Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 1. Memòria i annexos, Doc 2. Plànols, Doc 3. Plec de condicions, Doc 4. Estat d'amidaments, Doc 5. Pressupost, Doc 6. Resum del projecte

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 1. Memòria i annexos

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ 1

1.1 ANTECEDENTS 1

1.1.1 ús de materials compostos en el sector de l'automoció 1

1.2 OBJECTE 3

1.3 ABAST 3

2 DESCRIPCIÓ DELS ASSAIGS 3

3 ASSAIG A TRACCIÓ 5

3.1 MÈTODE ACTUAL 5

3.2 MÈTODE REALITZAT 5

3.3 UTILLATGE 7

4 ASSAIG DE COMPACTACIÓ 8

4.1 MÈTODES ACTUALS 8

4.2 MÈTODE REALITZAT 8

4.3 UTILLATGE 9

5 ASSAIG DE FLEXIÓ 11

5.1 MÈTODE ACTUAL 11

5.2 MÈTODE REALITZAT 11

5.3 UTILLATGE 13

6 ASSAIG A TALLANT 14

6.1 MÈTODES ACTUALS 14

6.2 MÈTODE REALITZAT 15

6.3 UTILLATGE 19

7 RESUM PRESSUPOST 21

8 CONCLUSIONS 21

9 RELACIÓ DE DOCUMENTS 22

10 BIBLIOGRAFIA 23

11 ANNEX A: METODOLOGIA D'ASSAIG 24

11.1 A.1 METODOLOGIA ASSAIG A TRACCIÓ 25

11.2 A.2 METODOLOGIA ASSAIG A COMPACTACIÓ 34

11.3 A.3 METODOLOGIA ASSAIG A FLEXIÓ 44

11.4 A.4 METODOLOGIA ASSAIG A TALLANT 51

12 ANNEX B: CONTROL SHEET 60

12.1 B.1 CONTROL SHEET TENSILE TEST 61

12.2 B.2 CONTROL SHEET COMPACTION TEST 64

12.3 B.3 CONTROL SHEET BENDING TEST 67

12.4 B.4 CONTROL SHEET SHEAR TEST 69

13 ANNEX C: MANUALS DE MUNTATGE 72

13.1 C.1 MUNTATGE UTILLATGE BENDING 73

13.2 C.2 MUNTATGE UTILLATGE SHEAR FRAME 77

14 ANNEX D: CÀLCULS 81

14.1 D.1 ANÀLISIS PER ELEMENTS FINITS DEL SQUARE FRAME 82

1 INTRODUCCIÓ

1.1 ANTECEDENTS

Una empresa del sector de l'automoció necessita caracteritzar les propietats mecàniques d'un material compost de matriu termoplàstica per a poder realitzar simulacions del procés de conformat de components i així poder disminuir els costos del procés de fabricació.

Aquesta empresa s'ha posat en contacte amb el grup de investigació AMADE de la Universitat de Girona per obtenir una solució sobre com obtenir les propietats mecàniques que requereixen per introduir-les a les seves simulacions.

1.1.1 ÚS DE MATERIALS COMPOSTOS EN EL SECTOR DE L'AUTOMOCIÓ

La tendència del sector automobilístic va encaminada a un sistema sostenible respectuós amb el medi ambient. Això comporta un desenvolupament constant en noves tecnologies com ho poden ser els vehicles elèctrics. La incorporació de bateries més pesants augmenten el consum dels vehicles. Per aquest motiu, el sector de l'automoció està entrant cada cop amb més força dins el món dels materials compostos, invertint en investigació i desenvolupament per a nous materials capaços de reduir pes als vehicles.

Els materials compostos ofereixen moltes avantatges,entre d'altres, la relació resistència/pes és més elevada que els materials convencionals. Un resum gràfic d'això es mostra a la Figura1.

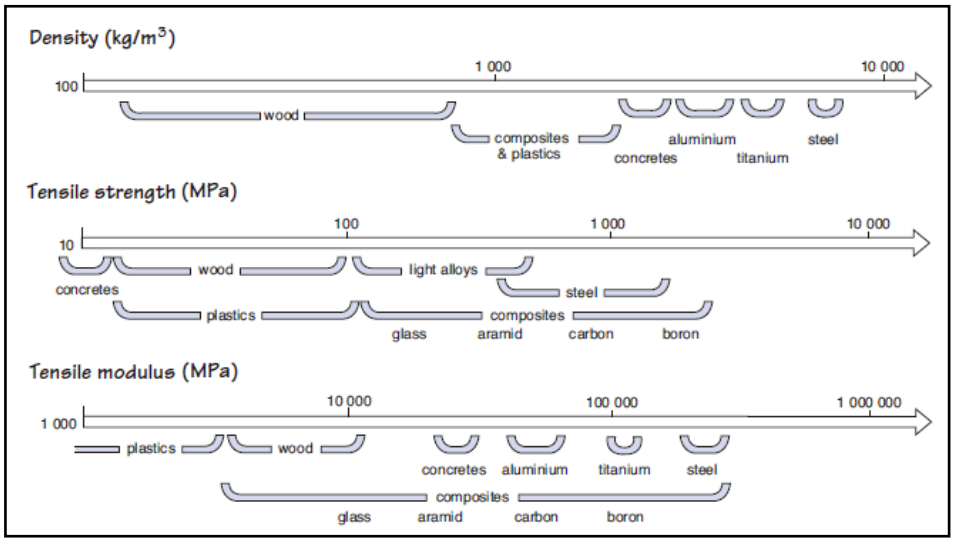


Figura 1. Classificació dels materials compostos entre altres materials segons propietats de densitat i resistència.

Tot i les grans avantatges que ofereixen els materials compostos, la seva producció pot ser més costosa que de materials convencionals i l'estudi del seu comportament més complex, doncs existeixen multituds de combinacions entre resina, fibra i orientació de fibra (unidireccional, teixida), fet que exigeix un estudi més profund a l'hora d'escollir la configuració desitjada.

Els materials de reforç (la fibra) proporcionen als materials compostos un rendiment mecànic (bona rigidesa i resistència) així com bones propietats tèrmiques, elèctriques i químiques, oferint al mateix temps un estalvi de pes significant sobre els metalls.

L'objectiu de la matriu és transferir càrrega a les fibres i mantenir les fibres en la seva posició i orientació escollida. La matriu també determina la resistència i la temperatura màxima de servei.

La producció de components amb materials compostos requereix una gran inversió en temps de fabricació ja que són processos llargs i complexos que encareixen i retarden la producció.

En aquests processos és on entra en joc la tecnologia prepreg (preimpregnats). Els prepregs són especialment formulats amb una matriu de resina reforçada amb fibres artificials de carboni,vidre o aramida. El preimpregnat és un material estructural sòlid altament resistent rígid i lleuger. Una configuració seria una capa amb fibra i resina (amb la proporció justa) semicurada.

A principis dels anys 80 els prepregs es consideraven materials especialitzats on només es feien servir en estructures secundàries. Avui en dia, els preimpregnats són la base per a estructures primàries.

El creixement de la industria, on s'inclou l'automoció, està generant un creixement en l'ús de preimpregnats i està sent impulsada a millorar aquesta tecnologia per tal de millorar el seu rendiment, millorar l'esforç a fatiga i per oferir una major llibertat en el disseny de components. Un exemple d'aquest creixement és el grup d'investigació AMADE de la Universitat de Girona.
La composició de dos configuracions que es poden obtenir d'un prepreg es poden veure en la Figura2.

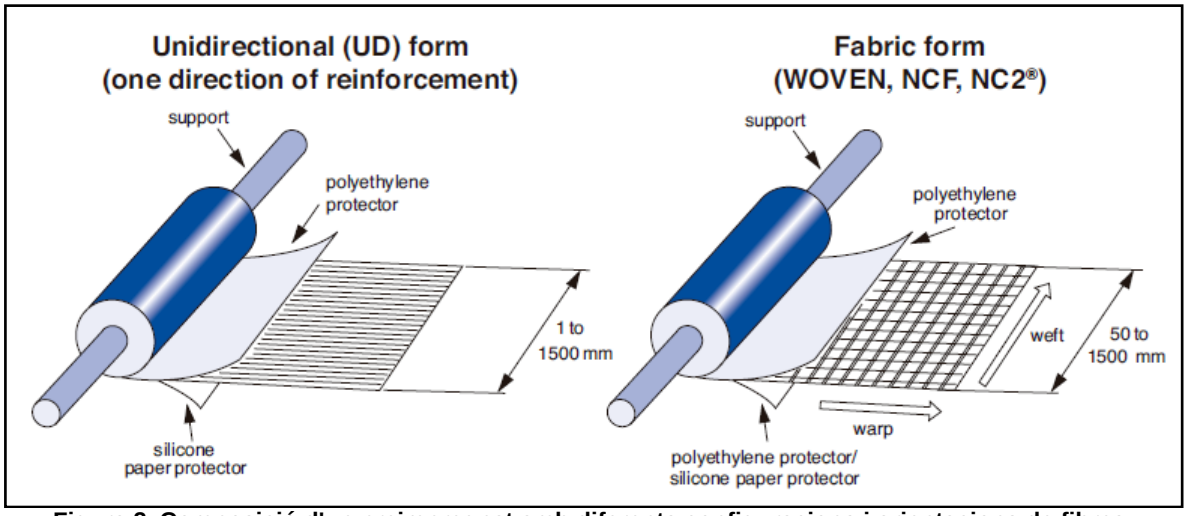


Figura 2. Composició d'un preimpregnat amb diferents configuracions i orientacions de fibres.

Amb la tecnologia prepreg es soluciona el problema de temps que hi ha en la producció clàssica de materials compostos al mateix temps quees redueix el cost de producció.

Els prepregs són de fàcil processament disminuint els costos de fabricació, reduint el consum d'energia i el número de components que cal fabricar. Ofereixen un control mes exhaustiu del contingut de fibres i un rendiment consistent. També ofereixen una optimització del pes i unes bones propietats mecàniques contra la fatiga, tensions, corrosió, durabilitat, reparacions, etc.

1.2 OBJECTE

L'objectiu d'aquest projecte és el de desenvolupar mètodes d'assaigs, per caracteritzar el comportament mecànic de materials compostos de matriu termoplàstica, durant el seu conformat.

1.3 ABAST

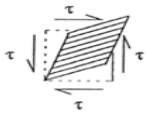
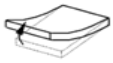
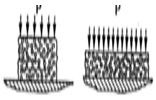
Per tal de complir amb l'objecte d'aquest projecte s'ha dut a terme les següents tasques:

- Revisió de l'estat de l'art de la tecnologia i els mètodes d'assaigs existents.
- Disseny dels utillatges a tallant i a flexió per a materials compostos semicurats
- Definició de la metodologia d'assaig adaptada a les capacitats del laboratori. Els assajos a definir seran: tracció, compactació, flexió i tallant.
- Definició dels mètodes de reducció de dades dels assajos, és a dir, tractament de les dades obtingudes als assajos per extreure'n una propietat.

2 DESCRIPCIÓ DELS ASSAIGS

Per tal de definir els mètodes d'assaigs, primerament s'ha de conèixer quines propietats del material es volen trobar. En aquest cas, es vol disminuir costos del procés de fabricació mitjançant simulacions numèriques del procés de conformat de components de material compost per tal de predir arrugues del material, gruix i orientació final de les fibres del component a fabricar. També es desitja definir i optimitzar estratègies de conformat i els paràmetres del procés, tals com velocitats d'eina, cicles de pressió, tipus de material, temperatura, etc.
Així doncs els assajos s'han de definir en unes condicions el més semblants possibles a les quals el material s'hi trobarà en el moment del conformat del component. S'utilitzarà material fresc, és a dir, semicurat, que és com arribar el material preimpregnat. Els assajos es realitzaran a diferents temperatures, respectant la temperatura de curació del material, que mai podrà passar dels 300ºC. La prolongació dels assajos tampoc han de superar el temps de curació màxima dels materials, doncs els assajos seran d'una duració màxima de 45 minuts.

Tenint en compte aquestes condicions, a la Taula1 es mostra la proposta dels diferents assajos a dur a terme.

MODE DE DEFORMACIÓ	REPRESENTACIÓ	ENTRADA DE SIMULACIÓ	COMENTARIS	POSSIBILITATS	DEPENDÈNCIA
Extensió (tracció)		Mòdul de Young (E)	Sentit de la fibra	Corba constant o esforç-desplaçament	Cap, velocitat de deformació, temperatura o ambdues
Cisallament (tallant)		Força/Desplaçament (G)	Tallant positiu i negatiu	Constant, força-desplaçament (només picture frame)	Cap, velocitat de deformació, temperatura o ambdues
Flexió		Simulacions per a la calibració de resistència a flexió (B1,B2)	2 sentits de la fibra	Constant o coeficient de flexió-curvatura	Cap o temperatura
Compactació		Gruix (pressió,angle tallant)	Diferents angles d'atac	Constant o corba	Cap, angle d'atac, pressió o ambdos

Taula 1. Diferents assajos per a caracteritzar el comportament mecànic de materials compostos de matriu termoplàstica.

Les màquines assaigs que es faran servir són dues. Una hidràulica per a l'assaig a tracció i una electromecànica per als assajos de compactació, flexió i tallant. Les dues màquines es poden observar a la Figura 3 i Figura 4 respectivament.

Figura 3. Màquina d'assaig hidràulica.

Figura 4. Màquina d'assaig electromecànica.

3 ASSAIG A TRACCIÓ

L'assaig a tracció es fa amb la finalitat de trobar el mòdul de Young del material. En aquest cas, al ser un material compost format per fibres es trobaran dos mòduls, un per a cada direcció de les fibres. Una representació simple d'això es pot observar a la Figura5.

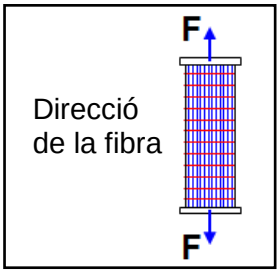


Figura 5. Esquema de l'assaig d'un material compost. Fer-lo en la direcció de la fibra que es vol estudiar.

3.1 MÈTODE ACTUAL

L'assaig a tracció està molt generalitzat en tot tipus de materials. Dintre de materials compostos, seguint normativa aeroespacial i dins un sistema de qualitat ISO9001, que és com es treballa al laboratori d'AMADE, s'utilitza la normativa d'assaig ASTMD3039.

3.2 MÈTODE REALITZAT

Es busca trobar el comportament del material a diferents temperatures. Aquesta normativa està contemplada per a teixit curat i molt limitada en quant a característiques del material, com per exemple, continuïtat de les fibres i laminat equilibrat i simètric respecte la direcció de l'assaig. Com que els preimpregnats que es faran servir en aquesta metodologia, no se sap si compleixen tots els requeriments, el que es proposa és una adaptació de la normativa ASTMD3039 que permeti realitzar un procés amb un estàndard de qualitat afegint altres alteracions com pot ser la temperatura d'assaig, per conèixer el comportament del material a altes temperatures (fins a 280ºC).

El procediment d'assaig detallat es pot trobar a l'Annex A.1.

El mòdul de Young és la propietat que permet predir el comportament d'un material durant el seu règim elàstic. L'assaig a tracció també defineix la tensió última a ruptura, La Figura 6 representa això.

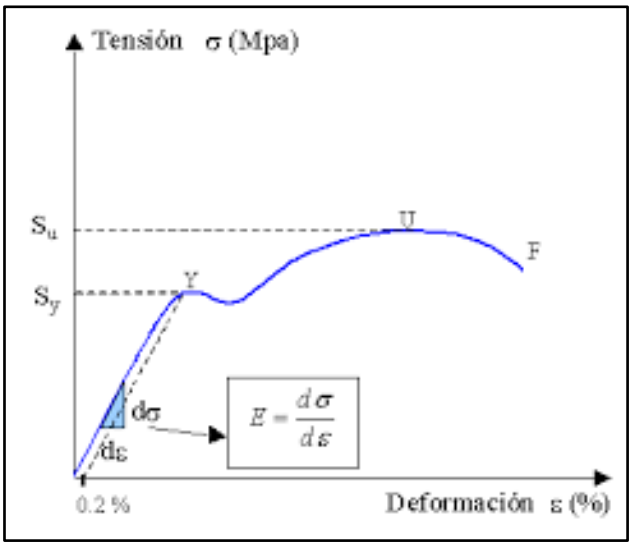


Figura 6. Representació del comportament d'un material. Deformació(%) vs tensió (MPa).

Per començar el procediment, primer s'han de preparar el lot de provetes. El lot de provetes és el conjunt de mostres que surten d'una mateixa partida. Totes les mostres d'un lot tenen les mateixes propietats, i és important comparar els resultats dels assajos entre mostres d'un mateix lot, per verificar els resultats.
En aquest cas es té un lot. El nombre mínim de mostres per lot vindrà especificat per el client. Abans de tot, s'han de verificar les mesures i l'estat actual de la proveta, és a dir, comprovar que entren dins les toleràncies de mesures i que no estan danyades per algun cop o tenen algun defecte de fabricació. Les mostres per a l'assaig a tracció venen definides a la Figura 7.

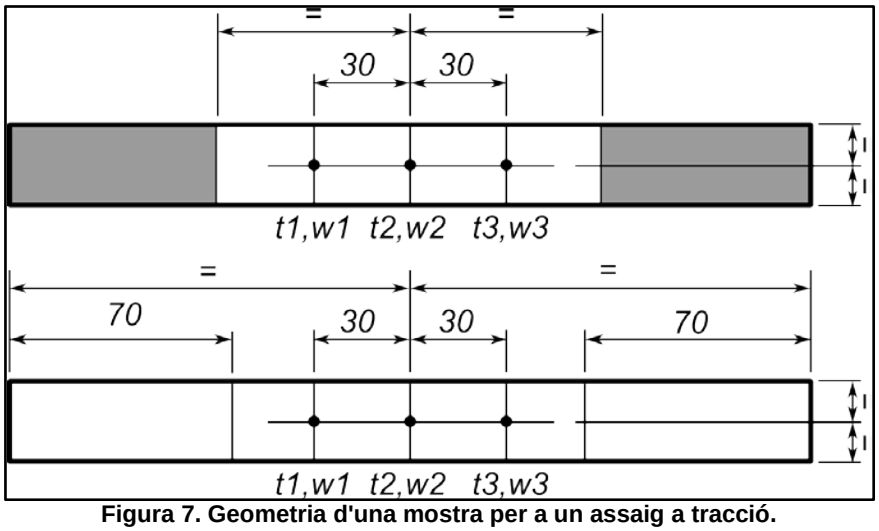


Figura 7. Geometria d'una mostra per a un assaig a tracció.

Les provetes seran rectangulars seguint de referència la normativa ASTMD3039, amb una longitud de 250 mm (0º), una amplitud de 15 mm (0º) i un gruix de 1 mm (0º), o bé de longitud 175 mm (90º), una amplitud de 25mm (90º) i un gruix de 2mm (90º).

El motiu pel qual les provetes són tan llargues en comparació amb la seva amplada, és que es volen evitar interferències en la zona de subjecció de la proveta amb la grapa, ja que la zona d'estudi és la central. Les condicions de temperatura i condicionament de la proveta han de ser les requerides abans de poder començar.
Un cop la màquina hagi estat preparada segon la metodologia indicada, es procedeix a col·locar una proveta subjectada amb una grapa a cada extrem. Per finalitzar, es sotmet la proveta a una càrrega progressiva fins que aquesta es trenca a una velocitat constant de càrrega de 2 mm/min.

Amb les dades extretes, s'obté una gràfica molt semblant a la mostrada a la Figura 6 mostrada anteriorment. A partir d'aquesta gràfica es pot calcular el mòdul de Young de les fibres en la direcció en què s'ha fet l'assaig.

3.3 UTILLATGE

Degut a què en el laboratori de AMADE es duen a terme molts assajos a tracció de diferents materials, en aquest cas no ha calgut realitzar cap disseny ni cap adaptació d'un utillatge per a la realització de l'assaig. Només farà falta un parell de grapes per a la subjecció de la proveta com les mostrades en la Figura 8.

Figura 8. Grapes de subjecció de la proveta a la màquina assaig.

4 ASSAIG DE COMPACTACIÓ

Aquest assaig és necessari degut al procés de fabricació dels components amb materials compostos, ja que una de les fases és introduir el material en una cambra de buit amb pressions molt elevades i a altes temperatures per a dur a terme la curació d'aquest.. Això implica haver de conèixer quines conseqüències tindran aquestes condicions sobre el material, com per exemple alteració del gruix o possible reorientació de les fibres, per poder predir el seu comportament i millorar-ne el disseny.

4.1 MÈTODES ACTUALS

A diferència de l'assaig a tracció que està molt generalitzat i es poden trobar diferents normatives segons el material d'estudi, per un assaig a compactació, tot el que hi ha fins ara són mètodes experimentals dels quals la gran majoria es centren en parts teòriques de modelització del comportament de les fibres en 2D i 3D. A més, hi ha la dificultat afegida que en un material preimpregnat, l'objecte d'estudi és la fibra, però també s'hi troba la resina, de manera que s'ha de vigilar a l'hora d'escollir el procediment d'assaig si no es volen cometre errors.

4.2 MÈTODE REALITZAT

Es proposa un mètode d'assaig experimental per obtenir directament la corba de compactació. Aquest procediment inclou mostres fabricades amb materials preimpregnats, de manera que la resina no afecta al resultat sempre i quan es segueixi rigorosament el procediment descrit. És un mètode desenvolupat per *Hubert i Poursartip (2000)*, que ha donat molts bons resultats amb un procediment senzill de dur a terme i capaç de repetir-se en les mateixes condicions indefinidament.

El procediment d'assaig detallat es pot trobar l'Annex A.2.

L'assaig tracta bàsicament de sotmetre la mostra a un estat de compressió elevat, aplicant al mateix temps temperatura (de 25 a 300ºC), que seran les condicions en què es trobarà el material en una de les fases del conformat de components. La idea principal és comprimir la mostra amb un objecte d'àrea coneguda que asseguri una pressió uniforme a sobre de la mostra de manera continua. Aquest funcionament es mostra a la Figura 9.

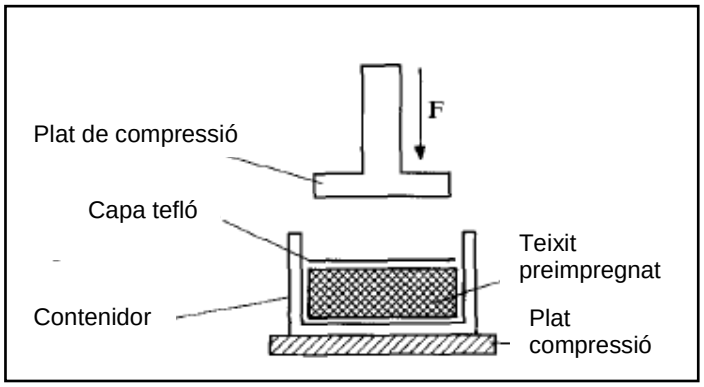


Figura 9. Croquis del procediment de l'assaig a compactació.

Bàsicament s'ha de posar la mostra sobre un plat de compressió i mitjançant un pistó, sotmetre la mostra a compressió mitjançant un altre plat. La mostra, al estar preimpregnada de resina, la compressió no s'aplicarà de cop, si no per etapes. De manera que el procediment a seguir de manera resumida serà recobrir la mostra amb una capa de tefló, així s'evita que s'enganxi al pistó o al plat de compressió. Així doncs, en aquest assaig, el que es controlarà serà el desplaçament que es realitza en cada etapa, i la cèl·lula de càrrega serà la que indiqui quina força està suportant la mostra. La mostra per aquest assaig tindrà una geometria com la mostrada a la Figura 10.

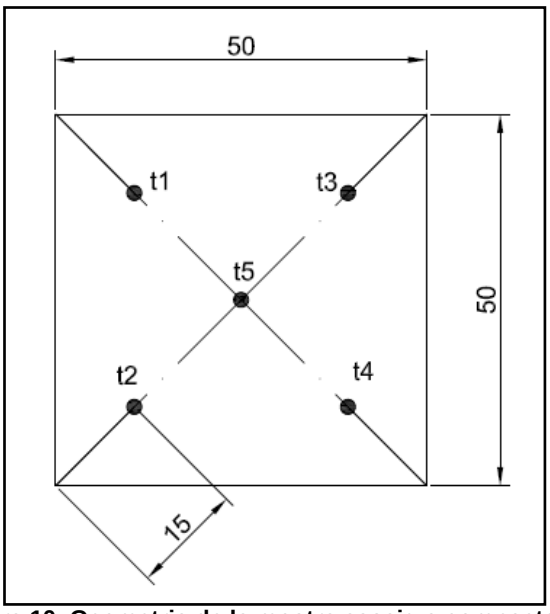


Figura 10. Geometria de la mostra assaig a compactació.

Un cop efectuat el primer desplaçament, cal esperar a que la força mesurada per la cèl·lula s'estabilitzi, de manera que es permet que flueixi la resina compensant l'efecte viscoelàstic. Un cop s'ha estabilitzat la força, comença la segona etapa i es torna a comprimir la mostra. Una possible referència de quant s'ha de desplaçar el pistó a cada etapa, pot ser aproximadament un 10% del gruix de la mostra, de manera que s'obtingui un total de 9 etapes. Un cop realitzat el segon desplaçament, s'espera a què la força mesurada per la cèl·lula s'estabilitza. Aquest procés iteratiu segueix fins que s'hagi desplaçat un 90% del gruix de la mostra, que és quan es dóna per finalitzat l'assaig. Finalment, s'obté la corba de compactació del material.

4.3 UTILLATGE

Al ser un assaig senzill, en quan a material necessari es refereix, només farà falta un plat de compressió i un pistó per comprimir la mostra.
Aquí es diferencia dos tipus de mostres:

- Les fabricades amb fibres unidireccionals (veure Figura 11), les quals es recolzaren sobre una base amb una entalla longitudinal, de manera que es restringeix el desplaçament transversal de la mostra, mentre que el desplaçament longitudinal de la pròpia fibra no es té en compte per ser molt petita, obtenint només així, deformació en l'eix vertical, és a dir, perpendicular a la direcció de la fibra.

- L'altra tipus de mostra, serà una mostra amb fibres teixides (veure Figura 12), la qual no es restringeix, si no que col·locarem directament a sobre del plat de compressió, sempre envoltada per una fina capa de tefló per evitar que s'enganxi al material del laboratori.

Figura 11. Tela unidireccional

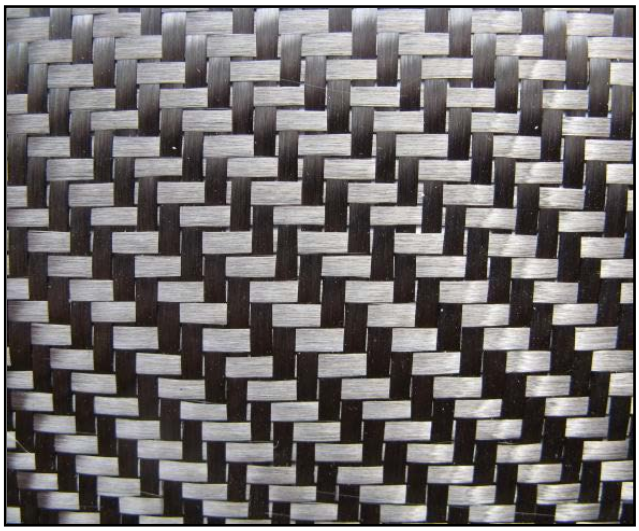


Figura 12. Tela teixida

Al laboratori ja es disposa d'un plat de compressió, però no és apte per al desenvolupament d'aquest assaig, ja que aguanta fins a 177ºC, així que serà necessària la compra d'un plat de compressió capaç de suportar temperatures de fins a 300ºC.

Es proposa un plat MTS model FYD204A d'acer, capaç de resistir fins a 20kN, amb un marge de temperatura entre -70/350ºC i 100mm de diàmetre, com es mostra a la Figura 13.

Figura 13. Plat de compressió MTS model FYD204A.

5 ASSAIG DE FLEXIÓ

Aquest assaig indicarà la rigidesa del material a la flexió, una propietat important que influeix directament en el disseny de components.

5.1 MÈTODE ACTUAL

Un cop més, existeixen multituds de normatives que contemplen assajos de flexió per a materials compostos, però fan referència a teixits secs i unes condicions d'orientació de fibra molt específiques. Així doncs, una normativa que pugui englobar els preimpregnats, de manera que ens asseguri un estàndard de qualitat en el procediment és la norma ASTM D1388-96E1.

5.2 MÈTODE REALITZAT

La norma ASTM D1388-96E1 fa referència a teixit de roba, però degut a les condicions en què es realitzarà l'assaig, la mostra a altes temperatures s'ha considerat que tindrà un comportament molt similar i per tant s'ha pres com a referència a l'hora de redactar el procediment.

El procediment d'assaig detallat es pot trobar l'Annex A.3.

Es parteix d'una mostra rectangular sobre una plataforma horitzontal. La geometria de la mostra es pot veure a la Figura 14.

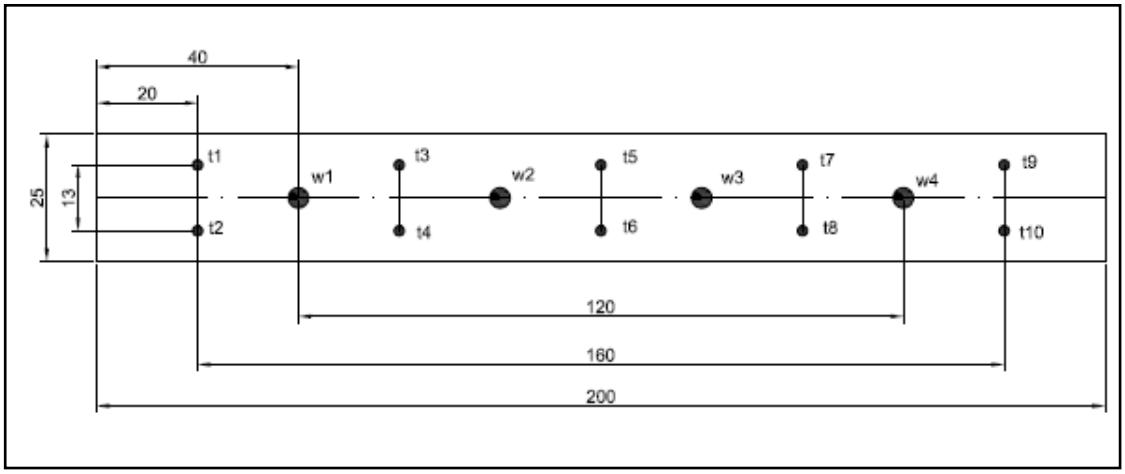


Figura 14. Geometria mostra de l'assaig a flexió.

