

## **Enginyeria Mecànica i Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica**

**Disseny d'una secció de fabricació d'una empresa d'arnesos**

**Volum I**

**Memòria**

**Oriol González Manrique**  
**PONENT: Joan Ramon Gomà Ayats**

TARDOR/PRIMAVERA 2023/2024



## **Dedicatòria**

Voldria dedicar aquest treball als meus pares, Isabel i Luciano, a la meva germana Gisela, al meu tiet Oscar i als meus avis, Ines, Encarna i Luciano.

Us estimo tant que no es pot expressar amb paraules.



## **Agraïments**

Voldria agrair al TecnoCampus per haver donat totes les facilitats possibles per dur a terme  
el projecte.

En especial, al tutor d'aquest projecte, en Joan Ramon Gomà Ayats per haver seguit el  
projecte i donar suport en els moments requerits.

També voldria mencionar als docents Josep Lòpez Xarbau, per ajudar-me a resoldre els  
problemes de connexió amb el Factoy I/O, i en Joan Triado i Aymerich, per aclarir uns dubtes  
respecte al programa Arena.

Finalment, voldria agrair al meu grup d'amics format per en David, Pau, Mario, Aleix i Marc,  
per fer-me passar aquests anys universitaris d'una manera més amena.



## **Resum**

Aquest projecte tracta sobre el disseny d'una secció de fabricació d'una empresa d'arnesos, concretament d'un dispositiu assegurador. El projecte està dividit en dos volums, un referent a la part d'enginyeria automàtica i l'altre referent a la part d'enginyeria electrònica industrial i automatització. En la memòria present, referent a la mecànica, es mostrarà tots els processos necessaris per fabricar el producte, partint d'una anàlisi d'aquest i posteriorment la realització dels fulls de ruta amb la seva selecció de les màquines. La part tècnica del projecte finalitza amb el muntatge del producte i la distribució en planta, donant pas al segon volum per finalitzar amb l'automatització i simulació del procés.

## **Resumen**

Este proyecto trata sobre el diseño de una sección de fabricación de una empresa de arneses, concretamente de un dispositivo asegurador. El proyecto está dividido en dos volúmenes, uno referente a la parte de ingeniería automática y otro referente a la parte de ingeniería electrónica industrial y automatización. En la memoria presente, en lo referente a la mecánica, se mostrará todos los procesos necesarios para fabricar el producto, partiendo de un análisis de este y posteriormente la realización de las hojas de ruta con su selección de las máquinas. La parte técnica del proyecto finaliza con el montaje del producto y su distribución en planta, dando paso al segundo volumen para finalizar con la automatización y simulación del proceso.

## **Abstract**

This project is about the design of a manufacturing section of a harness company, specifically an insurance device. The project is divided into two volumes, one referring to the automatic engineering part and another referring to the industrial electronic engineering and automation part. In this report, regarding mechanics, all the processes necessary to manufacture the product will be shown, starting from an analysis of the same and subsequently the creation of the route sheets with the selection of the machines. The technical part of the project ends with the assembly of the product and its distribution in the plant, giving way to the second volume to finish with the automation and simulation of the process.





# Índex

|   |    |
|---|----|
| 1. Objectius.....   | 1  |
| 1.1. Propòsit.....  | 1  |
| 1.2. Finalitat.....   | 1  |
| 1.3. Objecte.....   | 1  |
| 1.4. Abast.....   | 1  |
| 1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus2 |    |
| 2. Introducció.....   | 3  |
| 3. Antecedents.....   | 5  |
| 3.1. Necessitat d'informació.....   | 5  |
| 3.2. Cerca d'informació rellevant.....  | 6  |
| 3.2.1. Evolució de la producció.....  | 6  |
| 3.2.2. Introducció als sistemes productius.....                                       | 8  |
| 3.2.3. Processos de conformació: Arrencada d'encenalls.....                           | 8  |
| 3.2.4. Processos de conformació: Deformació de peces.....                             | 11 |
| 3.2.5. Processos de conformació: Altres processos a tenir en compte.....              | 11 |
| 3.2.6. Màquines de producció: Màquines de control numèric.....                        | 12 |
| 3.2.7. Sensors utilitzats en l'automatització.....                                    | 13 |
| 3.2.8. Sistemes de muntatge.....  | 15 |
| 3.2.9. Sistemes de transport i robots per l'automatització.....                       | 18 |
| 3.2.10. Normatives.....   | 19 |
| 4. Objectius i especificacions tècniques.....   | 23 |
| 4.1. Objectiu general.....  | 23 |
| 4.2. Objectius específics.....  | 23 |
| 4.3. Especificacions tècniques.....   | 24 |
| 5. Viabilitat tècnica.....  | 25 |
| 5.1. Distribuïdors de materials.....  | 25 |
| 5.2. Anàlisi de forma de les peces.....   | 27 |
| 5.3. Material i software per el desenvolupament de l'estudi.....                      | 29 |
| 5.4. Aproximació de la solució.....   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 6. Desenvolupament de la solució .....                       | 33 |
| 6.1. Redisseny de les peces.....                             | 33 |
| 6.1.1. Peça 1 .....  | 33 |
| 6.1.2. Peça 2 i 3 .....                                      | 36 |
| 6.1.3. Peça 4 .....  | 38 |
| 6.1.4. Peça 5 i 6 .....                                      | 40 |
| 6.1.5. Comparació de la peça final .....                     | 41 |
| 6.1.6. Dimensions de la matèria prima. ....                  | 42 |
| 6.2. Fulls de ruta .....                                     | 42 |
| 6.2.1. Aspectes tècnics a tenir en compte .....              | 42 |
| 6.2.2. Peça 1, 2 i 3.....                                    | 45 |
| 6.2.3. Peça 4 .....  | 46 |
| 6.2.4. Peça 5 .....  | 52 |
| 6.2.5. Peça 6 .....  | 53 |
| 6.3. Selecció de màquines .....                              | 53 |
| 6.3.1. Màquines de fabricació.....                           | 53 |
| 6.3.2. Selecció de màquines: Aspectes a tenir en compte..... | 58 |
| 6.4. Muntatge del producte .....                             | 60 |
| 6.4.1. Anàlisi de les peces per el seu muntatge.....         | 60 |
| 6.4.2. Ordre de muntatge.....                                | 63 |
| 6.4.3. Lay-Out del muntatge. ....                            | 65 |
| 6.5. Selecció dels elements d'automatització .....           | 67 |
| 6.6. Distribució en planta.....                              | 68 |
| 6.6.1. Primera aproximació del temps de cycle .....          | 68 |
| 6.6.2. Machines-Components Matrix (MCM) .....                | 70 |
| 6.6.3. Distribució en planta .....                           | 72 |
| 6.7. Colls d'ampolla i temps de producció .....              | 77 |
| 6.7.1. Temps de cycle .....                                  | 77 |
| 6.7.2. Colls d'ampolla .....                                 | 81 |
| 6.8. Mesures de seguretat .....                              | 82 |
| 7. Simulació.....  | 85 |
| 7.1. Programació del PLC i Simulació. ....                   | 85 |
| 7.2. Simulació del temps de cycle. ....                      | 85 |

|  |     |
|--|-----|
| 8. Viabilitat Mediambiental .....            | 87  |
| 9. Viabilitat Econòmica .....                | 91  |
| 9.1. Pressupost .....                        | 91  |
| 9.2. Anàlisi de rendibilitat .....           | 92  |
| 10. Perspectiva de gènere .....              | 93  |
| 11. Conclusions.....                         | 95  |
| 11.1. Conclusions.....                       | 95  |
| 11.2. Futures accions a realitzar .....      | 96  |
| 12. Planificació del projecte a detall.....  | 97  |
| 12.1. Nova planificació.....                 | 97  |
| 12.2. Seguiment i control del projecte ..... | 99  |
| 13. Webgrafia.....                           | 103 |



## Índex de figures.

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.1 Vista explosionada del dispositiu [2] .....                               | 5  |
| Figura 3.3 Il·lustració del cilidrat.[4] .....                                       | 9  |
| Figura 3.4 Il·lustració del refrontat [4].....                                       | 9  |
| Figura 3.5 Il·lustració del trepatge [4].....  | 10 |
| Figura 3.6 Tipus de fresa [4].....   | 10 |
| Figura 3.7 Doblegament amb punxó [5].....  | 11 |
| Figura 3.8. Contornejat d'una fresadora convencional [4].....                        | 13 |
| Figura 3.9 Contornejat d'una fresadora de control numèric [4].....                   | 13 |
| Figura 3.10 Sensors per marges de mesura de distàncies. [7] .....                    | 15 |
| Figura 3.11 Esquema d'una línia de muntatge [8].....                                 | 15 |
| Figura 3.12 Lay-Out de un sistema de muntatge de Corona giratòria [8].....           | 16 |
| Figura 3.13 Lay-Out amb retorn i línies paral·leles [8].....                         | 17 |
| Figura 3.14 Esquema de muntatge per un sistema de dos cilindres [8].....             | 18 |
| Figura 5.1 Característiques de venda de l'AW-7075-T6, distribuïdor Rendrade [12].... | 25 |
| Figura 5.2 Característiques de venda de l'Acer 4340, distribuïdor Linkun [13].....   | 26 |
| Figura 5.3 Característiques de venda de l'Acer 1.6773/4820, distribuïdor GNEE [14].  | 26 |
| Figura 5.4 Peça número 1 [2] .....   | 27 |
| Figura 5.5 Peces 2 i 3 [2].....  | 28 |
| Figura 5.6 Peça 4 [2] .....  | 28 |
| Figura 5.7 Peces 5 i 6 [2].....  | 29 |
| Figura 5.8 Aproximació de la solució.....  | 31 |
| Figura 6.1 Cotes de la peça 1 [2] .....  | 33 |
| Figura 6.2 Ús dels forats ovalats del producte [1].....                              | 34 |
| Figura 6.3 Ús del forat rectangular del producte i forat per el dit polze [1].....   | 34 |
| Figura 6.4 Redisseny de la peça 1 .....  | 36 |
| Figura 6.5 Cotes de la Peça 2, paret esquerra [2] .....                              | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 6.6 Cotes de la Peça 3, paret dreta. [2].....   | 37 |
| Figura 6.7 Redisseny de la peça 2 .....  | 38 |
| Figura 6.8 Redisseny de la peça 3 .....  | 38 |
| Figura 6.9 Cotes de la peça 4 [2] .....  | 39 |
| Figura 6.10 Redisseny peça 4 .....   | 40 |
| Figura 6.11 Cotes de les peces 5 i 6 [2].....  | 41 |
| Figura 6.12 Comparativa de l'assemblatge original amb l'assemblatge modificat.....   | 41 |
| Figura 6.13 Màquina de tall per làser UFL de ADH Machine. [16].....  | 46 |
| Figura 6.14 Fase 10 de la peça 4 .....   | 47 |
| Figura 6.15 Fase 20 de la peça 4 .....   | 47 |
| Figura 6.16 Fase 30 de la peça 4 .....   | 48 |
| Figura 6.17 Fase 40 de la peça 4 .....   | 49 |
| Figura 6.18 Fase 40 de la peça 4 .....   | 49 |
| Figura 6.19 Fase 60 de la peça 4 .....   | 50 |
| Figura 6.20 Fase 60 de la peça 4 .....   | 50 |
| Figura 6.21 Fase 80 de la peça 4 .....   | 51 |
| Figura 6.22 Fase 90 de la peça 4 .....   | 51 |
| Figura 6.23 Càlcul de la força de plec. [17] .....   | 55 |
| Figura 6.24 Mesures necessàries per el càlcul de la força del plec .....   | 55 |
| Figura 6. 25 Funció de plegadora de la premsa PP200 [18].....  | 56 |
| Figura 3.26 Fresadora iB-2000G de AVEMAX [19].....   | 57 |
| Figura 6.27 Torn TTS de CMZ: torn de capçal fix per a decoletatge i treball en barra. [20]<br>.....  | 58 |
| Figura 6.28 Orientació i distribució de les peces per el tall per làser. ....  | 59 |
| Figura 6.29 Pincers de dos dits amb les terminacions de subjecció planes [21] .....  | 61 |
| Figura 6.30 Àrea de subjecció de la peça 1. En vermell l'àrea total, en verd d'àrea de subjecció que depèn del forat entre les peces 1-2 i 1-3. .... | 62 |
| Figura 6.31 Distància entre les peces 1 i 2: 10.62 mm.....   | 62 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 6.32 Incorporació de la peça 4 al assemblatge.....   | 63 |
| Figura 6.33 Incorporació de les peces 6 al assemblatge.....   | 64 |
| Figura 6.34 Incorporació de les peces 5 al assemblatge.....   | 64 |
| Figura 6.35 Incorporació de les peces 2 i 3 .....   | 65 |
| Figura 6.36 Exemple d'emmagatzematge de les peces amb una caixa que incorpora visió per ordinador que permet orientar i treballar amb les peces. [8]..... | 66 |
| Figura 6.37 Esquema del Lay-Out unidireccional utilitzat amb les estacions de treball [8] .....   | 67 |
| Figura 6.38 Esquema simbòlic de la trajectòria del robot .....  | 68 |
| Figura 6.39 Distribució en planta .....   | 73 |
| Figura 6.40 Distribució en planta de les peces de la Família 1 .....  | 74 |
| Figura 6.41 Distribució en planta de la família 2 .....   | 75 |
| Figura 6.42 Ordre de recollida del robot delta de les peces 1-2-3.....  | 75 |
| Figura 6.43 Distribució en planta de la família 3 .....   | 76 |
| Figura 6.44 Distribució en planta de la línia de muntatge.....  | 76 |
| Figura 6.45 Exemple de les cel·les de protecció òptica [11].....  | 83 |
| Figura 7.1 Factoy I/O: Distribució en planta de la simulació.....   | 85 |
| Figura 12.1 Digrama de Gantt part 1 .....   | 98 |
| Figura 12.2 Digrama de Gantt part 2 .....   | 98 |





## Índex de taules

|  |     |
|--|-----|
| Taula 3.1 Materials de totes les peces del dispositiu assegurador per l'escalada ..... | 6   |
| Taula 3.2 Resum de la IP codificat de la normativa DIN 40 050. ....                    | 19  |
| Taula 4.1 Especificacions tècniques. ....  | 24  |
| Taula 6.1 Classificació de les peces per el seu muntatge .....                         | 60  |
| Taula 6.2 Primera Iteració, Ordre peces. ....  | 70  |
| Taula 6.3 Segona Iteració, Ordre màquines. ....  | 71  |
| Taula 6.4 Última Iteració del MCM .....  | 71  |
| Taula 6.5 MCM: Les tres famílies finals .....  | 72  |
| Taula 6.6 Temps de producció de la peça4 .....   | 77  |
| Taula 6.7 Temps de producció de 312 unitats de peça 1, 2 i 3 .....                     | 78  |
| Taula 6.8 Temps de plec .....  | 79  |
| Taula 6.9 Temps de producció per 23 unitats de peça 5 .....                            | 80  |
| Taula 6.10 Temps de producció per 23 unitats de peça 6 .....                           | 80  |
| Taula 6.11 Temps de muntatge de cada estació. ....                                     | 81  |
| Taula 7.1 Resultats de la simulació Arena per 1 dia .....                              | 86  |
| Taula 8.1 Accions impactants .....   | 89  |
| Taula 8.2 Factors ambientals impactats .....   | 90  |
| Taula 9.1 Capítol I Costos d'enginyeria .....  | 91  |
| Taula 9.2 Capítol II Costos de material .....  | 91  |
| Taula 9.3 Capítol III Amortitzacions .....   | 91  |
| Taula 9.4 Pressupost .....   | 92  |
| Taula 9.5 Objectius comercials.....  | 92  |
| Taula 9.6 Fluxos de caixa anuals .....   | 92  |
| Taula 12.1 Activitats dels projecte de detall. ....                                    | 98  |
| Taula 12.2 Pla de contingència .....   | 100 |
| Taula 12.3 Control del projecte .....  | 101 |



## **Glossari de termes.**

|               |  |
|---------------|--|
| AGV           | Vehicles de guiat automàtic  |
| AISI          | Sistema de graus d'acer en funció d'una taula d'equivalències internacional.   |
| CNC           | Control Numèric Computeritzat  |
| Fulls de ruta | Pla detallat en què s'especifica la seqüència de passos que cal seguir per a assolir un objectiu concret, en aquest document, referent a una peça. |
| Lay-Out       | Plànol representatiu de la distribució d'un espai.   |
| PLC           | Controlador lògic programable  |
| Sensor NPN    | Sensor amb sortida positiva  |
| Sensor PNP    | Sensor amb sortida negativa  |



# **1. Objectius**

## **1.1. Propòsit**

El propòsit d'aquest projecte és dissenyar una secció de fabricació d'una empresa d'arnesos, per tal saber el temps per peça i els seus minuts anuals per fabricar l'arnès considerant els seus components.

## **1.2. Finalitat**

La finalitat d'aquesta memòria és recopilar tot el procés i l'estudi realitzat pel desenvolupament i automatització del disseny del procés de fabricació, tenint en compte la possible demanda de mercat per la seva posada en marxa.

## **1.3. Objecte**

L'objecte d'aquest projecte és l'estudi del procediment de desenvolupament del disseny d'una secció de fabricació, on s'inclou l'aplicació tant de conceptes de fabricació clàssica com de fabricació avançada, com, ara bé, els fulls de fase i de ruta, la força i distribució dels talls, amb els seus diagrames i càlculs corresponents.

## **1.4. Abast**

Aquest treball inclou:

- Els fulls de fase i de ruta de cada peça.
- Quina serà la màquina adient per la fabricació de cada peça, amb el seu procés respectiu, força aplicada i distribució de tall.
- El temps de fabricació per peça.
- Cerca d'informació, selecció i justificació de les diferents màquines utilitzades.

- La distribució en planta.
- Viabilitats ambientals, tècniques i econòmiques.

El procés de fabricació estarà pensat per ser automatitzat, tasca que és realitzada en el Volum II d'aquest TFG, enfocat en l'àmbit electrònic.

## **1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus**

Aquest treball de final de carrera, està realitzat mitjançant la metodologia d'enginyeria impartida en l'assignatura de Gestió de projecte i Gestió de projectes II, validant les tres grans viabilitats.

Aquest treball també està indirectament relacionat amb altres assignatures com Organització de la producció i Organització de l'empresa

Respecte a l'àmbit mecànic, al llarg del projecte es podrà apreciar com l'estudi està molt relacionat amb assignatures purament mecàniques com, per exemple, Fabricació Avançada, Metrologia, i Processos de conformació.

## **2. Introducció**

Aquesta memòria està enfocada en el disseny d'una secció de fabricació d'una empresa d'arnesos, concretament en el disseny en un dels dispositius asseguradors. Aquest dispositiu va estar el treball de final de carrera d'en Cristau Villegas Janer al 2021 [1], i per tant es recomana consultar la seva memòria i documents suplementaris, com els plànols del seu projecte, per comprendre millor el desenvolupament d'aquesta memòria. Així i tot, s'aniran mencionant els aspectes més rellevants del dispositiu assegurador i relacionats al llarg del document per facilitar al lector el seguiment de l'estudi.

El projecte present està dividit en dos volums, un enfocat en l'ambient d'enginyeria mecànica i l'altre en l'enginyeria electrònica, on tots dos compartiran capítols i conceptes comuns pel desenvolupament del projecte. A l'hora de dissenyar la secció de fabricació, es buscarà constantment aplicar els elements i metodologies més rellevants de les fàbriques modernes, aplicant conceptes de fabricació avançada, sempre tenint en compte els conceptes bàsics de les fàbriques tradicionals i avaluant el resultat proposat. Així doncs, l'aplicació de sistemes automatitzats serà un concepte totalment necessari que es veurà reflectit en el Volum II, enfocat en l'automatització, mentre que el procés de producció de les peces, es podrà trobar en el Volum I, enfocat en els processos de conformació.





### 3. Antecedents

#### 3.1. Necessitat d'informació

Aquest projecte parteix del treball de final de carrera d'en Cristau Villegas Janer [1], el qual consisteix en el disseny d'un dispositiu assegurador per a l'escalada i l'alpinisme. Per tant, és important fer una recerca inicial per saber amb exactitud que es tracta aquest producte, per així, més endavant, planificar la seva fabricació.

En la referència [2] es poden trobar els plànols del producte, que es pot observar a continuació en la figura 3.1 una vista explosionada de totes les seves peces.

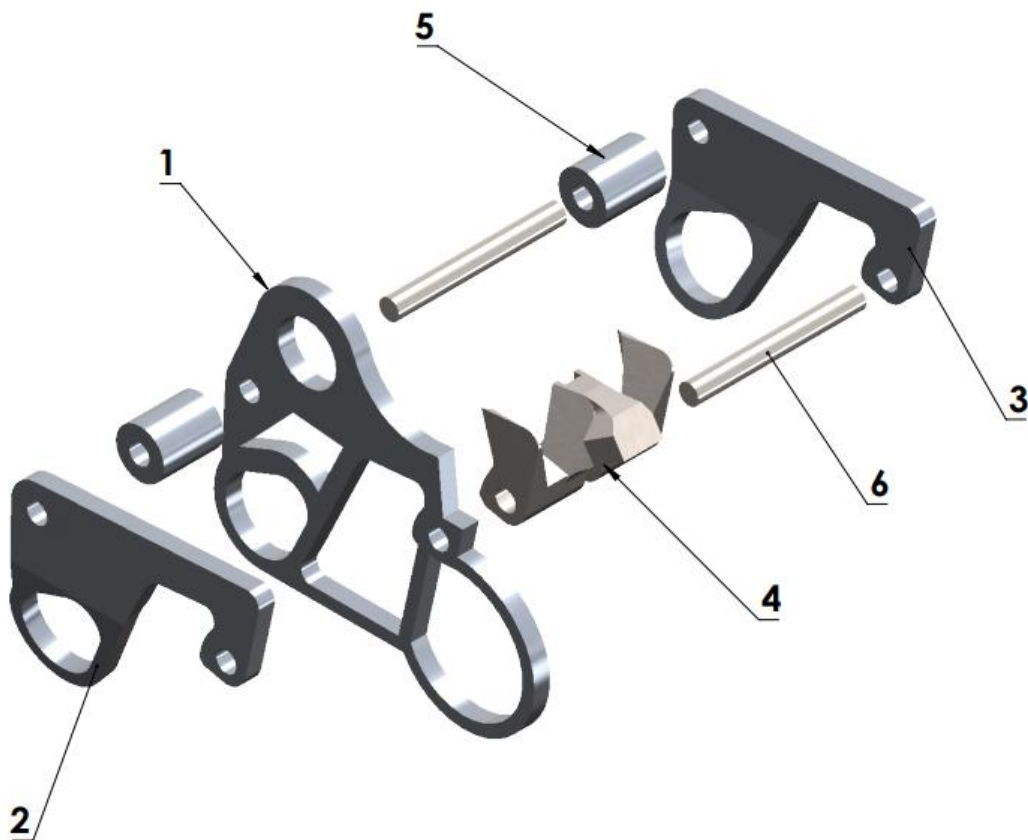


Figura 3.1 Vista explosionada del dispositiu [2]

A partir dels plànols, es pot extreure el material de cada peça, necessari per als passos de desenvolupament del procés de producció. En la taula 3.1 es pot observar de manera resumida el material de cada peça.

| Numero de referencia | Nom de la peça | Material              |
|----------------------|----------------|-----------------------|
| 1                    | Cos            | AW-7075-T6            |
| 2                    | Paret dreta    | AW-7075-T6            |
| 3                    | Paret esquerra | AW-7075-T6            |
| 4                    | Ranures en V   | Acer 4340 Normalitzat |
| 5                    | Casquet        | AW-7075-T6            |
| 6                    | Passador       | Acer 1.6773           |

Taula 3.1 Materials de totes les peces del dispositiu assegurador per l'escalada

Per tant, els materials principals a tractar serà l'aliatge d'alumini AW-7075-T6, l'acer 4340 Normalitzat i l'acer 1.6773, tots tres materials comuns en productes d'alta resistència, tal com es mostrarà més endavant en la viabilitat tècnica.

## **3.2. Cerca d'informació rellevant**

### **3.2.1. Evolució de la producció**

Per poder començar a plantejar la fabricació, és interessant tenir present l'evolució que ha tingut la producció al llarg dels anys, comparant les diferents característiques de les fàbriques tradicionals amb les modernes

A l'hora de definir les diferents produccions industrials, s'ha d'esmentar que cadascuna està caracteritzada per enfocaments i pràctiques específiques. A la fàbrica tradicional, la varietat de productes és limitada, i els dissenys de llarga vida prevalen, cosa que implica una estabilitat en la producció al llarg del temps. Aquestes fàbriques solen ser grans, centralitzades i basades en plantes de gran escala amb processos de producció per lots que permeten la fabricació de grans quantitats d'un mateix producte.

En contrast, la fàbrica moderna destaca per la seva capacitat per oferir una gran varietat de productes, adaptant-se ràpidament a les demandes canviants del mercat. La flexibilitat és clau en aquest context, amb dissenys de productes que poden canviar ràpidament per satisfer les tendències actuals. Les plantes són més petites i descentralitzades, permetent una producció àgil i ràpida resposta a la demanda del consumidor.

A la fàbrica tradicional, l'enfocament és mantenir grans inventaris per desacoblar les diferents etapes del procés de producció, assegurant que la producció no s'aturi. En contrast, la fàbrica moderna advoca per un control d'estoc zero, minimitzant els inventaris

i adoptant la producció sota demanda. Això implica fluxos de treball més eficients i la capacitat d'adaptar-se ràpidament a canvis en la demanda del mercat.

Mentre que a la fàbrica tradicional se segueix un procés per lots, la fàbrica moderna adopta fluxos continus, permetent una producció més eficient i àgil. La gestió de la producció sota demanda a la fàbrica moderna comporta fluxos irregulars i s'adapta als canvis en la demanda del mercat de manera més dinàmica que la producció en fluxos regulars de la fàbrica tradicional.

En termes de recursos humans, la fàbrica tradicional tendeix a enfocar-se a l'enriquiment del lloc de treball, proporcionant tasques més especialitzades i detallades. D'altra banda, la fàbrica moderna afavoreix operacions sense personal, amb l'automatització i la tecnologia jugant un paper central a la producció.

La gestió de qualitat també difereix entre totes dues. Mentre que a la fàbrica tradicional es confia en la inspecció de qualitat després de la producció, la fàbrica moderna adopta el principi de "faci-ho bé la primera vegada", integrant la qualitat en cada etapa del procés per minimitzar errors i augmentar l'eficiència.

En termes econòmics, la fàbrica tradicional es caracteritza per costos variables i és intensiva en mà d'obra. La fàbrica moderna, per altra banda, tendeix a ser més capital intensiva, invertint en tecnologia i maquinària avançada.

