

## Treball final de grau

**Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica**

**Títol:**

**Disseny de dos útils per a punxonat i doblegat que incorporin mesura de força per a la punxonadora NARGESA MX-340-G**

**Document: Número 1: Memòria**

**Alumne: Maria Consuelo Gómez González**

**Tutors: Joan Andreu Mayugo Majo i Inés Ferrer Real**

**Departament: Enginyeria Mecànica i De La Construcció Industrial**

**Àrea: Enginyeria Mecànica**

**Convocatòria (mes/any): Febrer curs 2016/ 2017**

## Índex

1. INTRODUCCIÓ.....	7
1.1. Antecedents.....	7
1.1.1. Peticionari .....	8
1.1.2. Necessitats del peticionari .....	8
1.2. Objecte del projecte.....	8
1.3. Requisits i abast .....	8
1.3.1. Abast .....	8
1.3.2. Requisits .....	9
2. ANÀLISI DE LA MÀQUINA ACTUAL .....	11
3. PROCÉS METODOLÒGIC SEGUIT .....	12
4. FACTORS DE DISSENY .....	13
5. DESCRIPCIÓ DEL CONJUNT DE FORÇA PROPOSAT .....	14
5.1. Peces principals que conformen el conjunt de força .....	16
5.2. Anàlisi de cada peça del conjunt.....	20
5.2.1. Base 1 .....	20
5.2.2. Base 2 .....	22
5.2.3. Punxó de doblegat.....	24
5.2.4. Conjunt portamatriu de punxonat.....	28
5.2.4.1. Portamatriu de punxonat.....	28
5.2.4.2. Base Unió Portamatriu.....	29
6. CÈL·LULA DE CÀRREGA .....	31
6.1 . Dolla de fixació .....	32
6.2. Sistema de protecció de la cèl·lula.....	35
6.3. Peu cèl·lula.....	37
7. RESUM DEL PRESSUPOST.....	39

8. CONCLUSIONS .....	39
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	40
ANNEX A: FORCES PROCÉS DE CONFORMACIÓ DE XAPA.....	41
A.1: PUNXONAT .....	42
A.2: DOBLEGAT .....	43
A.3: CONCLUSIONS .....	45
ANNEX B: REQUISITS I DISSENYS BÀSICS.....	46
B.1: REQUISITS .....	47
B.2: ESTUDI PRELIMINAR DE LA CONFIGURACIÓ DEL CONJUNT DE FORÇA .....	47
B.2.1. Ubicació de les cèl·lules de càrrega .....	48
B.2.1.1. Una cèl·lula alineada sota matriu.....	48
B.2.1.2. Una cèl·lula al punxó .....	49
B.2.1.3. Cèl·lules als laterals de la matriu .....	50
B.2.2. Configuració de les cèl·lules de càrrega .....	51
B.2.2.1. Dues cèl·lules als laterals del conjunt de força .....	51
B.2.2.2. Tres cèl·lules als laterals del conjunt de força .....	53
B.2.2.3. Quatre cèl·lules als laterals del conjunt de força.....	54
B.2.2.4. Configuració de cèl·lules seleccionada.....	56
B.2.3. Posicions de les quatre cèl·lules .....	58
B.2.3.1. Alineades en l'eix y.....	58
B.2.3.2. Alineades en l'eix x.....	59
B.2.4. Conclusions estudi preliminar.....	61
B.3: POSSIBLES DISSENYS DE CONJUNT DE FORÇA .....	61
B.3.1. Disseny proposat 1 .....	61
B.3.1.1. Mides del disseny proposat 1 (punxonat) .....	65

B.3.1.2. Mides del disseny proposat 1 (doblegat) .....	66
B.3.2. Disseny proposat 2 .....	68
B.3.2.1. Mides del disseny proposat 1 (punxonat) .....	70
B.3.2.2. Mides del disseny proposat 1 (doblegat) .....	70
B.3.3. Disseny proposat 3.....	71
B.3.3.1. Peces que conformen el disseny proposat 3.....	75
B.3.3.1.1. Peça I .....	75
B.3.3.1.2. Peça II .....	76
B.3.3.1.3. Peça III .....	77
B.3.3.1.4. Portamatriu punxonat .....	78
B.3.3.1.5. Peu cèl·lula.....	80
B.4: CONCLUSIONS .....	81
ANNEX C: ESTUDI DE LA CÈL·LULA DE CÀRREGA .....	82
C.1: DISSENY O COMPRA .....	83
C.2: CÈL·LULES DE CÀRREGA COMERCIALS .....	83
ANNEX D: CÀLCUL ANALÍTIC I D'ELEMENTS FINITS .....	89
D.1. CÀLCUL ANALÍTIC .....	90
D.1.1. Base 1 .....	90
D.1.2. Base 2 .....	91
D1.3. Cargols unió cèl·lules de càrrega amb Base 1 .....	92
D.2. CÀLCUL ELEMENTS FINITS .....	93
D.2.1. Conjunt de força .....	93
D.2.1.1 Model de conjunt de força .....	93
D.2.1.2. Resultats del model de conjunt de força .....	97
D.2.2. Cèl·lula de càrrega .....	100

D.2.2.1 Model de cèl·lula de càrrega .....	101
D.2.2.2. Resultat de model de cèl·lula de càrrega.....	108
ANNEX E: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES .....	117
E.1: FITXA TÈCNICA DE LA CÈL·LULA MODEL 350 (2000 KG).....	118
E.2: CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES PUNXONADORA NARGESA MX 340G)...	120
E.3: ACCESSORIS DE LA PUNXONADORA NARGESA MX 340G .....	121

# MEMÒRIA

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1. Antecedents

Aquest curs 2016 la Universitat de Girona ha adquirit una punxonadora hidràulica de 340 kN (aprox. 34 Tn) de força pel Laboratori de Tecnologies de Fabricació per tal de realitzar les pràctiques docents corresponents a les assignatures de Processos de Fabricació.

Aquesta màquina no només permet fer el procés de punxonat sinó també el de doblegat, el de tall, el d'estampar i molts altres processos de deformació de xapa gràcies a les diferents matrius i punxons que se li pot acoblar mostrats en la *Figura 1*.



**Figura 1: punxonadora hidràulica NARGESA MX 340 G i accessoris**

La finalitat d'aquest projecte és dotar aquesta màquina d'ús industrial amb un sistema que permeti realitzar la lectura de força dels processos de conformació de xapa realitzats en les activitats docents. D'aquesta forma s'adapta la punxonadora a les necessitats que es presenten en l'entorn acadèmic.

### 1.1.1. Peticionari

Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.

Carrer Maria Aurèlia Capmany nº61; 17071 Girona

### 1.1.2. Necessitats del peticionari

Mesurar la força exercida durant els processos de doblegat i punxonat de peces metàl·liques. Actualment aquesta màquina no disposa de cap sistema per poder captar aquesta informació ni visualitzar-la.

## 1.2. Objecte del projecte

L'objectiu del present projecte és el de dissenyar dos útils que incorporin les matrius de punxonat i de doblegat (*conjunt de força*). Aquests útils han d'integrar un element que faci de sensor de la força exercida durant l'operació de conformació de xapa de punxonat i doblegat.

## 1.3. Requisits i abast

### 1.3.1. Abast

Aquest projecte comprèn un estudi de les forces exercides durant les operacions de conformació de xapa de punxonat i doblegat (*Annex A: Forces procés de conformació de xapa*). També inclou un ampli estudi preliminar sobre les diferents ubicacions i configuracions que poden prendre els sensors de força en la punxonadora. Així mateix, es desenvolupen diferents propostes de disseny pel *conjunt de força* (*Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*). També es mostra un estudi de les diferents cèl·lules de càrrega disponibles en el mercat per tal de cercar aquella que millor s'adapta al disseny (*Annex C: Estudi de cèl·lules de càrrega*).



El disseny final que es proposa en aquesta memòria pel *conjunt de força* es complementa amb càlculs analítics (per les peces més compromeses) i d'elements finits (anàlisi de la sensibilitat de la cèl·lula de càrrega seleccionada i pel *conjunt de força*). Aquests càlculs es recullen en l'*Annex D: Càlculs analítics i d'elements finits*.

Així mateix, es realitzen tots els plànols de fabricació (*Document 2: Plànols*) i el plec de condicions (*Document 3: Plec de Condicions*) necessaris per dur a terme la fabricació del disseny proposat. Aquest projecte es complementa amb el corresponent pressupost i estat d'amidaments que se'n deriven (veure *Document 4 i 5* d'aquest projecte).

### 1.3.2. Requisits

En el disseny del *conjunt de força* proposat s'han tingut presents els requisits del peticionari, els quals es mostren a continuació:

- Disposar d'un únic model de cèl·lula de càrrega que pugui ser vàlid tant per al procés de punxonat com pel doblegat.
- Sistema de fàcil muntatge per reduir temps improductius durant les operacions.
- Ha de permetre cabre-hi la matriu normalitzada que ofereix el fabricant.
- Disposar d'un sistema de protecció per tal d'assegurar la integritat de la cèl·lula de càrrega.
- El model de cèl·lula de càrrega ha de suportar les forces més usuals produïdes durant les operacions realitzades en les activitats docents.

A més, s'han tingut presents les limitacions imposades per la pròpia geometria i funcionament de la màquina. Aquestes especificacions es llisten a continuació:

- Ha de ser un disseny compacte ja que hi ha espai limitat per ubicar el sistema, tal i com es mostra en la *Figura 2*.



**Figura 2: Espai disponible per ubicar el conjunt de força en la punxonadora**

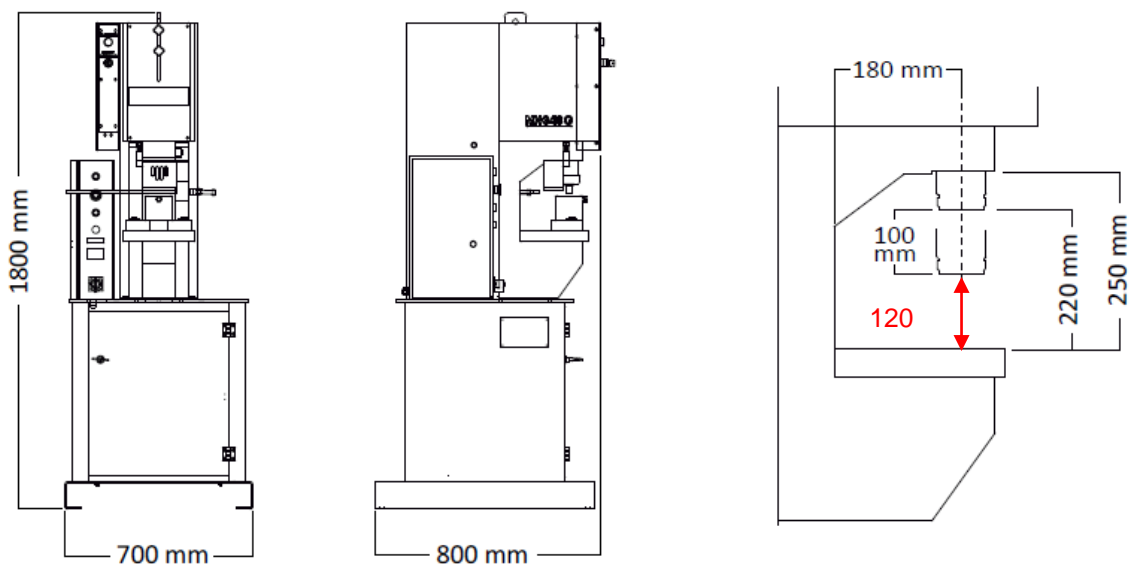
- Salvar altres elements de la màquina com poden ser els cargols de subjecció del portamatriu de la punxonadora i l'accionament de la màquina.
- Conservar el joc existent entre la matriu i el punxó.
- Conservar la distància de recorregut de cadascun dels punxons (de doblegat i punxonat) per poder realitzar satisfactòriament els processos de conformació de xapa.
- Utilitzar els cargols de fixació de la bancada proporcionats pel fabricant.

## 2. ANÀLISI DE LA MÀQUINA ACTUAL

La punxonadora hidràulica NARGESA MX-340G presenta gran versatilitat en quant a operacions de deformació de xapa es refereix gràcies als diferents accessoris que pot acoblar.

Consta d'un motor de 2,2 kW i 1460 rpm i és capaç d'exercir una força màxima de 340 kN (aprox. 34 Tn) gràcies al pistó que incorpora.

A continuació es presenten, en la *Figura 3*, les dimensions més importants de la màquina:



**Figura 3: Dimensions generals de la màquina (en mm)**

Es pot observar com el recorregut del pistó és de 100mm i es disposa d'un espai de 120mm per albergar el punxó, la matriu i el portamatriu. Aquesta és una de les dades més importants a tenir en compte en la realització del disseny del *conjunt de força*.

Aquesta punxonadora es pot utilitzar en mode manual o automàtic i es controla mitjançant l'accionament que porta incorporat en la part esquerra de la mateixa (selecció del mode, comptador, polsadors de posada en marxa i parada, i polsador d'emergència). A més, també disposa d'un pedal per controlar la velocitat de descens de la tija.

### 3. PROCÉS METODOLÒGIC SEGUIT

La primera tasca que s'ha realitzat en el present projecte ha estat un estudi de les diferents forces de conformació de xapa produïdes durant les operacions de doblegat i punxonat (*Annex A: Forces procés de conformació de xapa*). Amb aquest estudi s'han determinat els requeriments de força derivats de l'ús més habitual de la màquina.

Posteriorment, s'ha realitzat un exhaustiu estudi de les diferents configuracions que poden prendre els sensors de força en la punxonadora tenint en compte les especificacions d'aquesta i del client. A continuació, s'ha procedit a realitzar tres propostes de disseny pel *conjunt de força* (*Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*), així com un estudi de les diferents cèl·lules de càrrega disponibles en el mercat (*Annex C: Estudi de cèl·lules de càrrega*).

Un cop realitzats aquests estudis s'ha arribat a la conclusió que la millor opció consisteix en incorporar un sistema format per quatre cèl·lules de càrrega comercials i limitar la capacitat de força del conjunt a 80 kN de força (aprox. 8Tn). Així, un cop determinat el sensor de força a incorporar, s'ha procedit a realitzar el disseny definitiu d'aquest *conjunt de força*.

Paral·lelament, s'ha realitzat un anàlisi de resistència del *conjunt de força*, així com un anàlisi de la sensibilitat de la cèl·lula de càrrega comercial seleccionada mitjançant el programari d'elements finits ANSYS (*Annex D: Càlculs analítics i d'elements finits*). Amb aquest estudi s'ha buscat validar el disseny de les diferents peces proposades pel *conjunt de força* així com validar la sensibilitat del model de cèl·lula seleccionada. S'ha realitzat aquest últim anàlisi ja que existeix la possibilitat de fabricar les cèl·lules de càrrega, malgrat el disseny incorpori unes de comercials, i reduir així el cost del *conjunt de força* proposat. D'aquesta manera s'ha avaluat la capacitat per poder reproduir les característiques i geometria de la cèl·lula comercial de cares a una producció de la mateixa.

Finalment, s'ha procedit a elaborar el plec de condicions i els plànols de fabricació de cadascuna de les peces que conformen el *conjunt de força*, tot cuidant la seva bona fabricabilitat. Així mateix, s'ha realitzat el corresponent pressupost i estat d'amidaments per poder dur a terme la seva implementació.

#### 4. FACTORS DE DISSENY

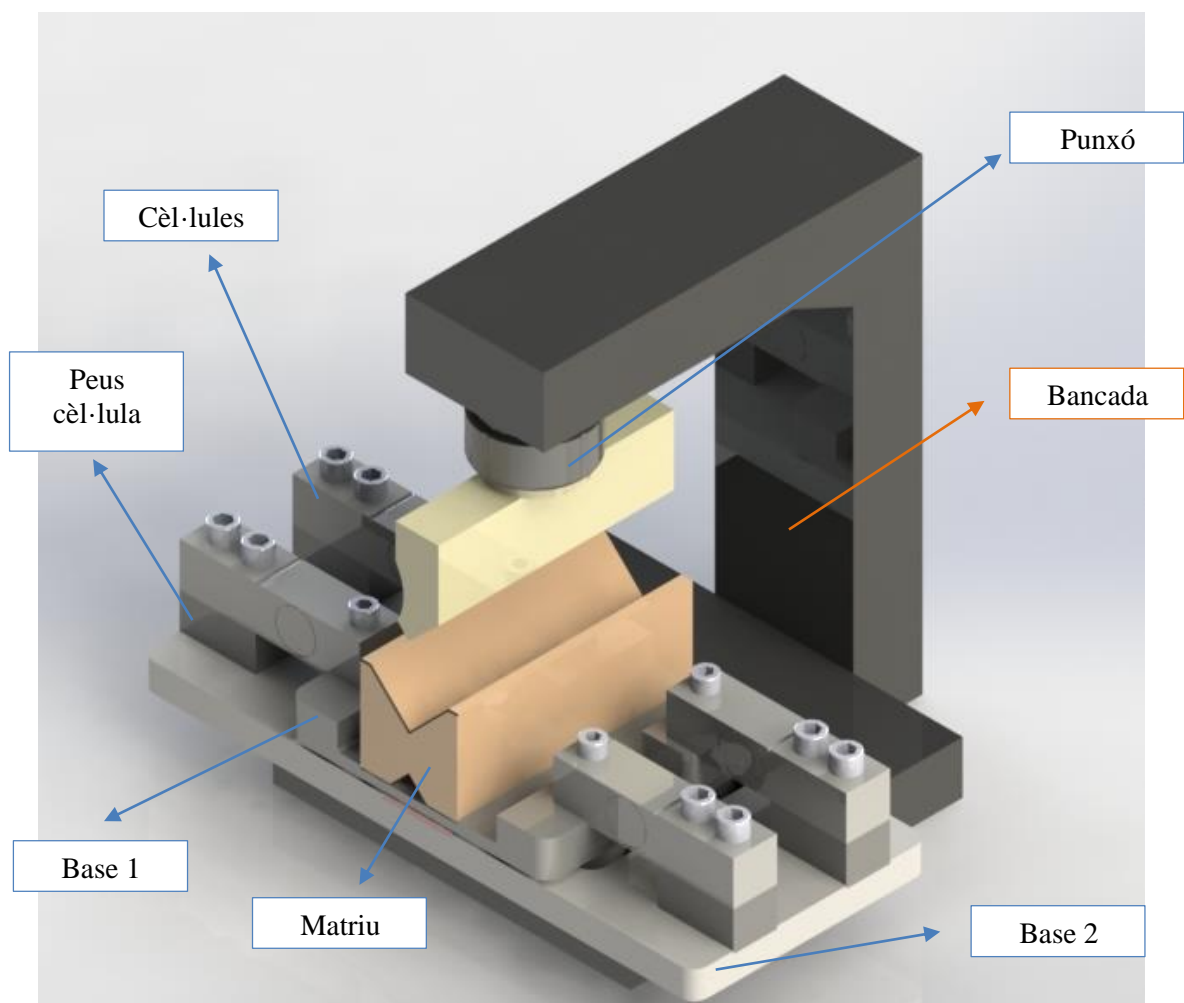
Donat que les especificacions de disseny proporcionades pel client són molt genèriques, part del treball dut a terme en aquest projecte ha estat el de definir els factors de disseny implicats.

Així, el *conjunt de força* proposat presenta certes condicions pel seu correcte funcionament.

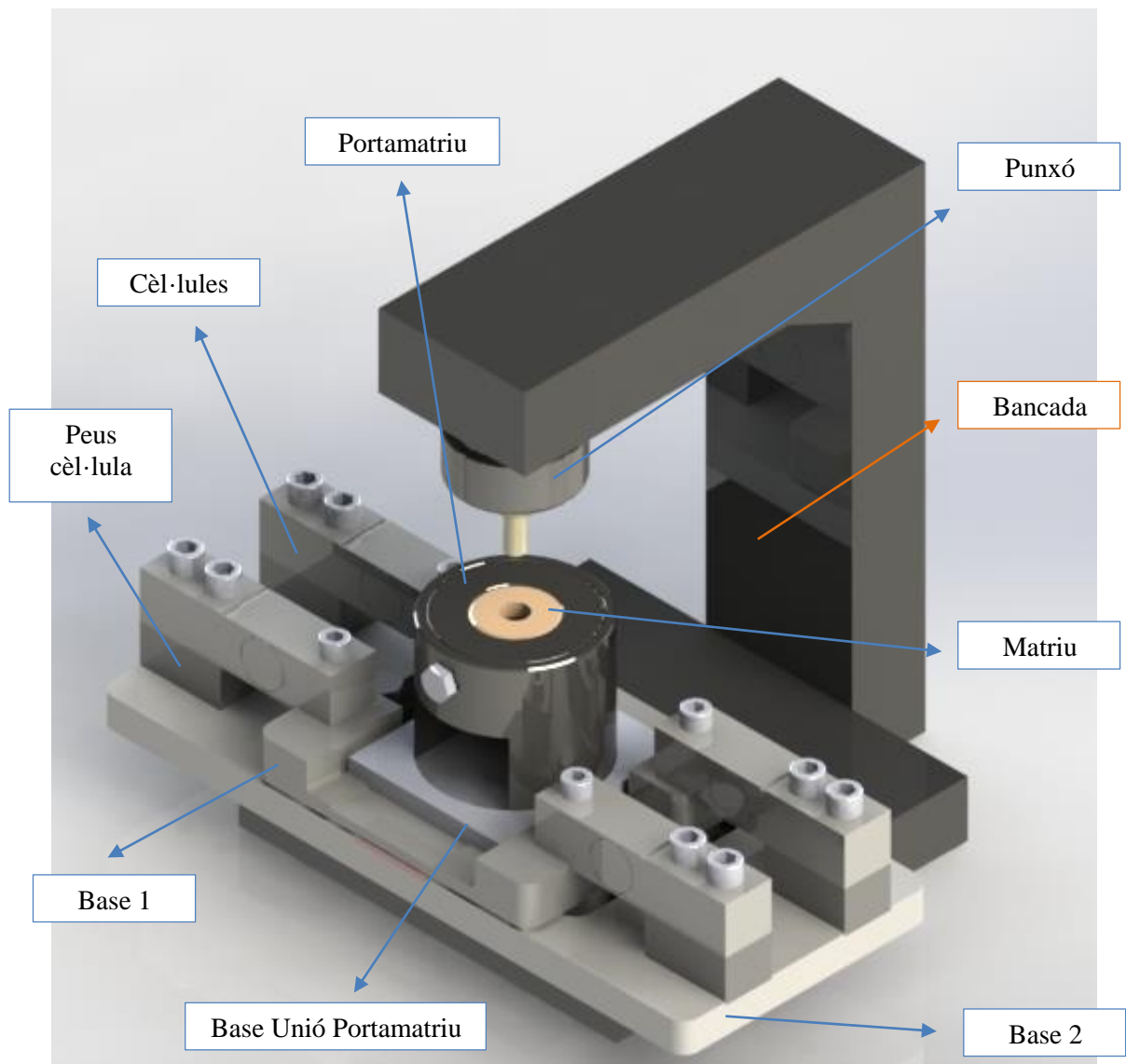
- El *conjunt de força* proposat només és capaç de mesurar forces derivades dels processos de conformació de xapa de fins a 80 kN (aprox. 8 Tn).
- Pel cas del doblegat, el conjunt de força proposat només és vàlid si s'utilitza amb el punxó de doblegat modificat que es presenta en el present projecte.
- Pel cas del punxonat, el conjunt de força proposat només és vàlid si s'utilitza amb el portamatriu de punxonat modificat que es presenta en el present projecte.
- La integritat de les peces proposades només s'assegura si s'empren materials de característiques similars o superiors a les especificades en aquest projecte.
- El conjunt de força proposat funcionarà sempre i quan la Base 1 estigui recolzada en les cèl·lules de càrrega. En el moment que aquesta Base 1 toqui la Base 2 o l'element de protecció de les cèl·lules de càrrega, el conjunt de força deixarà de proporcionar la força exercida per la màquina.

## 5. DESCRIPCIÓ DEL CONJUNT DE FORÇA PROPOSAT

Un cop fet un exhaustiu estudi sobre diferents configuracions de cèl·lules de càrrega, així com diferents propostes de disseny dutes a terme en *l'Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*, s'ha arribat a la conclusió que el disseny que millor s'adapta a la configuració de la màquina, així com als requeriments d'aquesta, és el que es mostra en la *Figura 4* (procés de doblegat) i *Figura 5* (procés de punxonat).

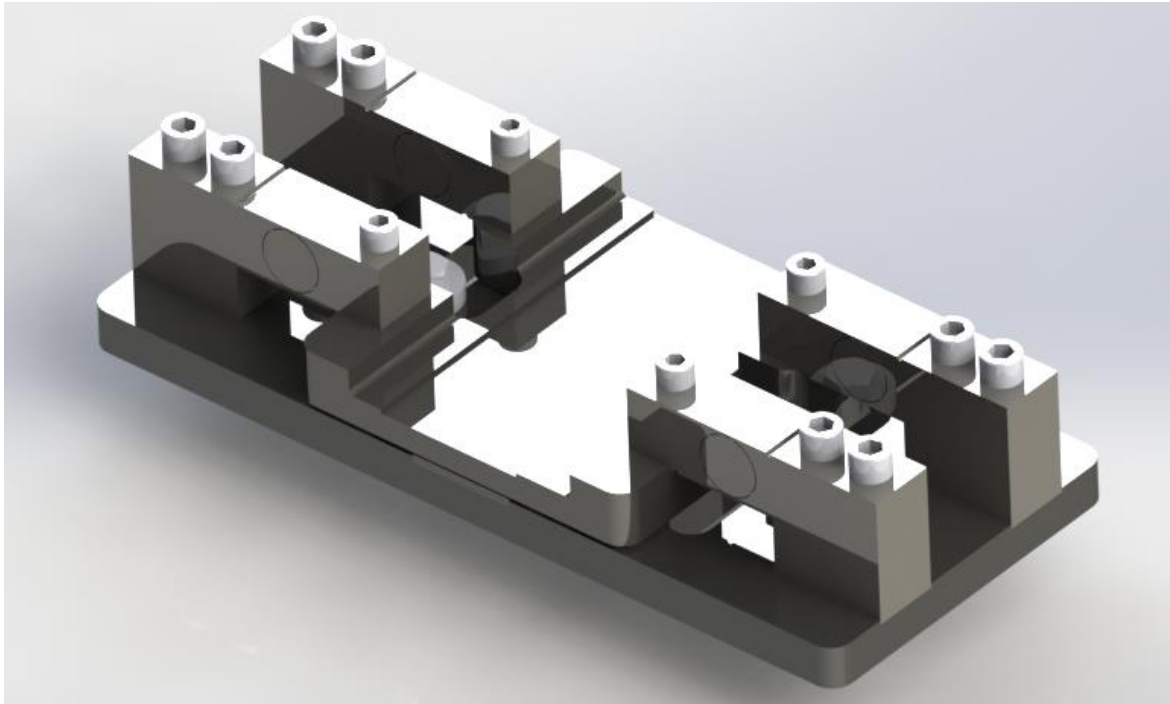


**Figura 4: Conjunt de força pel procés de doblegat. Parts principals del conjunt.**



**Figura 5: Conjunt de força pel procés de punxonat. Parts principals del conjunt**

Així, el disseny de dos útils per a punxonat i doblegat passa per un sistema modular comú per ambdós processos de conformació de xapa anomenat *conjunt de força* (veure *Figura 6*).



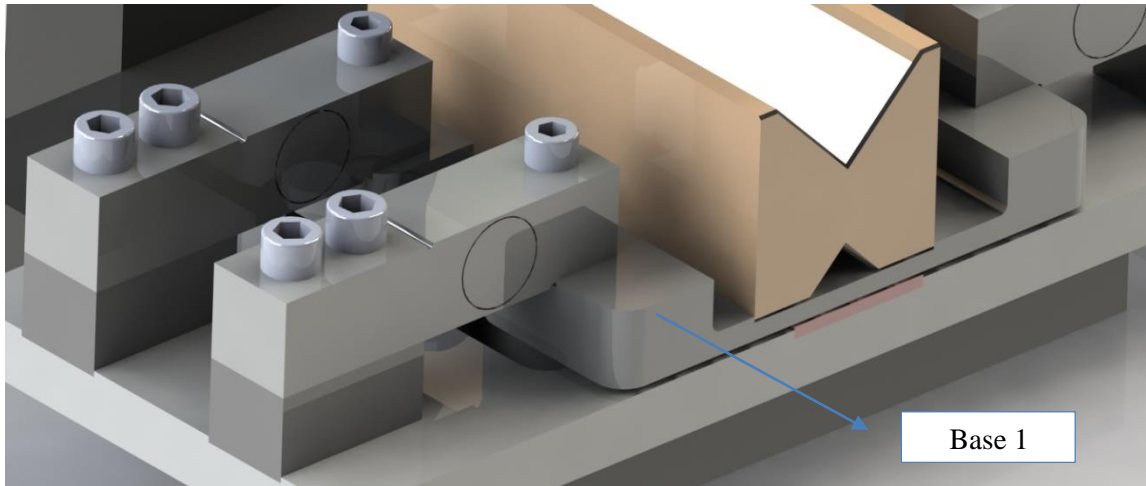
**Figura 6: Conjunt de força**

### **5.1. Peces principals que conformen el conjunt de força**

El conjunt de força dissenyat i mostrat en la *Figura 6* consta de diferents peces. A continuació es presenten les principals peces que el conformen per tal de situar al lector.

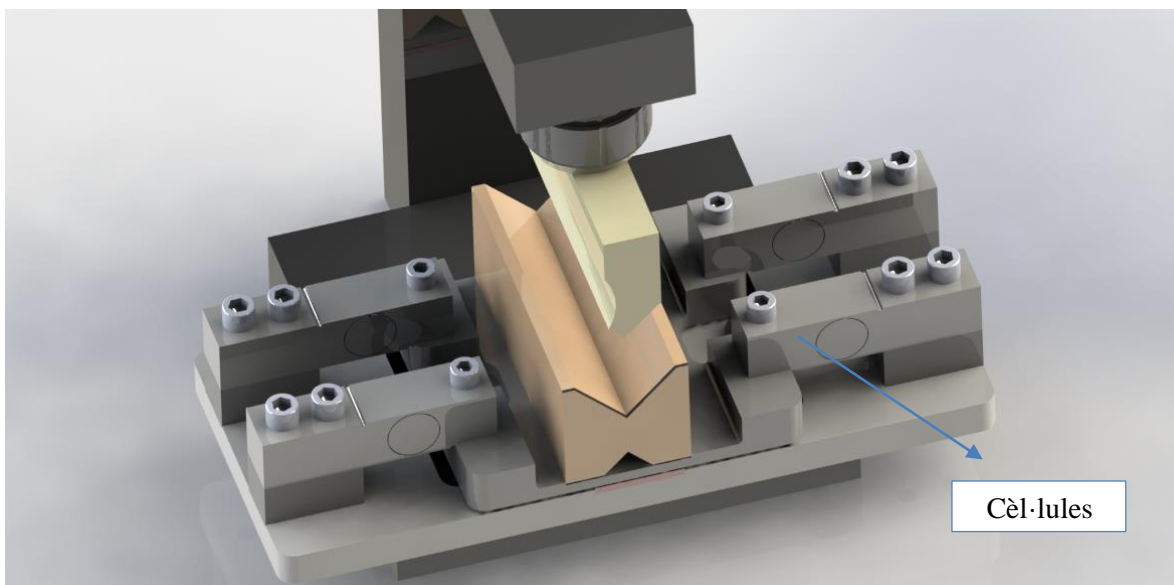
En primer lloc, es disposa d'una peça que servirà per sustentar les diferents matrius de conformació de xapa i que es troba unida a les cèl·lules de càrrega mitjançant quatre cargols, tal i com es mostra en la *Figura 7*. A partir d'ara, aquesta peça rebrà el nom de "Base 1" per tal de diferenciar-la de la resta de peces del conjunt.





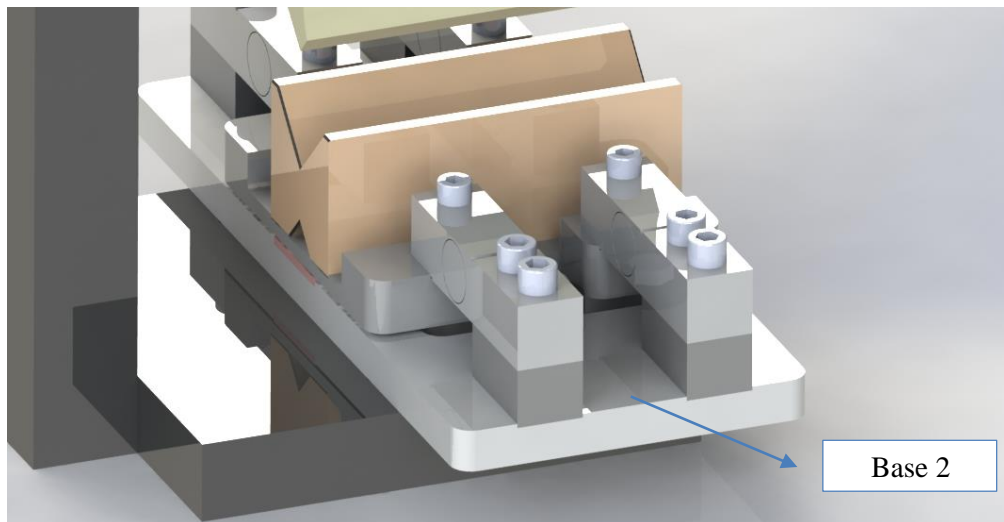
**Figura 7: Base 1 del conjunt de força. Detall unió amb cèl·lules de càrrega**

En segon lloc, es troben les respectives cèl·lules de càrrega tal i com s'aprecia en la *Figura 8*. Tal i com s'ha detallat en l'*Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*, aquesta proposta està formada per quatre sensors de força disposats a banda i banda de la màquina ja que és la configuració que més s'adapta als requisits d'aquesta. D'acord als estudis de força realitzats en l'*Annex A: Forces procés de conformació de xapa*, el sensor de força a incorporar correspon al model 350 (2000Kg) de la marca Utilcell.



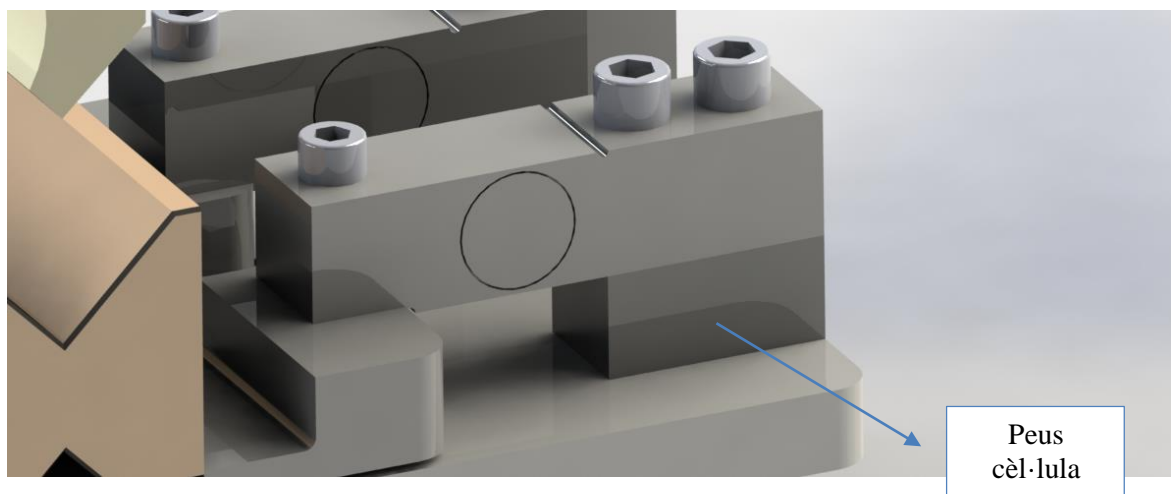
**Figura 8: Disposició de les cèl·lules de càrrega en el conjunt de força**

En tercer lloc, es disposa d'una peça que permet sustentar les cèl·lules de càrrega i collar tot el conjunt de força a la bancada de la punxonadora aprofitant els cargols existents de la màquina del taller. Aquesta peça rebrà el nom de "Base 2" per tal de diferenciar-la de la resta de peces del conjunt. En la *Figura 9* es pot observar aquesta peça:



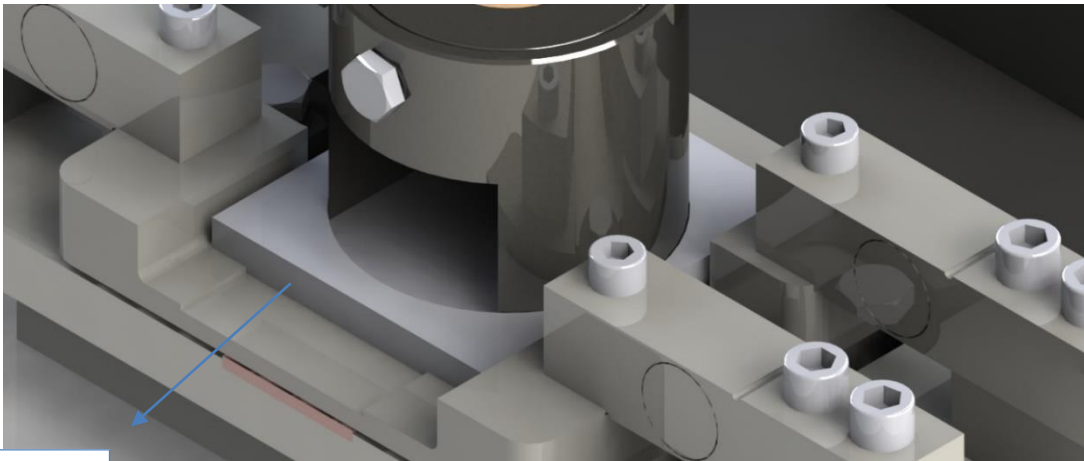
**Figura 9: Base 2 del conjunt de força**

En quart lloc, i per salvar l'alçada existent entre les cèl·lules i la base 2, es disposen de quatre peus de cèl·lula, un per cada sensor. Aquests peus d'acer permeten unir la cèl·lula amb la base 2 del conjunt a través de cargols, tal i com es mostra en la *Figura 10*.



