenir i de l'angle teòric a doblegar en un procés típic de doblegat.

La recuperació elàstica de la xapa vindrà condicionada per la classe de material utilitzat i pel seu índex d'aritut. Uns altres factors que poden condicionar la recuperació elàstica d'una xapa són el gruix, el radi de doblegat i el valor de l'angle d doblegat.

Així doncs s'introdueix el concepte de factor retorn. S'anomena factor de retorn o recuperació elàstica, al valor que la xapa tendeix a recuperar tan aviat com cessa l'acció del punxó sobre la mateixa. Sempre que es construeixi un útil de doblegar, s'ha de tenir en compte aquest factor de retorn, amb la intenció de construir els punxons o matrius amb els angles i radis degudament modificats perquè la peça fabricada quedi a les mesures del plànol.

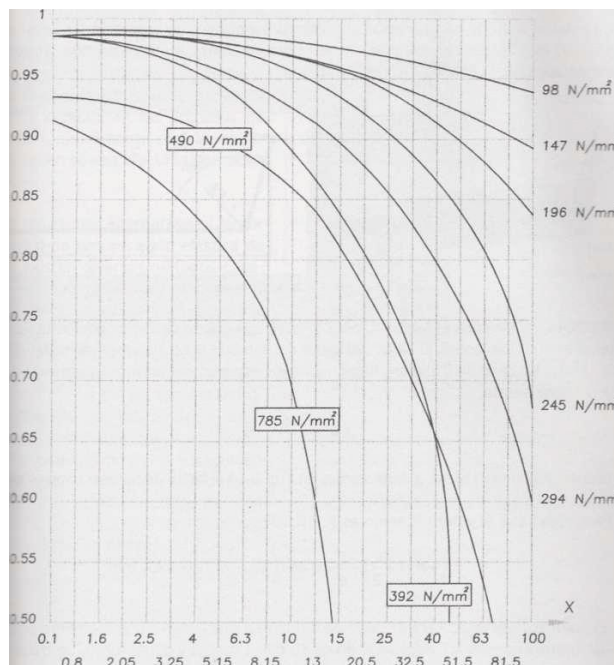
Per calcular l'angle de doblegat primer cal trobar el factor X, que depèn del radi de curvatura del doblegat i de l'espessor del material.

Primer doblegat. Radi de 10 graus i angle de 10 graus.

$$X = \frac{R_2}{e} = \frac{10}{0,6} = 16,6667 \text{ mm} \quad [78]$$

Per una  $X=16,6667$  i una resistència de  $K_c = 588 \text{ N/mm}^2$ , s'obté de la figura següent, un factor  $k$  aproximat de:

$$k = 0,75 \quad [79]$$



**Figura 30:** Gràfic per determinar el factor de recuperació elàstica del material

L'angle de doblegat s'obté amb les següents formules:

$$R_1 = k * \left(R_2 + \frac{e}{2}\right) - \frac{e}{2} = 0,75 * \left(10 + \frac{0,6}{2}\right) - \frac{0,6}{2} = 7,425 \text{ mm} \quad [80]$$

$$X_2 = 180^\circ - 170^\circ = 10^\circ \text{ graus} \quad [81]$$

$$X_1 = \frac{X_2}{k} = \frac{10}{0,75} = 13,33^\circ \text{ graus} \quad [82]$$

Segon doblegat. Radi de 5 graus i angle de 30 graus.

$$X = \frac{R_2}{e} = \frac{5}{0,6} = 8,3334 \text{ mm} \quad [83]$$

Per una  $X=8,3334$  i una resistència de  $K_c = 588 \text{ N/mm}^2$ , s'obté de la figura anterior, un factor  $k$  aproximat de:

$$k = 0,80 \quad [84]$$

L'angle de doblegat s'obté amb les següents formules:

$$R_1 = k * \left(R_2 + \frac{e}{2}\right) - \frac{e}{2} = 0,80 * \left(5 + \frac{0,6}{2}\right) - \frac{0,6}{2} = 3,94 \text{ mm} \quad [85]$$



$$X_2 = 180^\circ - 160^\circ = 20^\circ \text{ graus} \quad [86]$$

$$X_1 = \frac{X_2}{k} = \frac{20}{0,80} = 25^\circ \text{ graus} \quad [87]$$

#### 5.4.7. Joc entre punxó i matriu

El desenvolupament d'un procés de doblegat genera forts fregaments sobre la superfície de les parts actives dels utilatges. Els fregaments són deguts als esforços necessaris pel conformat del material, al seu lliscament entre elements actius i al desplaçament molecular al que es veu sotmès el material durant la deformació.