En resum, la transició de la fàbrica tradicional a la fàbrica moderna representa un canvi de paradigma a la producció industrial, marcat per la flexibilitat, eficiència i adaptabilitat a les demandes canviants del mercat. [3]

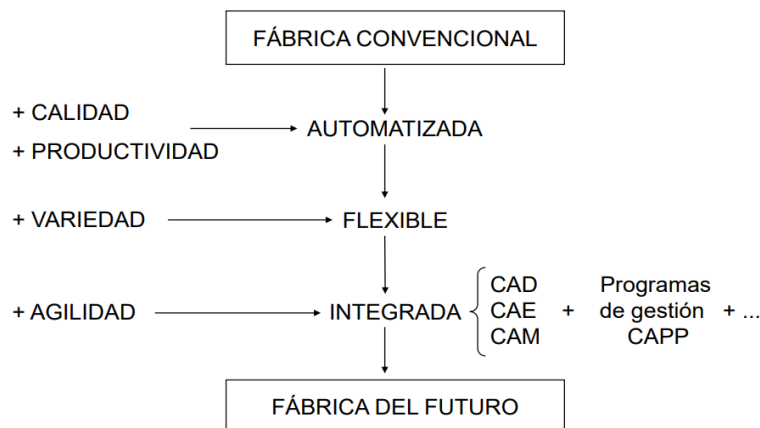


Figura 3.2 Propietats transítories d'una fabrica convencional a una moderna [2]

### **3.2.2. Introducció als sistemes productius**

Els sistemes productius abasten una àmplia gamma de tipologies, cadascuna amb les seves pròpies característiques distintives. Tot i que no hi ha una clara línia divisòria entre els diferents models, es pot dir que hi ha quatre tipus bàsics:

Producció única: Sistema que destaca per la fabricació d'articles singulars o projectes específics. Aquesta metodologia esdevé essencial quan es requereix una atenció detallada i personalitzada en la producció.

Producció per lots: Sistema que opera per lots. Realitzen la fabricació per quantitats determinades d'un producte abans de passar a la següent fase de producció. Típicament, aquesta modalitat és emprada en tallers de fabricació mecànica, on es produeixen lots específics d'articles o components abans de passar a altres productes.

Producció en cadena: Sistema seqüencial de les operacions, amb cada estació de treball encarregada d'una tasca específica, on els productes es mouen progressivament a través de diverses etapes fins a la seva finalització. Aquest enfocament optimitza l'eficiència i la producció en sèrie.

Producció de Flux Continu: En aquests sistemes les matèries primeres es processen de manera contínua, sense interrupcions significatives. Aquest plantejament esdevé crucial en indústries on la producció sense interrupcions és fonamental per garantir l'eficàcia i la rendibilitat.

Així doncs, depenent del producte que s'està tractant, és interessant tenir en compte els diferents sistemes de producció i la distribució en planta d'aquests.

### **3.2.3. Processos de conformació: Arrencada d'encenalls**

Per poder dur a terme un bon estudi de la viabilitat tècnica, és necessari fer un breu estudi dels diferents processos de conformació que existeixen actualment. Donant una simple ullada als plànols de les peces, es pot veure com el procés de conformació principal serà l'arrencada d'encenalls, amb d'altres més puntuals com la deformació plàstica. Per tant, és rellevant fer una breu explicació d'aquests per una millor comprensió de cada procés.

A l'hora de tractar l'arrencada d'encenalls, els tres processos principals serien el torneigament, el fresat, i el rectificat.

El torneigament, els seus usos més habituals i útils pel producte que s'està tractant són:

Torn - Cilindrar: és un procés de mecanitzat que es realitza per obtenir una superfície cilíndrica d'alta precisió en una peça de treball. Aquest procés implica la rotació de la peça de treball mentre una eina de tall, com ara una fulla, es mou al llarg de l'eix de la peça per eliminar material i donar forma al cilindre desitjat. L'eina de tall es pot avançar cap a la peça o viceversa, depenent del tipus de torn i del disseny específic del treball.

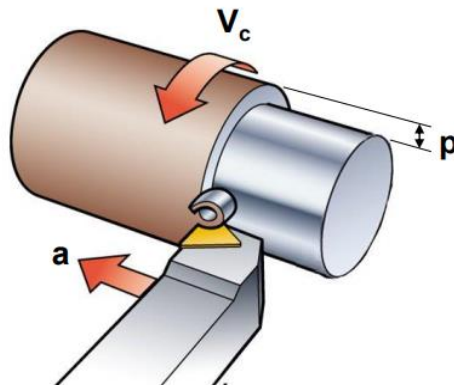


Figura 3.3 Il·lustració del cilidrat.[4]

Torn - Escairar: és un procés de mecanitzat que es fa servir per obtenir una superfície plana i perpendicular en una peça de treball. Durant aquest procés, l'eina de tall es desplaça radialment cap a la peça de treball, eliminant material i creant cara plana. La peça de treball es gira mentre l'eina es mou en direcció perpendicular a l'eix de rotació.

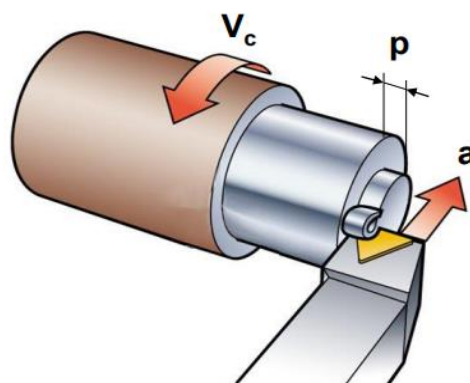


Figura 3.4 Il·lustració del refrentat [4]

Torn - Trepatge: és un procés de mecanitzat que implica la creació de forats en una peça de treball utilitzant una broca giratòria. Durant aquest procés, la peça de treball se subjecta

al torn i gira mentre la broca penetra al material, eliminant l'excés de material i formant un forat.

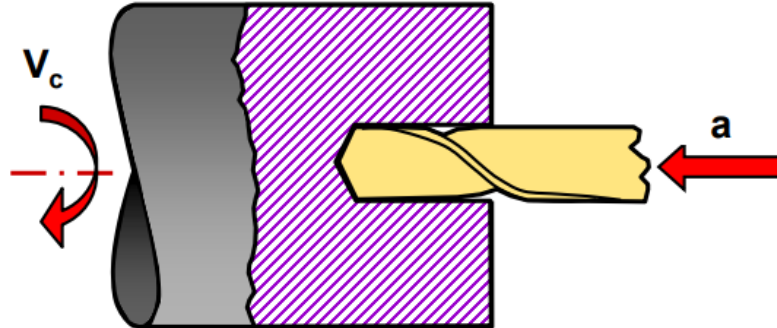


Figura 3.5 Il·lustració del trepatge [4]

Per altra banda, en el fressat, es pot fer la distinció en funció del nombre de cares de tall. Principalment, es troben de tres tipus, tal com es pot observar en la figura 3.6:

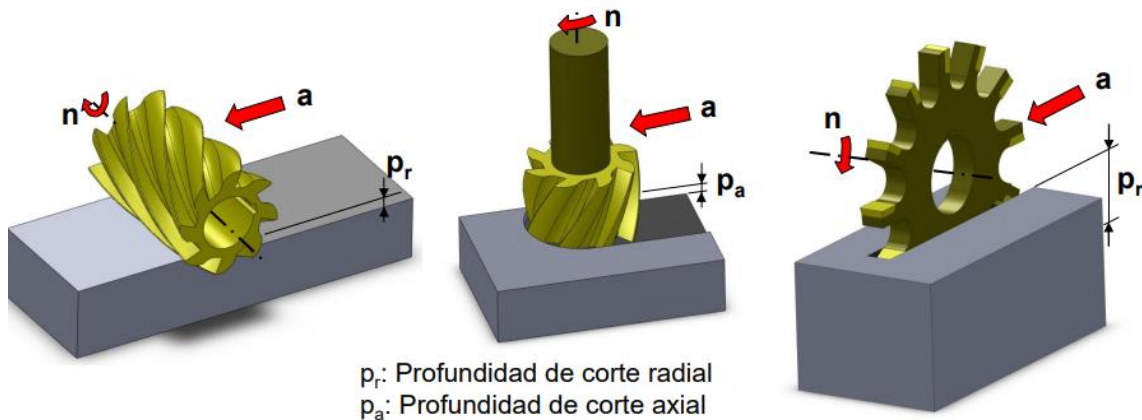


Figura 3.6 Tipus de fresa [4]

Cilíndriques: on les cares de tall són purament perifèriques

Frontals: on les cares de tall són perifèriques i frontals (2 tipus de tall)

Disc: on les seves cares de tall són perifèriques i per dos frontals.

A partir de la figura 3.6, es pot veure com amb la fresa es pot dur a terme el planejat o ranurat de les peces, però a més a més, també permet realitzar funcions de trepatge i perfilar contorns.

### 3.2.4. Processos de conformació: Deformació de peces

Un altre procés molt comú és el doblegament de les peces en un angle determinat. Aquest mètode consisteix en el doblegament d'una xapa al voltant d'un eix recte. Aquest mètode es pot realitzar mitjançant una premsa més una matriu o directament amb unes plegadores de xapa.

Aquest mètode es caracteritza per tenir dos elements clau, un punxó que s'encarrega de realitzar la força a la xapa, i una matriu de doblegament, que li donarà la forma desitjada a la xapa. També es pot fer un doblegament a l'aire, el qual consisteix a mesurar la força del punxó perquè no penetri totalment, obtenint-te així diferents angles més obtusos que els de la matriu de doblegament. En la figura 3.7 es pot observar amb més detall els diferents angles que es poden obtenir:

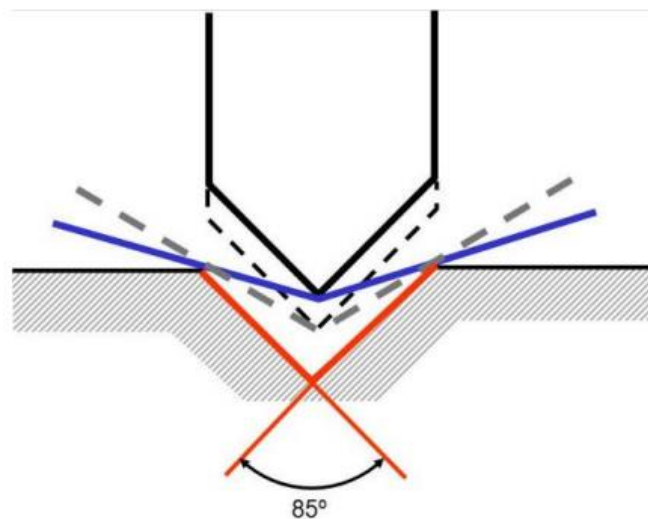


Figura 3.7 Doble gament amb punxó [5]

### 3.2.5. Processos de conformació: Altres processos a tenir en compte

A part dels processos esmentats en els punts anteriors, existeixen processos de tall més complexos que poden arribar a ser útil per el detall interns de les peces, depenent de la precisió i el pressupost del projecte.

El dos més comuns són el tall per doll d'aigua i el tall per làser. El tall per doll d'aigua consisteix en un raig d'aigua a molt alta pressió que impacta contra la peça, provocant una

arrencada de partícules per abrasió, erosionant la peça. El fluid pot contenir partícules abrasives dissoltes per augmentar poder d'erosió. Per altra banda, el tall per raig làser consisteix en un transductor òptic que converteix l'energia elèctrica en un feix lluminós altament coherent. La lent concentra l'energia lluminosa en un punt, provocant un augment de temperatura capaç de fusionar el material de la peça. [6].

### **3.2.6. Màquines de producció: Màquines de control numèric**

Una vegada ja explicats els diferents processos de conformació, cal tractar les maquinàries que permeten efectuar les diferents operacions. En les fàbriques tradicionals, acostumen a utilitzar el tron i la fresadora convencionals per dur a terme els diferents processos de conformació esmentats anteriorment, com, ara bé, el trepatge. Tot i això, avui en dia, en la fàbrica moderna, és comú trobar-se aquestes màquines amb control numèric, com el torn o la fresadora.

Les màquines de CNC actualment són una de les millors opcions a implementar en el procés de producció, ja que proporcionen una alta qualitat, fiabilitat i productivitat, donant la possibilitat de realitzar peces d'alt valor afegit gràcies a la seva capacitat de realitzar geometries complexes. També suposen una gran reducció de costos, gràcies a l'optimització del temps i recursos, reduint el personal i utilitatges. Per acabar, donen una gran flexibilitat a la línia de producció, ja que poden efectuar diferents operacions en la mateixa màquina. No obstant això, també s'ha d'esmentar que suposen un augment al cost d'inversió inicial i de manteniment, així com tècnics i operaris qualificats que sàpiguen tractar i programar els diferents models de màquines.

A continuació, en la figura 3.8 i 3.9, es pot observar la diferència entre el contornejat d'una fresadora convencional, on les seves trajectòries han de ser paral·leles als eixos x i y, amb un contornejat d'una fresadora de control numèric, on la seva trajectòria és en totes les direccions.



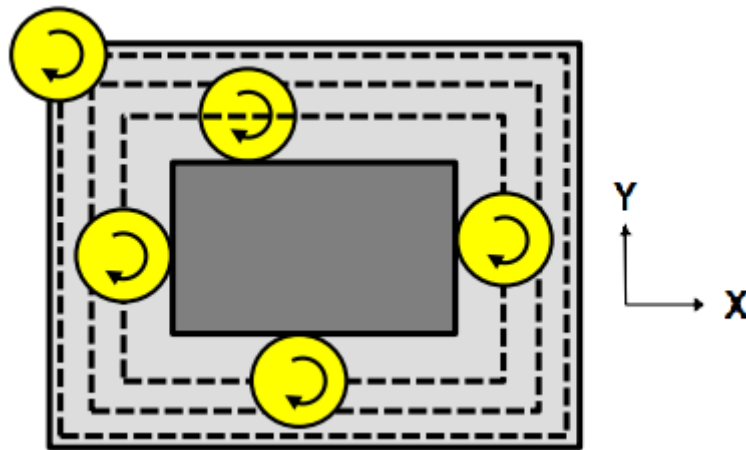


Figura 3.8. Contornejat d'una fresadora convencional [4]

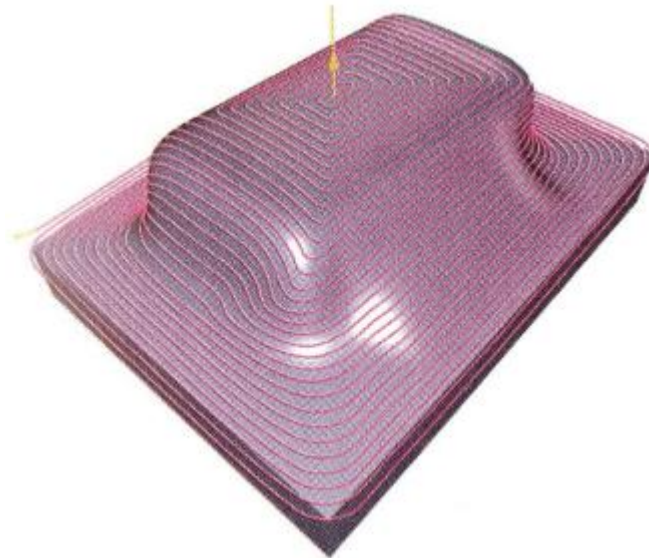


Figura 3.9 Contornejat d'una fresadora de control numèric [4]

Per finalitzar, cal esmentar que el control numèric es pot aplicar en altres màquines, com les màquines de tall per làser o màquines de mesura.

### 3.2.7. Sensors utilitzats en l'automatització.

Per poder dur a terme una automatització satisfactòria, és necessari realitzar un estudi dels elements més enfos, els sensors

Dins dels sensors, es pot trobar de molts tipus dins de la indústria, com, ara bé, de moviment, de soroll, de mesura de velocitat, d'acceleració. Molts d'aquest s'utilitzen per tenir un control dins de les zones de treball, com el de la humitat o el de temperatura per tenir un control sobre ambients que poden afectar la màquina. D'altres, s'usen més per fer

mesures específiques velocitat, acceleració, força o parell. Així i tot, per no fer una recerca molt extensa, en aquesta memòria només es farà una cerca d'aquells que poden tenir una aplicació dins de l'automatització.

Un dels sensors més emprats en les cadenes de producció són els sensors de posició, ja que permeten detectar quan un element ha arribat a la ubicació desitjada. Dins dels sensors de posició es poden trobar cinc grans tipus, cada un amb les seves propietats:

Electromecànics: Els sensors electromecànics tenen una freqüència de commutació reduïda. Acostuma a ser afectat pel desgast, però és robust davant de pertorbacions electromagnètiques. Se sol a fer servir en sistemes de seguretat d'automatismes senzills.

Inductius: Els sensors inductius s'acostumen a fer servir generalment en metalls. Reben el senyal ràpid tot i que el seu camp d'actuació no és ajustable.

Capacitiu: Els sensors capacitius s'utilitzen generalment en materials no-metàl·lics i existeixen models per a materials conductors líquids. Són més sensibles a les pertorbacions que els magnètics i més sensibles a la condensació de pols a la superfície. Detecten més distància que els inductius i tenen un camp d'actuació ajustable.

Òptics: Els sensors òptics tenen una freqüència de commutació elevada. Així i tot, és necessari que el material de l'objecte a detectar contrasti òpticament amb el fons.

Ultrasò: Els sensors s'usen per a mesures de nivell, tot i que són sensibles als materials transparents i és necessari que el material de l'objecte a detectar reflecteixi els ultrasons.

Analitzats els sensors esmentats es preveu l'ús d'alguns sensors inductius.

Per acabar amb els sensors de posició, es pot observar en la figura 3.10 els marges de mesura de distància generals. Evidentment, no són exactes, però es pot obtenir una idea general per la seva aplicació.

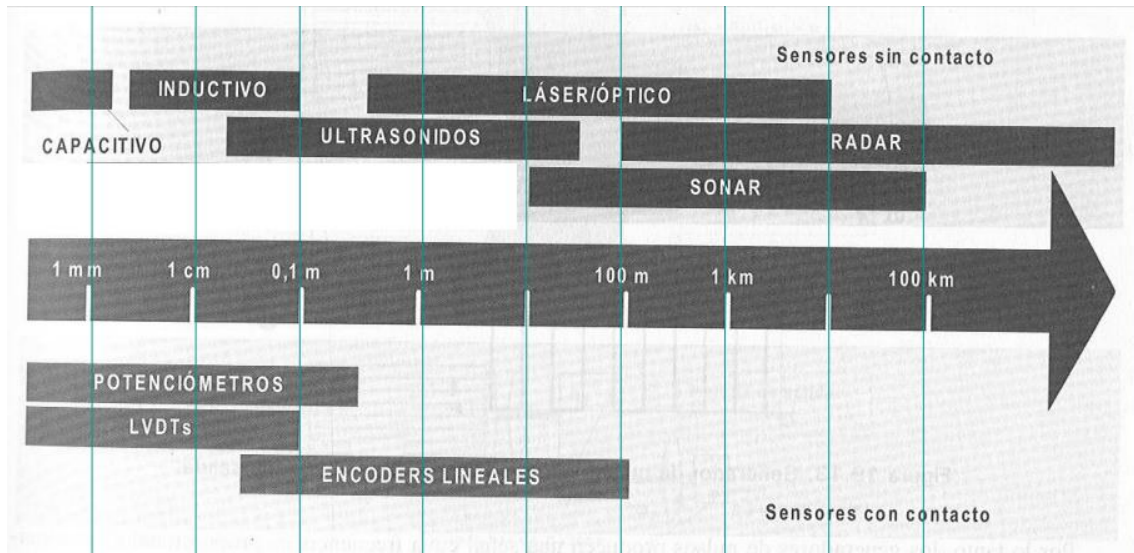


Figura 3.10 Sensors per marges de mesura de distàncies. [7]

### 3.2.8. Sistemes de muntatge

Molts productes, com el que s'està tractant en aquesta memòria, estan compostos per diferents components, cada un amb la seva funcionalitat pel model final. Per aquest motiu, a l'hora de tenir en compte per l'automatització de la secció de fabricació, l'apartat de muntatge i emmagatzematge. Per productes de petites dimensions, com és el cas del dispositiu assegurador, si la producció és molt petita i senzilla, s'acostuma a realitzar el muntatge en un banc de muntatge, on el personal s'encarrega d'assemblar manualment totes les peces, requerint que l'operari tingui una alta qualificació i una formació molt específica. Si es preveu que la producció serà elevada, dur a terme línies de muntatge acostuma a ser un dels processos més utilitzats, on el seu concepte consisteix en un sistema de transport del palet que va passant per totes les estacions de treball, i, tant la línia de transport com l'estació pot ser manual o automàtic.

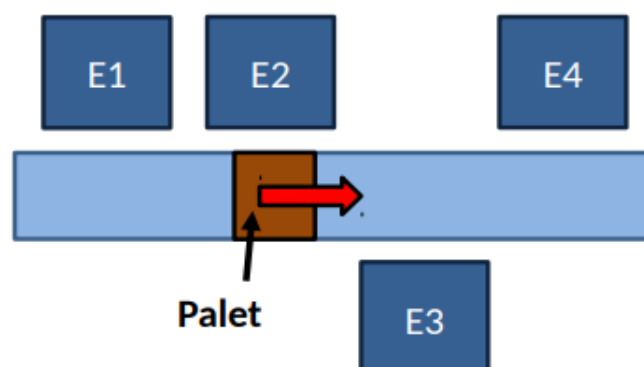


Figura 3.11 Esquema d'una línia de muntatge [8]

En les estacions de treball, s'acostuma a efectuar petites operacions en cada una, com orientar el palet, o incorporar una peça nova al subconjunt. El sistema funciona gràcies als palets, on es va assemblant pas per pas el producte final i serveixen com a referència per saber quan la peça ha arribat a una estació de treball.

Respecte als Lay-Outs més utilitzats, estan els giratoris i els lineals. En els giratoris, es troben la taula i la corona giratòria, que bàsicament consisteixen en taules rodones amb palets ancorats a les taules, que, mitjançant la rotació de la taula, es fa passar el palet per les diferents estacions, que, en el cas de la corona, també hi poden estar situades a dins. El problema d'aquests Lay-Outs és que estan limitats per la mida de la taula, i no són ampliables, a més de tenir dificultats per poder operar i incorporar peces per la zona central de la taula. A continuació, en la figura 3.12, es pot observar un Lay-Out de Corona giratòria.

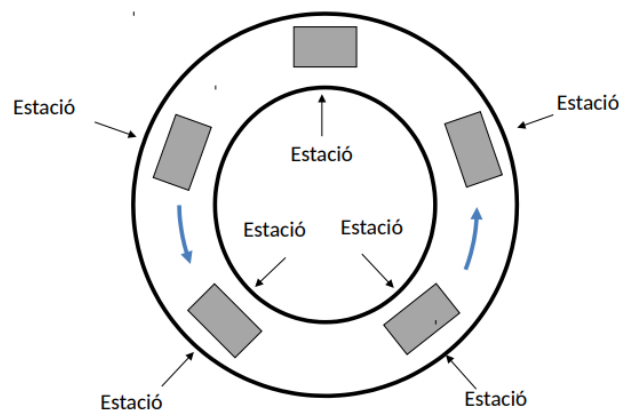


Figura 3.12 Lay-Out de un sistema de muntatge de Corona giratòria [8]

D'altra banda, els sistemes de muntatge lineals, solucionen els aspectes dels sistemes giratoris a canvi d'ocupar més espai i afegir complexitat al sistema. Dins dels sistemes lineals hi ha diferents models. El més simple de tots és el de línia unidireccional, on els palets van en una direcció per les diferents estacions fins al final, on tornen per sota de la línia de muntatge. Un altre Lay-Out lineal tancat amb retorn és el de forma de carrusel, que, amb una forma ovalada els palets van passant per les diferents estacions fins al final i retornen de forma paral·lela a la d'anada fins a arribar a l'inici. Si es desitja i el disseny de la planta ho permet, es poden posar estacions en la tornada o en mig del trajecte, tot i que en el cas de tornada suposaria acabar el procés de muntatge al costat de la primera estació de totes. Per acabar, el Lay-Out amb retorn i línies paral·leles és pràcticament igual que el de carrusel, però, en canvi, ser un trajecte continu, es divideix en dues línies

paral·leles on el canvi de línia de transport es realitza amb un mecanisme, canviant així l'orientació del palet.

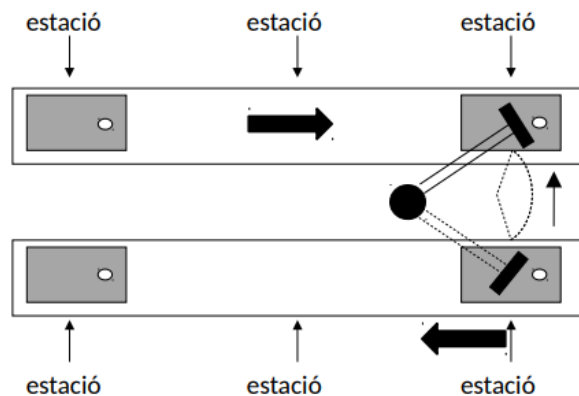


Figura 3.13 Lay-Out amb retorn i línies paral·leles [8]

Terminant pel que fa als palets, aquest es poden tenir un transport síncron o asíncron. Pel transport síncron, els palets poden estar connectats, estar en contacte superficial o ser solitaris al sistema de transport i assegurar-se de mantenir una distància establerta a partir de ser la seva incorporació de forma periòdica. En el transport asíncron, aleatori o flexible, cada palet es pot desplaçar de forma independent a la resta, acumulant-se en les estacions més lentes.

Per finalitzar amb el muntatge, cal explicar les tres operacions fonamentals a dur a terme per poder realitzar un ús correcte de les estacions de muntatge, que són: el posicionament, la subjecció i la manipulació.

En el posicionament, es pot determinar l'orientació de la peça si és paletitzada anteriorment, si no, també es poden emmagatzemar de forma apilada, en un sistema tipus de petaca, on l'orientació queda determinada però no individualitzades. Un altre sistema de posicionament més específic és l'automatització de les peces a granel, tot i que depèn de solucions molt rígides. Per acabar amb el posicionament, esmentar que també existeix l'opció de fer l'orientació amb visió per ordinador, que mitjançant un sistema d'enrutador rígid la visió de l'ordinador detecta que està en la posició correcta o per ordinador avançada, on es fa el posicionament per visió artificial.

En la subjecció, el problema principal és la complexitat de la geometria de la peça. Si es tracta amb peces senzilles, es poden utilitzar ventoses, electroimants, o pinces de 2 a 3 dits. Si es realitza en l'àmbit experimental, també existeixen sistemes de subjecció

flexibles que poden variar en funció de la configuració, tot i que si la geometria és complexa, s'acostuma a usar un terminal de subjecció dissenyat per la peça en qüestió. Si el robot o manipulador a l'estació tractarà amb més d'una peça diferent, el terminal de subjecció pot variar en funció de la peça tractada.

Finalment, la manipulació de les peces es pot dur a terme amb robots programables, tot i que s'ha de determinar bé la finalitat de l'estació i les propietats de la peça tractada per poder escollir el robot més adequat. També existeix la possibilitat d'incorporar un sistema automatitzat per recorreguts fixos d'operacions senzilles, com un conjunt de cilindres pneumàtics que donin el moviment horitzontal i vertical respectivament, tot i que és una solució rígida que no permet grans canvis en el procés de muntatge. [8]

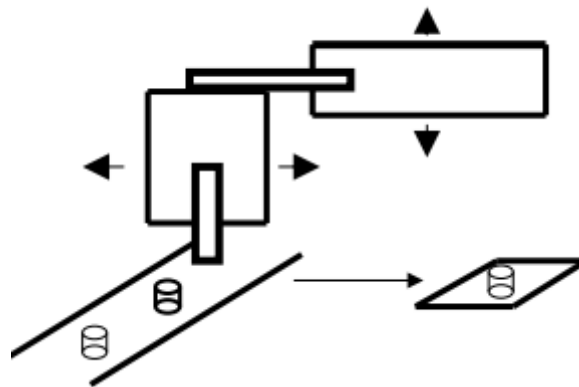


Figura 3.14 Esquema de muntatge per un sistema de dos cilindres [8]

### 3.2.9. Sistemes de transport i robots per l'automatització

Per finalitzar amb l'estudi d'utensilis principals en l'automatització, es fa un breu estudi dels sistemes de transport i robots que permeten el transport i moviment de les peces entre les diferents seccions i màquines de la fàbrica.