**Figura 10: Peus de cèl·lula.**

Per últim, cal destacar una altra peça de fabricació pròpia que requereix el present *conjunt de força*: la Base Unió Portabase. Es tracta d'una base prima d'acer que s'unirà al portamatriu de punxonat i que facilitarà l'encaix d'aquest a la base 1, tal i com es mostra en la *Figura 11*. D'aquesta forma l'usuari de la punxonadora no haurà de descargolar cap part del conjunt proposat quan desitgi canviar el procés de conformat de xapa sinó que, únicament canviant la matriu que es trobarà recolzada sobre la base 1, podrà canviar d'operació.



Base Unió  
Portamatriu

**Figura 11: Base Unió Portamatriu de punxonat**

Així, el que es busca en el present disseny és la facilitat d'ús de la màquina per part de l'operari amb el mínim nombre de peces. En tot moment s'ha tingut present la universalitat de les diferents peces del conjunt per ambdós processos de conformació per tal que aquest estigui sempre fix en la màquina, sense haver de retirar o canviar peces del conjunt quan es faci el canvi d'operació.

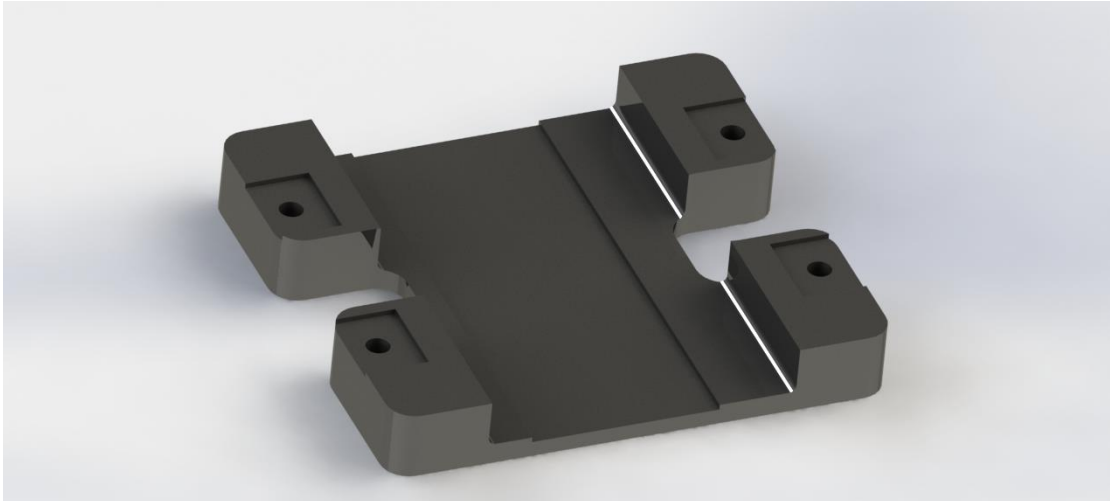
Es pot concloure doncs, que les úniques peces que haurà de canviar l'usuari quan canviï de procés serà la matriu i el punxó, tal i com es fa actualment en la màquina, ja que la resta de peces seran comunes per ambdós processos.

A continuació es mostren les característiques de cadascuna de les peces que incorpora el *conjunt de força* dissenyat.

## 5.2. Anàlisi de cada peça del conjunt de força

### 5.2.1. Base 1

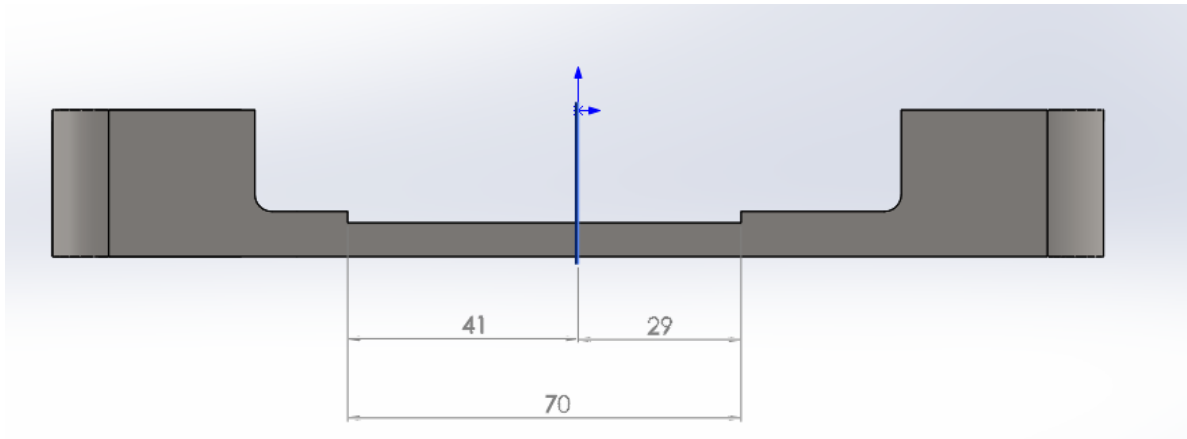
Aquesta peça (*veure Figura 12*) es realitza partint d'un brut d'acer S275 que cal mecanitzar amb la fresadora. Aquesta peça presenta diferents peculiaritats que tot seguit es detallen.



**Figura 12: Base 1 del conjunt de força**

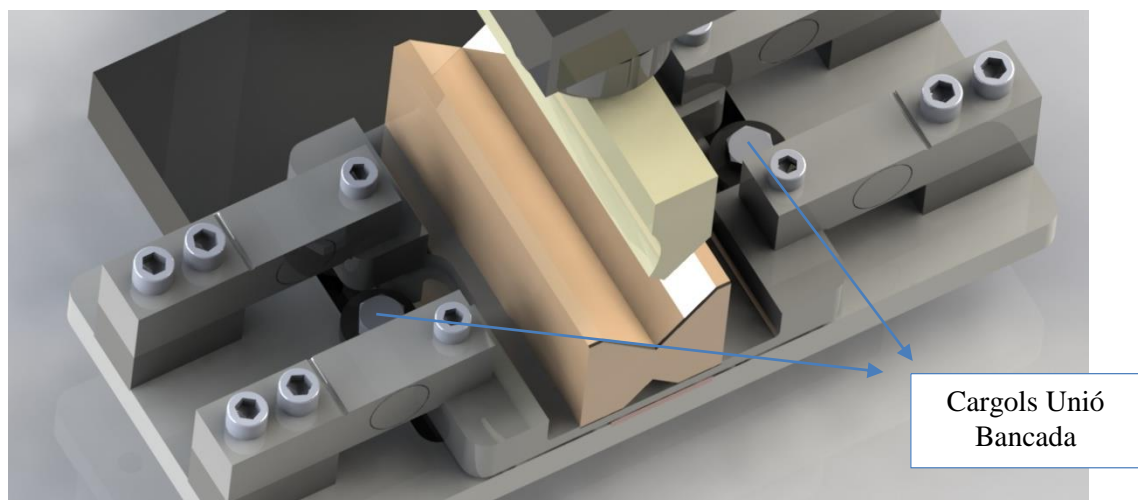
De bon primer es pot observar una ranura en la part central de 2mm de rebaix. Aquesta ranura permet ubicar la matriu de doblegat de 170mm de llargada, o bé el portamatriu de punxonat. Com que aquest té soldat a la part inferior la “Base Unió Portamatriu” es podrà encaixar fàcilment dins d'aquest rebaix tenir-lo sempre posicionat correctament.

Com que el procés de doblegat requereix que la matriu estigui desalineada 6mm respecte la vertical del punxó, la ranura de la Base 1 es troba lleugerament desplaçada cap a l'esquerra, tal i com es mostra en la *Figura 13*.



**Figura 13: Desalineació de la ranura central de la Base 1 (cotes en mm)**

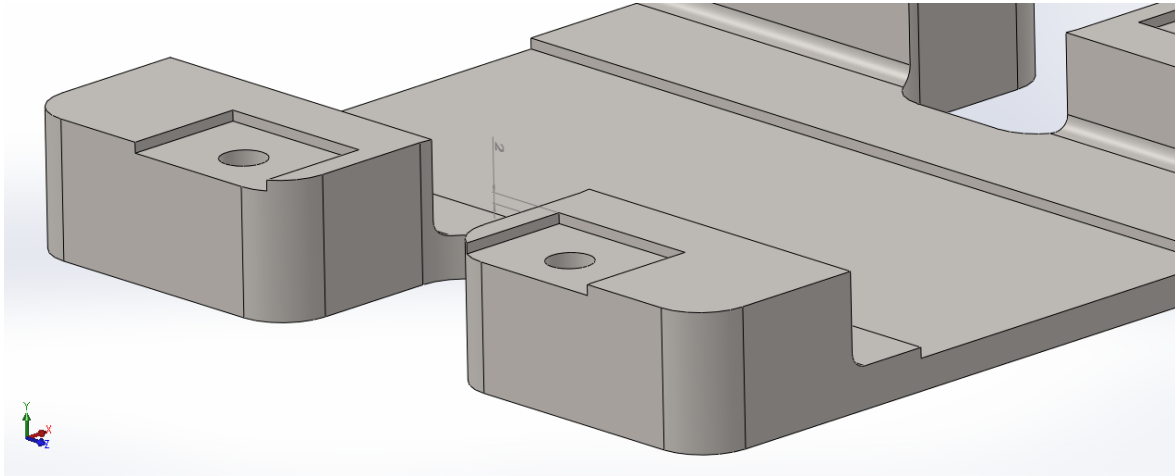
D'altra banda, aquesta peça presenta diferents gruixos d'acord al càlculs realitzats en *l'Annex D: Càlculs analítics i d'elements finits*. D'aquesta manera s'assegura un correcte funcionament i resistència del conjunt. A més, presenta una geometria peculiar consistent en quatre ales que deixen lliure l'accés als cargols d'unió del *conjunt de força* a la bancada de la màquina, tal i com es veu en la *Figura 14*.



**Figura 14: Detall accés cargols unió bancada**

Pel que fa a la part superior, es poden apreciar quatre forats roscats M10 que permeten albergar els cargols d'unió de les cèl·lules. Aquestes van col·locades sobre aquesta Base 1 per la qual cosa s'ha realitzat un encaix de 2mm de profunditat (veure *Figura 15*). D'aquesta

forma resultarà més fàcil posicionar les respectives cèl·lules i collar-les al conjunt durant el muntatge.

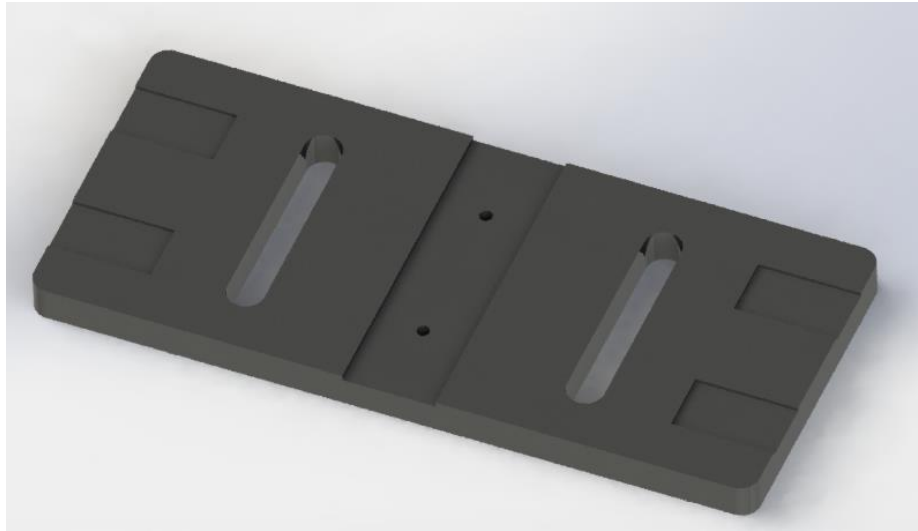


**Figura 15: Detall encaix per cèl·lules i arrodoniment cantos vius**

Per últim, s'ha tingut en compte la seguretat dels usuaris durant el procés de disseny de la peça evitant en tot moment cantos vius. És per això que tots els extrems presenten cantos arrodonits, tal i com s'aprecia en la *Figura 15*. A més, per evitar concentracions de tensions en els punts crítics de la peça, s'han aplicat arrodoniments per tal que els canvis de secció siguin més suaus.

### 5.2.2. Base 2

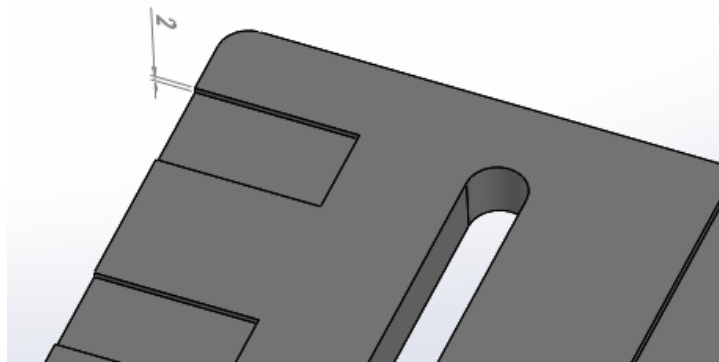
Pel que fa a la Base 2, aquesta disposa d'un gruix de 16mm d'acord als resultats obtinguts en l'*Annex D: Càlculs analítics i d'elements finits* que assegura el bon funcionament de la peça. D'acord a aquests càlculs, aquesta peça està formada per acer S275 i mecanitzada amb la fresadora (veure *Figura 16*).



**Figura 16: Base 2 del conjunt de força. Detall del trau colís.**

Com s'ha esmentat anteriorment, aquesta peça uneix tot el *conjunt de força* a la bancada de la màquina permetent, al mateix temps, cert joc lateral i diferents posicions en profunditat del *conjunt de força*. És per això que disposa d'un trau colís a banda i banda de l'eix central i d'amplada 20mm que assegura aquest moviment, tal i com es mostra en la *Figura 16*. Per la unió amb la màquina s'empren els cargols M12 i volanderes originals d'aquesta.

Pel que fa a la unió amb les cèl·lules, aquestes s'uneixen a la Base 2 amb els corresponents peus, tal i com s'ha esmentat en l'apartat 5.1. Per facilitar la ubicació, la Base 2 disposa de quatre rebaixos en els seus extrems de 2mm de profunditat per tal de posicionar els peus, tal i com es mostra en la *Figura 17*.

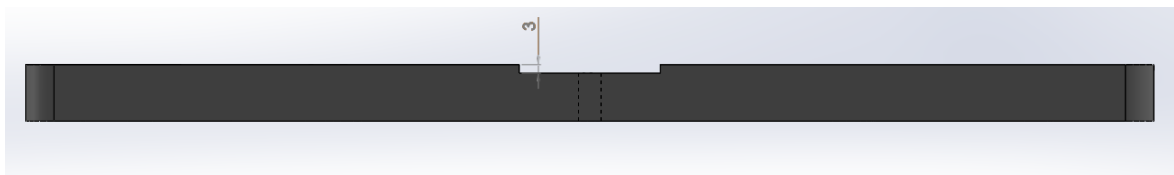


**Figura 17: Detall rebaix de 2mm per posicionar cèl·lules**

Com que aquests peus no s'han de retirar es solden a la base 2 un cop estiguin muntats.

Un dels aspectes que cal tenir present en el disseny del *conjunt de força* és la integritat de les cèl·lules de càrrega ja que aquestes només poden capturar forces de fins a 20 kN (aprox. 2 Tn) cadascuna, mentre que la punxonadora és capaç d'oferir fins a 340 kN (aprox. 34 Tn). És per això que cal incorporar un sistema de protecció en el disseny (veure apartat 6.2.) cosa que implica que aquesta Base 2 disposi d'una geometria per albergar aquest sistema de protecció de la cèl·lula.

En aquest cas, la Base 2 presenta una ranura de 3 mm de profunditat en el seu centre, tal i com es mostra en la *Figura 18*, que permetrà ubicar aquesta peça de protecció. Per evitar cap moviment d'aquesta peça i a la vegada, la possibilitat de canvi de la mateixa, aquest sistema de protecció anirà collat mitjançant cargols a la Base 2. És per això que aquesta Base 2 presenta dos forats roscats de M8 (veure *Document 2: Plànols*).



**Figura 18: Detall rebaix de 3mm per ubicar sistema de protecció de cèl·lula**

Finalment, cal esmentar la profunditat de què disposa aquesta Base 2. Com que la matriu de doblegat és la més llarga de les dues (170mm), cosa que fa que la Base 1 disposi d'aquesta longitud també, s'ha optat per mantenir aquesta mesura i fer la Base 2 amb 170mm de profunditat.

### **5.2.3. Punxó de doblegat**

Un dels problemes presents durant el disseny del *conjunt de força* proposat en aquest projecte és la falta d'espai per ubicar totes les peces. Tot i proposar un disseny compacte és necessari fer algunes modificacions als punxons existents en la màquina per tal d'assegurar el recorregut d'aquests.



L'alternativa a aquesta modificació seria la mecanització de les pròpies matrius, procés molt més complex. És per això que s'ha optat per modificar els punxons.

En aquest cas però, només cal fer modificacions en un dels punxons: en el de doblegat. Això és així ja que l'alçada de la matriu de punxonat es regula amb la peça: Base Unió Portamatriu ja que hi ha marge d'actuació. En canvi, en el cas del doblegat només es pot actuar sobre el punxó, o bé sobre la matriu de doblegat, opció com s'ha dit, desestimada.

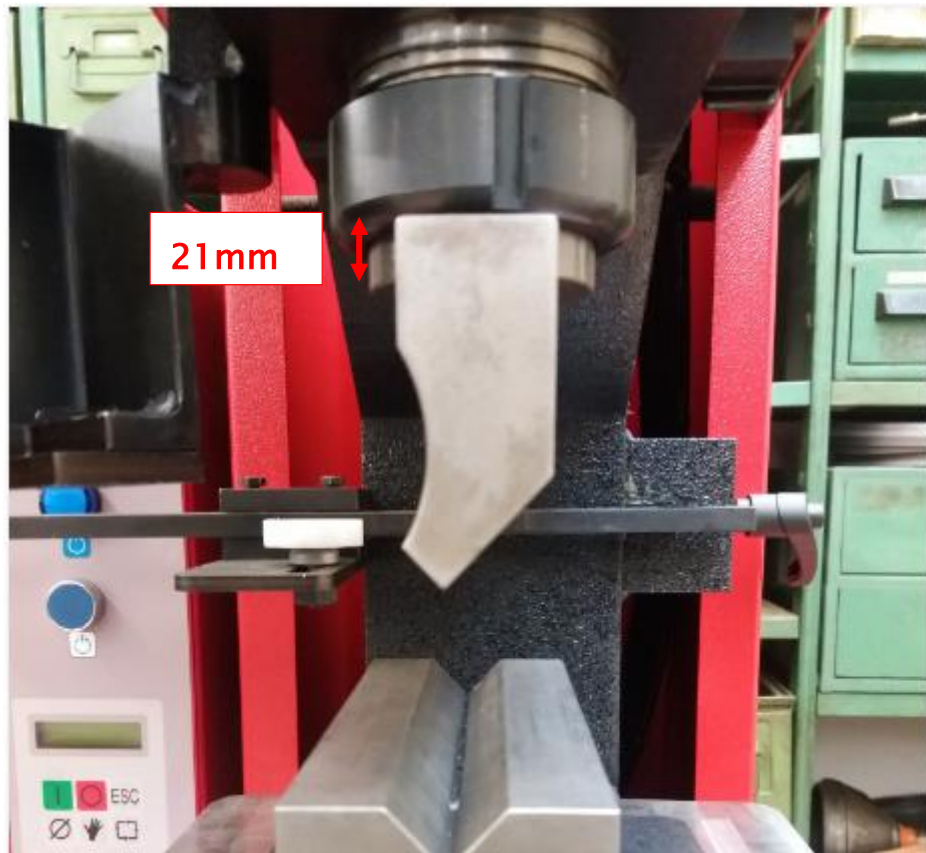
Un cop muntat el conjunt de doblegat en l'actual màquina s'observa que la distància vertical entre el punxó de doblegat i la matriu és de 44mm (veure *Figura 19*). Aquesta distància s'ha de mantenir també en el *conjunt de força* proposat en el present projecte.



***Figura 19: Distància vertical actual entre el punxó i la matriu de doblegat.***

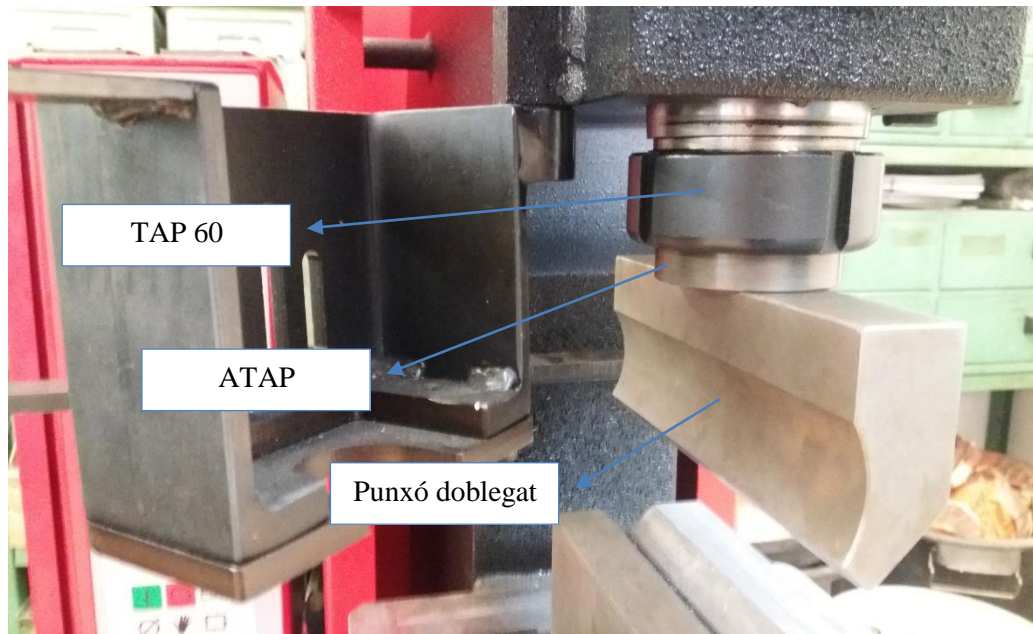
Si es munta el conjunt i el punxó actual de la màquina es detecta que la distància vertical que resulta entre la matriu i el punxó és de només 29mm. Així doncs, és necessari retallar

en alçada el punxó de doblegat actual de la màquina per tal d'aconseguir aquests 21 mm que falten, tal i com es mostra en la *Figura 20*.



***Figura 20: Alçada a retallar en el punxó de doblegat***

Com es pot observar, no hi ha cap problema per fer aquesta operació ja que no afecta a la geometria del punxó per on es realitza el doblegat. A més, la unió del punxó de doblegat amb la rosca d'acoblament de la màquina (TAP 60) es realitza mitjançant una peça del fabricant (ATAP). Aquesta peça va unida al punxó per dos cargols Allen M12 per la qual cosa no hi ha problemes per mecanitzar el punxó. El detall d'aquestes peces es pot veure en la *Figura 21 i 22*.



**Figura 21: Parts del conjunt de punxonat actual de la màquina**



**Figura 22: Detall cargols unió ATAP i punxó doblegat actual de la màquina**

Pel que fa al procés de punxonat, aquest presenta més marge en quant a espai i per tant, no és necessari realitzar cap modificació en el punxó de punxonat.

#### 5.2.4. Conjunt portamatriu de punxonat

Actualment, la màquina disposa d'un sistema per evacuar la ferralla de punxonat. Tal i com es mostra en la *Figura 23*, el conjunt de la matriu de punxonat té una base de 35mm d'alçada amb una cavitat inferior. Això permet introduir els dits o qualsevol utensili prim per retirar els rebutjos del punxonat.



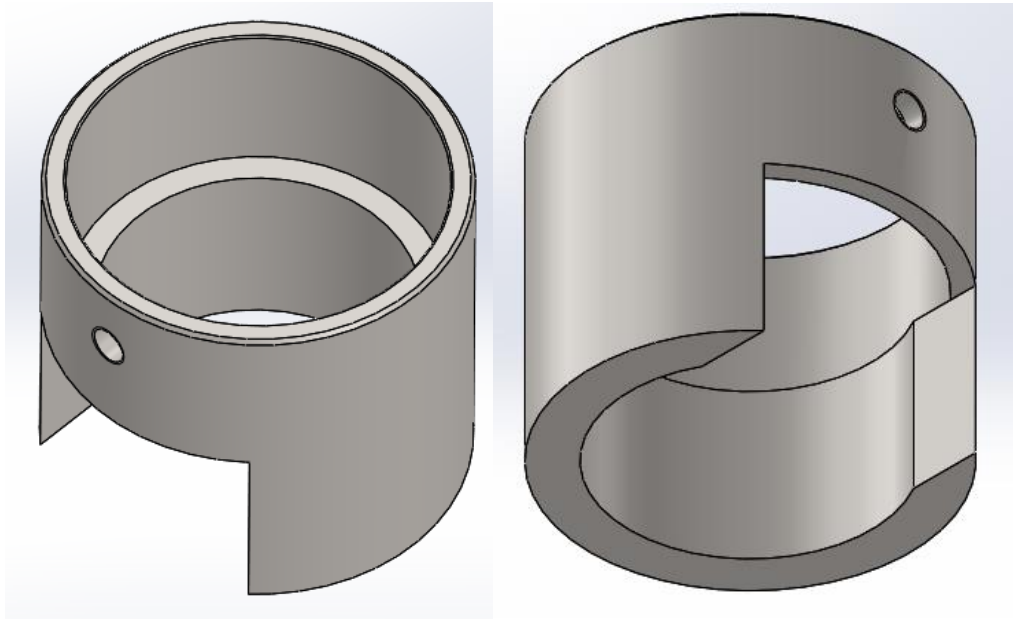
**Figura 23: Portamatriu de punxonat actual de la màquina. Sistema per evacuar el rebuig.**

##### 5.2.4.1. Portamatriu de punxonat

Amb el *conjunt de força* que es proposa, com que la Base 1 es troba a dos mil·límetres de la Base 2 per assegurar que el flux de forces passi per les cèl·lules de càrrega, i la Base Unió Portamatriu es troba recolzada en aquesta Base 1, no es disposa de cap sistema per retirar el rebuig.

És per això que s'ha realitzat una modificació en el portamatriu de punxonat que proporciona el fabricant. Aquesta modificació consisteix en fer una cavitat suficient per introduir els dits o un estri prim per tal de retirar el residu del punxonat. Aquesta modificació es mostra en la *Figura 24* i consisteix en fer un mecanitzat en la peça existent, un cop separada de la base comercial que duu soldada.



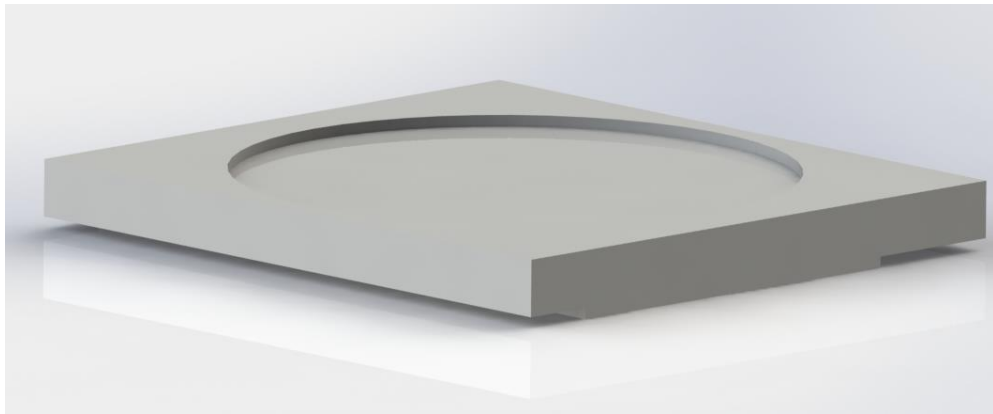


**Figura 24: Detall de la cavitat del portamatriu de punxonat modificat.**

Una altra opció possible, en cas que resultés extremadament complicat realitzar aquesta separació, seria la de fabricar de nou tot el portamatriu replicant la geometria de la peça comercial i introduint les modificacions esmentades, ja que és una peça de fàcil fabricació amb els recursos de què es disposa. Amb el *Document 2: Plànols* és possible realitzar qualsevol de les dues propostes. El *Document 5: Pressupost* contempla aquesta possibilitat.

#### 5.2.4.2. Base unió portamatriu

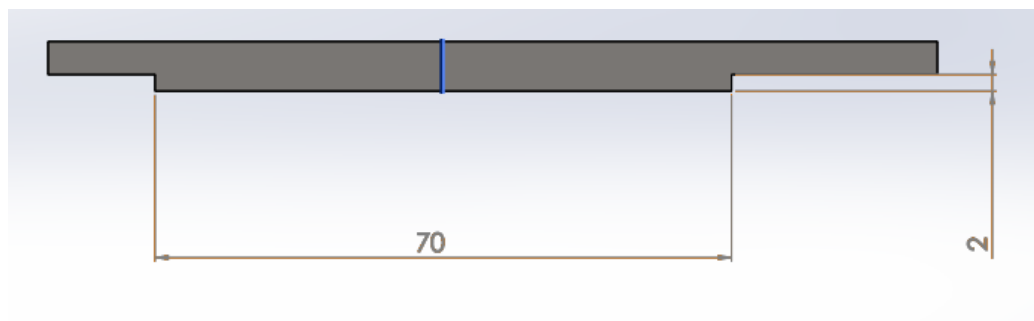
Tal i com s'ha esmentat anteriorment, és necessari disposar d'una peça per permetre la unió entre el portamatriu de punxonat i la Base 1. Com que es desitja que el *conjunt de força* sigui universal i que l'usuari no hagi d'estar canviant peces cada cop que vulgui canviar el procés de conformació de xapa, es proposa la Base Unió Portamatriu com la solució més adient. Aquesta peça fabricada en acer S275 està soldada en el portamatriu de punxonat, per la qual cosa disposa d'una ranura circular central en la part superior per tal d'ubicar aquest portamatriu, tal i com es mostra en la *Figura 25*.



**Figura 25: Detall ranura superior circular de la Base Unió Portamatriu**

Això fa que quan s'hagin de soldar les dues peces no hagi problemes de centratge i sigui molt més fàcil.

D'altra banda, aquesta Base Unió Portamatriu disposa d'un encaix de 2mm en la part inferior i de 70mm d'amplada, tal i com es mostra en la *Figura 26*. Això permet posicionar el conjunt format per la Base Unió Portamatriu i el Portamatriu de punxonat sobre la ranura de la Base 1.



**Figura 26: Encaix inferior de la Base Unió Portamatriu**

Com que aquesta ranura de la Base 1 és la responsable d'acollir també la matriu de doblegat i aquesta ha d'estar 6 mm descentrada respecte l'eix vertical de la punxonadora, per tal de corregir aquesta desviació quan s'està en el procés de punxonat (requereix tenir alineats verticalment punxó i matriu de punxonat) aquesta Base Unió Portamatriu disposa d'aquest encaix descentrat 6 mm també.

Aquesta peça de fabricació pròpia té un gruix de 6 mm que correspon a la distància que cal salvar per tenir la matriu de punxonat a l'alçada requerida per realitzar el procés de conformació de xapa.

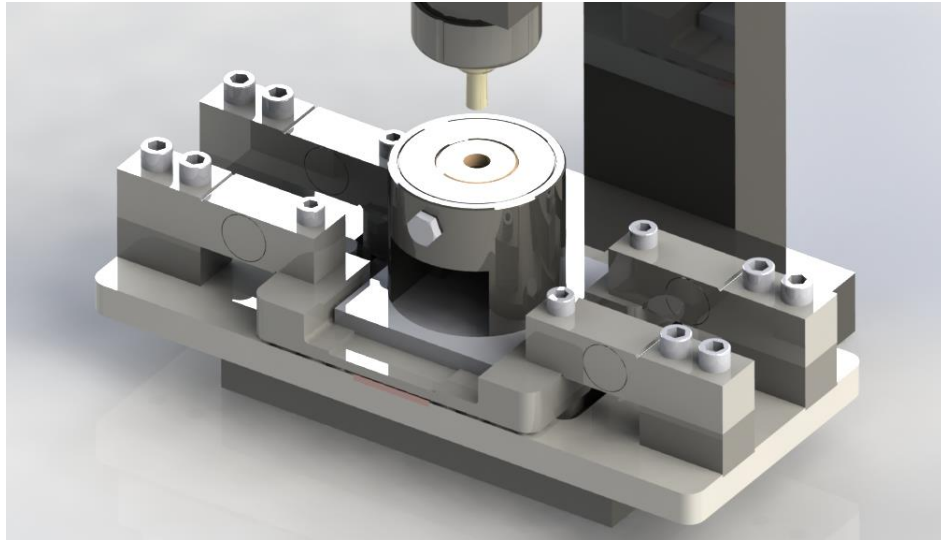
## 6. CÈL·LULA DE CÀRREGA

D'acord a l'estudi realitzat en l'*Annex A: Forces procés de conformació de xapa* i a l'*Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*, el sensor de força que millor s'adapta al present disseny i a l'espai de què es disposa és el Model 350 (2000kg) de la marca Utilcell mostrat en la *Figura 27*:



**Figura 27: Cèl·lula de càrrega Model 350 (2000 kg) de la marca Utilcell**

Aquest sensor, d'acord a les mides i geometria que presenta, és capaç de mesurar fins a 20kN (aprox. 2 Tn) de força. Així, disposant de quatre cèl·lules de càrrega tal i com es mostra en la *Figura 28*, el sistema és capaç de captar fins a 80 kN (aprox. 8 Tn) de força, dels 340 kN (aprox. 34 Tn) que pot proporcionar la màquina.



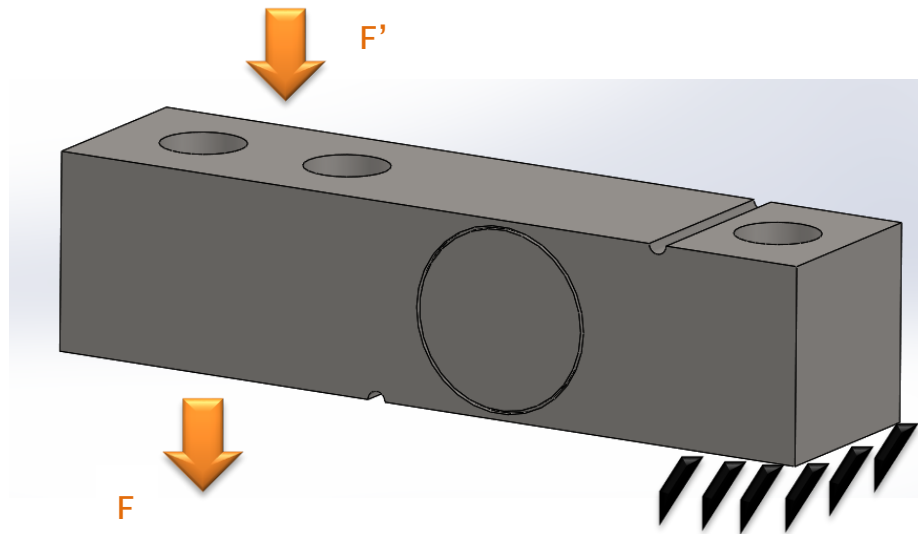
**Figura 28: Disposició de les 4 cèl·lules de càrrega Model 350 (2000kg)**

Incorporar una cèl·lula que capturés més força implicaria fer un disseny de la resta de peces molt complicat en quant a fabricació ja que l'espai disponible és molt limitat, inviable tenint en compte els recursos de què es disposa. En l'Annex B: *Requisits i Disseny bàsics* es presenten diferents propostes de disseny de *conjunt de força* incorporant cèl·lules de càrrega de fins a 50 kN (aprox. 5 Tn), finalment desestimats.

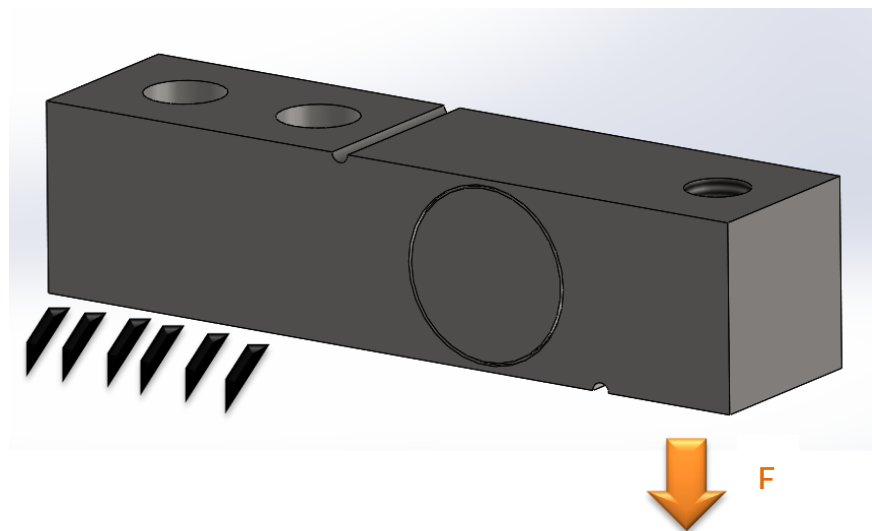
### 6.1. Dolla de fixació

La cèl·lula emprada en aquest disseny està pensada per col·locar-se en la posició que es mostra en la *Figura 29* (marcat en taronja les possibles posicions de les forces i en negre, el recolzament de la cèl·lula), segons les instruccions d'aplicació del fabricant. En aquest disseny però, per qüestions d'espai, és necessari col·locar la cèl·lula de càrrega en posició invertida, tal i com s'especifica en la *Figura 30*.