Per aquesta raó, es necessari disposar d'un espai suficient entre el punxó i la matriu que permeti el pas de l'espessor de material i que faciliti la seva fluència, de manera que quedi garantida l'absència de gripatges, els quals provocarien peces defectuoses o fins i tot l'avaria dels utilatges.

Els valors adoptats pel càlcul del joc entre el punxó i la matriu d'un utilatge s'estimen al voltant d'un 10% de l'espessor del material a doblegar. D'aquesta manera, tenint en compte el gruix del material (0,6 mm), la separació D entre el punxó i la matriu seria la següent:

$$D = 1,1 * e = 1,1 * 0,6 = 0,66 \text{ mm} \quad [88]$$

On:

D: És la separació entre els elements actius de l'utilatge de doblegat.

e: És el gruix del material.

### 5.5. Força de doblegat

Tenint en compte la forma del doblegat de la peça a fabricar s'ha considerat un doblegat en V. L'operació es realitza dues vegades. Així doncs, utilitzant la fórmula esmentada anteriorment i multiplicant per dos, es calcula:

$$F_d = 2 * \frac{e * b * K_d}{3 * l} = \frac{0,6 * 7 * 2 * 506,4}{3 * 11} = 257,8036 \text{ N} \quad [89]$$

On b és l'amplada del doblegat, com es pot veure a continuació:

Ara cal calcular la força del trepitjador. S'empra l'equació explicada anteriorment:

$$F_{p \text{ max}} = 0,4 * F_d = 0,4 * 257,8036 = 103,1215 \text{ N} \quad [90]$$

Per saber la força total de doblegat es fa la suma entre força del trepitjador i força de doblegat:

$$F_{\text{doblegat}} = F_d + F_p = 257,8036 + 103,1215 = 360,9251 \text{ N} \quad [91]$$

## 5.6. Elecció de les molles

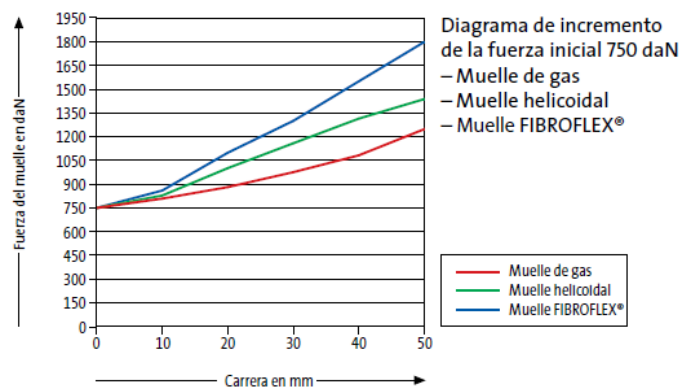
Abans d'escollir la molla helicoidal, es van considerar la molla de gas i la de FIBROFLEX. En el gràfic, es poden observar les diferents forces en relació a la pròpia carrera de la molla, per als tres tipus de molles diferents. La molla FIBROFLEX és la que dóna un ventall més ampli.

L'elecció d'una de les variants de les molles depèn dels factors particulars de cada cas.

Les molles helicoidals són molles estàndards d'altres prestacions per forces alternatives o contínues, dividides en quatre grups de resistència.

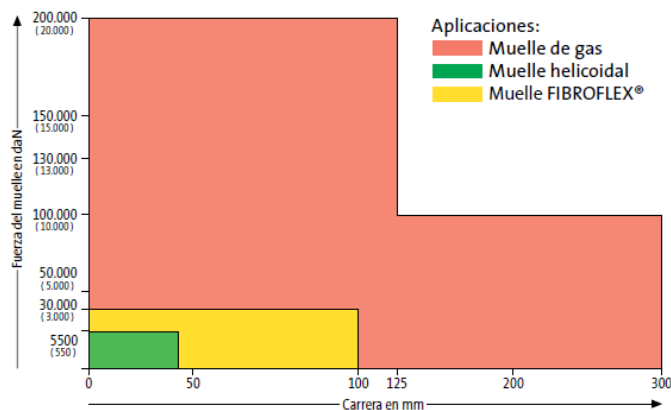
Les molles FIBROFLEX són de goma elàstica de poliuretà i es caracteritzen per les bones propietats esmorteïdores prolongades. Es subministren en dureses de 80,90 i 95.

Les molles de gas s'utilitzen quan es requereixen grans forces en un espai reduït, i també, quan la carrera de la molla ha de ser llarga.



**Figura 31:** Diagrama de increment de la força.

En aquesta imatge es veu millor el ventall de possibles aplicacions de cada tipus de molla. En aquest projecte es descarta la molla de gas, ja que no es necessiten ni grans forces en espais petits ni una llargada de la molla molt gran. S'ha escollit la molla epicicloïdal, perquè és més estàndard i té un preu més assequible.