Respecte als sistemes de transport, es poden dividir en dues grans seccions, en transports per camins actius, o el transport per robots AGV. Els camins actius són línies de transport fixes que fan desplaçar la peça per tot el recorregut. Dins dels camins actius, tenim elements com cintes, corrons, cadenes, vagonetes... on solen ser utilitzats per desplaçar la peça horitzontalment per tota la planta, tot i que depenent del sistema, com les erugues, també permeten el transport amb una certa inclinació vertical. Per altra banda, els AGV, són robots amb una trajectòria variable i modificable destinats al transport dins la fàbrica.

Aquests poden ser radioguiats , optoguiats, filoguiats, optoguiats o per navegació automàtica. S'acostumen a fer servir per transportar les peces o la matèria primera. [9]

Finalment, els robots també s'usen per manipular la matèria primera i les peces dins de les diferents estacions de treball. Dins d'aquest tipus hi ha els robots cartesianes, els robots Scara, els robots antropomòrfics i els robots Delta. Els dos primer es fan servir per moviments simples, mentre els antropomòrfics donen bona flexibilitat i els robots Delta tenen una velocitat elevada. [10]

### 3.2.10. Normatives

Respecte als sensors inductius, la norma DIN 40 050 estableix el grau de protecció segons la seva IP contra sòlid o contra l'aigua. A continuació es mostra en la taula 3.2 resum del codi respectiu a aquesta normativa.

|   | Sòlids  | Aigua   |
|---|---|---|
| 0 | No està protegit contra l'ingrés de cossos estranys                     | Sense protecció   |
| 1 | Protegit contra ingrés de cossos estranys de fins a 50 mm de diàmetre.  | Protecció contra el degoteig d'aigua condensada                 |
| 2 | Protegit contra ingrés de cossos estranys de fins a 12 mm de diàmetre.  | Protecció contra el degoteig fins a 15° de la vertical.         |
| 3 | Protegit contra ingrés de cossos estranys de fins a 2,5 mm de diàmetre. | Protecció contra pluja amb angle inferior a 60°.                |
| 4 | Protegit contra ingrés de cossos estranys de fins a 1 mm de diàmetre.   | Protecció contra esquitxades en qualsevol direcció.             |
| 5 | Protecció contra dipòsit de pols  | Protecció contra el raig d'aigua en qualsevol direcció.         |
| 6 | Protecció contra l'ingrés de pols                                       | Protecció contra ambients propis de les cobertes dels vaixells. |
| 7 |   | Protecció contra la immersió temporal.                          |
| 8 |   | Protecció contra la immersió indefinida.                        |

Taula 3.2 Resum de la IP codificat de la normativa DIN 40 050.

Per part dels robots i màquines genèriques, com les CNC que es seleccionin, s'ha recopilat un conjunt de lleis , que es farà un breu resum a continuació:

- EN ISO 12100-1: La normativa EN ISO 12100-1 és part d'un conjunt d'estàndards internacionals que aborden la seguretat de les màquines. En particular, se centra en els principis de disseny per a la prevenció de riscos associats amb les màquines industrials. Proporciona pautes detallades sobre la identificació i avaluació de perills, així com sobre la reducció de riscos a través de mesures de disseny adequades. Aquest estàndard és fonamental per a garantir la seguretat dels treballadors i usuaris que operen maquinària en diversos entorns industrials
- EN ISO 10218-1: La normativa EN ISO 10218-1 estableix requisits de seguretat per a robots industrials. Defineix directrius per a la integració segura de robots en entorns de treball, abordant aspectes com la seguretat del disseny, la instal·lació, la programació i l'operació dels robots. Aquest estàndard busca minimitzar els riscos d'accidents i lesions per als treballadors que interactuen amb els robots, promovent pràctiques segures en l'automatització industrial.
- EN IEC 60204-1 B: La normativa EN IEC 60204-1 B és un estàndard que tracta sobre la seguretat elèctrica de les màquines industrials. Defineix els requisits i pautes per al disseny, la instal·lació i el manteniment dels sistemes elèctrics utilitzats en maquinària. Aquest estàndard aborda temes com la protecció contra descàrregues elèctriques, l'aïllament adequat de circuits i la prevenció de riscos per als operadors. El seu objectiu és garantir un entorn de treball segur en el qual s'utilitzin equips elèctrics en la indústria.
- EN ISO 13857 B: La normativa EN ISO 13857 B estableix directrius per a la distància de seguretat per a evitar l'accés de les persones a zones perilloses en maquinària. Defineix els límits de seguretat que han de mantenir-se entre les persones i les parts mòbils de la maquinària per a prevenir lesions. Aquesta norma proporciona una metodologia per a calcular i determinar les distàncies de seguretat adequades, contribuint així a millorar la seguretat dels treballadors en entorns industrials.
- EN ISO 14121-1 A: La normativa EN ISO 14121-1 A és un estàndard que aborda l'avaluació de riscos en maquinària industrial. Proporciona directrius detallades sobre com identificar, analitzar i avaluar els riscos associats amb el disseny, la fabricació i l'ús de maquinària. Aquesta norma ajuda els fabricants i usuaris a comprendre i mitigar els perills potencials, contribuint així a millorar la seguretat en el lloc de treball i reduir el risc de lesions per als operadors i altres treballadors.



· EN 415-4 C: La norma EN 415-4 C estableix requisits de seguretat per a sistemes de transport vertical, específicament per a escales mecàniques i cintes transportadores inclinades. Aquesta norma aborda aspectes com el disseny, la construcció, la instal·lació i el manteniment d'aquests sistemes, amb l'objectiu de garantir la seguretat dels usuaris i minimitzar el risc d'accidents. En complir amb aquesta norma, s'assegura que els sistemes de transport vertical operin de manera segura i de confiança en una varietat d'entorns, des de centres comercials fins a estacions de transport públic.



## **4. Objectius i especificacions tècniques**

### **4.1. Objectiu general**

L'objectiu general és planificar amb detall la secció de fabricació del dispositiu assegurador, determinant el procés de fabricació de cada peça i l'automatització de la secció en general per saber el temps mitjà total d'ençà que entra la matèria primera fins que surten tots els components, per a comprovar que es pot proveir segons la demanda prevista.

### **4.2. Objectius específics**

- Disseny del procés de producció de cada element del producte: Especificar, avaluar i proposar millores del producte serà la finalitat d'aquest objectiu. Aquest objectiu és el nucli del projecte i, per tant, de vital rellevància, ja que tot es desenvoluparà a partir d'aquest objectiu.
  
- Temps de fabricació per peça necessari per abastir la demanda: És important determinar el temps de fabricació de cada peça, per saber el temps màxim de fabricació, i, en conseqüència, saber la producció mensual que hi haurà i si aquesta és suficient o no per abastir amb la demanda. Per les simulacions també és rellevant.
  
- Disseny de la distribució en planta: El disseny de la distribució en planta ha de ser l'òptim possible, aprofitant al màxim l'espai per així evitar temps mort del transport entre les diferents zones de la planta.
  
- Automatització de la secció: La fàbrica ha de ser totalment automatitzada, intentant reduir al màxim la intervenció humana dins del procés de producció.

### 4.3. Especificacions tècniques

En la taula 4.1 es mostren les especificacions tècniques necessàries i el seu motiu.

| Especificacions tècniques.          |  |
|-------------------------------------|--|
| Ítem                                | Motius   |
| Fulls de ruta                       | Determinar com es pot realitzar cada peça, pas a pas amb una il·lustració de la peça en funció de la fase actual   |
| Selecció de màquines de conformació | En funció de les màquines seleccionades es pot dur a terme un procés de fabricació més o menys ràpid. Les CNC acostumen a ser més ràpides que les convencionals  |
| Selecció de sensors i Robots        | Permeten l'automatització de la planta. És vital avaluar en funció de cada màquina si és més convenient el transport per cinta o robot.  |
| Forces de tall                      | És necessari determinar les forces de tall de cada peça per fer un correcte disseny del procés de fabricació   |
| Adaptabilitat del disseny           | Els dissenys s'ha de fabricar tenint present que sigui adaptable a futures incorporacions  |
| Controlador lògic programable (PLC) | PLC que permeti fer l'automatització de sensors i actuadors entre màquines per dur a terme la simulació.   |
| Accessibilitat a les màquines       | S'ha de decidir un disseny intel·ligent que permeti accedir a totes les màquines amb facilitat.  |
| Legislació                          | S'ha de tenir en compte el compliment de totes les lleis en l'àmbit Europeu i nacionals, focalitzades en la seguretat de treball, legislació de les màquines, mediambientals (soroll, vibracions, contaminació, impacte visual, impacte cultural...) |
| Simulacions                         | S'ha de realitzar un "prototip" de la solució proposada mitjançant simulacions per verificar el seu funcionament i temps de cicle.   |

Taula 4.1 Especificacions tècniques.

## 5. Viabilitat tècnica

### 5.1. Distribuïdors de materials

Com ja s'ha esmentat anteriorment, el producte a fabricar està dissenyat per ser fabricat a partir de peces fetes per AW-7075-T6, Acer 4340 Normalitzat i Acer 1.6773. Per tant, a l'hora de decidir si el producte és viable, és necessari determinar que el material a treballar sigui comercial i el seu accés actual en la indústria.

Començant per l'AW-7075-T6, que es tracta d'un aliatge d'alumini, que forma les peces 1, 2, 3 i 5, on el gruix de les peces oscil·la entre 4 mm i 15 mm, la seva amplada i llargada màxima és de 65 mm i 47 mm aproximadament (és una mica inferior, però es té en compte que es realitzaran acabats i s'ha arrodonit cap amunt). Doncs, a l'hora d'analitzar els distribuïdors, s'ha de comprovar que com a mínim, la xapa del metall en qüestió sigui més gran que aquests paràmetres. Fent una breu recerca, es poden trobar diferents distribuïdors dins de la península, com, ara bé, Rendrade, que disposen de xapes de metall de les dimensions desitjades, on el material acostuma a estar disponible.

**CHAPA ALUMINIO EN AW 7075 T6 DE ESPESOR (RECORTES)**  
REF: 100204020REC // Formato (Unidad): 1

**PRODUCTO a PRECIO MUY REDUCIDO.**

SELECCIONA AQUÍ UNA MEDIDA

|   | Ancho (mm) | Espesor (mm) | Largo (mm) |
|---|------------|--------------|------------|
| ↓ | 70         | 10           | 75         |
| ↓ | 90         | 15           | 110        |
| ↓ | 35         | 15           | 145        |
| ↓ | 25         | 20           | 261        |
| ↓ | 25         | 20           | 324        |
| ↓ | 25         | 20           | 325        |

↓ 24/72 horas
↓ 48/72 horas
↓ No disponible ⓘ

Total **2,53 €** ~~2,61 €~~  
Envío: ↓ 24/72 horas

uds.  

Figura 5.1 Característiques de venda de l'AW-7075-T6, distribuïdor Rendrade [12]

Per altra banda, la peça 4 està formada per l'Acer 4340 Normalitzat, on les seves mesures són de 34 mm d'amplada, 23 mm d'alçada i 15 mm de llarg aproximadament. Fent una recerca dels distribuïdors, s'ha trobat alguns distribuïdors com Linkun on disposen tota una gamma de tractaments i acabats en funció de la demanda.



Figura 5.2 Característiques de venda de l'Acer 4340, distribuïdor Linkun [13]

Finalment, cal analitzar la comercialització del material de la peça 6, l'Acer 1.6773 també conegut amb la nomenclatura AISI 4820. Aquesta peça cilíndrica fa 42 mm de llarg i 5 mm de diàmetre. Un dels distribuïdors d'aquest metall és l'empresa GNEE, que pot entregar el material en forma quadrada o cilíndrica, on la llargada màxima per tub és de 3000 mm.



Figura 5.3 Característiques de venda de l'Acer 1.6773/4820, distribuïdor GNEE [14]

Com a conclusió final respecte als materials del producte, es pot dir que són força comuns en l'indústria i de fàcil adquisició.

## 5.2. Anàlisi de forma de les peces

Un altre aspecte a tenir en compte és comprovar que el disseny de les peces per separat sigui possible, tenint en compte que formades per metalls, limitant els mètodes de fabricació, excloent la fabricació additiva, mètode que s'ha fet el prototip, ja que no estem tractant amb plàstics. En aquest cas, el més adient és realitzar les peces mitjançant els diferents processos de conformació explicats en els antecedents, amb les seves màquines corresponents. Com a conseqüència, s'analitza el disseny de cada peça per separat.

Començant per la peça número 1, tal com es pot veure en la figura 5.4, és una peça que pot estar formada per una xapa del metall determinat, i, a partir d'una fresadora, es pot perfilar donant-li la forma desitjada. Les cavitats internes es poden aconseguir amb un procés de trepatge o similar.



Figura 5.4 Peça número 1 [2]

Seguit, mirant la figura 5.5, es pot observar la gran similitud entre les peces 2 i 3 i, en conseqüència, s'analitzaran conjuntament. Totes dues peces, igual que la peça 1, es poden realitzar amb la fresadora en tot l'aspecte de contorn i concavitats. Una vegada fet el contorn principal de cada peça, es pot aplicar un doblegament amb punxó amb l'angle determinat als plànols.



Figura 5.5 Peces 2 i 3 [2]

Respecte a la peça, mostrada en la figura 5.6, es pot observar per la seva forma com és la més complexa de totes. Així i tot, el contorn exterior es pot realitzar amb la fresadora, mentre que la concavitat inferior amb un trepant. Finalment, amb un disc a la fresadora es podria acabar de formar la resta de la peça

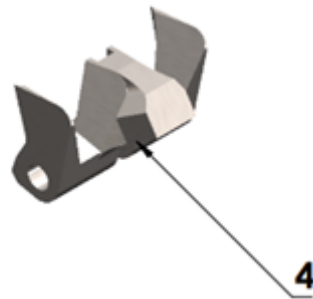


Figura 5.6 Peça 4 [2]

Per acabar, analitzant la figura 5.7, es pot observar com les peces 5 i 6 són les més senzilles, ja que al ser cilíndriques, amb un torn es poden perfilar per aconseguir el diàmetre i longitud desitjada i realitzar la concavitat de tub en el cas de la peça 5.



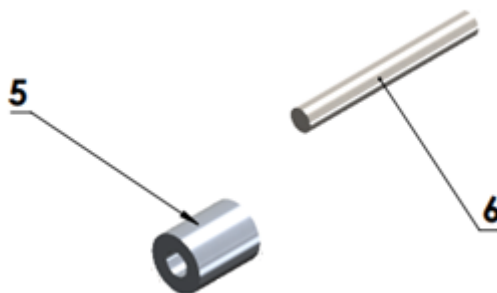


Figura 5.7 Peces 5 i 6 [2]

En conclusió, totes les peces es poden dur a terme amb màquines CNC. Gràcies a això, es pot confirmar que l'automatització del sistema es podrà dur a terme, i, com a conseqüència, trobar els temps de cicle. També cal comentar que les màquines esmentades no són la solució final, simplement una primera aproximació per comprovar que les peces es poden realitzar amb els recursos existents en l'indústria.

Com a comentari final de l'apartat, esmentar que totes les mesures no especificades en els plànols, es prendrà llibertat de precisió a l'hora d'interpretar-les. Això serà útil per aquelles parts menys gruixudes de les peces 1, 2 i 3, on no s'especifica les dimensions exactes d'aquestes.

### 5.3. Material i software per el desenvolupament de l'estudi

Per part del software, cal comprovar que es té accés a tot el material i programari necessari a l'hora de realitzar el projecte.

El material principal i més rellevant serà l'ús d'un ordinador estàndard que poguï suportar el programari que es cregui necessari. Per part de la viabilitat dels programes, a l'hora de portar a cap tota la part mecànica del producte, el programari SolidWorks pot ajudar a fer els fulls de ruta i il·lustracions necessàries per dur a terme l'estudi del procés de fabricació.

Referent a l'automatització del sistema, tot el nivell de programació PLC es pot fer a partir del programa OpenPLC, i per fer la simulació de la secció de la fàbrica s'utilitzarà el programa Factory I/O. Per acabar, per simular el temps de producció es pot utilitzar l'Arena per simular el percentatge d'ús de cada màquina, el temps mitjà, el temps de cua de cada peça o els paràmetres que es creugin adients en funció de la solució.

## **5.4. Aproximació de la solució**

A continuació, es realitzarà una aproximació breu de tot el procés de fabricació plantejat en l'avantprojecte, per així poder veure com podria ser una solució de manera simplificada.

Començant per la distribució en planta, a l'hora de seleccionar en funció de l'orientació de la producció. Evidentment, plantejar la línia de producció com a única no té cap sentit ja no estem tractant amb uns productes personalitzats o distintius entre ells. Tampoc té sentit considerar que la producció sigui de flux continu, ja que el subministrament de matèria primera i producció no serà contínua. Com a resultat, les dues distribucions possibles a aplicar al nostre producte vindrien a ser orientades al procés (producció per lots) o, ara bé, orientades al producte (producció en cadena).

Analitzant cada una per separat, es pot observar com la producció en cadena pot proporcionar una productivitat elevada i poc estoc de materials intermedis, a canvi de tenir poca varietat de productes / peces. Per altra banda, la producció per lots, ens permet tenir una elevada varietat de productes a canvi d'una productivitat més reduïda i estoc de material intermedi més elevat que en la producció per cadena. Com aquest projecte només planteja dissenyar el sistema de producció del dispositiu assegurador i no pas d'altres elements, a més a més del producte tractat té poques peces, es determina que la distribució en planta adient en un principi es una producció en cadena. Així i tot, després de realitzar tot l'estudi es podrà acabar de determinar si es possible o no utilitzar les màquines en els seus temps de desús.

Respecte a la maquinària a utilitzar, es planteja utilitzar com a mínim tres màquines, que aquestes serien la fresadora, el torn i una plegadora, totes tres amb control numèric. Envers al mètode de transport entre elles, seria un sistema de cintes, sensors i braços robòtics que permeten fer l'automatització global de la fàbrica. Les cintes transportarien el material d'una zona a una altra, els sensors ajudarien a la traçabilitat de les peces i els braços robòtics s'encarregarien a acomodar les peces de les cintes en les diferents màquines.

Així doncs, si es desitja fer una producció en cadena, la quantitat de màquines, de manera aproximada, serien tres fresadores, un torn i una plegadora. Això s'ha determinat així, ja que es preveu l'ús d'una plegadora per les peces 2 i 3, les quals només tenen un plec cadascuna, l'ús d'un torn per les peces 5 i 6, per la resta de peces una fresadora, a excepció

de les peces 2 i 3. S'ha decidit que les peces 2 i 3 siguin fetes amb la mateixa fresadora, ja que analitzant les peces, totes dues són idèntiques en forma i dimensió a excepció del plec, que cada una el té diferent. Per tant, les peces 2 i 3 es poden fer a partir d'una peça que surti de la fresadora, partida per la meitat, on cada meitat tingui el seu plec conseqüent. A continuació en la imatge 5.8 es pot observar un predisseny de la distribució en planta.

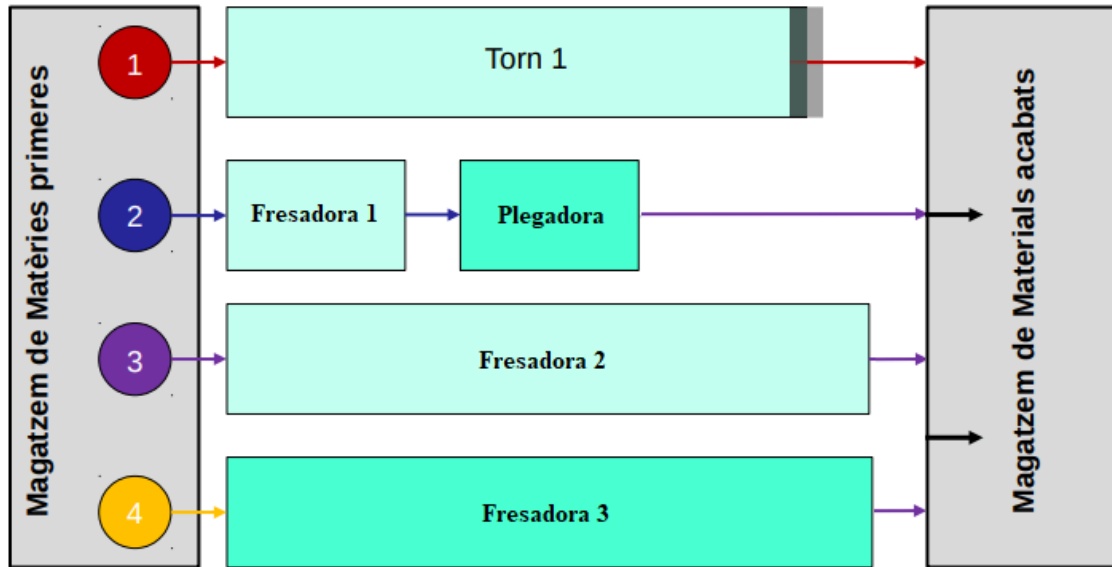


Figura 5.8 Aproximació de la solució.

Partint d'aquest primer anàlisi, en el següent capítol es dur a terme el desenvolupament de la solució. En aquest, s'explica pas a pas les decisions preses i es justifica en cas de que variï de la aproximació proposada.



## 6. Desenvolupament de la solució

### 6.1. Redisseny de les peces

Per poder dur a terme un bon disseny dels fulls de ruta, és necessari realitzar un estudi previ del disseny de les peces del producte, per veure quin és el propòsit darrere del seu disseny. A l'hora de fer aquest procés, és bona pràctica intentar trobar millores en el disseny de les peces, sobretot enfocat a simplificar el seu procés de fabricació.

Llavors, com a objectiu de comprendre la finalitat de cada peça i com es podria optimitzar el seu disseny, a continuació s'analitzarà cada una per separat a partir dels plànols, memòria i annexos del projecte d'en Cristau Villegas Janer, ja esmentats anteriorment.

#### 6.1.1. Peça 1

La peça 1, també nomenada cos, té com a finalitat ser l'eix principal de tot el producte, ja que és l'única peça que està en contacte amb les altres cinc peces, i fa la unió entre aquestes. A continuació, en la figura 6.1 es pot observar amb més detall el disseny de la peça.

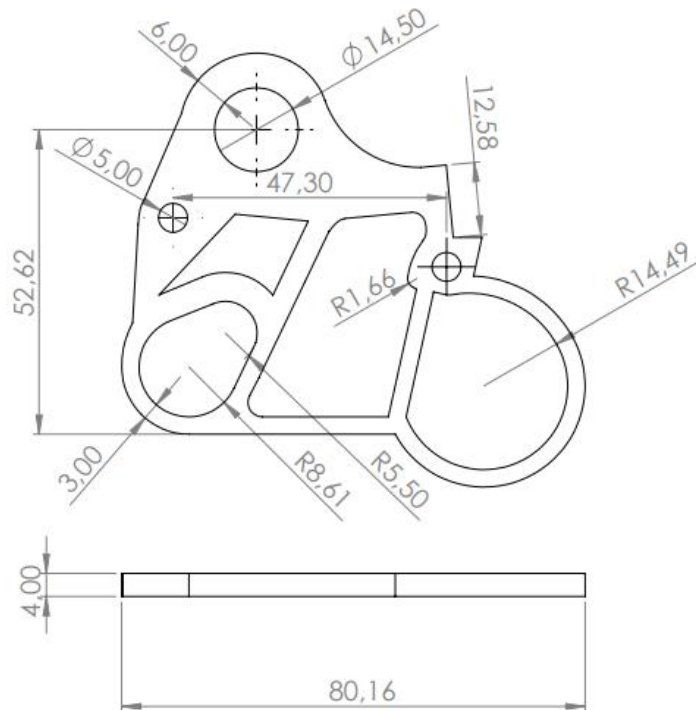


Figura 6.1 Cotes de la peça 1 [2]

En la figura anterior, es pot veure com té molts orificis, la majoria tenen un propòsit. L'orifici superior, segons la normativa esmentada en la memòria del producte, ha de ser com a mínim superior a 13 mm, per poder passar una barra d'aquest diàmetre. Respecte al forat inferior de radi 14,49 mm, la seva funció és desbloquejar el dispositiu amb el dit polze, on en el seu disseny s'ha fet pensant en la mitjana aritmètica de les dimensions dels dits, i per aquest motiu, el seu radi no es pot veure modificat. Els dos forats de 5 mm de diàmetre són per contactar la peça amb les altres mitjançant una barra a pressió, on, en l'annex VI i VII de la memòria del producte es poden observar la justificació del seu dimensionament. Per finalitzar, el forat amb forma ovalada i amb forma rectangular serveixen per passar les cordes i el mosquetó, on en els annexos VI i VII del producte es fa la seva justificació de la seva dimensió, demostrant que pot suportar les forces específiques segons la normativa en l'escalada. A continuació, en la figura 6.2 i 6.3 es pot veure millor la funció d'aquests orificis.

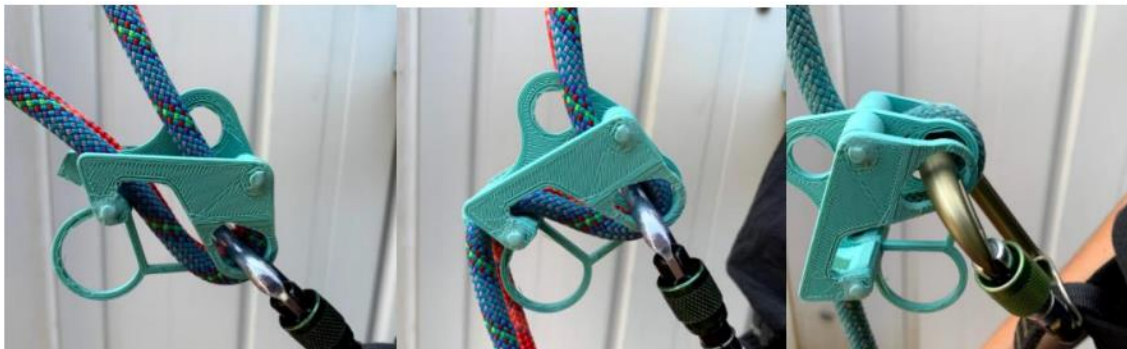


Figura 6.2 Ús dels forats ovalats del producte [1]



Figura 6.3 Ús del forat rectangular del producte i forat per el dit polze [1]

Referent a tot el que s'ha esmentat anteriorment, es decideix no realitzar cap classe de modificació, per no violar cap mena de normativa o aspecte tècnic del producte. Per altra

banda, en la part superior del forat ovalat es pot veure un orifici que sense cap cota on no s'especifica la finalitat d'aquest si més no reduir infamement el pes. També, respecte a la forma de la peça, no s'especifica ni es justifica de cap manera el motiu, i, per tant, es pot prendre la llibertat de dur a terme una forma molt similar, però no exacte, tot i que sí que ha de respectar els 4 mm de gruix per complir amb la normativa.