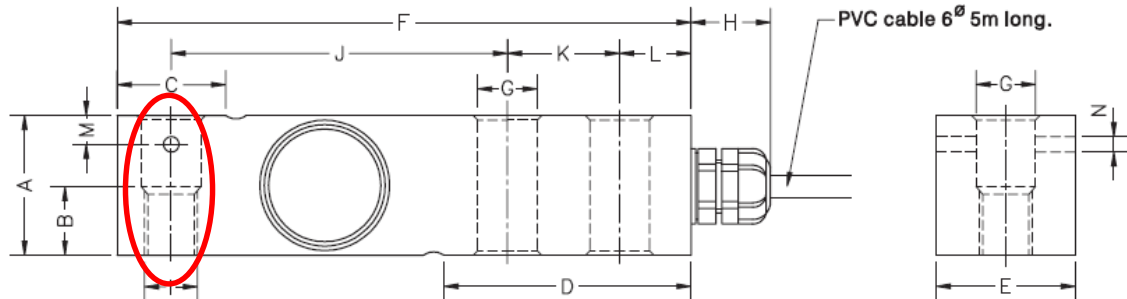
**Figura 29: Col·locació de funcionament de la cèl·lula de càrrega**



**Figura 30: Col·locació de funcionament que tindrà la cèl·lula en el disseny proposat**

Aquesta és una de les raons per les quals s'analitza la sensibilitat de la cèl·lula de càrrega comercial en l'Annex D: Càlculs analítics i d'element finits, ja que es vol comprovar que el fet de col·locar-la de forma atípica no afecta a la seva sensibilitat.

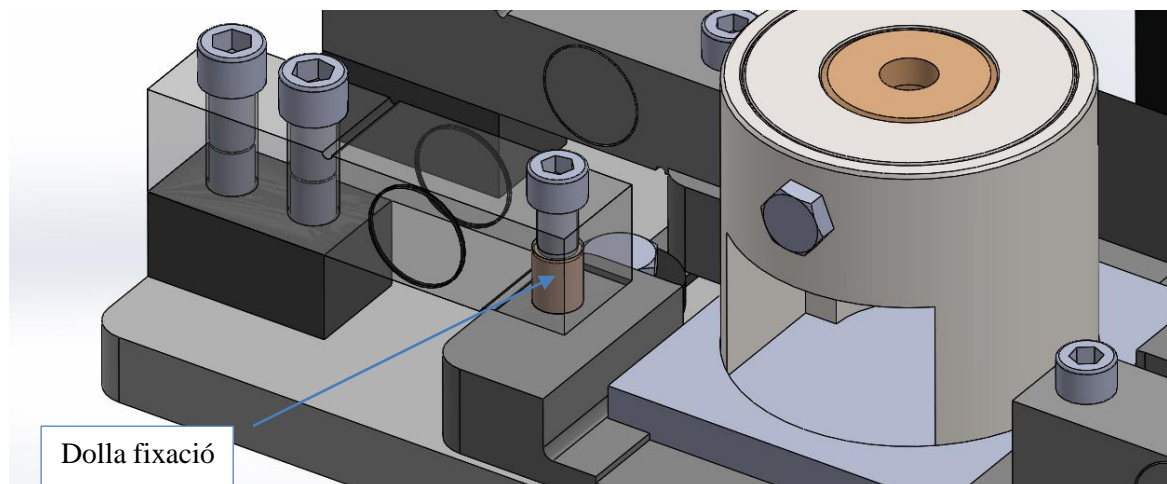
Observant però la fitxa tècnica de la cèl·lula de càrrega (*Annex E: Descripcions Tècniques*), s'observa que aquesta disposa d'un forat parcialment roscat de M12 en el seu extrem (*Figura 31*).



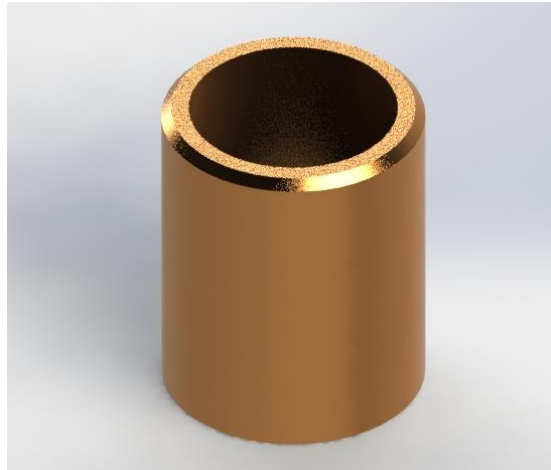
**Figura 31: Croquis extret de la fitxa tècnica del model 350**

Això fa que aquest forat parcialment roscat sigui un problema per collar la cèl·lula a la Base 1. És per això que es proposa la següent solució.

Aquesta consisteix en utilitzar un cargol més petit, un Allen M10, per la unió entre la cèl·lula i la Base 1 i, per evitar moviments interiors del cargol, emprar una dolla de fixació feta a mida; tal i com es mostra en la *Figura 32 i 33*:



**Figura 32: Ubicació dolla de fixació**



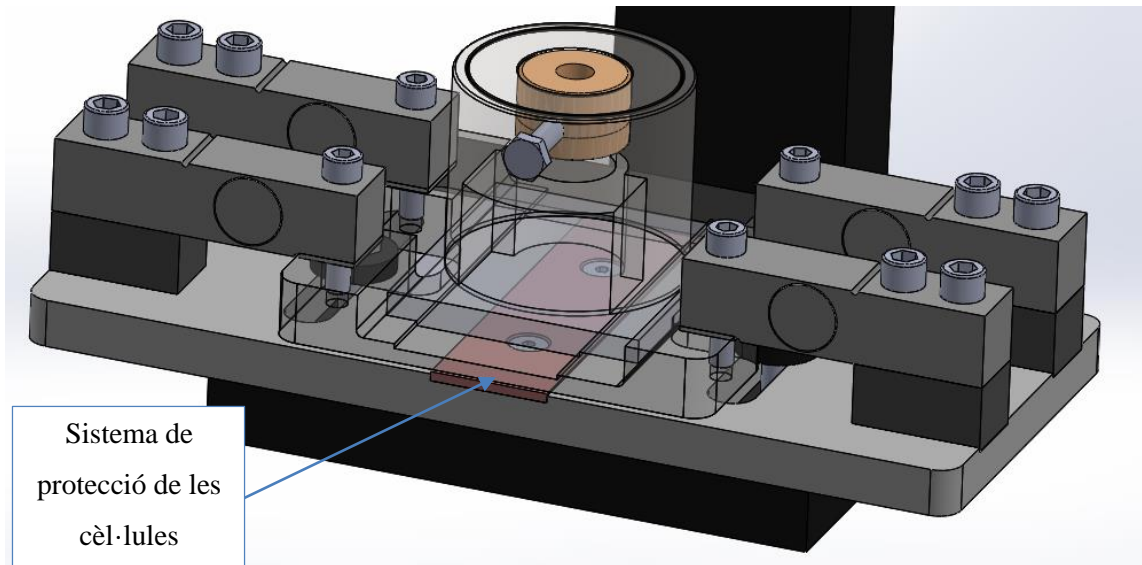
**Figura 33: Dolla de fixació**

D'aquesta forma el cargol no està sotmès a moments flectors que el facin patir i es garanteix la unió entre les peces tal i com s'ha comprovat en el càlculs realitzats en l'*Annex D: Càlculs analítics i d'elements finits*. Les mides d'aquesta dolla de bronze es poden consultar en el *Document 2: Plànols*.

## **6.2. Sistema de protecció de la cèl·lula**

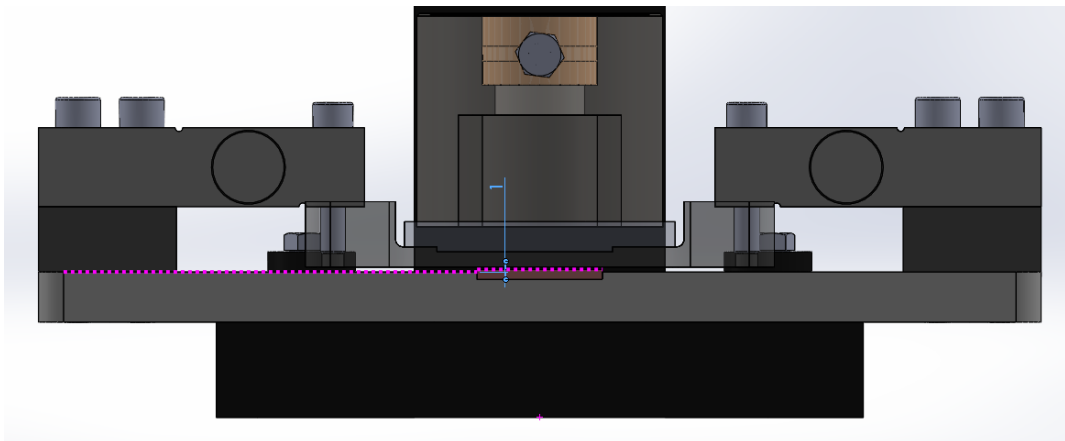
Com que la cèl·lula de càrrega té una capacitat de mesura inferior a la punxonadora, és convenient introduir un sistema de protecció per tal de garantir la seva integritat. Així, en cas que es realitzi un procés de conformació de xapa amb una força superior als 80 kN (aprox. 8 Tn), les cèl·lules de càrrega no es trencaran.

El sistema de protecció que es proposa és el que es detalla en la *Figura 34*:



**Figura 34: Sistema de protecció de les cèl·lules de càrrega**

Aquest sistema consisteix en una platina d'acer S275 de 4 mm de gruix collada mitjançant dos cargols de M8 de cabota avellanada plana a la Base 2 del conjunt. Tal i com s'observa en la *Figura 35*, aquesta platina queda dipositada entre la Base 1 i 2 del *conjunt de força*, sobresortint una mica respecte aquesta última. Això fa que quan s'exerceixi una força superior a 80 kN (aprox. 8 Tn), la Base 1 toqui aquesta platina i les cèl·lules de càrrega no es continuïn deformant, evitant així la seva ruptura.

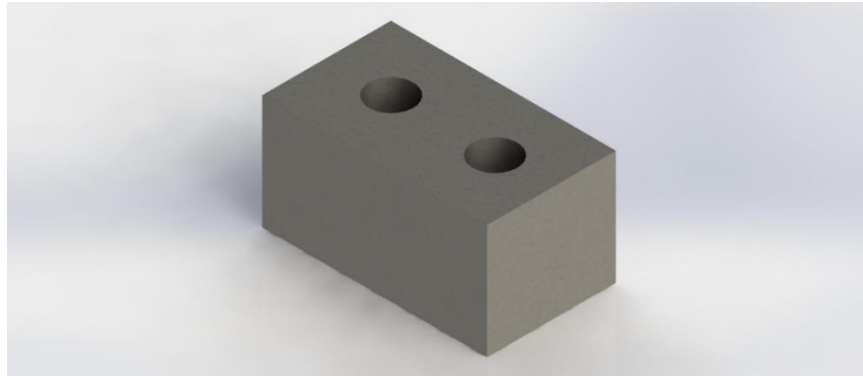


**Figura 35: Detall sistema de protecció. Distància que sobresurt respecte la Base 2.**

Així mateix, el sistema de protecció és totalment regulable ja que es pot retirar fàcilment i introduir una platina de gruix diferent. Es pot apreciar també com aquesta platina de protecció és introduïda en una ranura de 3mm de la Base 2 per tal de posicionar-la correctament. Aquest ajust doncs, és adaptable al gust de l'usuari i als requeriments del procés de conformat.

### 6.3. Peu cèl·lula

Aquest disseny necessita incorporar uns peus a les cèl·lules per tal de donar l'alçada necessària a aquestes. La solució que es proposa és un bloc d'acer S275 d'alçada 28mm i 55mm de llargada, mentre que l'amplada que té és la mateixa que la de la cèl·lula: 31,50mm. En la *Figura 36* es mostra aquesta peça:

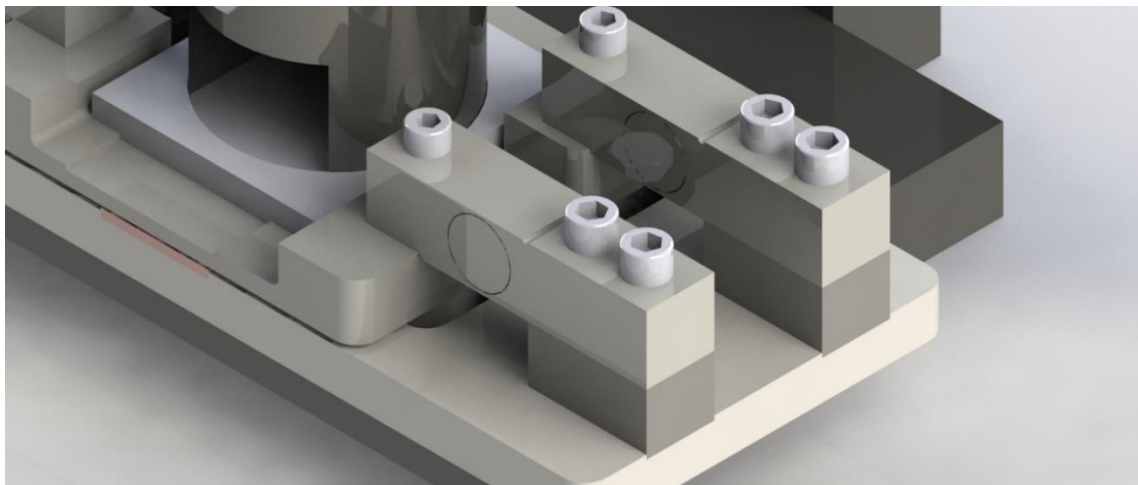


***Figura 36: Peu de cèl·lula del conjunt de força***

La unió amb la cèl·lula es realitza mitjançant dos Allen M12 d'acord als forats passants de què disposa aquesta. És per això que aquest Peu de Cèl·lula disposa de dos forats roscats M12.

Per tal que el posicionament de les cèl·lules amb la Base 2 es realitzi satisfactòriament, aquest Peu es posiciona en la ranura disponible en la Base 2, la qual té les mateixes dimensions que el Peu.

La unió dels Peus amb la Base 2 serà una unió soldada. El muntatge de totes les peces és el que es detalla en la *Figura 37*.



***Figura 37: Peus de cèl·lula muntats***

## 7. RESUM DEL PRESSUPOST

El pressupost per a la realització del disseny de dos útils per a punxonat i doblegat que incorporin mesura de força per a la punxonadora NARGESA MX 340G puja a la quantitat de MIL QUARANTA EUROS AMB VINT-I-CINC CÈNTIMS (1.040,25€), a falta d'IVA.

## 8. CONCLUSIONS

L'objectiu de dissenyar dos útils per a punxonat i doblegat que incorporessin mesura de força per a la punxonadora NARGESA MX 340G, s'ha assolit en aquest projecte. Amb el *Document 2: Plànols* i el *Document 3: Plec de Condicions* d'aquest projecte es pot dur a terme la fabricació i implementació del *conjunt de força* dissenyat.

Així mateix, mitjançant el *Document 4: Estat d'amidaments* i *Document 5: Pressupost*, es disposa de tot el llistat de peces de fabricació pròpia i de compra, així com el respectiu cost, per dur a terme la ràpida i fàcil fabricació del *conjunt de força*.

Es pot concloure que el *conjunt de força* dissenyat permet capturar les forces resultants de l'ús més habitual de la màquina durant les activitats docents a les quals està destinada. Així, permet capturar forces resultants de punxonats en acers al carboni de fins a diàmetres 28mm i 2 mm de gruix; o bé de diàmetres de 9 mm i 6 mm de gruix.

Pel que fa al doblegat, el *conjunt de força* pot arribar a mesurar doblegats d'acers de fins a 3,5mm de gruix i amplades de 170mm (amb matriu V26) o bé d'acers de 10mm i amplada de 20mm. Si les operacions es realitzen amb la matriu V56, el sistema permet capturar forces si aquestes es realitzen amb acers de 5mm de gruix i amplades de 170mm; o bé de gruix 10mm i amplada 45mm.

Per tant, existeix una àmplia combinatòria de punxons i gruixos d'acers a utilitzar durant les tasques docents de laboratori que emprin el *conjunt de força* proposat.

## **9. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Document 1 Memòria i annexes

Document 2 Plànols

Document 3 Plec de condicions

Document 4 Estat d'amidaments

Document 5 Pressupost



# **ANNEX A:**

## **Forces procés de conformació de xapa**

Tenint en compte que un dels objectius del present projecte és elaborar els útils que incorporin les matrius de punxonat i doblegat d'una punxonadora amb sensor de força, el que es farà a continuació serà analitzar els corresponents processos de fabricació: el punxonat i el doblegat.

El que es pretén amb aquest estudi és determinar la força que haurà d'exercir la punxonadora per tal de realitzar les diferents operacions de fabricació tenint en compte diferents paràmetres. Aquests últims seran el gruix de la peça a tractar, el seu material i la mida del punxó a utilitzar.

### A.1. PUNXONAT

La fórmula de càlcul de la força de punxonat és la següent:

$$F_c = S_c \cdot R_c \quad \text{Eq(1)}$$

On  $S_c$  és la secció de tall i  $R_c$  la resistència a tall que dependrà del material. Així:

$$F_c = \pi \cdot D \cdot e \cdot \left( \frac{3}{4} \text{ o } \frac{4}{5} \sigma_t \right) \quad \text{Eq (2)}$$

On  $D$  és el diàmetre del punxó en mm;  $e$  el gruix de la peça a tractar (en mm); i  $\sigma_t$  és la resistència a tall del material (MPa). En aquest cas, tots els càlculs es realitzen amb acer al carboni F112 (UNE: F1120) el qual té una  $\sigma_t = 580 \text{ MPa}$ ; i es pren el coeficient  $\frac{3}{4}$  per tal d'obtenir càlculs conservadors.

Així, i d'acord a les característiques de la màquina que determinen que el rang de diàmetres del punxó va de 9mm a 28mm, es construeix la següent taula per determinar la força de punxonat (*Taula 1*):

**Taula 1: Forces de punxonat (en kN)**

Diàmetre (mm)	Gruix (mm)	Fc (N)	Fc (kN)
9	1	12.300	12
15	1	20.500	21
28	1	38.200	38
9	2	24.600	25
15	2	41.000	41
28	2	76.500	77
9	3	36.900	37
15	3	61.500	62
28	3	114.700	115

Aquesta és una taula dinàmica que permet esbrinar la relació de força amb els paràmetres de punxonat. Es pot observar com a mesura que el gruix augmenta, també ho fa la força necessària. És però, més gran aquest increment quan s'empren punxons de diàmetre més gran ja que la força que es necessita per fer el punxonat és major degut a l'increment de secció que s'ha de deformar.

## A.2. DOBLEGAT

La fórmula de càlcul de la força de doblegat simple és la següent:

$$F_d = \frac{2b \cdot e^2}{3l} \cdot R_d \quad Eq(3)$$

On  $b$  és l'amplada del material a doblegar (en mm);  $e$  és el gruix del material (en mm);  $l$  és la distància entre els dos punts de suport de la matriu (en mm) i  $R_d$  la resistència a deformació que depèn del material i equival a ( $R_d = 2 - 3 \sigma_t$ ).

Per obtenir càlculs coherents s'agafa un coeficient promig per la qual cosa s'empra ( $R_d = 2,5 \sigma_t$ ). Així:

$$F_d = \frac{2}{3} \frac{b \cdot e^2}{l} \cdot 2,5 \sigma_t \quad Eq (4)$$

En aquest cas, la matriu de què es disposa té opció de V26 (26 mm entre punts) i V56 i permet doblegar xapes de gruix màxim 8-12 mm. D'altra banda, permet doblegar longituds de fins 170 mm. En la *Taula 2* es mostren les forces pel procés de doblegat amb matriu V26, mentre que en la *Taula 3*, amb matriu V56.

**Taula 2: Forces de doblegat (en kN) amb matriu V26 (l = 26mm)**

Amplada b (mm)	Gruix (mm)	Fd (N)	Fd (kN)
10	1	372	0,4
100	1	3718	4
40	4	23.795	24
100	4	59.488	59
10	10	37.180	37
100	10	371.795	372

Es pot observa com per exemple, la màquina no podria realitzar un doblegat simple d'una peça de longitud 100mm i 10mm de gruix ja que la força necessària seria major que la màxima que pot realitzar (340 kN).

**Taula 3: Forces de doblegat (en kN) amb matriu V56 (l = 56 mm)**

Amplada b (mm)	Gruix (mm)	Fd (N)	Fd (kN)
10	1	173	0,2
100	1	1.724	1,7
40	4	11.048	11
100	4	27.619	28
10	10	17.262	17
100	10	172.619	173

En canvi, amb el costat V56 mm sí que es podria realitzar l'anterior doblegat ja que la força requerida seria menor (173 kN), tal i com s'observa en la taula anterior.

### A.3. CONCLUSIONS

Un cop analitzats ambdós processos de conformació de xapa i d'acord a l'ús docent que adquirirà la punxonadora, les xapes d'acer a conformar no adquiriran gruixos superiors a 5 mm si s'empren punxons de diàmetre 9mm durant els processos de punxonat; o bé els 2mm de gruix si s'empren els punxons de diàmetre 28mm.

D'altra banda, els acers habituals a utilitzar en el doblegat no superaran els 3,5mm de gruix i amplades de 170mm si s'empra la matriu V26, o bé els 10mm de gruix i 20mm d'amplada. En cas que s'empri la matriu V56, les operacions més habituals es realitzaran amb acers de no més 5mm de gruix i amplades 170mm; o bé amb gruixos inferiors a 10mm i amplades màximes de 45mm.

Així doncs, es pot concloure que el rang de mesura d'interès es situarà al voltant dels 80 kN (aprox. 8 Tn) de força.

# **ANNEX B:**

## **Requisits i**

### **Dissenys bàsics**

## B.1. REQUISITS

Un cop plantejat el problema es presenten diverses propostes que poden donar solució acomplint amb els requisits del peticionari descrits en l'apartat 1.3. *Requisits i abast* de la memòria.

Aquest requisits són els següents:

- Disposar d'un únic model de cèl·lula de càrrega que pugui ser vàlid tant per al punxonat com pel doblegat.
- Sistema de fàcil muntatge per reduir temps improductiu en les operacions.
- Ha de permetre cabre-hi la matriu normalitzada que ofereix el fabricant.
- Disposar d'un sistema de protecció per tal d'assegurar la integritat de la cèl·lula de càrrega.
- El model de cèl·lula de càrrega ha de suportar les forces més usuals produïdes durant les operacions realitzades en les activitats docents

A més, cal tenir present les limitacions imposades per la pròpia geometria de la màquina:

- Ha de ser de disseny compacte ja que hi ha espai limitat per ubicar el sistema.
- Salvar altres elements de la màquina com poden ser els cargols de subjecció del portamatriu de la punxonadora.

## B.2. ESTUDI PRELIMINAR DE LA CONFIGURACIÓ DEL CONJUNT DE FORÇA

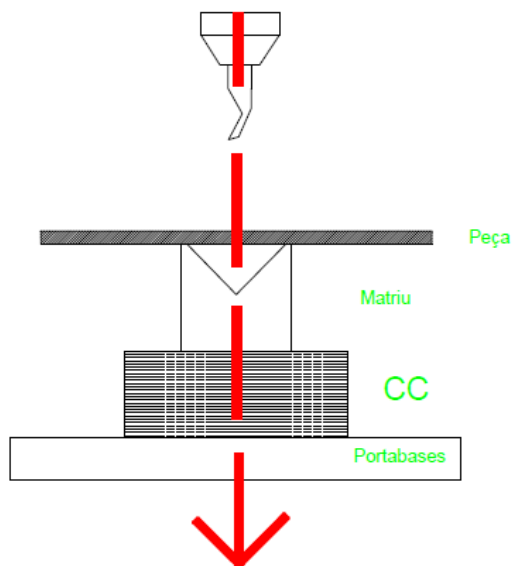
A continuació es realitza un estudi preliminar de la configuració del *conjunt de força* que pretén donar solució al problema plantejat. Per això es realitza un anàlisi de la ubicació dels sensors de força, així com les possibles configuracions que poden prendre. Posteriorment, es presenten diferents propostes referents al sistema de captació i s'analitzen els pros i contres de cadascuna d'elles.

### B.2.1. Ubicació de les cèl·lules de càrrega

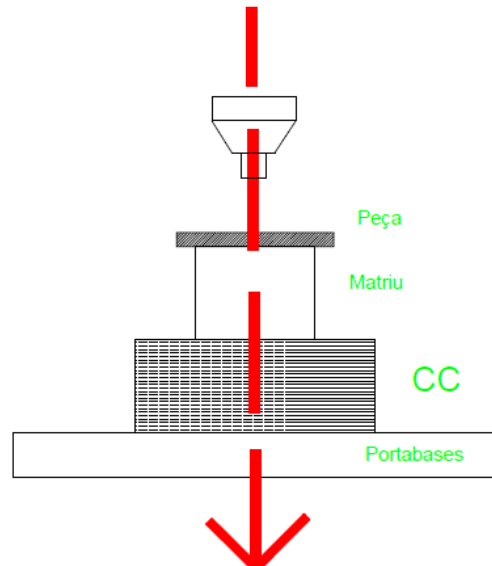
En aquest apartat s'analitzaran els pros i els contres de cadascuna de les possibles ubicacions de les cèl·lules de càrrega. En vermell s'indica el recorregut del flux de càrrega.

#### B.2.1.1. Una cèl·lula alineada sota matriu

En aquesta primera solució es planteja ubicar una cèl·lula de càrrega (CC) sota la matriu corresponent i alineada verticalment. En la *Figura 1* s'observa la ubicació pel cas del doblegat mentre que en la *Figura 2*, pel punxonat.



**Figura 1: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de doblegat**



**Figura 2: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de punxonat**

Els pros i contres d'aquesta ubicació es mostren en la *Taula 1*:

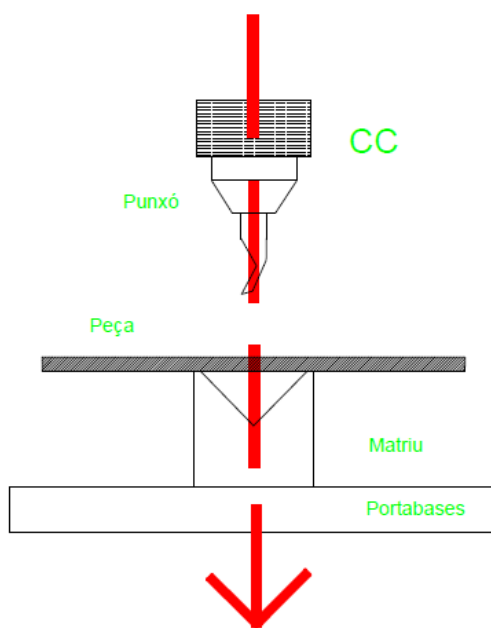


**Taula 1: Pros i contres detectats en la ubicació de la CC sota matriu**

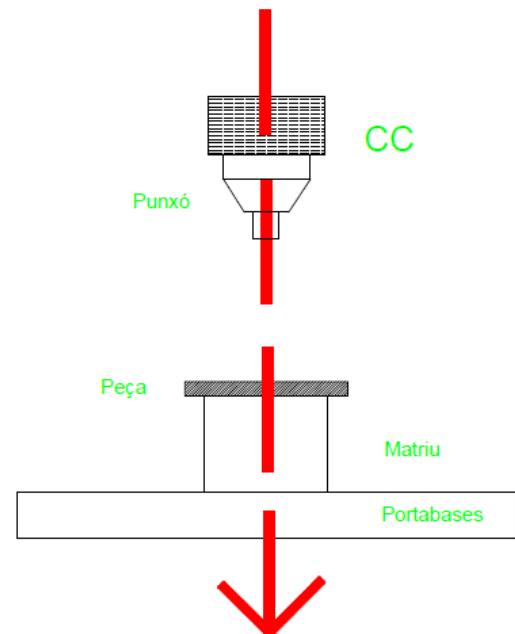
PROS	CONTRES
Fàcil fabricació i col·locació	Dificultat per encabir la cèl·lula
Apte per ambdues matrius (punxonat i doblegat)	Problemàtica per retirar la ferralla que s'origina
	Fa incrementar l'alçada de treball
	Només admet una cèl·lula de càrrega

### B.2.1.2. Una cèl·lula al punxó

En aquest disseny es planteja ubicar el sensor en el mateix punxó. En la *Figura 3 i 4* es mostra aquest concepte. En la primera figura s'observa la ubicació en el cas del doblegat i en la segona, pel cas del punxonat.



**Figura 3: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de doblegat**



**Figura 4: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de punxonat**

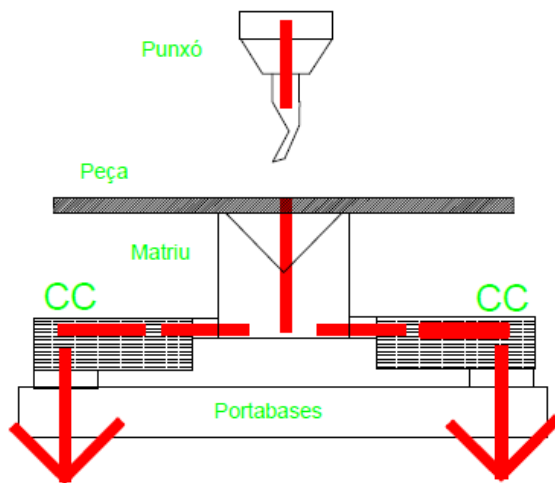
Els pros i contres d'aquesta ubicació es mostren en la *Taula 2*:

**Taula 2: Pros i contres detectats en la ubicació de la CC en el punxó**

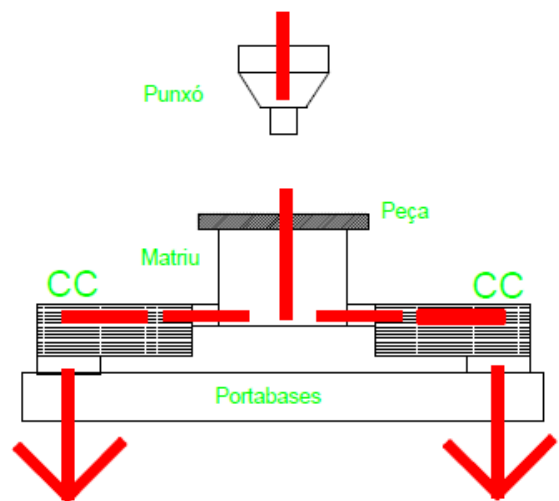
PROS	CONTRES
Compacte	Fabricació i col·locació més complexa
No destorba en la realització de les operacions de deformació	Dificultat per encabir en l'espai disponible
	Caldria fer doble cèl·lula, una per cada punxó
	Només permet una cèl·lula de càrrega

### B.2.1.3. Cèl·lules als laterals de la matriu

La darrera opció es planteja ubicar les cèl·lules de càrrega als laterals de la matriu tal i com es mostra en les *Figura 5 (procés de doblegat)* i *Figura 6 (procés de punxonat)*:



**Figura 5: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de doblegat**



**Figura 6: Ubicació de la cèl·lula de càrrega en el procés de punxonat**

Els pros i contres d'aquesta ubicació es mostren en la *Taula 3*:

**Taula 3: Pros i contres detectats en la ubicació de la CC als laterals de la matriu**

PROS	CONTRES
Fàcil fabricació	Cal tenir en compte els cargols de subjecció del portamatriu.
Apte per ambdues matrius (punxonat i doblegat)	Pot haver problemes per col·locar tres o quatre cèl·lules ja que cal salvar l'espai de treball i els cargols de subjecció
Pot albergar més d'una cèl·lula de càrrega	
No té límits d'espai ja que hi ha espai disponible pels laterals.	
Permet retirar la ferralla amb facilitat	

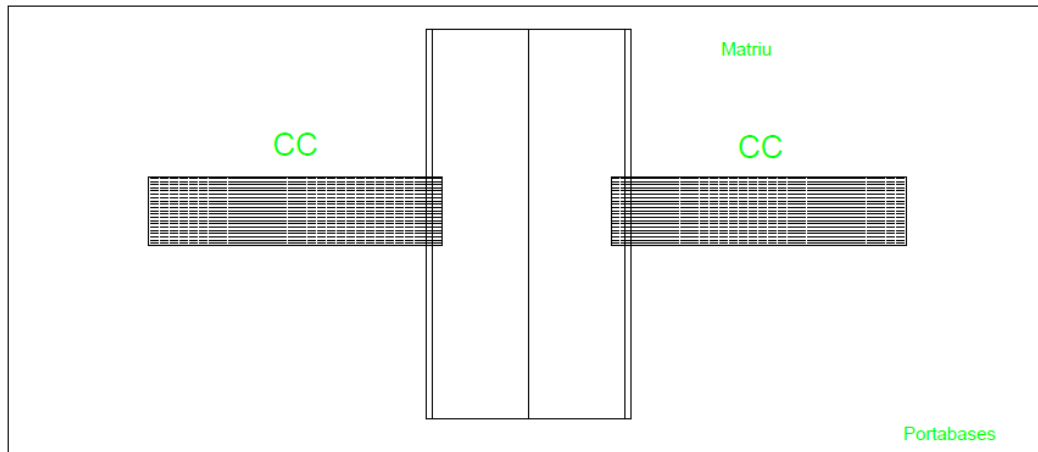
### B.2.2. Configuració de les cèl·lules de càrrega

Tal i com es pot observar, l'opció més adequada és incorporar quatre sensors de força ja que permet incloure més d'una cèl·lula de càrrega, així com jugar amb l'espai dels laterals de què es disposa. D'aquesta manera s'evita incrementar l'alçada de treball i incorporar una cèl·lula de càrrega major ja que hi ha més espai disponible. A més, és una opció versàtil per ambdós processos de conformació de xapa.

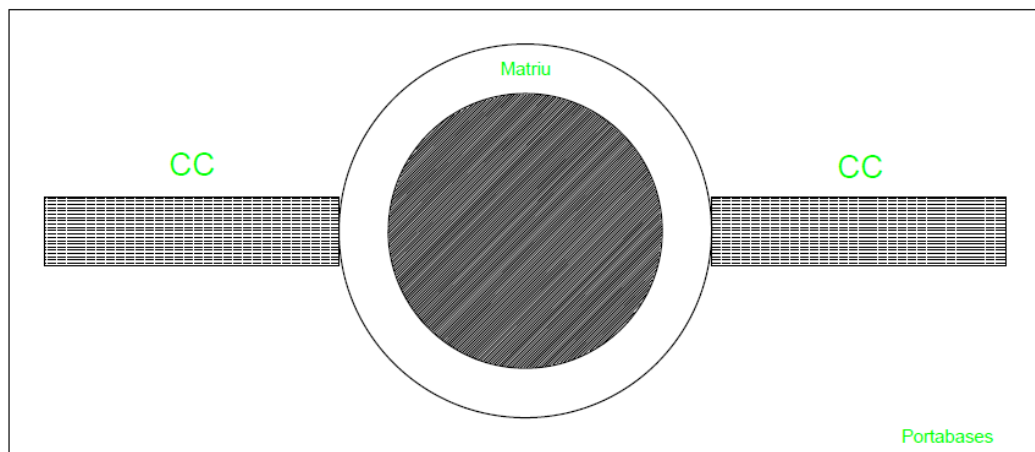
A continuació es mostren diferents configuracions aptes per l'opció escollida on la diferencia rau en la configuració de les cèl·lules de càrrega.

#### B.2.2.1. Dues cèl·lules als laterals del conjunt de força:

Aquest primer disseny incorpora dues cèl·lules de càrrega, una a cada cantó del *conjunt de força* tal i com es mostra en el croquis de la *Figura 7* (procés de doblegat) i *Figura 8* (procés de punxonat):



**Figura 7: Configuració per dues cèl·lules de càrrega situades al lateral del conjunt de força (procés de doblegat). Vista en planta.**



**Figura 8: Configuració per dues cèl·lules de càrrega situades al lateral del conjunt de força (procés de punxonat). Vista en planta.**

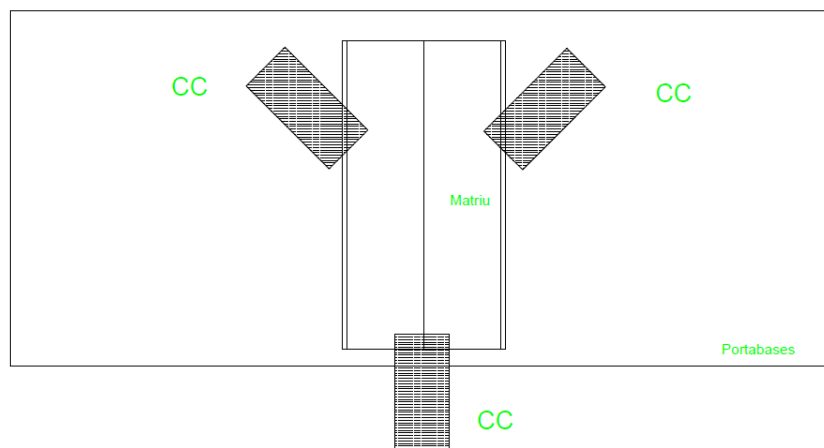
Els pros i contres d'aquesta configuració es mostren en la *Taula 4*:

**Taula 4: Pros i contres detectats en la configuració de dues cèl·lules situades als laterals del conjunt de força.**

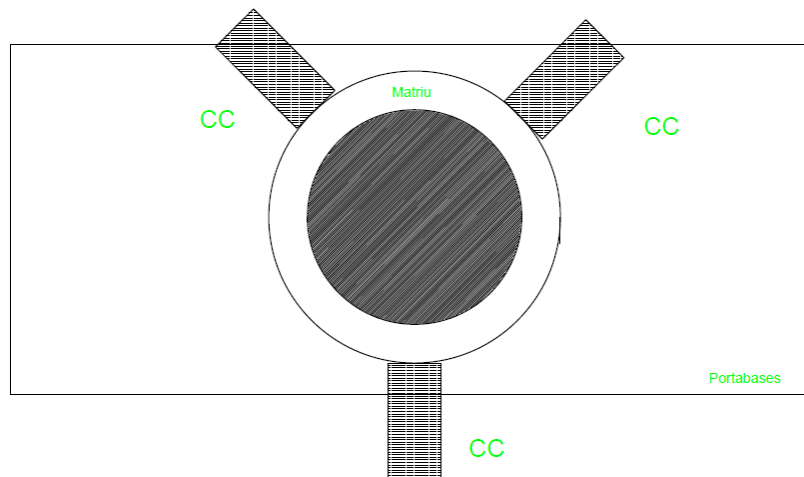
PROS	CONTRES
Funcional	Pot haver interferència amb els cargols inferiors
Aprofita l'espai lateral disponible	

#### B.2.2.2. Tres cèl·lules als laterals del conjunt de força:

El següent disseny combina tres cèl·lules de càrrega disposades als laterals del *conjunt de força*, de forma circular i distanciades  $120^\circ$ . En la *Figura 9* es mostra la configuració pel procés de doblegat i en la *Figura 10*, pel procés de punxonat.