**Figura 32:** Aplicació de les molles.

La duració d'una molla helicoidal depèn del tipus escollit, de les condicions de treball i del material de la molla. Una carrera apropiada de la molla (relació entre distància de pretensió i

carrera de treball), així com l'observació de la tensió de impulsió admissible (d'acord amb la taula i el diagrama) són la condició prèvia decisiva per una duració llarga de la molla.

Els valors admissibles de la tensió de la tensió de la impulsió i tracció, respectivament, depenen del material de la molla. Aquestes molles de l'empresa *Fibro* es fabriquen exclusivament amb acer especial Crom Vanadi 50 Cr V4, bonificat i tractat per raig de boles, procediment idoni per la seva aplicació.

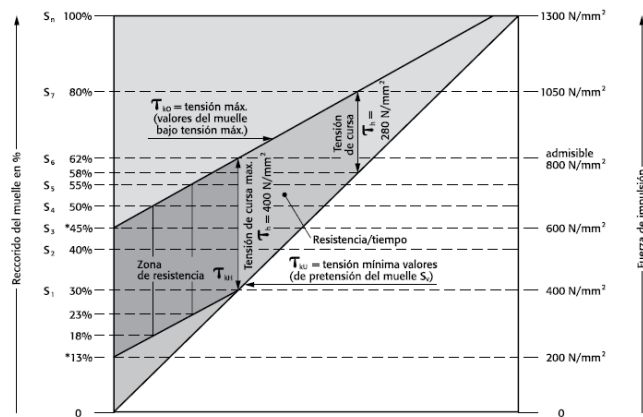
En la zona de resistència permanent i sota càrrega dinàmica, la tensió de impulsió admissible es  $t_{zul}$ .  $800 \text{ N/mm}^2$  i la tensió de càrrega admissible  $t_h$  de  $400 \text{ N/mm}^2$ . Tensions superiors són admissibles únicament en la zona de resistència/temps sota càrrega totalment o quasi estàtica.

Temperatures de treball extremes, càrregues laterals, moviments per impacte, vibracions per ressonància, acurten la duració de les molles amb càrrega dinàmica, efectes que poden ser rebaixats mitjançant una tensió de impulsió inferior.

Els materials utilitzats son aptes fins a una temperatura de  $250^\circ\text{C}$ . Aquest valor es orientatiu; les temperatures tolerables depenen també de l'esforç. També s'ha de tenir en compte que a partir de  $100^\circ\text{C}$  baixa el mòdul d'elasticitat i es produeix una fatiga del material.

Carrera de la molla en la zona de resistència permanent: 62% del recorregut total de la molla  $S_n$  (100%), el que equival a una tensió de impulsió  $t_{zul}$ . de  $800 \text{ N/mm}^2$  i una tensió de carrera.

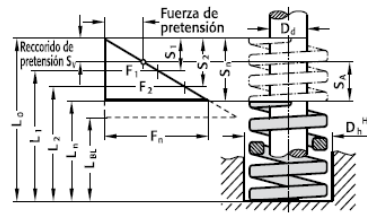
En la taula figuren les dades corresponents a les carreres de la molla del 30, 40, 45, 55, 62, 80 i 100%, els valors entremitjos poden determinar-se amb l'ajuda del diagrama de resistència permanent.



**Figura 33:** Gràfic del recorregut de les molles.

\* Aplicación en la zona de resistencia permanente:  
 hasta 45% de recorrido del muelle – pretensión 13%,  
 p.e. 55% de recorrido requiere una pretensión del 23%

- $D_h$  = Diámetro del casquillo
- $D_d$  = Diámetro del perno (guiado interior) en mm
- $L_0$  = Longitud del muelle en reposo
- $L_1...L_n$  = Longitudes del muelle bajo carga, en función de las fuerzas de muelle  $F_1...F_n$
- $L_{tot}$  = Longitud del muelle totalmente comprimido
- $F_1...F_n$  = Fuerzas de muelle en N en función de las longitudes de muelle  $L_1...L_n$
- $S_{v1}...S_{v7}$  = distancia mín. de pretensión de las carreras de muelle  $S_1...S_7$  (trabajando en el área de resistencia permanente)
- $S_1...S_n$  = Carreras de muelle en función de las fuerzas de muelle  $F_1...F_n$
- $R$  = Relación del muelle en N/mm
- $S_{N1}...S_{N7}$  = Carrera de trabajo