Tenint en compte tots els conceptes esmentats anteriorment, s'ha fet el redisseny del producte intentant respectar al màxim totes les cotes justificades, on s'ha fet una silueta idèntica a la del producte original. Els canvis més significatius han estat l'eliminació de l'orifici superior del forat ovalat, simplificació del forat del dit polze i redimensionament del forat rectangular. L'eliminació de l'orifici superior del forat ovalat s'ha fet perquè el pes que redueix és molt poc (unitats de grams), i, si no s'ha de fer, suposa un estalvi de temps i energia per la màquina a l'hora de fabricar la peça. El forat del dit polze, presenta una trajectòria complexa amb angles força aguts en la part superior d'aquest, on no té cap mena de benefici, ja que la seva funcionalitat és per la part exterior. En conseqüència, s'ha decidit fer una un forat en forma de cercle, respectant el radi d'aquest per no influenciar amb la normativa, i així simplificar el seu procés de producció. Finalment, el forat rectangular s'ha hagut de modificar a conseqüència de l'amplificació del forat del polze, i, aprofitant el redimensionament, la part superior dreta s'ha modificat per eliminar la trajectòria complexa amb el radi d'1,66 mm, on la seva funció és complir amb el gruix mínim entre forats, fet que s'ha tingut en compte. La part inferior esquerra del forat rectangular no s'ha modificat perquè si influeix en l'ús del producte i la part inferior dreta, tot i que no es veu afectada per grans forces, s'ha decidit arrodonir la vora igual que la resta de cantonades per estalviar temps en la producció.

En la figura 6.4, es pot veure la proposta de la nova peça a fer, on és nostra com s'ha respectat les cotes del disseny original.

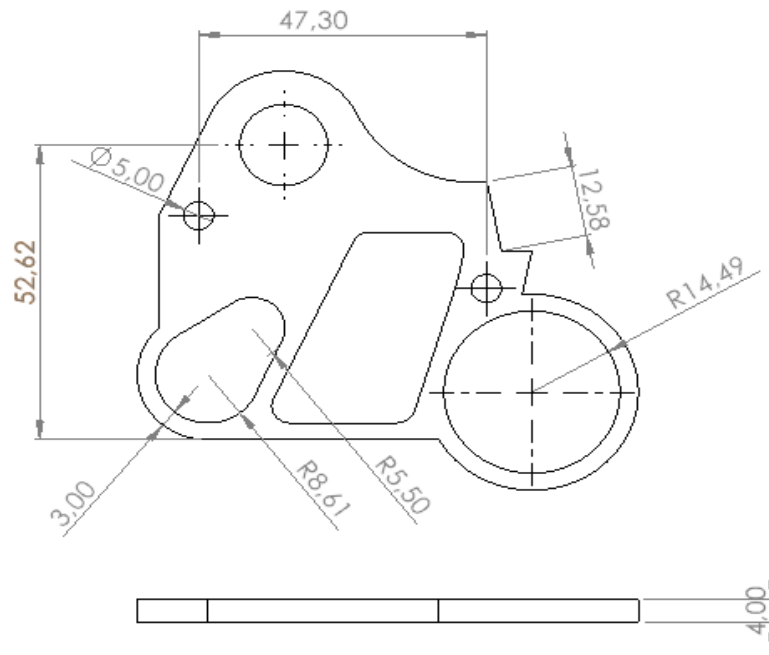


Figura 6.4 Redisseny de la peça 1

### 6.1.2. Peça 2 i 3

Les peces 2 i 3, també anomenades paret esquerra o dreta respectivament, tenen la funció d'impedir que la corda surti del sistema, a més a més de permetre accedir al mosquetó a la peça principal, la peça 1, i donar robustesa al producte final facilitant la incorporació de la peça 4. Com les dues peces són molt semblants, només es diferencien en quin costat està l'angle, s'analitzarà només una d'aquestes. A continuació, en les figures 6.5 i 6.6 es pot observar millor les seves similituds i diferències entre les peces.

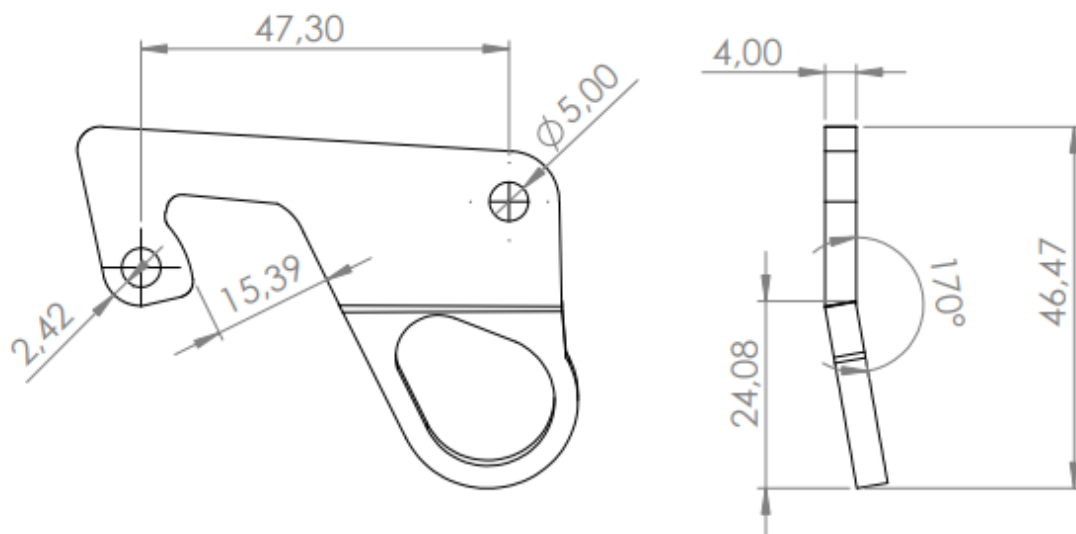


Figura 6.5 Cotes de la Peça 2, paret esquerra [2]



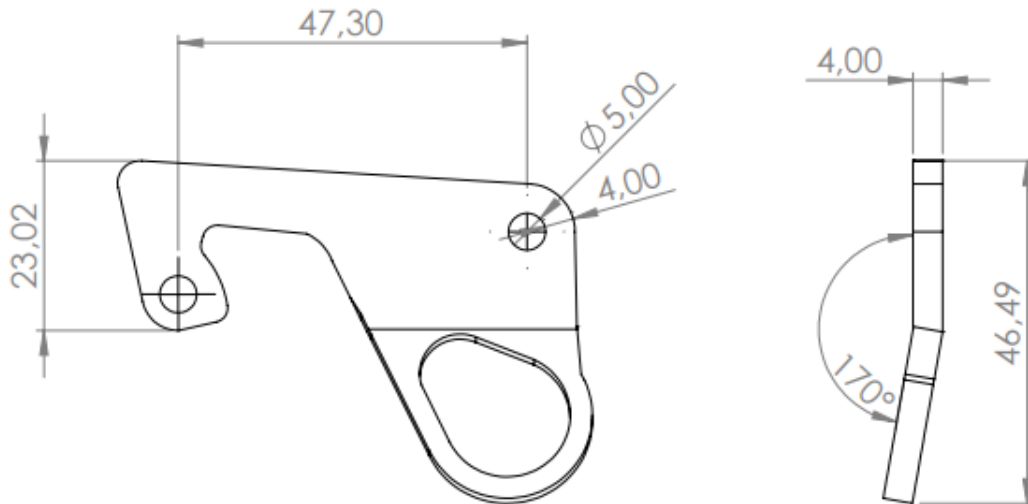


Figura 6.6 Cotes de la Peça 3, paret dreta. [2]

Com es pot observar, les dues parets han de coincidir tant el forat rectangular com l'ovalat de la peça 1, a més a més que els forats de 5 mm han d'estar situats en la mateixa posició. El doblegament de 170 ° així com la comprovació de l'eficiència del forat ovalat estan justificats en els annexos VI, VII i memòria del producte, i per això no es preveu fer cap mena de modificació. La forma externa de les peces no està justificada ni acotada, així es pren més llibertat l'hora de redissenyar El gruix de la planxa ha de ser de 4 mm, seguint la mateixa normativa que la de la peça 1.

A l'hora de redissenyar aquestes peces s'ha tingut en compte les modificacions fetes en la peça 1, així com intentar simplificar la trajectòria que ha de fer les màquines de tall. Les modificacions més importants han estat l'adaptació de la concavitat al nou forat rectangular de la peça 1, simplificant aquest mateix en la part del forat de 5 mm de l'esquerra, evitant així realitzar curvatures innecessàries. La resta de mesures s'han respectat, així com arrodoniments o angle de doblegament. A continuació en les figures 6.7 i 6.8 es pot observar les acotacions de les noves peces.

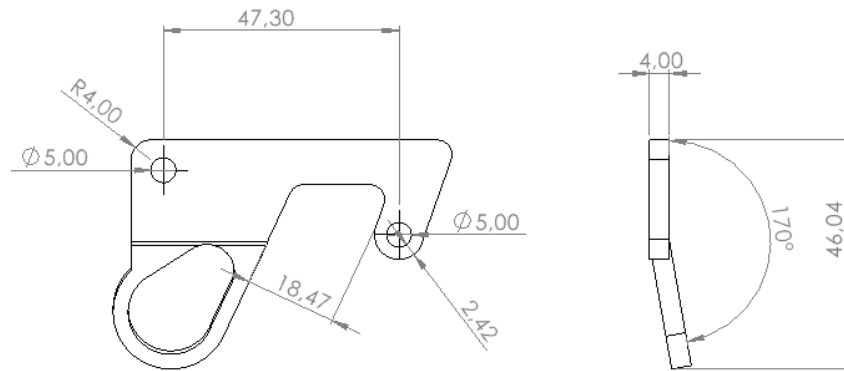


Figura 6.7 Redisseny de la peça 2

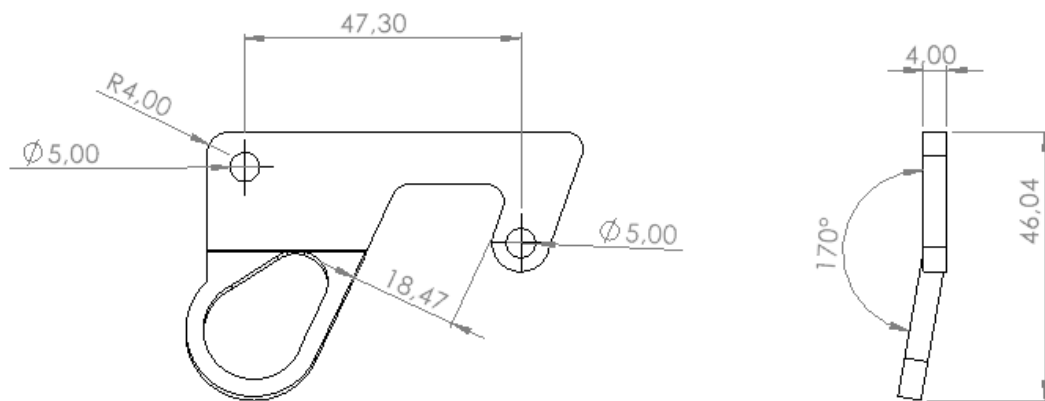


Figura 6.8 Redisseny de la peça 3

### 6.1.3. Peça 4

La peça 4, anomenada ranures en V, té la finalitat d'enfilar i ser el suport de la corda, a més de poder donar pas al mosquetó per realitzar el desbloqueig del dispositiu. En la memòria del producte, s'explica com s'ha anat fent la peça a partir de prova i error i en els annexos d'aquest es comprova que el seu funcionament sigui el correcte. En la figura 6.9 es pot observar les dimensions correctes, on la peça està formada per tres parts principals, la part inferior per on passa la peça 6, connectant la peça amb el conjunt, la part en forma de V, per on passa la corda i la part de la ranura del mosquetó.

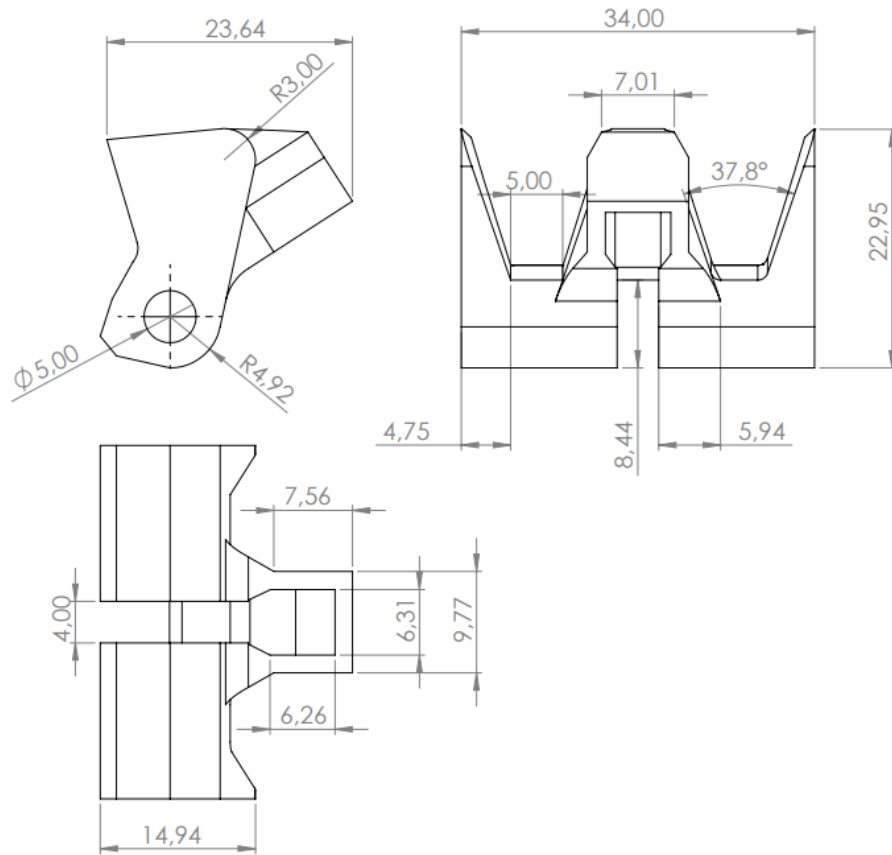


Figura 6.9 Cotes de la peça 4 [2]

A l'hora de fer cap millora, com les dimensions d'aquesta peça està feta a prova i error, no s'ha modificat cap cota rellevant. En conseqüència, la part inferior del forat, la part que està en contacte amb la corda i pateix les tensions d'aquestes i les dimensions del forat del mosquetó no s'han modificat. En conseqüència, les modificacions que s'ha fet en la peça 4 han estat arrodoniments i simplificacions menors, sobretot al voltant de la ranura del mosquetó. A continuació en la figura 6.10 es pot observar la peça 4 redissenjada.

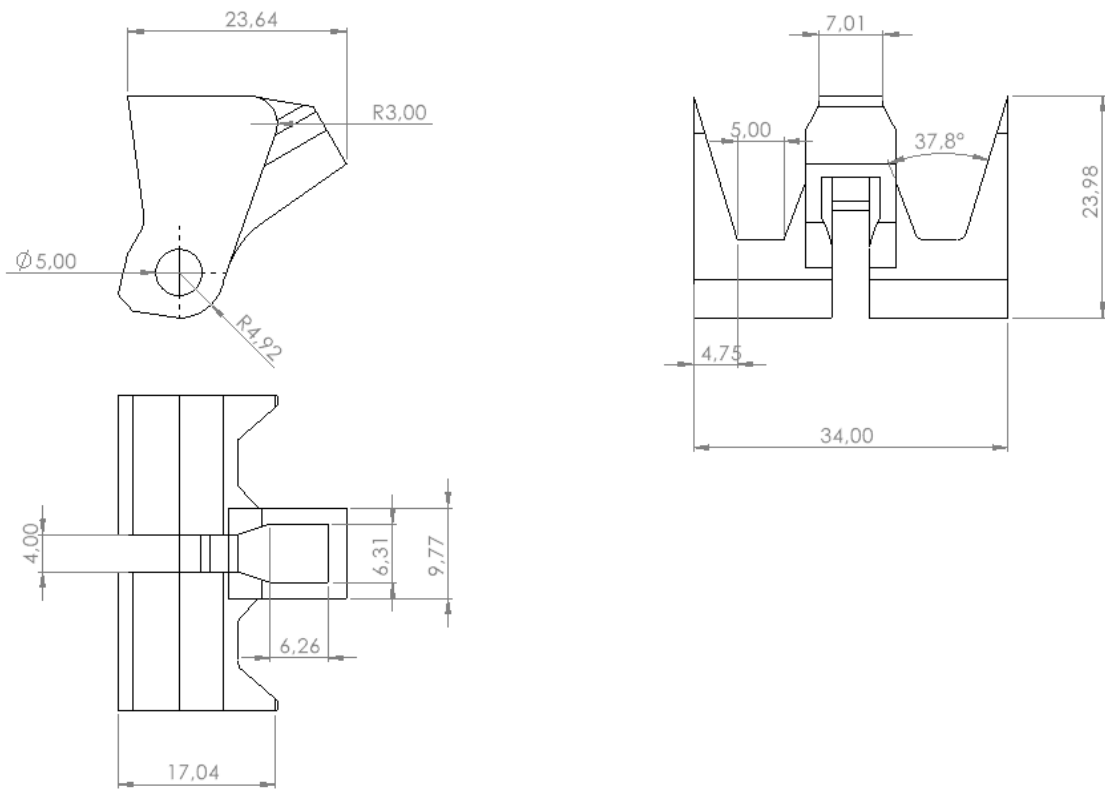


Figura 6.10 Redisseny peça 4

#### 6.1.4. Peça 5 i 6

Les peces 5 i 6 són peces molt senzilles, una amb forma de tub i l'altre amb forma de cilindre, on el seu objectiu és simplement unir la resta de peces amb un sistema de forat-eix a compressió, i, per tant, no es busca cap mena de modificació en el seu disseny. Respecte a les seves dimensions tampoc s'han de modificar, ja que, com s'ha pogut observar en els punts anteriors, s'ha respectat en tot moment el disseny original de les parts relacionades amb aquestes (forats de 5 mm i amplada de la peça 4). Les dimensions de les peces 5 i 6 es pot veure a continuació en la figura 6.11, que són les del disseny original.

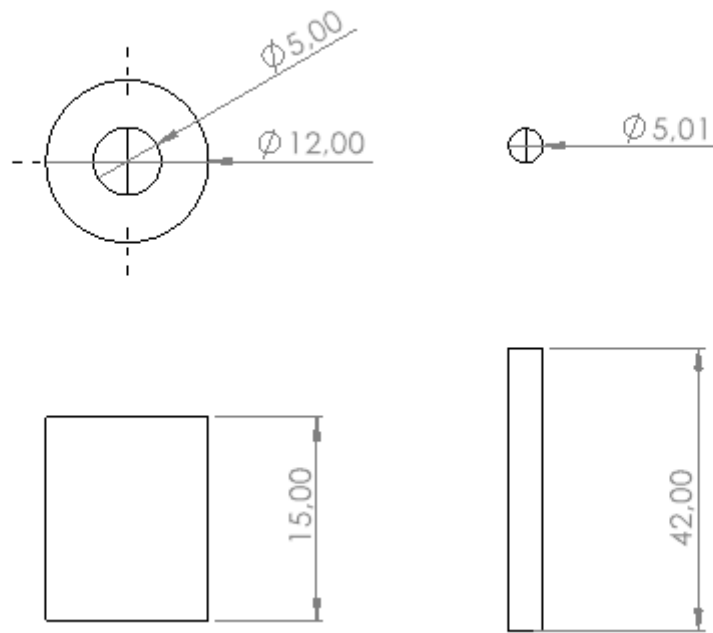


Figura 6.11 Cotes de les peces 5 i 6 [2]

### 6.1.5. Comparació de la peça final

A continuació, per poder tenir una millor comprensió del resultat final, es pot observar en la figura 6.12 una comparació entre el producte original i el producte modificat.

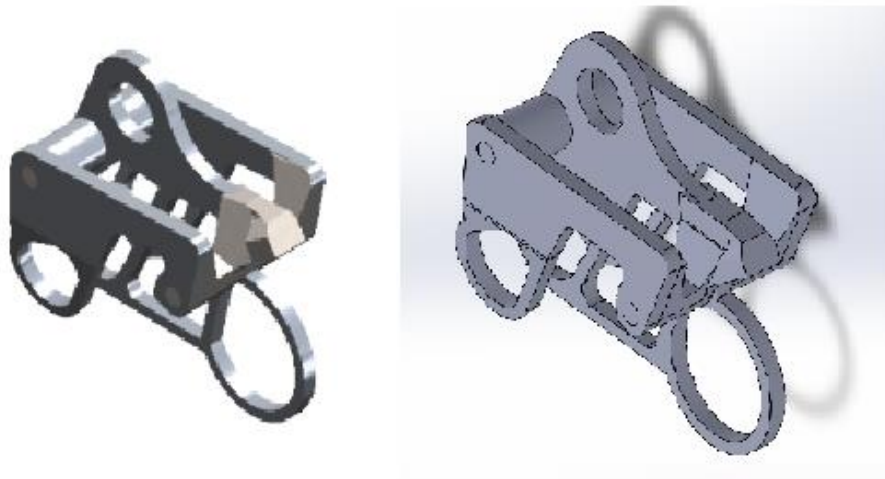


Figura 6.12 Comparativa de l'assemblatge original amb l'assemblatge modificat

Tal com es pot veure, la forma i el concepte del producte és pràcticament idèntic a l'original amb la diferència de la incorporació d'algunes simplificacions ja esmentades

anteriorment. Com a comentari final, dir que, a partir d'aquest apartat, es referencien totes les peces per el seu número i no pas per el seu nom per fer la lectura més lleugera.

### **6.1.6. Dimensions de la matèria prima.**

Gràcies als distribuïdors trobats en la Viabilitat Tècnica, es pot observar com material està disponible tant en dimensions més grans com més petites. Una vegada que ja se saben les dimensions finals de les peces és necessari determinar les dimensions de cada matèria primera.

Per les peces 1 2 i 3, que consisteixen en unes xapes d'alumini AW-7075-T6, es demanaran planxes de 4 mm de gruix, ja que és el gruix de les peces. Les seves dimensions d'amplada i grandària varien en funció de la màquina que treballi amb elles, perquè podran ser més o menys petites, però com a mínim ha de ser 83 x 75 mm, pel fet que són les dimensions mínimes per fer la peça 1.

Respecte a la peça 4, peça d'Acer 4340 Normalitzat, s'encarregaran cubs de dimensions 27 x 28 x 34 mm, aquestes dimensions són 2 mm més grans de les dimensions mínimes. S'ha escollit així per assegurar que les dimensions finals es podran donar amb la precisió desitjada.

Per acabar, la peça 5 i 6, de AW-7075-T6 / Acer 1.6773 respectivament, es preveu que es realitzaran mitjançant trons alimentats per barres i, en conseqüència, la llargada de la matèria primera variarà en funció dels torns. Els diàmetres, però, sí que es poden determinar. En aquest cas s'ha decidit que hi hagi un marge d'1 mm en cada peça, i, essent així els diàmetres de matèria primera de 13 mm i 6 mm de diàmetre respectivament.

## **6.2. Fulls de ruta**

### **6.2.1. Aspectes tècnics a tenir en compte**

Tot i que en la memòria no es deixarà constància de cada pas a l'hora de realitzar els càlculs, ja que es troben en l'Annex III de fulls de ruta, sí que es farà un petit estudi previ dels aspectes que s'han tingut en compte com les formules bàsiques del torn i la fresadora. [4].

Per les tres primeres peces, s'ha decidit que el procés de fabricació més adient és el tall per làser, i per tant a l'hora de fer el càlcul, s'ha de tenir en compte la velocitat de tall del làser i el perímetre total de peça que es vol tallar. En conseqüència, per calcular el temps de tall es farà tal com es mostra en l'equació (6.1).

$$Tc = \frac{va}{l} \tag{6.1}$$

On

Tc = Temps de tall

Va = Velocitat d'avenç

L = Longitud (perímetre en aquest cas)

Respecte a la potència necessària per dur a terme l'operació, acostuma a venir determinada pel fabricant de la màquina en relació amb la velocitat de tall seleccionada, i en conseqüència, no s'ha de realitzar cap càlcul.

Per la peça 4, com s'ha decidit utilitzar una fresadora, el procés de càlcul del temps de tall i potència és més complexa que el de les peces anteriors. Primer de tot es troba la fórmula base del càlcul de la Velocitat perifèrica de la fresa (6.2).

$$Vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \tag{6.2}$$

On

D = Diàmetre de la eina (fresa)

Vc = Velocitat de tall

n = Gir de la eina

Amb la fórmula (6.2), es pot obtenir el gir de la eina (n), ja que la resta de paràmetres acostumen a ser indicats pel fabricant o s'escullen en funció de l'operació a fer. Per altra part, la velocitat d'avenç es pot saber gràcies a l'avenç per volta i el nombre de dents, donades en funció de l'eina escollida, quedant així l'equació (6.3).

$$Va = a_z \cdot z \cdot n \tag{6.3}$$

On

a<sub>z</sub> = avenç per dent

z = numero de dents

Va = Velocitat d'avenç

Una vegada trobada la  $V_a$ , es pot saber el temps de tall amb la fórmula (6.1). Respecte a la potència de la fresa, s'ha de calcular la força de tall amb la força específica, la profunditat i amplada de tall, quedant la fórmula (6.4).

$$F_c = f_c \cdot p \cdot b \quad (6.4)$$

On

$F_c$  = força de tall

$f_c$  = força específica de tall

$p$  = Profunditat

$b$  = Amplada de tall

On la força de tall específica s'obté amb la resistència de tall i el factor  $k$ , que varia en funció entre 3 a 5 si el material és elàstic o poc elàstic. En aquest cas, per a totes les peces utilitzades, serà de 5. En conseqüència, s'aconsegueix la fórmula (6.5).

$$f_c = k \cdot \sigma_t \quad (6.5)$$

On

$k$  = Factor específic de ruptura a la tracció

$\sigma_t$  = Resistència a la tracció

Per acabar amb la fresadora, a partir de les equacions (6.2) i (6.4) s'obté la potència, resultant l'operació mostrada en la fórmula (6.6).

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60 \cdot 1000} \quad (6.6)$$

Pel que fa a les peces 5 i 6 es realitzaran mitjançant el torn, on la velocitat de tall es troba de la mateixa manera que en la fresadora, però la velocitat d'avenç no. Per la velocitat d'avenç en el torn és necessari saber l'avenç de l'eina, on les magnituds establertes usualment són de 0,5 ÷ 0,8 mm per volta pel desbast i 0,1 ÷ 0,2 mm per volta per l'acabat. Llavors, escollint un avenç en funció de l'operació desitjada, es pot saber la velocitat d'avenç segons (6.7).

$$V_a = a \cdot n \quad (6.7)$$

On



$a$  = avenç.

Sabent la velocitat d'avenç, es pot trobar el temps de tall tal a partir de la relació (6.1) tal com s'ha explicat en els casos anteriors.

Finalment, la potència necessària per dur a terme les operacions al torn es pot trobar amb la força de tall, on, a diferència de la fresa, en comptes de tenir en compte l'amplada de tall es té en compte l'avenç, quedant així l'expressió (6.8). Altrament, per saber la potència necessària s'utilitza la mateixa fórmula utilitzada en la fresadora (6.6).

$$F_c = f_c \cdot p \cdot a \quad (6.8)$$

També s'ha d'esmentar que a l'hora d'escollir l'eina, s'ha de tenir en compte la profunditat de passada i el diàmetre d'aquesta, per saber si s'ha de fer una passada o més.