**Figura 9: Configuració de tres cèl·lules situades als laterals del conjunt de força (procés de doblegat)**



**Figura 10: Configuració amb tres cèl·lules situades als laterals del conjunt de força (procés de punxonat).**

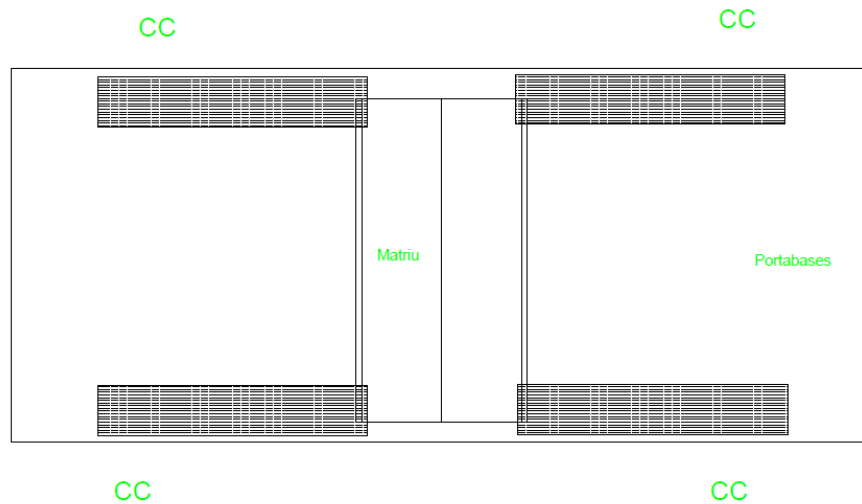
Els pros i contres d'aquesta configuració es mostren en la *Taula 5*:

**Taula 5: Pros i contres detectats en la configuració de tres cèl·lules situades als laterals del conjunt de força.**

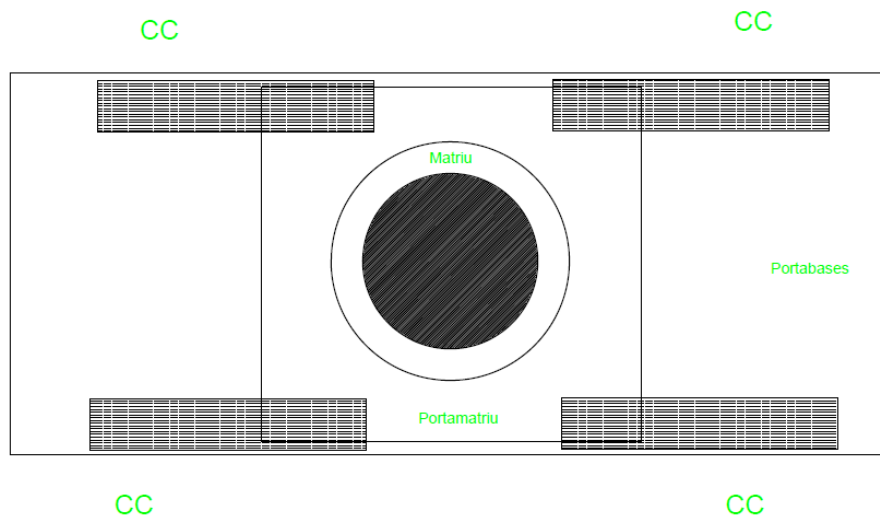
PROS	CONTRES
No hi ha interferència amb els cargols de la base	Cal fer adaptadors de forma circular per les matrius de doblegats
	Poden molestar les cèl·lules per retirar la ferralla del punxonat o realitzat l'operació

#### B.2.2.3. Quatre cèl·lules als laterals del conjunt de força:

El darrer disseny incorpora quatre cèl·lules de càrrega disposades en cada extrem del *conjunt de força*. En la *Figura 11* es mostra la configuració pel procés de doblegat mentre que en la *Figura 12*, pel procés de punxonat.



**Figura 11: Configuració amb quatre cèl·lules de càrrega situades als laterals del conjunt de força (procés de doblegat)**



**Figura 12: Configuració amb quatre cèl·lules de càrrega situades als laterals del conjunt de força (procés de punxonat)**

Els pros i contres d'aquesta configuració es mostren en la *Taula 6*:

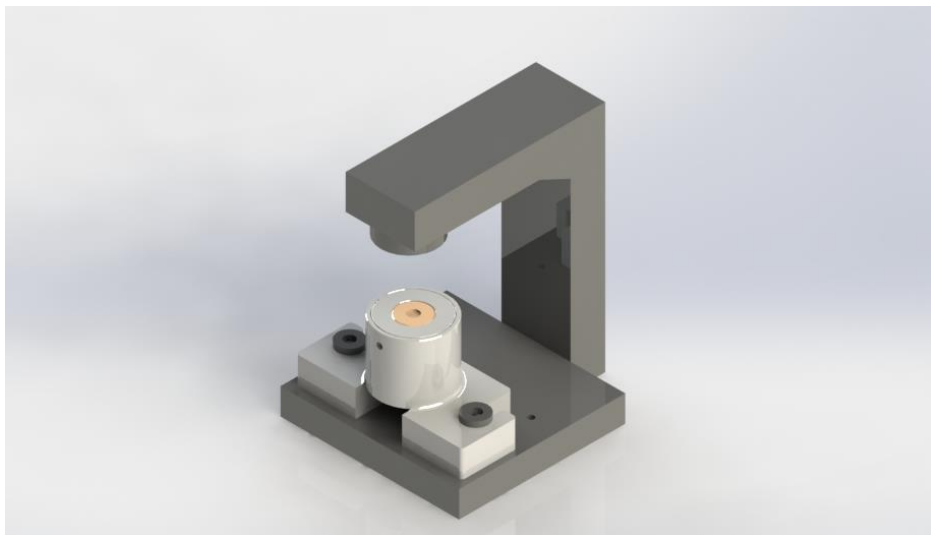
**Taula 6: Pros i contres detectats en la configuració de quatre cèl·lules de càrrega situades als laterals del conjunt de força.**

PROS	CONTRES
No hi ha interferència amb els cargols de la base	Gran nombre de cèl·lules de càrrega. Encareix el disseny.
Permet una fàcil unió de les cèl·lules amb la màquina.	Ocupa molt espai

#### B.2.2.4. Configuració de cèl·lules seleccionada

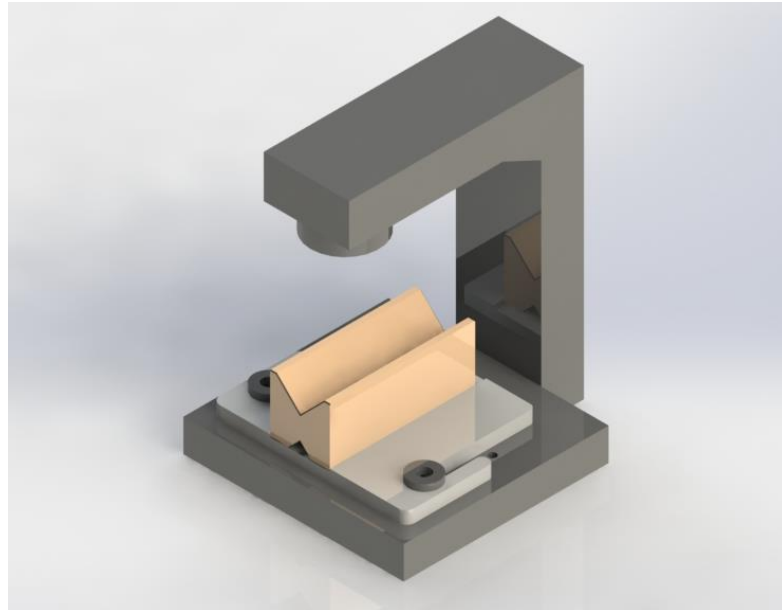
Tal i com es pot apreciar, per tal d'aprofundir en aquest estudi i seleccionar una configuració de cèl·lules adient, cal tenir en compte les dimensions de la bancada de la màquina, de les matrius comercials de què es disposa; així com de l'espai disponible per poder albergar el *conjunt de força*.

Per tant, el següent pas és representar la màquina actual amb els diferents elements que la conformen en la zona de punxonat. En la *Figura 13* es mostra la màquina actual pel procés de punxonat mentre que en la *Figura 14*, pel de doblegat.



**Figura 13: Vista general de la zona de treball actual (exemple de punxonat)**





**Figura 14: Vista general de la zona de treball actual (exemple de doblegat)**

En l'elecció de la configuració de les cèl·lules s'ha de tenir en compte diferents aspectes. Entre aquests destaquen els cargols de fixació del portamatriu, els quals han de quedar lliures per tal de collar aquesta peça.

En segon lloc, s'ha de tenir present l'alçada disponible per albergar tot el conjunt de força. En aquest cas, observant les especificacions de la màquina, es veu com hi ha una alçada de 120 mm per poder encabir el portamatriu, la matriu, i les respectives cèl·lules de càrrega. Aquesta és l'alçada que hi ha des de la rosca on es colla el portapunxó fins a la bancada de la màquina, un cop es té la tija en el fi de cursa inferior.

Per últim, cal que la configuració que es desenvolupi conservi l'alçada a la qual es troba actualment la matriu ja que d'altra manera les operacions de conformat de xapa no es realitzarien correctament.

Un cop tingut en compte tots aquests factors i el funcionament de la màquina s'observa com la configuració de dues i tres cèl·lules presenten certs inconvenients per annexar les cèl·lules de càrrega. A més, el número d'aquestes està limitat. En canvi, la configuració de quatre cèl·lules és molt més flexible i és una bona solució tant pel punxonat com pel doblegat.

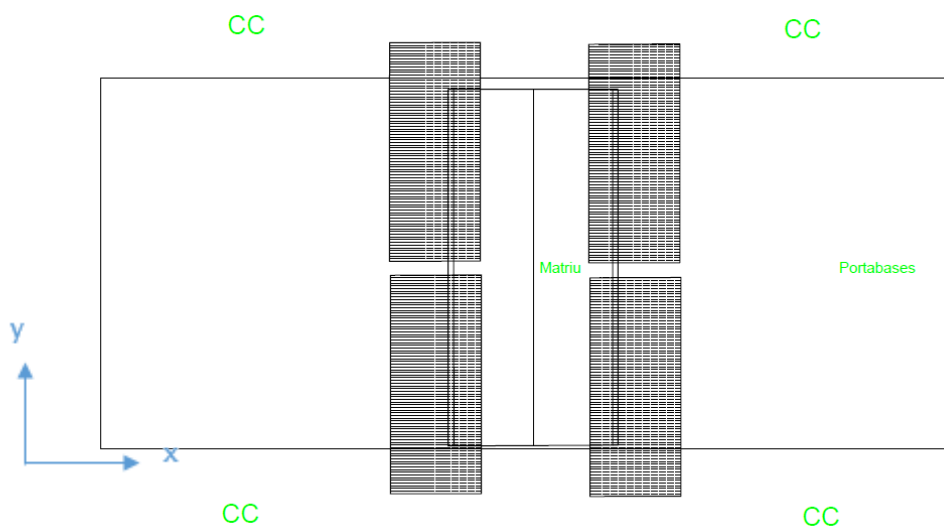
A més, els cargols de fixació del portamatriu queden completament lliures i la ubicació de les cèl·lules no interfereix en la zona de treball.

Per tant, es considera la configuració de quatre cèl·lules com la més òptima ja que compleix amb tots els requeriments. A continuació es procedeix a analitzar diferents posicions que poden adoptar les cèl·lules ja que aquestes es poden posicionar de diferent manera.

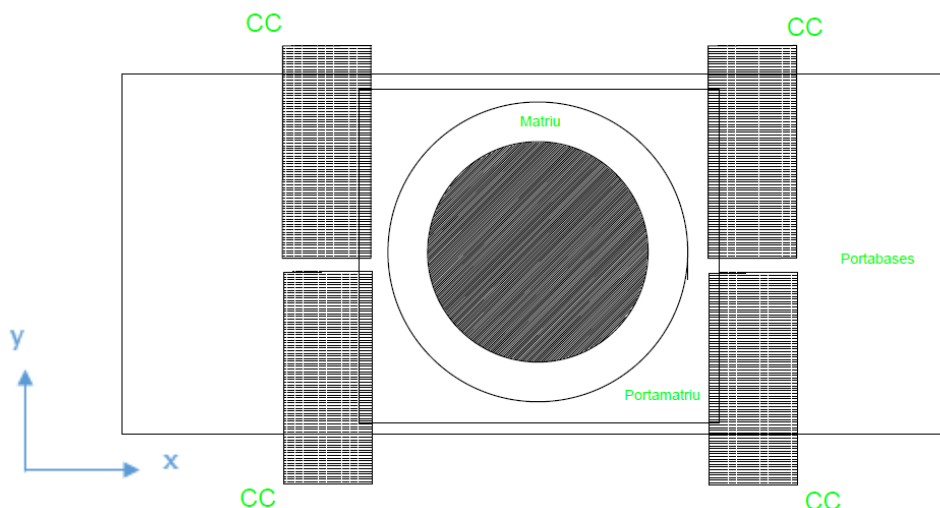
### B.2.3. Posicions de les quatre cèl·lules:

#### B.2.3.1. Alineades en l'eix y.

El darrer disseny incorpora quatre cèl·lules disposades en l'eix y. En la *Figura 15* es mostra la configuració pel procés de doblegat mentre que en la *Figura 16*, pel procés de punxonat.



**Figura 15: Cèl·lules alineades en l'eix y (procés de doblegat)**



**Figura 16: Cèl·lules alineades en l'eix y (procés de punxonat)**

Els pros i contres d'aquesta posició es mostren en la *Taula 7*:

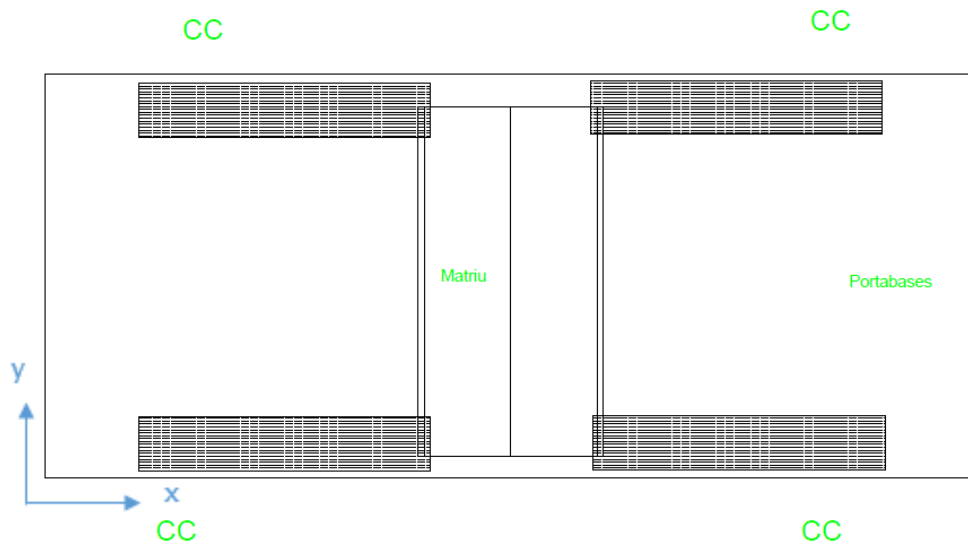
**Taula 7: Pros i contres detectats: quatre cèl·lules alineades eix y**

PROS	CONTRES
Es pot realitzar amb dos blocs de cèl·lules.	Les cèl·lules poden sobresortir cap endavant cosa que pot incomodar a l'operari.
	Pot interferir en els cargols de fixació del portamatriu

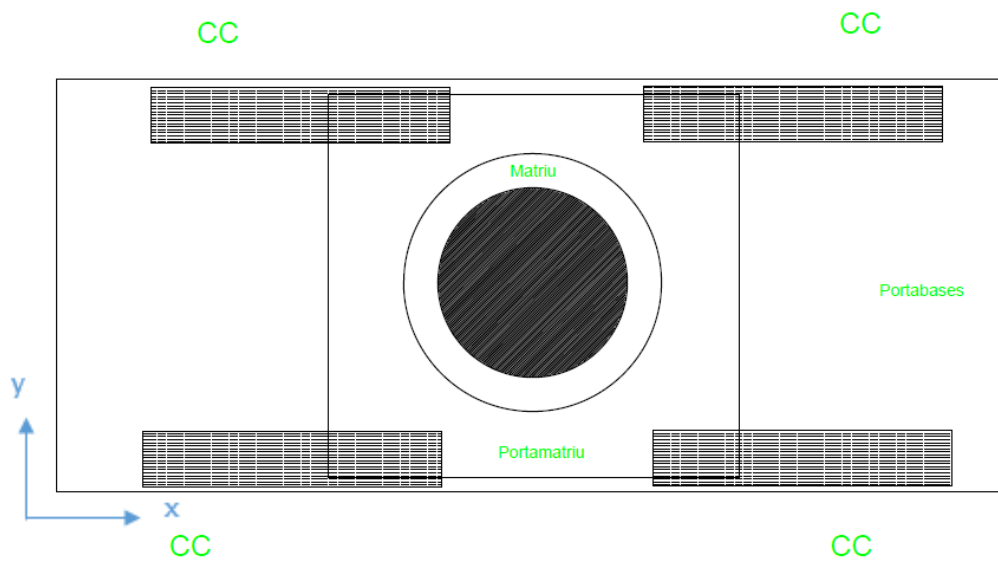
#### B.2.3.2. Alineades en l'eix x

El darrer disseny incorpora quatre cèl·lules de càrrega disposades als extrems de la matriu i alineades en l'eix x. Aquest disseny permet disposar les cèl·lules de forma simètrica i de forma més compacta.

En la *Figura 17* es mostra la configuració pel procés de doblegat mentre que en la *Figura 18*, pel procés de punxonat.



**Figura 17: Cèl·lules alineades en eix x (procés de doblegat)**



**Figura 18: Cèl·lules alineades en eix x (procés de punxonat)**

Els pros i contres d'aquesta posició es mostren en la *Taula 8*:

**Taula 9: Pros i contres detectats: quatre cèl·lules alineades eix x**

PROS	CONTRES
Es poden realitzar quatre cèl·lules de tamany més compacte que en els dissenys anteriors	Cal mecanitzar quatre cèl·lules per separat
Les cèl·lules no sobresurten pel frontal, només pels laterals, cosa que no incomoda a l'operari.	
Els cargols de fixació queden lliures	

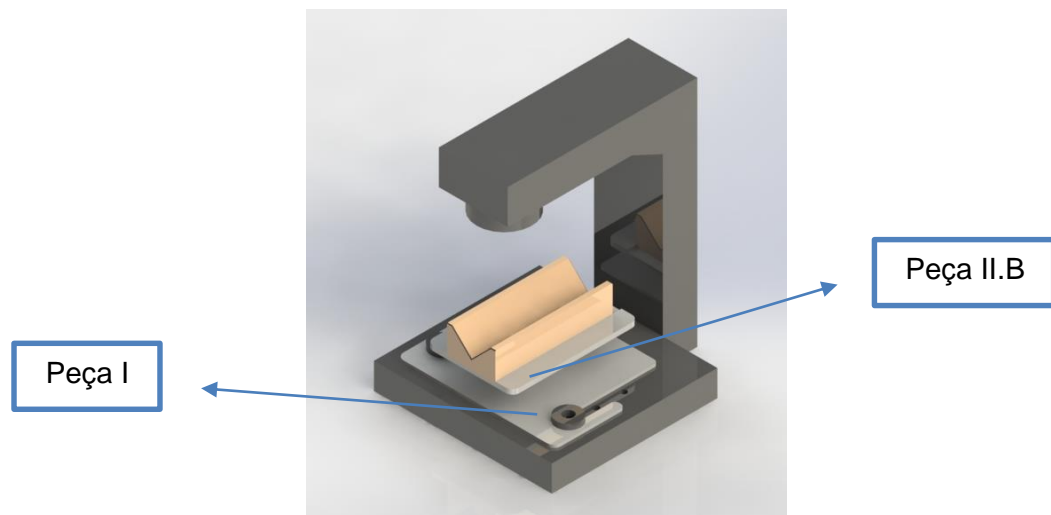
#### B.2.4. Conclusions estudi preliminar

Un cop fet un anàlisi exhaustiu de les diferents ubicacions, configuracions i posicions que poden adoptar les cèl·lules de càrrega, s'ha optat per realitzar el disseny d'un *conjunt de força* que inclogui quatre cèl·lules de càrrega disposades als laterals de la matriu i alineades en l'eix x. A continuació es presenten possibles dissenys pel *conjunt de força*.

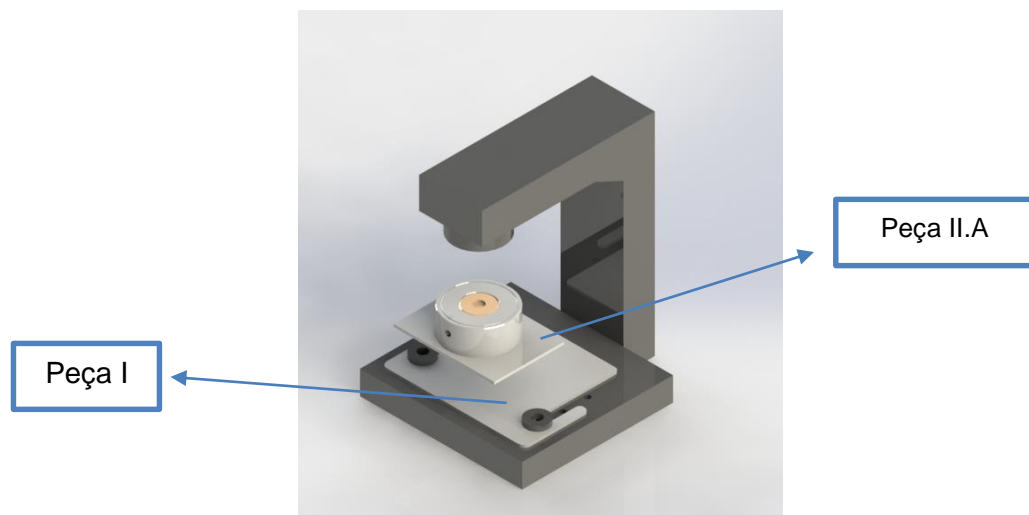
### B.3. POSSIBLES DISSENYS DE CONJUNT DE FORÇA

#### B.3.1. Disseny proposat 1

La proposta que es presenta al respecte consisteix en elaborar un *conjunt de força* format per dues peces: peça I i peça II. En la *Figura 19* es mostra aquest disseny pel cas del procés de doblegat mentre que en la *Figura 20*, pel procés de punxonat.

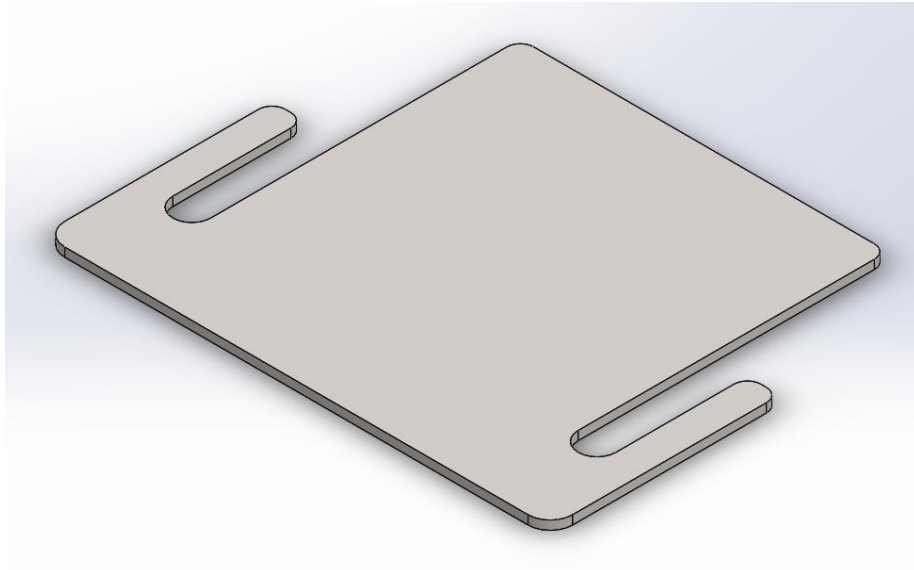


**Figura 19: Disseny proposat 1 pel conjunt de força (procés doblegat)**



**Figura 20: Disseny proposat 1 pel conjunt de força (procés punxonat)**

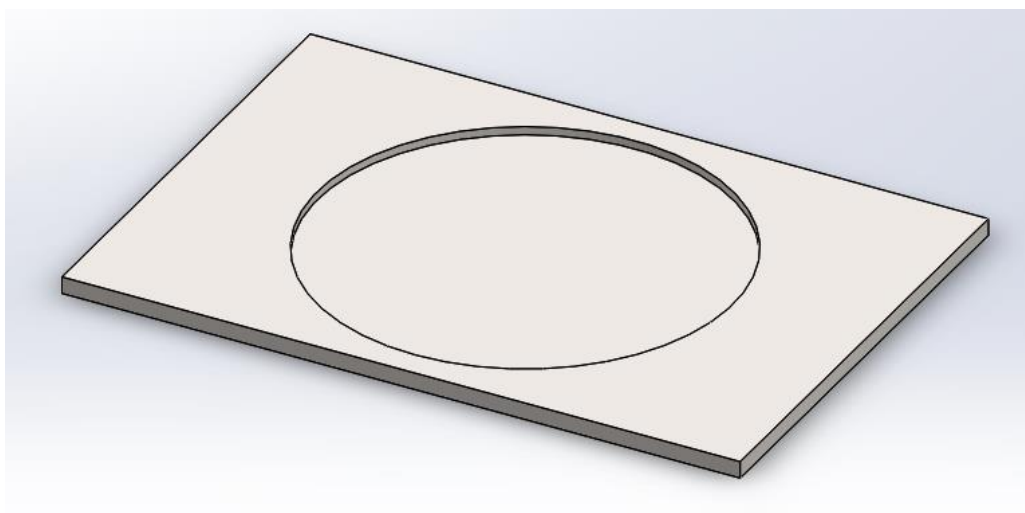
Una d'elles (*peça I*) serà comuna per ambdós mètodes de conformat de xapa i serà la base pròpiament dita que suportarà les cèl·lules de càrrega i que es cargolarà a la bancada de la màquina. En la *Figura 21* es mostra aquesta peça:



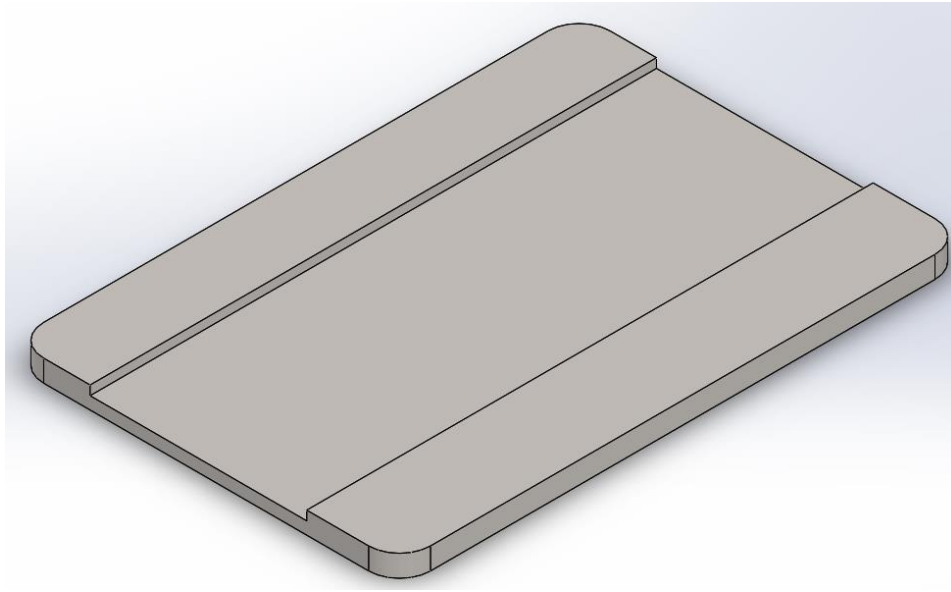
**Figura 21: Peça I del Disseny proposat 1 pel conjunt de força**

L'altra peça (*peça II*) serà diferent per cada mètode de conformat de xapa i consistirà en una altra base i serà la responsable d'albergar les respectives matrius.

Una contindrà en la seva superfície un rebaix de forma circular per ubicar la matriu del punxó (*peça II.A*) i l'altra, un rebaix rectangular per ubicar la matriu de doblegat (*peça II.B*). En les *Figures 22 i 23* es poden veure aquestes dues peces, respectivament.



**Figura 22: Peça II.A del Disseny proposat 1 pel conjunt de força**



**Figura 23: Peça II.B del Disseny proposat 1 pel conjunt de força**

Aquesta darrera peça (*peça II*) serà la que descansarà sobre les cèl·lules de càrrega. Cal tenir molt present que aquesta peça (*peça II*) que albergarà les corresponents matrius no pot tocar la base (*peça I*) ja que aleshores les línies de força no passarien per les cèl·lules de càrrega i el sistema no mesuraria correctament.

Així, tant si s'empra la peça II.A o II.B, l'operari només haurà d'emplaçar-la sobre les cèl·lules de càrrega i cargolar-les en aquestes. D'altra banda, les cèl·lules de càrrega es trobaran fixades a aquesta base (*peça I*) que, al seu torn, estarà cargolada a la bancada de la màquina tal i com ho està actualment el portamatriu subministrat pel fabricant.

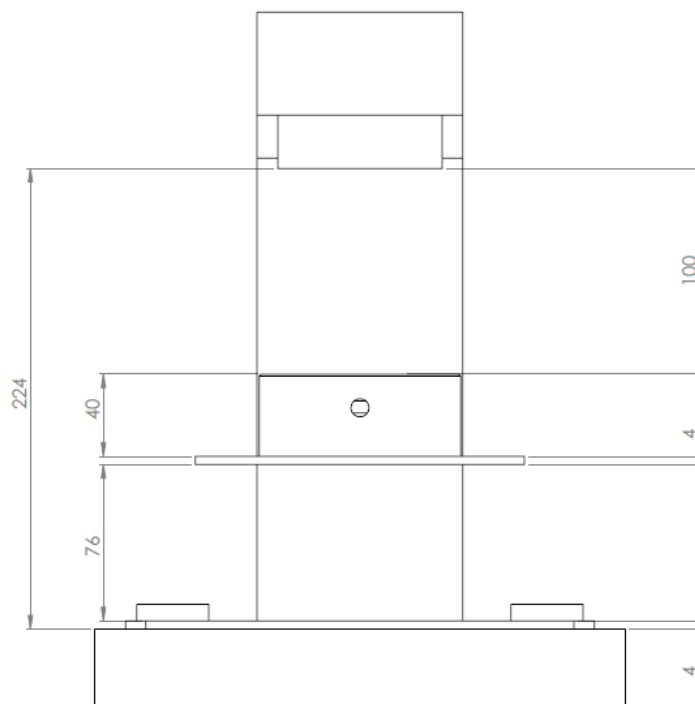
A continuació s'analitza aquest disseny proposat 1 per cada procés de conformat de xapa. El que es farà serà determinar l'espai disponible que en resulta per tal dimensionar les diferents peces així com les cèl·lules de càrrega necessàries.



## B.3.1.1. Mides del disseny proposat 1 del conjunt de força pel procés de punxonat

Tal i com es pot apreciar en la *Figura 20* que correspon al procés de punxonat, és necessari crear una *peça I* de gruix menor a la base actual de la màquina. En aquest cas, s'ha dimensionat una base (*peça I*) de gruix 4mm, molt diferent al gruix de 15mm que té actualment la base de la màquina. D'altra banda, la *peça II.A* que descansarà sobre les cèl·lules de càrrega també disposarà d'un gruix de 4mm ja que cal tenir present que cal afegir el mòdul que albergarà la matriu de punxonat. Actualment, aquesta part de la màquina té una alçada de 85mm i la que es proposa en aquest projecte en farà 40mm.

Disposant tots aquests elements, i assegurant que la màquina pugui realitzar el seu recorregut de 100mm de cursa, s'obté un espai disponible en alçada per albergar les cèl·lules de càrrega de **76mm** en el punxonat. En la *Figura 24* es mostra gràficament les diferents alçades i espais anteriorment descrits.

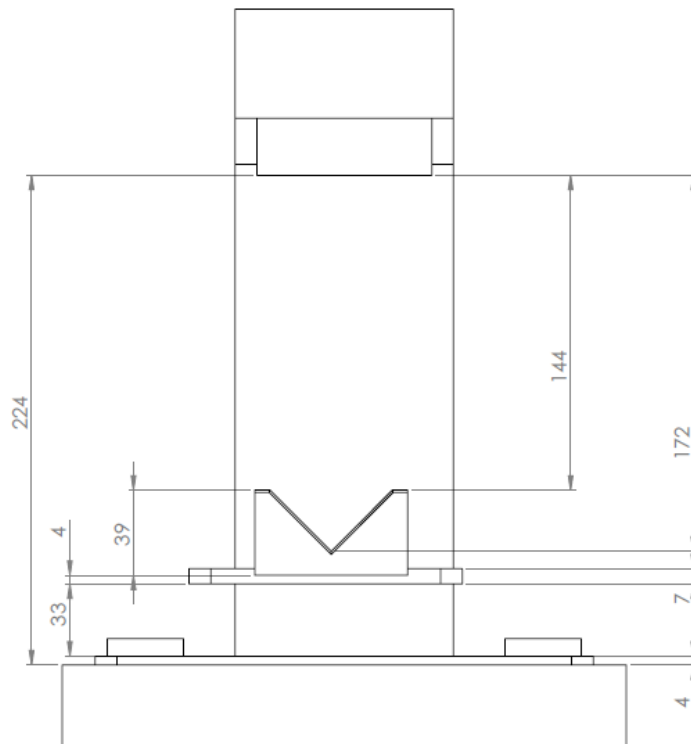


**Figura 24: Alçades disponibles en el Disseny proposat 1 del conjunt de força (punxonat). Cotes en mm.**

## B.3.1.2. Mides del disseny proposat 1 del conjunt de força pel procés de doblegat

Pel que fa al procés de doblegat, la *peça I* que fa de base es manté igual que en l'anterior cas ja que el que es busca és mantenir aquesta part sempre fixa a la bancada de la màquina. La *peça II.B* que descansarà sobre les cèl·lules de càrrega tindrà un gruix de 7mm ja que ha de contenir una ranura de profunditat 3mm per albergar la matriu de doblegat. El problema rau en què, per tal de mantenir la distància de recorregut del punxó de doblegat i a la vegada, utilitzar les matrius de doblegat subministrades pel fabricant, no hi ha espai suficient per albergar les corresponents cèl·lules de càrrega.

És per això que s'ha optat per la realització d'unes matrius de doblegat a mida. El que es proposa és crear una matriu per V36 i una altra per V56 en peces diferents. Això permet reduir l'alçada de la matriu i guanyar en espai disponible per les cèl·lules de càrrega. En la *Figura 25* es mostra l'espai que en resulta en el procés de doblegat, el qual equival a **33mm** d'alçada amb una matriu de V56 i d'alçada total 39mm.



**Figura 25: Alçades disponibles en el Disseny proposat 1 del conjunt de força (doblejat). Cotes en mm.**

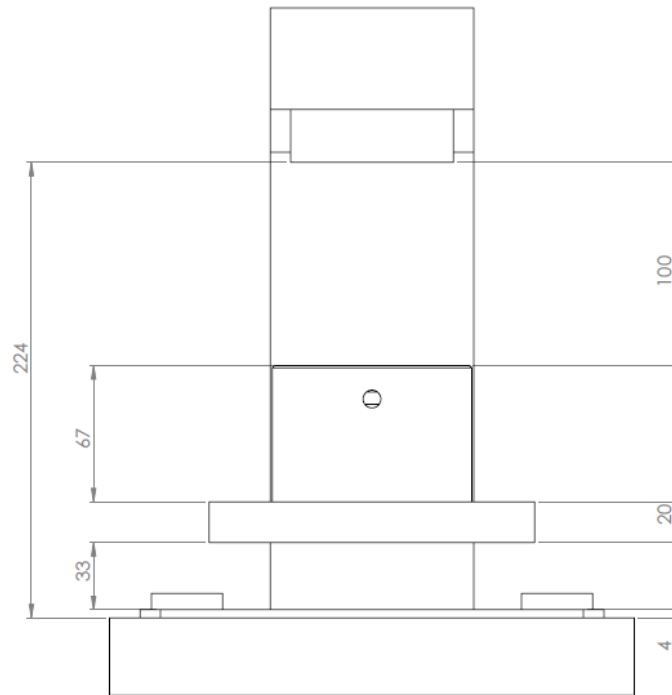
Si l'objectiu que es busca en aquest disseny és que la peça I sigui comuna per ambdós processos de conformació de xapa i que la única part del disseny que s'hagi d'afegir sigui una peça II (peça II.A si és punxonat, o peça II. B si és doblegat); és necessari que les cèl·lules de càrrega tinguin una alçada màxima de 33mm.

Això és així ja que és el procés de doblegat el que presenta una distància menor per encabir els sensors de força (76mm del punxonat versus els 33mm del doblegat).

Per tant, el procés de doblegat és aquell que condicionarà la geometria i mides de les cèl·lules de càrrega. Això fa que el disseny presentat anteriorment pel conjunt de punxonat canviï de dimensions ja que cal reduir l'espai de 76mm disponibles a 33mm.

En aquest cas, la peça II.A que descansarà sobre les cèl·lules de càrrega disposarà d'un gruix de 20mm i el mòdul que albergarà la matriu de punxonat passarà a tenir-ne 67 mm.

Disposant tots aquests elements i assegurant que la màquina pugui realitzar el seu recorregut de 100mm de cursa, s'obté un espai disponible en alçada per albergar les cèl·lules de càrrega de **33mm** en el punxonat. En la *Figura 26* es mostra gràficament les diferents alçades i espais anteriorment descrits.