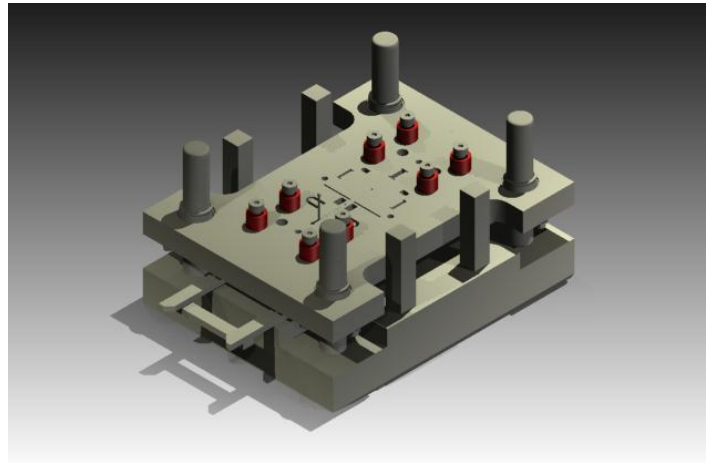
Carrera de trabajo del muelle  $SA_1...SA_7$  = Recorrido total del muelle ( $S_1...S_7$ )  
 menos recorrido de pretensión ( $S_{v1}...S_{v7}$ ).  
 Observe: la carrera del muelle no debería exceder del 80%.

**Figura 34:** Descripció dels paràmetres de les molles.

En aquest projecte s’han triat unes molles de color vermell que són les terceres més fortes.

Es col·locaran 8 molles entre la placa portapunxons i la placa guiapunxons amb la finalitat de facilitar l’extracció dels punxons de la xapa.

Aquestes molles es col·locaran de forma simètrica per distribuir uniformement l’esforç que hagin de suportar (figura 35).



**Figura 35:** Posició de les molles sobre la placa guiapunxons.

L’esforç que han de suportar les molles es la força d’extracció dels punxons, que és de:

$$F_{treptotal} = 10098,4084 \text{ N} \quad [92]$$

Aquest esforç s’haurà de repartir entre les 8 molles, per tant cada molla ha de suportar:

$$F_{molla} = \frac{F_{treptotal}}{8} = \frac{10098,4084}{8} = 1262,3011 \text{ N} \quad [93]$$

Es vol treballar entre el 30% i el 62% de la molla, que es el que recomana el fabricant. S’ha buscat en el catàleg aquella molla que s’escau a les necessitats del projecte. S’ha pogut observar que la millor molla es la de  $\varnothing 25 \times 25$  mm de longitud. La molla té la referència DIN ISO 10243 de l’empresa *Fibro*.

En la taula inferior es pot veure que per una força de 1353 N, la carrera de la molla està en el 40%, per tant dintre dels límits de treball adequats.  $S_2$  és la distància que s’ha de comprimir la molla per tal d’aconseguir els 1353 N de força.  $S_{v1}$  és la pretensió que ha de tenir la molla, en aquest cas de 1,2 mm.

241.16. Muelle helicoidal especial DIN ISO 10243 Color de marcaje: „Rojo“

Código	$D_s$	$D_e$	$l_0$	R	30% Carrera del muelle				40% Carrera del muelle				45% Carrera del muelle				50% Carrera del muelle			
					$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$
241.16.25.025	25.0	12.5	25	375.7	2.7	1.2	1.5	1014	3.6	1.2	2.4	1353	4.1	1.2	2.9	1540	4.5	1.6	2.9	1691
241.16.25.032	25.0	12.5	32	297.2	3.2	1.4	1.8	951	4.2	1.4	2.8	1248	4.7	1.4	3.3	1397	5.3	1.9	3.4	1575
241.16.25.038	25.0	12.5	38	218.8	3.9	1.7	2.2	853	5.2	1.7	3.5	1138	5.9	1.7	4.2	1291	6.5	2.3	4.2	1422
241.16.25.044	25.0	12.5	44	187.4	4.7	2.0	2.7	881	6.2	2.0	4.2	1162	7.0	2.0	5.0	1312	7.8	2.8	5.0	1462
241.16.25.051	25.0	12.5	51	156.0	5.4	2.3	3.1	842	7.2	2.3	4.9	1125	8.1	2.3	5.8	1264	9.0	3.2	5.8	1404
241.16.25.064	25.0	12.5	64	123.6	6.8	2.9	3.9	840	9.0	2.9	6.1	1112	10.1	2.9	7.2	1248	11.3	4.1	7.2	1397
241.16.25.076	25.0	12.5	76	99.1	8.3	3.6	4.7	823	11.0	3.6	7.4	1090	12.4	3.6	8.8	1229	13.8	5.0	8.8	1368
241.16.25.089	25.0	12.5	89	84.4	9.8	4.2	5.6	827	13.0	4.2	8.8	1097	14.6	4.2	10.4	1232	16.3	5.9	10.4	1376
241.16.25.102	25.0	12.5	102	73.6	11.3	4.9	6.4	832	15.0	4.9	10.1	1104	16.9	4.9	12.0	1244	18.8	6.8	12.0	1384
241.16.25.115	25.0	12.5	115	64.7	12.8	5.6	7.2	828	17.1	5.6	11.5	1106	19.2	5.6	13.6	1242	21.4	7.7	13.7	1385
241.16.25.127	25.0	12.5	127	57.9	14.1	6.1	8.0	816	18.8	6.1	12.7	1085	21.2	6.1	15.1	1227	23.5	8.5	15.0	1361
241.16.25.139	25.0	12.5	139	53.0	15.6	6.8	8.8	827	20.8	6.8	14.0	1102	23.4	6.8	16.6	1240	26.0	9.4	16.6	1378
241.16.25.152	25.0	12.5	152	48.1	17.3	7.5	9.8	832	23.0	7.5	15.5	1106	25.9	7.5	18.4	1246	28.8	10.4	18.4	1385
241.16.25.178	25.0	12.5	178	41.2	20.4	8.8	11.6	840	27.2	8.8	18.4	1121	30.6	8.8	21.8	1261	34.0	12.2	21.8	1401
241.16.25.203	25.0	12.5	203	36.3	23.1	10.0	13.1	839	30.8	10.0	20.8	1118	34.7	10.0	24.7	1260	38.5	13.9	24.6	1398
241.16.25.305	25.0	12.5	305	22.6	34.5	15.0	19.5	780	46.0	15.0	31.0	1040	51.8	15.0	36.8	1171	57.5	20.7	36.8	1300