Un cop fets els aclariments anteriors, en els punts de continuació s'explicarà el procés de fabricació de cada peça mitjançant dels fulls de ruta que es poden trobar en l'Annex dels fulls de ruta. Si es desitja consultar els càlculs realitzats per determinar el temps de fabricació, propietats de les eines utilitzades o visualització de com queda cada peça pas a pas amb una descripció de la fase més detallada consultar l'Annex III. Finalment, cal mencionar que en les peces 4, 5 i 6 es fa una aproximació del concepte de la màquina o màquines a emprar (com un torn o fresadora), sense especificar el model en detall, ja que dependrà de la potència necessària en funció del disseny del full de ruta. Per altra banda, en les peces 1, 2 i 3, al ser per tall per làser, sí que s'ha hagut d'especificar quin model s'acollirà. Cal esmentar que totes les eines seleccionades en tots els processos han estat extretes del catàleg de Izar cutting tools [15].

### 6.2.2. Peça 1, 2 i 3

Les peces 1, 2 i 3, en ser xapes amb el mateix gruix, es decideix que la seva producció serà amb una màquina de tall per làser, amb el suport d'una plegadora per les peces 2 i 3. Es parteix d'una xapa inicial ja de 4 mm de gruix, que se situarà en la talladora làser. La màquina seleccionada pel tall per làser ha estat el model UFL de ADH Machine tool [16] seu producte més popular i estàndard, ja que pel gruix de la xapa no es requereixen especificacions molt exigents. En la figura 6.13 es pot observar la màquina en qüestió.

## Máquina de corte por láser de fibra de una mesa

Máquina de corte por láser de fibra de escritorio, la solución más popular.

- ✓ Modelo: ULF
- ✓ Potencia del láser: 1000 - 20000W
- ✓ Área de procesamiento:  
3000\*1500~24000\*3200mm

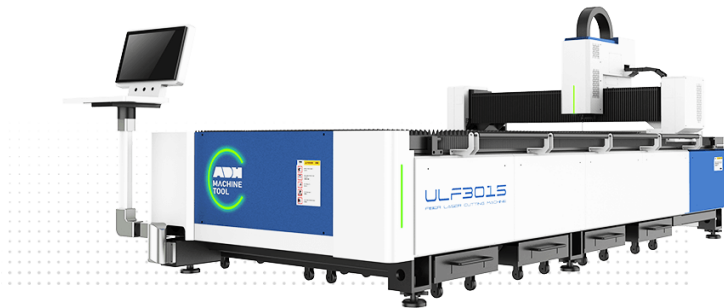


Figura 6.13 Màquina de tall per làser UFL de ADH Machine. [16]

Gràcies la fitxa tècnica de la màquina, s'ha determinat la velocitat de tall i, amb el perímetre de cada peça, i s'ha obtingut el temps de tall. Aquest procés es troba més detallat en l'Annex referent als fulls de ruta.

Per les peces 2 i 3 s'ha hagut de determinar el procés de plec, que es farà mitjançant una plegadora. El plec estimat pel plec de la plegadora és de 4 segons

Tenint en compte tots els aspectes necessaris, com l'aproximació de la matèria primera a les màquines, s'ha aconseguit que per la peça 1 es triga 7,05 s i per les peces 2 i 3 9,15 s.

### 6.2.3. Peça 4

Per la peça 5 s'utilitzarà una fresadora alimentada per cubs de 27 x 28 x 34 mm. A continuació, es posaran les fases en qüestió per fabricar la peça amb alguns comentaris suplementaris en cas que siguin necessaris.

#### Fase 10

Subjecció amb mordasses. Realitzar amb una fresa cilíndrica els contorns rectilinis externs. Realitzar amb una fresa de dimensions que permetin R10 mm i R4,92 mm (Fresa de desbast). Es pot observar en la figura 6.14 el contorn després del desbast.

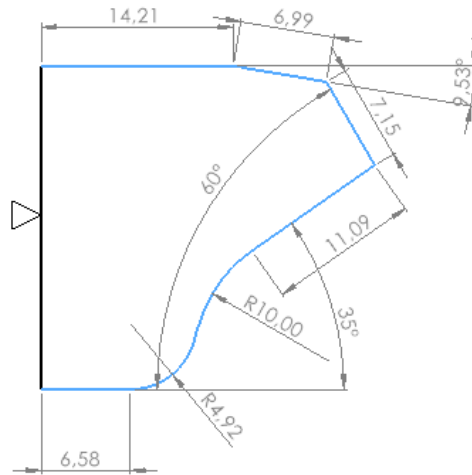


Figura 6.14 Fase 10 de la peça 4

Comentari: Aquesta fase consisteix a donar la forma general de la peça, i, per tant, es realitza amb una fresa de desbast. A partir d'aquesta fase, les operacions es fan amb freses d'acabat, ja que les profunditats de passada són molt més petites i queden com a contorn final de la peça.

#### Fase 20

Subjecció amb mordasses. Realitzar amb una fresa cilíndrica d'acabat els contorns rectilinis externs i circular de R3 mm. En la figura 6.15 es pot observar el contorn resultant.

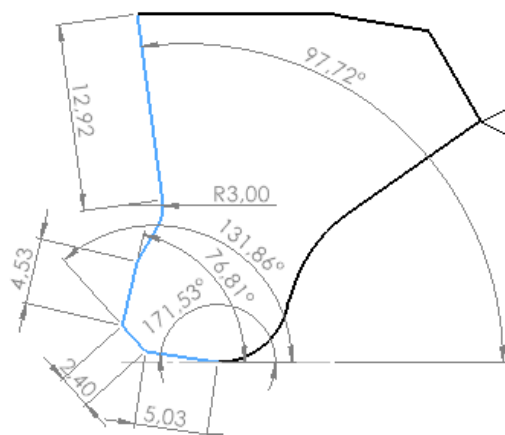


Figura 6.15 Fase 20 de la peça 4

Comentari: Tot i que aquest procés es podria haver realitzat amb la fresa de desbast, es decideix que sigui amb la fresa d'acabat, ja que els contorns externs tractats estan amb contacte amb la corda i, per tant, es busca la màxima precisió possible. Una variació d'aquest perfil pot suposar una variació en les forces aplicades en la peça.

### Fase 30

Subjecció amb mordasses: Realitzar amb una fresa cilíndrica frontal d'acabat de 8,31 mm conjuntament amb el tram de R3 mitjançant la rotació de la sujecció. Repetir procés en el costat oposat. En la figura 6.16 es pot observar el contorn resultant.

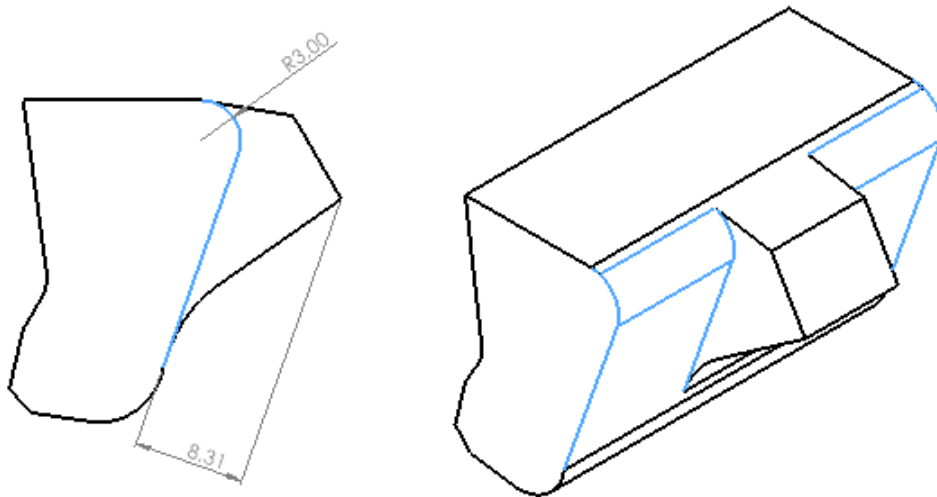


Figura 6.16 Fase 30 de la peça 4

### Fase 40

Subjecció amb mordasses. Realitzar la concavitat amb  $37.8^\circ$  de separació. La part externa amb una fresa de forma. La part més interna de la concavitat amb una fresa cilíndrica d'acabat. En la figura 6.17 es pot observar el desbast realitzat.

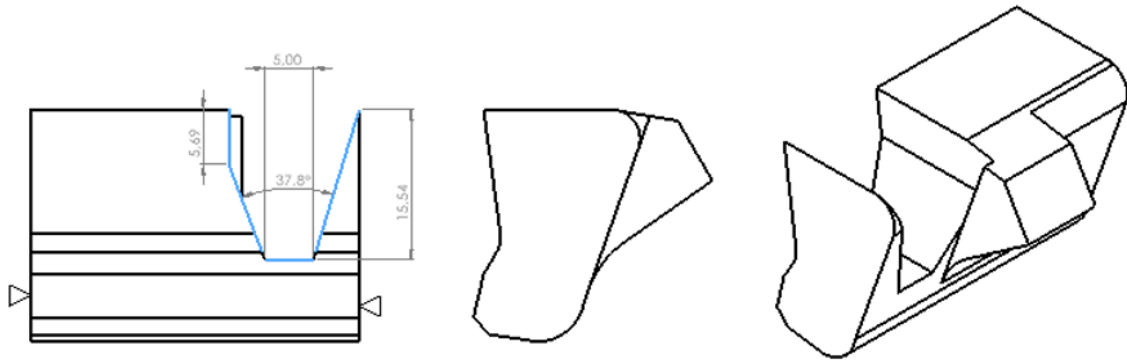


Figura 6.17 Fase 40 de la peça 4

Comentari: L'única manera de poder realitzar angles tan agressius sense cap mena d'arrodoniment és amb una fresa de forma. Per aquest motiu s'ha descartat altres mètodes. Així i tot, no es pot fer una passada per tot, així que cal acabar de perfilar la concavitat amb una fresa d'acabat cilíndrica.

#### Fase 50

Subjecció amb mordasses. Realitzar la concavitat amb  $37.8^\circ$  de separació. La part externa amb una fresa de forma. La part més interna de la concavitat amb una fresa cilíndrica d'acabat. En la figura 6.18 es pot observar el desbast realitzat.



Figura 6.18 Fase 40 de la peça 4

Comentari: Es repeteix la mateixa metodologia i lògica del procés de la fase anterior.

#### Fase 60

Subjecció amb mordasses per la part inferior de la peça. Realitzar amb una fresa cilíndrica d'acabat el contorn rectilini amb un R3 mm mitjançant la rotació de la subjecció. A continuació, en la figura 6.19, es pot observar el contorn realitzat.

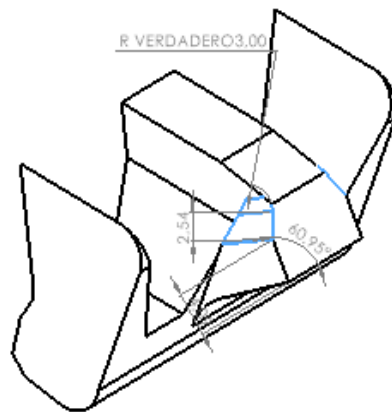


Figura 6.19 Fase 60 de la peça 4

### Fase 70

Subjecció amb mordasses Realitzar trepatge de  $\varnothing 5 \text{ mm} \times 34 \text{ mm}$ . En la figura 6.20 es pot observar el resultat del trepatge.

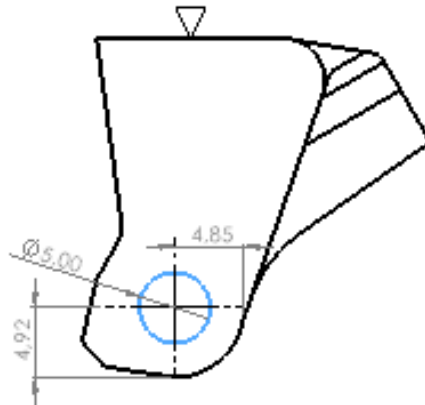


Figura 6.20 Fase 60 de la peça 4

Comentari: el trepatge no té acabat, ja que en els plànols no s'indica. Es farà l'eix (peça 6), amb molta més precisió, pel fet que en un joc de forat eix és més simple perfilar l'eix que el forat.

### Fase 80

Subjecció amb mordasses. Realitzar ranura de 4mm de gruix mitjançant una fresa de disc. En la figura 6.21 es pot observar la ranura realitzada.

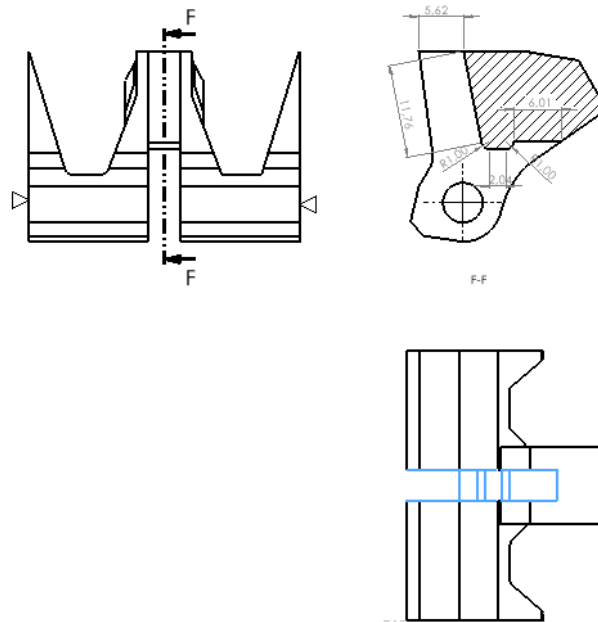


Figura 6.21 Fase 80 de la peça 4

Comentari: La eina utilitzada té l'espessor de 4 mm. Tot i que al fer la passada per disc pot suposar que la part rectilínia de 6.01 no es pogué realitzar, no es cap problema ja que en la següent fase serà eliminada.

### Fase 90

Subjecció amb mordasses. Realitzar concavitat amb una fresa cilíndrica frontal.

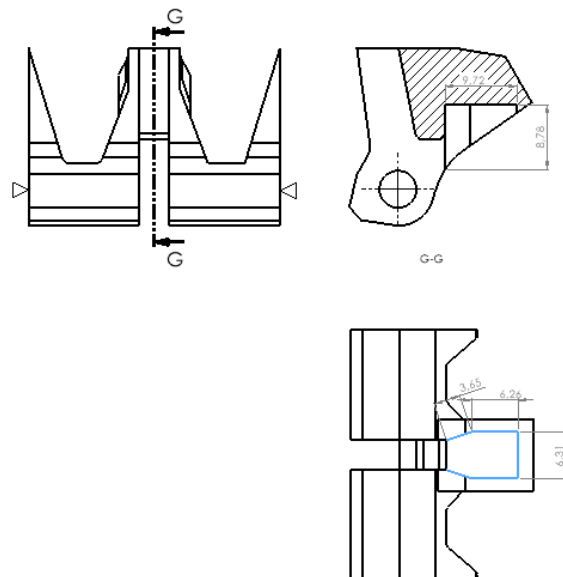


Figura 6.22 Fase 90 de la peça 4

Finalment, les eines a utilitzar serien

- DIN844NR, Fresa pel desbast
- DIN6528, fresa per l'acabat
- 2 Freses de forma. Una per la fase 40 i una altra per la fase 50
- DIN338N, Broca de Ø 5mm
- DIN885A, Fresa de disc.

Per acabar el temps total per produir una unitat de peça 4 és de 261.57 segons

Aquest temps, com es podrà observar més endavant, és el més elevat de tots, i té sentit, ja que es tracta de la peça més complexa de totes. En conseqüència, es preveu que, algun dels processos per fabricar aquesta peça, poden suposar el coll d'ampolla de la fabricació del producte, fet molt important a tenir en compte a l'hora de fer diferents seleccions.

#### **6.2.4. Peça 5**

Per la peça 5 s'utilitzarà un torn alimentat per barres de CNC a causa de la forma cilíndrica de la peça, aprofitant així que el torn ens pot proporcionar directament les barres amb les longituds desitjades. Les barres inicials tindran un Ø 13 mm. Les fases de fabricació seran dos:

##### Fase 10

Subjecció de la barra d'alumini amb garres dures. Trepatge de forat de 5 mm. Cilindrar (desbast) a Ø 12 x 7,5 mm. Costat oposat de les garres.

##### Fase20

Subjecció de la barra d'alumini amb garres dures (costat oposat). Cilindrar (desbast) a Ø 12 x 7,5 mm.

No hi ha acabat, ja que no s'indica al producte que sigui necessari i la peça no forma part de cap sistema eix-forat.

Les eines a utilitzar serien:

- ISO1 DIN4971 pel desbast. Proveïdor: Izar cutting tools.



- Broca de Ø 5 mm. Proveïdor: Izar cutting tools.

Com a resultat, el temps total per produir una unitat de peça 5 és de 15.86 segons

### **6.2.5. Peça 6**

Per la peça 6 s'utilitzarà un torn alimentat per barres de CNC a causa de la forma cilíndrica de la peça, aprofitant així que el torn ens pot proporcionar directament les barres amb les longituds desitjades. Les barres inicials tindran un Ø 6 mm. Les fases de fabricació seran dos:

#### Fase 10

Subjecció de la barra d'acer amb garres dures. Cilindrar (desbast) a Ø 5.2 x 21 mm. Cilindrar (acabat) a Ø 5.01 x 21. Cilindrar al costat oposat de les garres.

#### Fase 20

Subjecció de la barra d'acer amb toves. Cilindrar (desbast) a Ø 5.2 x 21 mm. Cilindrar (acabat) a Ø 5.01 x 21. Cilindrar al costat oposat de la fase 10.

Les eines a utilitzar serien:

- ISO1 DIN4972 per l'acabat.
- ISO10 DIN4975 per el desbast.

En conclusió, el temps total per produir una unitat de peça 6 és de 32.84 segons

## **6.3. Selecció de màquines**

En aquest apartat, es busca determinar totes les màquines necessàries per dur a terme tota la secció. En la memòria es mostra i s'explica el motiu de selecció, justificat amb les especificacions tècniques de cada màquina. Així i tot, les especificacions només seran nombrades, si es desitja consultar exactament aquestes, en l'Annex I es pot trobar un abstracte de totes.

### **6.3.1. Màquines de fabricació.**

En aquest punt es determinarà totes les màquines necessàries per dur a terme les diferents fases esmentades en els fulls de ruta anteriors. Les màquines principals serien la màquina de tall per làser, plegadora, fresadora i torn.

Les especificacions tècniques de cada màquina serien:

Tall per làser: Potència capaç de tallar una xapa d'alumini de 4 mm de gruix

Plegadora: capaç d'aplicar un pes (tones) necessari per fer el plec

Fresadora: potència necessària per dur a terme la fase més exigent.

Tron: torn alimentat per barra amb la potència necessària per dur a terme la fase més exigent.

### Tall per làser

Respecte al tall per làser, s'ha decidit en el punt anterior, ja que era totalment necessari per saber la velocitat de tall. El procés de selecció ha estat el següent. Primer s'ha decidit que el tall serà per làser IPG, preferida pels clients europeus. En la fitxa tècnica, s'ha cercat les propietats del tall per làser IPG, on es pot observar en els annexes i fulles de ruta com la potència mínima de tall per una xapa d'alumini de gruix 4 mm és de 1500 W.

Una vegada seleccionat el làser i la potència mínima, s'ha buscat una màquina de tall per làser que compleixi amb les especificacions. El model UFL de ADH Machine té un tall per làser IPG i pot proporcionar de 1000 W a 20000 W. S'ha seleccionat aquest model, ja que era el més bàsic, i per tant el més econòmic, perquè la funció a realitzar no requereix cap mena de tractament a realitzar fora del convencional. El model seleccionat, permet fer peces a partir de xapes de 3 m x 1,5 m.

### Plegadora

Per seleccionar una plegadora, s'ha de tenir en compte la força (en tones) necessàries per dur a terme el plec. La xapa en qüestió en una d'alumini de 4 mm de gruix.

La fórmula per saber les tones necessàries per dur a terme el plec es pot observar a continuació en la figura 6.23.

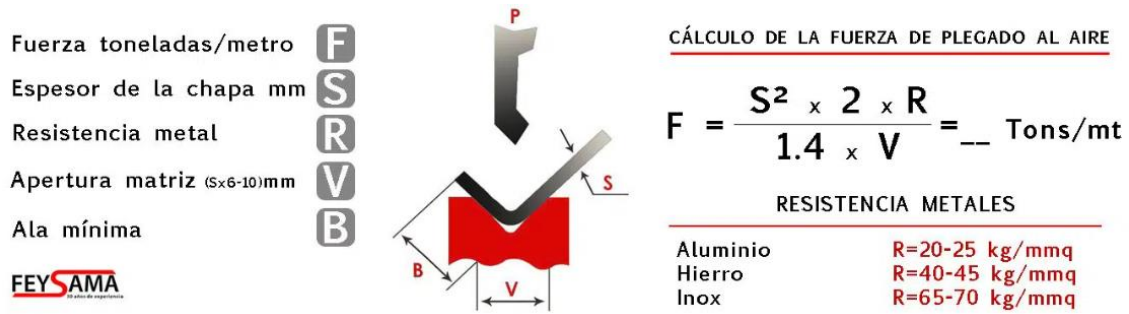


Figura 6.23 Càlcul de la força de plec. [17]

Utilitzant la fórmula de la figura anterior, es pot saber la resistència aproximada del metall (alumini), és a dir 25 Kg/mm, i el gruix de la xapa és de 4 mm aproximadament. Per saber l'obertura de la matriu es mesura al sòlid Works. A continuació, en la figura 6.24, es pot observar tota la informació necessària:

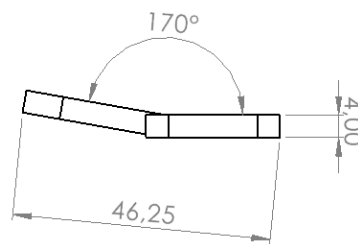


Figura 6.24 Mesures necessàries per el càlcul de la força del plec

A partir de les imatges anteriors s'extreu la força de plec.

El plec fa 28 mm de distància, on la força a fer és de:

$$F = 12.35 \frac{Tn}{m} \cdot 0,028m = 0.3 Tn$$

Com es pot observar, la força de plec és molt petita, i per tant es busca que la màquina seleccionada estigui el menys sobredimensionat possible.

Com a resultat de l'estudi anterior, s'ha escollit una premsa amb l'opció de plegadora en comptes d'una plegadora convencional, ja que, en ser forces tan petites, els rangs de forces de les plegadores convencionals no eren suficients baix. El model seleccionat ha estat el PP200 de Preada Nargesa SL [18], distribuïdor nacional de màquines industrials. A continuació, en la figura 6.25, es pot veure el model seleccionat, que també es pot apreciar com pot realitzar la funció de plegat.

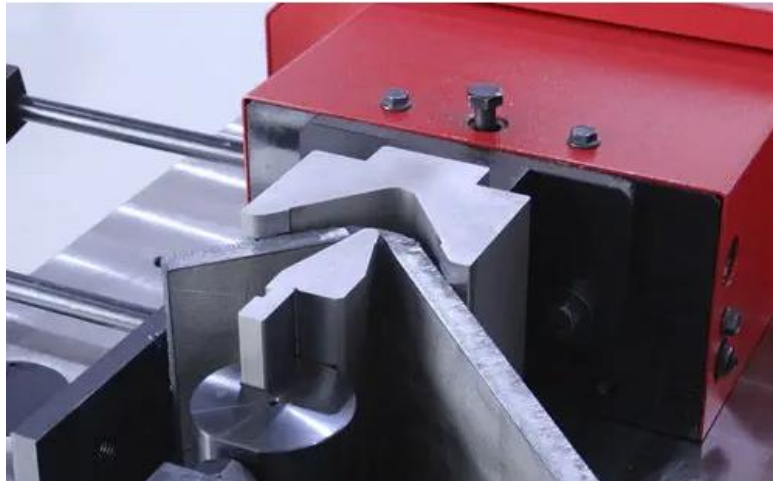


Figura 6. 25 Funció de plegadora de la premsa PP200 [18]

Aquest model es tracta d'una premsa electrohidràulica que funciona amb un sistema de comandament CNC d'alta precisió. Les seves dimensions fan que sigui compacta i gràcies a la capacitat de ser automàtica encaixa perfectament amb el model de fàbrica dissenyat. La força de plec va de 0 kN a 200 kN i la longitud de plec pot arribar fins a 150 mm, tots dos aspectes més que suficients, ja que la força que es necessita és de 0,3 Tn (2, 942 kN) i la longitud de plec és de 28 mm.

### Fresadora

A l'hora de seleccionar la fresadora, s'ha tingut en compte la potència mínima necessària per produir la peça 4. En l'Annex III, que tracta sobre els fulls de ruta, es pot consultar la potència calculada de cada fase de la peça 4 i decidir la potència màxima requerida, que, en aquest cas és la fase 10, la fase de desbast, amb una potència de 19,07 kW.

La fresadora seleccionada ha estat el model iB-2000 G de AVEMAX [19]. Es tracta d'una fresadora CNC de 3 eixos amb un espai de treball de 2000 x 900 x 800 mm i pot treballar amb una càrrega màxima de 2.200 kg i capaç de treball mitjançant PLC. A més a més, té una potència màxima de 20 kW. Amb aquestes característiques compleix més que suficient, ja que la matèria primera és de 27 x 28 x 34 mm amb un pes de 200 grams aproximadament i la potència màxima puntual és de 19,07 kW, tot i que com es pot observar en els fulls de ruta, acostuma a ser molt menor, i per tant no anirà sempre a màxima potència, només en el cas puntual de la fase 10. Per acabar, cal esmentar que és

sistema de 3 eixos és suficient per dur a terme la peça, ja que cada fase s'ha dissenyat pensant en aquestes condicions. En la figura 3.26 es pot veure la fresadora seleccionada.



Figura 3.26 Fresadora iB-2000G de AVEMAX [19]

### Torn

A l'hora de seleccionar el torn, s'ha tingut en compte la potència mínima necessària per produir qualsevol peça que requereixi aquesta màquina. En l'Annex III, que tracta respecte als fulls de ruta, es pot consultar la potència calculada de cada fase de les diferents peces i decidir la potència màxima requerida, que en aquest cas és la peça 5 en les fases 10 i 20 amb una potència de 5,41 kW. El torn seleccionat ha estat la sèrie TTS de CMZ [20], un torn de capçal fix per a decolletatge i treball en barra. A continuació, en la figura 6.27 es pot observar el torn i una breu descripció seva.



### **SERIE TTS**

#### TORNOS DE CABEZAL FIJO PARA DECOLETAJE

Este torno de cabezal fijo completa la gama TT. Es la versión reducida del TTL. Está pensado para el decoletaje de piezas pequeñas y compite con los tornos de cabezal móvil.

Figura 6.27 Torn TTS de CMZ: torn de capçal fix per a decoletatge i treball en barra.

[20]

És un centre de torneigament CNC alimentat per barra que arriba a una potència de 17 kW en els capçals i pot operar amb barres de diàmetres de 120 mm o inferiors. Al ser dissenyat pel decoletatge i torneigat de peces petites, és el més adient per dur a terme la funció que es busca, la fabricació de les peces 5 i 6. Finalment, s'especifica que pot operar amb més d'una eina alhora si és que la subjecció i l'àrea de treball de la fase ho permet.