La mostra s'estirarà per un extrem fins arribar al final de la plataforma horitzontal, on començarà una segona plataforma inclinada, a 41'5º. S'estirarà la mostra fent-la lliscar per sobre de la plataforma horitzontal a una velocitat constant, de manera que arribarà el punt en què la mostra es trobarà en voladís. La velocitat en què es desplaça la mostra serà de 5 mm/min, ja que és suficientment petita com perquè no alteri els resultats quan es realitzi l'assaig a altes temperatures. El desplaçament de la mostra serà efectuat per la màquina assaig. Mitjançant una politja s'aprofita el moviment vertical de la màquina d'assaig per desplaçar de manera horitzontal la mostra. L'assaig es dóna per finalitzat quan l'extrem de la mostra que es troba en voladís degut al desplaçament horitzontal, arriba a tocar la plataforma inclinada. En aquest assaig es mesura la distància de voladís de la mostra un cop l'extrem toca la superfície inclinada. Com que l'assaig comença amb la proveta just alineada amb el final de la superfície horitzontal, quan el voladís de la proveta toqui la superfície inclinada, la distància recorreguda serà la mateixa que la màquina s'hagi desplaçat.
Es diferenciaran dos lots de provetes, segons la direcció de la fibra que es vol mesurar. D'aquesta manera fent una mitjana i amb el procediment de reducció de dades descrit al procediment d'assaig es pot arribar a un valor global que ja té en compte les diferents direccions de les fibres.

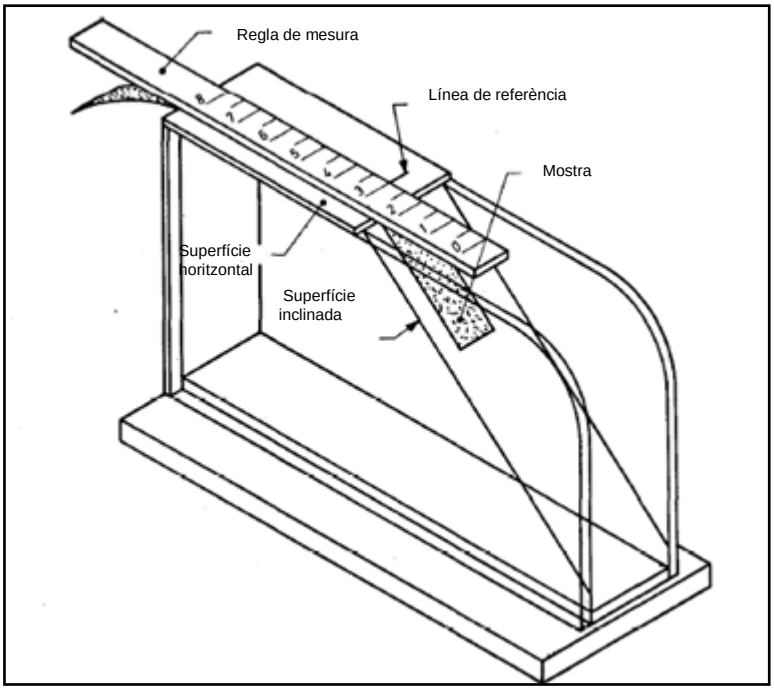


Figura 15. Croquis de l'assaig a flexió segons norma ASTM D1388-96E1

5.3 UTILLATGE

Degut a què l'assaig es realitzarà dins un forn a alta temperatura al qual no hi tindrem més que un accés visual a través d'una finestra en un lateral, es proposa un utillatge capaç d'aprofitar el propi desplaçament de la màquina assaig per tal de desplaçar la mostra per sobre la plataforma lliscant horitzontal.

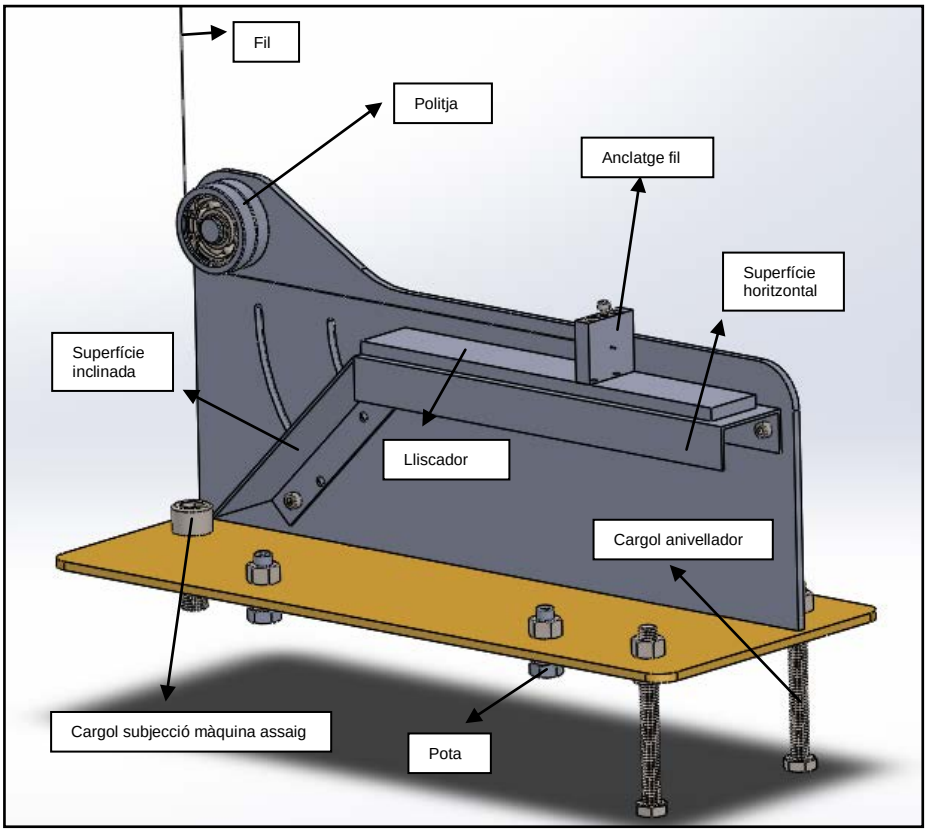


Figura 16. Disseny 3D utillatge per a flexió.

D'aquesta manera s'obté un control molt precís sobre el desplaçament de la mostra que és precisament una de les mesures a prendre durant l'assaig. El sistema bàsicament es basa en una plataforma horitzontal per on llisca la mostra i una plataforma inclinada que serà la encarregada de determinar quan s'acaba l'assaig.

Aquestes dues plataformes aniran collades sobre un xassís de xapa d'acer de 4mm de gruix, compost per dos xapes separades per a la seva fabricació amb tall per làser, però que posteriorment queden soldades.
A sobre la plataforma horitzontal s'hi col·loca la mostra. A sobre la mostra s'hi col·loca una peça d'acer encarregada de transmetre el moviment a la mostra, ja que a aquesta peça, s'hi fixa el fil que va fixat al pistó i que transmet el moviment. Aquest fil anirà subjectat per un extrem a la peça que, per el seu propi pes, subjecta la mostra i farà que es desplaci, i a l'altre extrem, ja fora del forn, a la màquina assaig. Passant el fil al voltant d'una politja amb un rodament per facilitar el gir, el desplaçament vertical de la màquina d'assaig desplaçarà de manera horitzontal la peça subjectada a l'altre extrem del fil, fent que la mostra també es desplaci solidària de forma horitzontal.
Els plànols complets del utillatge es poden trobar al document plànols.

6 ASSAIG A TALLANT

El drapejat d'un del material indica la tendència d'aquest a doblar-se. Aquesta propietat indica la caiguda que se li ha de donar a un doblec per tal que al confeccionar un component el material no s'arrugui. La millor manera de simular el drapejat d'un material és a partir d'un assaig a tallant. A més a més, el drapejat el patirà durant les etapes de curació del material dins de forns a temperatures i pressions elevades. Per aquest motiu l'assaig també es realitzarà en un rang de temperatures fins a 300ºC.

6.1 MÈTODES ACTUALS

Per obtenir aquesta propietat hi ha principalment dos mètodes, tal i com es mostra en la Figura 17 i Figura 18:

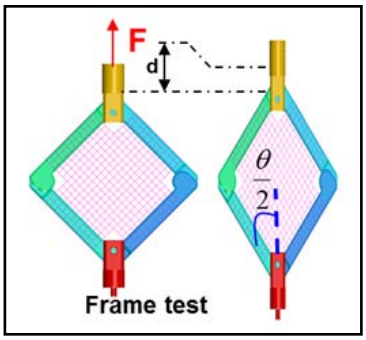


Figura 17. Mètode Shear Frame test.

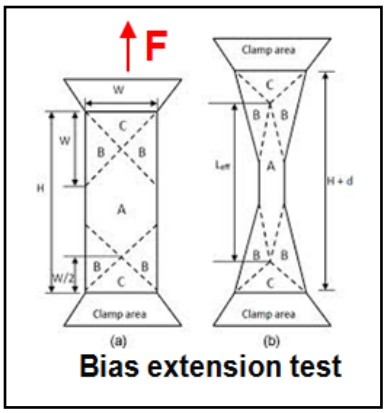


Figura 18. Mètode Bias extension test.

El mètode del marc a tallant (Shear Frame) és un procediment fàcil de realitzar i els resultats són raonablement repetibles. El seu funcionament tracta de subjectar el marc per dos vèrtexs oposats, tal com es pot veure a la Figura 17. L'extrem inferior del marc estarà fix durant tot l'assaig. L'extrem superior del marc serà estirat a una velocitat constant per la màquina d'assaig. Els punts d'unions entre l'utillatge i la màquina d'assaig, es realitza amb forquilles amb un M12x1,25. La subjecció de la mostra al marc es realitza mitjançant forats passants a la mostra i una platina que es col·loca a sobre la mostra. Amb els cargols es fixa la mostra al marc.

Donat que la deformació del material és essencialment homogènia al llarg de la mostra, la cinemàtica de deformació es calcula fàcilment. Per altra banda, els assajos a altes temperatures són un inconvenient degut a la plataforma de metall on recolza la mostra i la transferència de calor, ja que refredar el material adjacent a la mostra pot influir en els resultats. Una de les principals preocupacions són les condicions de contorn imposades a la mostra.

El mètode de Bias-extension comporta l'anàlisi de les dades de l'assaig, tot i que és molt més simple; simplement s'estira la mostra directament a la màquina d'assaig. No obstant, el principal inconvenient és que l'assaig es complica dràsticament, ja que el camp de deformació del material no és homogeni. Un altre inconvenient és que l'angle a tallant i la velocitat de cisallament angular al material ha de ser mesurat per temps d'anàlisis visual, el qual complica i encareix el procediment perquè necessites una càmera de vídeo. El procediment comporta una combinació de tallant pur i desplaçament dins de capa, dificultant l'anàlisi reològic. Per altra banda, les condicions de contorn no afecten tant com en el cas anterior, sent menys important efectes com la temperatura o la subjecció del teixit.

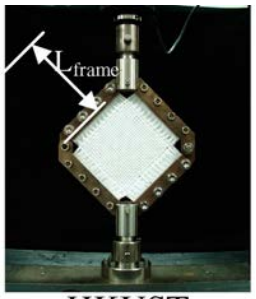
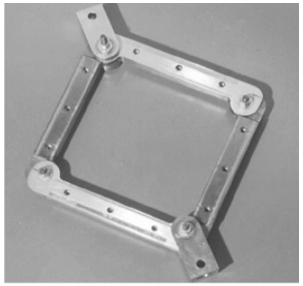
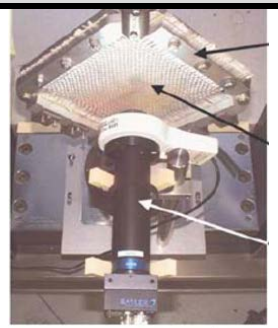
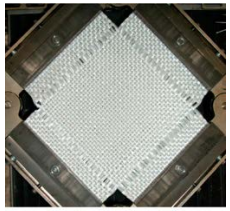
En la Taula2 es mostra un resum dels avantatges i inconvenients d'aquests dos mètodes.

AVANTATGES MÈTODE SHEAR FRAME VS BIAS-EXTENSION	INCONVENIENTS MÈTODE SHEAR FRAME VS BIAS-EXTENSION
- Control velocitat tallant durant l'assaig. - Fàcil de realitzar i analitzar els resultats. - Angle de distorsió pot ser calculat a partir del desplaçament - Deformació homogènia a tota la proveta. - Relació directa entre el desplaçament aplicat i els resultats d'assaig. - Simplifica la geometria de la mostra	- Les opcions de subjecció poden afectar als resultats. - Problemes amb l'alineació de la mostra - Subjecció metàl·lica pot induir un camp temperatura no uniforme - Necessari utilitzar un utillatge específic.

Taula 2. Avantatges i inconvenients dels mètodes Shear Frame i Bias-extension.

6.2 MÈTODE REALITZAT

Degut a la facilitat en el tractament de les dades, el mètode del shear frame, tot i que sigui necessari el disseny d'un utillatge per a dur a terme aquest assaig, de manera global s'ha considerat més senzill i viable aquest mètode. Així doncs a la Taula 3 es mostra una classificació de les diferents opcions segons el tipus de marc, la preparació de la mostra i l'adquisició de dades. Els avantatges i inconvenients de cada es mostren a la Taula 4.

TIPUS DE MARC					
Simple amb subjecció múltiple			Simple amb subjecció única	Simple amb amplificador de força	
 HKUST [1]	 UN [2]	 LMSP [3]	 UT [4]	UML [5]	KUL [6]
PREPARACIÓ MOSTRA					
Manipulació teixit		Acondicionament mecànic		Sense dades	
HKUST/UT		UML/HKUST/KUL		UN/LMSP	
ADQUISICIÓ DADES					
Transductors de moviment			Òptica+sotfware		
HKUST/UT/LMSP/UML/KUL			HKUST/KUL/LMSP		

Taula 3. Classificació de les diferents opcions d'assaig utilitzant el mètode d'assaig shear frame

[1]- Hong Kong University of Science and Tecnhology. [2]- Northwestern University. [3]- Laboratoire de Mécanique des Systèmes et des Procédés [4]- University of Twente. [5]- University of Massachusetts Lowell. [6]- Katholieke Universiteit of Science Leuven.

	AVANTATGES	INCONVENIENTS
HKUST	- Disseny simple - Bona subjecció de les grapes (4 punts)	- Preparació teixit per evitar esforços residuals adjacents al marc
LMSP	- Mesura òptica més precisa que amb càlculs de força-desplaçament	- Equipament més car
UML	- Bons resultats ens els assajos - Treuen possibles desalineacions locals carregant el teixit abans de començar l'assaig.	- Disseny més complex - Necessari tenir en compte l'amplificació de la força - Necessari fer estudi cinemàtic del conjunt
UT	- Disseny simple	- Tendència a arrugar-se molt ràpid. -Subjecció al marc només per un sol punt - Extracció de fils de la zona central per evitar que s'arrugui, amb la dificultat que cal mantenir la rigidesa pròpia del teixit per no falsejar els resultats
KUL	- Mecanisme de frontissa per regular segons condicions d'assaig	- Disseny més complex - Difícil calibrat de la frontissa - És el que menys angle de gir permet - Necessari tenir en compte l'amplificació de la força -Necessari fer estudi cinemàtic del conjunt
UN	- Disseny simple - Permet un dels girs més amples	- El pendent de la corba és massa accentuat, és a dir, provoca una tensió més elevada amb menys gir.

Taula 4. Avantatges i inconvenients de les diferents opcions del mètode shear frame test.

Es busca un procés el més senzill possible que obtingui bons resultats. Tot i que el procés UML obté bons resultats, el seu disseny més complex, en comparació amb la resta, i la complexitat del tractament de dades posteriors, fa que no compleixi aquest requisit de simplicitat.
Així doncs, que obtinguin uns bons resultats complint amb un disseny simple, trobem el procés HKUST, UN, LMSP. D'aquests processos, dels sistemes UN i LMSP no es coneixen detalls de si manipulen el teixit, que és un dels aspectes claus segons el procés escollit. Per altra banda, el procés de LMSP utilitza mesura òptica encarint molt el procés per l'equipament necessari.
Es pot extreure doncs, que un marc senzill com ho són els HKUST, UN i LMSP, amb el millor de cada un, es pot aconseguir un procés viable amb uns bons resultats.

El procediment d'assaig detallat es pot trobar a l'Annex A.4.

Per a dur a terme el procediment d'assaig, després de comprovar les longituds, les amplades i els gruixos de les mostres, comprovar que no tenen cap desperfecte de fabricació o algun cop extern, es munta l'utillatge i s'hi afegeix la mostra cargolada pels 4 costats. A continuació s'acobla l'utillatge a la màquina d'assaig. Quan el conjunt es troba amb les condicions de temperatura requerides es pot començar l'assaig. Bàsicament es tracta d'estirar amb la màquina d'assaig a velocitat constant. És el propi utillatge el que s'encarrega de transmetre un esforç tallant pur a la mostra. L'esquema bàsic del utillatge es mostra a la Figura12.

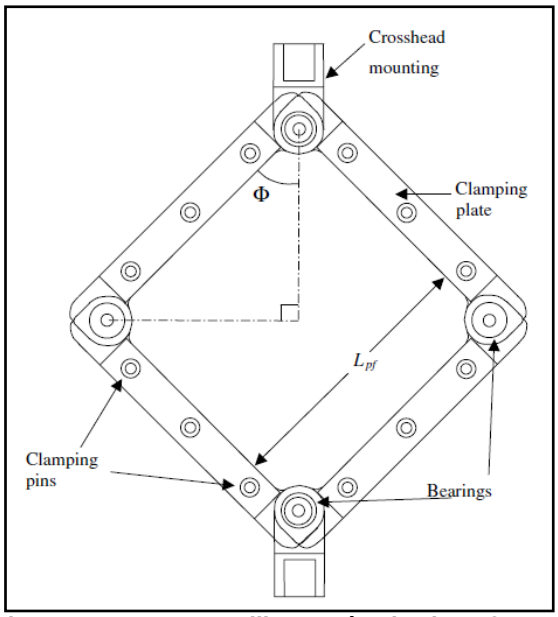


Figura 19. Esquema utillatge mètode shear frame.

Per trigonometria, s'obté que la velocitat d'assaig queda definida per l'expressió:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 2\cos^{-1}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{d_{pf}}{2L_{pf}}\right]$$

on:
γ és l'angle de gir del teixit en rad.
d_{pf} és el desplaçament del capçal de la màquina d'assaig en mm.
L_{pf} és la longitud de la mostra en mm.

D'aquesta expressió, l'única variable que varia respecte el temps és d_{pf}. Així doncs, si derivem l'angle de gir del teixit respecte el temps obtindrem una velocitat per al capçal de la màquina d'assaig, és a dir, per a la velocitat d'assaig. Per obtenir aquesta velocitat s'ha d'imposar que l'assaig és quasi estàtic, en cap cas dinàmic, i això s'aconsegueix imposant que $\dot{\gamma} = 0.001\ s^{-1}$.

D'aquesta manera obtenim:

$$\dot{\gamma} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\pi}{2} - 2\cos^{-1}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{d_{pf}}{2L_{pf}}\right]\right) \longrightarrow \dot{d}_{pf} \approx 185\ mm/min$$

Aquesta serà la velocitat màxima d'assaig per tal que l'assaig es consideri estàtic. Així doncs el procediment es podrà realitzar a velocitats sempre i quan no se superi aquest límit.

6.3 UTILLATGE

El disseny proposat és el mostrat a la Figura 20. Consta d'un marc format per 4 passamans idèntics que es connecten entre ells. En dos dels extrems s'uneixen a través d'un pin. Els altres dos extrems, s'uneixen entre si i una forquilla de compra, que serà l'encarregada de fixar l'utillatge a la màquina d'assaig mitjançant una rosca M12x1'25 de pas fi. El joc entre els pins i les dues peces a unir, estan dissenyades de manera que l'utillatge sempre treballi en el mateix pla. Doncs, la tendència a arrugar-se de la mostra ajuda a que la proveta es desalieni fora del pla. Tot i així, per factors externs, ja sigui mal alineament de la màquina d'assaig, una mostra amb imperfeccions entre d'altres, pot aparèixer vinclament al pla perpendicular pel qual s'ha dissenyat l'utillatge. En cas que això passés, la solució més econòmica seria substituir els pins de dos dels extrems per cargols mecanitzats, ja que gràcies a les rosques es podria ajustar molt més el joc entre les dues peces.

La proveta es subjecta al marc mitjançant 3 cargols M10 a cada un dels seus 4 costats. Com que l'assaig està pensat per realitzar-se a altes temperatures, foradar la proveta per passar-hi els cargols a través, és la millor opció si es vol evitar un possible lliscament de la mostra entre el marc i la placa de subjecció.

El disseny de l'utillatge està calculat per aguantar una força màxima de 3000N. Per a forces superiors s'hauria de redissenyar l'utillatge.

Els plànols complets de l'utillatge es poden trobar al document plànols.

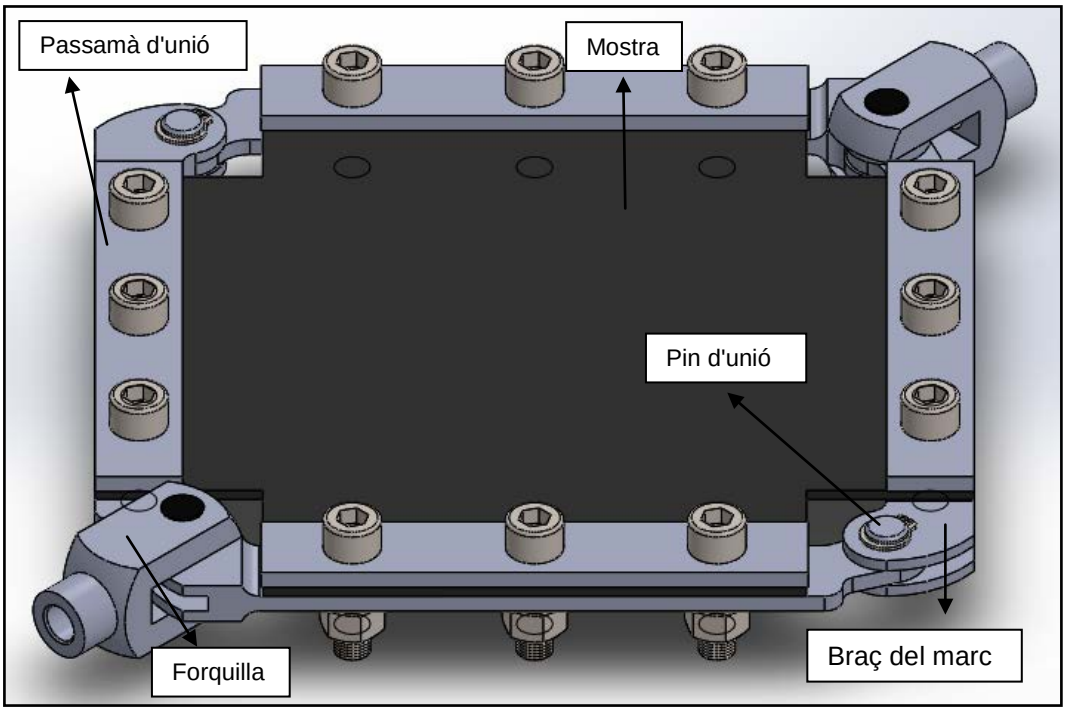


Figura 20. Disseny 3D utillatge mètode shear frame.

La geometria de la mostra es pot veure a la Figura 21.

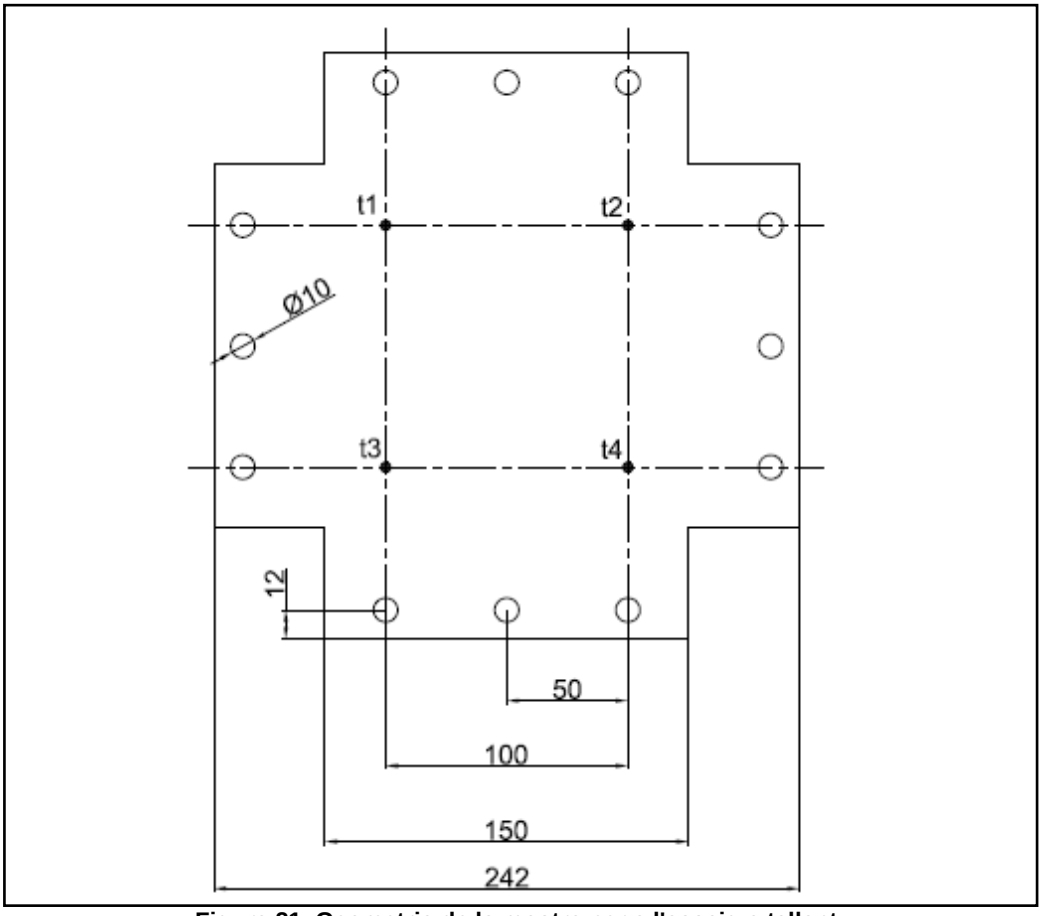


Figura 21. Geometria de la mostra per a l'assaig a tallant.

7 RESUM PRESSUPOST

El cost total per a la fabricació dels utillatges d'aquest projecte es mostra a la Taula 5.

Producte	Quantitat €
Utillatge Shear Frame	716,30
Utillatge Bending	287,36
Utillatge Compaction	274,35
Cost:	1278,01
Possibles imprevistos (5%):	63,90
TOTAL:	**1341,91**

Taula 5. Cost total dels utillatges.

Aquest cost no inclou IVA.

8 CONCLUSIONS

Els dissenys dels utillatges per als assajos de tallant i flexió compleixen els requisits per a la realització dels assajos. La metodologia descrita als Annexos per a cada assaig permet desenvolupar els assajos de forma correcta.
Per tant, els objectius han sigut assolits donant per resolt el problema inicial.

9 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1. Memòria
- Annex A. Metodologia d'assaig
- Annex B. Control Sheet de les metodologies
- Annex C. Manuals de muntatge
- Annex D. Càlculs

Document 2. Plànols
Document 3. Plec de condicions
Document 4. Estat d'amidaments
Document 5. Pressupost
Document 6. Resum

10 BIBLIOGRAFIA

LLIBRE:
A.C. Long, Design and manufacture of textile composites, CRC Press, 2005. ISBN: 0-8493-2593-5.

ARTICLE:

P.Hubert, A.Poursartip. A method for the direct measurement of the fibre bed compaction curve of composite prepregs,2000.

Baoxing Chen, Eric J. Lang, Tsu-Wei Chou, Experimental and theorical studeis of fabric compaction behavior in resin transfer molding,2001.

G.B. McGuinness and C.M. Brádaigh, Characterisation of thermoplastic composites melts in rhombus-shear: the picture-frame experiment,1997.

J.Cao,R.Akkerman, Characterization of mechanical behavior of woven fabrics: Experimental methods and benchmark results, 2008.

P. Harrison, M.J. Clifford, A.C. Long, Shear characterisation of viscous woven textile composites: a comparison between picture frame and bias extension experiments,2003.

11 ANNEX A: METODOLOGIA D'ASSAIG

11.1 A.1 METODOLOGIA ASSAIG A TRACCIÓ

Objective	Defining how to carry out a tensile test for a semi cured laminates.

Scope	Tensile tests of composite materials for semi cured laminates.

Inputs	Specimens Standard ASTM D3039/D3039M-14

Outputs	Control sheet Test result sheet

Associated Documents and Registers

Register	Reference key at this document	File location
Test result sheet	[1]	See the document "Register of calculation sheets". IMP021.02 Register of calculation sheets
Control sheet	[2]	
ASTM D3039/D3039M standard	[3]	...\Testing\Test standards\ASTM

Associated Test Procedures

Test Procedure or instruction	Code	Reference key at this document	File location
Testing at non ambient temperature	INS-009-06	[4]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Preparation of hydraulic test machines	INS-009.12	[4]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Using extensometers and strain gages with MGCPlus	INS-009.18	[6]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Nadcap Alignment	TP-020	[7]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Test procedures*

Description

This procedure describes a tensile test. Reference has been made to the standard ASTM D3039/D3039M[3] because there is no standard for pre-peg fibre composites. Due to possible problems with strain gages in high temperature tests, extensometers have been used to measure strain. This test procedure has been prepared for testing at to non-ambient temperature.

1 What to measure?

Measurand	Abbreviation	Unit
Young modulus	E	MPa

Table 1 Measurands of the test.

Measurement	Symbol	Unit	Precision
Specimen original thickness	t_0	mm	0.001 mm
Specimen original width	w_0	mm	0.01 mm
Axial displacement during test	ΔL	mm	0.1 %
Original Cross-sectional area	A	mm^2	
Load applied during test	F	N	1 %

Table 2 Measurements in the test.

2 Equipment to be used

Equipment type	Code	Precision	Limitations of use
Test machine, load cell, range	MAQ250kN, CEL/250kN, 30 % range	1 %	Calibrated 7.5 – 67.5 kN
Test machine, load cell, range	MAQ250kN, CEL/250kN, 10 % range	1 %	Calibrated 2,5 – 25 kN
Data acquisition system	MGCPLUS/01 *QUANTUMX/01*		
Axial extensometer	EXT/AXIAL/05	0.1%	
Micrometres	MICROMETRE/01, MICROMETRE/02	0.001 mm	Thickness measurement for smooth surfaces (ASTMD3039M)
Micrometre with spherical parts	MICROMETRE/02 with BALL/01 and ball accessory from MICROMETRE/02	0.001 mm	Thickness measurement for ASTMD3039M
Callipers	PEUDEREI/01, 02,08	0.01 mm	For specimens longer than 150 mm, use PEUDEREI/08
Centering tools for MTS 810 250 kN	CENTRADOR/01		

Table 3 Equipment to be used in tensile test.