Código	$D_s$	$D_e$	$l_0$	R	55% Carrera del muelle				62% Carrera del muelle				80% Carrera del muelle				100% Carrera del muelle			
					$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$	$S_1$	$S_2$	$S_{v1}$	$F_1$
241.16.25.025	25.0	12.5	25	375.7	3.0	2.1	3.9	1879	5.6	2.7	2.9	2104	7.2	3.2	2.0	2705	9.0	16.0	3381.3	
241.16.25.032	25.0	12.5	32	297.2	5.8	2.4	3.4	1724	6.5	3.2	3.3	1932	8.4	6.1	2.3	2496	10.5	21.5	3120.6	
241.16.25.038	25.0	12.5	38	218.8	7.2	3.0	4.2	1575	8.1	3.9	4.2	1772	10.4	7.5	2.9	2276	13.0	25.0	2844.4	
241.16.25.044	25.0	12.5	44	187.4	8.5	3.6	4.9	1593	9.6	4.7	4.9	1799	12.4	9.0	3.4	2324	15.5	28.5	2904.7	
241.16.25.051	25.0	12.5	51	156.0	9.9	4.1	5.8	1544	11.2	5.4	5.8	1747	14.4	10.4	4.0	2246	18.0	33.0	2808.0	
241.16.25.064	25.0	12.5	64	123.6	12.4	5.2	7.2	1533	14.0	6.8	7.2	1730	18.0	13.1	4.9	2225	22.5	41.5	2781.0	
241.16.25.076	25.0	12.5	76	99.1	15.1	6.3	8.8	1496	17.1	8.3	8.8	1699	22.0	16.0	6.0	2180	27.4	48.5	2725.3	
241.16.25.089	25.0	12.5	89	84.4	17.9	7.5	10.4	1511	20.2	9.8	10.4	1705	26.0	18.9	7.1	2194	32.5	56.5	2743.0	
241.16.25.102	25.0	12.5	102	73.6	20.6	8.6	12.0	1516	23.3	11.3	12.0	1715	30.0	21.8	8.2	2208	37.5	64.5	2760.0	
241.16.25.115	25.0	12.5	115	64.7	23.5	9.8	13.7	1520	26.5	12.8	13.7	1715	34.2	24.8	9.4	2213	42.7	72.3	2762.7	
241.16.25.127	25.0	12.5	127	57.9	25.9	10.8	15.1	1500	29.1	14.1	15.0	1685	37.6	27.3	10.3	2177	47.0	80.0	2721.3	
241.16.25.139	25.0	12.5	139	53.0	28.6	12.0	16.6	1516	32.2	15.6	16.6	1707	41.6	30.2	11.4	2205	52.0	87.0	2756.0	
241.16.25.152	25.0	12.5	152	48.1	31.6	13.2	18.4	1520	35.7	17.3	18.4	1717	46.0	33.4	12.6	2213	57.5	94.5	2785.8	
241.16.25.178	25.0	12.5	178	41.2	37.4	15.6	21.8	1541	42.2	20.4	21.8	1739	54.4	39.4	15.0	2241	68.0	110.0	2801.6	
241.16.25.203	25.0	12.5	203	36.3	42.4	17.7	24.7	1539	47.7	23.1	24.6	1732	61.6	44.7	16.9	2236	77.0	126.0	2795.1	
241.16.25.305	25.0	12.5	305	22.6	63.3	26.5	36.8	1431	71.3	34.5	36.8	1611	92.0	66.7	25.3	2079	115.0	190.0	2599.0	

Figura 36: Molla helcioidal DIN ISO 10243.