### **6.3.2. Selecció de màquines: Aspectes a tenir en compte**

A partir de les màquines seleccionades, s'han de tenir en compte diferents aspectes per poder dur a terme l'optimització de costos. Les peces 1, 2 i 3 comparteixen el fet que una de les seves fases de producció és mitjançant el tall per làser, i, com la màquina seleccionada permet operar en gran àrea, per tal d'estalviar temps a l'hora de posar la matèria primera i retirar les peces, és més eficient fer més d'una peça cada vegada que el làser es posi a treballar. Per altra banda, en fer més d'una peça, si es distribueix de manera intel·ligent entre les peces, es pot arribar a aprofitar més la xapa de metall, estalviant costos econòmics. A continuació, en la figura 6.28, es pot observar l'orientació i distribució per dues unitats de peces 1, 2 i 3, amb una diferència d'espai entre elles de com a mínim 3 mm i ocupant una àrea total de 109,4 x 59,95 mm.

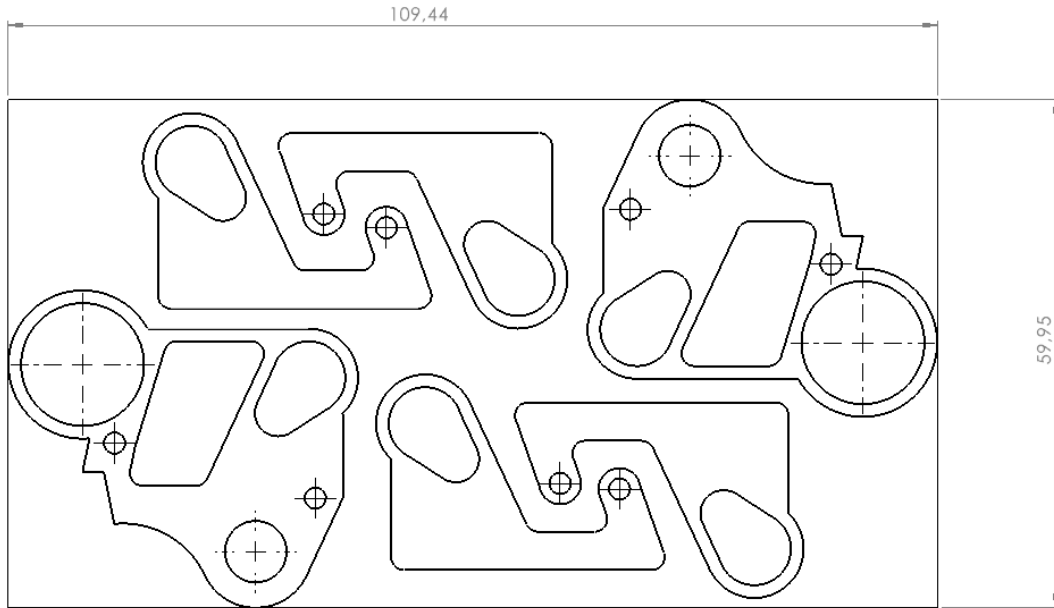


Figura 6.28 Orientació i distribució de les peces per el tall per làser.

Per acabar respecte a la distribució de les peces, esmentar que entre patrons s'hauria de deixar com a mínim una distància de 3 mm tant d'alçada com de llargada fent així que l'àrea real sigui de 111 x 62 mm per dues unitats de cada peça. Tenint en compte que el model de la màquina de tall per làser de dimensió més petita pot arribar a tractar xapes de 3000 x 1500 mm, per poder facilitar el transport de la xapa, es decideix que la mida de la xapa sigui la meitat del màxim, és a dir, de 1500 x 750 mm. Seguit, es calcula el producte de dues divisions senzilles, per veure quants patrons s'hi poden fer, dividint l'amplada màxima de la xapa per l'amplada del patró i la llargada màxima de la xapa per la llargada del patró.

$$\frac{1500 \text{ mm}}{111 \text{ mm}} \cdot \frac{750 \text{ mm}}{62 \text{ mm}} \approx 13 \times 12 \approx 156 \text{ unitats del patró}$$

$$= 312 \text{ unitats de cada peça}$$

La peça 4 anirà unitat per unitat, i per tant no hi ha cap càlcul a fer.

Les peces 5 i 6, es realitzaran amb el mateix model de torn, que, per fer que les unitats per cada barra que s'incorpori quadri amb les unitats de sortida de les peces 5 i 6. En conseqüència, es compraran barres d'Acer 1.6773 (material de la peça 6) d'un metre, i, sabent que les peces 6 mesuren 42 mm, es pot saber el nombre de peces que hi surten per barra:

$$\frac{1000 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} \approx 23 \text{ unitats de peça 6}$$

Així doncs, també han de sortir 23 unitats de peces 5, per així mantenir l'equilibri en la producció i no tenir estoc de més. Com la peça 5 mesura 15 mm de llarg, les barres han de ser de 15 mm x 23 de llargada, és a dir, de 345 mm. Així i tot, a l'hora de realitzar els talls entre barres es perden mil·límetres, així que el més adient és una barra de 360 mm de llarg de AW-7075-T6.

## 6.4. Muntatge del producte

Una vegada ja definit com es realitzaran les diferents peces, és necessari realitzar el sistema de muntatge, que serà automàtic. Primer es determinarà l'ordre de muntatge i seguit com es pot dur a terme la manipulació de peces per ser muntades.

### 6.4.1. Anàlisi de les peces per el seu muntatge.

A partir de l'assemblatge fet anteriorment, es poden dividir les peces en tres classes diferents, les peces que formen el cos principal, les d'unió i les de suport. Dins del grup de peces que formen el cos principal, es troben les peces 1 i 4. Les peces 5 i 6 s'encarreguen fer la unió entre la resta de peces. L'últim grup, les peces de suport que donen robustesa i forma al producte està format per les peces 2 i 3. En la següent taula 6.1 es pot comprendre millor aquesta anàlisi.

| Número de peça | Grup          | Funció  |
|----------------|---------------|---|
| 1              | Cos principal | Són les peces principals i les més importants, totes les peces depenen d'aquest conjunt |
| 4              |               |   |
| 5              | Unió          | Uneixen totes les peces. La peça 6 influencia totes les peces.                          |
| 6              |               |   |
| 2              | Suport        | Donen robustesa i forma a l'estructura final del producte.                              |
| 3              |               |   |

Taula 6.1 Classificació de les peces per el seu muntatge

Mitjançant l'anàlisi anterior, es pot dir que les peces de suport seran les finals, ja que un cop que s'incorporin les dues peces de suport, per la forma del producte, no es pot incorporar cap peça més. Per tant, aquestes peces seran les últimes a ser incorporades. Tampoc té molt sentit començar a realitzar el muntatge per una peça d'unió. Per eliminació



la peça principal que s'hi situï al palet inicial per anar-hi incorporant peces ha de ser una que formi cos principal.

Analitzant les dues peces que poden anar subjectades al palet, la peça 1 és molt més gran i té una geometria molt més simple que la peça 4, que és molt més petita i la seva forma és més complexa.

Un cop decidida la peça principal per on es començarà el muntatge, s'ha de decidir l'orientació i la subjecció d'aquesta. Per poder incorporar totes les peces de la manera més senzilla, una orientació natural de la peça és el més adient. Per natural, es refereix a tal com bé donat en el plànol i com queda en el producte final. Per poder dur a terme la subjecció, la peça 1 és molt fina i plana, fet que ajuda a ser subjectada amb una pinça de dos dits plans. En les figures 6.29 i 6.30 de continuació, es pot apreciar l'àrea d'aplicació de les pinces i un model similar les pinces que es poden utilitzar per a la subjecció.



Figura 6.29 Pinces de dos dits amb les terminacions de subjecció planes [21]

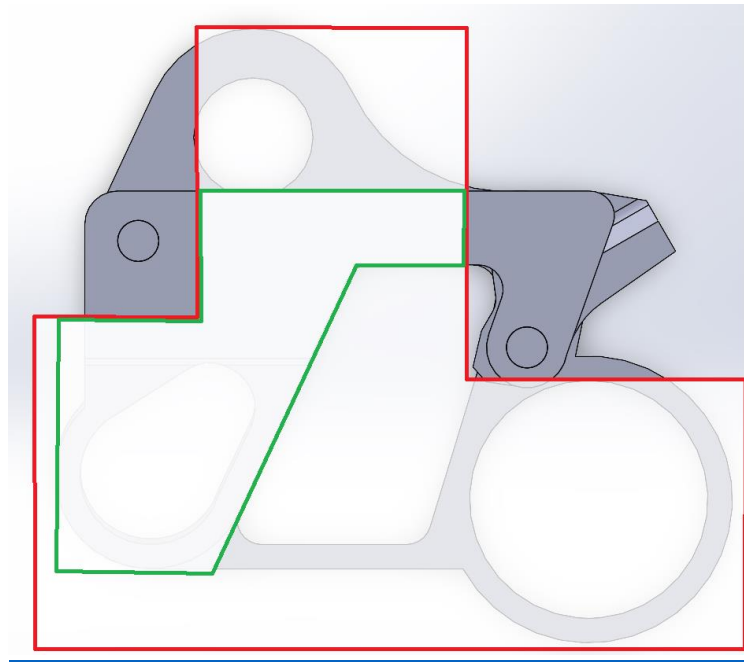


Figura 6.30 Àrea de subjecció de la peça 1. En vermell l'àrea total, en verd d'àrea de subjecció que depèn del forat entre les peces 1-2 i 1-3.

Tal com s'ha pogut observar en la figura anterior, l'àrea de subjecció és molt gran tot i que una part d'aquesta depèn de la distància entre les peces 1-2 i 1-3 respectivament. En conseqüència, els dits de subjecció han de respectar com a mínim la distància de 10,63 mm. A continuació, en la següent figura 6.31 es mostra la distància mínima.

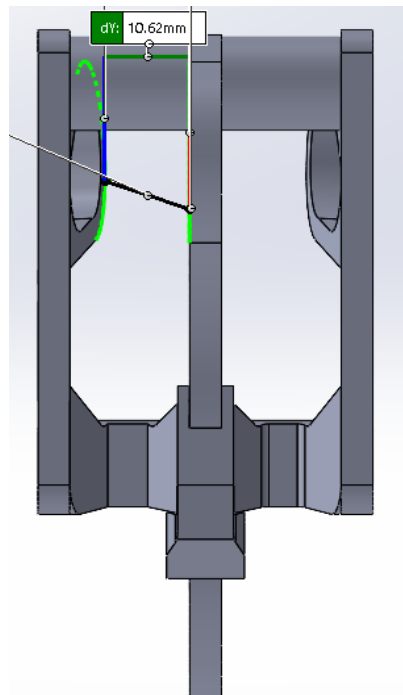


Figura 6.31 Distància entre les peces 1 i 2: 10.62 mm

Resumint, la peça inicial al palet de muntatge serà la peça 1, subjectada per un sistema de dos dits dissenyats a partir de les propietats anteriorment. La peça 4 ha de ser incorporada en les primeres estacions de treball i les últimes peces a incorporar han de ser les 2 i 3 respectivament.

#### 6.4.2. Ordre de muntatge.

En el punt anterior s'ha pogut comprendre millor les funcions respecte al muntatge de les diferents peces. Sabent que es començarà per la peça 1 i s'ha d'incorporar la resta de peces, es fa una anàlisi d'aquesta primera. Cal esmentar que s'ha entès que totes les peces s'uneixen per compressió amb un sistema eix-forat, ja que en la memòria original del producte no s'esmenta tot i que es pot arribar a aquesta deducció.

Començant per la peça 1, les peces relacionades amb aquesta són les peces 4 i 6, és a dir, el passador i les ranures en v. El cos principal, té dos forats per on passen dos passadors diferents, un d'ells independent de la resta de peces, però l'altre depèn de la peça 4, ja que si s'incorpora abans els passadors que la peça 4 aquesta última no es pot afegir a l'assemblatge. Així doncs, pensant a facilitar i optimitzar la logística interna de transport de les peces, incloure la peça 4 en comptes de començar amb les peces 6 faria el sistema més fàcil. Si es comencés per les peces 6, només es podria afegir una, continuar amb el muntatge de la resta de peces, i incorporar l'altra peça 6, havent de fer dues estacions diferents per la mateixa peça. Amb la figura 6.32 es pot comprendre millor la incorporació de la peça 4.

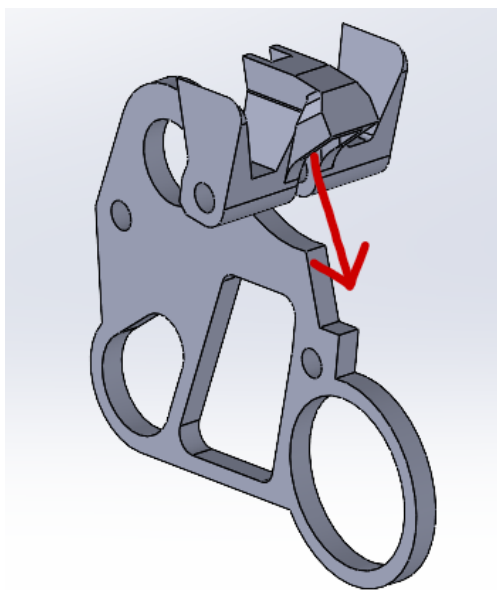


Figura 6.32 Incorporació de la peça 4 al assemblatge

Amb les peces 1 i 4 unides, el cos i les ranures en v, l'única peça relacionada amb aquestes dos és la peça número 6, els passadors. Així doncs, El següent pas és incloure tots dos passadors, començant pel passador que acaba d'unir les peces 1 i 4 per donar en cada mes robustesa. Els passadors s'incorporen tal i com es mostra en la figura 6.33.

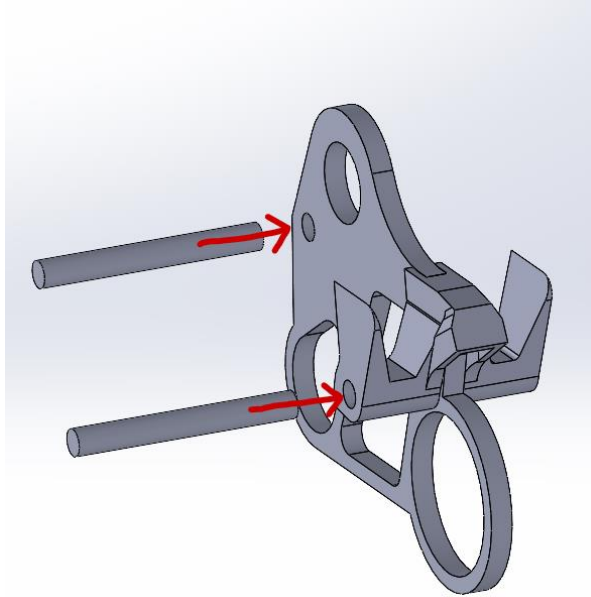


Figura 6.33 Incorporació de les peces 6 al assemblatge

Una vegada incorporats els passadors, només queden 3 peces, les dues parets (peces 2 i 3), i els dos casquets (peça 5). Analitzant l'assemblatge, es pot veure que les dues peces 5 no es poden incorporar si una de les parets ja forma part de l'assemblatge. Per eliminació, s'ha d'incorporar les dues peces 5, tal i com es mostra en la figura 6.34.

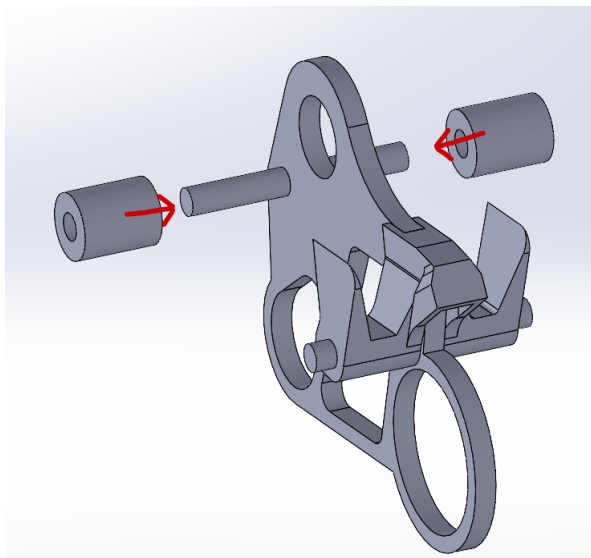


Figura 6.34 Incorporació de les peces 5 al assemblatge

Ja només queda incorporar les peces 2 i 3, que són les parets dretes i esquerres. Per acabar de definir l'ordre, s'incorpora primer la peça 2 i després la 3, tot i que l'ordre pot ser totalment intercanviable. A continuació, en la figura 6.35, es mostra com quedaria el conjunt.

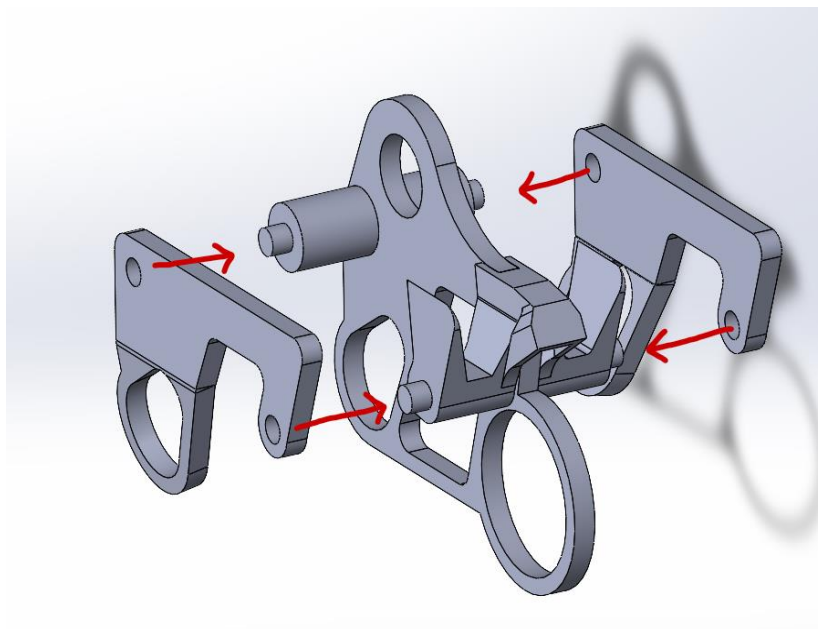


Figura 6.35 Incorporació de les peces 2 i 3

### 6.4.3. Lay-Out del muntatge.

Una vegada ja definida l'ordre de muntatge, s'ha de definir les diferents estacions per saber el seu número. A partir del número es decidirà un Lay-Out.

La primera estació de treball incorporarà la peça 4 en la peça 1 que ja hi serà al palet. La segona estació incorporarà les dues unitats de peces 6, seguint l'ordre ja esmentat. Seguint, és necessari una estació de treball per les dues unitats de peça 5. Seran necessàries dues estacions finals, una per la peça 2 i l'altre per la peça 3. Així doncs, en total sortiran 5 estacions. Gràcies a l'anàlisi feta per decidir l'orientació inicial de la peça 1, no cal afegir cap estació extra per reorientar el palet o el conjunt de peces.

Gràcies a l'ordre de muntatge establert, permet que totes les peces d'un tipus estiguin juntes, facilitant el seu emmagatzematge. També, en cada etapa diferent de muntatge només es tracta amb un tipus de peça. En conseqüència, tenint en compte els dos aspectes anteriors, es decideix que en cada estació de treball hi hagi una caixa per poder guardar les peces que es tractin en l'estació, fent la funció d'un petit sistema d'emmagatzematge.

Per finalitzar, les peces s'orientaran i s'incorporaran amb un sistema de visió per ordinador avançada que permet reconèixer l'orientació de la peça dins la caixa d'emmagatzematge. Un braç robòtic s'encarrega d'orientar la peça i incorporar-la a l'assemblatge principal, tal i com es pot observar en la figura 6.36. [8]



Figura 6.36 Exemple d'emmagatzematge de les peces amb una caixa que incorpora visió per ordinador que permet orientar i treballar amb les peces. [8]

Com ja està definit tot el sistema de muntatge, cal acabar de decidir el Lay-Out. Com es busca flexibilitat, es decideix realitzar un sistema lineal. Dins dels sistemes lineals hi ha tres models principals, ja explicats en els antecedents. Evidentment, el Lay-Out amb retorn i línies paral·leles no té cap sentit, ja que és per canviar l'orientació del palet, fet que no és necessari tal com s'ha dissenyat el muntatge. Per tant, ens queden dues possibilitats, el Lay-Out de línia unidireccional i el Lay-Out tancat amb retorn en forma de carrusel. En el primer cas, unidireccional, s'estalvia espai i és el més adaptable a canvis, tot i que com a desavantatge té que el retorn, que es fa per sota de la línia d'anada, no s'aprofita. En el segon cas, en forma de carrusel, permet aprofitar pràcticament tot l'espai del recorregut del palet, tot i que té com a desavantatge el fet d'ocupar una més espai que el model unidireccional, encara més si no es pot aprofitar la part interna per les dimensions dels robots. Buscant el que millor s'adapta al nostre sistema de muntatge i l'òptim, es decideix que el Lay-Out sigui un unidireccional. A continuació, en la figura 6.37, es pot veure millor com seria el Lay-Out, amb les seves estacions de treball i la peça que incorporen al palet.[8]

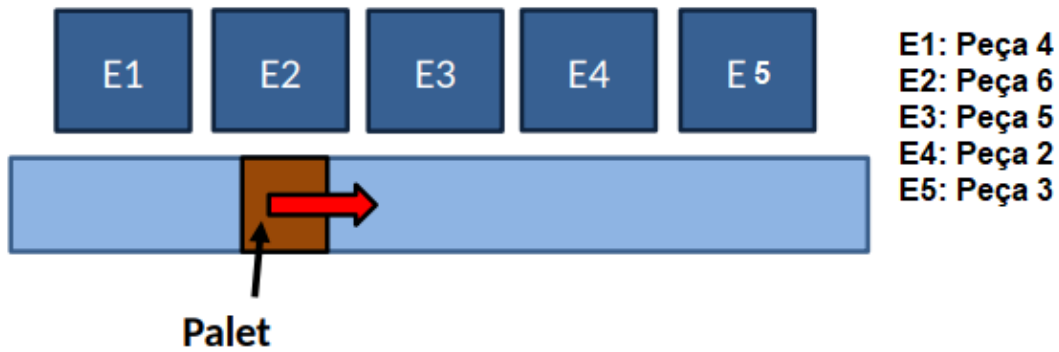


Figura 6.37 Esquema del Lay-Out unidireccional utilitzat amb les estacions de treball

[8]

## 6.5. Selecció dels elements d'automatització

Aquest apartat forma part del volum II referent a l'automatització. En aquest mateix, es poden consultar les especificacions tècniques extretes dels catàlegs dels diferents dispositius l'annex I. En conseqüència, es farà una llista dels aspectes més rellevants del capítol 6.2 del segon volum:

- El sistema de transport de la matèria primera i les peces és mitjançant unes cintes de transport convencionals d'1 a 5 metres.
- Per poder dur a terme desviacions de 90° s'utilitzaran braços desviadors incorporats en les cintes.
- La cinta de muntatge poden mesurar fins a 15 metres i porten incorporades ja els palets.
- Els sensors utilitzats són inductius amb un rang de detecció de 40 mm. En el seu catàleg indiquen que són comunament utilitzats per detectar palets. Té dues versions, una PNP i una altra NPN.
- La planxa del tall per làser és portada per un robot AGV dissenyat per transportar palets.
- Les peces del tall per làser seran recollides per un robot delta.
- Els braços articulats tenen 4 graus de llibertat, suporten el pes de tot el producte i portaran incorporat en el seu extrem unes pinces i càmeres per tractar les peces.

## 6.6. Distribució en planta.

### 6.6.1. Primera aproximació del temps de cicle

Per poder definir el nombre de màquines, primer de tot s'ha d'analitzar el temps que triga cada màquina per produir una unitat de peça i el temps total pel muntatge del producte final. Això es farà per assegurar que les hipòtesis que aquelles màquines que treballen amb més d'una peça, no estiguin fent de coll d'ampolla. En el cas que les màquines que fabriquen més d'una peça estan molt saturades, es tindrà en consideració posar-ne més. Per exemple, la plegadora treballa amb les peces 2 i 3, així que en cas que sigui necessari, es pot posar dues plegadores, una per a cada peça. Com encara no s'ha fet el disseny de la planta, es pren com a negligible el temps de transport de les peces per la cinta, ja que se suposarà que totes estan a la mateixa distància. El que sí que es tindrà en compte serà els robots manipuladors de peces i matèria primera. A continuació, es mostrarà les consideracions preses pel braç articulat, perquè és el que més us tindrà. La del robot delta o AGV es faran en les seves peces corresponents, ja que només tenen un ús.

Els robots articulats seleccionats tenen un abast de 750 mm, que, suposant que recullen la peça amb el seu abast màxim i la traslladen 90 °C per introduir-la en les màquines, també situades a abast màxim, la trajectòria de la punta de l'eina és aproximadament la hipotenusa del triangle que es forma, que és d'1 metre aproximadament. En la figura de continuació, la figura 6.38, es pot comprendre millor la trajectòria esmentada.

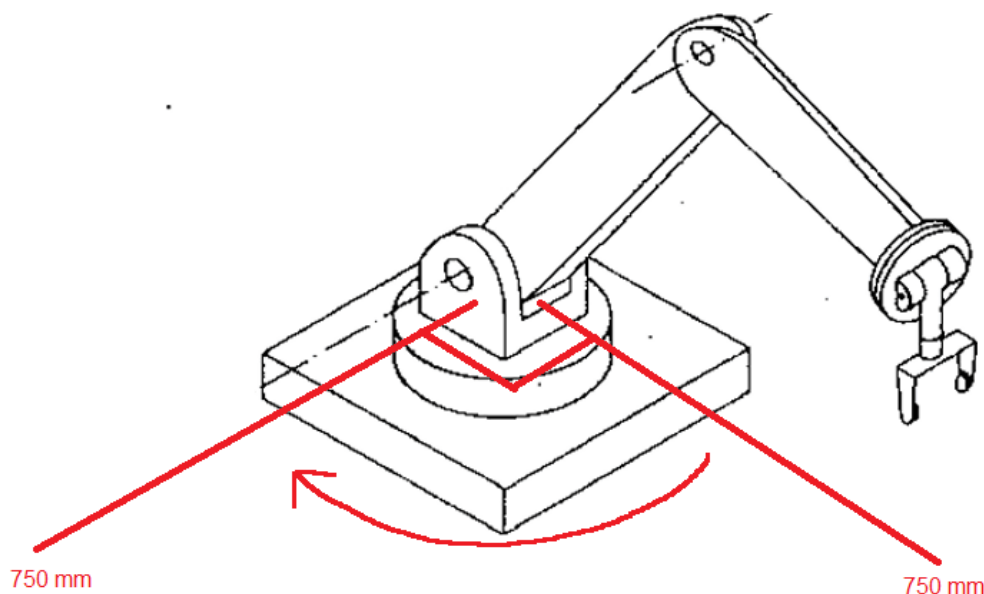


Figura 6.38 Esquema simbòlic de la trajectòria del robot



Sabent que el braç té una velocitat de 0,2 m/s, cada vegada manipuli una peça trigarà aproximadament 5 segons.