3 Receiving the specimens

The specimen dimensions must be according to the standards ASTM D3039M[3]. The recommended dimensions with tolerances are given in the following table 5 (standard ASTMD3039M).

Tabs can be used for getting a good grip between the grip jaws and the specimen (according to the customer requirements).

- Inspect the specimens visually for surface anomalies.
- Identify the specimen. Identification on each specimen is done according to the customer requirements. If the customer does not require a specific identification system, an internal codification is used (see "Specimen handling, PR-017).

Parameter	Requirement	Recommendation	Tolerance
Shape	Constant rectangular cross-section	-	-
Minimum length	Gripping + 2 times width + gage length	250 mm (0º), 175 mm (90º)	-
Width	-	15 mm (0º), 25 mm (90º)	±1 % of the width
Thickness	-	1 mm (0º), 2 mm (90º)	± 4 % of the thickness
Specimen flatness	Flat with light finger pressure	-	-
Tab length (if used)	-	56 mm (0º), 25 mm (90º)	-
Tab thickness (if used)	-	1.5 mm	Variation ± 1 % of tab thickness, important for alignment
Tab bevel angle	5º to 90º	7 or 90º (0º), 90º (90º)	

Table 4 Specimen dimensions according to ASTMD3039M.

3.1 Conditioning

If the project manager or the customer has required conditioning, condition the specimens according to the test procedure TP-007 Conditioning of specimens and according to project manager or customer specifications.

3.2 Preparing for the test

- Mark in the specimens three lines for the measuring points according Figure 1. In the specimens with tabs measure distance between tabs to calculate the middle section (t2,w2 in the Figure). Mark first the middle section. Then mark the other two sections at a distance of 30 mm from the middle section.
- Mark in the specimen without tabs two lines (on both sides):70 mm from the end of the specimen, according to Figure 1.Also mark the line on the specimen edge that faces the tester in the same location.

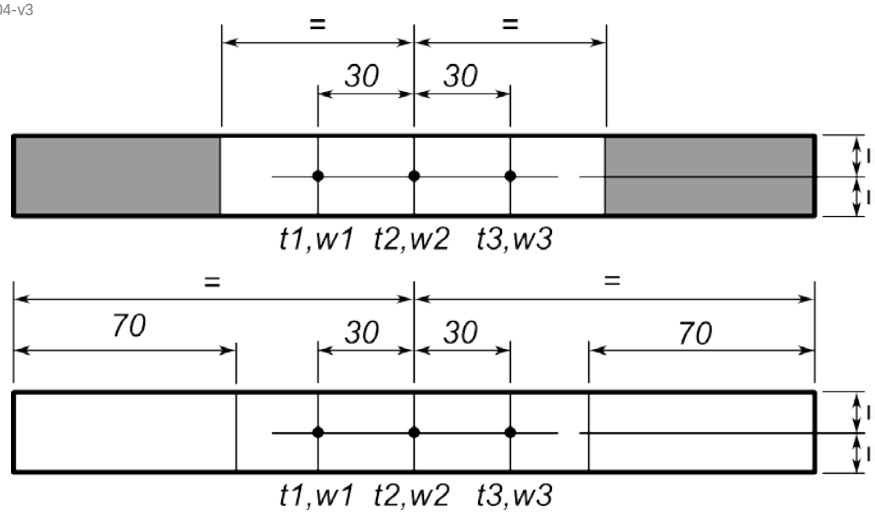


Figure 1 Measuring points and position grips marks

- Measure the width with a calliper (precision 0.1 mm) when testing according to ASTMD3039M and the thickness with a micrometre (precision 0.01 mm,diameter 6.35 mm), when testing according to ASTMD3039M at three points shown in Figure 1.
- Annotate the width and the thickness in the test Control sheet [2]: for values obtained from calliper, write down two decimals, for values obtained from micrometre, write down three decimals.

4 Data acquisition system MGCPlus or *QuantumX* preparation

- Setup the data acquisition system MGCPlus and make all the connections for a tensile test as explained in instruction "INS-009.18 Using extensometers with MGCPlus"[6].
- The station configuration in 250 kN test machine is: "250kN_MGcPlus.cfg".
- Turn on the power in MGCPlus. Wait until it beeps twice.
- Open CatmanEasy software.

a) Test using Axial Extensometer

- *MGcPlus/01 and MTS 250:* Open project "250kN_EpsilonAxialExtensometer_Load_250kN.MEP" (if using EXT/AXIAL/05).

5 Test machine preparation

- Make sure the machine has been aligned according to the test procedure TP-020 Nadcap Alignment[7]. Check the register IMP.009.14 Alignment checks.
- *If testing with hydraulic machine MTS250:* Start hydraulic machine as explained in the instructionINS-009.12 Preparing hydraulic test machines[5].
- Use the "250kN_MGCPlus.cfg" station. The station has parameters for both 30 % and 100 % ranges.

5.1 Prepare the machine for the specimen length

- Move the piston to its highest position.
- Place the oven centered on the machine.
- Insert two long extensors as described in Picture1. The sample should be centered in the chamber.
- Open the grips.
- Check with a specimen the correct distance between grips, so that the marked lines and the grip edges match.
- Block the crosshead.

5.2 Specimen clamping

- If aligners are not in the grips, mount them.
- Tare the load force in MTS Software the first time before mounting the specimen. This can be done for each specimen or batch.
- Open the grips a little to centre the specimen with aligners.
- Place the specimen in the testing machine supporting it on the edge of the aligner and check that the marked lines and the grip edges match. The correct positions (10 mm from the grip edge) are marked also in the grips as demonstrated in Figure 2.

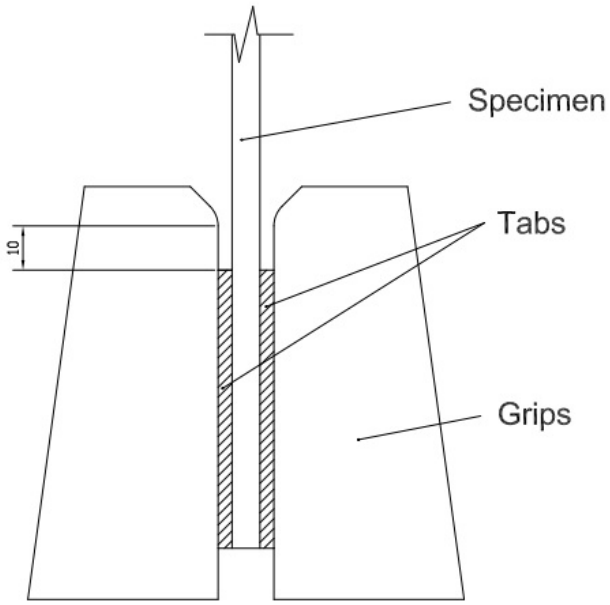


Figure 2 Placing the specimen in the grips so that the distance between the beginning of the tapered portion of the tabs and the grips edge is 10 mm.

- Adjust the pressure in the Hydraulic Grip Supply to by default5 MPa*(725 psi)*.The grip pressure must be set to as low as possible without gliding. Depending on the specimen this pressure might be as high as 15 MPa (2175 psi). The minimum pressure of the supply is 400 psi (2.75 MPa).
- Clamp the top hydraulic grips.

- Tare the force in MTS Software.While you zero the force, check that the force and displacement readings in CatmanEasy are correct.
- Then clamp the bottom hydraulic grips.
- The pressure needs to be on in the grips during testing.

Test using Axial Extensometer

- *Mark the specimen with lines with the 25 mm gage length so that the extensometer can be placed accurately in the specimen using EXT/GAGE25. This is done to standardise the extensometer position and reduce any human variation.*

Figure 3 Gage block of 25 mm to mark the correct extensometer position in the specimens.

- Place extensometer as explained in instruction "INS-009.18 Using extensometers and strain gages with MGCPlus*or QuantumX*"[6].

6 Testing

- For testing at non ambient temperature consult file INS-009.06_Testing_at_non-ambient_temperature[4].
- Check that the calibrations for all test equipment are valid. Mark this in the control sheet.
- Heat up the oven to the desired test temperature.
- Once the temperature is reached, prove that it remains constant on time.
- Check the temperature of sample.
- When the temperature of the sample reaches the desired temperature, the test can begin.
- Name the specimen in MTS Testworks.
- Check the settings, loading speed should be 2 mm/min.
- Tare the displacement in MTS Software.
- Press play in MTS Software to start the test.
- Once the sample is broken, the test ends.
- Unload manually.
- Remove the extensometer and attach the pin
- Open grips and remove the specimen.

7 Photos of tested specimen

- Take pictures of the broken specimen (optional according the customer indications).

8 Calculations from the data

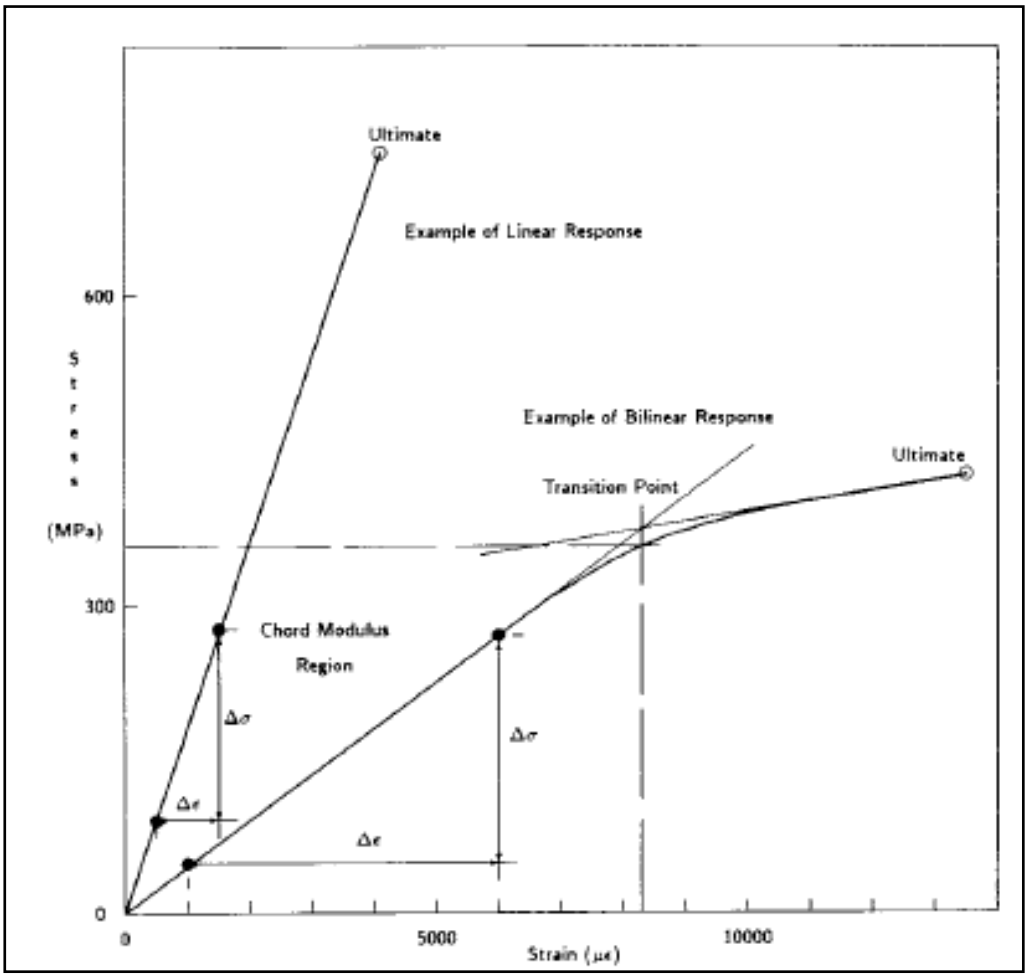


Figure 4. Typical Tensile Stress-Strain Curves

- To calculate the Young's modulus, use equation (1) and equation (2) between the deformation range of 1000-3000 με.

$\sigma = F/A$ (1)

$E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$ (2)

where:

F= Load machine test [N]

A= Original cross-sectional area of specimen [mm^2]

E= tensile modulus of elasticity [Mpa].

Δσ= difference in applied tensile stress between the two strain points [Mpa].

Δε= difference between the two strain points.

9 Results report

Test report is constructed according to the procedure PR-016 Test reports.

In addition to the requirements the following steps is included:

- Type of test machine, grips, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type
- Results of system alignment evaluations(date of alignment and the result of percent bending)
- Conditioning parameters and results, use of travellers and traveller geometry and the procedure used if other than specified in the test method
- The date and location of the test
- The names of the test operators
- Dimensions of each test specimen
- Relative humidity and temperature of the testing laboratory
- Speed of testing
- Stress-strain curve and tabulated data of stress versus strain

10 Re-testing

- Specimens can be re-tested if they do not break within the load cell range.
- If the test is stopped because of this, unload the specimen.
- Note this in the observations of the control sheet.
- Write in the observations part that the specimen has been re-tested.
- Compare the test results with other specimens of the batch to validate the result.

11.2 A.2 METODOLOGIA ASSAIG A COMPACTACIÓ

Objective	Defining how to carry out a compaction test of composite prepregs

Scope	Compaction test to determine compaction curve of composite prepregs.

Inputs	Specimens P.Hubert,A.Poursartip, A method for the direct measurement of the fibre bed compaction curve of composite prepregs,2000.
Outputs	Control sheet Test result sheet

Associated Documents and Registers

Register	Form used	File location
Test result sheet	[1]	See the document "Register of calculation sheets". IMP021.02 Register of calculation sheets
Control sheet	[2]	

Associated Test Procedures

Test Procedure or instruction	Code	Reference key at this document	File location
Testing at non ambient temperature	INS-009-06	[3]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Nadcap Alignment	TP-020	[4]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Test procedures*

Description

This procedure explains how to carry out a compaction test determining the compaction curve for pre-peg fibre composites. This compaction curve can be used in software for simulate manufacturing processes. This test procedure has been prepared for testing at to non-ambient temperature.

1 What to measure?

Measurand	Abbreviation	Unit
Compaction Curve	-	*mm/N*

Table 1 Measurands of the test.

Measurement	Symbol	Unit	Precision
Specimen original thickness	H_o	mm	0.001 mm
Final specimen thickness	H'	mm	0.001 mm
Original specimen length	L_o	mm	0.01 mm
Final specimen length	L'	mm	0.01 mm
Original specimen width	W_o	mm	0.01 mm
Final specimen width	W'	mm	0.01 mm
Axial displacement machine during test	U_z	mm	1%
Original mass of the specimen	M_o	mg	0.001 mg
Final mass if the specimen	M'	mg	0.001 mg
Load machine applied during test	F	N	1 %

Table 2 Measurements in the test.

2 Equipment to be used

Equipment type	Code	Precision	Limitations of use
Test machine, load cell, range	MAQ100kN, CEL/10kN, 30 % range	1 %	Calibrated 100-10000N
Data acquisition system	MGCPLUS/01 *QUANTUMX/01*		*Uncertainty 0.01 %. Need a special adapter for thermocouple, currently connected to TERMOPARELL/T/01*
Micrometers	MICROMETRE/01,02	0.001 mm	
Chamber CCI (this chamber can control temperature and humidity	CAMBRA/MAQ/04	*±3 ºC*	
Weighing machine	BASCULA/01	0.001 mg	
Thermocouple type T	Several	*±1ºC*	Type T: -200ºC/350ºC
Micrometer with spherical parts	MICROMETRE/02 with BALL/01 and BALL/02	0.001 mm	Thickness measurement for ASTMD3518M
Callipers	PEUDEREI/01,02,08	0.01 mm	For specimens longer than 150 mm, use PEUDEREI/08

Table 2 Equipment to be used in compaction test.

3 Receiving the specimens

The specimen dimensions must be checked. The recommended dimensions with tolerances are given in the following table 6.

- Inspect the specimens visually for surface anomalies.
- Identify the specimen. Identification on each specimen is done according to the customer requirements. If the customer does not require a specific identification system, an internal codification is used (see "Specimen handling, PR-017").

Parameter	Requirement	Recommendation	Tolerance
Shape	Constant square cross-section	-	-
Length	-	50 mm	±0.5 mm
Width	-	50 mm	±0.5 mm
Thickness	-	1.2-7 mm	± 4 % of the thickness
Specimen flatness	Flat with light finger pressure	-	-
Fibre orientation	0º/90º		

Table 3 Specimen dimensions.

3.1 Conditioning

If the project manager or the customer requires conditioning, condition the specimens according to the test procedure TP-007 Conditioning of specimens and according to project manager or customer specifications.

3.2 Preparation for the test

- Draw two lines connecting two opposite ends. Mark the middle point where the two lines intersect. On the lines, mark the measurement points as shown in figure1.

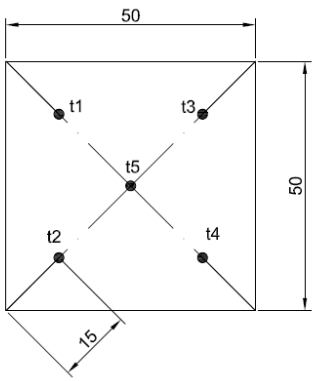


Figure 1 Location of the measurement points.

- Measure the width and length with a calliper (0.1 mm precision) according to Figure1. Only one point of specimen is necessary.
- Measure the thickness with a micrometer (precision 0.001mm, diameter 6.35mm) at points t1,t2,t3,t4 and t5 of Figure1.
- Annotate the length and the thickness in the test Control sheet: for values obtained with calliper, write down two decimals, for values obtained with micrometer, write down three decimals.

4 Data acquisition system MGCPlus preparation

- Setup the data acquisition system MGCPlus and make all the connections for at non-ambient temperature test as explained in instruction “INS-009.06.
- Turn on the power in MGCPlus. Wait until it beeps twice.
- Open CatmanEasy software.
- If you were asked for execution of a script, click yes. This script is responsible for making the zero balance when you start the test.

5 Test machine MTS machine 100kN preparation

- Make sure the machine has been aligned according to the test procedure “TP-020 Nadcap alignment”[4]. Check the register IMP009.14 Alignment checks.
- Use the “100kN_MGCPlus.cfg” station

5.1 Prepare the machine for the specimen length

- Move the piston to its highest position.
- Place the oven centered on the machine.
- Insert two long extensors as described in Picture1. The sample should be centered in the chamber.
- Place the tooling inside the chamber and screw it in the extensors
- Block the crosshead.

5.2 Specimen setup

There are two types of samples. The two are the same, the only difference is in the composition of the fibers. A sample has unidirectional fabric and the other sample has woven fabric.

- Unidirectional fabric:

- Once the compression plate is mounted, place the base of the tooling where the sample will fit. Be careful that the sample is centered on the compression plate.
- Stick two thermocouple. One in upper crosshead and the other in the lower crosshead.
- Wrap the sample with Teflon of thickness ~0.01mm to prevent them from sticking to the fixture.
- Place the sample on top of the base (see Figure 2).
- Close the oven.

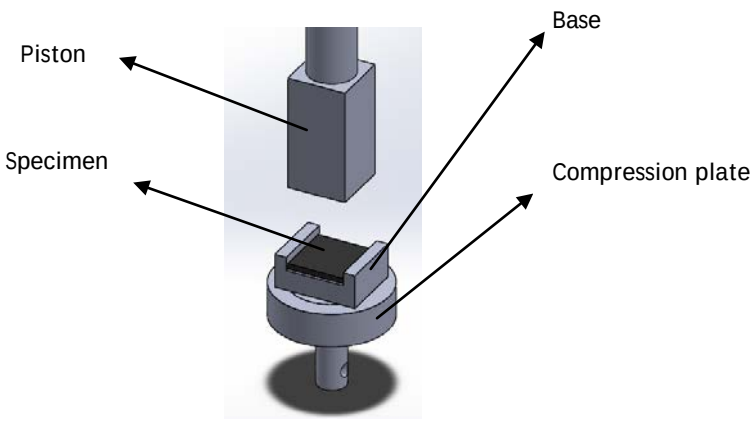


Figure 2. Parts del utillatge per a tela unidireccional.

- Woven fabric:
  - Once the compression plate is mounted, wrap the sample with Teflon of thickness ~0.01mm to prevent them from sticking to the fixture.
  - Stick two thermocouple. One in upper crosshead and the other in the lower crosshead.
  - Place the sample on top of the compression plate directly (see Figure3). Be careful that the sample is centered on the compression plate.
  - Make sure that the thermocouple's signal is adequate.
  - Close the oven.

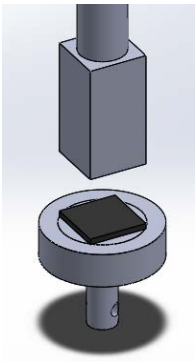


Figure 3. Parts del utillatge per a tela teixida.

6 Testing

- For testing at non ambient temperature consult file INS-009.06_Testing_at_non-ambient_temperature.
- Heat up the oven to the desired test temperature.
- Once the temperature is reached, prove that it remains constant on time during 2 minute.
- Check the temperature of sample (the thermocouple are not directly above the sample, but the distance is so small that the possible difference in temperature is no taken into account).
- When the temperature of the sample reaches the desired temperature, the test can begin.
- Name the specimen in MTS Testworks.

The test are conducted under crosshead displacement control. This way, the compaction of the specimen is precisely controlled. The method consists of deforming the specimen to increasing levels of displacement. At each increment, the displacement is held constant until the load measured relaxes to a stable value.

The testing conditions, namely the temperature and the loading rate, were selected to minimize the viscosity of the resin and to maximize the duration of the test before the resin starts to cure.

The displacement of the machine will depend on the thickness of the sample. If the costumer has not determined a displacement, use one tenth of the sample thickness as an interval.

- Reach the top head until it comes into contact with the sample. This can be observed by looking at the value of the load cell.
- Tare de force machine.
- Set the displacement machine.
- The displacement of the machine will be 10% of the thickness of the sample. Getting 9 load stages.
- The test ends when the displacement of the machine exceeds 90% of the thickness of the sample
-

By loading the specimen to different displacement levels, the complete fibre bed compaction curve is extracted from the displacements and the relaxed load values at each loading step. From the master loading curve, the relaxed load is plotted against the displacement at each holding step. Finally, the stress-strain curve obtained from the load-displacement curve is shifted as shown in Figure2.

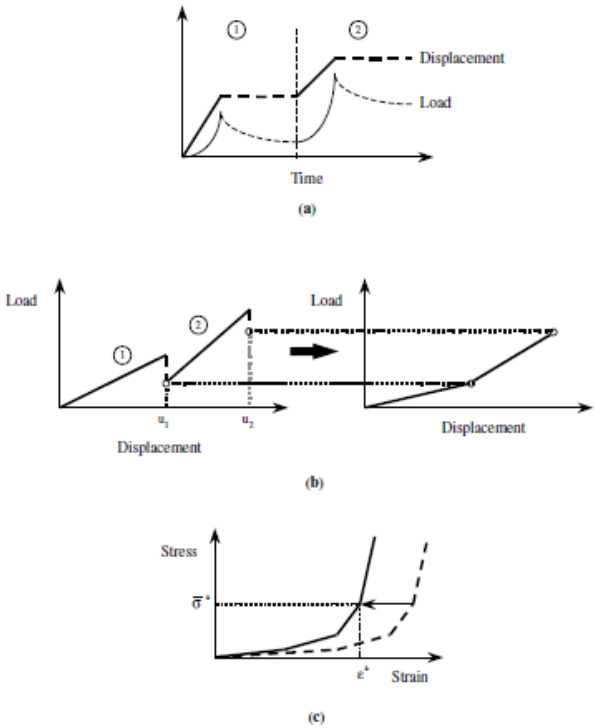


Figure 3. How obtain the compaction curve with displacement and load. Compaction curve measurements procedure: (a) deformation is applied in increments until the measured load stabilizes to a constant value; (b) the compaction curve is directly obtained from the load-displacement, and (c) the compaction curve on the strain axis to pass through a measured compaction test performed under stress control.

Figure 3 shows typical experimental results of displacement (mm) versus load (N):

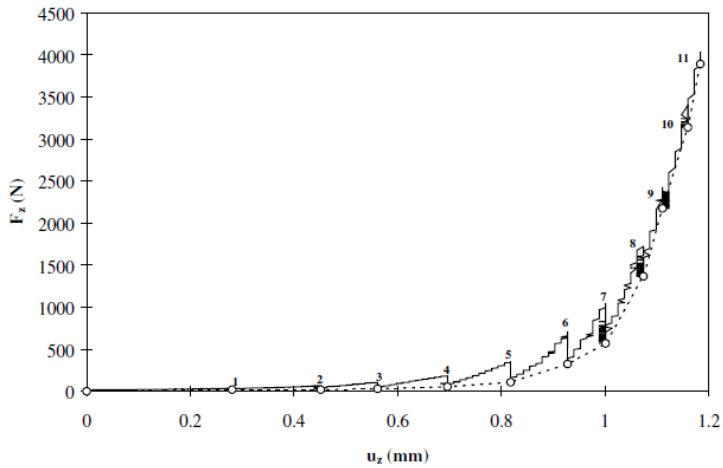


Figure 4. Load-displacement curve showing the points (1-11) extracted to generate the fibre bed compaction curve.

7 Photos of tested specimen

- Take pictures of the specimen after the test (optional according the customer indications).

8 Test report

Test report is constructed according to the procedure PR-016 Test reports.

In addition, the following additional information is included:

- Original mass of the specimen M_o.
- Final mass of the specimen M'.
- Resin density ρ_R.
- Original specimen thickness H_o.
- Final specimen thickness H'.
- Original specimen length L_o.
- Final specimen length L'.
- Original specimen width W_o.
- Final specimen width W'.
- Time test.
- Temperature test.
- Displacement from the machine.
- Load from the machine.
- displacement-load curve and tabulated data of displacement versus load.

9 Re-testing

- Re-tests are needed for any specimen where values cannot be calculated.
- If the test is stopped because of this, unload the specimen.
- Note this in the observations of the control sheet.
- Write in the observations part that the specimen has been re-tested.
- Compare the test results with other specimens of the batch to validate the result.
- Re-testing has to be written in the final report.

11.3 A.3 METODOLOGIA ASSAIG A FLEXIÓ

Objective	Defining how to carry out a bending test for draping.

Scope	Bending test to determine the flexural rigidity of prepreg semi cured.

Inputs	Specimens Standard IS 6490 (1971) Standard BS 3356:1961 Standard ASTM D1388-64
Outputs	Control sheet Test result sheet

Associated Documents and Registers

Register	Form used	File location
Test result sheet	[1]	See the document "Register of calculation sheets"
Control sheet	[2]	...\Testing\Test standards\ASTM

Test Procedure or instruction	Code	Reference key at this document	File location
Testing at non ambient temperature	INS-009-06	[3]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Nadcap Alignment	TP-020	[4]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Test procedures*

Description

This procedure explains how to carry out a bending test determining the flexural rigidity for pre-peg fibre composites. This test procedure has been prepared for testing at to non-ambient temperature. The standard used is for clothing fabrics, but is not suitable for limp fabrics. Therefore it has been taken as a reference and adapted for pre-peg fibre composites.

1 What to measure?

Measurand	Abbreviation	Unit
Flexural rigidity	G_o	$mg{\cdot}cm$

Table 1 Final result of the test.

Measurand	Abbreviation	Unit
Bending length	C	cm
Weight per unit area	W	mg/cm^2
Warpway flexural rigidity	G_w	$mg{\cdot}cm$
Weftway flexural rigidity	G_f	$mg{\cdot}cm$
Flexural rigidity	G_o	$mg{\cdot}cm$

Table 2 Measurements in the test.

2 Equipment to be used

Equipment type	Code	Precision	Limitations of use
Test machine, range	MAQ100kN, 30 % range	1 %	
Data acquisition system	MGCPLUS/01 *QUANTUMX/01*		*Uncertainty 0.01 %. Need a special adapter for thermocouple, currently connected to TERMOPARELL/T/01*
Micrometers	MICROMETRE/01,02	0.001 mm	
Weighing machine	BASCULA/01	0.001 mg	
Chamber CCI (this chamber can control temperature and humidity	CAMBRA/MAQ/04	*± 3 ºC*	
Micrometer with spherical parts	MICROMETRE/02 with BALL/01 and BALL/02	0.001 mm	Thickness measurement for ASTMD3518M
Thermocouple type T	Several	*± 1ºC*	Type T: -200ºC/350ºC
Callipers	PEUDEREI/01, PEUDEREI/02, PEUDEREI/08	0.01 mm	For specimens longer than 150 mm, use PEUDEREI/08

Table 3 Equipment to be used in tensile test.

3 Receiving the specimens

The specimen dimensions must be checked. The recommended dimensions with tolerances are given in the following table 6.

- Inspect the specimens visually for surface anomalies.
- Identify the specimen. Identification on each specimen is done according to the customer requirements. If the customer does not require a specific identification system, an internal codification is used (see "Specimen handling, PR-017").

Parameter	Requirement	Recommendation	Tolerance
Shape	Constant square cross-section	-	-
Length	-	200 mm	±0.25 mm
Width	-	25 mm	±0.25 mm
Thickness	-	1.2-7 mm	± 4 % of the thickness
Weight	-	-	-
Specimen flatness	Flat with light finger pressure	-	-
Fibre orientation	0º/90º		

Table 3 Specimen dimensions.

3.1 Conditioning

If the project manager or the customer requires conditioning, condition the specimens according to the test procedure TP-007 Conditioning of specimens and according to project manager or customer specifications.

3.2 Preparation for the test

- Draw the measurement points shown in Figure 1 to measure the thickness, width and length of the specimen.

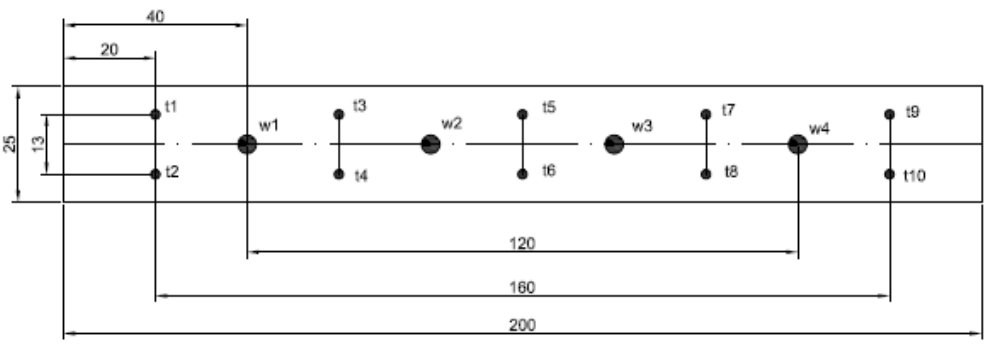


Figure 1 Location of the measurement points. Units in mm.