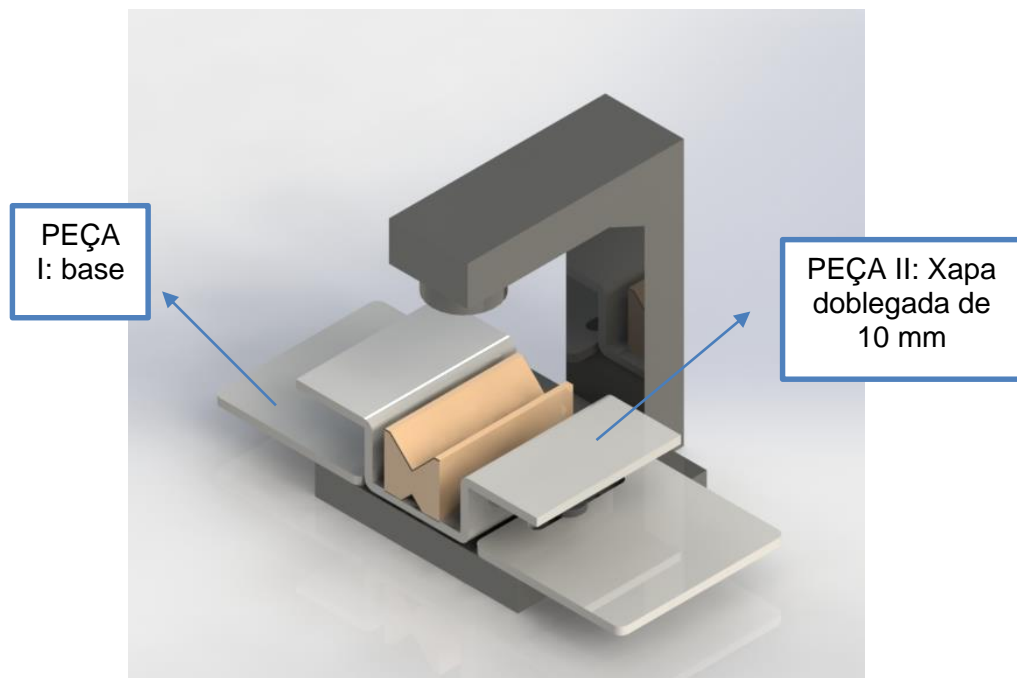


**Figura 26: Alçades disponibles finals en el Disseny proposat 1 del conjunt de força (punxonat). Cotes en mm.**

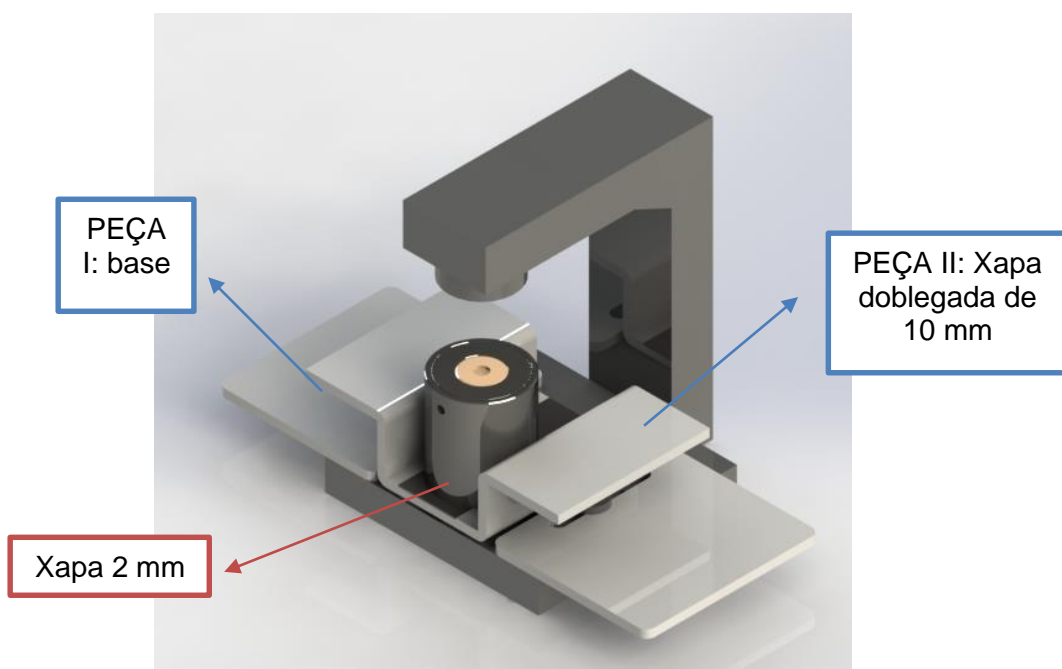
### B.3.2. Disseny proposat 2

En aquest Disseny proposat 2 pel *conjunt de força* contindrà una *peça I* que farà de base i suport de les cèl·lules de càrrega, i una *peça II* que farà de suport de les matrius. Aquesta *peça II* serà una xapa doblegada de 10mm de gruix que contindrà un rebaix que permetrà dipositar la matriu de doblegat o la de punxonat.

Aquestes dues peces seran comunes per ambdós processos per la qual cosa l'operari no haurà de retirar-les ni canviar-les. En la *Figura 27* es mostra el conjunt de força proposat pel procés de doblegat mentre que en la *Figura 28*, pel procés de punxonat.



**Figura 27: Disseny proposat 2 del conjunt de força (doblegat)**

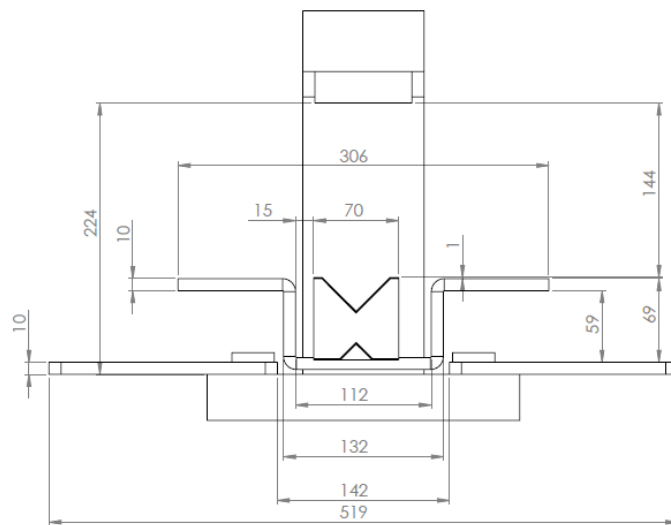


**Figura 28: Disseny proposat 2 del conjunt de força (punxonat)**

Es pot deduir però, que la matriu de doblegat es col·locarà directament sobre aquesta ranura, mentre que la de punxonat necessitarà alguna modificació per adaptar-se ja que és de forma circular. La solució passa per afegir una petita xapa soldada de 2mm de gruix a la base de la matriu de punxonat (veure *Figura 28*).

#### B.3.2.1. Mides del disseny proposat 2 del conjunt de força pel procés de doblegat

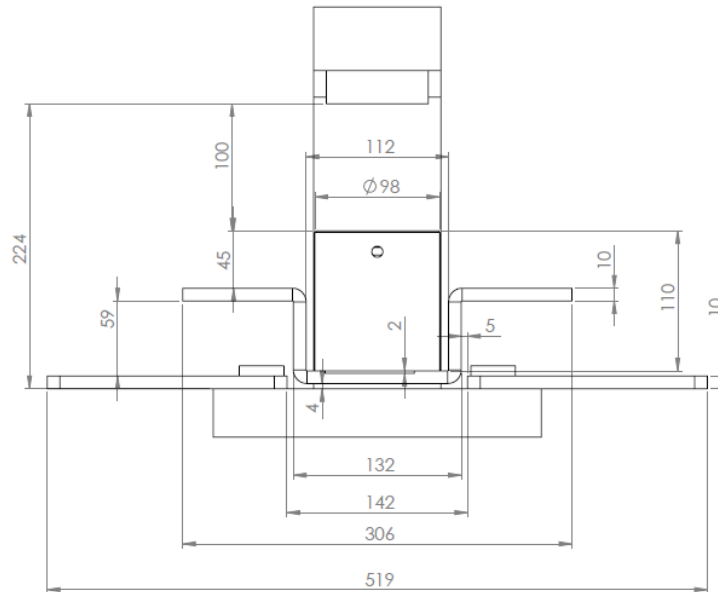
En aquest disseny 2 es pot apreciar com l'espai per albergar els sensors de força ha incrementat fins a **59 mm**. En la *Figura 29* es mostren aquestes mides pel cas del doblegat.



**Figura 29: Alçades disponibles en el Disseny proposat 2 del conjunt de força (doblejat). Cotes en mm.**

#### B.3.2.2. Mides del disseny proposat 2 del conjunt de força pel procés de punxonat

En aquest disseny 2 es pot apreciar com l'espai per albergar els sensors de força ha incrementat fins a **59 mm**. En la *Figura 30* es mostren aquestes mides pel cas del punxonat.



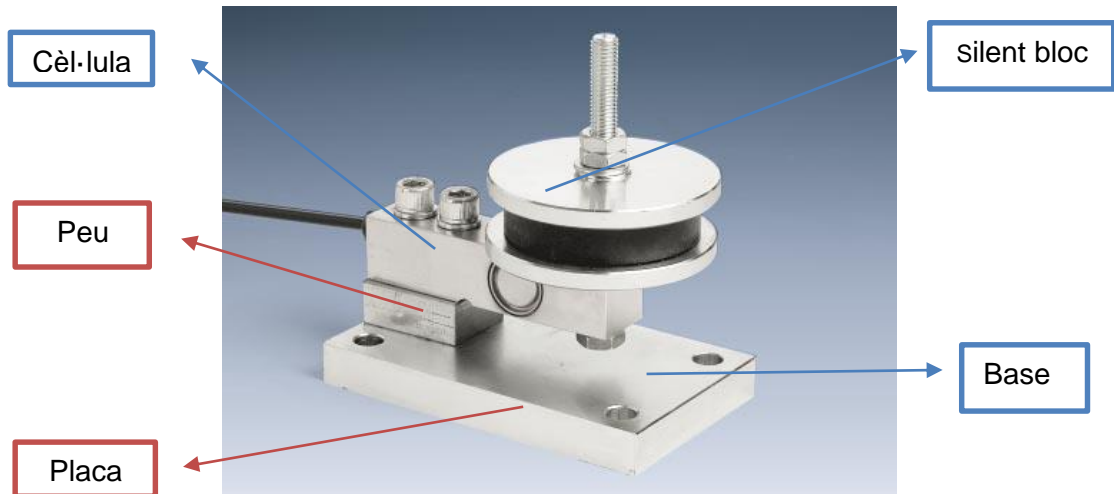
**Figura 30: Alçades disponibles en el Disseny proposat 2 del conjunt de força (punxonat). Cotes en mm.**

### B.3.3. Disseny proposat 3

Tot i haver incrementat l'espai disponible per albergar la cèl·lula de càrrega en gairebé el doble, aquest no és suficient per ubicar un sensor que aguantí una força considerable com són els 34 kN (parox. 340 Tn) de la màquina. Les cèl·lules de càrrega comercials que permeten suportar forces superiors a 20 kN (aprox. 2 Tn) ja tenen una alçada de 32 mm (veure Annex C: Estudi de cèl·lules de càrrega).

Això fa que els 59mm d'alçada disponible obtinguts en el Disseny proposat 2 siguin insuficients essent necessari realitzar una nova proposta de disseny. Aquest Disseny proposat 3 incorpora un model de cèl·lula de càrrega que suporta fins a 50 kN (aprox. 5 Tn) de força. A més, s'ha afegit un Silent Bloc per evitar vibracions que puguin interferir en la captació de la mesura.

En la *Figura 31* es mostra el conjunt de cèl·lula de càrrega comercial a ubicar.

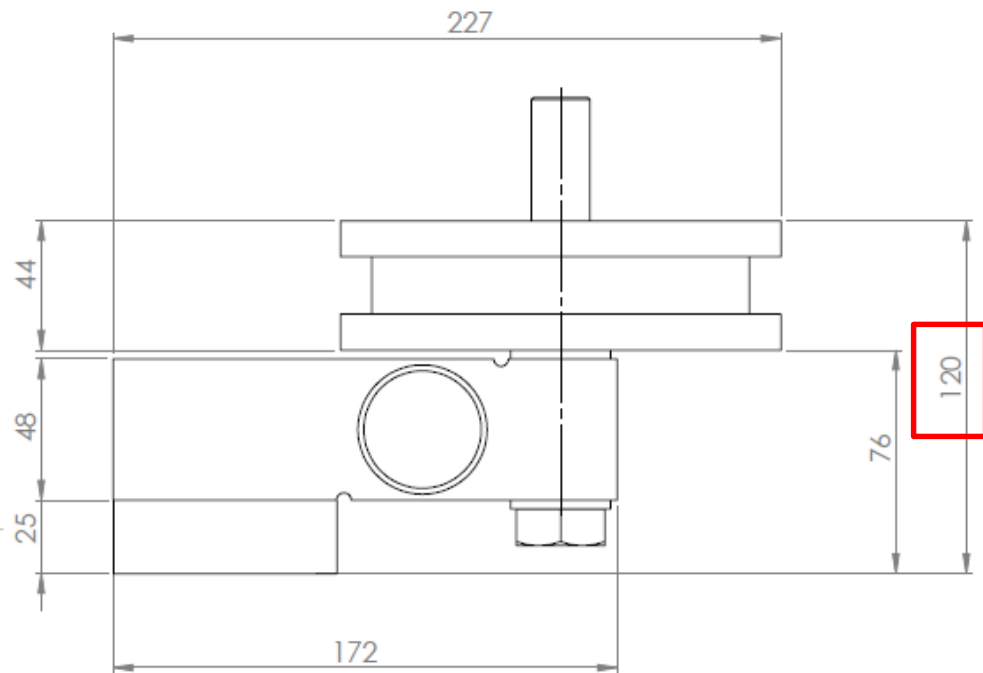


**Figura 30: Conjunt de cèl·lula comercial Utilcell model 350**

Aquest és un conjunt comercial de la marca Utilcell model 350. Aquest conjunt està format per una cèl·lula que suporta 50 kN (aprox. 5 Tn) de força, així com el silent bloc i una base (peu més placa) que serveix d'unió entre la cèl·lula i la bancada. En aquest projecte però, s'adquiriria només el Silent bloc mentre que el Peu i la Placa necessàries serien de fabricació pròpia per adaptar-los a la geometria de la màquina.

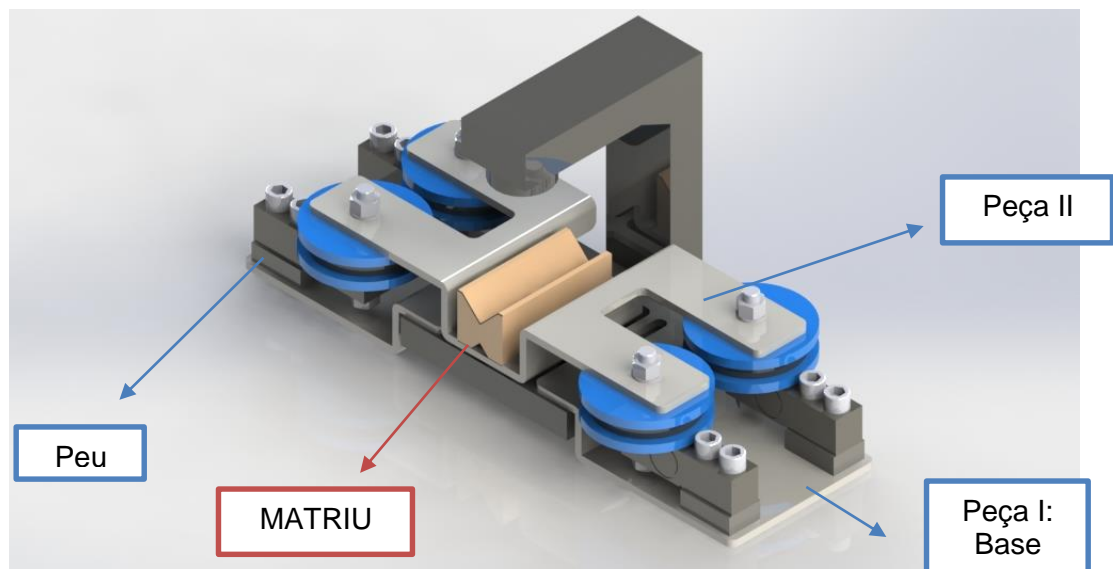
Partint de les fitxes tècniques del fabricant (*Annex E: Descripcions Tècniques*), l'alçada total que implica el conjunt format per una cèl·lula model 350 (5000kg), el Silent bloc i el corresponent peu és de 120 mm, tal i com es mostra en la *Figura 31*.



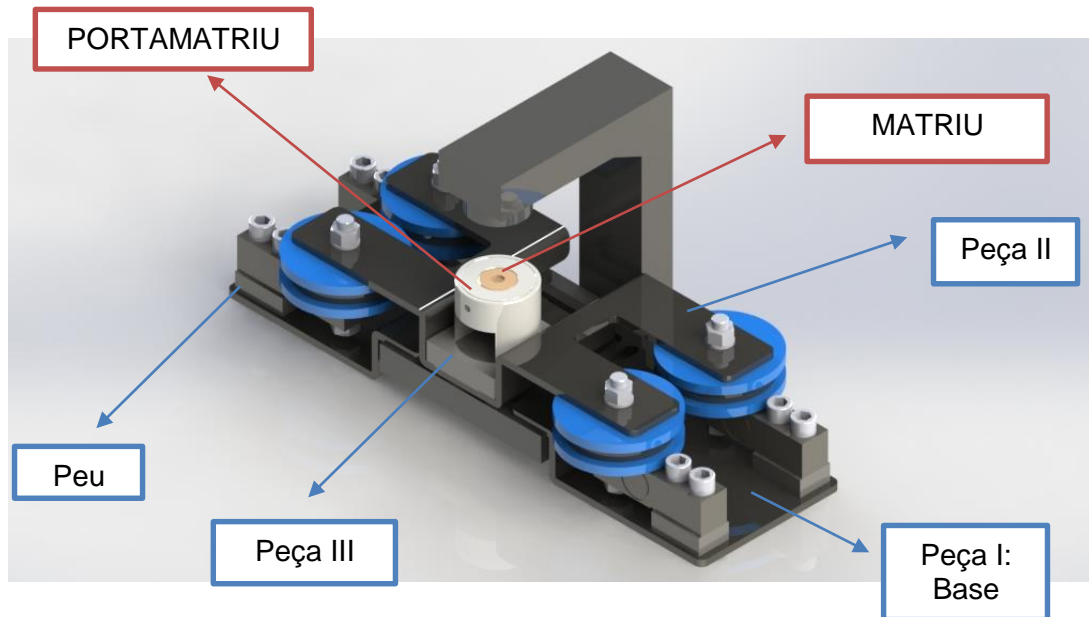


**Figura 31: Mides generals del conjunt cèl·lula de càrrega. Silent Bloc i peu (en mm)**

Tot seguit es presenta el Disseny proposat 3 pel conjunt de força. En la Figura 32 es mostra el corresponent al procés de doblegat mentre que en la Figura 33, el corresponent al procés de punxonat.



**Figura 32: Disseny proposat 3 pel conjunt de força (dobleгат)**



**Figura 33: Disseny proposat 3 pel conjunt de força (punxonat)**

Tal i com es pot apreciar en la *Figura 32 i 33* la base que suporta les cèl·lules es conformarà mitjançant una xapa doblegada (*PEÇA I*). Això permet guanyar els mil·límetres necessaris per poder ubicar tot el paquet comercial format per la cèl·lula, la base d'aquesta i el silent bloc de la *Figura 32*.

Un cop ubicades les cèl·lules amb el corresponent peu i el *Silent Bloc*, es disposarà d'una altra xapa que permetrà albergar les matrius i serà la que es collarà a les corresponents cèl·lules (*PEÇA II*). Finalment, en el cas del procés de doblegat, es col·locarà la matriu en la ranura que es disposa en la *peça II*; mentre que en el procés de punxonat, s'ubicarà la matriu de punxó sobre una base (*PEÇA III*) que, al seu torn, coincidirà en la ranura de la *peça II*.

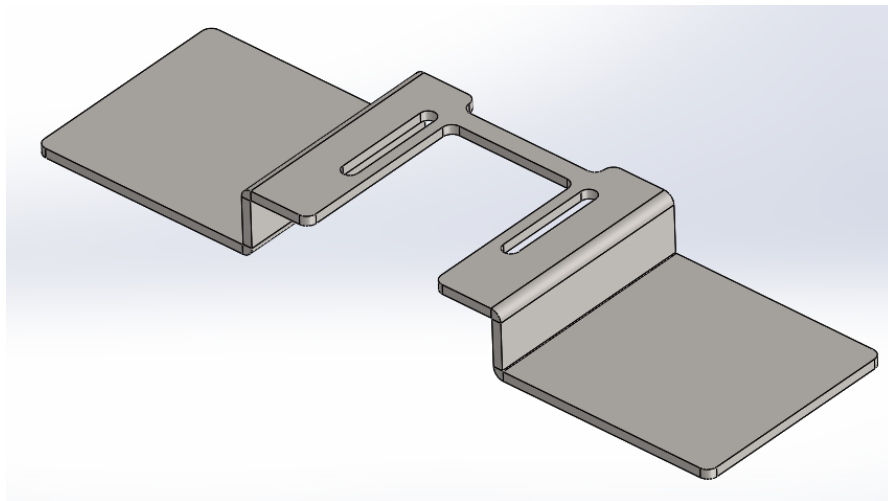
A continuació es mostren les diferents peces que conformen el Disseny proposat 3.

### B.3.3.1. Peces que conformen el Disseny proposat 3

#### B.3.3.1.1. Peça I

Aquesta peça I és comuna per ambdós processos de conformat de xapa i servirà per suportar les cèl·lules de càrrega mitjançant els seus peus, els quals aniran soldats a la peça I. És una xapa d'acer S275 doblegada i gruix 10mm amb dos trauc colís que permeten la mobilitat de la base respecte la bancada de la màquina, a la qual anirà collada mitjançant els dos cargols M14 originals de la màquina.

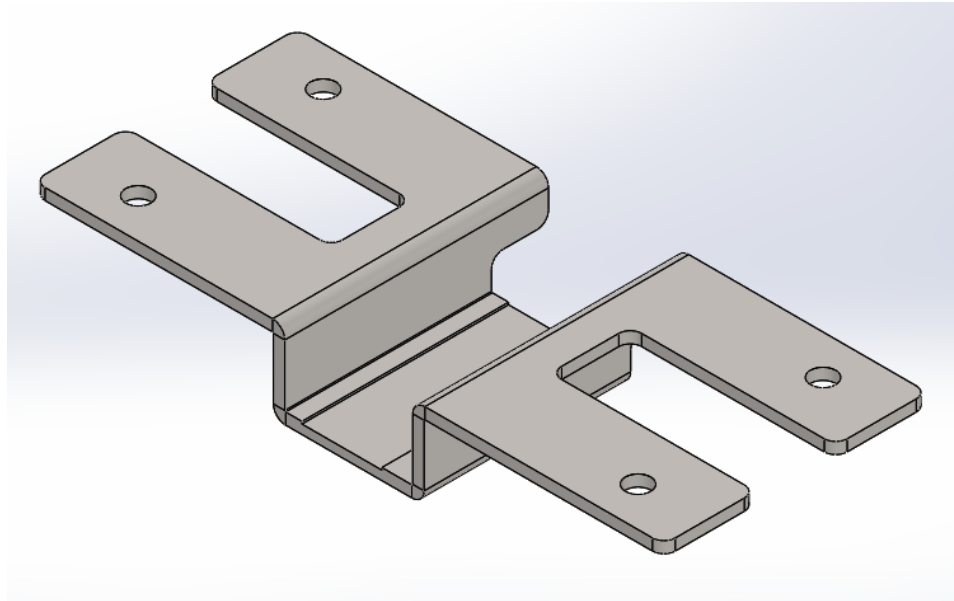
Tal i com es mostra en la *Figura 34*, aquesta peça disposa d'un ranuratge en la part posterior per evitar la interferència amb el peu del capçal de la punxonadora quan es realitzi l'ajust de la peça respecte la bancada de la màquina.



**Figura 34: Vista general de la peça I base del Disseny proposat 3**

A més, la *peça I* disposa d'un espai central que serveix per ubicar la *peça II*. Per evitar danys en la manipulació i durant les operacions de conformat de xapa, tots els cantos seran arrodonits.

## B.3.3.1.2. Peça II

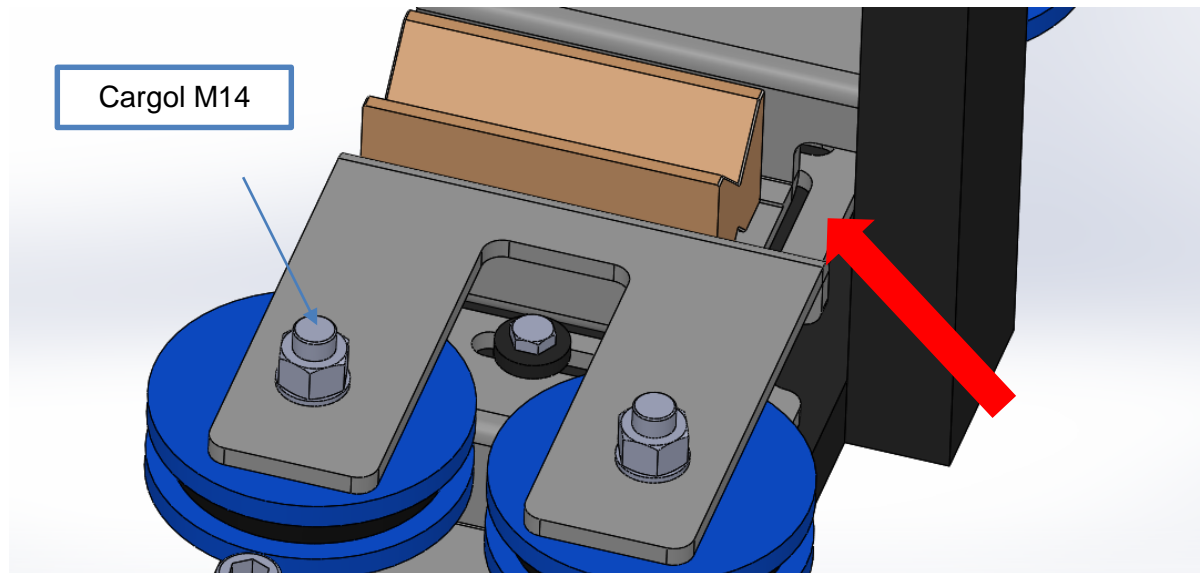


**Figura 35: Vista general de la peça II del Disseny proposat 3**

Aquesta peça mostrada en la *Figura 35* i formada per acer S275 consisteix en una xapa de gruix 10mm doblegada que permetrà, per una banda, sustentar la matriu de doblegat, o bé la base de la matriu de punxonat; i per l'altra, unir les cèl·lules de càrrega a la resta del conjunt de força dissenyat. Aquesta unió es realitzarà mitjançant quatre forats passants de diàmetre 22mm en els quals s'emprarà el M24 requerit en les cèl·lules model 350. La ranura per encabir les matrius de doblegat tindrà una profunditat de 2mm.

Es pot apreciar com la peça II disposa de dues ranures laterals per on l'operari encabirà els cargols M14 d'unió de la peça I amb la bancada de la màquina.

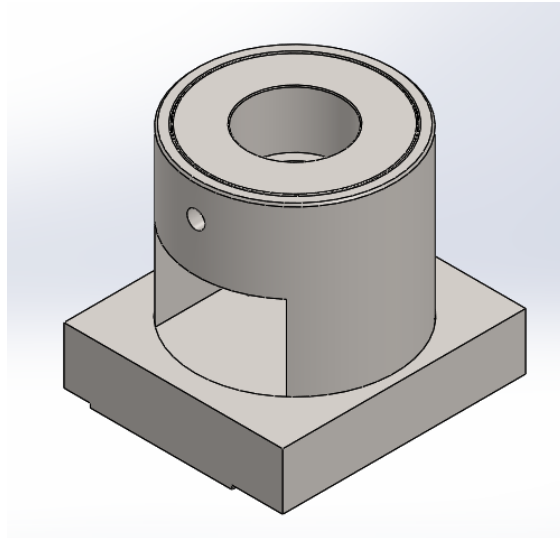
A més, per evitar interferències amb el peu del capçal de la punxonadora i garantir així el joc de la *peça I*, la *peça II* disposa d'una ranura en la part posterior tal i com s'aprecia en la *Figura 36*. Com en l'anterior *peça*, els cantos també es troben arrodonits per evitar danys personals.



**Figura 36: Detall de la ranura posterior de la peça II del Disseny proposat 3**

#### B.3.3.1.3. Peça III

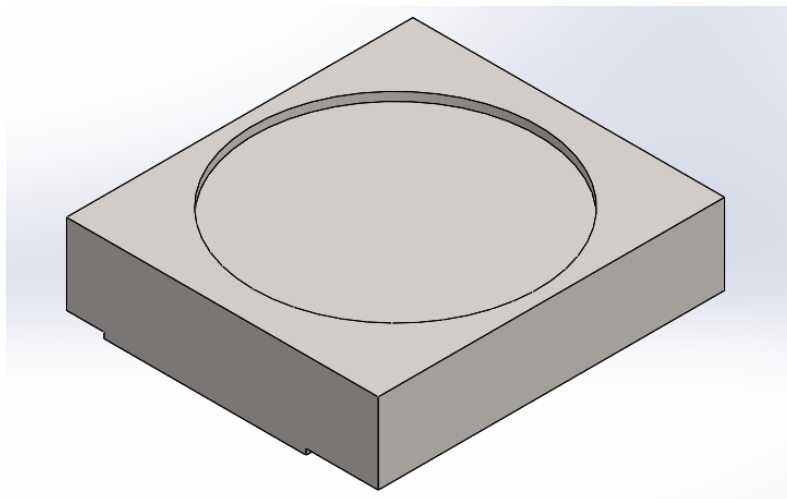
Aquesta *peça III*, a diferència de la *peça I* i *II*, pertany només al procés de punxonat. Aquesta peça serveix d'unió entre el portamatriu de punxonat propi de la màquina i la *peça II* descrita anteriorment.



**Figura 37: Vista general de la peça III del Disseny proposat 3 i el portamatriu de punxonat**

Tal i com s'aprecia en la *Figura 37*, conté una ranura de profunditat 2mm per poder encaixar en la ranura de la *peça II*. D'aquesta forma, l'intercanvi d'útils entre els processos de punxonat i doblugat per part de l'operari es realitzarà de forma senzilla i ràpida.

D'altra banda, el portamatriu propi de la punxonadora anirà soldat a aquesta *peça III*. És per això que es farà un rebaix circular a la superfície d'aquesta *peça III* per facilitar la ubicació i la posterior soldadura de les dues peces. Aquest encaix es mostra en la *Figura 38*:



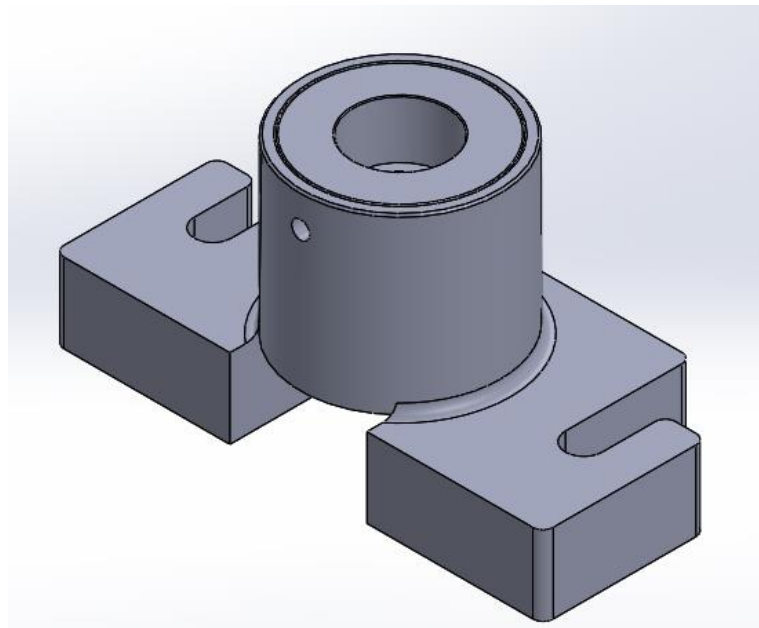
**Figura 38: Vista general de la peça III Disseny proposat 3**

Per tal de mantenir la distància de 100mm entre el punxó i la matriu de punxonat necessària per realitzar el recorregut de la tija i, al mateix temps, emprar les mateixes *peces I, II* del doblegat i el portamatriu de punxonat, és necessari que aquesta *peça III* disposi d'una alçada de 28mm.

#### B.3.3.1.4. Portamatriu de punxonat

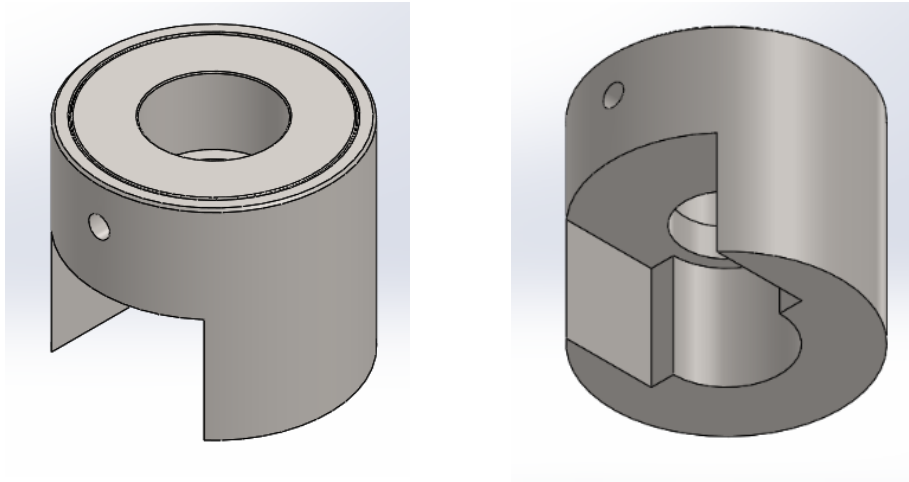
Aquesta màquina ve subministrada amb un portamatriu comercial que permet encabir la matriu de punxonat necessària. En el disseny d'aquest projecte s'ha donat prioritat a la conservació de la màxima quantitat dels propis elements de la màquina, com ara matrius, punxons i contramatrius.

En aquest cas però, cal fer una petita modificació al portamatriu de punxonat. En la *Figura 39* es mostra el portamatriu actual de la màquina, el qual es troba unit mitjançant soldadura a una base de 35 mm d'alçada.



**Figura 39: Portamatriu actual de la punxonadora**

La modificació que es proposa realitzar a aquesta peça és el que es mostra en la *Figura 40*.



**Figura 40: Portamatriu de punxonat modificat pel Disseny proposat 3**

Com que durant el procés de punxonat es produeix ferritja, cal tenir en compte la seva retirada. És per això que es proposa fer l'obertura frontal de la *Figura 40* per poder accedir, ja bé sigui amb la mà o amb un estri allargat, i retirar el sobrant del procés de conformació de xapa.

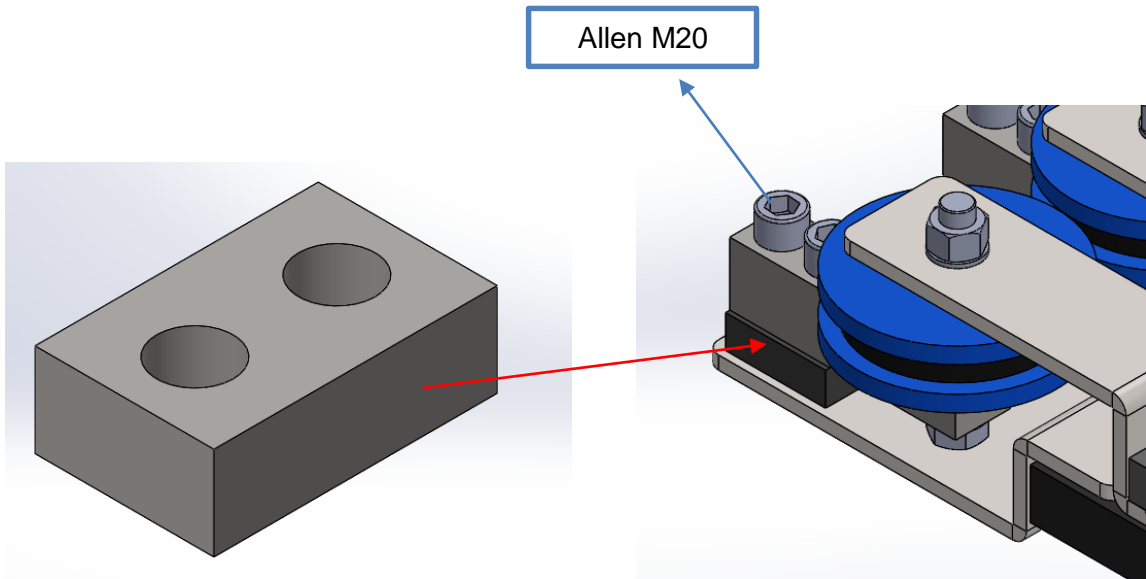
D'aquesta forma es reaprofitja el portamatriu existent i s'adapta als nous requeriments del present projecte. Aquest nou portamatriu anirà soldat a la *peça III*.

#### B.3.3.1.5. Peu Cèl·lula

Com s'ha esmentat en línies anteriors, és necessari disposar d'un peu per unir la cèl·lula a la *peça I*. En aquest cas es proposa una peça (*Figura 41*) que replica la comercial per tal d'assegurar el bon funcionament de la cèl·lula. Es realitzarà amb acer 275 i disposarà de dos forats per albergar els dos cargols Allen M20 que incorpora la cèl·lula de càrrega seleccionada.

El conjunt muntat es visualitza en la *Figura 42*:





**Figura 41: Peu de la cèl·lula**

**Figura 42: Conjunt muntat corresponent al disseny proposat 3**

#### **B.4. CONCLUSIONS**

Un cop fet un exhaustiu estudi de les diferents configuracions que podien prendre els sensors de força i haver realitzat tres propostes de disseny pel conjunt de força, s'ha arribat a la conclusió que, per temes d'espai i limitacions a l'hora de fabricar les diferents peces que conformen els disseny proposats, és necessari canviar el tipus de cèl·lula a incorporar.