La distància que recorrerà la placa portapunxons respecte a la placa guiapunxons serà de 3,6mm, cosa per la qual les molles es comprimiran aquesta distància més la precàrrega. La compressió de cada molla serà de 7,6mm.

### 5.7. Força de la premsa

La força màxima necessària que ha de realitzar la premsa serà la suma de la força de tall i doblegat més la força de compressió de les molles o força de la trepitjadora. A més es multiplica per un factor de seguretat de 1,1:

$$F_{premsa} = (F_{forçes} + F_{trepitjadora}) * 1,1 = (169074,8378 + 10098,4084) * 1,1 \quad [94]$$

$$= 197090,5708 \text{ N} = 197,09 \text{ KN}$$

La matriu s’haurà de col·locar en una premsa que pugui exercir més de 20 tones de força.

### 5.8. Posició del manegot

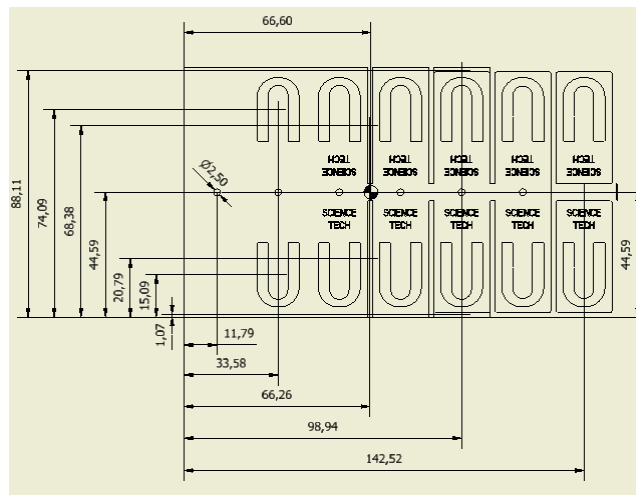
La posició del manegot de subjecció en un utilatge no és aleatòria, i no necessàriament ha de coincidir amb el centre geomètric de la planta de la matriu. Així, el manegot haurà d’adoptar una posició que coincideixi amb el centre de gravetat del perímetre de tall de la figura. Pel cas d’un únic punxó de tall, o bé, del centre de gravetat resultant de totes les forces de tall que actuen sobre l’utilatge, en el cas en que la matriu disposi de varis punxons. La posició correcta del manegot de subjecció d’una matriu evita cops laterals, desequilibris de les masses en

moviment i esforços de component irregular que repercuteixen directament sobre els elements de guia i, en el pitjor dels casos, sobre els elements tallants de l'utilatge.

Les conseqüències pràctiques a què donaria origen aquest problema serien les següents: major desgast de les guies laterals de la premsa a causa del fregament forçat del seu lliscament, desgast irregular i probable trencament de les arestes dels punxons i matrius per manca d'alineació entre ells mateixos, trencament o desgast forçat de les columnes guia a conseqüència de la flexió a què estarien sotmeses.

La posició del centre de gravetat de les forces de tall desenvolupades sobre un utilatge es pot calcular gràficament pel traçat d'un polígon funicular, o bé, analíticament, pel teorema de Varignon. No obstant, la majoria de programes de CAD utilitzats en el disseny dels utilatges conjuntament a altres paquets de software específics per el disseny de matrius, permeten determinar fàcilment aquesta posició.

En la figura 30 es poden veure els perímetres de tall, així com les distàncies del seu centre de gravetat (no són el centre de gravetat dels perímetres, sinó el dels punxons) al vèrtex de baix a l'esquerra de la carta d'operacions.



**Figura 37:** Centres de gravetat dels punxons.

Del teorema de Varignon:

*«El moment de la resultant d'un sistema qualsevol de forces respecte al seu punt, és igual a la suma algebraica dels moments de cada força respecte al mateix punt»*

#### Càlcul analític.

1. Situar els eixos de coordenades «X» i «Y» a una distància arbitrària respecte a la figura de la peça.
2. Situar i numerar (A, B, C, D, ..) els centres de gravetat individuals de cada costat o perímetre de tall que tingui la peça.
3. Mesurar les distàncies des de l'eix de coordenades «X» fins al centre de gravetat dels punts A, B, C, D, ... i multiplicar per la longitud del seu perímetre.