- Measure the widths and length with a calliper (0.1 mm precision).
- Measure the thickness with a micrometer (precision 0.001mm, diameter 6.35mm) at points t1,t2,t3,t4,t5,t6,t7,t8,t9 and t10 shown in Figure1.
- Determine the weight per unit area of the fabric according to IS: 1964-1970 and express in terms of milligrams per square centimetre. Alternatively the weight per unit area can be determined by weighing all the warpway and weftway test specimens together after completion of stiffness test.
- Annotate the length, width, thickness and weight in the test Control sheet[2]: for values obtained with calliper, write down two decimals, for values obtained with micrometer, write down three decimals and for values obtained weighting machine, write down three decimals.

4 Data acquisition system MGCPlus preparation

- Setup the data acquisition system MGCPlus and make all the connections for at non-ambient temperature test as explained in instruction "INS-009.06.
- Turn on the power in MGCPlus. Wait until it beeps twice.
- Open CatmanEasy software.
- If you were asked for execution of a script, click yes. This script is responsible for making the zero balance when you start the test.

5 Test machine MTS machine 100kN preparation

- Make sure the machine has been aligned according to the test procedure "TP-020 Nadcap alignment". Check the register IMP009.14 Alignment checks.
- Use the "100kN_MGCPlus.cfg" station

5.1 Prepare the machine for the specimen

- Move the piston to its highest position.
- Place the oven centered on the machine.
- Insert two long extensors.
- Place the tooling inside the chamber.
- Hold the steel cable for displacement of the sample using the screw in the extensor.
- Fix the tooling's structure in the machine's lower crosshead by screwing them.
- Block the lower crosshead.

5.2 Specimen setup

- Place the sample on top of the fixed platform.
- Connect the upper movable platform and the other end of the cable making sure that the cable surrounds the wheel. Ensure that the cable isn't too loose when starting the displacement of the upper crosshead.
- Align both the upper platform and the sample to the edge of the lower platform, so that all leading edges coincide with the zero position of the scale.
- Make sure all platforms are leveled.
- Check that the inclined plane's angle is correct according the customer requirements. Normally should be 41.5º.

- Stick two thermocouple in the sample. One on top and one on bottom.
- Make sure that the thermocouple's signal is adequate.
- Close the oven.

6 Testing

- For testing at non ambient temperature consult file INS-009.06_Testing_at_non-ambient_temperature.
- Each sample will be tested 8 times; 2 times for weftway (transverse fibers), 2 times for warpway (longitudinal fibers) for one tip. The same for the other end.
- If the specimen has a tendency to twist, take a reference point at the centre of the leading edge. Do not measure the specimen which twists more than 45º.
- Heat up the oven to the desired test temperature.
- Once the temperature is reached, prove that it remains constant on time.
- Check the temperature of sample.
- When the temperature of the sample reaches the desired temperature, the test can begin.
- Name the specimen in MTS Testworks.
- Set the displacement velocity of test machine at 5 mm/min. The velocity has to remain constant.
- Once the sample hangs over the lower platform and bending until it contacts the inclined plane, stop the test.
- Mark the displacement in the control sheet with the help of the scale.

7 Calculations from the data

- Calculate the average of the eigth readings for each test specimen. Determine the average of the values for the warpway and weftway test specimens separately.

- Determine the bending length, the flexural rigidity for warpway and weftway specimens and the overall flexural rigidity by the following formula:

- Bending length

$$C = \frac{L}{2}\ cm \tag{1}$$

where L= the mean length of over-hanging portion in centimetres.

- Flexural rigidity

$$G = W \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^3\ mg \cdot cm \tag{2}$$

where

W= weight per unit area of the fabric in milligrams per square centimetre.

-Overall flexural rigidity

$$G_o = \sqrt{G_w \cdot G_f} \tag{3}$$

where:

G_w= warpway flexural rigidity
G_f= weftway flexural rigidity

8 Results report

Test report is constructed according to the procedure PR-016 Test reports.

In addition to the requirements of the procedure PR-016 Test reports, the following is included

In the report:

- Bending length
- Warpway flexural rigidity (G_w).
- Weftway flexural rigidity (G_f).
- Flexural rigidity (G_o).
- Test time.
- Temperature test.
- Test speed.
- Specimen's thickness.
- Specimen's widths
- Displacement machine.
- Weight per unit area of the specimen.

9 Re-testing

- Re-tests are needed for any specimen where values cannot be calculated.
- If the test is stopped because of this, move the specimen.
- Note this in the observations of the control sheet.
- Write in the observations part that the specimen has been re-tested.
- Compare the test results with other specimens of the batch to validate the result.
- Re-testing has to be written in the final report.

11.4 A.4 METODOLOGIA ASSAIG A TALLANT

Objective	Defining how to carry out a shear frame test.

Scope	Shear frame test to determine the strength.

Inputs	Specimens Various articles Info Book's reference
Outputs	Control sheet Test result sheet

Associated Documents and Registers

Register	Reference key at this document	File location
Test result sheet	[1]	See the document "Register of calculation sheets". IMP021.02 Register of calculation sheets
Control sheet	[2]	

Associated Test Procedures

Test Procedure or instruction	Code	Reference key at this document	File location
Testing at non ambient temperature	INS-009-06	[3]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Instructions*
Nadcap Alignment	TP-020	[4]	*\\kiwi.udg.edu\AMADE_quality\Test procedures*

Description

This procedure explains how to carry out a shear frame test determining the shear strength and modulus for pre-peg fibre composites. This test procedure has been prepared for testing at to non-ambient temperature. room temperature.The technical data have been extracted from the following articles:

- Cao & Akkerman 2007
- McGuinness & Brádaigh 1997
- Harrison & Clifford 2003
- Pickett 2012
- Long 2005

1 What to measure?

Measurand	Abbreviation	Unit
Original cross-sectional area	S_0	mm^2
Maximum in-plane shear stress	$\tau_{12}{}^m$	MPa
Maximum shear strain	$\gamma_{12}{}^m$	-
Shear modulus	G_{12}	MPa

Table 1 Measurands of the test.

Measurand	Abbreviation	Unit
Shear strength	τ	MPa
Shear modulus	G	MPa

Table 2 Final results of the test.

Measurement	Symbol	Unit	Precision
Specimen original thickness	c	mm	0.001 mm
Original specimen length	L_{pf}	mm	0.01
Axial displacement during test	d_{pf}	mm	1%
Load applied during test	F_{pf}	N	1 %

Table 3 Measurements in the test.

2 Equipment to be used

Equipment type	Code	Precision	Limitations of use
Test machine, load cell, range	MAQ100kN, CEL/10kN, 30 % range	1 %	Calibrated 100-10000N
Data acquisition system	MGCPLUS/01 *QUANTUMX/01 (this data acquisition system has not been prepared for in-plane shear but it can be used (possibility to connect 4 strain gages)*		
Micrometers	MICROMETRE/01, MICROMETRE/02	0.001 mm	
Chamber CCI (this chamber can control temperature and humidity	CAMBRA/MAQ/04	*±3 ºC*	
Micrometer with spherical parts	MICROMETRE/02 with BALL/01 and BALL/02	0.001 mm	Thickness measurement for ASTMD3518M
Callipers	PEUDEREI/01, PEUDEREI/02, PEUDEREI/08	0.01 mm	For specimens longer than 150 mm, use PEUDEREI/08
Centering tools for MTS 810 250 kN	CENTRADOR/02		CENTRADOR/02 for specimens of 25 mm width

Table 4 Equipment to be used in tensile test.

3 Receiving the specimens

The specimen dimensions must be checked. The recommended dimensions with tolerances are given in the following table 5.

- Inspect the specimens visually for surface anomalies.
- Identify the specimen. Identification on each specimen is done according to the customer requirements. If the customer does not require a specific identification system, an internal codification is used (see “Specimen handling, PR-017”).

Parameter	Requirement	Recommendation	Tolerance
Shape	Constant square cross-section		
Length	-	150 mm	±0.25 mm
Width	-	150 mm	±0.25 mm
Thickness	-	1.2-7 mm	± 4 % of the thickness
Specimen flatness	Flat with light finger pressure	-	-
Fibre orientation	0º/90º		

Table 5 Specimen dimensions.

3.1 Conditioning

If the project manager or the customer requires conditioning, condition the specimens according to the test procedure TP-007 Conditioning of specimens and according to project manager or customer specifications.

3.2 Preparation for the test

- Draw 4 straight lines in the specimens according to Figure 1. The intersection between the lines will be identified as points t1,t2,t3,t4, where the thickness of the specimen will be measured.

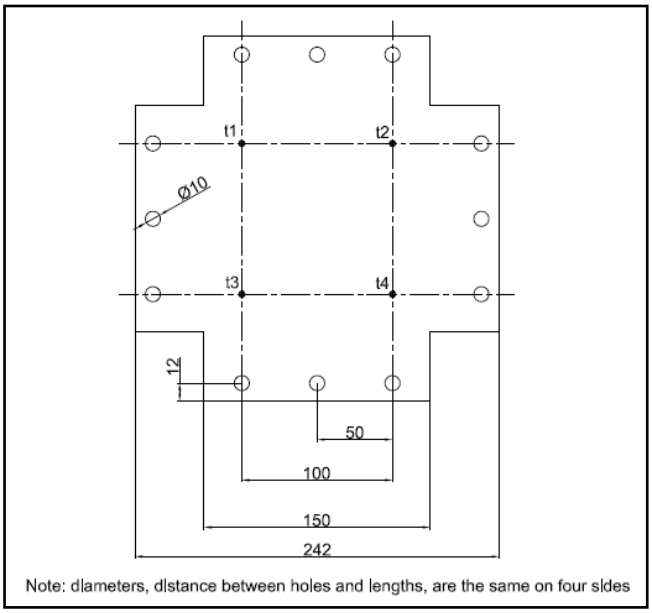


Figure 1 Location of the measurement points.

- Measure the lengths and diameters with a calliper (0.1 mm precision) according to Figure1.
- Check the linearity of the holes and the spacing between them as shown in Figure1.

- Measure the thickness with a micrometer (precision 0.001mm, diameter 6.35mm) at points t1,t2,t3 and t4 shown in Figure1.
- Annotate the length and the thickness in the test Control sheet: for values obtained with calliper, write down two decimals, for values obtained with micrometer, write down three decimals.

4 Data acquisition system MGCPlus preparation

- Setup the data acquisition system MGCPlus and make all the connections for an in-plane shear test as explained in instruction "INS-009.18 Using extensometers and strain gages with MGCPlus".
- Turn on the power in MGCPlus. Wait until it beeps twice.
- Open CatmanEasy software.
- If you were asked for execution of a script, click yes. This script is responsible for making the zero balance when you start the test.

5 Test machine MTS machine 100kN preparation

- Make sure the machine has been aligned according to the test procedure "TP-020 Nadcap alignment". Check the register IMP009.14 Alignment checks.
- Use the "100kN_MGCPlus.cfg" station

5.1 Prepare the machine for the specimen length

- Move the piston to its highest position.
- Place the oven centered on the machine.
- Insert two long extensions. The sample should be centered in the chamber.
- Check with a specimen the correct distance between grips.
- Block the crosshead.

5.2 Specimen clamping

- Assemble the tooling according to user manual.
- Move the machine until the machine measured a small strain.
- Tare the force in MTS Software.
- Place the temperature sensor in the sample.
- Close the oven.

6 Testing

- For testing at non ambient temperature consult file INS-009.06_Testing_at_non-ambient_temperature.
- Check that the calibrations for all test equipment are valid. Mark this in the control sheet.
- Keep the temperature of the woven to that marked by the customer. There is a tolerance of ±1ºC. Check that the conditions are met.
- Name the specimen in MTS Testworks.
- Check the settings, the maximum valour of test speed should be 185 mm/min.

- The test ends when visible wrinkles appear in the sample or the machine displacement reaches 40 mm (equivalent to ~20º of frame).
-

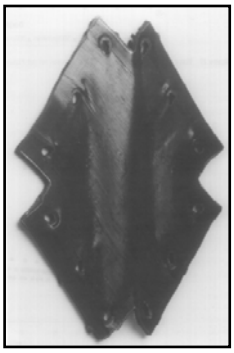


Figure 2. Specimen after test.

- Unload manually to zero.

The following figure shows typical experimental results of picture frame resistance force (F_{pf}) versus displacement (d_{pf}).

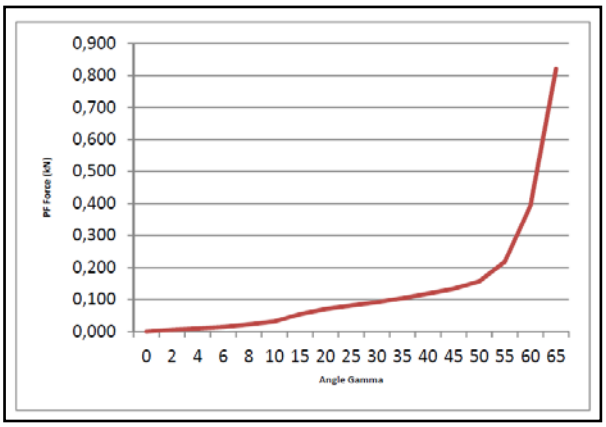


Figure 3. Typical experimental results of picture frame resistance force vs displacement.

7 Photos of tested specimen

- Take pictures of the broken specimen (optional according the customer indications).

8 Calculations from the data

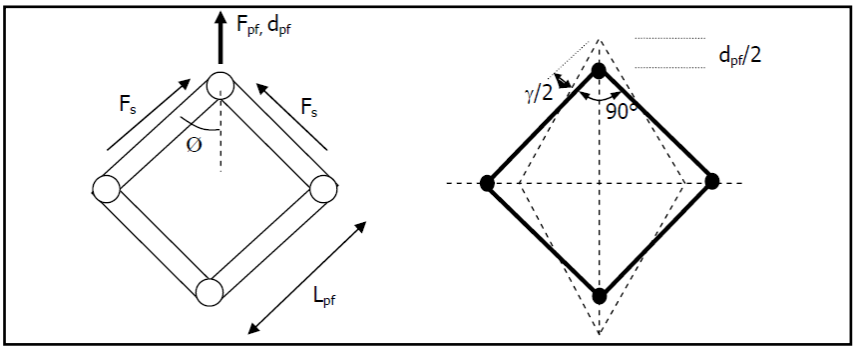


Figure 4. Operating Skecth for shear frame.

The vertical fabric resistance force F_{pf} measure in the testing machine is balanced by the fabric shear forces F_s,

$$F_s = \frac{F_{pf}}{2\cos\emptyset} \quad (1)$$

and fabric shear stress is given by,

$$\tau = \frac{F_s}{L_{pf}c} \quad (2)$$

where L_{pf} is the length of specimen and c is the specimen thickness. the fabric shear angle γ is obtained from the frame geometry and measured cross head displacement (d_{pf}) the fibre shear angle is given by,

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 2\cos^{-1}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{d_{pf}}{2L_{pf}}\right] \quad (4)$$

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma} \quad (5)$$

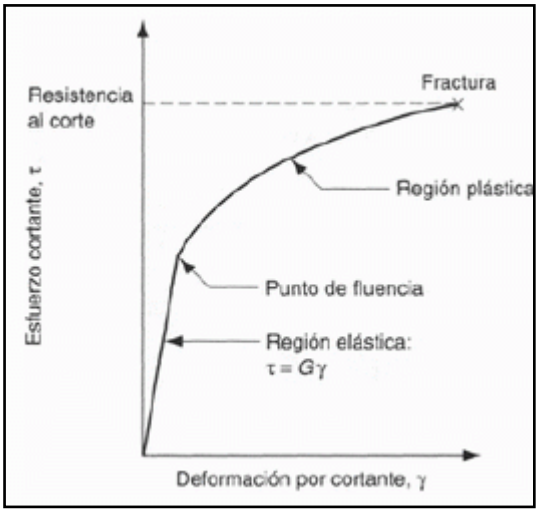


Figure 5. Typical material behavior in shear test.

9 Results report

Test report is constructed according to the procedure PR-016 Test reports.

In addition to the requirements of the procedure PR-016 Test reports, the following is included

In the report:

- τ_{max} hold the sample.
- γ when wrinkles appear.
- Test time.
- Test temperature.
- Test speed.
- Specimen's thickness.
- Machine displacement.
- Maximum load.
- Other observations (number of wrinkles, cracks, uniform deformation...).
- Individual values of shear modulus of elasticity and the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent).
- Shear strain range used for modulus determination.
- Individual values of offset shear strength with the value of the offset strain and average value, standard deviation, coefficient of variation (in percent).

10 Re-testing

- Specimens can be re-tested if they do not break within the load cell range.
- If the test is stopped because of this, unload the specimen.
- Note this in the observations of the control sheet.
- Write in the observations part that the specimen has been re-tested.
- Compare the test results with other specimens of the batch to validate the result.

11 References

-J. Cao, R. Akkerman. Composites: Part A. Characterisation of mechanical behavior of woven fabrics: Experimental methods and benchmark results,2007.
-G.B. McGuinness and C.M. Ó Brádaigh. Characterisation of thermoplastic composite melts in rhombus-shear: the picture-frame experiment. Composites Research Unit. Department of Mechanical Engineering.National University of Ireland Galway, Galway, Ireland,1997.
- P. Harrison, M.J. Clifford, A.C. Long. Shear characterisation of viscous woven textile composites: a comparison between picture frame and bias extension experiments.School of Mechanical, Materials, Manufacturing Engineering and Management, The University of Nottinghan, University Park, 2003.
- Anthony Pickett, ESI GmbH/Institute for Aircraft Design, Stuttgart, 2012.
- Design and manufacture of textile composites, Ed A.C. Long,CRC Press,ISBN:0-8493-2593-5.

12 ANNEX B: CONTROL SHEET

12.1 B.1 CONTROL SHEET TENSILE TEST

AMADE

TENSILE TEST CONTROL SHEET

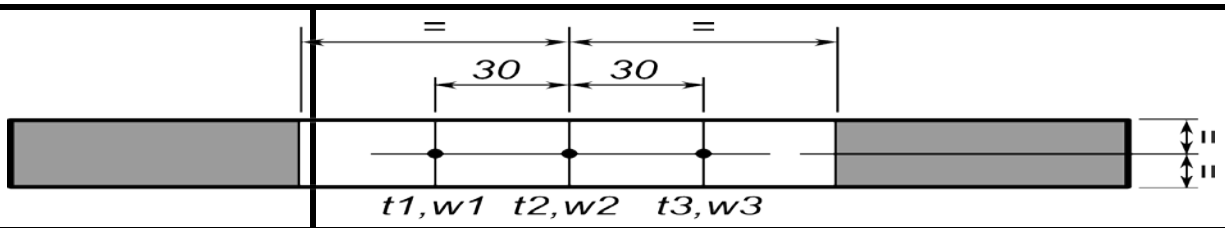
10/12/2016

Internal Specimen ID:	External Specimen ID:	
Project:		
Receiving technician:	Date:	Update Specimen database ☐
Conditioning file:		

SPECIMEN PREPARATION

Technicians:	Date:
Tabs? ☐	Tab material, adhesive etc.

DIMENSIONS



	Width B (mm)		Thickness 2h (mm)	
Technician: Date: Update Specimen database ☐	w1		t1	
	w2		t2	
	w3		t3	

Length (mm)		Dimensional checks ok?	☐

Width using:	Thickness using:	Length using:
MICROMETRE/01 ☐	MICROMETRE/02+BALL/01+BALL ☐	PEUDEREI/08 ☐
MICROMETRE/02 ☐		

MATERIAL

Material:		Fiber orientation:	

TEST

Test procedure TP-103, revision 1 used:	☐	The system is ready and ok: ☐
Technicians:	Date:	Update Specimen database ☐
Calibrations are valid: ☐	Check, Temp range 23+-2ºC, Humidity range 50+-5%: ☐	
Lab temperature (ºC):	Relative humidity (%):	
Test Machine:	Load Cell:	
Data acq. MGCPLUS/01 ☐ QUANTUMX/02 ☐	Test Speed:	
Test temp:	Chamber:	Thermocouple:

Extensometer used:			
Grip pressure:			
Data file: External ☐	Internal	Other:	☐ ☐
PHOTOGRAPHY			
Photos during test are needed ☐		Photos of broken specimen are needed ☐	
Technicians:		Date:	Folder:
COMMENTS			

12.2 B.2 CONTROL SHEET COMPACTION TEST

AMADE

COMPACTION TEST CONTROL SHEET

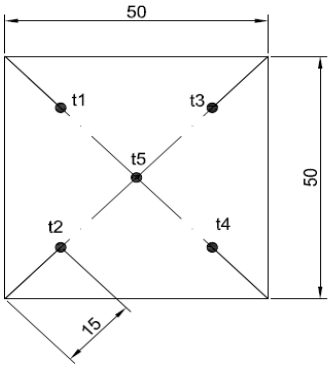
10/12/2016

Internal Specimen ID:	External Specimen ID:	
Project:		
Receiving technician:	Date:	Update Specimen database ☐
Conditioning file:		

SPECIMEN PREPARATION

Technicians:	Date:

DIMENSIONS



Technician: Date:	Width (mm)	Thickness (mm)		
		t1	t4	
Update Specimen database ☐		t2	t5	
		t3		
Length (mm)		Dimensional checks ok? ☐		

Width using:	Thickness using:	Length using:
MICROMETRE/01 ☐	MICROMETRE/02+BALL/01+BALL ☐	PEUDEREI/08 ☐
MICROMETRE/02 ☐		

MATERIAL

Material:		Fiber orientation:	

TEST

Test procedure TP-102, revision 1 used:	☐	The system is ready and ok: ☐
Technicians:	Date:	Update Specimen database ☐
Calibrations are valid: ☐	Check, Temp range 23+-2ºC, Humidity range 50+-5%: ☐	
Lab temperature (ºC):	Relative humidity (%):	
Test Machine:	Load Cell:	
Data acq. MGCPLUS/01 ☐ QUANTUMX/02 ☐	Time test:	
Test temp:	Chamber:	Thermocouple:

PHOTOGRAPHY			
Photos during test are needed	☐	Photos of broken specimen are needed	☐
Technicians:		Date:	Folder:
COMMENTS			

12.3 B.3 CONTROL SHEET BENDING TEST

AMADE

BENDING TEST CONTROL SHEET

10/12/2016

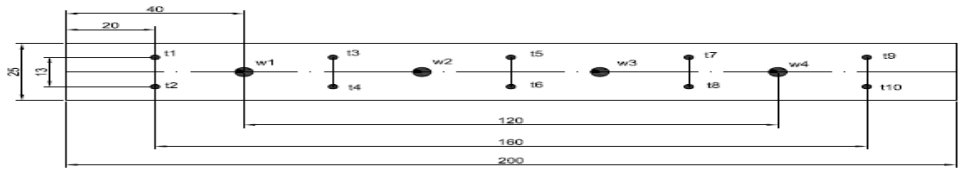
Internal Specimen ID:	External Specimen ID:	
Project:		
Receiving technician:	Date:	Update Specimen database ☐
Conditioning file:		

SPECIMEN PREPARATION

Technicians:	Date:

☐

DIMENSIONS



	Width (mm)	w1		Thickness (mm)	t7
Technician: Date:		w2	t1	t4	t8
		w3	t2	t5	t9
		w4	t3	t6	t10
Length (mm)		Dimensional checks ok? ☐			

Width using:	Thickness using:	Length using:
MICROMETRE/01 ☐	MICROMETRE/02+BALL/01+BALL ☐	PEUDEREI/08 ☐
MICROMETRE/02 ☐		

MATERIAL

Material:		Fiber orientation:	

TEST

Test procedure TP-101, revision 1 used:	☐	The system is ready and ok: ☐
Technicians:	Date:	Update Specimen database ☐
Calibrations are valid: ☐	Check, Temp range 23+-2ºC, Humidity range 50+-5%: ☐	
Lab temperature (ºC):	Relative humidity (%):	
Test Machine:	Time test:	
Data acq. MGCPLUS/01 ☐ QUANTUMX/02 ☐	Displacement machine:	
Test temp:	Chamber:	Thermocouple:

COMMENTS

12.4 B.4 CONTROL SHEET SHEAR TEST

AMADE

SHEAR FRAME TEST CONTROL SHEET

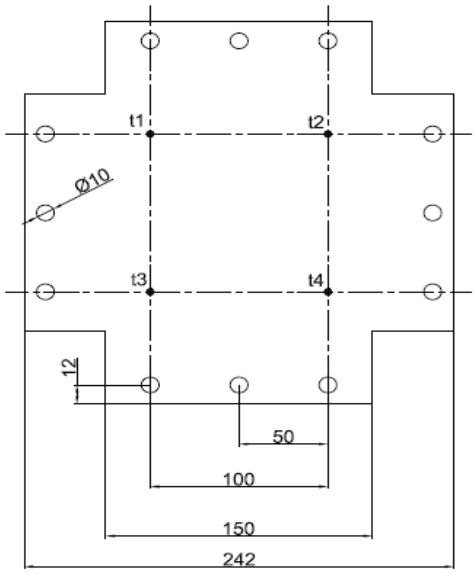
10/12/2016

Internal Specimen ID:	External Specimen ID:
Project:	
Receiving technician:	Date: Update Specimen database ☐
Conditioning file:	

SPECIMEN PREPARATION

Technicians:	Date:

DIMENSIONS



The 4 sides are same

Technician: Date: Update Specimen database ☐	Width (mm)	Thickness (mm)		
		t1	t3	
	Length (mm)	t2	t4	

Dimensional checks ok? ☐

Width using:
MICROMETRE/01 ☐
MICROMETRE/02 ☐

Thickness using:
MICROMETRE/02+BALL/01+BALL ☐

Length using:
PEUDEREI/08 ☐

MATERIAL

Material:		Fiber orientation:	

TEST

Test procedure TP-100, revision 1 used:	☐	The system is ready and ok: ☐
Technicians:	Date:	Update Specimen database ☐
Calibrations are valid: ☐	Check, Temp range 23+-2ºC, Humidity range 50+-5%: ☐	
Lab temperature (ºC):	Relative humidity (%):	
Test Machine:	Load Cell:	
Data acq. MGCPLUS/01 ☐ QUANTUMX/02 ☐	Test speed:	
Test temp:	Chamber:	Thermocouple:

PHOTOGRAPHY			
Photos during test are needed	☐	Photos of broken specimen are needed	☐
Technicians:		Date:	Folder:
COMMENTS			

13 ANNEX C: MANUALS DE MUNTATGE

13.1 C.1 MUNTATGE UTILLATGE BENDING

MANUAL BÀSIC DE MUNTATGE

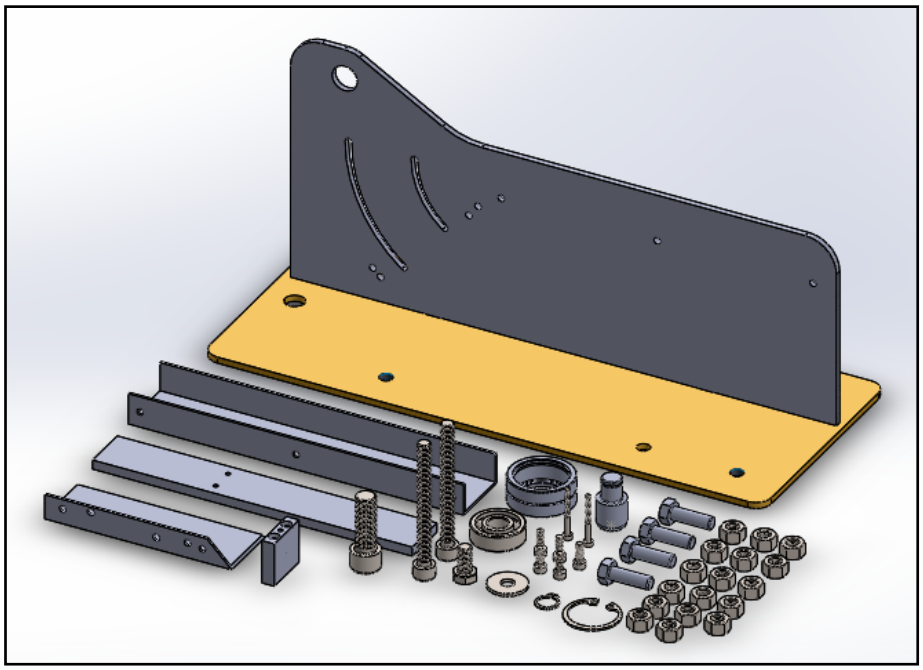


Figura 1. Exposició de peces utillatge bending

Es parteix de les dues plaques principals soldades. A continuació s'hi fixaran els suports que suportaran la mostra amb els cargols i les femelles corresponents.

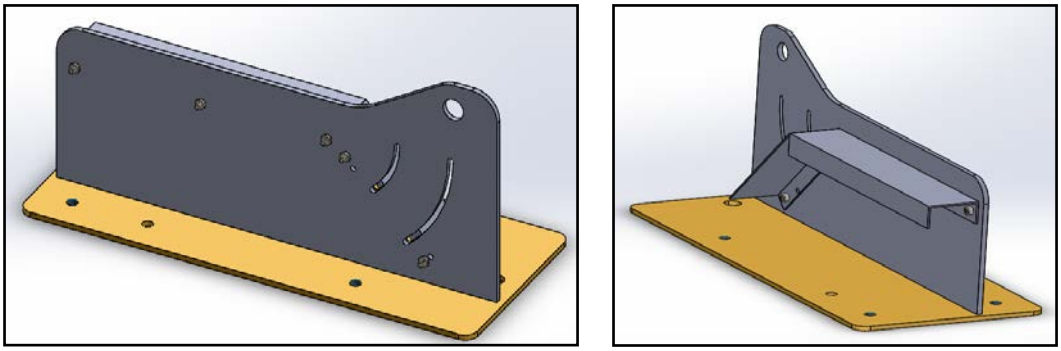


Figura 2. Fixar la plataforma horitzontal i la inclinada amb els cargols a la placa vertical soldada.

La plataforma horitzontal només té una única posició. La plataforma inclinada gràcies a les ranures corbades se li pot donar l'angle d'inclinació desitjat. L'angle exacte de 41'5º per a dur a terme l'assaig a flexió s'obté fixant la plataforma inclinada a la placa amb els forats passant destinats a aquest ús tal i com es veu a la Figura 2.

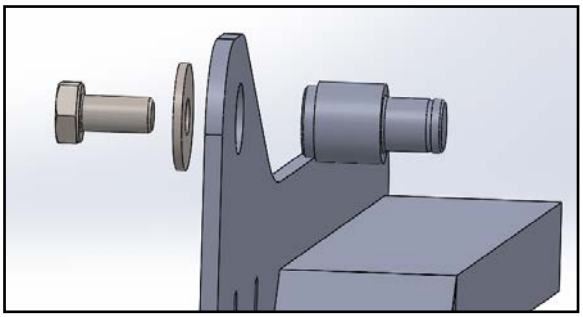


Figura 3. Fixació de l'eix a la placa vertical.