Així, si els tres dissenys proposats cercaven disposar de major espai per ubicar una cèl·lula gran de 50 kN (aprox. 5 Tn) de força cadascuna, el disseny que finalment es durà a terme en el projecte incorporarà una cèl·lula de força de 20 kN (aprox. 2 Tn) (model justament posterior al de 50 kN – veure *Annex C: Estudi de cèl·lules de càrrega*), un model de cèl·lula molt més petit. Aquesta cèl·lula correspon al model comercial 350 n (2000kg) de la marca Utilcell.

El fet però d'incorporar un sensor de força més petit implicarà rebaixar el rang de mesura a captar. Això farà que el *conjunt de força* proposat en el present projecte presenti certes limitacions.

# **ANNEX C:**

## **Estudi de la cèl·lula de càrrega**

### **C.1. DISSENY O COMPRA**

Un cop plantejat el problema és necessari indagar en el mercat en recerca de solucions comercials. És sabut que en el món del disseny de maquinaria és freqüent adquirir components ja dissenyats i fabricats per tercers, els quals estan especialitzats en aquests, i incloure'ls en el disseny de la maquinaria que s'està duent a terme.

És cert però, que en alguns casos cal dissenyar aquests components ja que no existeixen de comercials que s'adaptin al disseny proposat. Tanmateix, cal tenir present que això encareix el producte i el risc d'aparèixer errors o deficiències s'incrementa enormement. Això és així ja que els anys d'experiència i el *know-how* acumulat per les empreses de disseny i fabricació dels diferents components és molt difícil d'adquirir-los en poc temps.

Per tant, és recomanable adquirir components dels quals no es tenen els coneixements suficients per fabricar-los o dissenyar-los i, només en aquells casos que no se'n disposi de cap element de compra que s'adapti, passar a la fase de disseny propi.

En aquest projecte és necessari incorporar quatre sensors de força per tal de mesurar la força que s'està exercint en cadascun dels processos de conformat de xapa. Una de les opcions que existeix és la d'elaborar un disseny propi de cèl·lula de càrrega que s'avingui al projecte que s'està desenvolupant, per la qual cosa cal estudiar les cèl·lules de càrrega disponibles en el mercat i observar les seves característiques i geometria.

L'altra opció que hi ha és adquirir una cèl·lula comercial i incorporar-la directament en el projecte. Aquesta és la primera opció que es tindrà en compte en el present projecte per la qual cosa s'analitzaran els sensors de força disponibles en el mercat i les seves característiques.

### **C.2. CÈL·LULES DE CÀRREGA COMERCIALS**

Partint de l'*Annex B: Requisits i Dissenys bàsics*, en el qual s'ha determinat que la opció més viable era disposar de quatre cèl·lules de càrrega, i sabent que la força màxima que pot oferir

la màquina és de 340 kN (aprox. 34 Tn), es pot determinar que la cèl·lula ideal hauria de poder mesurar 85 kN (aprox. 8,5 Tn) de força. D'altra banda, és necessari un model de cèl·lula de càrrega que no sigui sensible al punt d'acció de la força; és a dir, que pugui treballar a flexió amb independència de la distància a la qual s'apliqui la força.

Un dels fabricants de cèl·lules de càrrega més coneguts i amb més ventall de productes i solucions per pesatge és Utilcell. Observant el catàleg disponible s'observa una gran varietat de cèl·lules de càrrega capaces de mesurar diferents rangs de força: des de 5 kg fins a 300 kg.

En la *Figura 1* es mostren els diferents models de cèl·lula de la marca Utilcell (cèl·lules fins a 300 kg):



**Figura 2: Cèl·lules de càrrega Utilcell (rang de forces: 5kg fins a 300 kg)**

En canvi, es disposen de pocs models que puguin mesurar forces superiors. Concretament se'n disposen de quatre models aptes per l'aplicació de la punxonadora. En la *Figura 2* es mostren aquests models:



**Figura 3: Cèl·lules de càrrega Utilcell (rang de forces: 5 kg fins a 10000 kg)**

Es pot observar com la cèl·lula de càrrega que s'avé al projecte és el model 350. Aquest model però, està compost per tres tipologies de cèl·lules de càrrega: un model 350 que mesura fins a 2000 kg de força (model 350n), un altre que mesura fins a 5000 kg (model 350i/a) i un altre que mesura fins a 10000 kg (model 350 10Tn). Tot i tenir la mateixa denominació, cadascuna de les cèl·lules té una geometria i mides diferents (veure *Annex E: Descripcions Tècniques*). En les *Figures 3 i 4* es mostren els diferents models 350:



**Figura 5: Models 350 n/i/a**



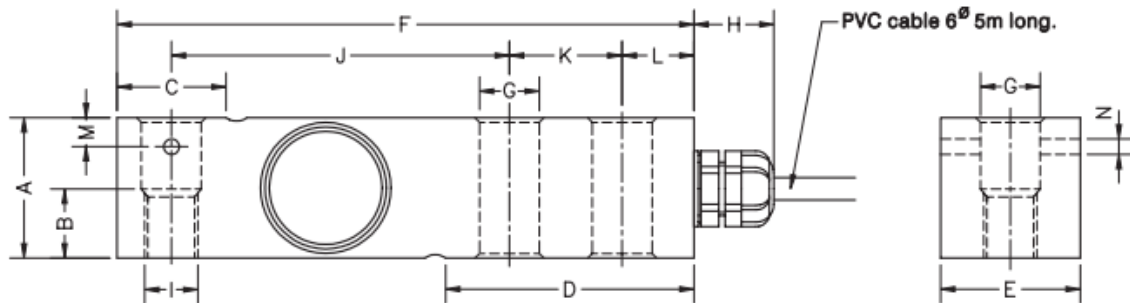
**Figura 4: Model 350 10tn**

Un dels aspectes que més condiciona l'elecció de la cèl·lula de càrrega és l'espai disponible per albergar-la en la punxonadora.

És per això que és molt important prendre consciència de les mesures de què disposen aquestes cèl·lules de càrrega. Tot seguit es mostren les dimensions del model 350 (*Figura 5 i Figura 6*).

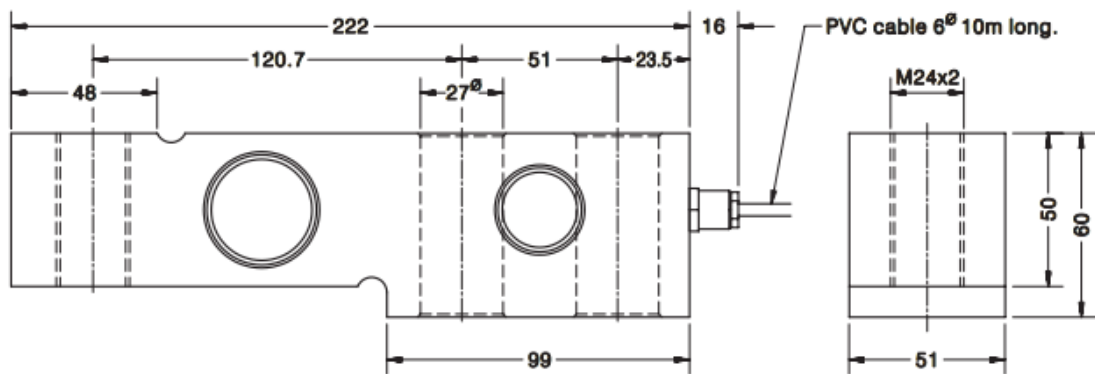
**Mod. 350i/a (300...5000kg)**

**Mod. 350n (300...2000kg)**



Carga nominal Nominal load	A	B	C	D	E	F	G $\varnothing$	H	I	J	K	L	M	N $\varnothing$	Peso transporte Transport weight
300-500-750-1000-1500-2000 kg	31.5	15	24.6	56	31.5	130	13.5	18	M12	76.2	25.4	15.8	6.5	3.5	0.9 kg
3000-5000 kg	48	-	37	76	41.5	171.5	20.5	18	-	95.2	38.1	19	-	-	2.2 kg

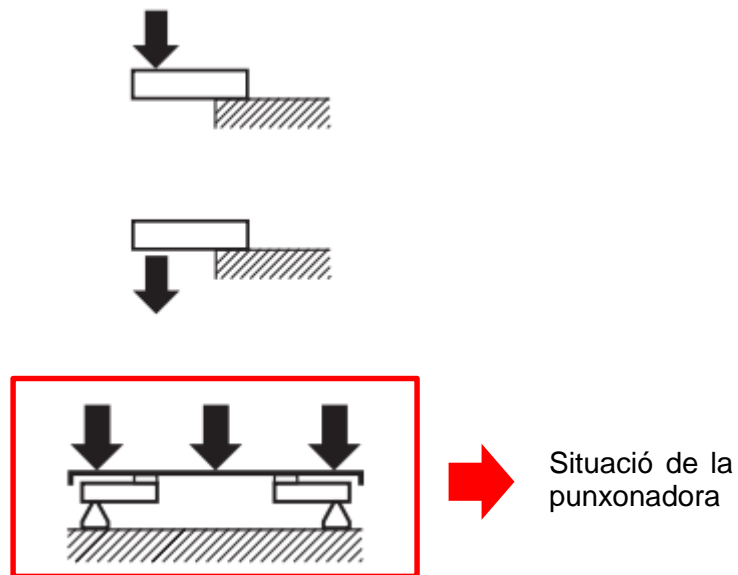
**Figura 6: Mesures dels models 350 n/i/a**



**Figura 7: Mesures del model 350 10Tn**

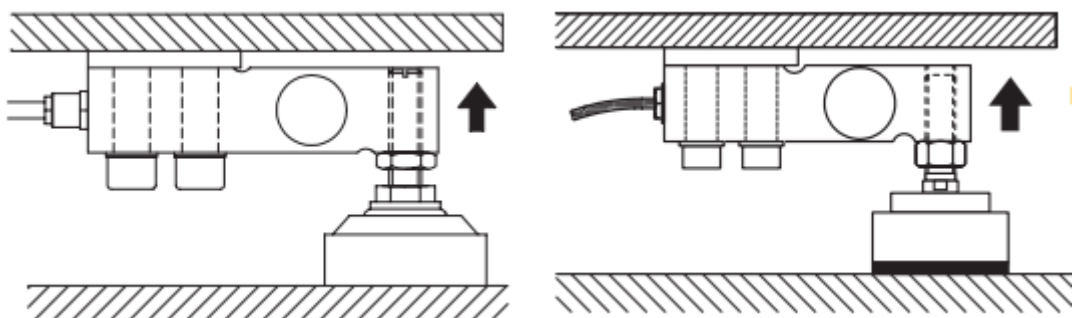
Un cop vistes les mesures de les cèl·lules de càrrega que es podrien avenir en aquest projecte pel rang de mesura que són capaces de detectar, es pot concloure que les alçades d'aquestes són considerables. Des dels 31,5 mm del model 350n fins als 60 mm del model 350 10 Tn; passant pels 48mm dels models 350 i/a.

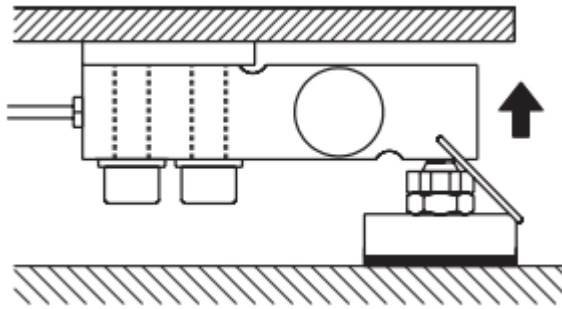
D'altra banda però, cal tenir en compte el muntatge de la cèl·lula de càrrega. Degut a l'aplicació a la qual es sotmetran les cèl·lules (plataforma de quatre sensors) és recomanable disposar d'un peu per suportar les cèl·lules, o bé un *silent bloc* que permeti absorbir les vibracions que es puguin produir fent de peu al mateix temps; tal i com es mostra en la *Figura 7*.



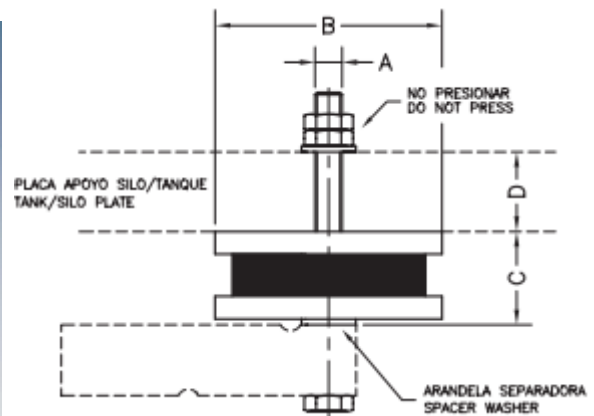
**Figura 8: Tipologia de muntatge de cèl·lules de càrrega (model 350)**

Això fa que l'espai necessari per ubicar una cèl·lula comercial del model 350 sigui considerable i molt superior a l'alçada de la pròpia cèl·lula de càrrega. En la *Figura 8, 9 i 10* es mostren diferents tipologies de muntatge pel models 350:

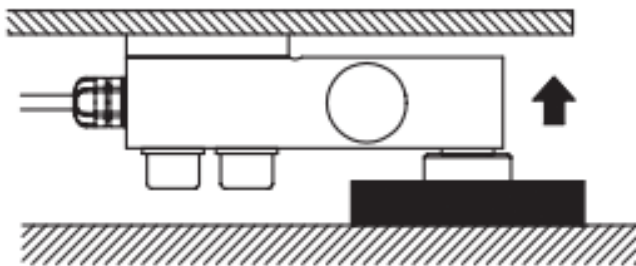




**Figura 9: Exemples de muntatge per model 350 n**



**Figura 10: Exemple de muntatge per model 350 i/a/n (amb silent bloc)**



**Figura 11: Exemple de muntatge per model 350 i/a**

En aquest cas Utilcell només disposa d'accessoris de suport i antivibrants pels models inferiors a 50 kN (aprox. 5 Tn).



# **ANNEX D:**

## **Càlcul analític i d'elements finits**

## D.1. CÀLCUL ANALÍTIC

Un dels principals aspectes que cal assegurar en el disseny proposat és la integritat de les diferents bases que el conformen. En aquest sentit, cal establir un equilibri entre el gruix que ha de tenir cadascuna de les bases i la resistència que suporten. D'aquesta manera es selecciona el material més apropiat per cada cas. Cal remarcar que un dels aspectes que condiciona els gruixos de les diferents peces és l'espai limitat de què es disposa i el model de cèl·lula a incorporar.

De la mateixa manera, és necessari assegurar la integritat dels cargols d'unió entre la cèl·lula i la Base 1 ja que en el disseny s'empra un cargol de dimensions inferiors al recomanat pel fabricant.

Així, per poder dimensionar la Base 1 i la Base 2, els gruixos de les quals són determinants pel disseny del *conjunt de força*, s'ha considerat una força màxima de 80 kN (aprox. 8 Tn) ja que és la força que suporten les quatre cèl·lules conjuntament. Partint de les mesures del *Document 2: Plànols*, els càlculs realitzats són els següents.

### D.1.1. Base 1

Com que és una peça simètrica, les dades a emprar són les mostrades en la *Taula 1*:

**Taula 1: Variables de càlcul per la Base 1**

VARIABLE	MAGNITUD	DESCRIPCIÓ
$F$	80.000 N	Força aplicada
$R_1$ i $R_2$	40.000 N	Reaccions al suport
$D$	150 mm	Distància entre els respectius cargols d'unió de les cèl·lules amb la Base 1
$b$	170 mm	Amplada de la Base 1
$e$	12 mm	Gruix de la Base 1 en la zona d'anàlisi

D'acord a la fórmula de càlcul de la tensió Eq (1):

$$\sigma = \frac{\left(\frac{F}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{2}\right)}{\left(\frac{1}{6}\right) \cdot b \cdot e^2} \quad \text{Eq (1)}$$

La tensió que té aquesta peça en la zona central (més desfavorable) és de 736 MPa. Això vol dir que la Base 1 ha d'estar fabricada amb un acer que tingui una tensió admissible superior a aquesta per tal que la peça aguantí, d'acord al gruix establert (12mm).

En aquests cas, amb un acer 34CrMo4 d'alta resistència amb un límit elàstic  $f_y$  de 800 MPa i coeficient de seguretat parcial  $\gamma$  de 1,05, i d'acord a la fórmula de càlcul de la tensió admissible Eq (2):

$$\sigma_{adm} = \frac{f_y}{\gamma} \quad \text{Eq (2)}$$

La tensió admissible de l'acer 34CrMo4 és de 762 MPa, superior a la tensió de treball calculada en l'Eq (1). Així, la Base 1 es fabrica amb acer 34CrMo4 d'alta resistència.

### D.1. 2. Base 2

Com que és una peça simètrica i es troba recolzada en la bancada de la màquina, es considerarà com si fos una peça en voladiu. Les dades a emprar són les mostrades en la Taula 2:

**Taula 2: Variables de càlcul per la Base 2**

VARIABLE	MAGNITUD	DESCRIPCIÓ
$F$	80.000 N	Força aplicada
$R_1$ i $R_2$	40.000 N	Reaccions al suport
$D$	47,6 mm	Distància entre el punt d'aplicació de la força i la bancada de la màquina
$b$	170 mm	Amplada de la Base 2
$e$	20 mm	Gruix de la Base 2 en la zona d'anàlisi

D'acord a la fórmula de càlcul de la tensió *Eq (3)*:

$$\sigma = \frac{\left(\frac{F}{2}\right) \cdot D}{(1/6) \cdot b \cdot e^2} \quad \text{Eq (3)}$$

La tensió que té aquesta peça en la zona central (més desfavorable) és de *168 MPa*. Això vol dir que la Base 2 ha d'estar fabricada amb un acer que tingui una tensió admissible superior a aquesta per tal que la peça aguantí, d'acord al gruix establert.

En aquests cas, amb un acer normal S275 amb un límit elàstic  $f_y$  de *275 MPa* i coeficient de seguretat parcial  $\gamma$  de *1,05*, i d'acord a la fórmula de càlcul de la tensió admissible *Eq (2)*; la tensió admissible de l'acer S275 és de *260 MPa*, superior a la tensió de treball calculada en *l'Eq (3)*. Així, la Base 2 es fabrica amb acer S275.

### D.1.3. Cargols unió cèl·lules de càrrega amb Base 1

Els cargols emprats en la unió de la cèl·lula de càrrega i la Base 1 són M10, tot i tenir en la cèl·lula un forat per M12. Així, és necessari assegurar la seva integritat.

Un cargol M10 d'acer 8.8 presenta una tensió de límit elàstic  $f_y$  de *640 MPa*, una tensió a ruptura  $f_u$  de *800 MPa*, un coeficient de seguretat parcial  $\gamma$  de *1,05*, i una àrea  $A$  de *58 mm*.

Si la tensió admissible del cargol per *l'Eq (2)* és de *640 MPa*, la força que suporta un cargol és, d'acord a *l'Eq (4)*, de *34 kN* (aprox. *3,4 Tn*).

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A} \quad \text{Eq (4)}$$

Per tant, com que la força que ha de suportar un cargol és de *20 kN* (aprox. *2 Tn*) ja que hi ha quatre cargols i s'empra una força de càlcul de *80 kN* (aprox. *8Tn*), la integritat d'aquests cargols està assegurada.

## D.2. CÀLCUL ELEMENTS FINITS

Per poder validar si el disseny proposat és viable o no; és a dir, si totes les peces implicades en el disseny resisteixen els esforços als quals estan sotmesos, es procedeix a analitzar-lo a través del programari ANSYS Workbench 16.

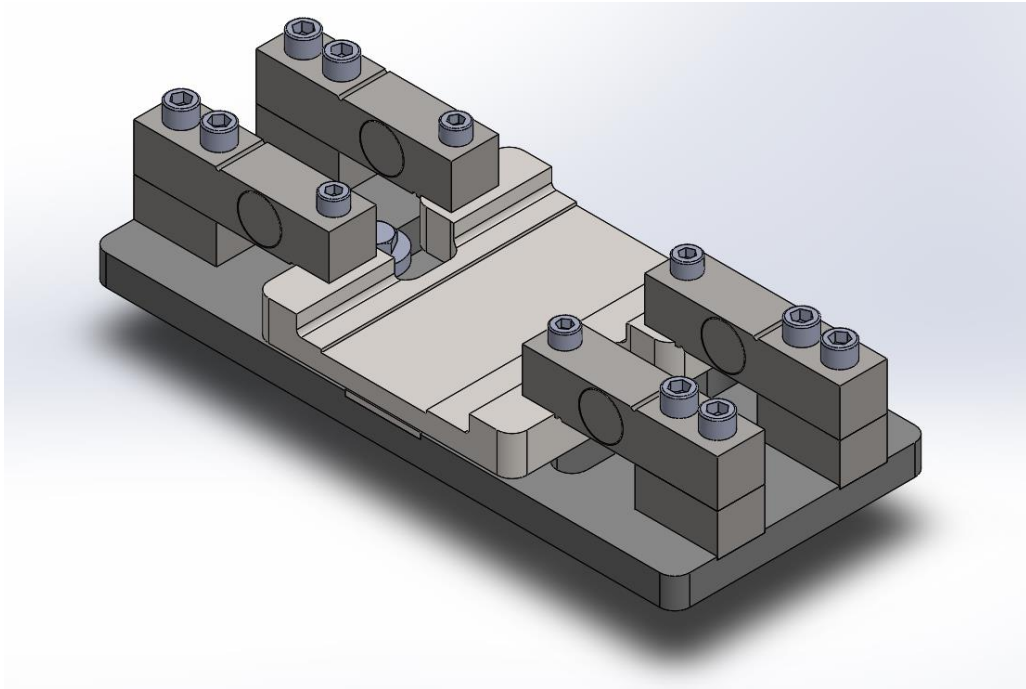
El programari ANSYS és un programa d'elements finits que permet obtenir les tensions i deformacions de les peces introduïdes en mode estàtic.

### D.2.1. Conjunt de força

En aquest cas, es valida tot el *conjunt de força* dissenyat. El primer pas consisteix en dissenyar totes les geometries de les peces amb un programa extern de disseny; en aquest cas, el SOLIDWORKS 2016 i, posteriorment, s'importa a l'ANSYS en el format neutre STEP (d'acord a la ISO 13303). És aleshores quan es procedeix a fer l'anàlisi estructural estàtic del *conjunt de força*.

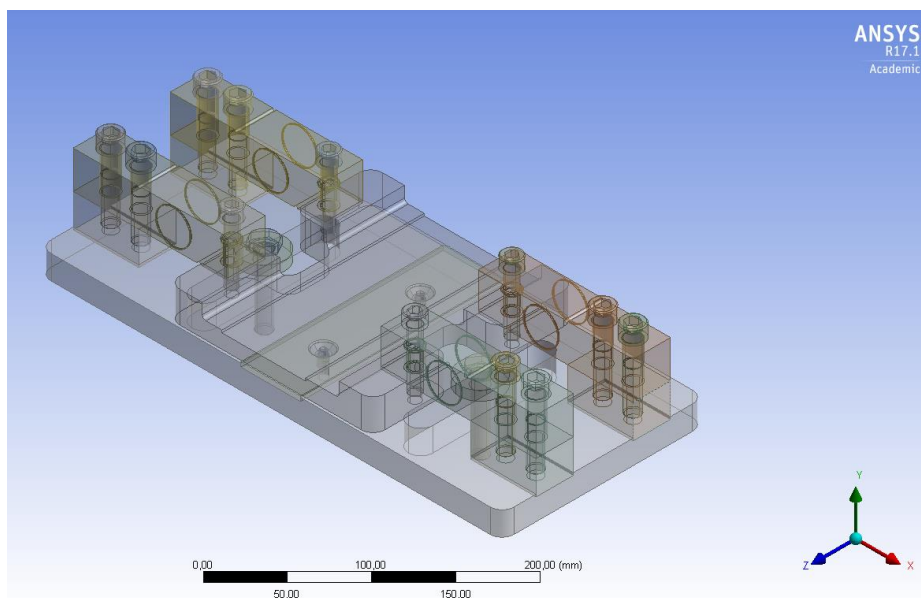
#### D.2.1.1. Model del conjunt de força

Per poder analitzar tot el *conjunt de força* és necessari exportar el disseny elaborat en Solidworks 2016 presentat en la *Figura 1* a l'ANSYS. Per això cal guardar-ho en format neutre *STEP*.



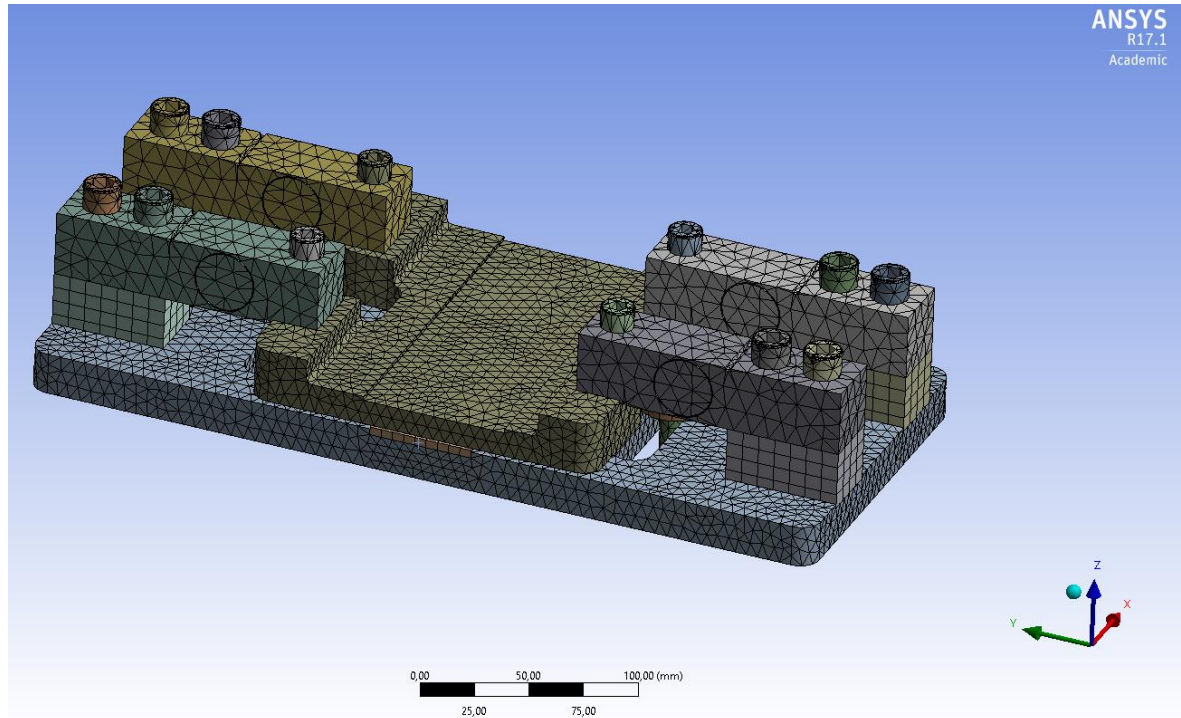
**Figura 1: Geometria del conjunt de força realitzada en Solidworks 2016**

En la *Figura 2* es mostra la geometria ja importada a l'ANSYS:



**Figura 2: Geometria del conjunt de força importada a l'ANSYS**

Tot seguit s'aplica el mallat a les superfícies d'interès. Com que hi ha peces que estaran més compromeses en l'anàlisi que d'altres s'apliquen mallats diferents, tal i com es mostra en la *Figura 3*:

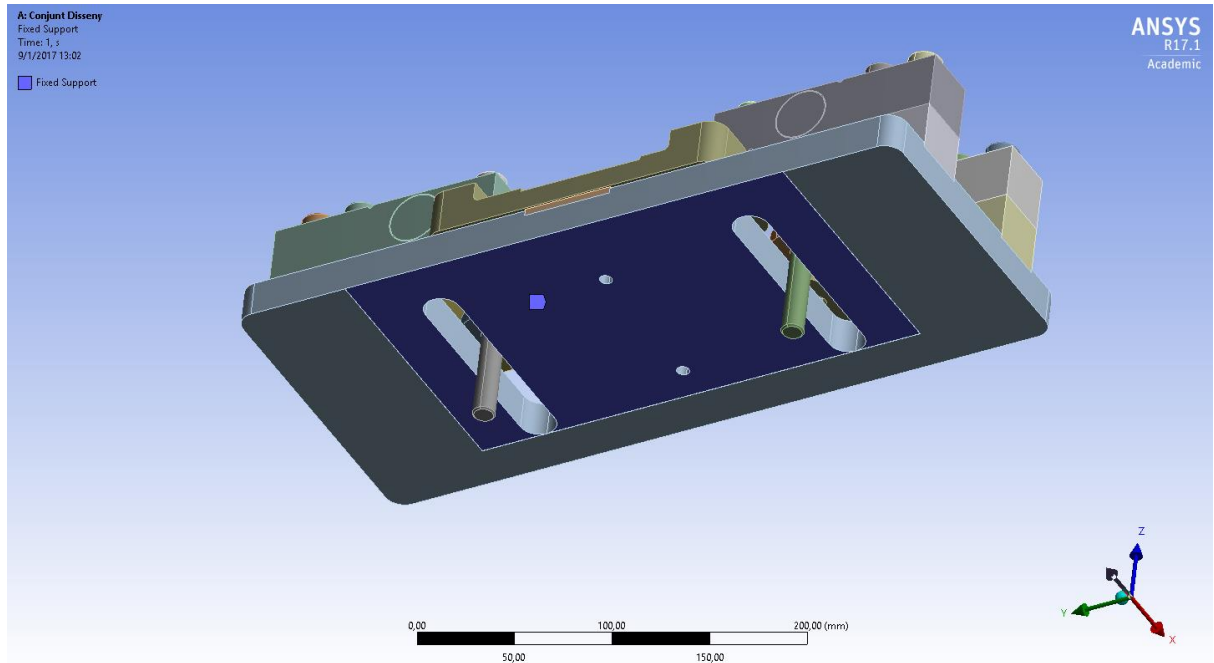


**Figura 3: Mallat del conjunt de força**

En aquest cas, les cèl·lules de càrrega, els peus, i la peça suport tenen un mallat de 9 mm; mentre que la Base 1, 2 i la peça de protecció de les cèl·lules presenten un mallat més fi de 6 mm. La resta de peces, com els cargols o les volanderes presenten el mallat predefinit pel programa ja que no són peces compromeses en el disseny.

Pel que fa al model de connexions entre les diferents peces i cargols, s'ha emprat la utilitzada per defecte pel programa ANSYS ("BONDED"). Aquestes connexions no reproduïxen amb exactitud el que passa en el cargol però sí en les peces. Aquest és un dels motius pels quals es realitza el càlcul analític dels cargols més compromesos en el disseny (*veure apartat D.1.3. d'aquest Annex*)

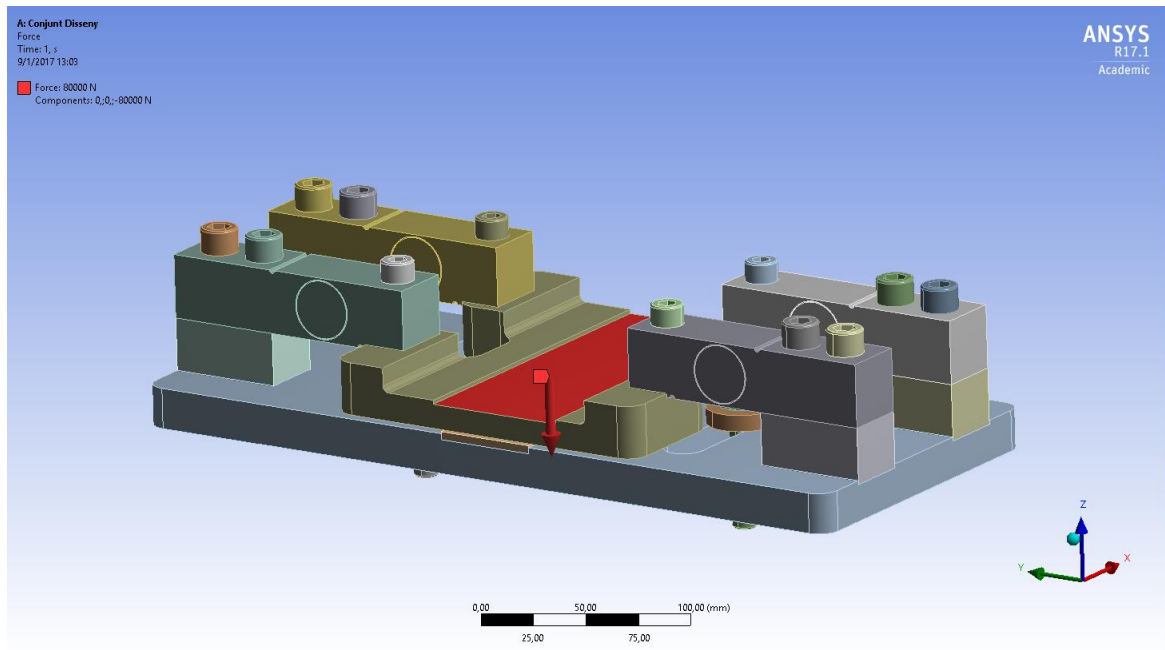
Un cop es disposa de la superfície de la peça mallada, cal establir les restriccions i sol·licitacions a les quals estarà sotmès el *conjunt de força*. Pel que fa a les restriccions, el conjunt estarà fixat per la part inferior a la bancada mitjançant els cargols de la màquina. Així, es fixa la base 1 tal i com es mostra en la *Figura 4*:



**Figura 4: Restricció introduïda en el conjunt de força (Base 1)**

Posteriorment, s'inclouen les forces o sol·licitacions del *conjunt de força*. En aquest cas s'aplica una força equivalent de 80 N (aprox. 8Tn) a la part central de la Base 1, tal i com es mostra en la *Figura 5*. Aquest és el valor de càrrega que poden mesurar, com a màxim, les quatre cèl·lules de càrrega conjuntament.

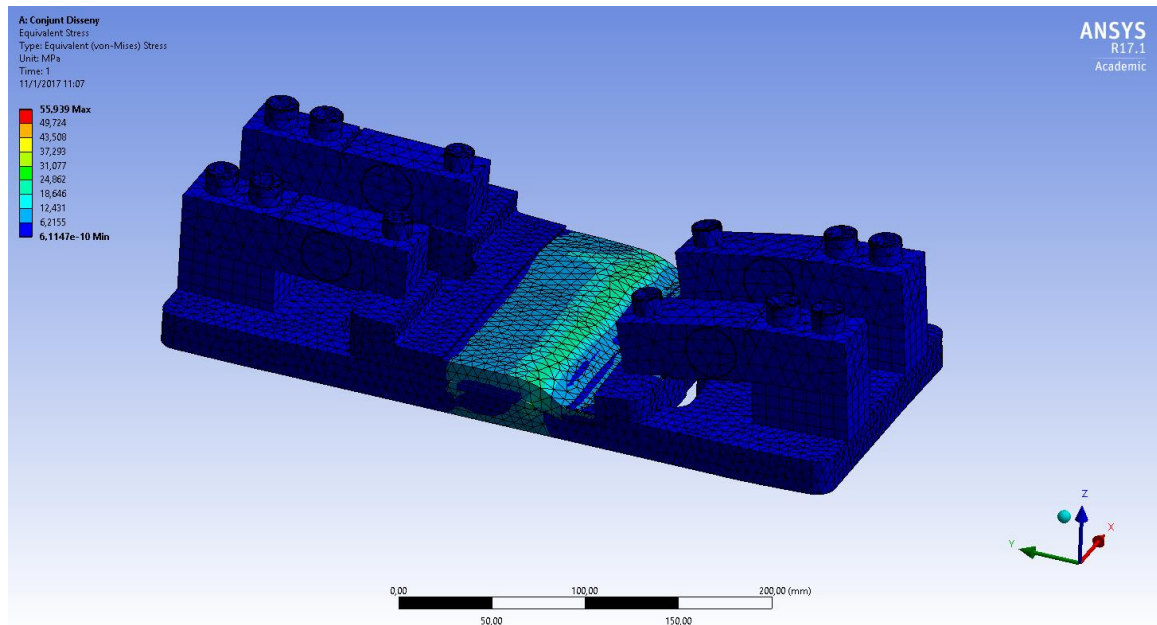




**Figura 5: Ubicació de la força aplicada sobre el conjunt de força**

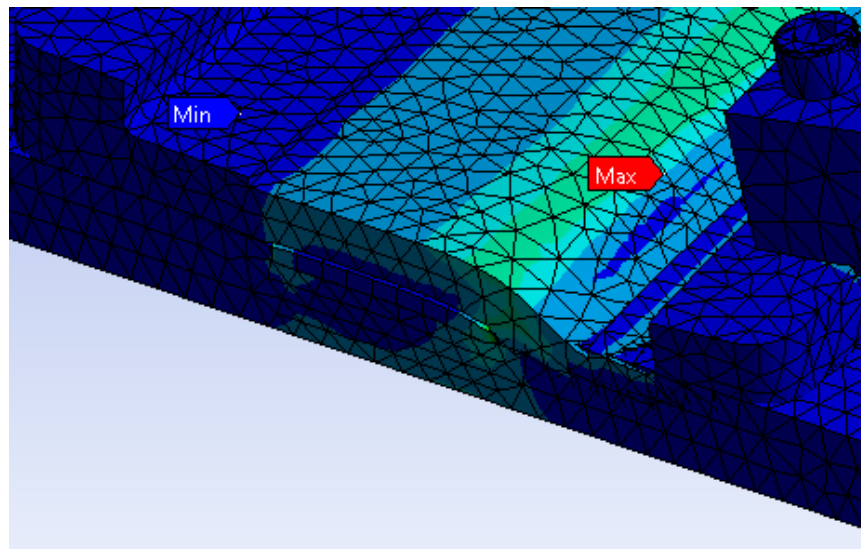
#### D.2.1.2. Resultats del model de conjunt de força

Tot seguit es presenten els resultats obtinguts. En la *Figura 6* es mostra la distribució de tensions que pateix el *conjunt de força*. S'utilitza el criteri de tensió de Von Mises ja que és aquell mètode que presenta resultats més precisos i conservadors.