S'analitzaran les peces que es realitzen per tall per làser. Se sap que hi surten 312 unitats de cada peça cada vegada que s'utilitza la màquina. Tenint en compte només el tall per làser de cada peça, on la peça 1 triga 7,05 segons i les peces 2 i 3 5,15 segons cada una, el temps total per tallar com a mínim una unitat de cada peça és de 17,35 segons. Fent el producte entre les unitats que surten pel temps per a una unitat de cada ens dona quant triga a tallar les 312 peces, que és 5413,2 segons, és a dir 90,22 minuts, aproximadament una hora i mitja. Per acabar, s'ha de tenir en compte que deixar la planxa triga uns 3 segons i el robot delta pot recollir les peces un cop tallades amb una velocitat de 140 recollides per minut, que en aquest cas trigarà  $312/140=2,29$  minuts. Tenint en compte totes les consideracions esmentades anteriorment, es triga aproximadament 92,95 minuts a fabricar 312 unitats de peces 1. Les peces 2 i 3, però, s'ha de tenir en compte que també passen per la plegadora, on el temps de plec és de 4 segons i la incorporació i extracció de la peça és de 10 s. Suposant que primer es fa el plec de la peça 2 i després el plec de la peça 3, sortiria una peça cada 24 segons. Per tant, el temps per plegar les 312 unitats de cada una de les peces és de 7488 segons, 124. 8 minuts. Resumint, la peça 1 triga 92,25 minuts a sortir 312 unitats i les peces 2 i 3 triguen 217,05 minuts a sortir 312 unitats.

La peça 4, com ja s'ha vist anteriorment, és la més complexa i la que més es triga per tallar una unitat d'aquesta es triga 4 minuts amb 21,5 segons. A això cal afegir 10 segons per la introducció i extracció de la peça de la màquina CNC mitjançant el braç robòtic, quedant així un temps de 4 minuts amb 31,5 segons. Per poder fer-ho més fàcil i poder-ho comparar amb la resta de màquines, cada 200 minuts, surten aproximadament 44 peces.

Les peces 5 i 6 es faran per torn, on surten 23 unitats una i després 23 unitats de l'altre. Per la peça 5, el seu temps de tall és de 15,86 segons per una unitat, que tenint en compte el braç robòtic i que hi són 23 unitats queda 374,78 segons per 23 unitats. Per la peça 6, el seu temps de tall per una unitat és de 32,84 segons, que, fent el mateix raonament anterior, queda 765,32 segons per 23 unitats. En resum, per 23 unitats de les dues peces es triguen 1140,1 segons, és a dir 19 minuts. En conseqüència, cada 200 minuts del tron treballant, surten aproximadament 242 peces.

Respecte al muntatge, hi ha 5 estacions, totes molt similars on s'incorpora una peça per compressió. Suposant que entre estacions hi ha 1 segon, que en cada estació es triga 5 segons per incorporar una peça i que hi ha dues estacions que incorporen dos peces, tot i que siguin del mateix model queda el temps total de 40 segons. ( $1 \cdot 5 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 2$  segons). Aquest temps, comparant amb l'anterior, és molt perit i, per tant, no influenciarà.

Així doncs, fet l'anàlisi anterior, és confirmar la hipòtesi que s'ha fet a l'inici de si utilitzar una màquina per fer més d'una peça pot enrederir tot el procés, sent en aquest cas negatiu, ja que totes les màquines que fabriquen més d'una peça tenen un temps inferior a la fresadora, màquina exclusiva de la peça 4. Per finalitzar amb aquest apartat, esmentar que no es tracta d'un estudi en profunditat del temps de cicle. Aquest punt tenia com a objectiu fer una aproximació per, a l'hora de fer la distribució en planta, posar el nombre correcte de màquines.

### 6.6.2. Machines-Components Matrix (MCM)

Una vegada que ja se sap el nombre de màquines que es tindran, caldrà fer una Machine component Matrix.

La Machines components matrix és un mètode matricial per l'agrupació de peces en cèl·lules, que serveix per detectar les diferents famílies de les màquines amb relació a les peces. Per dur a terme aquest procés, bàsicament s'assigna un valor múltiple de 2 a la màquina, se sumen tots els valors en relació amb les peces que la utilitzin i s'ordenen en funció dels valors més petits a més alts. Es repeteix el procés intercanviant els rols de les peces pel de les màquines i es va itinerant successivament fins que no hi hagi cap variació. A continuació, en les taules 6.2 i 6.3, es mostren els dos primers passos.

| Màq. \ Peces   | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | Màquines n*2 |
|----------------|---|----|----|---|---|---|--------------|
| Fresadora      |   |    |    | X |   |   | 2            |
| Tron           |   |    |    |   | X | X | 4            |
| Tall per làser | X | X  | X  |   |   |   | 8            |
| Premsa         |   | X  | X  |   |   |   | 16           |
| Wi             | 8 | 24 | 24 | 2 | 4 | 4 |              |
| Ordre          | 4 | 5  | 6  | 1 | 2 | 3 |              |

Taula 6.2 Primera Iteració, Ordre peces.

| Màq. \ Peces   | 4 | 5 | 6 | 1  | 2  | 3  | Wi  | Ordre |
|----------------|---|---|---|----|----|----|-----|-------|
| Fresadora      | X |   |   |    |    |    | 2   | 1     |
| Tron           |   | X | X |    |    |    | 12  | 2     |
| Tall per làser |   |   |   | X  | X  | X  | 112 | 4     |
| Premsa         |   |   |   |    | X  | X  | 96  | 3     |
| Peces n*2      | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |     |       |

Taula 6.3 Segona Iteració, Ordre màquines.

Igual que en els dos primers passos, s'ha anat itinerant fins a obtenir el resultat que es mostra en la taula 6.4, on el resultat ja no variava per més que es fessin diferents interaccions.

| Màq. \ Peces   | 4 | 5 | 6 | 1  | 2  | 3  | Màquines n*2 |
|----------------|---|---|---|----|----|----|--------------|
| Fresadora      | X |   |   |    |    |    | 2            |
| Tron           |   | X | X |    |    |    | 4            |
| Premsa         |   |   |   |    | X  | X  | 8            |
| Tall per làser |   |   |   | X  | X  | X  | 16           |
| Wi             | 2 | 4 | 4 | 16 | 24 | 24 |              |
| Ordre          | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  |              |

Taula 6.4 Última Iteració del MCM

Per acabar, en la taula 6.5 es pot observar les diferents famílies que s'han pogut trobar, les quals han estat:

Família 1: Peça4-Fresadora

Família 2: Peça5/6-Torn

Família 3: Peça 1/2/3-Làser/Premsa

| Màq. \ Peces   | 4 | 5 | 6 | 1  | 2  | 3  | Wi  | Ordre |
|----------------|---|---|---|----|----|----|-----|-------|
| Fresadora      | X |   |   |    |    |    | 2   | 1     |
| Tron           |   | X | X |    |    |    | 12  | 2     |
| Premsa         |   |   |   |    | X  | X  | 96  | 3     |
| Tall per làser |   |   |   | X  | X  | X  | 112 | 4     |
| Peces n*2      | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |     |       |

Taula 6.5 MCM: Les tres famílies finals

Així doncs, gràcies als resultats de la MCM, es pot determinar que a l'hora de fer la distribució en planta ha d'haver-hi tres espais diferents destinats a la producció, on cada un correspon a una família diferent.

### 6.6.3. Distribució en planta

A partir de tots els apartats anteriors, es distribueix en planta de les diferents màquines. El resultat final es pot apreciar el figura 6.39. El disseny no té representat el robot AGV ni el robot Delta, ni tampoc els sensors o actuadors. S'ha contemplat les diferents màquines i cintes que seran estàtiques. Inclou també els magatzems de matèria primera i de producte acabat. Cal esmentar que no s'especifica com arriben els productes per la cinta des del magatzem del projecte, ja que no entra dins de l'abast d'aquest projecte. L'AGV que porta les planxes metàl·liques a la talladora per làser no té un trajecte definit, perquè no se sap el recorregut per aquest motiu esmentat anteriorment. Les cintes que es veuen en la distribució en planta són cintes de transport de peces o matèria primera, l'única cinta que no és de transport de peces o matèria primera s'indica amb el nom de "cinta de palets de muntatge" que és la cinta on estan situats els palets per dur a terme el muntatge. Els quadrats representen les caixes on es deixaran les peces fetes per ser muntades. També cal esmentar que el disseny s'ha fet intentant deixar les màquines menys utilitzades a l'exterior, per si la fàbrica les vol aprofitar per fer altres peces en el seu temps de desús. Per aquest motiu, la fresadora es troba en l'interior, ja que és la màquina més demandada. També s'ha donat un espai entre màquines, per poder dur un manteniment més senzill.

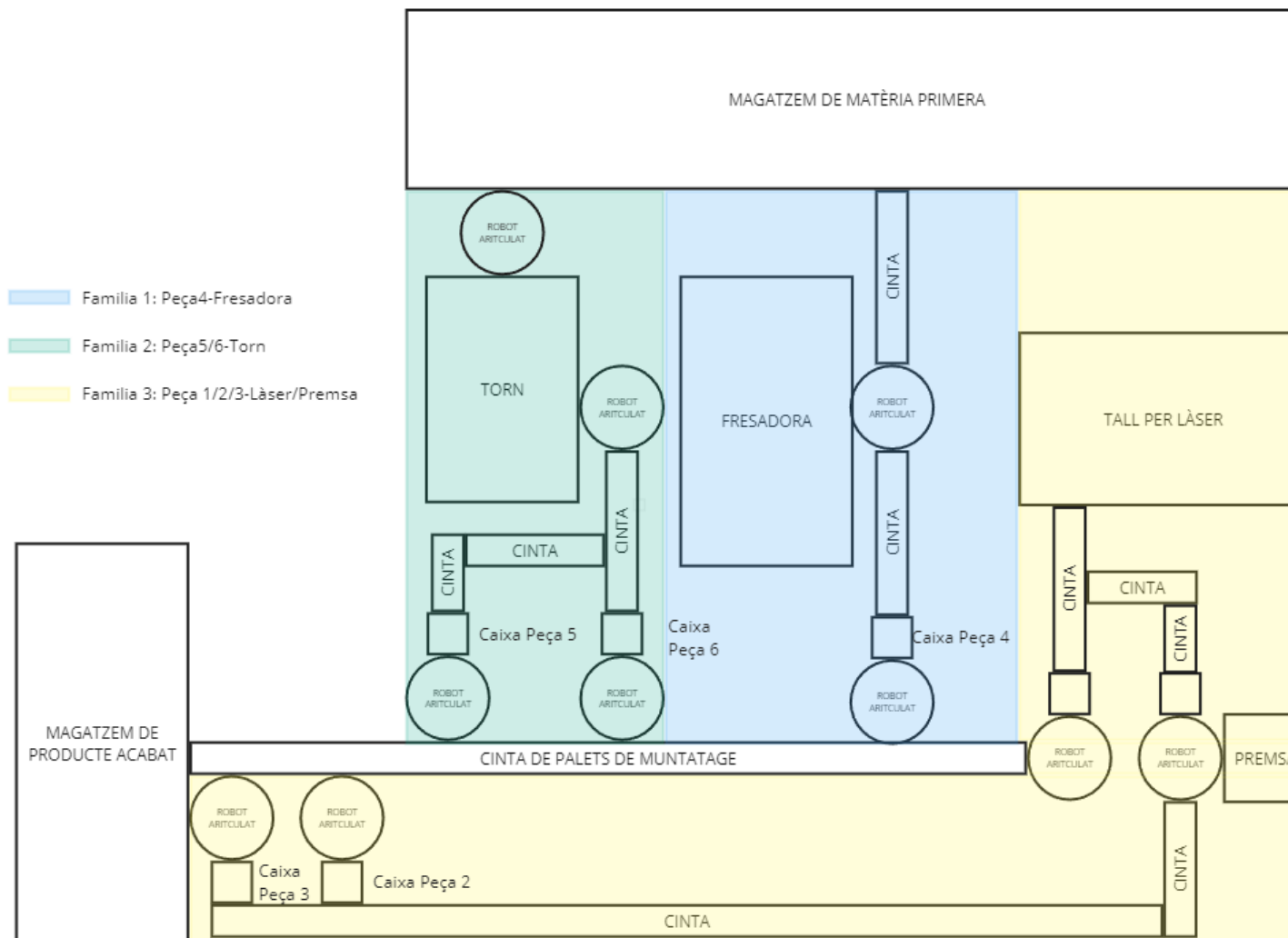


Figura 6.39 Distribució en planta

Una vegada ja vista la distribució en planta, s'explicarà cada secció d'aquesta pas a pas. Es començarà per la més senzilla, la família 1. En la família 1, destinada a fer la peça 4 amb la fresadora, entra la matèria primera per una cinta, és recollida per un braç robòtic, tractada per la fresadora i torna a ser recollida pel mateix braç robòtic que l'ha introduït. El braç deixa la peça en una cinta, que la dipositarà en una caixa per ser introduïda a la peça 1 en el muntatge. El conjunt de tot es pot observar en la figura 6.40.

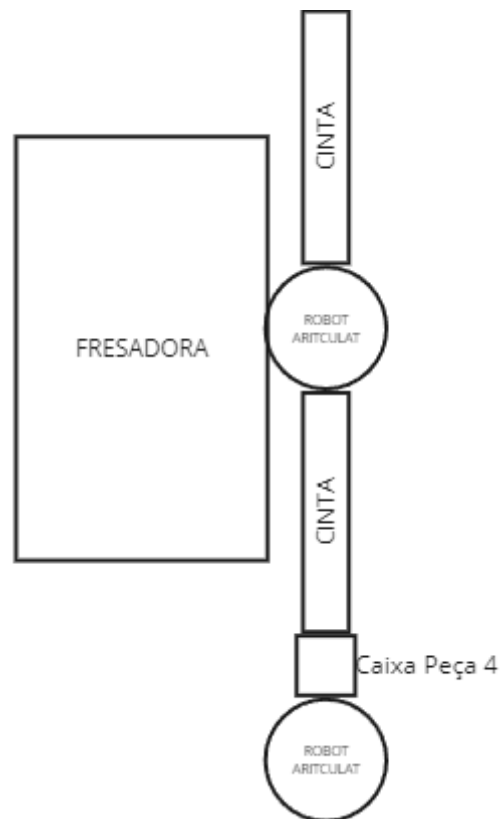


Figura 6.40 Distribució en planta de les peces de la Família 1

Per altra banda, la família 2 és una mica més complexa. En la família 2, destinada a fer la peça 5 i 6 per mitjà del torn, entra la diferent matèria primera al torn mitjançant un braç robòtic, ja que el torn és alimentat per barra, alternant les barres d'acer amb les d'alumini per anar fabricant peces 5 i 6 alternament. Un cop tractades les barres, les peces finals seran recollides per un braç robòtic i posades en una cinta. Com ja s'ha esmentat anteriorment, per cada barra introduïda surten 23 peces, i amb un comptador i sensors es comptaran 23 peces. Cada sis peces, un actuator d'un pistó simple canviarà el carril de les peces, per dipositar-les en la caixa de les peces 6 o la caixa de les peces 5. A continuació, en la figura 6.41, es pot apreciar millor la distribució de tot.

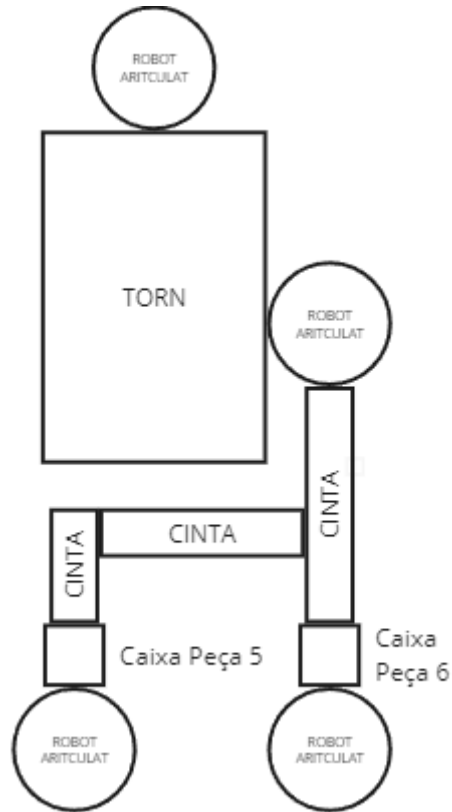


Figura 6.41 Distribució en planta de la família 2

La família 3 és la més complexa de totes. Està destinada a fer la peça 1, 2 i 3 per mitjà del tall per làser i la plegadora, començant pel tall per làser que entra les matèries primera mitjançant un robot AGV. Quan la xapa ja estigui depositada, es tallarà per làser les diferents peces per ser recollides pel robot delta i deixades en la mateixa cinta. El robot delta recollirà primer les dues primeres peces 1 que surten cada patró i posteriorment és quatre peces 2/3. D'aquesta manera, amb un comptador sensors, se sap que cada 2 peces s'ha d'activar un pistó per canviar de cinta, que estarà activat cada 4 peces que passin pel sensor. A continuació, en la figura 6.42 es pot apreciar l'ordre de recollida de les peces.

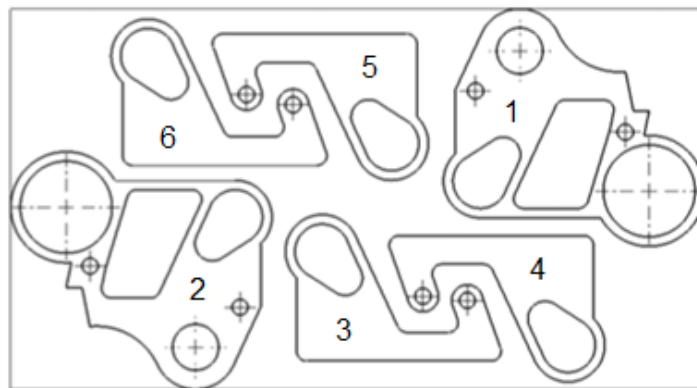


Figura 6.42 Ordre de recollida del robot delta de les peces 1-2-3

Una vegada separades les peces, es tractaran per separat. La peça 1, anirà cap a la seva caixa per ser agafada per un braç robòtic i fixada al palet principal de muntatge. Per altra banda, les peces 2-3 aniran a la premsa per ser plegades. Es faran 1 de cada una de les peces, és a dir, es plegarà una peça 2 i després una peça 3, que, utilitzant la mateixa lògica d'abans, es dipositaran en les seves caixes per ser mutades més endavant.

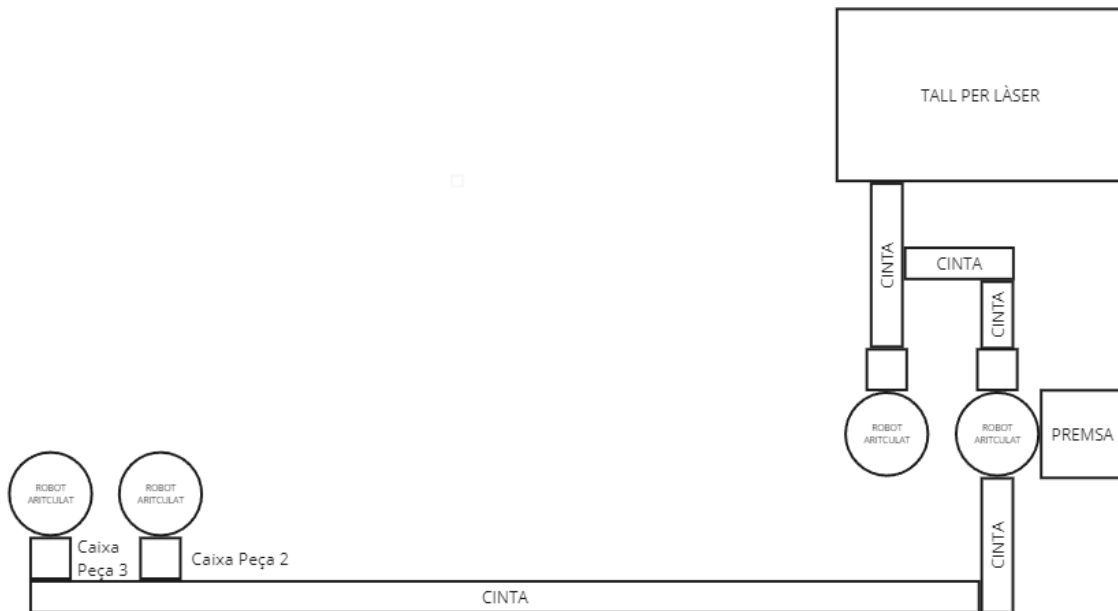


Figura 6.43 Distribució en planta de la família 3

Per acabar, sense profunditzar molt en el muntatge, ja que s'ha explicat anteriorment en el seu apartat corresponent, en la figura 6.44 es mostra la línia de muntatge, que va d'esquerra a dreta, i, tal com s'especificava en el muntatge, l'ordre de col·locacions de les peces és 4-6-5-2-3, començant per la peça 1.

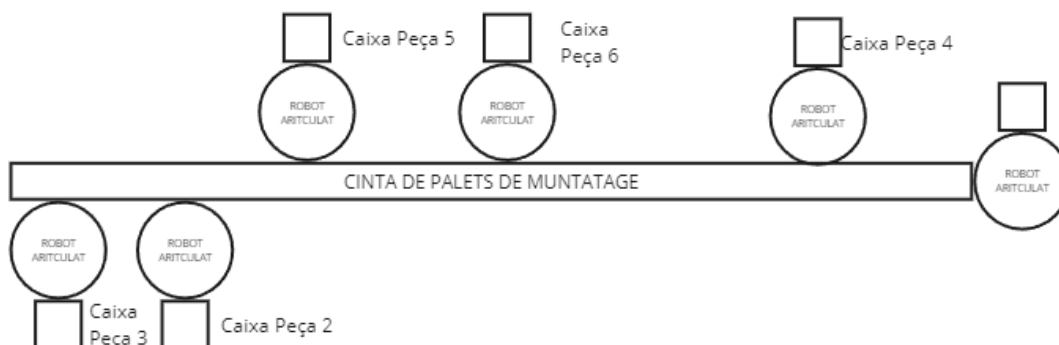


Figura 6.44 Distribució en planta de la línia de muntatge



## 6.7. Colls d'ampolla i temps de producció

Finalment, com que ja se sap el nombre de màquines, la distància entre aquestes i les propietats dels diferents processos i elements, es pot determinar exactament els temps de tots els processos i transports dins de la fàbrica.

### 6.7.1. Temps de cicle

Tot i que ja s'ha fet prèviament una aproximació al temps de cicle, per poder decidir el nombre de màquines a implementar, no es va determinar amb precisió. En ser un procés totalment automatitzat que només requereix operaris de manteniment, es planteja que el seu funcionament sigui de 24 hores diàries. Per aprimar el màxim possible la solució, es tindrà en compte el temps d'agafar les peces per les pinces del braç robòtic, on la seva velocitat de tancament és de 20 a 120 mm/s, agafant una velocitat intermèdia de 50 mm/s. La garra té una obertura màxima de 50 mm, suposant que es tanca totalment agafant les peces 1 2 o 3 que fan 4 mm de gruix, triga 1 segon per agafar cada peça. Per acabar, se suposa que sempre hi ha matèria primera esperant a ser tractada per a cada procés. La fórmula general per saber la producció per un dia es pot observar a continuació (6.9).

$$n^{\circ} \text{ de peces per dia} = \frac{\text{Segons en 1 dia}}{\text{temps de producció}} \quad (6.9)$$

A continuació, es planteja cada procés de producció amb els seus temps de cicle.

#### Fresadora

Es comença per la fresadora, ja que a partir de la hipòtesi realitzada anteriorment, se suposa que és el coll d'ampolla. El temps per produir una unitat de peça 4 a la fresadora és de 261,57 segons. Fora de la fresadora, s'ha d'agafar la peça 2 vegades, una per introduir-la a la màquina i una altra per treure-la, suposant 2 segons extres. El braç robòtic ha de fer un gir de 90° per introduir la peça i un altre gir de 90° per treure-la, suposant 10 segons de més. Tenint totes les consideracions esmentades anteriorment, queda un temps total de 273,57 segons per produir una unitat de peça 4.

| Procés       | Temps (s)     |
|--------------|---------------|
| Fresadora    | 261.57        |
| Pinces       | 2             |
| Braç         | 10            |
| <b>TOTAL</b> | <b>273.57</b> |

Taula 6.6 Temps de producció de la peça4

Quedant així que cada 24 hores en sortiran 315, tal com es mostra en l'equació (6.9):

$$n^{\circ} \text{ de peces 4 per dia} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{273.57} \approx 315 \text{ unitats}$$

### Tall per làser

Pel tall per làser, s'ha de tenir en compte diferents aspectes a diferència d'una producció estàndard. Es recorda que surten diferents peces i múltiples vegades que es posa en funcionament la màquina segons el patró dissenyat. En la planxa metàl·lica seleccionada, s'hi poden introduir fins a 156 unitats de patró, on cada patró té 2 unitats de peces 1 i 2 i 3 respectivament, és a dir, surten 312 unitats de peces 1, 2 i 3 cada vegada que es posa en funcionament la màquina. La peça 1 triga 7,05 segons a ser tallada i les peces 2 i 3 triguen 5,15 segons cada una. Multiplicant pel nombre de peces que surten cada vegada, queda que per les peces 1 es triga 2199,6 segons, per les peces 2 1606,8 segons i per les peces 3 també 1606,8 segons, fent en total un temps de tall de 5413,2 segons cada vega que es posa en marxa.

Per deixar la planxa dins de la zona de tractat es triga uns 3 segons. Per altra banda, el robot delta fa 140 recollides per minut, que, havent de recollir 312 unitats de cada tipus peça (936 unitats en total) queda com a resultat la fórmula (6.10).

$$\text{Temps de recollida} = \frac{\text{Unitats per recollir}}{\text{Recollides per minut}} = \frac{936}{140} \approx 6.69 \text{ min} \approx 401.14 \text{ s} \quad (6.10)$$

Tenint en compte totes les consideracions anteriors, queda que per 312 unitats el temps total es de 5817,34

| Procés                 | Temps(s)       |
|------------------------|----------------|
| Tall per làser         | 54113.2        |
| Col·locació de la xapa | 3              |
| Recollida de les peces | 401.14         |
| <b>TOTAL</b>           | <b>5817.34</b> |

Taula 6.7 Temps de producció de 312 unitats de peça 1, 2 i 3

Finalment, tenint en compte que el temps de producció és per 312 unitats de cada una de les peces, a partir de la fórmula (9) es pot saber les peces produïdes per un dia.

$$n^{\circ} \text{ de peces } 1/2/3 \text{ per dia} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{5817.34} \cdot 312 \approx 30 \cdot 312 = 9360 \text{ unitats}$$

### Prensa

El procés de plegat de la premsa triga uns 4 segons, on la peça s'ha d'agafar 2 vegades i el braç articulat ha de girar 90° dues vegades també, suposant un temps de 16 segons.

| Proces | Temps (s) |
|--------|-----------|
| Plec   | 4         |
| Pinces | 2         |
| Braç   | 10        |
| TOTAL  | 16        |

Taula 6.8 Temps de plec

Així i tot, aquest temps no és del tot realista, ja que en una premsa es realitzen les peces 2 i 3 alhora, on primer es plega una i després l'altre, fet que suposa que el temps de cicle sigui el doble és a dir 32 segons. Com a resultat, cada 32 segons sortirà una unitat de peça 2 i 3, que, a partir de la fórmula (6.9), es pot saber les unitats que pot treballar en un dia:

$$n^{\circ} \text{ de peces } 2/3 \text{ plegades per dia} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{32} = 2700 \text{ unitats}$$

### Torn

Finalment, queda saber el temps de les peces 5 i 6, fetes amb torn. Abans de tot, similar a la plegadora, es recorda que un mateix torn fa les peces 5 i 6, i per tant s'ha de tenir en compte en els temps de cicle. Per cada cicle, surten 23 unitats de cada tipus de peça. Com el torn està alimentat per barra, no s'ha de considerar la introducció de la matèria primera.