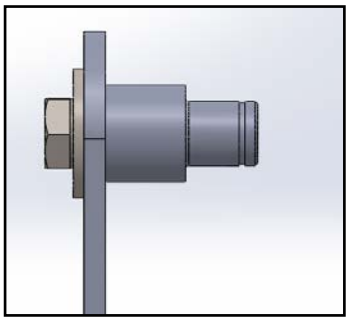


Figura 4. Eix muntat

El següent pas és fixar l'eix que suportarà el rodament i el seu encaix a la placa vertical mitjançant la volandera i el cargol corresponent. Un cop l'eix està fixat a la placa vertical, s'hi acoblarà l'encaix del rodament, el rodament i es muntaran els anells elàstics seeger per tal que el conjunt no es pugui desmuntar.

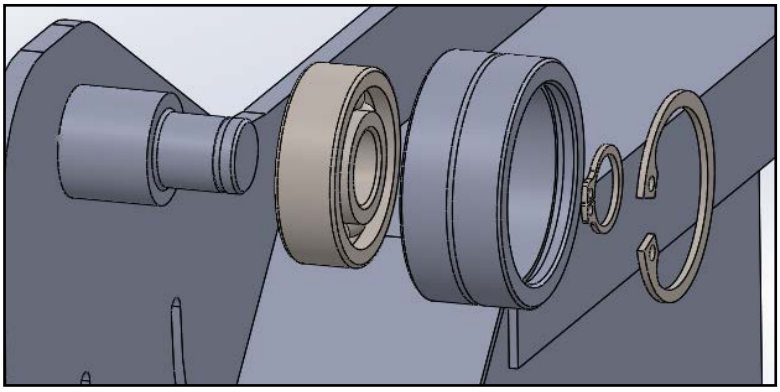


Figura 5. Muntatge sistema politja.

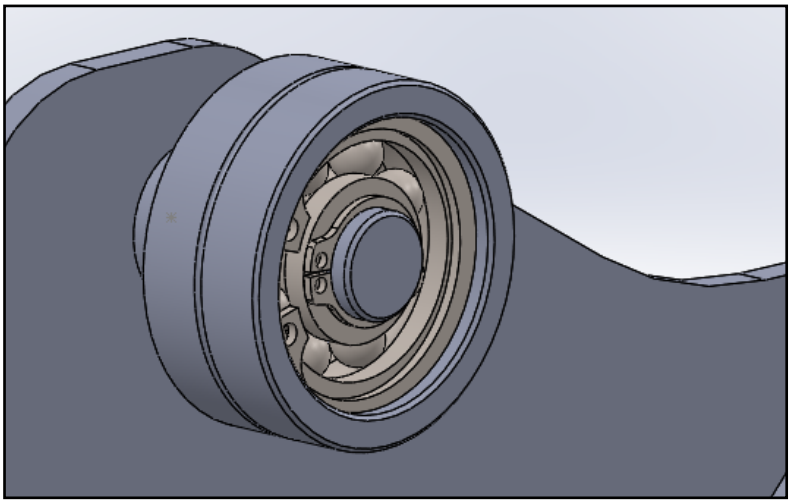


Figura 6. Sistema politja muntat.

Ara es collarà l'anclatge a la base horitzontal que reposa sobre la mostra. La fixació es fa amb els dos cargols M3x30

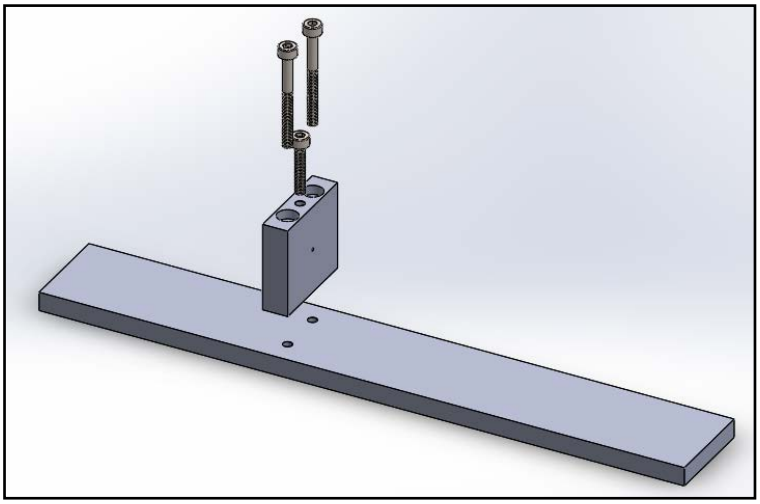


Figura 7. Fixació anclatge al suport horitzontal de la mostra.

Un cop s'han collat aquestes dues peces, es deixen a sobre de la superfície horitzontal on recolzarà la mostra. S'agafa el fil, es fa passar per la obertura i amb el cargol M3x16 es cargola fins a fixar el fil. L'altre extrem del fil es fixa pel mateix sistema a la màquina assaig, mitjançant un extensor amb la obertura destinat a aquesta fixació.

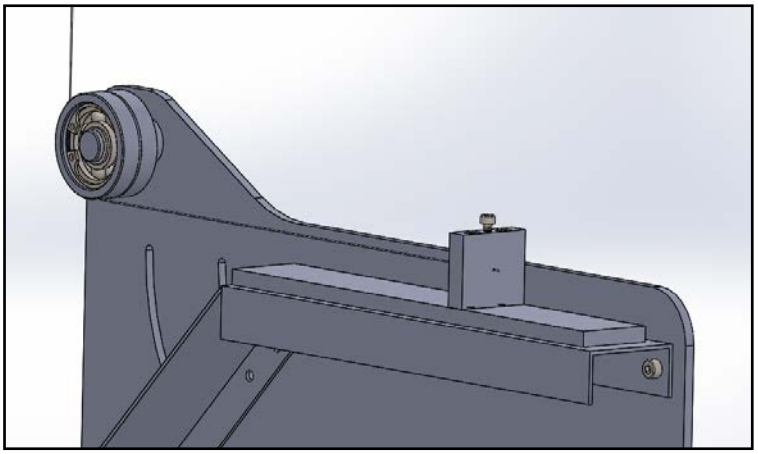


Figura 8. Muntatge fil a l'anclatge.

13.2 C.2 MUNTATGE UTILLATGE SHEAR FRAME

MANUAL BÀSIC DE MUNTATGE

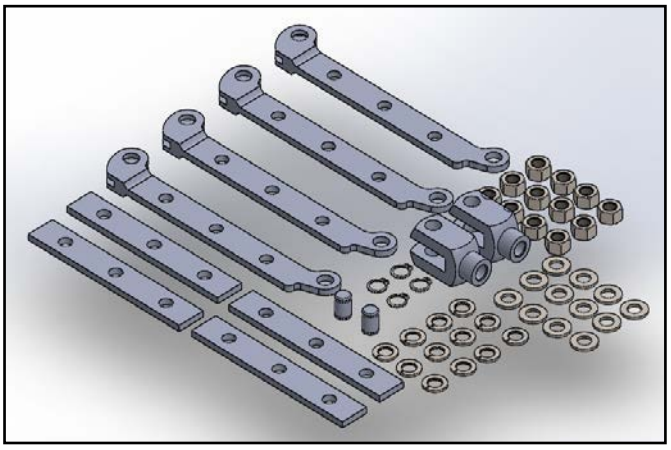


Figura 1. Exposició de peces utillatge shear frame

Aquest utillatge només consta de 8 peces diferents. El braç principal s'enllaça amb ell mateix tancant i formant un quadrilàter.

Primer de tot s'agafa dos braços i la cua d'un s'uneix al cap de l'altre, com mostra la Figura 2.

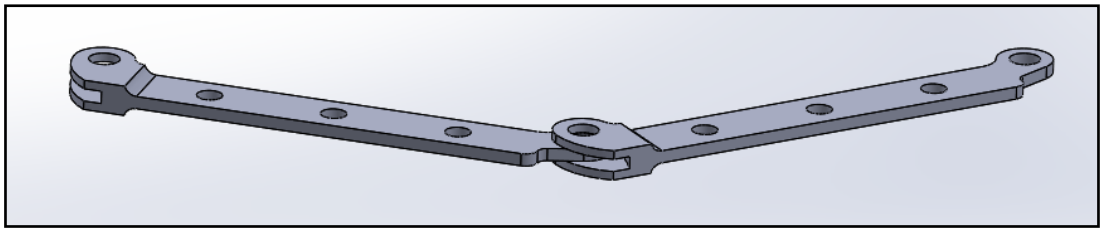


Figura 2. Unió entre dos braços del marc.

Ara es munta el pin i es fixa amb els anells elàstics seegers.

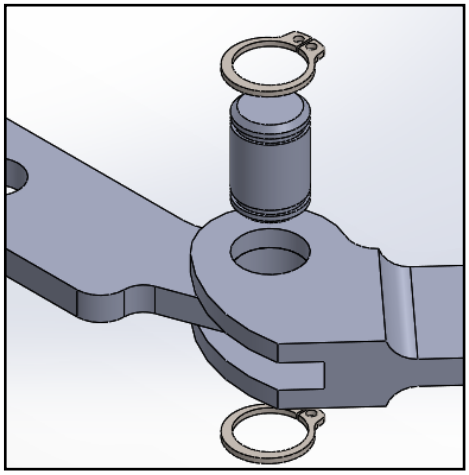


Figura 3. Fixació del pin

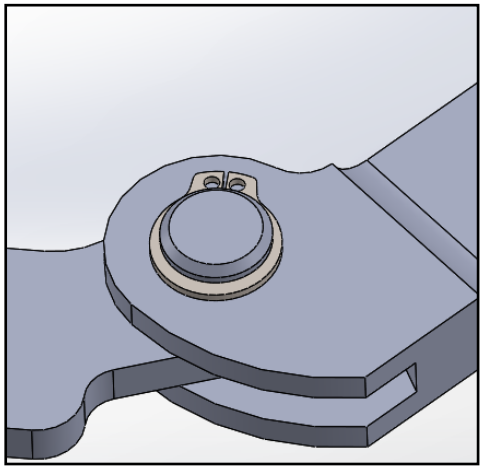


Figura 4. Unió braços amb el pin

Amb els dos braços restants fer els mateixos passos. Un cop es tenen els dos braços muntats per parelles, toca unir-los de manera que es tanqui el quadrilàter.

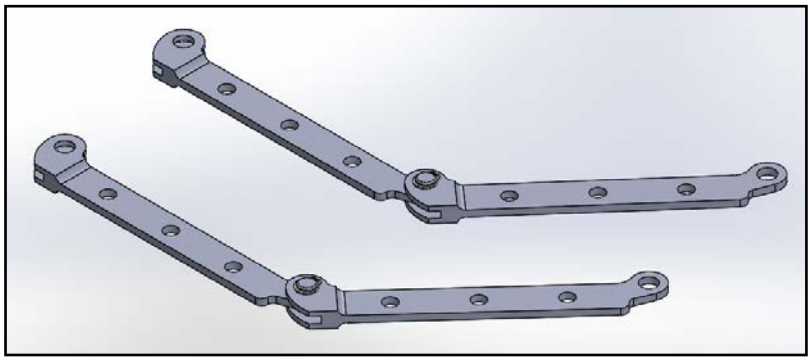


Figura 5. Unió dels braços per al tancament del quadrilàter.

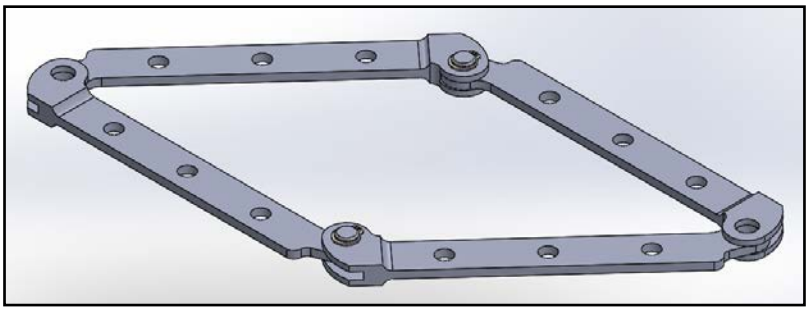


Figura 6. Tancament quadrilàter

Ara per unir els dos extrems que queden lliures es fixaran amb les dues forquilles, i s'hi farà passar el pin de la pròpia forquilla per fixar les unions.

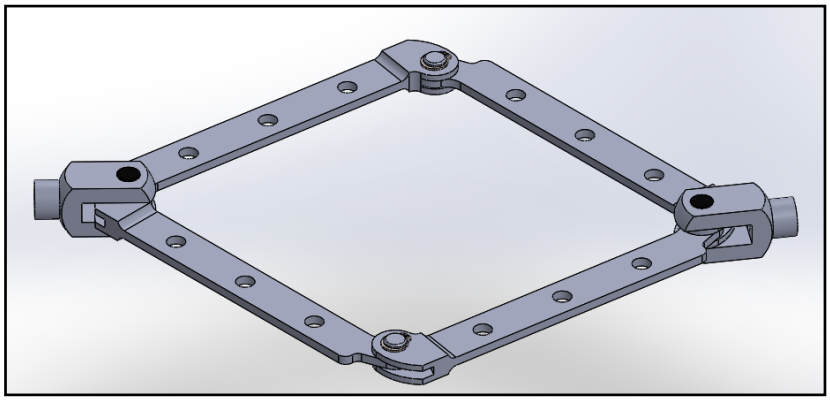


Figura 7.Fixació d'unions amb les forquilles.

L'últim pas es col·locar els passamans a sobre el pla del braç i collar-los amb els cargols. Per fixar la mostra al marc, primerament es col·loca la mostra a sobre el marc ja tancat. Seguidament s'acomoden els passamans fent coincidir els forats i fixant-los. Quedant l'utillatge totalment muntat, com mostra la Figura 8.

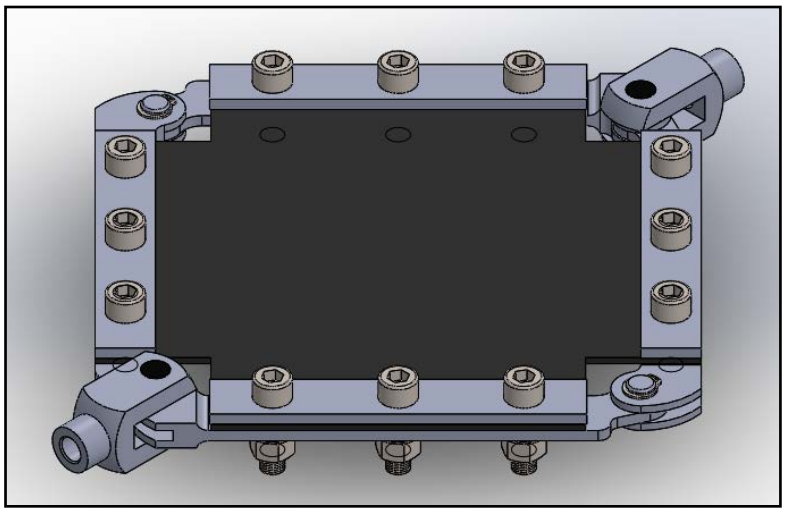


Figura 8. Utillatge muntat amb mostra acomodada.

14 ANNEX D: CÀLCULS

D.1 ANÀLISIS PER ELEMENTS FINITS DEL SQUARE FRAME

D.1.2 GEOMETRIA, PROPIETATS I MALLAT

La geometria ha estat importada directament des de SOLIDWORKS al Workbench. S'ha seleccionat el material com un acer inoxidable, amb un mòdul de Young de 310 MPa.

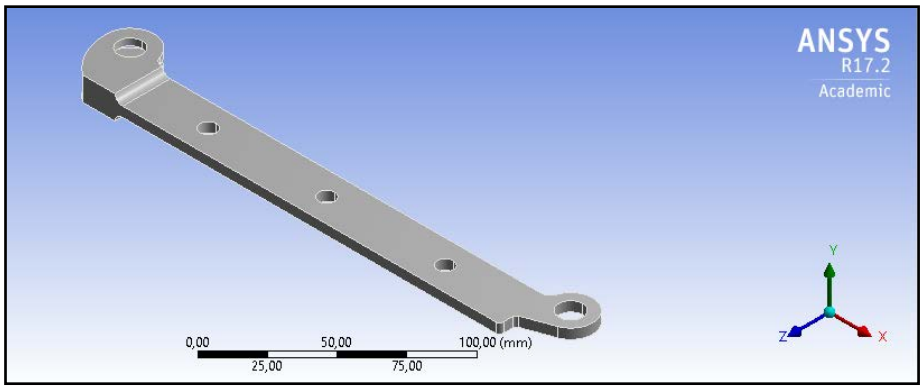


Figura 1. Geometria del square frame

El mallat s'ha definit amb un sizing de 1 mm i uns afinaments a les zones crítiques, tal com cantonades i radis, per definir millor el comportament en aquesta zona.

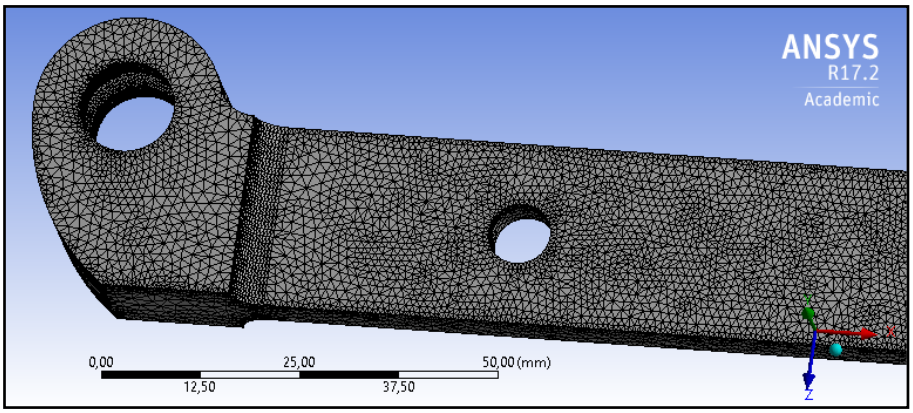


Figura 2. Mallat de resolució 1 mm amb un afinament als punts crítics.

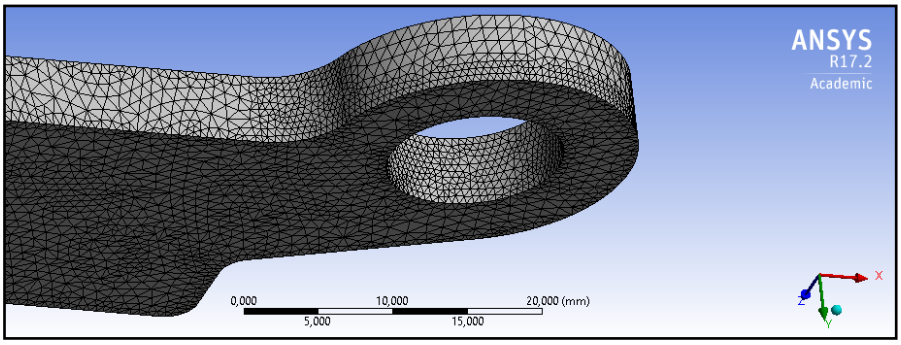


Figura 3. Mallat amb resolució de 1 mm amb refinament en zones crítiques.

D.1.3. CONDICIONS DE CONTORN

Per tal de dimensionar la peça del marc, s'ha considerat el pitjor cas i que no es donarà mai. Una tracció pura al braç. Els assajos començaran sempre amb una inclinació de 45º i l'assaig s'atura tan bon punt a la mostra hi comencen a sortir les primeres arrugues, per tant, s'ha considerat un estat molt desfavorable, en el qual només s'hi podrà arribar si la mostra trenca estrepitosament i el marc queda totalment estirat. Així doncs, un extrem del braç s'ha fixat, deixant lliure el gir, i a l'altre extrem s'hi ha col·locat una força en el sentit de l'eix X, de purament tracció amb un valor de 1000N.

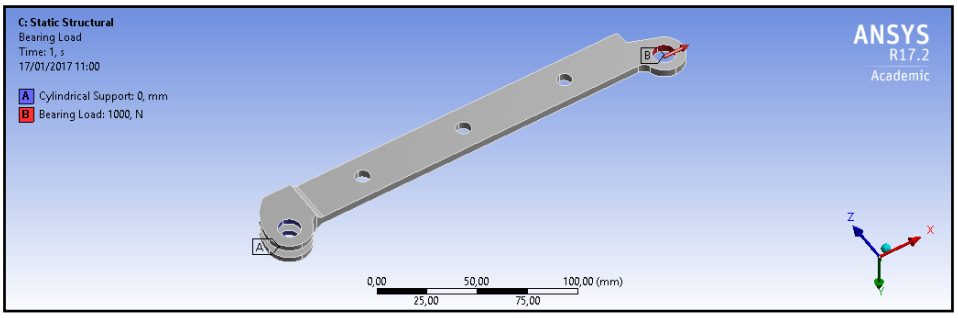


Figura 4. Condicions de contorn al braç.

D.1.4. RESULTATS: TENSIÓ DE VON MISES

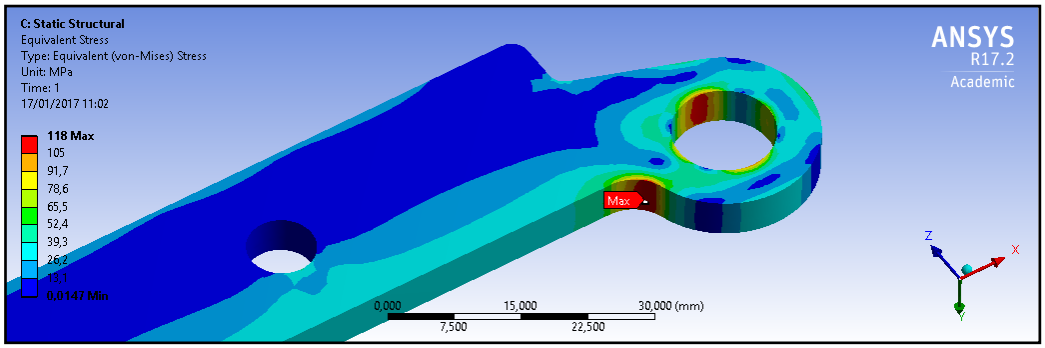


Figura 5. Tensió de Von Misses màxima al radi de un extrem del braç.

S'obté una tensió màxima de Von-Mises de 118MPa. Donat que el límit elàstic del material es troba a 310 MPa, i a més, les condicions de contorn són les pitjors de qualsevol cas, es pot concloure amb què el dimensionat de la peça és correcte, donant marge inclús per a possibles imprevistos.

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 2. Plànols

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina.
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

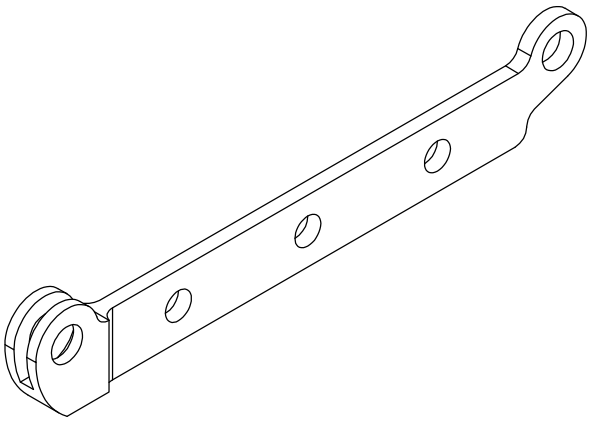
ÍNDEX

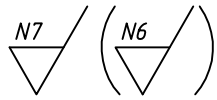
1 UTILLATGE SHEAR FRAME

1.1 BASE SQUARE FRAME 1
1.2 CLOSING FRAME 2
1.3 ROTATING PING 3
1.4 CONJUNT SHEAR FRAME 4

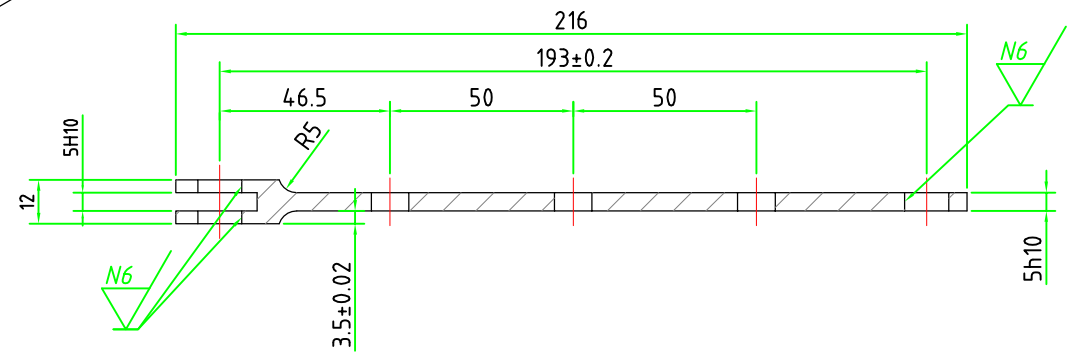
2 UTILLATGE BENDING

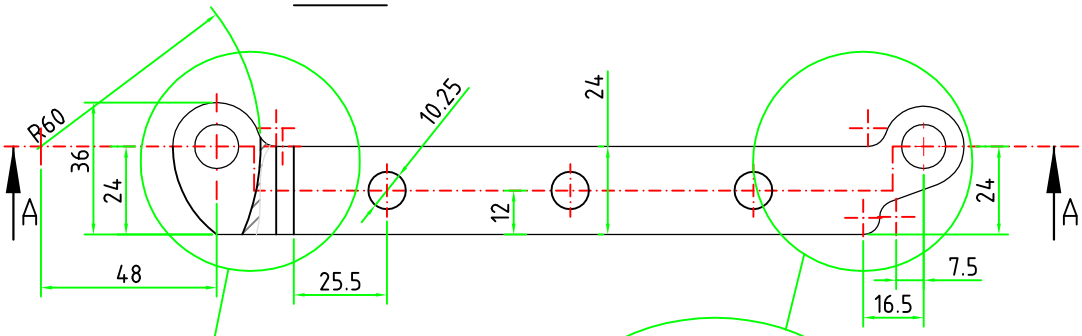
2.1 PLACA BASE 5
2.2 PLACA VERTICAL 6
2.3 BASE SOLDADA 7
2.4 SUPORT INCLINAT 8
2.5 SUPORT HORITZONTAL 9
2.6 ANCLATGE 10
2.7 LLISCADOR 11
2.8 ENCAIX COIXINET 12
2.9 EIX 13
2.10 CONJUNT BENDING 14
2.11 LLISTA DE MATERIALS CONJUNT BENDING 15

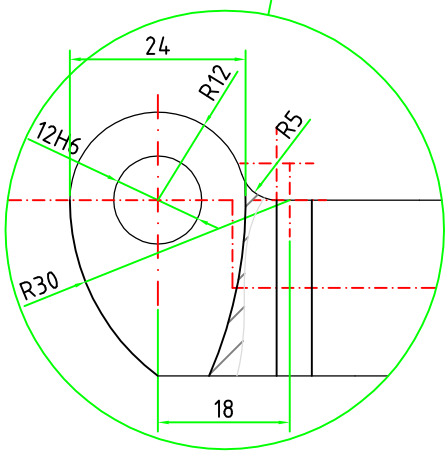


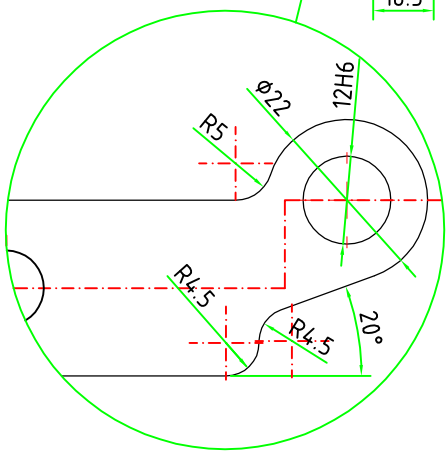


TALL A-A









Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1mm

M	4	AISI304	
Fabricació	Número peces	Material	Observacions

	Data	Nom
Dibuixant	14/11/16	Lluís Sola
Comprovat	15/11/16	Ivan Recio

AMADE Universitat de Girona

Escala : 1/2

Base square frame

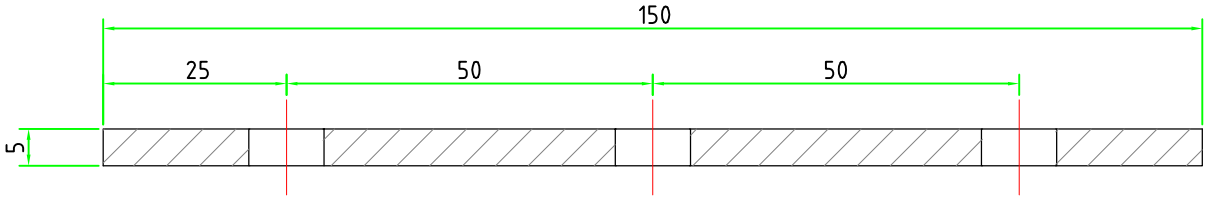
Nº de Plànol : 16-EIA-05-10~01

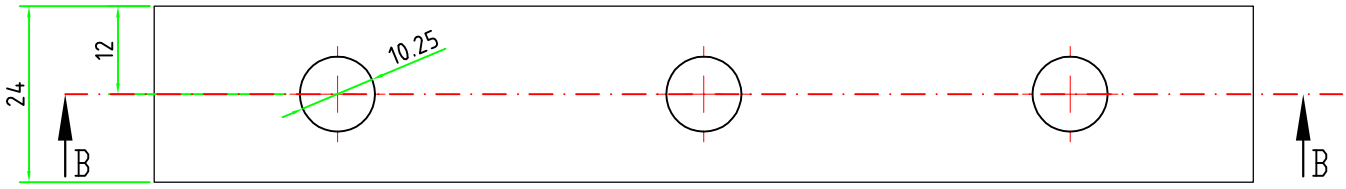
Projecte: SHEAR DRAPING TEST

Aquest plànol és propietat de AMADE i està protegit per les normes de Text Refós de la Llei de Propietat Intel.lectual.
Queda totalment PROHIBIDA la seva utitlització total i parcial, i qualsevol acte que no hagi estat expressament autoritzat pel propietari.