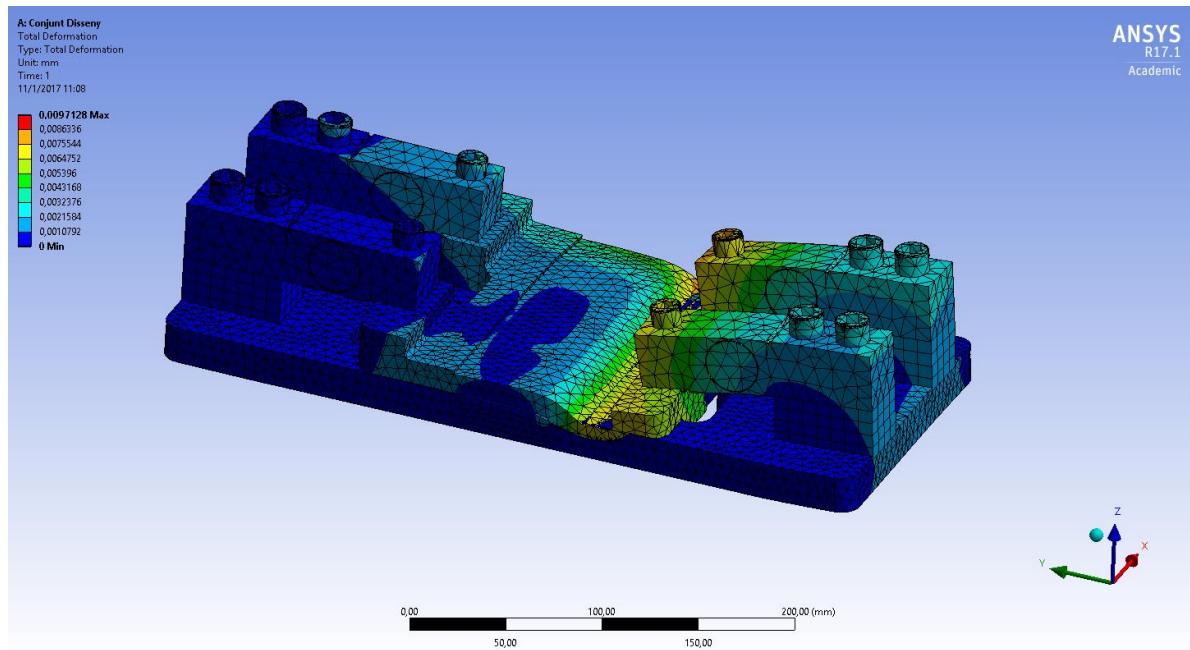
**Figura 6: Distribució de tensions de Von Mises que pateix el conjunt de força (MPa)**

Així, la tensió màxima segons el criteri de Von Mises és de 56 MPa, inferior a la tensió admissible de l'acer S275 (275 MPa) i es troba situada a la placa de protecció de les cèl·lules, tal i com es mostra en la *Figura 7*.



**Figura 7: Ubicació de la tensió màxima en el conjunt de força (MPa)**

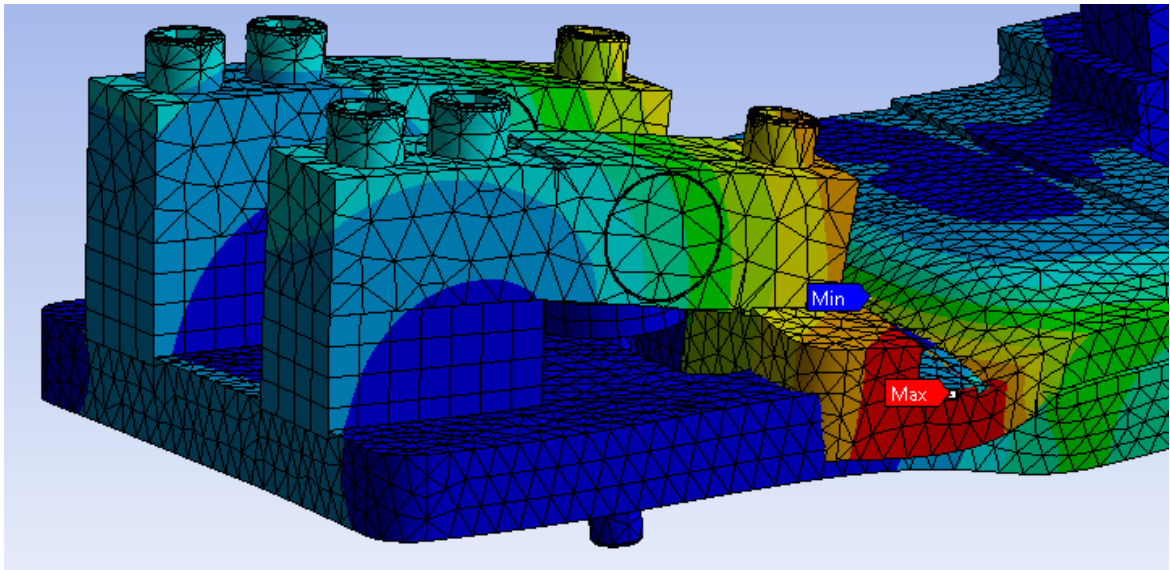
Pel que fa al desplaçament total que presenta el *conjunt de força*, aquest equival a 0,010mm tal i com es mostra en la *Figura 8*. Es pot determinar que és un desplaçament relativament petit i admissible pel *conjunt de força* dissenyat.



**Figura 8: Desplaçament total que presenta el conjunt de força (mm)**

Cal remarcar però, que aquesta deformació mostrada en la *Figura 8* és una deformació exagerada que utilitza el programa per tal de visualitzar millor el fenomen de desplaçament i que, en cap cas, correspon a la realitat.

El desplaçament màxim es troba en la part posterior del conjunt, més concretament en la Base 1, tal i com es mostra en la *Figura 9*:



**Figura 9: Ubicació del desplaçament total màxim que presenta el conjunt de força (mm)**

Es pot observar com la deformació total que presenta el *conjunt de força* no és simètrica. Això és així ja que s'ha analitzat el cas més desfavorable dels dos (procés de doblegat), en el qual la línia d'acció no passa pel centre de simetria del conjunt sinó que es troba desplaçada 6 mm respecte aquest.

Un cop fet l'anàlisi del *conjunt de força* es pot concloure que la seva integritat està garantida ja que la tensió màxima que es produeix no supera la tensió admissible del material. D'altra banda, el desplaçament total que pateix el conjunt és relativament petit i admissible pel disseny proposat.

### **D.2.2. Cèl·lula de càrrega**

Un dels motius pels quals es realitza l'anàlisi de sensibilitat de la cèl·lula de càrrega comercial escollida és pel fet que, tot i que el present projecte contempla la compra d'aquest element, és possible la seva fabricació d'acord als recursos disponibles. Això implicaria una reducció del cost d'implementació d'aquest disseny ja que aquesta partida suposa una gran quantitat del cost (veure *Document 5: Pressupost*). Així, és necessari realitzar aquest anàlisi per tal

de determinar la geometria interna de la cèl·lula de càrrega, la qual és desconeguda, pel cas de voler dur a terme la seva fabricació.

D'altra banda, cal recordar que la disposició de la cèl·lula de càrrega en aquest projecte és atípica; és per això que cal realitzar aquest anàlisi de sensibilitat per tal de confirmar que el dispositiu segueixi funcionant correctament.

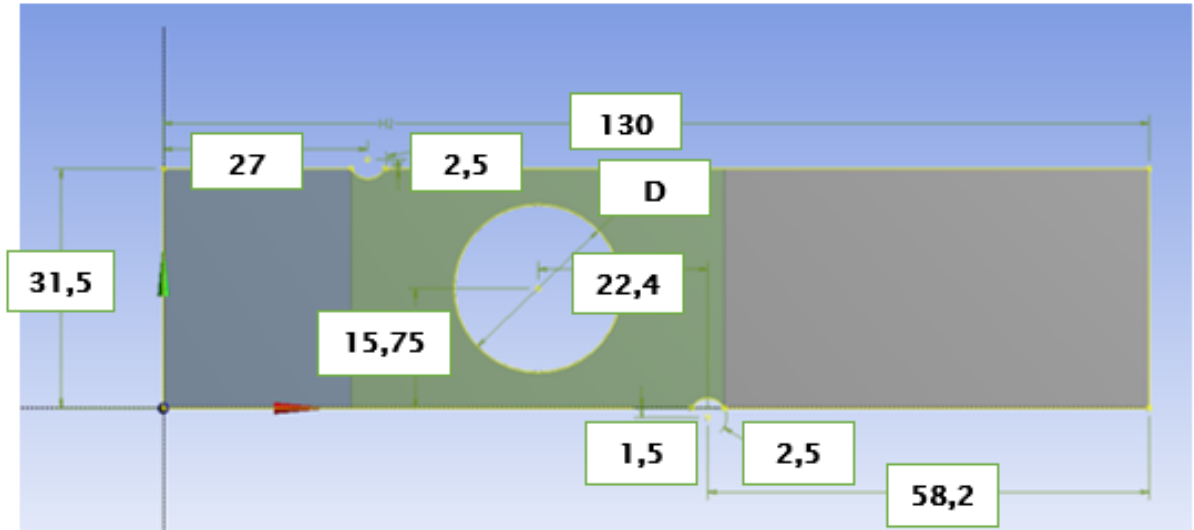
#### **D.2.2.1. Model de cèl·lula de càrrega**

En aquest anàlisi, a diferència del de *conjunt de força*, s'utilitza únicament el programari ANSYS, tant pel disseny de la cèl·lula com per efectuar el seu anàlisi. Això és així ja que les dimensions internes de la cèl·lula són desconegudes i el fabricant no les proporciona i per tant, és necessari parametritzar la cèl·lula. Aquesta parametrització no es pot realitzar amb el SOLIDWORKS 2016 així que s'empra la funcionalitat que ofereix l'ANSYS per fer-ho.

Així, un cop dibuixada i parametritzada la cèl·lula el que es fa és ubicar les posicions aproximades de les galgues extensiomètriques d'aquesta per, posteriorment, fer l'anàlisi acurat d'aquestes zones gràcies als resultats extrets del programa i obtenir-ne la sensibilitat de la cèl·lula.

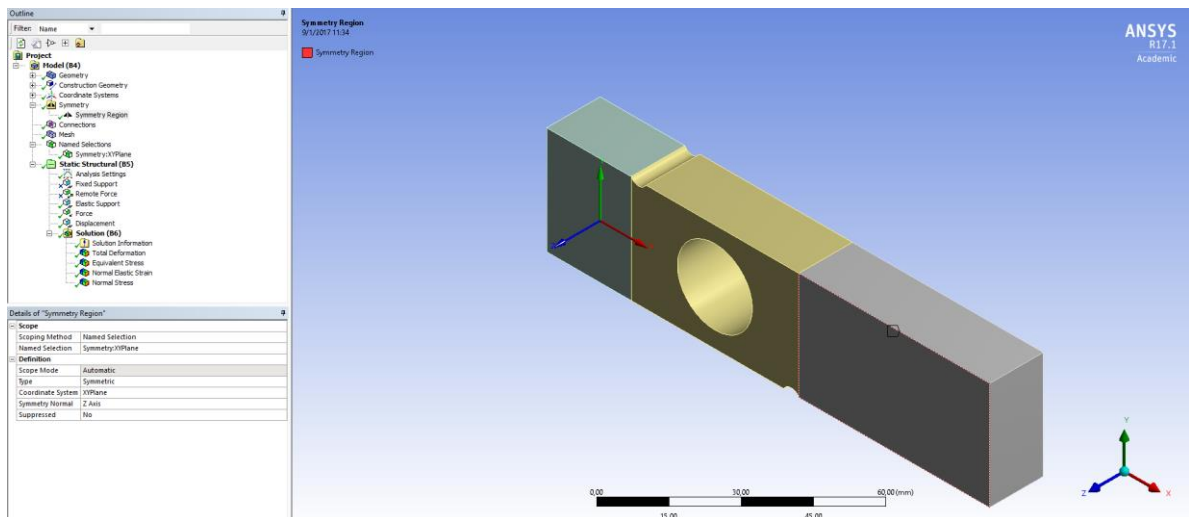
Així, el primer pas a realitzar és dibuixar la cèl·lula de càrrega en el programa ANSYS. Com que la cèl·lula de càrrega és una peça simètrica en l'eix longitudinal el que es fa és dibuixar paramètricament només la meitat de la cèl·lula de càrrega d'acord a les cotes proporcionades en la fitxa tècnica de la mateixa (*Annex E: Descripcions Tècniques*).

En la *Figura 10* es mostra aquesta geometria parametritzada (diàmetre intern  $D$ ):



**Figura 10: Geometria de la cèl·lula de càrrega parametritzada i realitzada amb l'ANSYS (cotes en mm)**

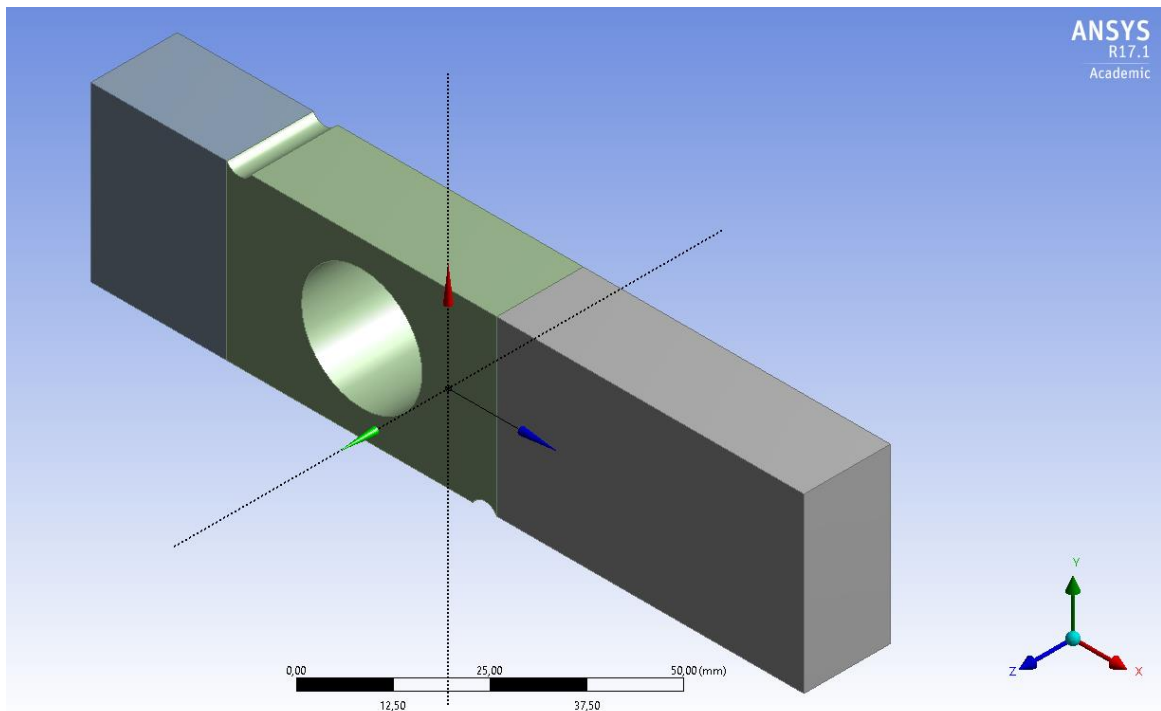
Posteriorment es realitza l'operació de simetria de la peça respecte el pla XY per tal de disposar de tota la cèl·lula de càrrega. En la *Figura 11* es mostra aquesta operació:



**Figura 11: Operació de simetria de la cèl·lula realitzada respecte el pla XY**

Una de les dades desconegudes de la cèl·lula de càrrega és el diàmetre intern de la mateixa i que correspon a la cota D de la *Figura 10*. Aquesta és una dada interna del fabricant i que només es podria conèixer si se'n disposés d'una d'aquestes cèl·lules i es desmuntés. Com que no se'n disposa de cap el que es fa és aproximar aquest valor. És per això que es parametriza la cèl·lula per tal d'anar ajustant la seva geometria i obtenir uns resultats el més ajustats possibles al del fabricant. En aquest cas s'ha optat per un diàmetre D de valor 22mm.

D'altra banda, es pot observar en la *Figura 12* com la peça presenta tres zones diferenciades.

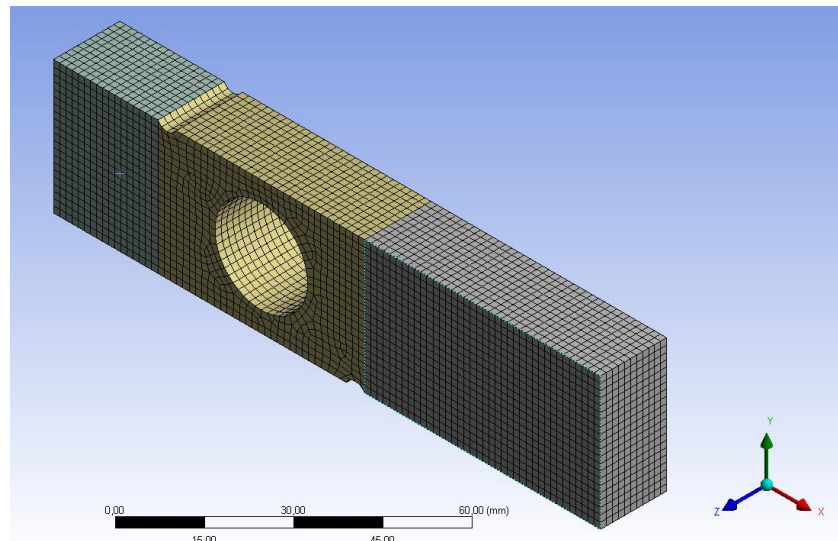


**Figura 12: Zones de la cèl·lula de càrrega**

Es fa aquesta diferenciació ja que la sensibilitat de la càrrega es troba ubicada en la part central situada entre els dos encaixos (zona verda de la *Figura 12*); zona que correspon a la ubicació de les galgues extensiomètriques.

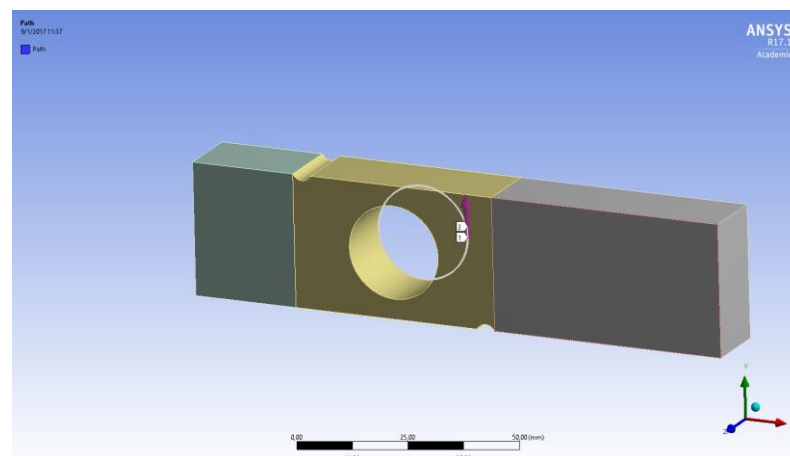
Pel que fa al mallat a aplicar, s'estipula un mallat fi de 1,5 mm, tal i com es mostra en la *Figura 13*:





**Figura 13: Mallat de 1,5 mm**

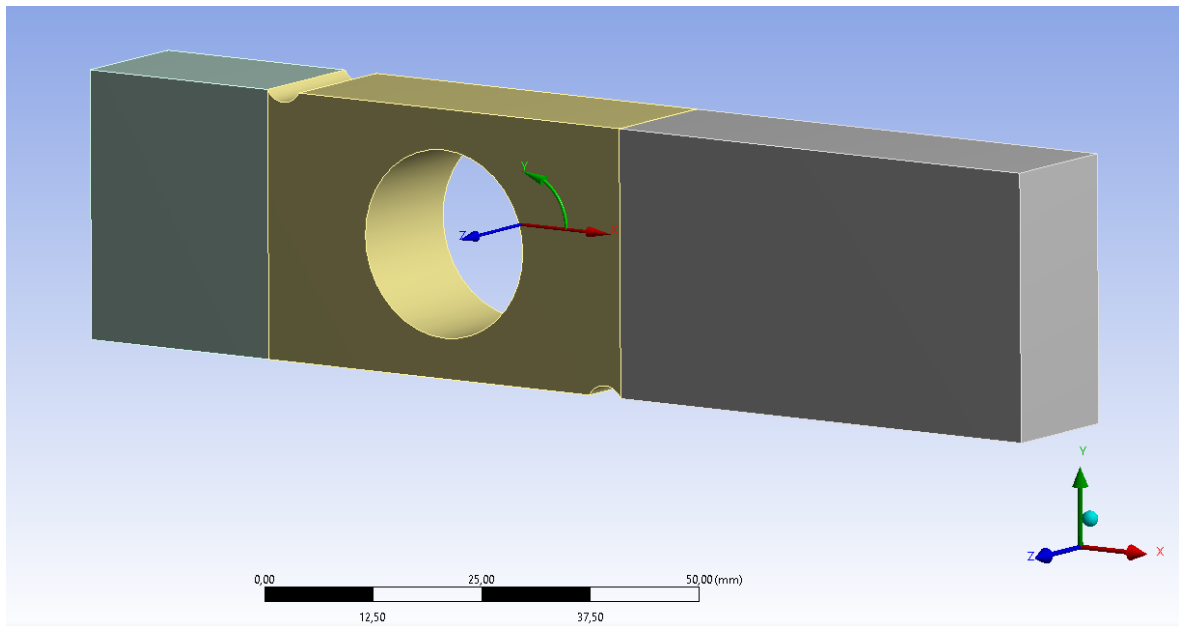
Un altre aspecte que cal tenir present en el càlcul de la sensibilitat de la cèl·lula de càrrega és la ubicació exacte de les galgues extensiomètriques, la qual és desconeguda. Per poder posicionar-les en la geometria és necessari elaborar un “*path*” en aquesta (recorregut en el qual es defineix el posicionament adequat de les galgues). En la *Figura 14* es mostra el path elaborat, el qual segueix el contorn del forat intern desconegut i parametritzat de la cèl·lula (*cota D*). Aquesta és una de les dades que s’espera corroborar d’aquest anàlisi de sensibilitat efectuat.



**Figura 14: Path realitzat per posicionar les galgues extensiomètriques**



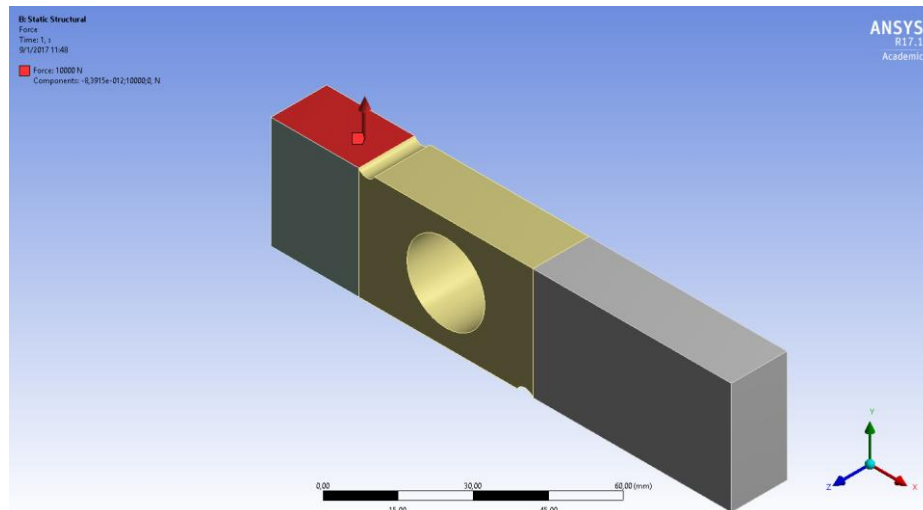
Així mateix, es mostra el sistema de coordenades polars emprat per poder ubicar les galgues (veure *Figura 15*). Aquest sistema de coordenades permet obtenir les deformacions unitàries circumferencials que es produeixen al llarg d'aquest path; que són aquelles d'interès en l'estudi ja que les galgues extensiomètriques es posicionen tangencialment en les zones de màxima i mínima deformació unitària.



**Figura 15: Coordenades locals polars emprades per posicionar les galgues extensiomètriques**

Un cop es disposa de la geometria preparada és moment d'inserir les restriccions i forces a les quals estarà sotmesa la cèl·lula de càrrega.

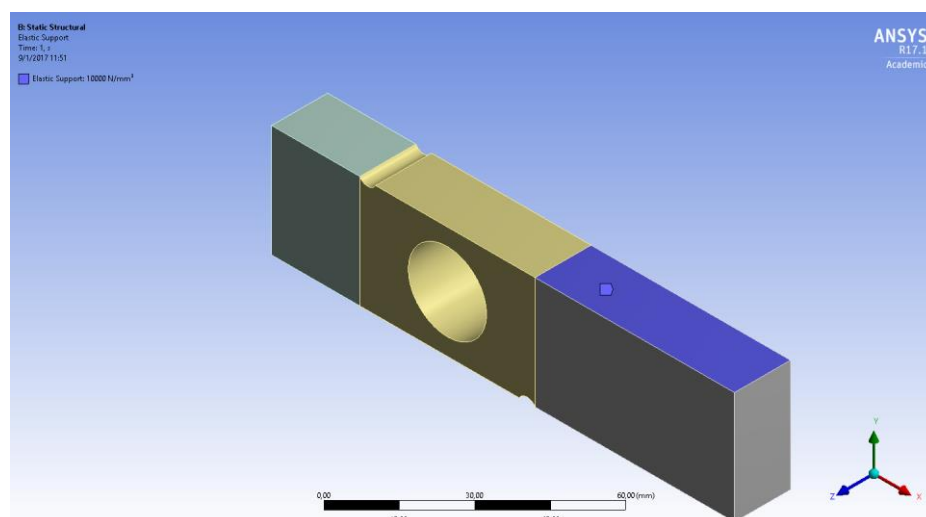
En primer lloc hi haurà una força vertical ubicada en una de les superfícies de la cèl·lula, tal i com es mostra en la *Figura 16*. Aquesta és la superfície que està unida amb la Base 1 del conjunt de força mitjançant els cargols Allen M10.



**Figura 16: Ubicació de la força aplicada en la cèl·lula (N)**

El valor d'aquesta força s'ha estipulat en 10 kN (aprox. 1Tn) i direcció "y" ja que la cèl·lula de càrrega és estirada cap avall per la Base 1. Tenint present que aquest model suporta fins a 20 kN (aprox. 2 Tn) i s'està analitzant la meitat de la cèl·lula, el valor a aplicar és doncs 10kN (aprox. 1 Tn) de força.

En segon lloc hi ha el recolzament, el qual es pot observar en la *Figura 17*:



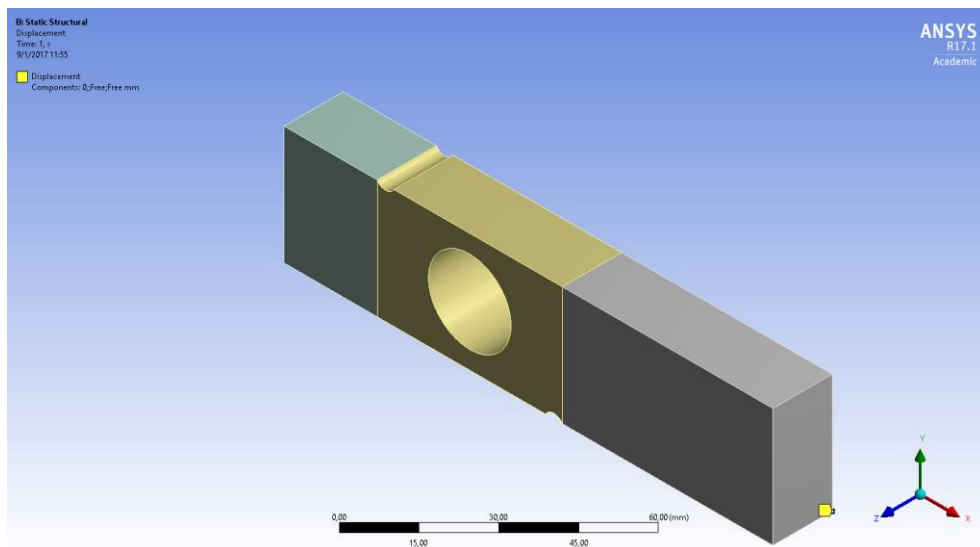
**Figura 17: Ubicació de la restricció de suport elàstic aplicada en la cèl·lula**

Aquesta restricció és un suport elàstic per tal de simular de forma més realista el cas de la ubicació de la cèl·lula de càrrega. Aquesta, com que està recolzada en la peça "Peu de la cèl·lula", fa que el peu també pateixi una deformació en l'eix y ja que no resta invariable quan s'aplica la força. Aquesta tipologia de restricció (suport elàstic) té en compte aquest fet i l'incorpora en la simulació, amb un valor de 10.000 N/mm<sup>3</sup> (EFS) d'acord a l' Eq (5):

$$EFS = \frac{F}{x_{efs} \cdot A} \quad (\text{Eq 56})$$

On el valor de la força  $F$  és el valor de la força aplicada i equival a 10.000 N; el terme  $x_{efs}$  és el desplaçament del peu quan s'aplica la força  $F$  i pren per valor 0,001mm (veure Figura 8), mentre que el terme  $A$  fa referència a l'àrea de la superfície del suport i té un valor de 916,65 mm<sup>2</sup>.

Per últim, cal incorporar una segona restricció que consisteix en fixar el desplaçament de la cèl·lula en la direcció x. Això és així ja que la cèl·lula es troba collada mitjançant els corresponents cargols a la Base 1 i als seus Peus els quals, al seu torn, es troben fixats a la Base 2. Per tant, s'introdueix aquesta restricció per tal d'evitar el moviment de sòlid rígid en la simulació. En la Figura 18 es mostra aquesta restricció:

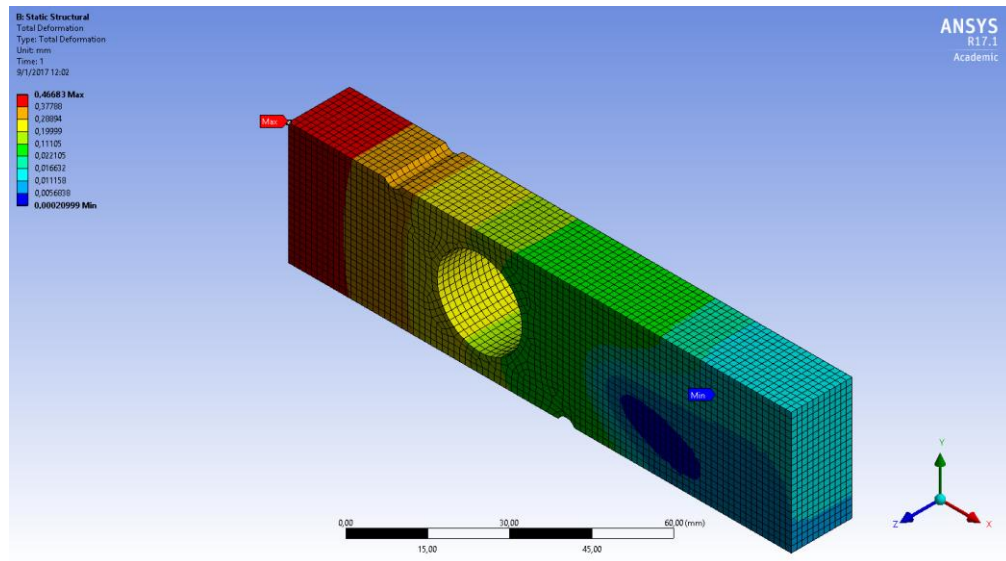


**Figura 18 Ubicació de la restricció de desplaçament aplicada en la cèl·lula**

### D.2.2.2. Resultats del model de cèl·lula de càrrega

Un cop introduïdes totes les restriccions i accions de força és hora d'extreure els valors de les desplaçaments, deformacions i tensions produïdes en la cèl·lula.

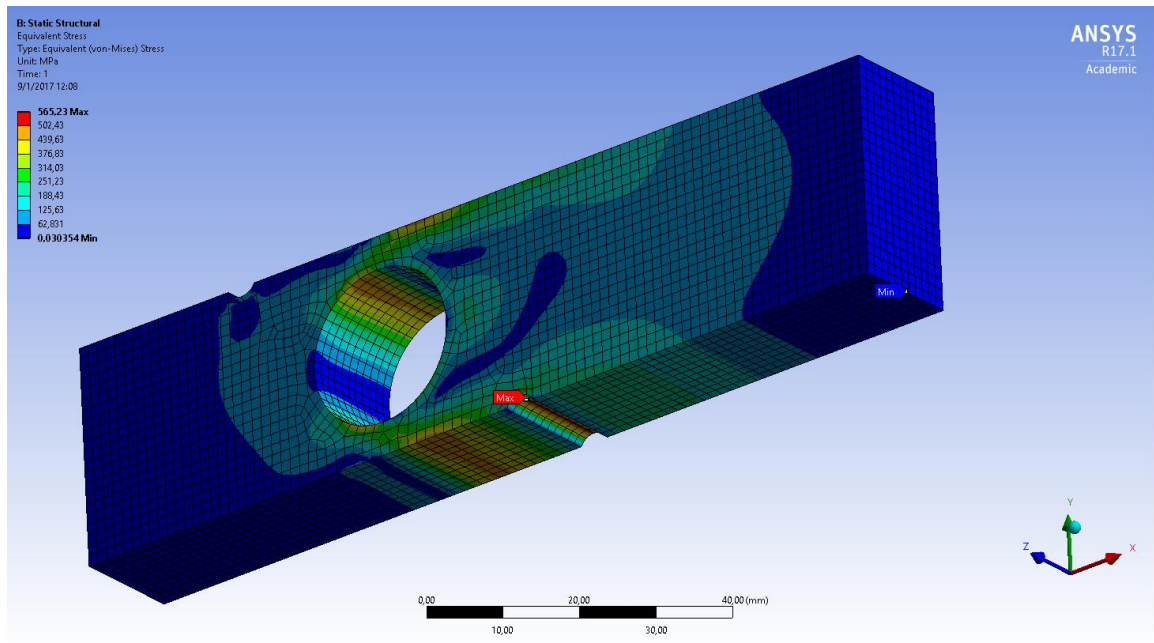
En la *Figura 19* es mostra el desplaçament total en mm que pateix la cèl·lula:



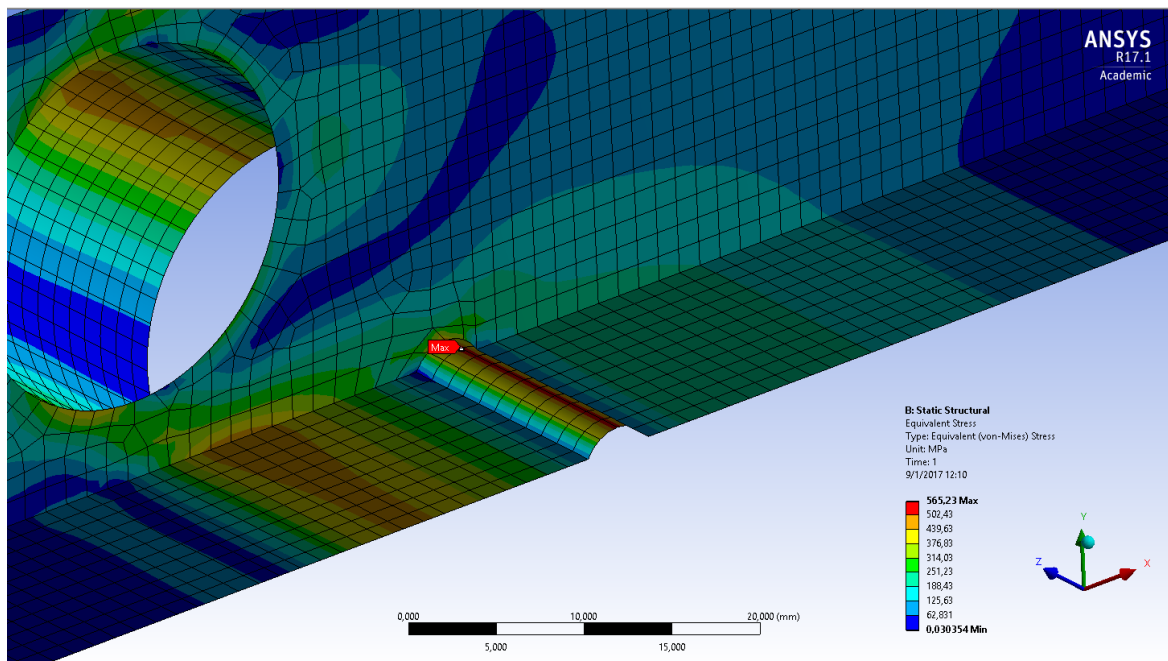
**Figura 19: Desplaçament total de la cèl·lula (mm)**

Tal i com es pot observar, aquest desplaçament total correspon aproximadament a 0,47 mm i està ubicat en la part on s'aplica la força; és a dir, en la zona on es produeix la unió de la cèl·lula amb la Base 1, tal i com s'aprecia en la *Figura 19*. Si es compara aquest valor amb el proporcionat pel fabricant (*Annex E: Descripcions Tècniques*), el qual es troba entre 0,2 i 0,4mm, es pot afirmar que la geometria introduïda és força aproximada a la real.