4. Mesurar les distàncies des de l'eix de coordenades «Y» fins al centre de gravetat dels punts A, B, C,D, ... i multiplicar per la longitud del seu perímetre.

5. Dividir la suma dels productes per la suma de les longituds, tant per «X» com per «Y». El resultat final donarà la situació del centre de gravetat de tota la peça.

Per trobar la posició del centre de forces en l'eix X s'utilitza la següent equació:

$$\sum F_c * cdf_x = F_c * X \quad [95]$$

On:

$F_c$  = força de tall de cada punxó.

$cdf_x$  = centre de forces de cada punxó en el eix X.

$F_c$  = força de tall total.

$X$  = posició en el eix X del centre de forces.

Per trobar la posició del centre de forces en l'eix Y s'utilitzarà la següent equació:

$$\sum F_c * cdf_y = F_c * Y \quad [96]$$

On:

$cdf_y$  = centre de forces de cada punxó en el eix Y.

$Y$  = posició en el eix Y del centre de forces.

Utilitzant l'equació [ 96 ] i les forces de tall obtingudes per cada punxó, s'obté la posició del manegot en l'eix X:

$$X = 66,5985 \text{ mm} \quad [97]$$

Utilitzant l'equació X [ 96 ] i les forces de tall obtingudes per cada punxó, s'obté la posició del manegot en l'eix Y:

$$Y = 44,5884 \text{ mm} \quad [98]$$

El centre de forces dels punxons està situat a la posició (25,73 ; 3,0) respecte el vèrtex de baix a l'esquerra de la carta d'operacions (figura 37).

Per més informació sobre els càlculs del centre de forces, consultar l'Annex A, pàgina 30.

## Capítol 6: Medi ambient

Preservar en bones condicions el medi on les persones viuen és un objectiu que, actualment, s'ha de fer propi de manera individual. A més, si l'activitat que genera un individu té un component d'activitat industrial es produeix un conflicte d'interessos entre allò que es vol fabricar i les limitacions mediambientals existents, fet que l'apropiació de la idea de preservar el medi impulsa la sensibilitat per arribar a un compromís adequat.

En aquest apartat s'analitzarà la possibilitat de vendre la ferralla de material per tal de reciclar-la. La ferralla es divideix en dos parts: la part de retalls sobrants a l'hora de fer el tall i la part que no s'utilitza del fleix de material.

S'obté de l'empresa una bobina de 1250mm x782m, que es tallarà en 14 fleixos. Per aquesta matriu es necessita 1248,478mmx10894,25m.

L'estalvi de la part dels retalls en el tall ascendeix a una recuperació de 524,03 €, i la part sobrant del material, que no s'utilitza ascendeix a 8,65 €. S'obté una recuperació de:

$$\text{Estalvi total} = 524,03 + 8,65 = \mathbf{532,68 \text{ €}} \quad [99]$$

Es pot veure com s'arriba a aquests preus a la pàgina 31 de l'annex A.

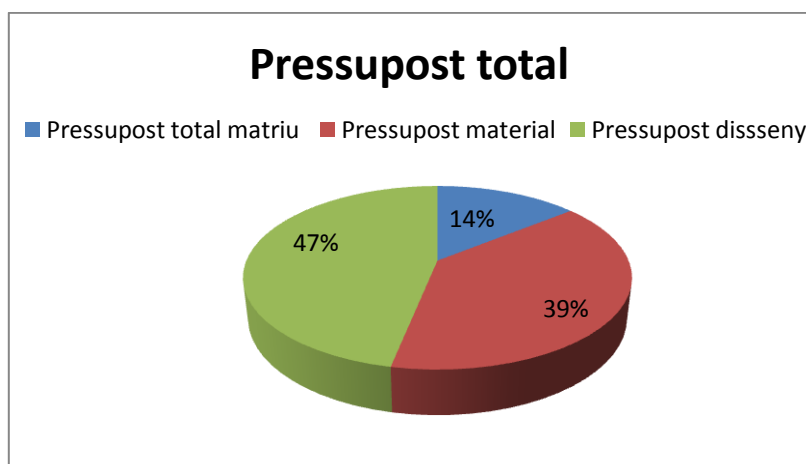


## Capítol 7: Pressupost

En la taula 7 es resumeix el cost total de la matriu progressiva. A l'Annex A, pàgina 33 es troben detallats tots els apartats d'aquesta taula. El preu de la peça segons les dades següents seria de 4 cèntims d'euro.