N6

TALL B-B





Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1mm

M	4	AISI304	
Fabricació	Número peces	Material	Observacions

	Data	Nom
Dibuixant	14/11/16	Lluís Sola
Comprovat	15/11/16	Ivan Recio

AMADE Universitat de Girona

Escala : 1/1

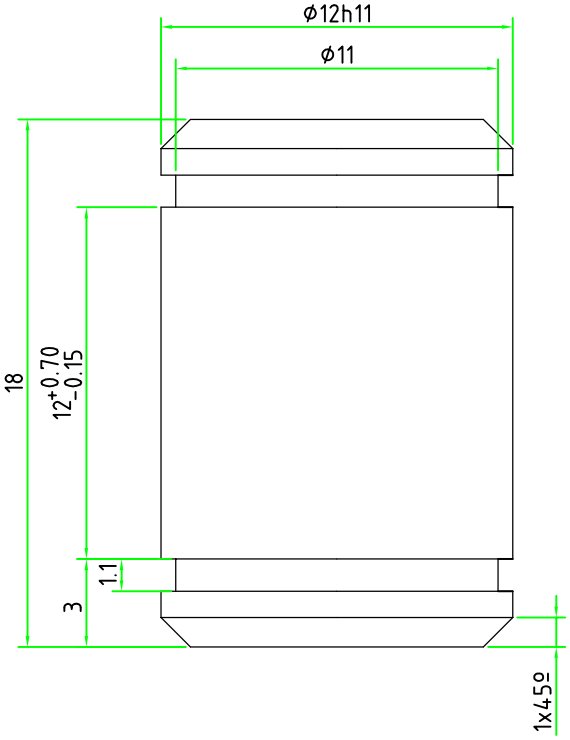
Closing frame

Nº de Plànol : 16-EIA-05-10~02

Projecte: SHEAR DRAPING TEST

Aquest plànol és propietat de AMADE i està protegit per les normes de Text Refós de la Llei de Propietat Intel.lectual.
Queda totalment PROHIBIDA la seva utitlització total i parcial, i qualsevol acte que no hagi estat expressament autoritzat pel propietari.

N6



Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1mm

M	2	AISI304	
Fabricació	Número peces	Material	Observacions

	Data	Nom
Dibuixant	14/11/16	Lluís Sola
Comprovat	15/11/16	Ivan Recio

AMADE Universitat de Girona

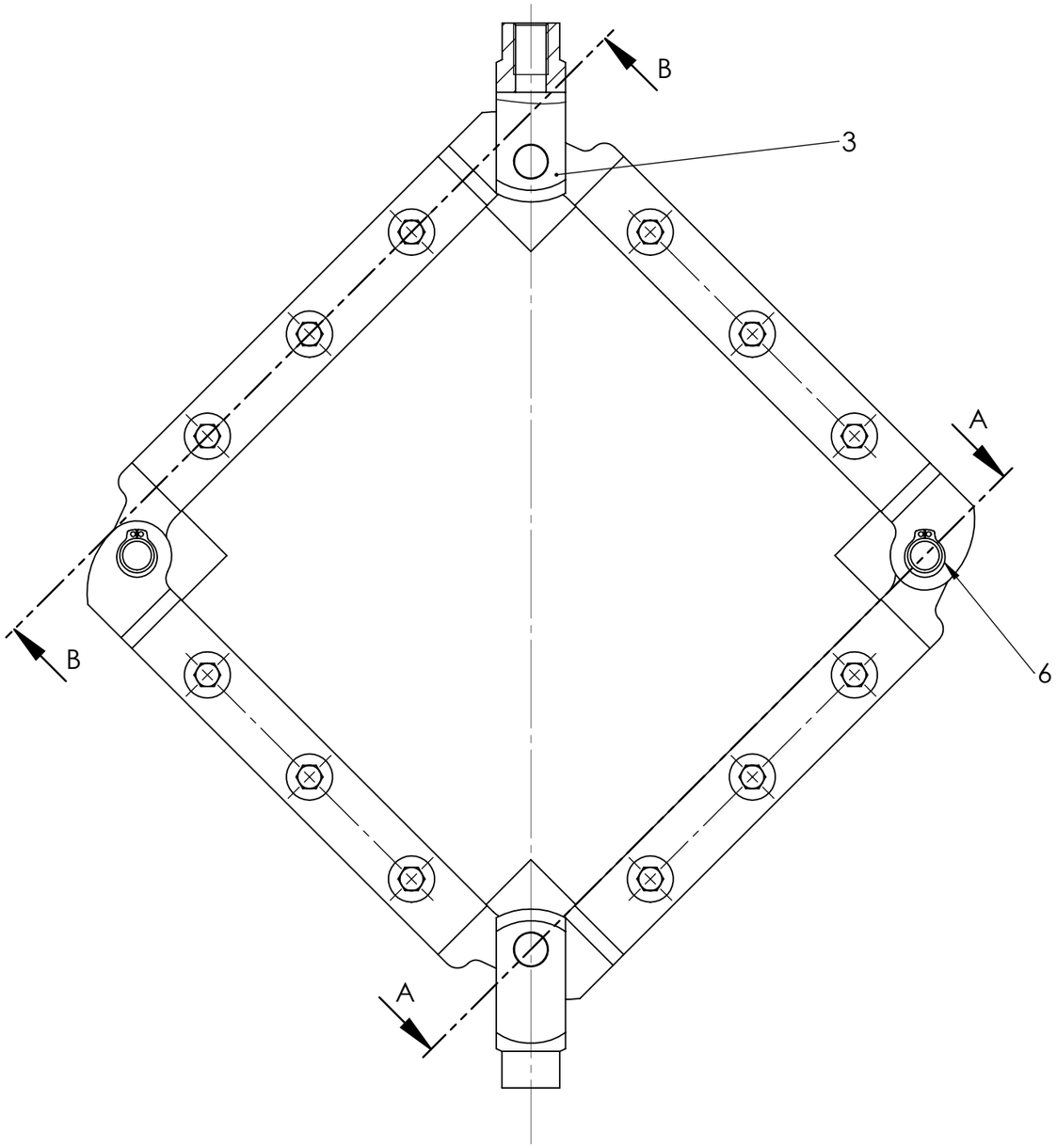
Escala : 4/1

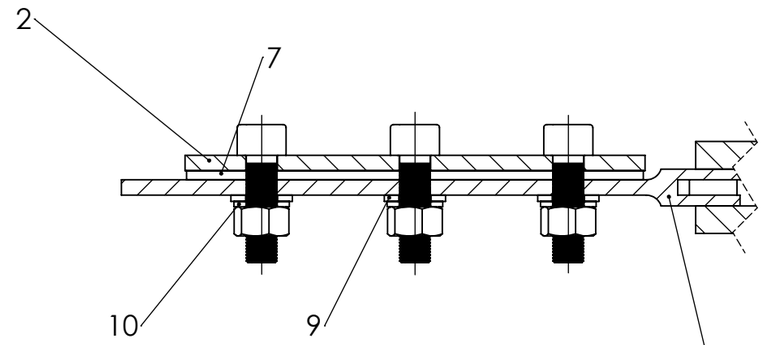
Rotating pin

Nº de Plànol : 16-EIA-05-10~03

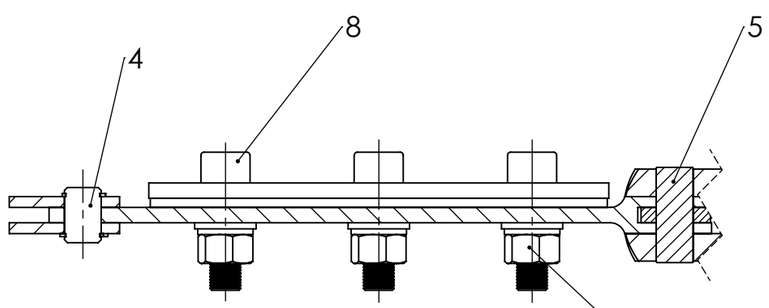
Projecte: SHEAR DRAPING TEST

Aquest plànol és propietat de AMADE i està protegit per les normes de Text Refós de la Llei de Propietat Intel.lectual.
Queda totalment PROHIBIDA la seva utitlització total i parcial, i qualsevol acte que no hagi estat expressament autoritzat pel propietari.





TALL B-B



TALL A-A

N.º ELEMENT	N.º DE PEÇA	MATERIAL	QUANTITAT
1	Base square frame	AISI 304	4
2	Closing frame	AISI 304	4
3	Forquilla RS SG-M12X1'25	AISI 304	2
4	Rotating pin	AISI 304	2
5	Forquilla-pin RS SG-M12X1'25	AISI 304	2
6	Seeger DIN 471 - 12 x 1	F-1430	4
7	Specimen	MAT. COMPOST	1
8	DIN 912 M10x1 x 35 --- 35S	AISI 304	12
9	Washer DIN 125 - A 10.5	AISI 304	12
10	Spring washer DIN 127 - B	AISI 304	12
11	Hexagon Nut DIN 934 - M10 - C	AISI 304	12

	Data	Nom	Cognom
Dibuixat	16/11/16	Lluís	Sola
Comprov.			
id.s.norm			ISO-UNE

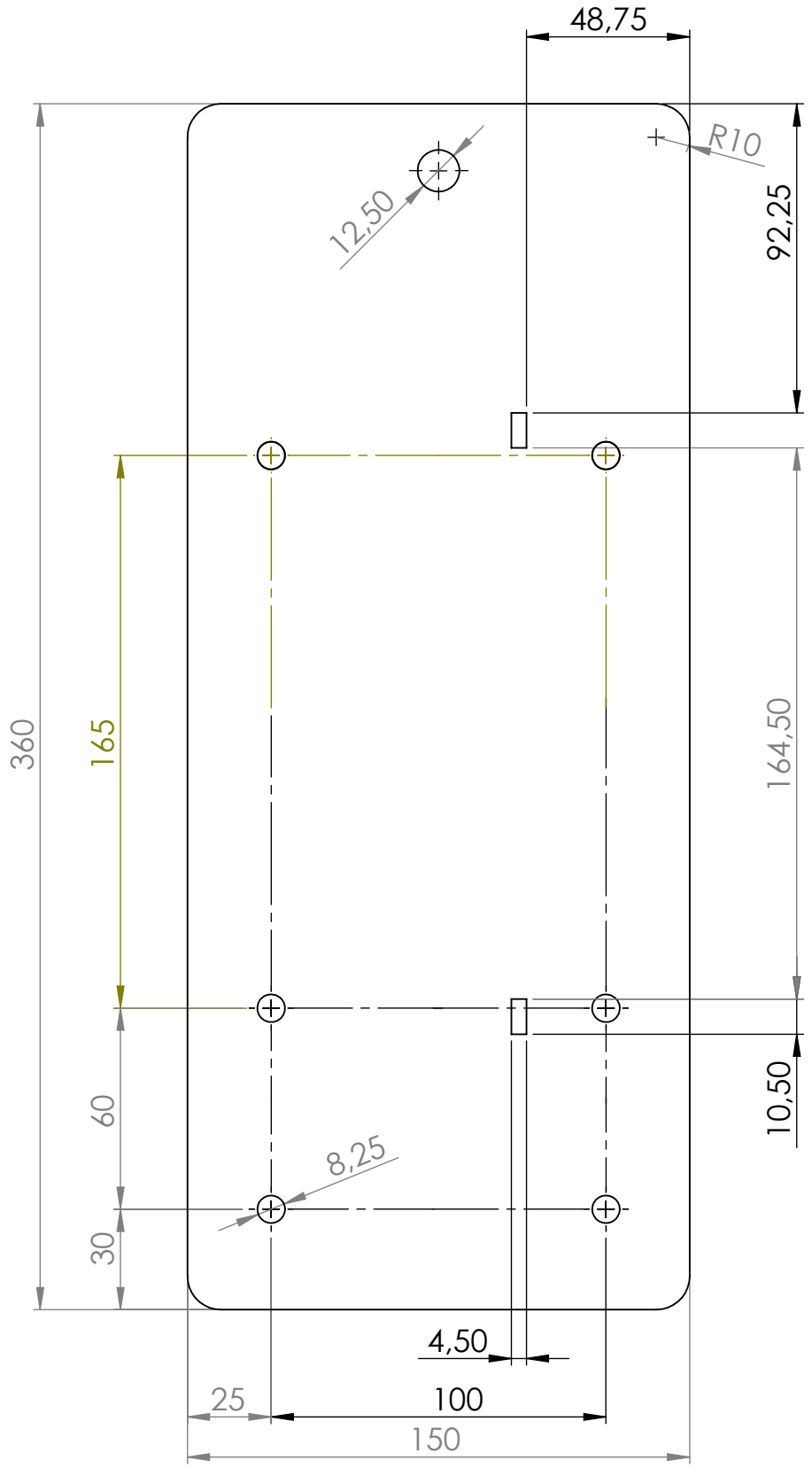
AMADE
Universitat de Girona

Escala
1:2

Conjunt Shear Frame

Grau en Enginyeria Mecànica

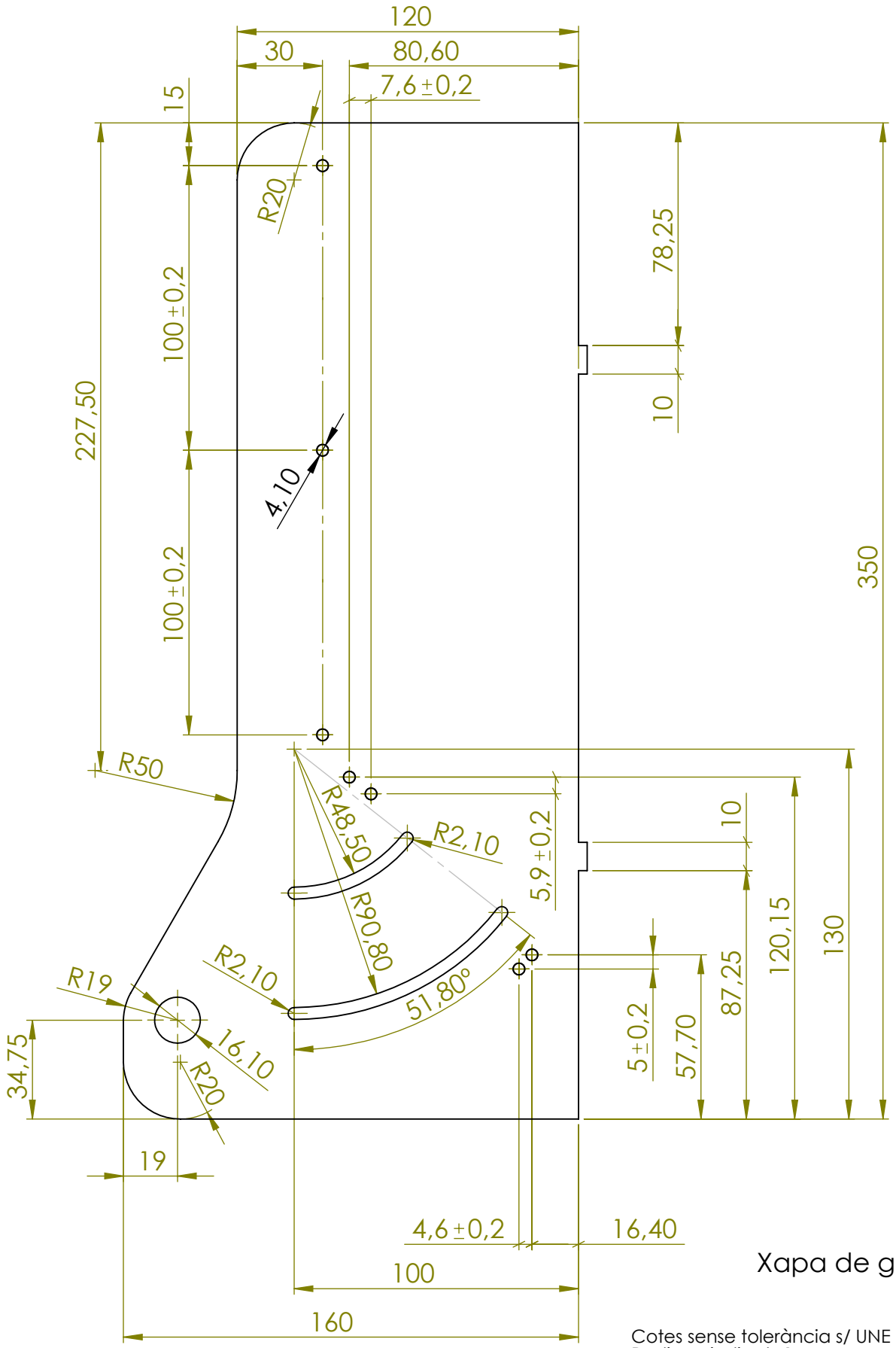
Nº plànol
16-EIA-10



Xapa de gruix 4mm

Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

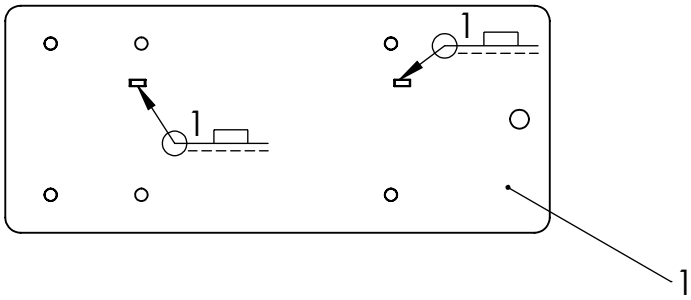
nº plànol: 16-EIA-11~01	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:2	PLACA BASE				Grau Enginyeria Mecànica

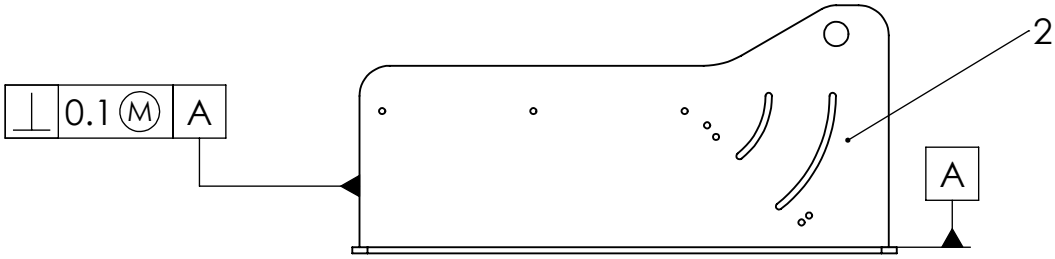


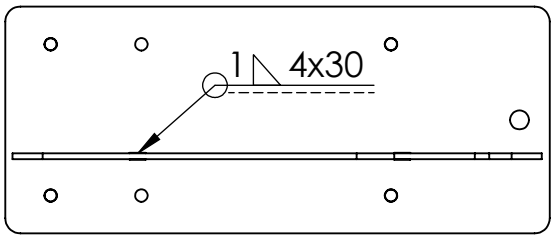
Xapa de gruix 4mm

Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

nº plànol: 16-EIA-11~02	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:2	PLACA VERTICAL				Grau Enginyeria Mecànica

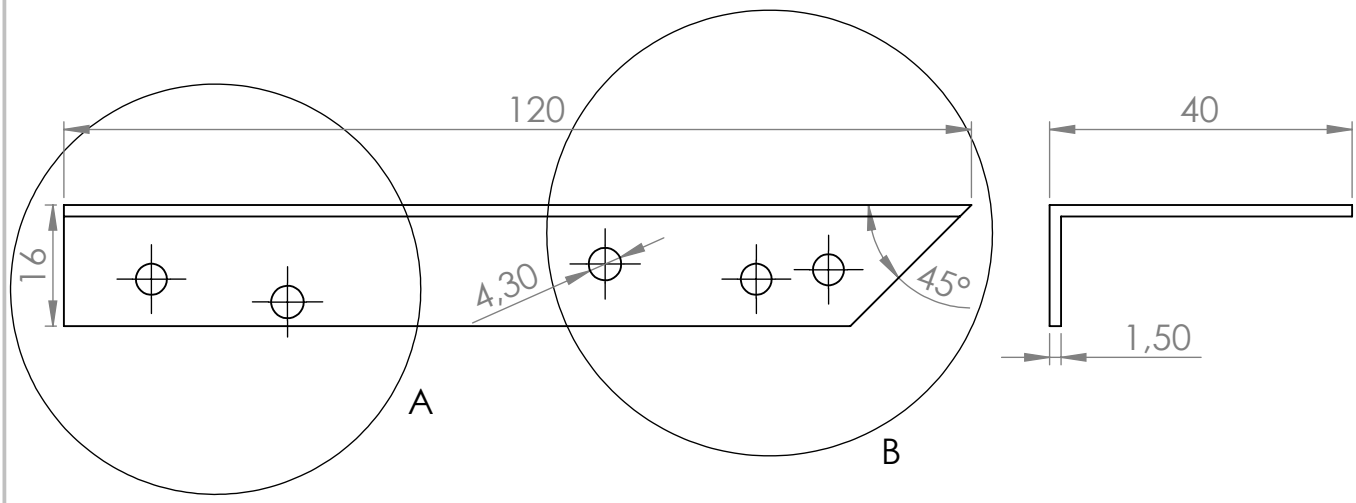




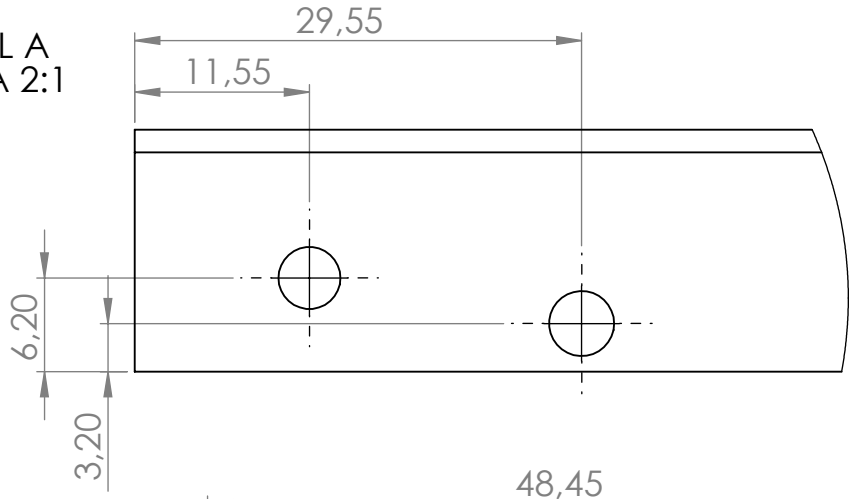


N.º ELEMENT	N.º PEÇA	MATERIAL DE SOLDADURA	QUANTITAT
1	Placa Base	AISI 304	1
2	Placa vertical	AISI 304	1

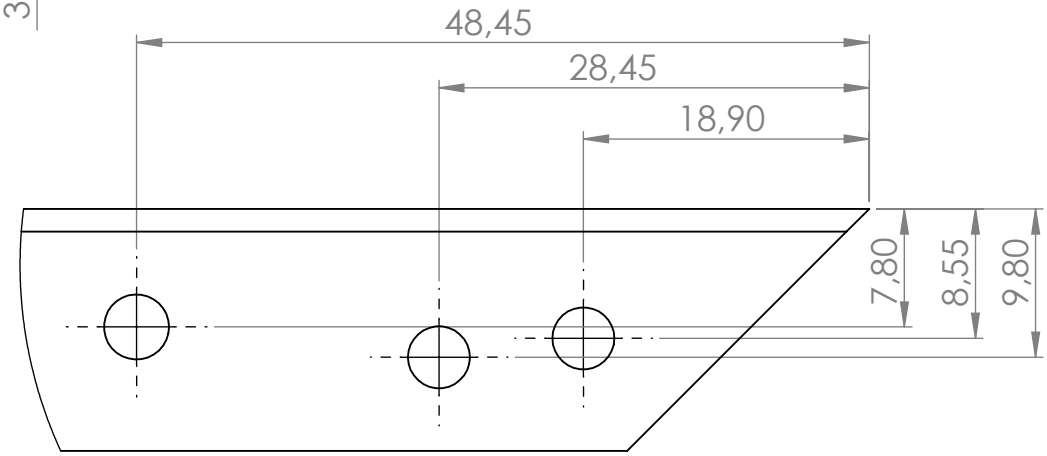
nº plànol: 16-EIA-11~03	***Dibuixat***	***Lluís***	***Sola***	***30/12/16***	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:5	***Base soldada***				***Grau Enginyeria Mecànica***



DETALL A
ESCALA 2:1



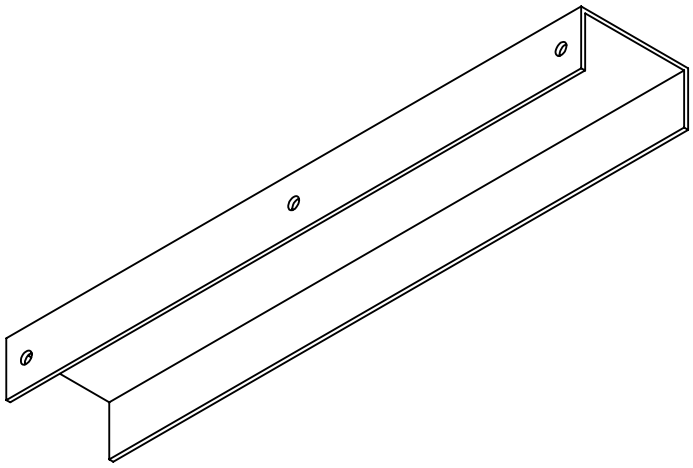
DETALL B
ESCALA 2:1

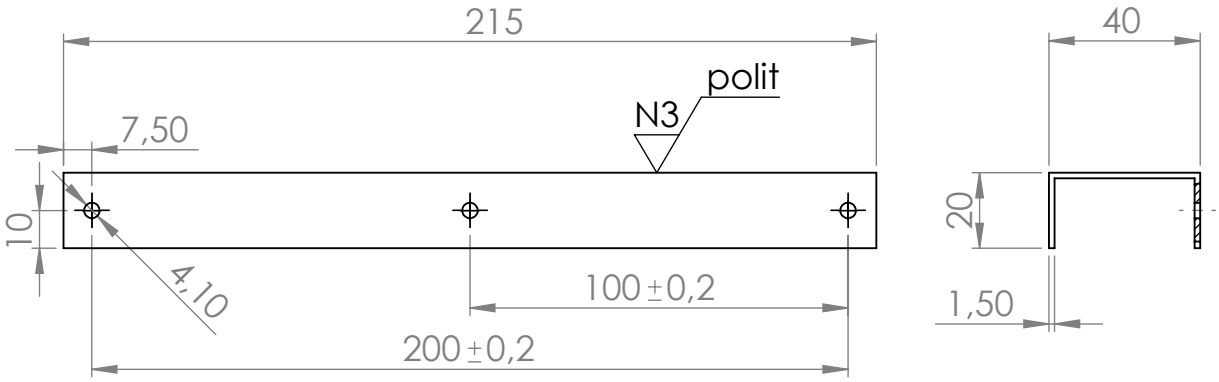


Observacions: Fabricar a partir de tub comercial 40x40x1.5

Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

nº plànol: 16-EIA-11~04	**Dibuixat**	**Lluís**	**Sola**	**30/12/16**	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:2	**SUPORT INCLINAT**				**Grau Enginyeria Mecànica**

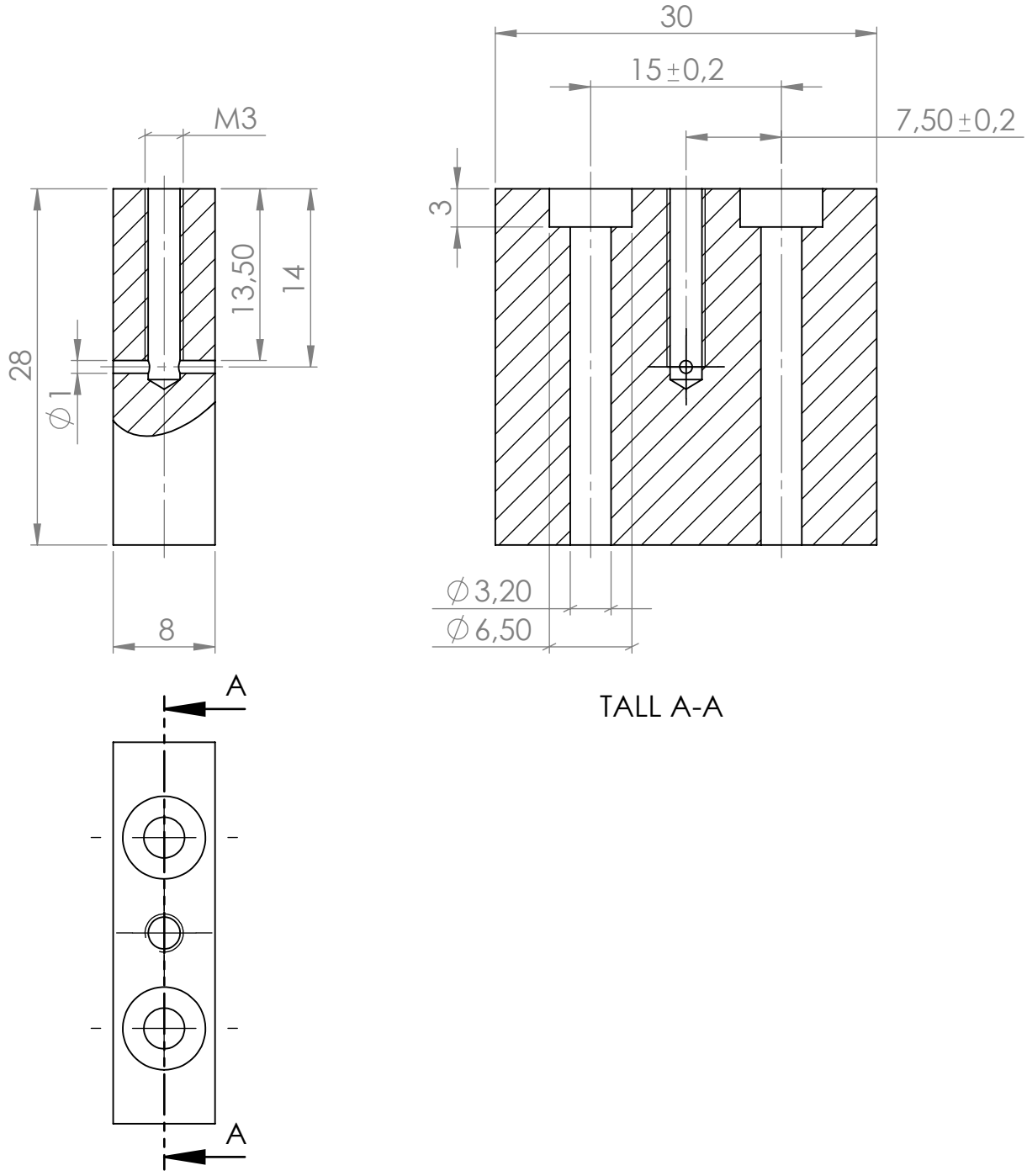




Observacions: Fabricar a partir de tub comercial 40x40x1.5

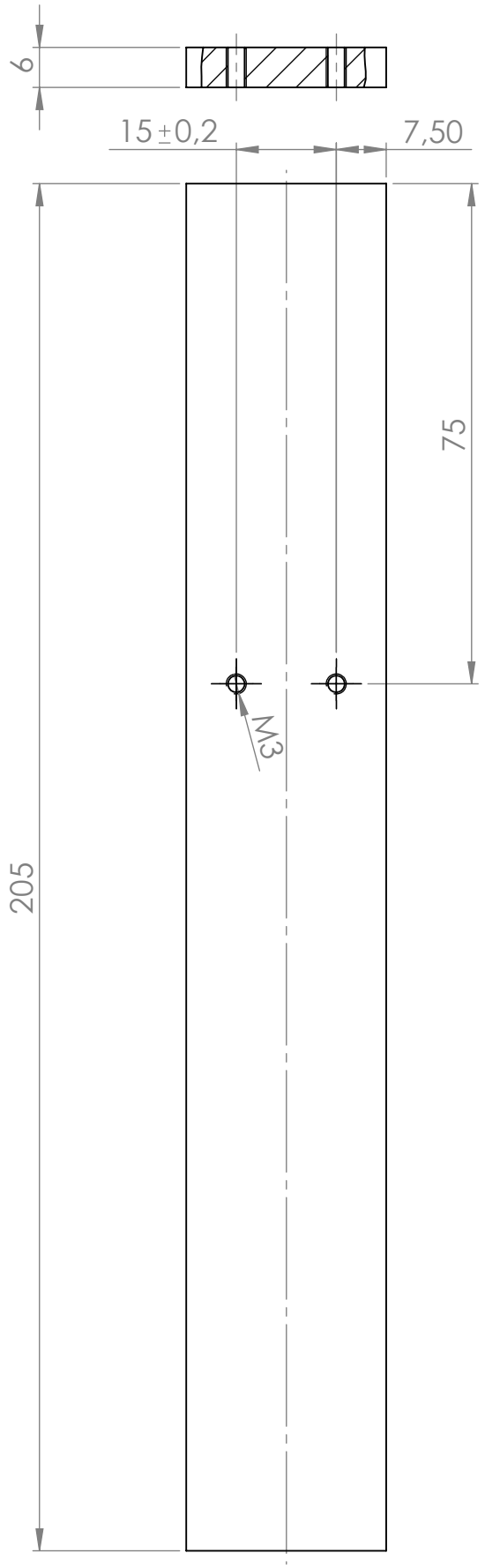
Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

nº plànol: 16-EIA-11~05	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:2	SUPORT HORITZONTAL				Grau Enginyeria Mecànica