Pel que fa a la distribució de tensions (*veure Figura 20*), s'aplica el criteri de Von Mises per extreure el valor de tensió màxima produïda en la cèl·lula. En la *Figura 21* es mostra el punt on es produeix aquesta tensió màxima:



**Figura 20: Distribució de tensions de Von Mises de la cèl·lula (MPa)**



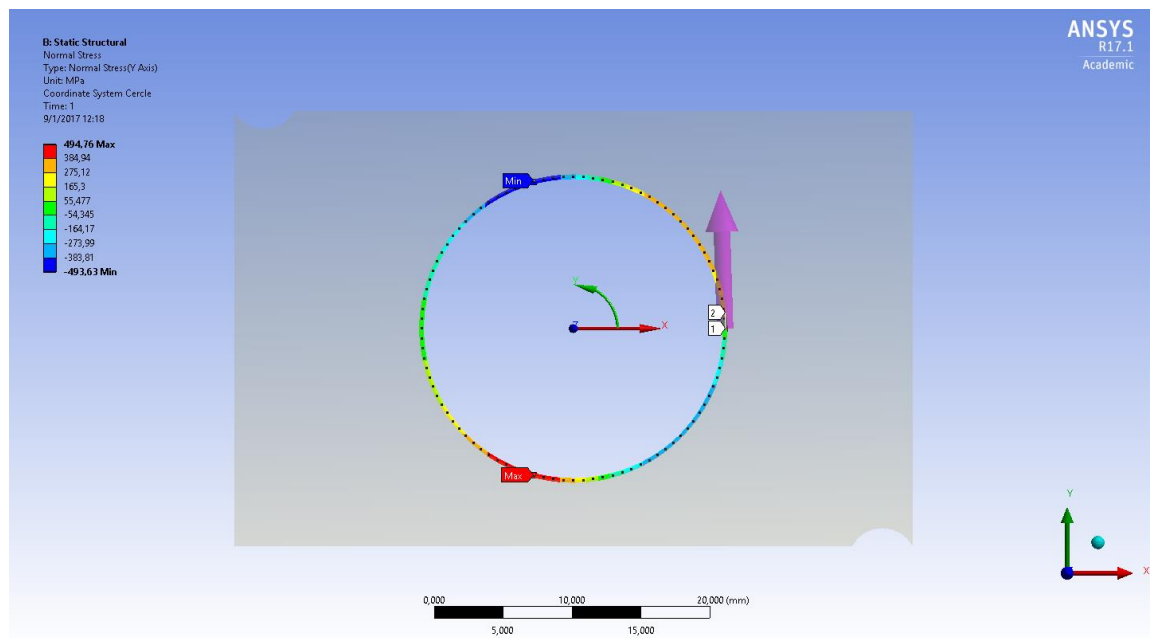
**Figura 21: Ubicació de la tensió màxima de la cèl·lula (MPa)**

La tensió màxima correspon a 565,23 MPa i es troba en el punt de recolzament de la cèl·lula i el corresponent peu. Aquesta tensió màxima és deguda al mecanitzat de posicionament que incorpora la cèl·lula i al elevat moment que es produeix degut a l'encastament. Es pot observar que, tot i ésser una tensió elevada, és una tensió local i per tant, poc problemàtica.

Comparant aquesta tensió amb la tensió de l'acer inoxidable niquelat apte per soldar del que està formada la cèl·lula segons la seva fitxa tècnica (veure *Annex E: Descripcions Tècniques*), la qual es troba al voltant de 605 MPa, es pot concloure que la cèl·lula no trencarà tot i ser disposada de forma atípica.

Un cop analitzades les tensions a les quals està sotmesa l'estructura de la cèl·lula és moment d'analitzar les tensions i deformacions en la zona on s'ubiquen, de forma aproximada, les galgues extensiomètriques. Per això s'empra el path i les coordenades locals polars establertes a l'inici del procés.

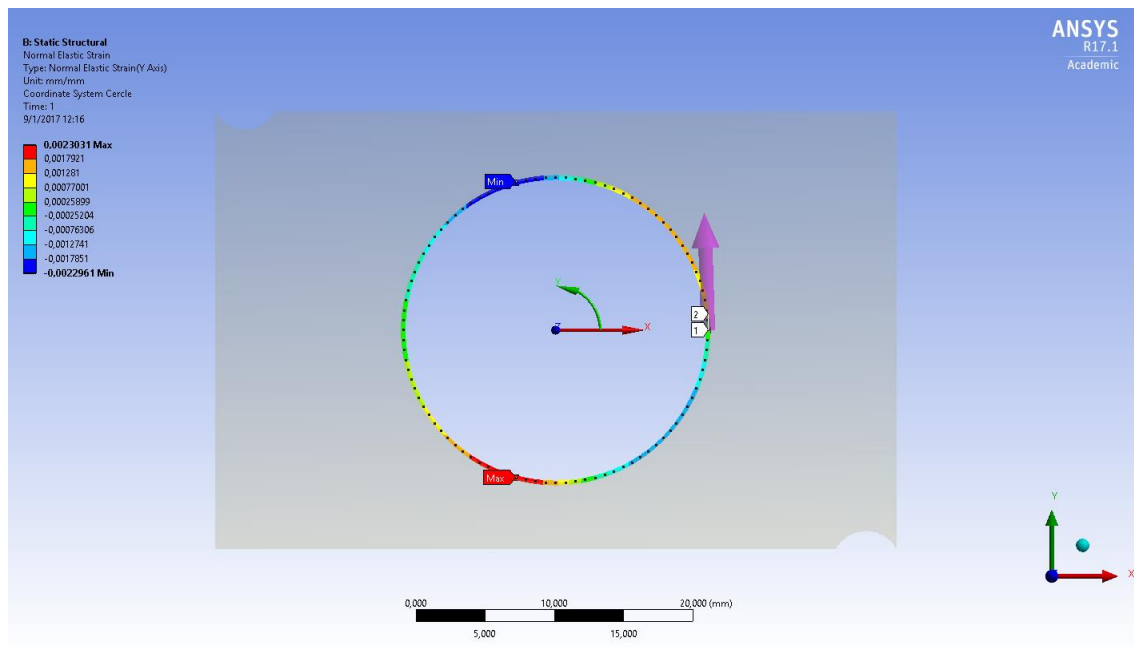
La distribució de tensions de Von Mises que es produeixen al llarg del recorregut on s'estableixen les galgues es mostra en la *Figura 22*:



**Figura 22: Distribució de tensions produïdes al llarg del path**

En aquest cas, la tensió màxima pren un valor de 495 MPa i la tensió mínima, de -494 MPa.

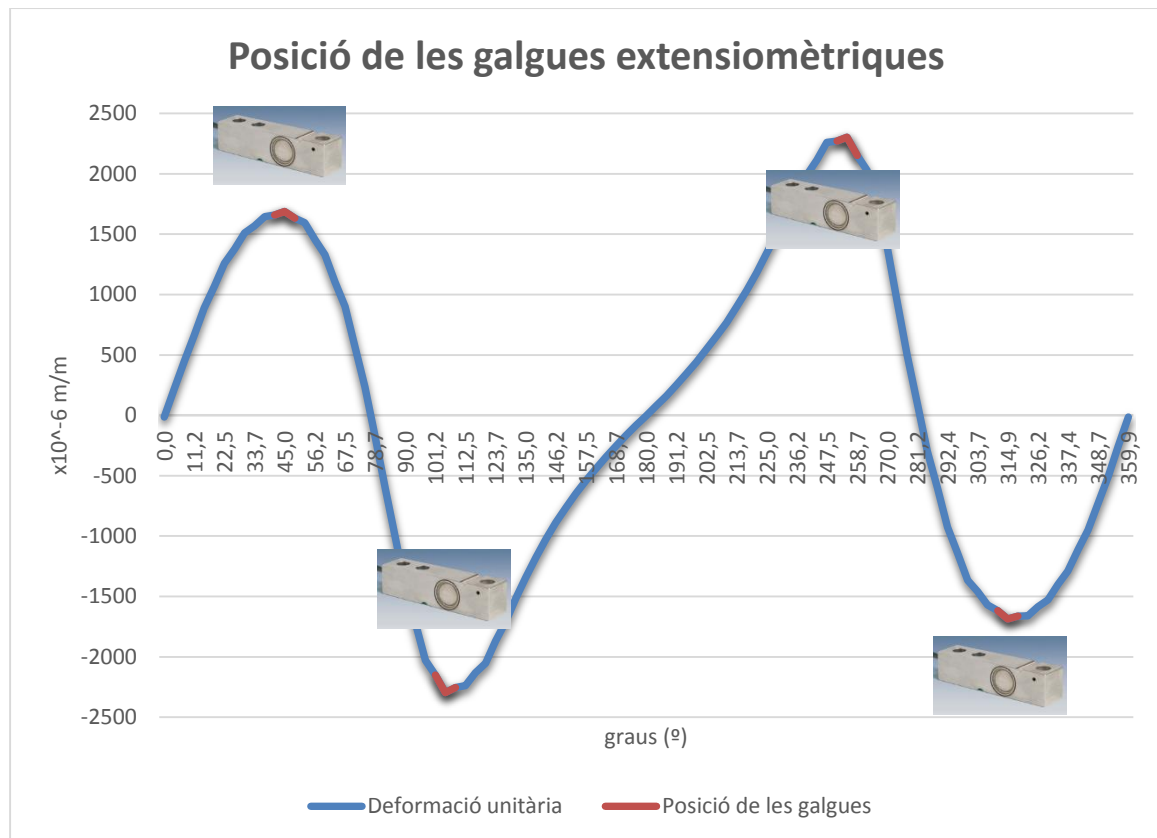
En la *Figura 23* es mostra la deformació elàstica unitària que es produeix al llarg del path establert.



**Figura 23: Deformació elàstica unitària produïda al path**

Tal i com es pot observar, la deformació elàstica unitària màxima correspon a  $2303 \times 10^{-6} m/m$  aproximadament i es troba ubicada en la zona on es produeix la tensió màxima (tercer quadrant). D'altra banda, la deformació elàstica unitària mínima correspon a  $-2296 \times 10^{-6} m/m$  i es troba ubicada en el segon quadrant.

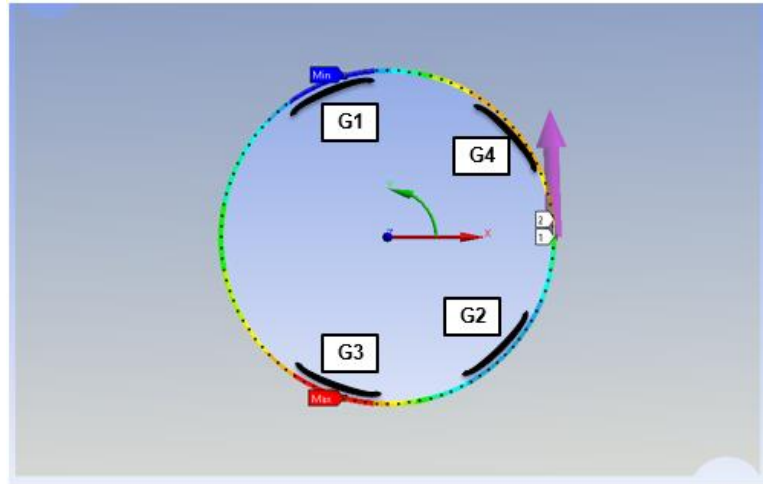
En el *Gràfic 1* es mostra la deformació elàstica unitària en funció de l'angle de gir:

**Gràfic 1: Posició de les galgues extensiomètriques**

Un cop determinats els punts on s'estableixen les galgues extensiomètriques és moment de fer el corresponent anàlisi de sensibilitat prenent com a dades de deformació els valors màxims i mínims del *Gràfic 1*.

En aquest cas, es disposen de quatre galgues tal i com es mostra en la *Figura 24*:

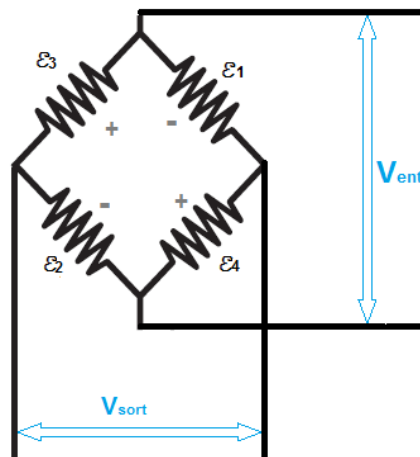




**Figura 24: Posició de les galgues**

La galga 1 (G1) tindrà una deformació unitària ( $\varepsilon_{G1}$ ), d'acord als valors extrems de l'ANSYS, de  $-2300 \times 10^{-6} m/m$ ; mentre que la galga 2 (G2) tindrà una deformació unitària  $\varepsilon_{G2}$  de  $-1690 \times 10^{-6} m/m$ ; la galga 3 (G3) una  $\varepsilon_{G3}$  de  $2300 \times 10^{-6} m/m$  i, finalment, la galga 4 (G4) tindrà una deformació unitària  $\varepsilon_{G4}$  de  $1690 \times 10^{-6} m/m$ .

La connexió d'aquestes galgues es realitzarà d'acord a l'esquema de pont de Wheastone de la *Figura 25*:



**Figura 25: Connexió de les galgues**

El càlcul de la sensibilitat en voltatge d'un pont de Wheastone segueix l'Eq (6)

$$\frac{V_{sortida}}{V_{entrada}} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_A}{R_A} - \frac{\Delta R_B}{R_B} + \frac{\Delta R_C}{R_C} - \frac{\Delta R_D}{R_D} \right) \quad Eq (6)$$

On  $V_{ent}$  és el voltatge d'entrada en V;  $V_{sort}$  és el voltatge de sortida en V;  $R_A$  i  $R_C$  són les resistències de les branques positives de la *Figura 25*; i  $R_B$   $R_D$  són les resistències de les branques negatives.

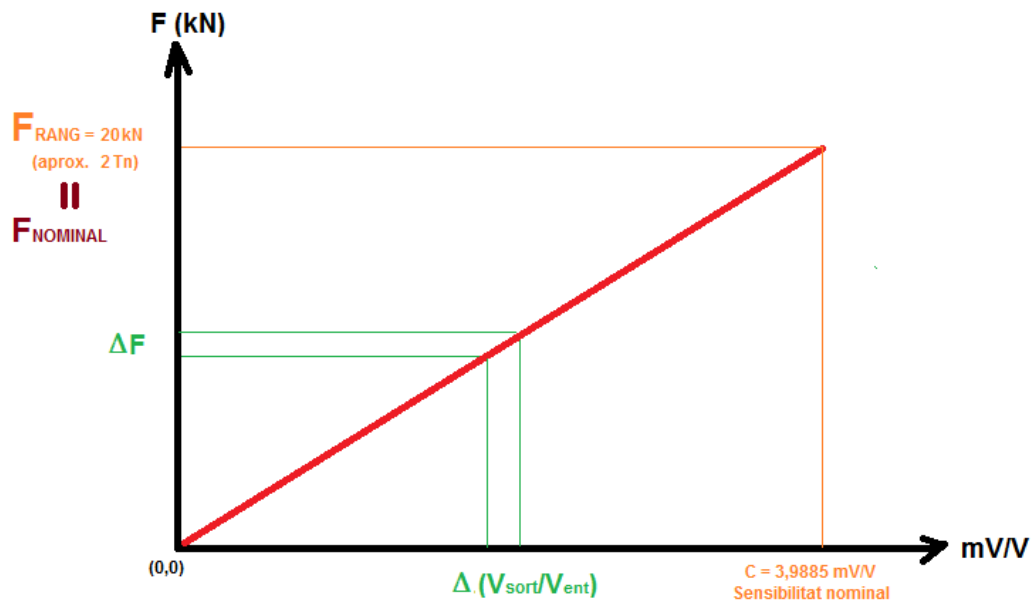
Quan es fan servir les galgues, i es considera que el factor de galga és semblant per totes elles, aquesta expressió passa a ser l'(Eq 7):

$$\frac{V_{sortida}}{V_{entrada}} = \frac{k}{4} (\varepsilon_3 - \varepsilon_1 + \varepsilon_4 - \varepsilon_2) \quad Eq (7)$$

Com que les galgues comercials solen tenir un factor de galga  $k$  de valor 2 aproximadament, l'equació anterior queda com Eq (8)

$$\frac{V_{sortida}}{V_{entrada}} = \frac{1}{2} (\varepsilon_3 - \varepsilon_1 + \varepsilon_4 - \varepsilon_2) \quad Eq(8)$$

Aquesta Eq (8) permet calcular la sensibilitat nominal de la cèl·lula de càrrega (C) que s'està analitzant. En aquest cas s'obté un valor de sensibilitat nominal teòrica de 3,9855 mV/V. En el *Gràfic 2* es representa la sensibilitat nominal teòrica obtinguda d'acord a la força nominal aplicada: 20 kN (aprox. 2 Tn):

**Gràfic 2: Sensibilitat nominal teòrica de la cèl·lula MODEL 350 (2000kg)**

Si es compara aquest valor amb la sensibilitat nominal proporcionada pel fabricant (*Annex E: Descripcions Tècniques*) que pren un valor de  $2\text{mV/V}$ , es pot concloure que el diàmetre intern de la cèl·lula de càrrega D ha d'ésser més petit que el considerat en aquest anàlisi ( $22\text{mm}$ ) per tal de reproduir amb més fidelitat la geometria interna de la cèl·lula.

Un altre motiu pel qual el valor de sensibilitat és lleugerament diferent al del fabricant pot ser degut a la naturalesa de les galgues. En aquest anàlisi s'ha considerat una longitud de galga de  $3\text{mm}$  ja que és el valor més habitual, però pot ser que les galgues que incorpori aquest model siguin de longitud diferent.

Per últim, un altre paràmetre que pot afectar a l'anàlisi de la sensibilitat és la posició real de les galgues, la qual pot diferir de les posició considerada en aquest estudi.

Pel que fa a la sensibilitat de mesura, aquesta es pot calcular a partir de les dades de l'equip de mesura. L'equip disponible en el Laboratori és un Spider 8-30 de la marca HBM i es considera que té una sensibilitat de  $1 \times 10^{-3} \text{mV/V}$ .

Així, emprant l'Eq (9):

$$\Delta F = F_{RANG} \frac{\Delta(V_{sort}/V_{ent})}{C} \quad \text{Eq (9)}$$

On  $F_{RANG}$  és la força nominal aplicada i té un valor de 20.000 N (aprox. 2 Tn);  $\Delta(V_{sort}/V_{ent})$  és la sensibilitat de l'equip de mesura i pren per valor  $1 \times 10^{-3} mV/V$ ; i  $C$  és la sensibilitat nominal teòrica obtinguda anteriorment; és a dir: 3,9885 mV/V.

La sensibilitat de mesura  $\Delta F$  obtinguda és de 0,5 kN (aprox. 0,05Tn).

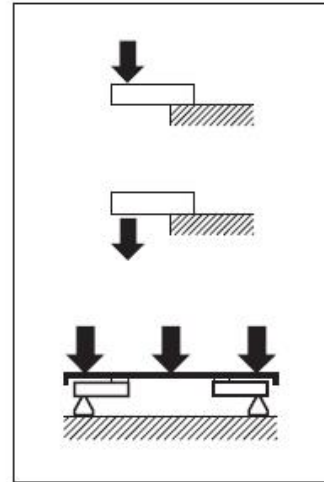
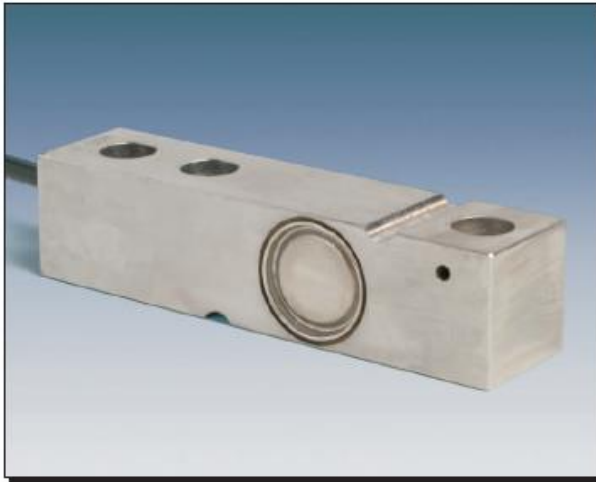
# **ANNEX E:**

# **Descripcions Tècniques**

E.1. FITXA TÈCNICA DE LA CÈL·LULA MODEL 350 (2000 kg)



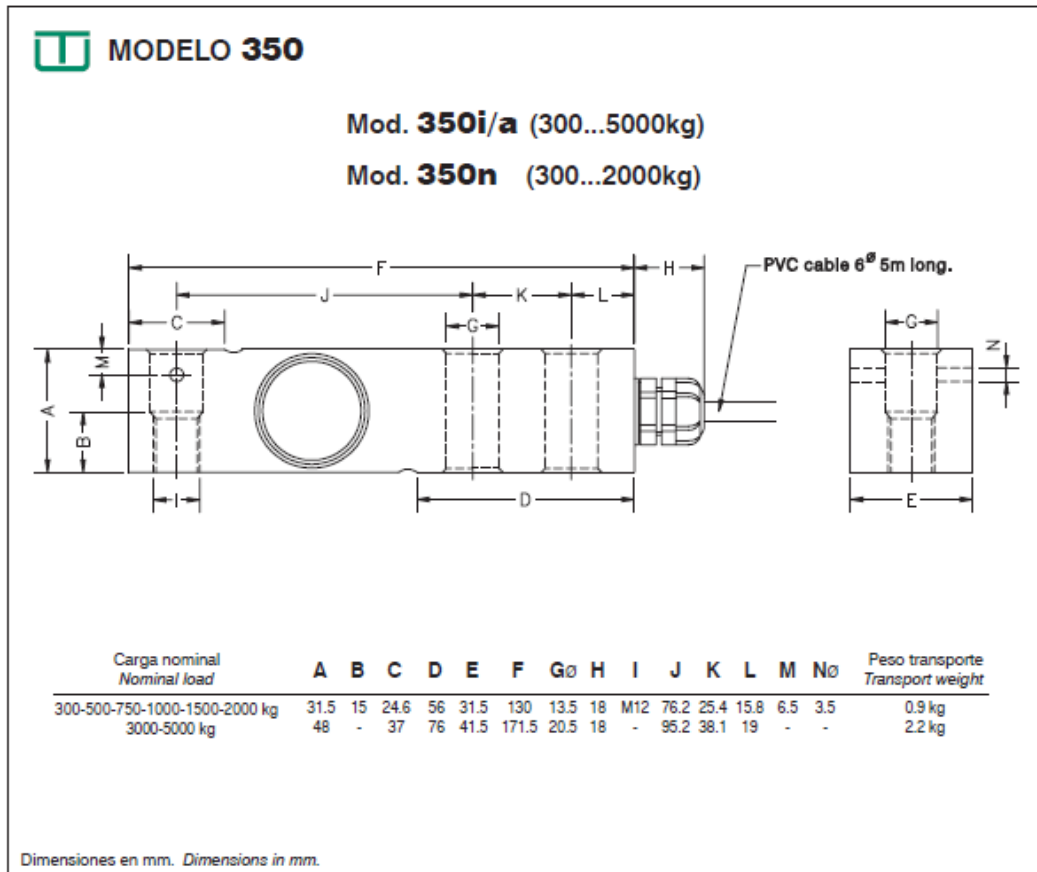
**MODELO 350**  
300kg ... 5000kg



- Célula de carga de cizallamiento
- Versiones:
  - **350i** (300...5000kg): Totalmente en acero inox. Sellado hermético, completamente soldada, IP 68 (EN 60529) e IP 69K (ISO 20653)
  - **350a** (300...5000kg): Construcción en acero inox. Sellado silicona, IP 66 (EN 60529)
  - **350n** (300...2000kg): Construcción en acero niquelado. Sellado silicona, IP 66 (EN 60529)
- 3000 divisiones O.I.M.L. R60 clase C
- Preajuste de esquinas optimizado para sistemas multicélulas
- Disponible en versión **ATEX** (opcional) Zona 0-1-2 (gas) y 20-21-22 (polvo)
- Aplicaciones industriales de alta precisión:
  - plataformas con 4 células
  - reactores, tanques y tolvas

- Shear beam load cell
- Versions:
  - **350i** (300...5000kg): Fully Stainless Steel construction. Hermetically sealed, fully welded, IP 68 (EN 60529) and IP 69K (ISO 20653)
  - **350a** (300...5000kg): Stainless Steel construction. Silicone sealing, IP 66 (EN 60529)
  - **350n** (300...2000kg): Nickel-plated Steel alloy. Silicone sealing, IP 66 (EN 60529)
- 3000 divisions O.I.M.L. R60 class C
- Pre-corner adjustment optimized for multicell systems
- Available in **ATEX** version (optional) Zone 0-1-2 (gas) and 20-21-22 (dust)
- High accuracy on industrial applications:
  - four load cells platforms
  - tanks and hoppers weighing

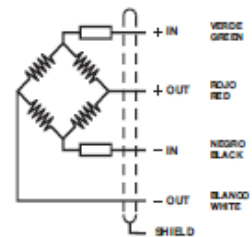
Modelo Model	Carga nominal Nominal capacity Ln	Clase de precisión Accuracy class n. OIML	División mínima Minimum division vmin	Carga de servicio Service load 150 % Ln	Carga límite Safe load 200 % Ln
350 300 kg	300 kg	3000	30 g	450 kg	600 kg
350 500 kg	500 kg	3000	50 g	750 kg	1000 kg
350 750 kg	750 kg	3000	75 g	1125 kg	1500 kg
350 1000 kg	1000 kg	3000	100 g	1500 kg	2000 kg
350 1500 kg	1500 kg	3000	150 g	2250 kg	3000 kg
350 2000 kg	2000 kg	3000	200 g	3000 kg	4000 kg
350 3000 kg	3000 kg	3000	300 g	4500 kg	6000 kg
350 5000 kg	5000 kg	3000	500 g	7500 kg	10000 kg



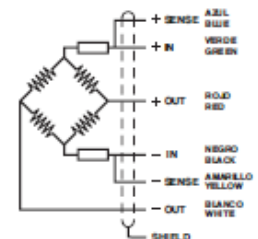
ESPECIFICACIONES			SPECIFICATIONS
Cargas nominales (Ln)	300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000	kg	Nominal capacities (Ln)
Clase de precisión	3000	n. OIML	Accuracy class
Carga mínima	0	%Ln	Minimum dead load
Carga de servicio	150	%Ln	Service load
Cargas límite	200	%Ln	Safe load limit
Error combinado	< ±0.017	%Sn (1)	Total error
Error repetibilidad	< ±0.015	%Sn	Repeatability error
Efecto de la temperatura: en el cero en la sensibilidad	< ±0.01 < ±0.006	%Sn/5 °C %Sn/5 °C	Temperature effect: on zero on sensitivity
Error de fluencia (30 minutos)	< ±0.016	%Sn	Creep error (30 minutes)
Compensación de temperatura	-10...+40	°C	Temperature compensation
Límites de temperatura	-30...+70	°C	Temperature limits
Sensibilidad nominal (Sn)	2	mV/V (2)	Nominal sensitivity (Sn)
Tensión de alimentación nominal	10	V	Nominal input voltage
Tensión de alimentación máxima	15	V	Maximum input voltage
Resistencia de entrada	400 ±20	Ω	Input impedance
Resistencia de salida	350 ±3	Ω	Output impedance
Desequilibrio inicial	< ±2	%Sn	No load output
Resistencia de aislamiento	> 5000	MΩ	Insulation resistance
Deformación máxima (a Ln)	0.2-0.4	mm	Maximum deflection (at Ln)
(1) Error combinado: No Linealidad e Histéresis / Total error: Non Linearity and Hysteresis			
(2) Preajuste de esquinas optimizado al ±0.05% mediante la calibración de la corriente de salida / Pre-corner adjustment optimized at ±0.05% by output current calibration			

CONEXION ELECTRICA  
ELECTRICAL CONNECTION:

MOD. 350a/350n

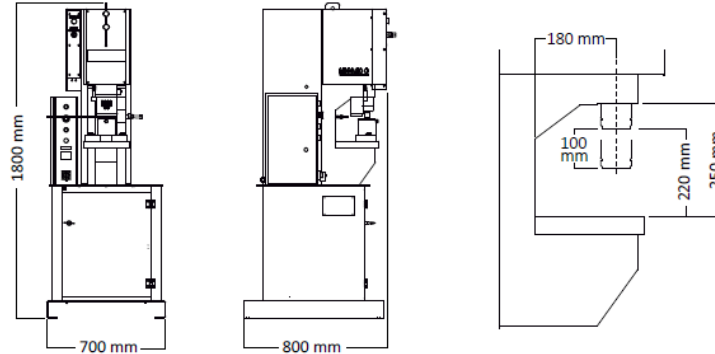


MOD. 350i



## E.2. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE LA PUNXONADORA NARGESA MX 340G

DIMENSIONES EXTERIORES · EXTERNAL DIMENSIONS · DIMENSIONS EXTERNE



Todos los productos Nargesa se adaptan a las normas CE de fabricación de maquinaria industrial.  
 All products Nargesa are according to the European CE normative and regulations for the manufacturing of industrial machinery.  
 Tous les produits Nargesa sont conformes aux normes CE de fabrication de machines industrielles.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TECHNICAL CHARACTERISTICS · CARACTERISTIQUES TECHNIQUE	
Potencia del motor Engine power · Puissance du moteur	2,2 KW / 3CV
Tensión tres fases Three-phased tension · Tension trois phases	230 / 400 V
Potencia hidráulica Hydraulic power · Puissance hydraulique	40 Tn
Velocidad de trabajo Working speed · Vitesse de travail	7,1 mm/s
Velocidad de retroceso Return speed · Vitesse de retour	9,3 mm/s
Recorrido del punzón Punch displacement · Course du poinçon	100 mm
Cuello de cisne Neck · Profondeur du col de cygne	180 mm
Mesa portamatrices Tooling support table · Dimensions de la table	245x265 mm
Peso Weight · Poids	615 Kg

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO  
 AUTHORIZED WHOLESALER · DISTRIBUTEUR AUTORISÉ

**NARGESA®**

PRADA NARGESA S.L.  
 Ctra. de Garrigàs a Sant Miquel s/n  
 17476 Palau de Sta. Eulalia (Girona) Spain  
 Tel. 972 568 085 Fax 972 568 320  
 www.nargesa.com  
 nargesa@nargesa.com

La informació detallada en el present folletó pot patir variacions.  
 This information might undergo changes · L'information détaillée dans cette brochure peut souffrir variations.



MX340G



### E.3. ACCESORIS DE LA PUNXONADORA NARGESA MX 340G



#### ► Accesorios

Todas las punzonadoras Nargesa van equipadas con el útil de punzonado, con un punzón y una matriz redonda a elegir de 3 a 28mm. El resto de matrices son opcionales, es decir, cada cliente equipa su máquina como desea y necesita

#### Tuercas para los punzones MX340



TAP

#### Tipo Tuercas para los punzones

TAP28	Tuerca para punzones N28 <i>De serie</i>
TAP40	Tuerca para punzones N40
TAP50	Tuerca para punzones N50
TAP60	Tuerca para punzones N60
ATAP	Acoplamiento para TAP60



ATAP

#### Acoples para las matrices MX340



CAB

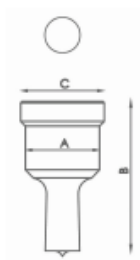
#### Tipo Acoples para las matrices

N46	Acoplamiento para matrices N46 <i>De serie</i>
N60	Acoplamiento para matrices N60
N78	Acoplamiento para matrices N78
N100	Portabases para matrices N100
N125	Portabases para matrices N125



PORTABASES

#### Punzones redondos estándar MX340

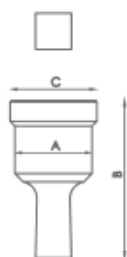


Tipo	Medidas disponibles en mm Ø	A	B	C
N28	3/3'5/4/4'5/5/5'5/6/6'5/7/7'5/8/8'5 9mm hasta 28mm de Ø'5 en Ø'5mm	28 mm	58 mm	31,5 mm
N40	29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40mm	40 mm	64 mm	43,5 mm
N50	41/42/43/44/45/46/47/48/49/50mm	50 mm	58 mm	54 mm
N60	52/54/56/58/60mm	60 mm	58 mm	64 mm
N75	62/64/66/68/70/72/74mm	75 mm	58 mm	79 mm
N100	76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100mm	100 mm	58 mm	104 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*



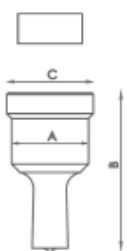
**Punzones cuadrados estándar MX340**



Tipo	Medidas disponibles en mm Ø	A	B	C
N28	4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20mm	28 mm	58 mm	31,5 mm
N40	21/22/24/26/28mm	40 mm	64 mm	43,5 mm
N50	31/33/35mm	50 mm	58 mm	54 mm
N75	40/44/48/53mm	75 mm	58 mm	79 mm
N100	58/64/70mm	100 mm	58 mm	104 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

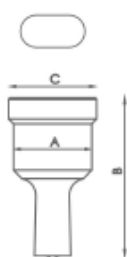
**Punzones rectangulares estándar MX340**



Tipo	Medidas disponibles en mm Ø	A	B	C
N28	7x10/7x15/9x13/9x19/11x17/11x23 13x19/13x25/15x21mm	28 mm	58 mm	31,5 mm
N40	15x27/17x25/19x30/20x34mm	40 mm	64 mm	43,5 mm
N50	25x43mm	50 mm	58 mm	54 mm
N75	25x70mm	75 mm	58 mm	79 mm
N100	25x96mm	100 mm	58 mm	104 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

**Punzones ovalados estándar MX340**

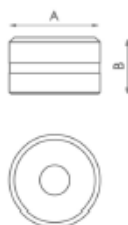


Tipo	Medidas disponibles en mm Ø	A	B	C
N28	7x10/7x15/7x20/9x13/9x19/11x17/11x23/13x18 13x22/13x27/15x20/15x24/15x27/17x22/17x26 19x26/21x27mm	28 mm	58 mm	31,5 mm
N40	13x31/15x31/17x31/17x40/19x31 19x40/21x31/21x40mm	40 mm	64 mm	43,5 mm
N50	25x45/25x50mm	50 mm	58 mm	54 mm
N75	27x63/27x75mm	75 mm	58 mm	79 mm
N100	30x87/30x100mm	100 mm	58 mm	104 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*



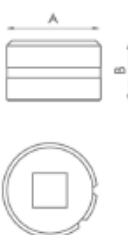
### Matrices redondas estándar MX340



Tipo	Medidas disponibles en mm	A	B
N46	3/3,5/4/4,5/5/5,5/6/6,5/7/7,5/8/8,5 9mm hasta 28mm de 0,5 en 0,5mm	46 mm	28,5 mm
N60	29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40mm	60 mm	32 mm
N78	41/42/43/44/45/46/47/48/49/50mm	78 mm	28,5 mm
N100	52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74mm	100 mm	28,5 mm
N125	76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100mm	125 mm	28,5 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

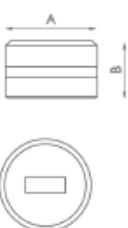
### Matrices cuadradas estándar MX340



Tipo	Medidas disponibles en mm	A	B
N46	4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20mm	46 mm	28,5 mm
N60	21/22/24/26/28mm	60 mm	32 mm
N78	31/33/35mm	78 mm	28,5 mm
N100	40/44/48/53mm	100 mm	28,5 mm
N125	58/64/70mm	125 mm	28,5 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

### Matrices rectangulares estándar MX340

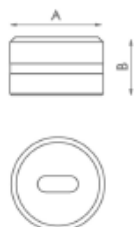


Tipo	Medidas disponibles en mm	A	B
N46	7x10/7x15/9x13/9x19/11x17/11x23/13x19/13x25/15x21mm	46 mm	28,5 mm
N60	15x27/17x25/19x30/20x34mm	60 mm	32 mm
N78	25x43mm	78 mm	28,5 mm
N100	25x70mm	100 mm	28,5 mm
N125	25x96mm	125 mm	28,5 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*



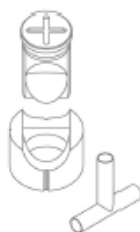
### Matrices ovaladas MX340



Tipo	Medidas disponibles en mm	A	B
N46	7x10/7x15/7x20/9x13/9x19/11x17/11x23/13x18/13x22/13x27 15x20/15x24/15x27/17x22/17x26/19x26/21x27mm	46 mm	28,5 mm
N60	13x31/15x31/17x31/17x40/19x31/19x40/21x31/21x40mm	60 mm	32 mm
N78	25x45/25x50mm	78 mm	28,5 mm
N100	27x63/27x75mm	100 mm	28,5 mm
N125	30x87/30x100mm	125 mm	28,5 mm

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

### Matrices de abocardar MX340



Referencia	Medidas disponibles en mm	Acoples necesarios	
MAN28	Tubo de 16 a 28mm	TAP 28	CAB 46
MAN40	Tubo de 28,5 a 40mm	TAP 40	CAB 60
MAN50	Tubo de 40,5 a 50mm	TAP 50	CAB 78
MAN60	Tubo de 50,5 a 60mm	TAP 60	

*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*

### Matrices de redondear esquinas MX340



Referencia	Radio en mm	Acoples necesarios	
MRE28	Radio de 3 a 15mm	TAP 28	CAB 46
MRE40	Radio de 16 a 22mm	TAP 40	CAB 60
MRE50	Radio de 23 a 30mm	TAP 50	CAB 78

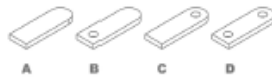
*Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante*



### Matrices de orejetas R1 MX340



Referencia	Modelo	Medidas ancho	Acoples necesarios
MOR1-35A	A	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR1-35B	B	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR1-35C	C	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR1-35D	D	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR1-50A	A	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP
MOR1-50B	B	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP
MOR1-50C	C	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP
MOR1-50D	D	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP



Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante.

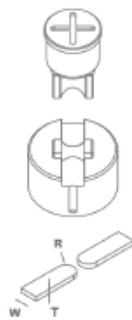
Al realizar el pedido especificar REFERENCIA, MODELO, R (radio), W (ancho pletina), T (grueso pletina)

En los modelos B, C y D especificar diámetro del agujero.

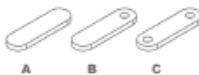
La longitud de la orejeta siempre es ajustable.

Capacidad de producción: 450 a 600 piezas la hora.

### Matrices de orejetas R2 MX340



Referencia	Modelo	Medidas ancho	Acoples necesarios
MOR2-35A	A	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR2-35B	B	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR2-35C	C	De 20 a 35mm	TAP28 / TAP40
MOR2-50A	A	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP
MOR2-50B	B	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP
MOR2-50C	C	De 40 a 50mm	TAP50 / TAP60 con ATAP



Para medidas distintas o superiores consultar con el fabricante.

Al realizar el pedido especificar REFERENCIA, MODELO, R (radio), W (ancho pletina), T (grueso pletina)

En los modelos B, C y D especificar diámetro del agujero.

La longitud de la orejeta siempre es ajustable.

Capacidad de producción: 450 a 600 piezas la hora.