Pressupostos	Preu
Pressupost total matriu	4.555,89 €
Pressupost material	12.497,07 €
Pressupost disseny	15.000,00 €
<b>Total</b>	<b>32.052,96 €</b>

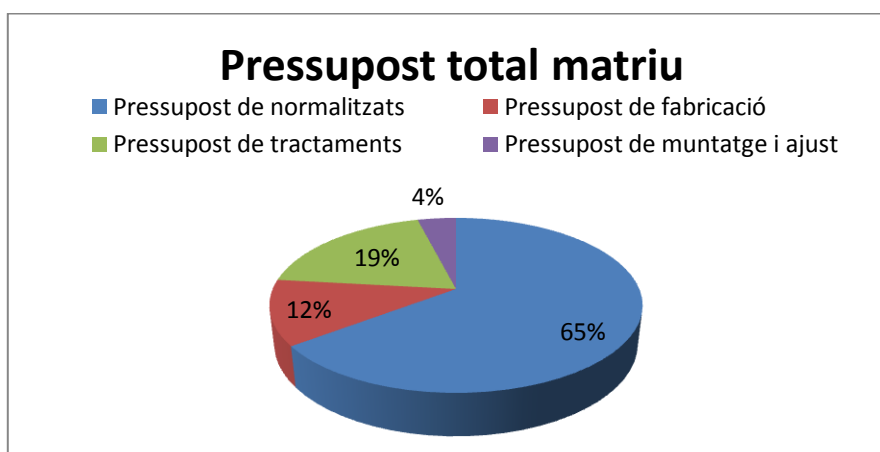
*Taula 7: Pressupost total.*



*Figura 38: Pressupost total.*

Pressupostos	Total pressupost brut	Total pressupost net
Pressupost de normalitzats	2.436,33 €	2.947,96 €
Pressupost de fabricació	453,87 €	549,18 €
Pressupost de tractaments	725,00 €	877,25 €
Pressupost de muntatge i ajust	150,00 €	181,50 €
<b>Total</b>	<b>3.765,20 €</b>	<b>4.555,89 €</b>

*Taula 8: Pressupost total matriu.*



*Figura 39: Pressupost total matriu.*

## Capítol 8: Conclusions

Un cop s'han realitzat les tasques assignades al projecte detallades al seu abast, es conclou havent fet una matriu progressiva pel clip de la Universitat de Vic.

S'ha arribat als objectius base, que eren fer la matriu considerant les forces de tall i doblegat, les forces d'extracció i expulsió, tenint en compte el pas, l'angle de doblegat, el factor retorn, les toleràncies, els elements elàstics, entre altres.

També s'ha seleccionat el material adient per cada component de la matriu i pel material del clip.

S'ha fet un pressupost detallat del cost de la matriu, tenint en compte el pressupost dels elements normalitzats, de fabricació, de tractaments tèrmics, d'ajustatge i muntatge, del cost del material i del cost del disseny. S'ha obtingut un preu adequat pel clip.

S'ha volgut introduir la part de medi ambient, per voluntat de l'alumne a tenir en compte un aspecte molt important en qualsevol projecte com es aquest.

Per a una futura evolució del disseny es proposa un seguit d'aspectes que es creuen aptes per a la millora del mateix.

1. Millorar l'estudi dels punxons al vinclament, tant a nivell teòric com a nivell de simulació.
2. Millorar l'estudi del impacte ambiental en el procés de construcció de la matriu: tractaments químics, estudi del material, etc.
3. Estudi de la premsa necessària per dur a terme el projecte: lloc de fabricació del clip, cost de la premsa, etc.

## Capítol 9: Bibliografia

### Llibres:

- Florit, Antonio. 2008. *Tratado de matriceria*. Barcelona: Tecnofisis.
- Armengol, Xavier. 2015. *Mòduls de Enginyeria de Processos Industrials I*. Vic.

### Webs:

<http://fibro.partcommunity.com/portal/portal/fibro> (Març 2015)

<http://www.uddeholm.com/> (Març 2015)

<http://www.metalvin.com/inoxidable/bobina-inoxidable> (Maig 2015)

<http://www.acerinox.com/es/productos/producto-plano/Bobina-Fleje-laminacin-en-fro/> (Maig 2015)

[http://www.steinel.com/uploads/media/00\\_steinel\\_catalog\\_en.pdf](http://www.steinel.com/uploads/media/00_steinel_catalog_en.pdf) (Maig 2015)

[http://www.thyssen-iberica.es/htm/pdf\\_aconstruccion.pdf](http://www.thyssen-iberica.es/htm/pdf_aconstruccion.pdf) (Març 2015)

<http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/proyecto-medicion-tridimensional-en-fabricacion-mecanica-con-equipos-portables/tolerancias-dimensionales> (Abril 2015)