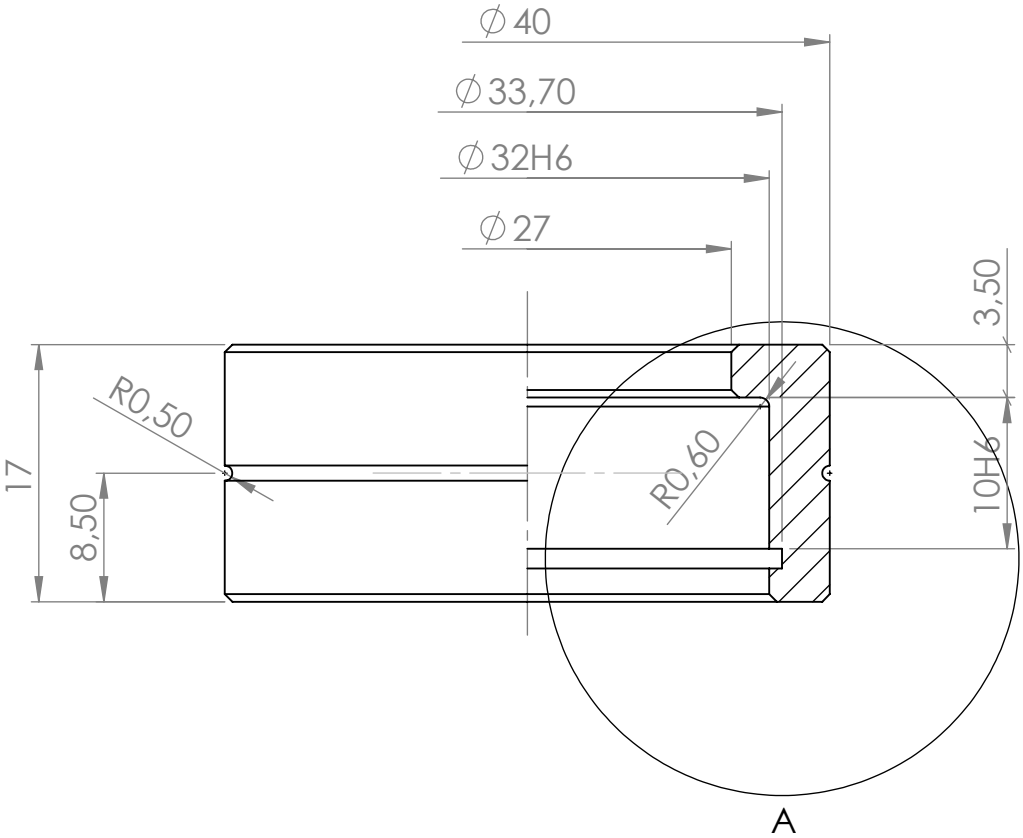
Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

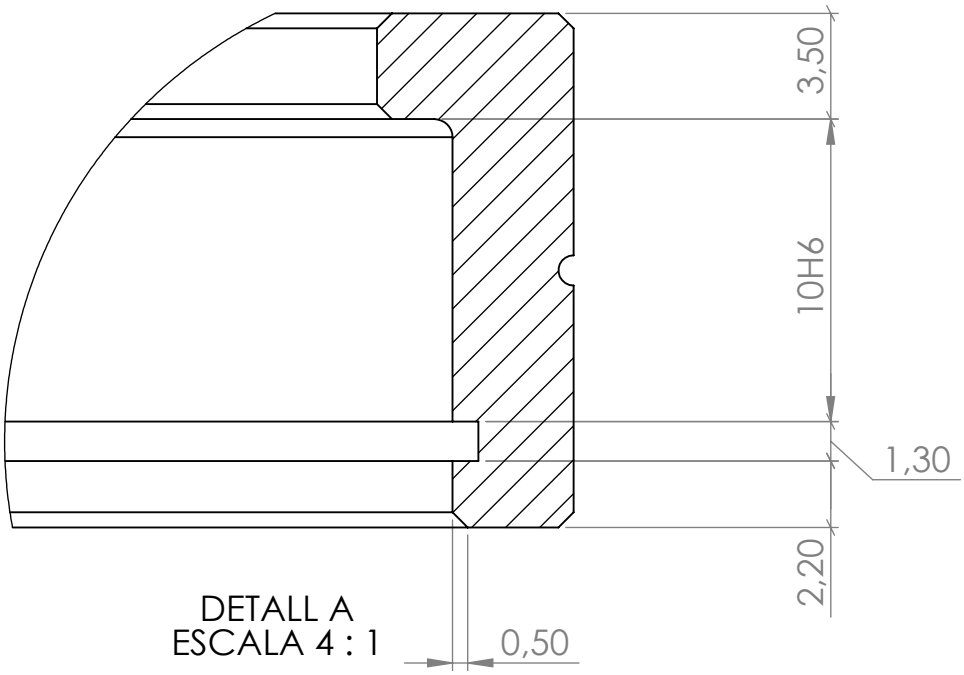
nº plànol: 16-EIA-11~06	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 2:1	ANCLATGE				Grau Enginyeria Mecànica



Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

nº plànol: 16-EIA-11~07	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:1	LLISCADOR				Grau Enginyeria Mecànica

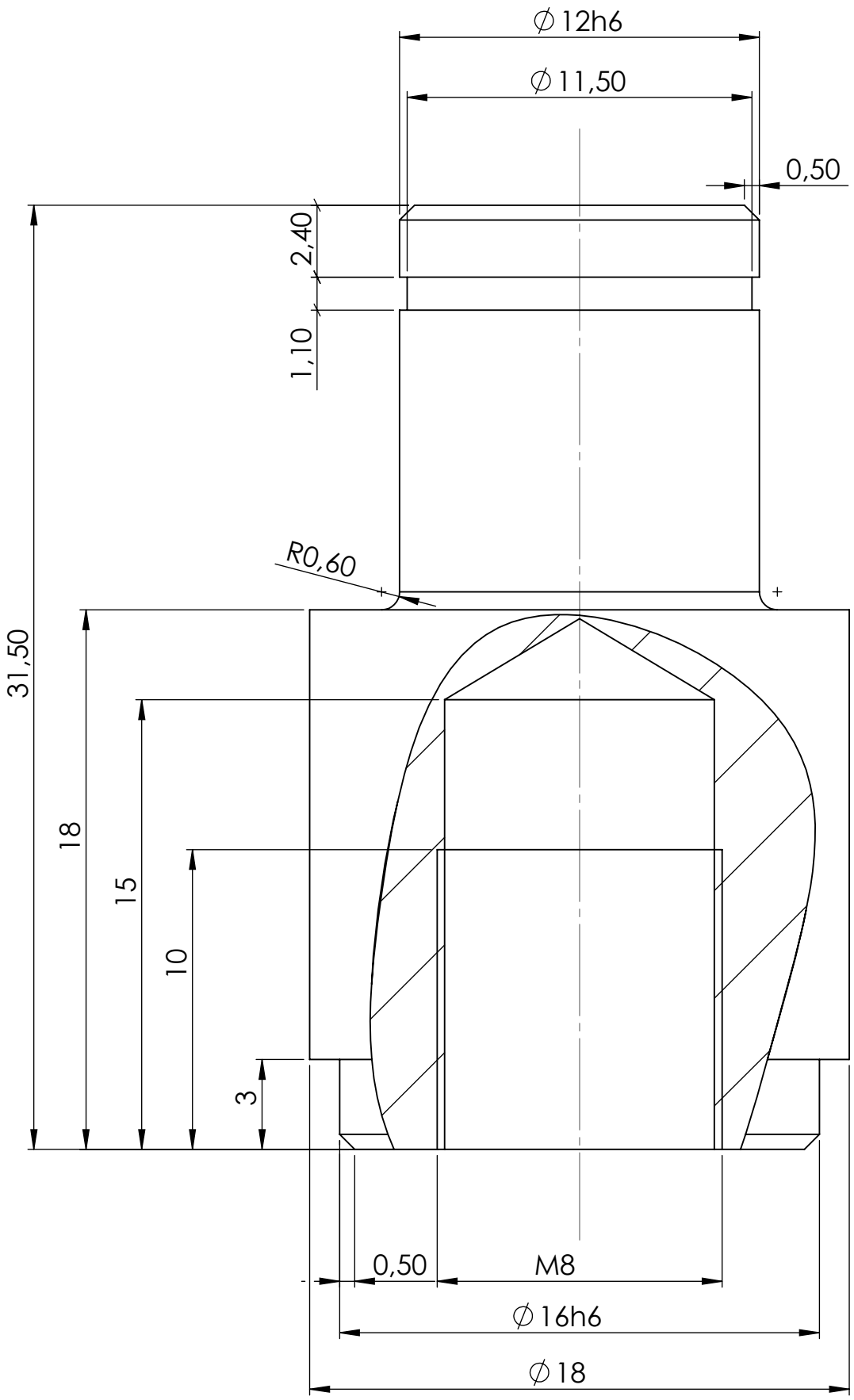




DETALL A
ESCALA 4 : 1

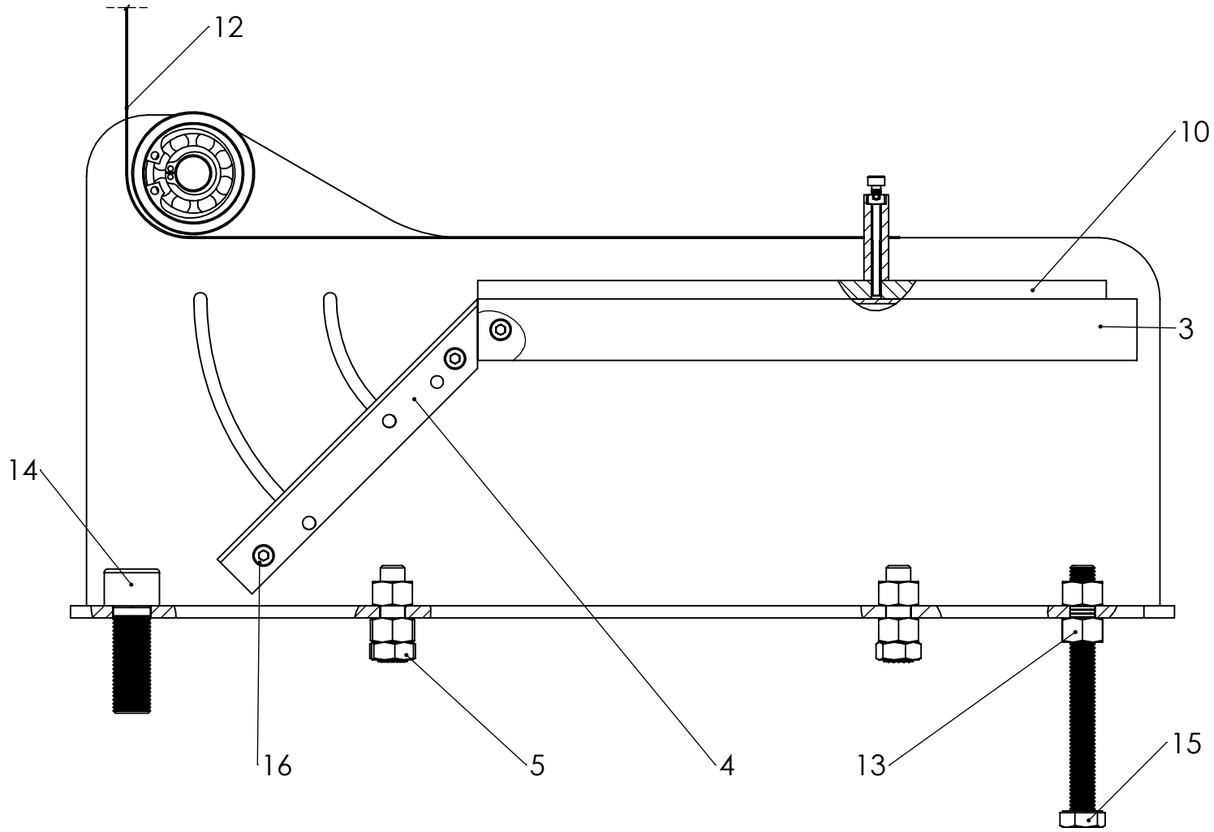
Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

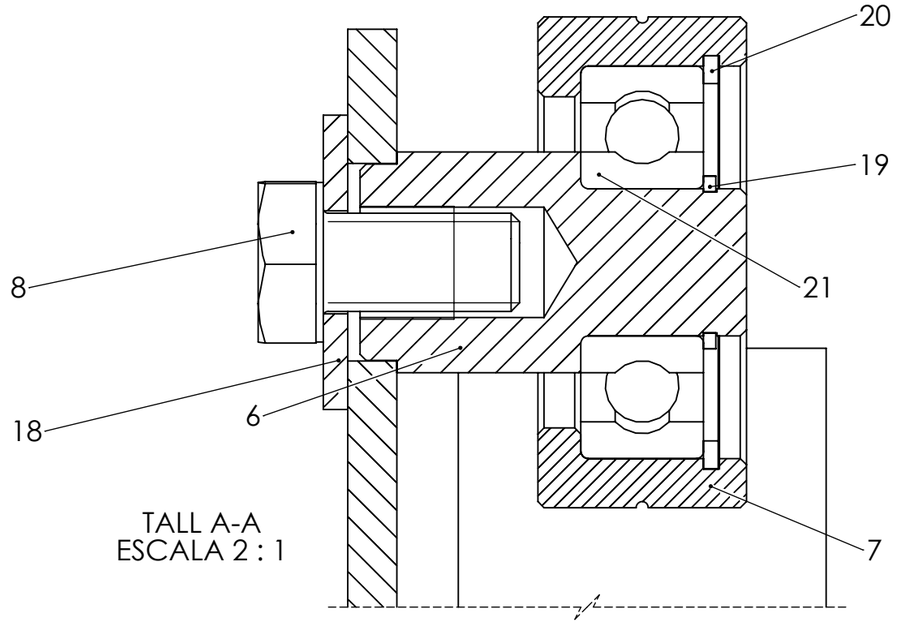
nº plànol: 16-EIA-11~08	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 1:2	Encaix coixinet				Grau Enginyeria Mecànica



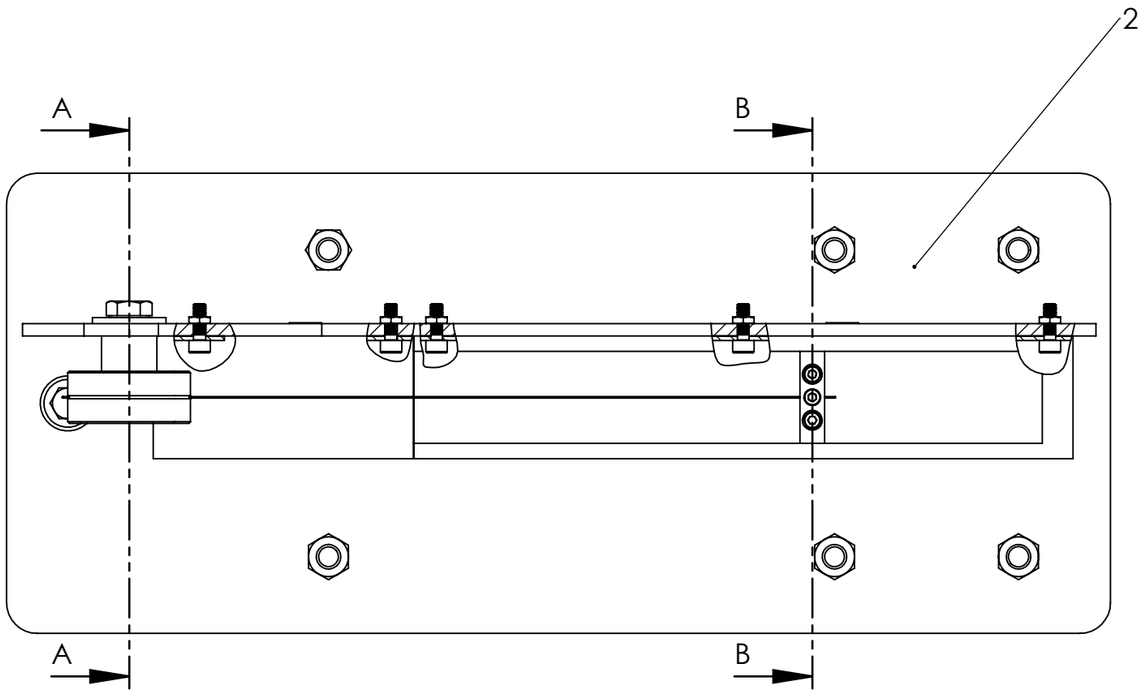
Cotes sense tolerància s/ UNE EN 22768 mK
Radis no indicats 1 mm

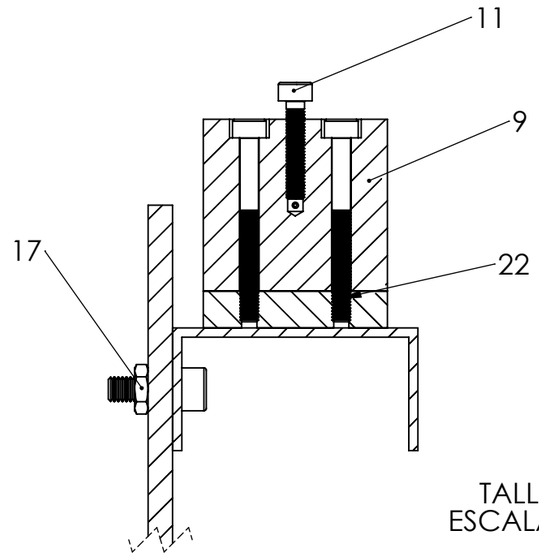
nº plànol: 16-EIA-11~09	Dibuixat	Lluís	Sola	30/12/16	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala 5:1	Eix				Grau Enginyeria Mecànica





TALL A-A
ESCALA 2 : 1





TALL B-B
ESCALA 1 : 1

	Data	Nom	Cognom
Dibuixat	30/12/16	Lluís	Sola
Comprov.			
id.s.norm			ISO-UNE
Escala 1:2	Conjunt Bending		Grau en Enginyeria Mecànica
			Nº plànol 16-EIA-11

AMADE
Universitat de Girona

N.º ELEMENT	N.º DE PEÇA	MATERIAL	QUANTITAT
2	Base Soldada	AISI 304	1
3	Suport horitzontal	AISI 304	1
4	Suport inclinat	AISI 304	1
5	Peu Norelem 07114-1308 hexagonal gripper	AISI 304	4
6	Eix	AISI 304	1
7	Encaix coixinet	AISI 304	1
8	ISO 4017 - M8 x 80 x 16-N	AISI 304	1
9	Anclatge	AISI 304	1
10	Lliscador	AISI 304	1
11	DIN 912 M3 x 16 --- 16S	AISI 304	1
12	Fil APTAN XTRU 840H	Nucli Nylon recobert PVC	1
13	Hexagon Nut ISO 4034 - M8 - S	AISI 304	12
14	DIN 912 M12x1.25x35---35S	AISI 304	1
15	ISO 4014-M8x80x80-S	AISI 304	2
16	DIN 912 M4x12--12S	AISI 304	5
17	Hexagon Thin Nut ISO 4035-M4-S	AISI 304	5
18	Washer DIN 9021-8.4	AISI 304	1
19	Seeger DIN 471-12x1	AISI 304	1
20	Seeger DIN 472-32x1.2	AISI 304	1
21	Rodament SKF 6201-VA201		1
22	DIN 912 M3x30--18S	AISI 304	2

nº plànol: 16-EIA-11-adj	***Dibuixat***	***Lluís***	***Sola***	***30/12/16***	AMADE Universitat de Girona
	Comprovat				
Escala -	***LLISTA DE MATERIALS***				***Grau Enginyeria Mecànica***

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 3. Plec de condicions

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ 1

1.1 OBJECTE DEL PLEC 1
1.2 DOCUMENTS CONTRACTUALS I INFORMATIUS 1
1.3 COMPATIBILITAT ENTRE DOCUMENTS 1

2 CONDICIONS DELS MATERIALS 1

2.1 MATERIALS PER PECES DE FABRICACIÓ 1
2.2 SUBMINISTRAMENT I EMMAGATZEMATGE 2
2.3 FORMES I CONDICIONS DE PECES DE COMPRA 2
2.4 CONDICIONS DE LA FABRICACIÓ 3
2.5 OPERARIS I MÀQUINES EINA 3
2.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL 3

3 CONDICIONS DE MUNTATGE 3

4 COMPROVACIONS 3

5 MANTENIMENT 4

6 CONDICIONS PER L'USUARI 4

7 CLÀUSULES ADMINISTRATIVES 5

7.1 RECEPCIÓ DEL UTILLATGE 5
7.2 PERIODE I CONDICIONS DE GARANTIA 5

1 INTRODUCCIÓ

1.1 OBJECTE DEL PLEC

L'objecte d'aquest document és completar les especificacions del disseny i parametritzar punts de seguiment per tal d'elaborar el muntatge dels conjunts i assegurar el correcte funcionament dels utillatges

1.2 DOCUMENTS CONTRACTUALS I INFORMATIUS

Document 1: Memòria
Document 2: Plànols
Document 3: Plec de condicions
Document 4: Amidaments
Document 5: Pressupost

S'entén per documents contractuals aquells que estiguin incorporats en el contracte i que són d'obligat compliment, excepte modificacions degudament autoritzades. Aquests documents són:

Document 2: Plànols
Document 3: Plec de condicions
Document 4: Pressupost

1.3 COMPATIBILITAT ENTRE DOCUMENTS

En cas de discrepàncies, es tindrà en compte l'ordre dels documents de caràcter vinculant, sent ordenats de més a menys:

- Plànols
- Plec de condicions
- Memòria i annexos

2 CONDICIONS DELS MATERIALS

2.1 MATERIALS PER PECES DE FABRICACIÓ

Totes les peces que s'han de fabricar han de ser fabricades amb Acer Inoxidable AISI304, complint amb la norma UNE-EN 10020:2001-Serie3-Grupo1, que s'encarrega de classificar els acers per tal de conèixer les seves propietats. També indica la quantitat mínima o màxima de cada component i de les propietats mecàniques que ha de tenir l'acer resultant.

2.2 SUBMINISTRAMENT I EMMAGATZEMATGE

El subministrament del material necessari per a la fabricació dels utillatges, ha de ser subministrat per un distribuïdor autoritzat.
L'emmagatzematge del material, ha d'estar cobert, en un espai on no li afectin les condicions climàtiques, recolzat sobre una superfície neta i horitzontal i suficientment aïllat perquè els personal no pugui malmetre de manera accidental el material causat per un cop, per exemple.

2.3 FORMES I CONDICIONS DE PECES DE COMPRA

Per a la construcció dels utillatges es requereixen algunes peces de compra, les quals es troben especificades en aquest document.

Utillatge Shear Frame

- Forquilla RS SG-M12x1,25
- Anell elàstic seeger DIN-471 12x1
- Arandela DIN-127 B Helicoidal de pressió
- Arandela DIN-125-1B 10,5 plana biselada
- Femella DIN-934 Hexagonal M10-C
- Cargol DIN-912 de cap cilíndric amb buit hexagonal M10x35--35S

Utillatge Bending

- Peu Norelem 07114-1308 hexagonal gripper
- 2 m de Fil APTAN XTRU 840H
- Anell elàstic seeger DIN-471 12x1
- Anell elàstic seeger DIN-472 32x1,2
- Rodament resistent a temperatures extremes SKF 6201-VA201
- Cargol DIN-912 de cap cilíndric amb buit hexagonal M3x30--18S
- Cargol DIN-912 de cap cilíndric amb buit hexagonal M4x12--12S
- Cargol DIN-912 de cap cilíndric amb buit hexagonal M12x1,25x35--35S
- Cargol DIN-912 de cap cilíndric amb buit hexagonal M3x16-16S
- Cargol ISO-4017 de cap hexagonal M8x80x16-N
- Cargol ISO-4014 de cap hexagonal M8x80x80-S
- Arandela DIN-9021-8,4 plana
- Femella ISO-4035-M4-S
- Femella ISO-4034-M8-S

Utillatge Compaction

- Plat de compressió MTS model FYD204A

2.4 CONDICIONS DE LA FABRICACIÓ

En aquest apartat es detallen les condicions de fabricació que s'han de complir a l'hora de fabricar els utillatges.

2.5 OPERARIS I MÀQUINES EINA

El fabricant ha de fer servir màquines eina adients per poder garantir els requeriments dels plànols i garantir la seguretat del personal.

En la fabricació dels dos utillatges serà necessari les màquines:

- Fresadora CNC
- Torn CNC
- Tall per làser
- Equip de soldadura TIC
- Eines per a la verificació del correcte muntatge

2.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL

El material escollit ha estat triat per les condicions en què es trobaran els utillatges durant el seu ús. Aquest ús no requereix de cap tractament superficial que no sigui capaç de suplir el propi material. La única excepció a això, és la peça *"Suport horitzontal"* amb *nº plànol 16-EIA-11~05* del utillatge de Bending. En aquesta peça serà necessari un polit deixant un acabat brillant o un acabat equivalent a un N3 segons normativa i equivalències.

3 CONDICIONS DE MUNTATGE

Abans de muntar cada un dels utillatges cal primer, validar el compliment de les mesures marcades al document 2: Plànols. La verificació d'aquestes mesures assegura un correcte funcionament del utillatge.

El muntatge ha de realitzar-se per personal qualificat, respectant totes les normes de seguretat i ús d'eines dins el laboratori. Un manual de muntatge i ús de cada utillatge, s'adjunta en el Annex C i Annex D per als utillatges de bending i shear frame respectivament.

4 COMPROVACIONS

Per tal d'evitar accidents provocats per un mal funcionament dels diferents utillatges, un cop finalitzat el muntatge de cada un dels utillatges s'hauran de fer unes comprovacions abans de fer-ne ús. Un ús directe sense prèvia comprovació del correcte funcionament seguint les següents pautes, eximeix al fabricant de cap responsabilitat per accident o destrossa d'altres components externs necessaris o no per al desenvolupament dels assajos.

Utillatge Shear Frame

- Verificar el joc entre peces així com les unions amb els pins. Un joc excessiu serà senyal d'una mala fabricació de les peces, no havent respectant les pautes marcades al document 2: Plànols. D'igual manera, un joc inexistent també vulnera aquestes especificacions. El joc ha de ser el necessari com per poder fer-li fer el moviment natural del mecanisme de forma manual, sense que pateixi cap mena d'impediment per fricció.

Utillatge bending

- Verificar la correcta perpendicularitat de la estructura principal del utillatge. Exactament entre les peces dels plànols *16-EIA-11-01 i 16-EIA-11-02.*
- Verificar el correcte anivellament dels suports per garantir un ús correcte per tal de garantir uns bons resultats ens els assajos a fer.

5 MANTENIMENT

Els utillatges no és necessari muntar-los i desmuntar-los en cada ús. La recomanació és muntar l'utillatge pertinent abans del seu primer ús. Posteriorment netejar-lo i preparar un bon embalatge per poder acomodar l'utillatge a dins un armari destinat a aquesta finalitat, per tal d'evitar cops, deformacions i altres problemes.

L'utillatge Shear Frame dins un maletí amb espuma protectora, és la millor manera d'emmagatzematge.
L'utillatge Bending disposa de 4 potes amb la finalitat de poder emmagatzemar-lo a dins un armari. El cargol de subjecció al extensor de la màquina assaig o els cargols anivelladors és recomanable introduir-los en una bossa de plàstic a fi d'evitar la seva pèrdua. També es poden deixar a sobre l'estructura principal tenint en compte la mateixa precaució perquè no es perdin.

El personal que manipuli qualsevol peça ha de fer-se'n responsable, tant del ús que li faci, com dels posterior manteniment per tal de mantenir unes bones condicions i allargar la vida útil.

En cas d'accident és necessari verificar el motiu pel qual una peça ha fallat, procedir a reparar-la o a la seva substitució directa i informar sobre la incidència.

6 CONDICIONS PER L'USUARI

La utilització dels utillatges exclusivament serà permès quan es garanteixin les condicions de seguretat per a les persones ubicades a prop, del propi usuari i de la màquina.

La modificació de la disposició del mecanisme ha de ser només accessible per persones qualificades.

El personal que realitzi un ús freqüent d'aquests utillatges tindran la obligació de realitzar revisions i inspeccions per tal de determinar un correcte manteniment de les diferents parts, amb la finalitat de conservar les condicions de seguretat i la qualitat de les peces.
Un ús inapropiat dels utillatges, és a dir, un ús diferent pel qual han estat fabricats, no implica un grau de seguretat, qualitat o eficiència igual que per al qual s'han dissenyat.

7 CLÀUSULES ADMINISTRATIVES

El present capítol recopila els diferents aspectes legals del projecte i fixa les condicions que requereixen l'execució, control de qualitat, normes i reglaments.

La instal·lació del utillatge serà segons plànols i les prescripcions dimensionals acordades al moment de presentar la petició.

7.1 RECEPCIÓ DEL UTILLATGE

El client s'ha de fer càrrec de la preparació de la màquina on anirà muntat l'utillatge.
S'ha de preveure un espai lliure per realitzar les operacions d'instal·lació i desplaçament del utillatge.

7.2 PERIODE I CONDICIONS DE GARANTIA

Excepte acords o clàusules contractuals específiques, les condicions de garantia són:

- El material disposa de 2 anys de garantia per defecte de construcció.
- Les peces de compra tenen la garantia pròpia del fabricant. Aquesta garantia cobreix defectes de fabricació, no sent inclosa la mà d'obra ni els desplaçaments dels tècnics.
- Els paràmetres establerts dels utillatges no es poden superar en cap cas.

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 4. Estat d'amidaments

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ 1

2 UTILLATGE SHEAR FRAME 2

2.1 MATERIAL 2
2.2 PECES DE FABRICACIÓ 2
2.3 PECES DE COMPRA 2
2.4 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI 2
2.5 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI 3
2.6 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL 3
2.7 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL 3
2.8 MUNTATGE I CONTROL 3

3 UTILLATGE BENDING 4

3.1 MATERIAL 4
3.2 PECES DE FABRICACIÓ 4
3.3 PECES DE COMPRA 4
3.4 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI 5
3.5 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI 5
3.6 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL 6
3.7 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL 6
3.8 MUNTATGE I CONTROL 6

4 UTILLATGE COMPACTACIÓ 6

4.1 PECES DE COMPRA 6

1 INTRODUCCIÓ

En aquest document es defineixen tots els elements o components i feines per a la fabricació dels utillatges Shear Frame i Bending.

Es pot distingir si els elements/components són de compra o si s'han de fabricar. Si són components de compra, només tindrà mà d'obra de muntatge, mentre que si és de fabricació, s'especificarà a l'apartat de mà d'obra, el seu procés de fabricació i el seu muntatge corresponent.

2 UTILLATGE SHEAR FRAME

2.1 MATERIAL

Producte	Material	Descripció/Referència	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Peça principal	Kg	0.204
Closing frame	AISI 304	Tapa de subjecció mostra	Kg	0.131
Rotating pin	AISI 304	Unió entre peces	Kg	0.015

2.2 PECES DE FABRICACIÓ

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Peça principal	u	4
Closing frame	AISI 304	Tapa subjecció mostra	u	4
Rotating pin	AISI 304	Unió entre peces	u	2

2.3 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Forquilla	AISI 304	RS SG-M12x1,25	u	2
Anell elàstc seeger	AISI 304	DIN 471 12X1	u	4
Arandela	AISI 304	DIN-127 B	u	12
Arandela	AISI 304	DIN-125-1B 10,5	u	12
Femella	AISI 304	DIN-934 M10-C	u	12
Cargol	AISI 304	DIN-912 M10x35	u	12

2.4 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	h	0.550
		Tall làser perímetre peça	h	1,255
		Fresa CNC orella esquerra i forats	h	1,600
Closing frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	h	0.155
		Tall làser perímetre peça i forats	h	0.215
Rotating pin	AISI 304	Torn CNC	h	0.153

2.5 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Closing frame	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Rotating pin	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2

2.6 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	h	2,20
		Tall làser perímetre peça	h	5,02
		Fresa CNC orella esquerra i forats	h	6,40
Closing frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	h	0,62
		Tall làser perímetre peça i forats	h	0,86
Rotating pin	AISI 304	Torn CNC	h	0,306

2.7 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Base square frame	AISI 304	Neteja	h	0.4
		Passivat	h	0.8
Closing frame	AISI 304	Neteja	h	0.4
		Passivat	h	0.8
Rotating pin	AISI 304	Neteja	h	0.4
		Passivat	h	0.8

2.8 MUNTATGE I CONTROL

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Utillatge Shear Frame	AISI 304	Muntatge i control funcionament	h	0.5

3 UTILLATGE BENDING

3.1 MATERIAL

Producte	Material	Descripció/Referència	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	-	Kg	1.666
Placa vertical	AISI 304	-	Kg	1.373
Suport horitzontal	AISI 304	-	Kg	0.193
Suport inclinat	AISI 304	-	Kg	0.074
Eix	AISI 304	-	Kg	0.038
Encaix rodament	AISI 304	-	Kg	0.065
Anclatge	AISI 304	-	Kg	0.047
Lliscador	AISI 304	-	Kg	0.287

3.2 PECES DE FABRICACIÓ

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	-	u	1
Placa vertical	AISI 304	-	u	1
Suport horitzontal	AISI 304	-	u	1
Suport inclinat	AISI 304	-	u	1
Eix	AISI 304	-	u	1
Encaix rodament	AISI 304	-	u	1
Anclatge	AISI 304	-	u	1
Lliscador	AISI 304	-	u	1

3.3 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció/Referència	Unitat	Quantitat
Peu	AISI 304	Norelem 07114-1308 hexagonal	u	4
Cargol	AISI 304	ISO 4017 - M8x80	u	1
Cargol	AISI 304	DIN-912 M3x16	u	1
Fil	Nylon-PVC	APTAN XTRU 840H	m	2
Femella	AISI 304	ISO 4034 - M8	u	12
Cargol	AISI 304	DIN-912 M12x1,25x35	u	1
Cargol	AISI 304	ISO 4014 M8x80x80	u	2
Cargol	AISI 304	DIN-912 M4x12	u	5
Femella	AISI 304	ISO 4035-M4	u	5
Arandela	AISI 304	DIN 9021-8.4	u	1
Anell elàstic seeger	F-1340	DIN-471 12x1	u	1
Anell elàstic seeger	F-1340	DIN-472 32x1.2	u	1
Rodament	-	SKF 6201-VA201	u	1
Cargol	AISI 304	DIN-912 M3x30	u	2

3.4 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	Tall làser	h	0.4
Placa vertical	AISI 304	Tall làser	h	0.4
Base soldada	AISI 304	Soldadura TIC	h	0.5
		Polir unions	h	0.3
Suport horitzontal	AISI 304	Tall làser	h	0.2
Suport inclinat	AISI 304	Tall làser	h	0.2
Eix	AISI 304	Torn CNC	h	0.6
		Roscar forat posterior	h	0.2
Encaix rodament	AISI 304	Torn CNC	h	0.6
Anclatge	AISI 304	Tall serra	h	0.1
		Fresa CNC	h	0.4
Lliscador	AISI 304	Tall serra	h	0.1
		Roscar forats passants	h	0.2

3.5 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Placa vertical	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Base soldada	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Suport horitzontal	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Suport inclinat	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Eix	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Encaix rodament	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Anclatge	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Lliscador	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2

3.6 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	Tall làser	h	0.4
Placa vertical	AISI 304	Tall làser	h	0.4
Base soldada	AISI 304	Soldadura TIC	h	0.5
		Polir unions	h	0.3
Suport horitzontal	AISI 304	Tall làser	h	0.2
Suport inclinat	AISI 304	Tall làser	h	0.2
Eix	AISI 304	Torn CNC	h	0.6
		Roscar forat posterior	h	0.2
Encaix rodament	AISI 304	Torn CNC	h	0.6
Anclatge	AISI 304	Tall serra	h	0.1
		Fresa CNC	h	0.4
Lliscador	AISI 304	Tall serra	h	0.1
		Roscar forats passants	h	0.2

3.7 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL

Nom	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Placa base	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Placa vertical	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Base soldada	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Suport horitzontal	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Suport inclinat	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Decapat	h	0.2
Eix	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Encaix rodament	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Anclatge	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2
Lliscador	AISI 304	Neteja	h	0.1
		Passivat	h	0.2

3.8 MUNTATGE I CONTROL

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Utillatge Bending	AISI 304	Muntatge i control funcionament	h	0.5

4 UTILLATGE COMPACTACIÓ

4.1 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció	Unitat	Quantitat
Plat de compressió	AISI 304	MTS model FYD204A	u	1

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 5. Pressupost

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

ÍNDEX

1 PRESSUPOST 1

2 UTILLATGE SHEAR FRAME 2

2.1 PECES DE FABRICACIÓ 2
2.2 PECES DE COMPRA 2
2.3 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI 2
2.4 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI 2
2.5 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL 3
2.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL 3
2.7 MUNTATGE I CONTROL 3
2.8 PRESSUPOST UTILLATGE SHEAR FRAME 3

3 UTILLATGE BENDING 4

3.1 PECES DE FABRICACIÓ 4
3.2 PECES DE COMPRA 4
3.3 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI 5
3.4 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI 5
3.5 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL 6
3.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL 6
3.7 MUNTATGE I CONTROL 7
3.8 PRESSUPOST UTILLATGE BENDING 7

4 UTILLATGE COMPACTION 7

4.1 PECES DE COMPRA 7

5 PRESSUPOST TOTAL 7

6 ANNEX AL PRESSUPOST 8

1 PRESSUPOST

En aquest document es defineix la valoració econòmica de la redacció, fabricació i delineació dels elements o components i feines per a la fabricació dels utillatges Shear Frame i Bending.

Es detalla els costos de tots els materials de compra i de fabricació, així com el muntatge i control del correcte funcionament.

El pressupost està desglossat en diferents apartats. Primerament una valoració dels components necessaris per a la construcció per a cada un dels dos utillatges, Shear frame i Bending respectivament, on es valora el pes de cada component, el seu preu unitari per pes i el preu total.

Un altre apartat on es troba diferenciat les peces de compra i les peces de fabricació. Aquí es valora igualment, el nombre de components, el preu unitari i el preu total.

El tercer apartat és la valoració dels processos de fabricació per a la fabricació de cada utillatge, desglossat per peces de fabricació, obtenint el pressupost parcial amb el preu total dels components de fabricació pròpia.

Per últim, un desglossat dels tractaments superficials necessaris per a cada un dels components de fabricació pròpia per a cada utillatge, obtenint el pressupost parcial amb el preu total.

La validesa d'aquest document té una validesa de 30 dies naturals a partir del dia d'entrega.

2 UTILLATGE SHEAR FRAME

2.1 PECES DE FABRICACIÓ

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Base square frame	AISI 304	Peça principal	141.20	4	564,80
Closing frame	AISI 304	Tapa subjecció mostra	11,70	4	46,80
Rotating pin	AISI 304	Unió entre peces	6,10	2	12,20
				TOTAL:	**623,80**

2.2 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Forquilla	AISI 304	RS SG-M12x1,25	8,29	2	16,58
Anell elàstc seeger	AISI 304	DIN 471 12X1	0,03	4	0,12
Arandela	AISI 304	DIN-127 B	0,10	12	1,20
Arandela	AISI 304	DIN-125-1B 10,5	0,01	12	0,12
Femella	AISI 304	DIN-934 M10-C	0,06	12	0,78
Cargol	AISI 304	DIN-912 M10x35	0,92	12	11,04
				TOTAL:	**18,80**

2.3 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Base square frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	20	0.550	11,00
		Tall làser perímetre peça	40	1,255	50,20
		Fresa CNC orella esquerra i forats	50	1,600	80,00
Closing frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	20	0.155	3,10
		Tall làser perímetre peça i forats	40	0.215	8,60
Rotating pin	AISI 304	Torn CNC	40	0.153	6,10
				TOTAL:	**159,00**

2.4 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Base square frame	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,50
		Passivat	18	0.2	3,60
Closing frame	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,50
		Passivat	18	0.2	3,60
Rotating pin	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,50
		Passivat	18	0.2	3,60
				TOTAL:	**15,30**

2.5 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Base square frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	20	2,20	44,00
		Tall làser perímetre peça	40	5,02	200,80
		Fresa CNC orella esquerra i forats	50	6,40	320,00
Closing frame	AISI 304	Tallar amb serra totxo de partida	20	0,62	12,40
		Tall làser perímetre peça i forats	40	0,86	34,40
Rotating pin	AISI 304	Torn CNC	40	0,306	12,20
				TOTAL:	**623,80**

2.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Base square frame	AISI 304	Neteja	15	0.4	6,00
		Passivat	18	0.8	14,40
Closing frame	AISI 304	Neteja	15	0.4	6,00
		Passivat	18	0.8	14,40
Rotating pin	AISI 304	Neteja	15	0.4	6,00
		Passivat	18	0.8	14,40
				TOTAL:	**61,20**

2.7 MUNTATGE I CONTROL

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Utillatge Shear Frame	AISI 304	Muntatge i control funcionament	25	0.5	12,50
				TOTAL:	**12,50**

2.8 PRESSUPOST UTILLATGE SHEAR FRAME

Producte	Descripció	QUANTITAT €
Utillatge Shear Frame	Peces de compra	18,80
	Fabricació de peces	623,80
	Tractament superficial	61,20
	Muntatge i control funcionament	12,50
	TOTAL:	**716,30**

3 UTILLATGE BENDING

3.1 PECES DE FABRICACIÓ

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Placa base	AISI 304	-	16	1	16,00
Placa vertical	AISI 304	-	16	1	16,00
Base soldada	AISI 304	-	25	1	25,00
Suport horitzontal	AISI 304	-	8	1	8,00
Suport inclinat	AISI 304	-	8	1	8,00
Eix	AISI 304	-	28	1	28,00
Encaix rodament	AISI 304	-	24	1	24,00
Anclatge	AISI 304	-	22	1	22,00
Lliscador	AISI 304	-	6	1	6,00
				TOTAL:	**153,00**

3.2 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció/Referència	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Peu	AISI 304	Norelem 07114-1308 hexagonal	2,35	4	9,40
Cargol	AISI 304	ISO 4017 - M8x80	1,73	1	1,73
Cargol	AISI 304	DIN-912 M3x16	0,87	1	0,87
Fil	Nylon-PVC	APTAN XTRU 840H	10,00	2	20,00
Femella	AISI 304	ISO 4034 - M8	0,06	12	0,72
Cargol	AISI 304	DIN-912 M12x1,25x35	2,17	1	2,17
Cargol	AISI 304	ISO 4014 M8x80x80	1,54	2	3,08
Cargol	AISI 304	DIN-912 M4x12	0,67	5	3,35
Femella	AISI 304	ISO 4035-M4	0,06	5	0,30
Arandela	AISI 304	DIN 9021-8.4	0,32	1	0,32
Anell elàstic seeger	F-1340	DIN-471 12x1	0,03	1	0,03
Anell elàstic seeger	F-1340	DIN-472 32x1.2	0,15	1	0,15
Rodament	-	SKF 6201-VA201	28,67	1	28,67
Cargol	AISI 304	DIN-912 M3x30	0,71	2	1,42
				TOTAL:	**72,21**

3.3 PROCÉS DE FABRICACIÓ UNITARI

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Placa base	AISI 304	Tall làser	40	0.4	16,00
Placa vertical	AISI 304	Tall làser	40	0.4	16,00
Base soldada	AISI 304	Soldadura TIC	50	0.5	25,00
		Polir unions	20	0.3	6,00
Suport horitzontal	AISI 304	Tall làser	40	0.2	8,00
Suport inclinat	AISI 304	Tall làser	40	0.2	8,00
Eix	AISI 304	Torn CNC	40	0.6	24,00
		Roscar forat posterior	20	0.2	4,00
Encaix rodament	AISI 304	Torn CNC	40	0.6	24,00
Anclatge	AISI 304	Tall serra	20	0.1	2,00
		Fresa CNC	50	0.4	20,00
Lliscador	AISI 304	Tall serra	20	0.1	2,00
		Roscar forats passants	20	0.2	4,00
				TOTAL:	**153,00**

3.4 TRACTAMENT SUPERFICIAL UNITARI

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Placa base	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Placa vertical	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Base soldada	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Suport horitzontal	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Suport inclinat	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Eix	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Encaix rodament	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Anclatge	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Lliscador	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
				TOTAL:	**45,90**

3.5 PROCÉS DE FABRICACIÓ TOTAL

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Placa base	AISI 304	Tall làser	40	0.4	16,00
Placa vertical	AISI 304	Tall làser	40	0.4	16,00
Base soldada	AISI 304	Soldadura TIC	50	0.5	25,00
		Polir unions	20	0.3	6,00
Suport horitzontal	AISI 304	Tall làser	40	0.2	8,00
Suport inclinat	AISI 304	Tall làser	40	0.2	8,00
Eix	AISI 304	Torn CNC	40	0.6	24,00
		Roscar forat posterior	20	0.2	4,00
Encaix rodament	AISI 304	Torn CNC	40	0.6	24,00
Anclatge	AISI 304	Tall serra	20	0.1	2,00
		Fresa CNC	50	0.4	20,00
Lliscador	AISI 304	Tall serra	20	0.1	2,00
		Roscar forats passants	20	0.2	4,00
				TOTAL:	**153,00**

3.6 TRACTAMENT SUPERFICIAL TOTAL

Nom	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Placa base	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Placa vertical	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Base soldada	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Suport horitzontal	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Suport inclinat	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Decapat	18	0.2	3,6
Eix	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Encaix rodament	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Anclatge	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
Lliscador	AISI 304	Neteja	15	0.1	1,5
		Passivat	18	0.2	3,6
				TOTAL:	**45,90**

3.7 MUNTATGE I CONTROL

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Utillatge Bending	AISI 304	Muntatge i control funcionament	25	0.65	16,25
				TOTAL:	**16,25**

3.8 PRESSUPOST UTILLATGE BENDING

Producte	Descripció	Quantitat €
Utillatge Bending	Peces de compra	72,21
	Fabricació de peces	153,00
	Tractament superficial	45,90
	Muntatge i control funcionament	16,25
	TOTAL:	**287,36**

4 UTILLATGE COMPACTION

4.1 PECES DE COMPRA

Producte	Material	Descripció	Preu unitat €/u	Quantitat	Total €
Plat de compressió	AISI 304	MTS model FYD204A	274,35	1	274,35
				TOTAL:	**274,35**

5 PRESSUPOST TOTAL

Producte	Quantitat €
Utillatge Shear Frame	716,30
Utillatge Bending	287,36
Utillatge Compaction	274,35
Cost:	1278,01
Possibles imprevistos (5%):	63,90
TOTAL:	**1341,91**

6 ANNEX AL PRESSUPOST

Aquest document és per deixar constància del cost del projecte a percebre pel projectista.

Concepte	€/h	Hores	Quantitat €
Estudi i Recerca	20,00	74	1480,00
Disseny d'utillatges	25,00	224	5600,00
Modificacions disseny	25,00	18	450,00
Delineació plànols	25,00	30	750,00
Redacció de documents	20,00	27	540,00
	Total hores:	**375**	
		TOTAL A PERCEBRE:	**8820,00**

Dilluns, 16 de Gener del 2017

Signatura:

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Obtenció de propietats mecàniques per al procés de conformat de materials compòsits termoplàstics.

Document: Doc 6. Resum del projecte

Alumne: Luis Miguel Sola Corral

Tutor: Jordi Renart Canalias, Carlos Sarrado Molina
Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial
Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any) - Febrer 2017

1 INTRODUCCIÓ

1.1 ANTECEDENTS

Una empresa del sector de l'automoció necessita caracteritzar les propietats mecàniques d'un material compost de matriu termoplàstica per a poder realitzar simulacions del procés de conformat de components i així poder disminuir els costos del procés de fabricació.

Aquesta empresa s'ha posat en contacte amb el grup de investigació AMADE de la Universitat de Girona per obtenir una solució sobre com obtenir les propietats mecàniques que requereixen per introduir-les a les seves simulacions.

1.1.1 ÚS DE MATERIALS COMPOSTOS EN EL SECTOR DE L'AUTOMOCIÓ

La tendència del sector automobilístic va encaminada a un sistema sostenible respectuós amb el medi ambient. Això comporta un desenvolupament constant en noves tecnologies com ho poden ser els vehicles elèctrics. La incorporació de bateries més pesants augmenten el consum dels vehicles. Per aquest motiu, el sector de l'automoció està entrant cada cop amb més força dins el món dels materials compostos, invertint en investigació i desenvolupament per a nous materials capaços de reduir pes als vehicles.

Els materials compostos ofereixen moltes avantatges,entre d'altres, la relació resistència/pes és més elevada que els materials convencionals. Un resum gràfic d'això es mostra a la Figura1.

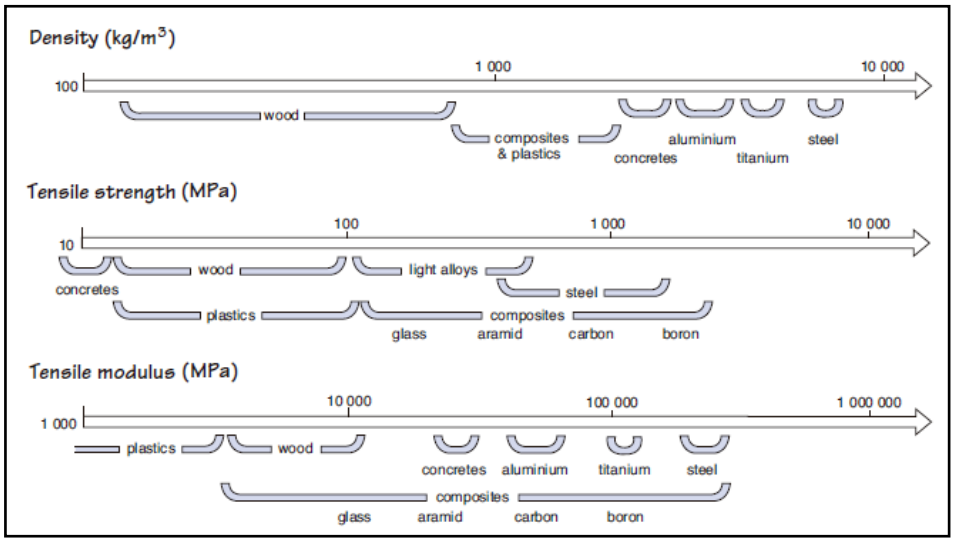


Figura 1. Classificació dels materials compostos entre altres materials segons propietats de densitat i resistència.

Tot i les grans avantatges que ofereixen els materials compostos, la seva producció pot ser més costosa que de materials convencionals i l'estudi del seu comportament més complex, doncs existeixen multituds de combinacions entre resina, fibra i orientació de fibra (unidireccional, teixida), fet que exigeix un estudi més profund a l'hora d'escollir la configuració desitjada.

Els materials de reforç (la fibra) proporcionen als materials compostos un rendiment mecànic (bona rigidesa i resistència) així com bones propietats tèrmiques, elèctriques i químiques, oferint al mateix temps un estalvi de pes significant sobre els metalls.

L'objectiu de la matriu és transferir càrrega a les fibres i mantenir les fibres en la seva posició i orientació escollida. La matriu també determina la resistència i la temperatura màxima de servei.

La producció de components amb materials compostos requereix una gran inversió en temps de fabricació ja que són processos llargs i complexos que encareixen i retarden la producció.

En aquests processos és on entra en joc la tecnologia prepreg (preimpregnats). Els prepregs són especialment formulats amb una matriu de resina reforçada amb fibres artificials de carboni,vidre o aramida. El preimpregnat és un material estructural sòlid altament resistent rígid i lleuger. Una configuració seria una capa amb fibra i resina (amb la proporció justa) semicurada.

A principis dels anys 80 els prepregs es consideraven materials especialitzats on només es feien servir en estructures secundàries. Avui en dia, els preimpregnats són la base per a estructures primàries.

El creixement de la industria, on s'inclou l'automoció, està generant un creixement en l'ús de preimpregnats i està sent impulsada a millorar aquesta tecnologia per tal de millorar el seu rendiment, millorar l'esforç a fatiga i per oferir una major llibertat en el disseny de components. Un exemple d'aquest creixement és el grup d'investigació AMADE de la Universitat de Girona.
La composició de dos configuracions que es poden obtenir d'un prepreg es poden veure en la Figura2.

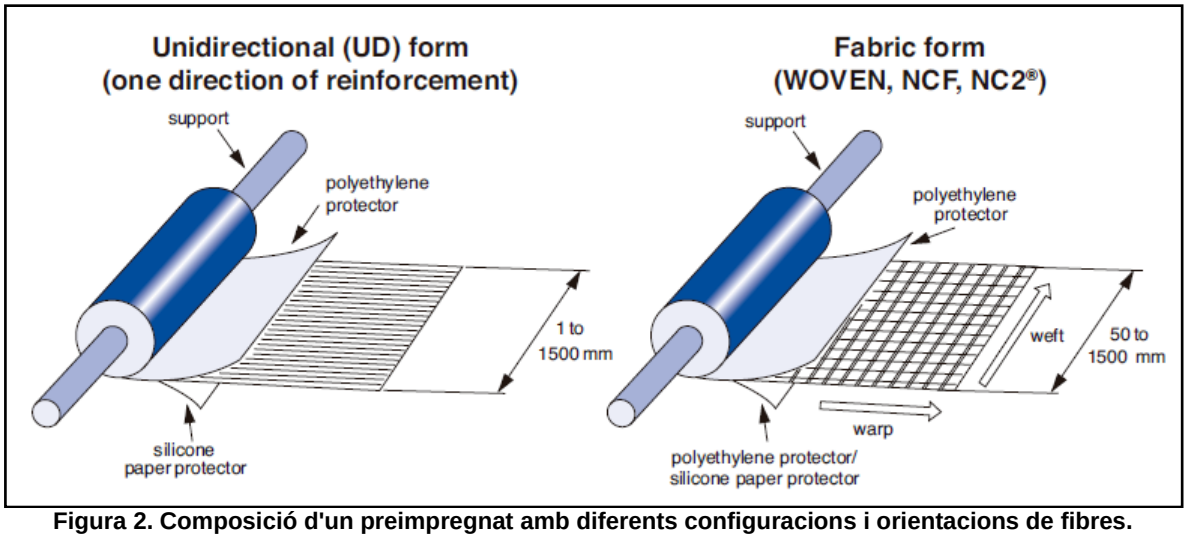


Figura 2. Composició d'un preimpregnat amb diferents configuracions i orientacions de fibres.

Amb la tecnologia prepreg es soluciona el problema de temps que hi ha en la producció clàssica de materials compostos al mateix temps quees redueix el cost de producció.

Els prepregs són de fàcil processament disminuint els costos de fabricació, reduint el consum d'energia i el número de components que cal fabricar. Ofereixen un control mes exhaustiu del contingut de fibres i un rendiment consistent. També ofereixen una optimització del pes i unes bones propietats mecàniques contra la fatiga, tensions, corrosió, durabilitat, reparacions, etc.

1.2 OBJECTE

L'objectiu d'aquest projecte és el de desenvolupar mètodes d'assaigs, per caracteritzar el comportament mecànic de materials compostos de matriu termoplàstica, durant el seu conformat.

1.3 ABAST

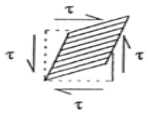
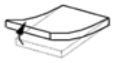
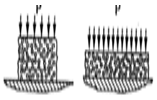
Per tal de complir amb l'objecte d'aquest projecte s'ha dut a terme les següents tasques:

- Revisió de l'estat de l'art de la tecnologia i els mètodes d'assaigs existents.
- Disseny dels utillatges a tallant i a flexió per a materials compostos semicurats
- Definició de la metodologia d'assaig adaptada a les capacitats del laboratori. Els assajos a definir seran: tracció, compactació, flexió i tallant.
- Definició dels mètodes de reducció de dades dels assajos, és a dir, tractament de les dades obtingudes als assajos per extreure'n una propietat.

2 DESCRIPCIÓ DELS ASSAIGS

Per tal de definir els mètodes d'assaigs, primerament s'ha de conèixer quines propietats del material es volen trobar. En aquest cas, es vol disminuir costos del procés de fabricació mitjançant simulacions numèriques del procés de conformat de components de material compost per tal de predir arrugues del material, gruix i orientació final de les fibres del component a fabricar. També es desitja definir i optimitzar estratègies de conformat i els paràmetres del procés, tals com velocitats d'eina, cicles de pressió, tipus de material, temperatura, etc.
Així doncs els assajos s'han de definir en unes condicions el més semblants possibles a les quals el material s'hi trobarà en el moment del conformat del component. S'utilitzarà material fresc, és a dir, semicurat, que és com arribar el material preimpregnat. Els assajos es realitzaran a diferents temperatures, respectant la temperatura de curació del material, que mai podrà passar dels 300ºC. La prolongació dels assajos tampoc han de superar el temps de curació màxima dels materials, doncs els assajos seran d'una duració màxima de 45 minuts.

Tenint en compte aquestes condicions, a la Taula1 es mostra la proposta dels diferents assajos a dur a terme.

MODE DE DEFORMACIÓ	REPRESENTACIÓ	ENTRADA DE SIMULACIÓ	COMENTARIS	POSSIBILITATS	DEPENDÈNCIA
Extensió (tracció)		Mòdul de Young (E)	Sentit de la fibra	Corba constant o esforç-desplaçament	Cap, velocitat de deformació, temperatura o ambdues
Cisallament (tallant)		Força/Desplaçament (G)	Tallant positiu i negatiu	Constant, força-desplaçament (només picture frame)	Cap, velocitat de deformació, temperatura o ambdues
Flexió		Simulacions per a la calibració de resistència a flexió (B1,B2)	2 sentits de la fibra	Constant o coeficient de flexió-curvatura	Cap o temperatura
Compactació		Gruix (pressió,angle tallant)	Diferents angles d'atac	Constant o corba	Cap, angle d'atac, pressió o ambdos

Taula 1. Diferents assajos per a caracteritzar el comportament mecànic de materials compostos de matriu termoplàstica.

3 RESUM PRESSUPOST

El cost total per a la fabricació dels utillatges d'aquest projecte es mostra a la Taula 2

Producte	Quantitat €
Utillatge Shear Frame	716,30
Utillatge Bending	287,36
Utillatge Compaction	274,35
Cost:	1278,01
Possibles imprevistos (5%):	63,90
TOTAL:	**1341,91**

Taula 2. Cost total dels utillatges

Aquest cost no inclou IVA.

4 CONCLUSIONS

Els dissenys dels utillatges per als assajos de tallant i flexió compleixen els requisits per a la realització dels assajos. La metodologia descrita als Annexos per a cada assaig permet desenvolupar els assajos de forma correcta.
Per tant, els objectius han sigut assolits donant per resolt el problema inicial.

5 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1. Memòria
- Annex A. Metodologia d'assaig
- Annex B. Control Sheet de les metodologies
- Annex C. Manuals de muntatge
- Annex D. Càlculs

Document 2. Plànols
Document 3. Plec de condicions
Document 4. Estat d'amidaments
Document 5. Pressupost
Document 6. Resum