Començant per la peça 5, es triga 15,86 segons a processar una unitat de peça, que serà recollida per unes pinces i el braç robòtic haurà de girar 90 ° per dipositar la peça, suposant 6 segons extra i quedant així un temps total de 21,86 segons per unitat de peça. En ser 23 peces, aquest temps resultant s'ha de multiplicar per 23 quedant un temps total per cada cilindre introduït al torn de 502,78 segons.

| Procés                       | Temps (s)                 |
|------------------------------|---------------------------|
| Torn                         | 15.86                     |
| Pinces                       | 1                         |
| Braç                         | 5                         |
| Total                        | 21.86                     |
| Total per barra (23 unitats) | $21.86 \cdot 23 = 502.78$ |

Taula 6.9 Temps de producció per 23 unitats de peça 5

Respecte a la peça 6, el torn triga uns 32,84 segons a ser traçada pel torn, i, igual que la peça 5, és agafada per les pinces i transportada pel robot articulat suposant un temps extra de 6 segons, quedant un temps total de 38,84 segons per unitat de peça. Tenint en compte que surten 23 unitats per cada barra introduïda al torn queda un temps de 893,32 segons.

| Procés                       | Temps (s)                 |
|------------------------------|---------------------------|
| Torn                         | 32.84                     |
| Pinces                       | 1                         |
| Braç                         | 5                         |
| Total                        | 38.84                     |
| Total per barra (23 unitats) | $38.84 \cdot 23 = 893.32$ |

Taula 6.10 Temps de producció per 23 unitats de peça 6

En conclusió, similar al cas de la premsa, el temps de cicle és de 1396,1 segons, on es produeix 23 unitats de cada tipus de peça.

$$n^{\circ} \text{ de peces 5/6 per dia} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{1396.1} \cdot 23 \approx 61 \cdot 23 = 1403 \text{ unitats}$$

### Línia de muntatge

La línia de muntatge, s'ha d'analitzar de manera diferent, ja que hi ha diferents estacions de treball. En les estacions de treball que incorporen una peça, els robots han de fer un gir de 180 ° dues vegades, que triguen 20 segons a realitzar-lo. També han d'agafar la peça, amb un temps d'1 segon, i finalment incorporen la peça a l'assemblatge amb un temps mitjà de 5 segons. Per tant, el temps total a incorporar una peça és de 26 segons. Per altra banda, però, hi ha estacions de treball que han de posar dues unitats de peça, com és el cas de les peces 5 i 6, i, com a resultat, el seu temps serà el doble que l'anterior, és a dir 52 segons.

| Procés            | Temps (s) |
|-------------------|-----------|
| Colocació         | 5         |
| Pinces            | 1         |
| Braç              | 20        |
| Total             | 26        |
| Total per 2 peces | 52        |

Taula 6.11 Temps de muntatge de cada estació.

Inicialment, es pot pensar que el temps de cicle és la suma de tots els temps de les estacions de treball, però s'ha de tenir en compte que totes les estacions de treball treballen a l'hora i, quan la línia de muntatge estigui en règim permanent, realment només s'ha de tenir en compte l'estació de treball amb el temps més elevat. En canvi, el temps de transport entre estacions sí que s'ha de tenir en compte. Tenint en compte que els palets estan separats 50 cm i tenint la cinta una velocitat de 12 m/min, el temps en arribar un palet nou a una estació és de 2,5 segons. Com a resultat, temps total de la línia de muntatge és de 54,5 segons, fent que els poguï arribar a muntar fins a 1585 unitats al dia.

$$n^{\circ} \text{ mutatges per dia} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{54.5} \approx 1585 \text{ unitats}$$

### 6.7.2. Colls d'ampolla

Finalment, gràcies a l'estudi fet anteriorment, es poden trobar els colls d'ampolla. Analitzant les capacitats màximes de tots els processos, es pot confirmar la hipòtesi inicial que el procés que fa coll d'ampolla de tota la producció és la peça 4, el procés de fresatge. Aquest procés pot produir fins a 315 unitats, molt inferior a la capacitat dels altres processos que supera els milers. Així doncs, la resta de processos hauran de produir 315 unitats aproximadament per no tenir molt estoc de més.

Començant per les peces 1, 2 i 3, les seves unitats mínimes són 312 unitats de cada tipus de peça cada 5817,34 segons. En cas que es volgués afilar a la producció màxima, és a dir, a les 315 unitats diàries, el primer dia de producció s'hauria de produir dos lots de peces, sobrant 309 peces a l'estoc. Aquestes 309 peces d'estoc servirà perquè els pròxims dies només s'utilitzi el tall per làser 1 vegada per dia, on cada dia anirà agafant 3 peces de l'estoc de reserva. Aquest estoc de reserva durarà 309/3 dies, és a dir, cent tres dies. Resumint, cada cent tres dies s'ha d'activar dues vegades la màquina de tall per làser i la resta de dies una única vegada, trigant el seu temps de cicle normal. Per part de la plegadora, que triga 32 segons a plegar una unitat de peça 2 i 3, en anar un a un el càlcul

és molt més simple, s'utilitzarà la plegadora 315 vegades amb un temps total de 10080 segons (168 minuts).

La peça 4 és la que suposa un coll d'ampolla general i no s'ha de tenir en compte cap aspecte.

Finalment, les peces 5 i 6 es produeixen en lots de 23, i per tant s'ha de tornar a precisar el seu ús per dur a terme la producció màxima. Es necessitaran dues unitats de cada peça per producte, fent que el torn hagi de produir 630 unitats de peces 5 i 6. Això no suposarà un problema, ja que com s'ha demostrat anteriorment, pot produir fins a 1403 unitats diàries. Si es realitza el cicle 28 vegades, se'n produeixen 644, sobrant 14 peces. Doncs, si es realitzen 28 cicles, on cada cicle és de 1396,1 segons, s'utilitza el torn 39090,8 segons (10.85 hores) cada dia. Per altra part, si es van posant a estoc aquestes peces 14 peces extra, cada 630/14 dies, és a dir quaranta-cinc dies, no serà necessari utilitzar el torn.

Cal esmentar que per modificacions futures, per les peces 2/3, es veuen afectades per dos processos de conformació, el tall per làser, produint 4680 unitats diàries, i la premsa, plegant 3756 unitats diàries. Tenint això en compta, és evident que si es desitja augmentar la producció d'aquest tipus de peça, la solució més adient és la incorporació d'una altra plegadora.

## **6.8. Mesures de seguretat**

En aquest apartat s'expliquen els diferents aspectes referents a la seguretat per tenir en compte. Així i tot, esmentar que els dissenyadors de cada màquina ha d'haver tingut en compte ja els aspectes de seguretat esmentats en els antecedents. [11]

Començant per els operaris de manteniment o persones que circulin per dins de la fàbrica, l'ús d'ulleres protectores de la llum làser seran necessàries per si es mira directament a la màquina de tall per làser. També seran necessaris cascos aïllants o de protecció si l'usuari planteja aproximar-se a les màquines. Evidentment, els operaris de manteniment i totes les persones en contacte amb els robots han de tenir la formació adequada per manipular-los. Cal exigir que els operaris s'abstinguin a treballar mentre la màquina no estigui totalment desconnectada.

Per part dels robots, tot i que en la distribució en planta no es mostri, aquests estaran en cel·les de protecció. Les celes de protecció han de parar tot el sistema de producció quan es detecti que un operari ha obert la cel·la. Per part del tall per làser, per donar accés al

robot AGV, sincoparà una cel·la amb protecció òptica. Aquestes cel·les tenen una o varies parets obertes per donar accés a altres màquines o personal, amb la diferència que en detectar una persona el procés de fabricació s'aturarà directament.



Figura 6.45 Exemple de les cel·les de protecció òptica [11]

En cas de que hi hagi una aturada d'emergència o sigui necessari realitzar el manteniment de les màquines, és important que les màquines tinguin una zona destinada al manteniment de fàcil accés. En la distribució en planta, tal i com s'ha pensat, es pot veure que totes màquines es poden accedir fàcilment a excepció dels robots articulats de les peces 1, 2 i 6, tot i que si que tenen un espai ample per dur a terme la reparació. Un cop es realitza la posada en marxa, es important realitzar una proves inicials progressives per comprovar el funcionament correcte.

Finalment, es vital incloure senyalització de tot tipus en les zones, com ara bé senyals dels perills al que s'està exposat o les mesures de seguretat a vestir per aquella zona. El fet de que tots els operaris puguin tenir accés als manuals de reparació i els criteris a seguir de la màquina i procés de reparació és vital per dur a terme una feina de manera eficient, correcta i segura.





## 7. Simulació

El desenvolupament tècnic del projecte en conjunt, Volum I i II, finalitza en el segon volum. Es recomana llegir el Volum II per saber com s'ha fet la part referent a l'automatització i simulació dels processos. Així i tot, a continuació es fa un breu resum de dues planes dels dos grans trets que s'han fet.

### 7.1. Programació del PLC i Simulació.

Primerament, a partir de la distribució en planta feta, s'ha fet un disseny 3D conceptual de la fàbrica amb el Factory I/O [22] i Open PLC [23]. El resultat obtingut es pot apreciar en la figura 7.1

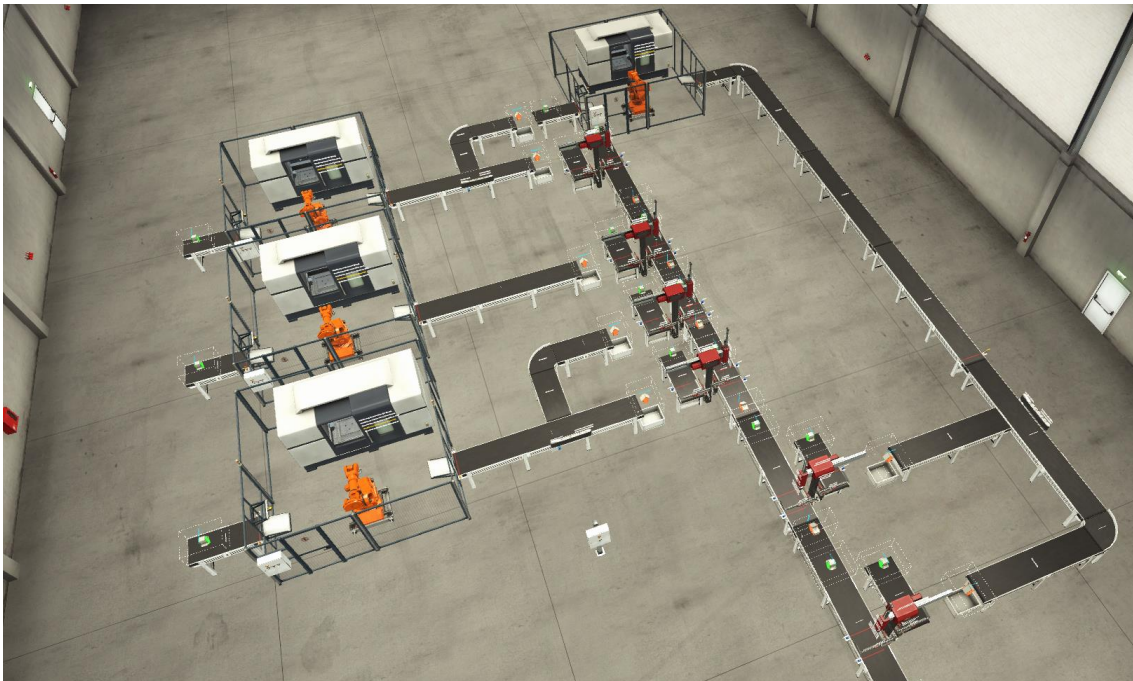


Figura 7.1 Factory I/O: Distribució en planta de la simulació

Mitjançant la distribució mostra en la figura anterior, s'ha fet tota la programació PLC de la fàbrica seguint la lògica i condicions explicades en el punt 6.6.3 d'aquesta memòria. Si es desitja saber el procés pas a pas, es pot trobar en el Volum II referenciat com a capítol 7. Respecte al codi, es pot trobar en els annex IV del Volum II.

### 7.2. Simulació del temps de cicle.

Gràcies als temps trobats en l'apartat 6.7 i el software Arena [24] s'ha realitzat un programa per poder trobar i verificar la producció i percentatge d'ús de cada màquina. Els resultats obtinguts es poden observar en la taula 7.1.

| Màquina/Procés | Ús (%) | Unitats tractades |
|----------------|--------|-------------------|
| Fresadora      | 99.74  | 315               |
| Torn           | 45.24  | 56                |
| Tall per Làser | 6.73   | 1                 |
| Prensa         | 11.56  | 630               |
| Assemblador 1  | 9.48   | 315               |
| Assemblador 2  | 9.36   | 311               |
| Assemblador 3  | 9.33   | 310               |
| Assemblador 4  | 9.45   | 314               |
| Assemblador 5  | 18.78  | 312               |
| Assemblador 6  | 18.83  | 313               |

Taula 7.1 Resultats de la simulació Arena per 1 dia

Observant els resultats, pot sobtar que la producció en comptes de ser 315 sigui 310. Això és a conseqüència que, si es porta el cas al món real, el que succeiria seria el mateix, ja que tal com està pensat el muntatge, al ser síncron, en el primer dia de producció, els 5 primers palets que surtin estaran buits, i els cinc últims que es produeixen es queden en la línia del muntatge. El segon dia de producció, però, com el dia anterior es van quedar 5 palets "a mitjes", els 5 primers palets que surtin sí que tindran un producte acabant, entrant en cicle i produint les 315 unitats diàries que pertoqueuen.

Si es desitja consular el desenvolupament sencer del programa consultar el capítol 8 del Volum II.

## 8. Viabilitat Mediambiental

A continuació es mostra el resum extret del annex referent a l'informa mediambiental, tot i que si es desitja saber tot el procés realitzat per arribar a les conclusions mostrades, es recomana veure l'Annex II.

El projecte tracta del disseny de la secció de fabricació d'una empresa d'arnesos. Concretament, el treball s'enfoca en el disseny dels fulls de ruta, disseny de la distribució en planta, selecció de màquines, actuadors i sensors, automatització de tot mitjançant codi en llenguatge PLC, determinar els temps de cicle i simulació dels temps de cicle. Aquest informe està enfocat en el procés d'implementació i explotació del projecte, és a dir, la incorporació de les màquines en l'empresa i els riscos mediambientals d'aquestes en la producció. Es recorda que el projecte és la implementació de la secció de fabricació d'una fàbrica d'arnesos, on aquesta fàbrica, ja té els seus propis magatzems, oficines i logística amb diferents distribuïdors... aspectes fora de l'abast que no es contemplen en el projecte. També cal esmentar que el producte a produir ja ve dissenyat, i, com a conseqüència, no es contempla la possibilitat de canviar els seus materials o disseny per un més respectuós amb el medi ambient. Així i tot, sí que es té en compte els residus que es produiran a causa del material del producte.

L'esmentat projecte contempla diferents possibilitats:

- Reutilització de les màquines per diferents projectes: Les màquines seleccionades, a excepció de la fresadora, en la fase d'explotació es poden utilitzar per a altres productes, fet que suposa l'optimització de recursos i, per tant, menys productes desaprofitats.
- Reciclatge dels residus: Tota la matèria primera és metàl·lica de la família dels acers o aluminis, dos dels metalls més comuns pel reciclatge en un punt net
- Implementació de la vida circular: El producte tractar, en tenir certa simplicitat, és fàcil de mantenir al llarg del temps, ja que les seves peces poden ser reemplaçades o, en el pitjor dels casos, reciclades i transformades en matèria primera per ser utilitzada per la producció del mateix producte. Per acabar, en ser un producte fet per peces del mateix material unides per un sistema de forat-eix, la separació de les peces per tipus de metall és relativament senzill, facilitant el seu reciclatge.

- Elements de protecció: Els treballadors hauran de portar elements de protecció adients a les màquines seleccionades, com ara bé, ulleres protectores en contra del raig làser, cascos aïllants o cascos de protecció.

Finalment, com a lleis que poden influenciar indirectament al projecte, s'han trobat:

- *“Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular”*
- *“Real Decreto 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación”*

On totes dues lleis tracten sobre l'econòmica circular del producte i la responsabilitat de l'empresa amb els residus generats en el procés de producció, entre altres aspectes menys influents en aquest projecte.

Es recullen a continuació, en forma de taula, les principals accions i factors que s'hauran de prendre en consideració en l'estudi de detall.

## Accions impactants

| Accions Impactants                |                                      | Observacions   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Fase de Construcció o Execució    | Transport de les màquines            | En el procés de transport hi ha emissions. La implementació de les màquines pot suposar petites obres dins de la infraestructura que generin residus com, ara bé, pols, bocins d'elements estructurals o cablejat.   |
|                                   | Transport de la matèria primera      |  |
|                                   | Implementació de tots els components |  |
| Fase de Funcionament o Explotació | Explotació de les màquines           | En el procés d'explotació es generen residus metàl·lics, principalment alumini i acer, que han de ser tractats en un punt de reciclatge. L'ús de les màquines pot suposar un lleu augment de temperatura i de soroll. És important que els treballadors siguin conscients de les mesures de protecció de cada màquina, com, ara bé, unes ulleres protectores pel tall per làser. |
| Fase d'Ús1                        | Producte defectuós o avariats.       | Tot i que la fase d'ús del producte no entra dins del projecte, ja que forma part de l'estudi que ha de fer el dissenyador, esmentar que el producte fabricat és de fàcil reciclatge i relativament senzill de reparar en cas que una de les parts no funcioni correctament.   |
|                                   | Fi de vida del producte              |  |

Taula 8.1 Accions impactants

## Factors ambientals impactats

|                    | Factor Ambiental    | Impacte sobre ...  |
|--------------------|---------------------|--|
| Medi Natural       | Atmosfera           | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Sòl                 | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Aigua               | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Flora               | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Fauna               | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Medi perceptual     | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
| Medi Socioeconòmic | Usos del territori  | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Culturals           | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Infraestructura     | Pot suposar lleus modificacions a conseqüència de l'obra per incorporar les màquines.  |
|                    | Humans              | Cap impacte greu en aquest tòpic   |
|                    | Economia i població | Pot suposar un rebuig per certa de la població el fet d'automatitzar un procés que poden estar fent persones. Per altra banda, es generen noves oportunitats de treball com els operaris de manteniment. |

Taula 8.2 Factors ambientals impactats

## 9. Viabilitat Econòmica

En aquest capítol es fa un resum respecte a la viabilitat econòmica, en el document extern de la memòria referent a la viabilitat econòmica es pot observar tot el procés realitzat i les justificacions adients als diferents costos.

### 9.1. Pressupost

Per saber el pressupost, s'ha tingut en compte els 3 capítols principals: el Capítol I, referent als costos d'enginyeria, el Capítol II, referent als costos del prototip, i el Capítol III, referent a les amortitzacions. En aquest projecte, no s'ha realitzat un prototip físic, quedant així nul el segon capítol. A continuació es mostren els tres capítols:

| Capítol I Costos d'enginyeria       |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Activitats                          |             |
| Desenvolupament del projecte        | 32.320,00 € |
| Costos variables (total activitats) | 32.320,00 € |
| Costos Fixes                        | - €         |
| Costos indirectres (20%)            | 6.464,00 €  |
| Costos Enginyeria (marge 25%)       | 46.540,80 € |

Taula 9.1 Capítol I Costos d'enginyeria

| Capítol II Costos de material |     |
|-------------------------------|-----|
| Serveis                       | - € |
| Prototip                      | - € |
| TOTAL (15% impr.)             | - € |

Taula 9.2 Capítol II Costos de material

| Capítol III Amortitzacions |          |
|----------------------------|----------|
| Paquet office              | 50,00 €  |
| Microsoft Project          | 310,00 € |
| SolidWorks Student         | 100,00 € |
| OpenPLC                    | - €      |
| Factory.io                 | - €      |
| Arena                      | - €      |
| Altres                     | - €      |
| TOTAL                      | 460,00 € |

Taula 9.3 Capítol III Amortitzacions

Finalment, a partir dels capítols anteriors, es realitza el pressupost, on el seu total es pot observar en la taula 9.4.

| PRESSUPOST       |             |
|------------------|-------------|
| TOTAL CAPITOLS   | 47.000,80 € |
| IVA (21%)        | 9.870,17 €  |
| TOTAL PRESSUPOST | 56.870,97 € |

Taula 9.4 Pressupost

## 9.2. Anàlisi de rendibilitat

Per verificar si el projecte és viable, s'ha de calcular el seu ICB, i, en cas que sigui positiu, en conclou que és rendible.

Gràcies a una anàlisi de mercat es troba la demanda prevista, sent aquesta la que es mostra en la taula 9.5. Cal esmentar que aquesta demanda està per sota de la producció màxima i, en conseqüència, és realista poder donar l'abast a tots els compradors.

| Concepte        | 2025   | 2026   | 2027   |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Nombre Empreses | 21.860 | 24.046 | 26.450 |

Taula 9.5 Objectius comercials

Els costos variables del projecte són de 2,08 €, on s'ha tingut en compte el material utilitzat i la potència consumida. Per part dels costos fixos, s'ha obtingut un total de 441.464,46 €, on s'han tingut en compte la maquinària, pressupost, local i altres aspectes essencials per l'explotació. Finalment, es proposa un preu de venda de 50 €, ja que el producte es considera de gamma mitjana per les seves prestacions.

Tancant l'anàlisi econòmica, s'ha fet un estudi de 3 anys vista, on els fluxos de caixa anuals es poden apreciar en la taula 9.6.

| Concepte                                | 2025         | 2026         | 2027       |
|---|--------------|--------------|------------|
| Ingressos                               | 1.093.000,00 | 1.202.300,00 | 1322500,00 |
| Costos de producció i despeses material | 486.933,26   | 491.480,14   | 496.480,46 |
| Amortització                            | 186.517,80   | 186.517,80   | 186.517,80 |
| Benefici abans d'impostos (BAI)         | 606.066,74   | 710.819,86   | 826.019,54 |
| Benefici net (BN)                       | 454.550,05   | 533.114,89   | 619.514,65 |
| Cash-Flow                               | 641.067,85   | 719.632,69   | 806.032,45 |

Taula 9.6 Fluxos de caixa anuals

Com a resultat de tot l'estudi, es pot concloure que el projecte és viable des d'una perspectiva econòmica perquè el seu ICB és de 240,24%. El fet que sigui superior a 200% indica que el projecte és interessant per dur a terme la inversió, on el punt d'equilibri es troba en la venda de 9213 unitats de producte.



## 10. Perspectiva de gènere

En aquest projecte, que tracta sobre el disseny i desenvolupament de la secció de fabricació d'arnesos, la perspectiva de gènere no es veu fortament influenciada per la naturalesa del projecte. Així i tot, és essencial adoptar una perspectiva de gènere que tingui en compte com l'automatització pot influir en els aspectes laborals i en l'experiència dels treballadors. Encara que l'automatització elimina moltes tasques manuals, hi ha aspectes importants que mereixen atenció des d'aquest punt de vista.

En primer lloc, en el projecte s'ha assegurat que la maquinària sigui accessible i segura per a tot l'equip de manteniment. Això significa considerar aspectes ergonòmics i de seguretat que puguin afectar tants homes com a dones. Un disseny inclusiu dels dissenyadors de les màquines garanteix que tots els operaris puguin realitzar reparacions i manteniment de manera eficient i segura.

A més, la capacitat i el desenvolupament professional han de ser equitatius i accessibles per a tots els empleats, independentment del seu gènere. La igualtat d'oportunitats en l'accés a habilitats tècniques i d'enginyeria és essencial per a promoure i maximitzar el potencial de cada individu. Aquest aspecte s'ha de veure reflectit sobretot a l'hora de seleccionar els operaris de manteniment.

Un altre aspecte a tenir en compte és una organització inclusiva, fet molt present en les empreses actuals. Encara que l'automatització suposa una disminució del treball físic, continua sent crucial fomentar un ambient de treball que valori la diversitat i promogui el respecte mutu entre tots els empleats. Això s'aconsegueix mitjançant un cap capaç de promoure models de lideratge inclusius.

Així mateix, la participació de tots els empleats en el procés de redisseny i adaptació del procés és fonamental. En incloure una varietat de perspectives i experiències, es poden desenvolupar solucions més innovadores i efectives. La representació equitativa d'homes i dones en els equips de disseny i presa de decisions garanteix que es considerin totes les necessitats i preocupacions.

En resum, en la selecció de la maquinària s'ha tingut en compte que sigui possible realitzar el manteniment independentment del gènere sempre que la persona tingui la formació necessària. A més, es promou que el grup dels operaris de manteniment siguin mixtes. Finalment, si es dona el cas de realitzar canvis en el projecte, com la incorporació de

màquines per incrementar la producció, el desenvolupament ha de ser realitzat per una persona amb la formació adequada independentment del seu gènere, i, en cas que sigui un grup de persones, es recomana que sigui el més variat possible

## 11. Conclusions

### 11.1. Conclusions

En aquest projecte s'ha recopilat tota la trajectòria feta per dur a terme el disseny d'una secció de fabricació d'una empresa d'arnesos, concretament del dispositiu assegurador creat per en Cristau Villegas Janer. S'ha analitzat el producte, la forma i el disseny i per tal d'optimitzar al màxim possible el producte des de la perspectiva de fabricació. Per altra banda, s'ha realitzat els fulls de ruta de la manera més eficient per crear cada unitat de peça. Per acabar, s'ha seleccionat les diferents màquines en funció de la potència necessària indicada en la fase més demandant.

Per part general, tenint en compte el projecte global, el Volum I i el Volum II, hi ha hagut certes desviacions imprevistes en l'avantprojecte. Començant per la planificació, en primera instància s'havia plantejat fet tota la documentació en l'etapa final del projecte, fet poc pràctic i real, perquè en l'etapa intermèdia del projecte s'havia de documentar la feina feta. Aquest fet ha suposat una reorganització sencera del projecte enrederint el projecte en l'etapa intermèdia i donant més espai a les etapes finals. També hi ha hagut problemes tècnics amb els programes Factory I/O i Arena, ja que no estaven instal·lats correctament o les llicències no eren les que pertocaven, fets que, tot i que s'han pogut resoldre, han suposat també hores extres imprevistes. A pesar de totes les dificultats, s'ha complert amb els objectius proposats exitosament.

Analitzant les viabilitats mediambientals i econòmiques, es pot dir que el projecte és viable des de totes dues perspectives. Començant per la viabilitat mediambiental, el projecte no suposa cap amenaça gran a la natura o població. El projecte suposa una contaminació estàndard d'una indústria de productes metàl·lics, i per tant les úniques molèsties que poden haver-hi són els sorolls de les màquines, l'augment lleu de la temperatura per l'ús d'aquestes o molèsties visuals pel tall per làser, fets que es poden sol ventar fàcilment amb les mesures de seguretat adequades. La viabilitat econòmica indica que el projecte és interessant de dur a terme la inversió del projecte, ja que no tan sols el seu ICB és positiu, sinó que també és superior al 200%. També és important que el seu

punt d'equilibri es trobi en la primera meitat del primer any, indicador molt favorable pel projecte.

Finalment, es pot aclarir també el dubte que té el dissenyador respecte al producte, on cita textualment “*Caldria estudiar els mètodes de fabricació dels diferents components per tal determinar si la creació del prototip real seria viable econòmicament ...*” (Villegas Janer, C. *Memòria del producte [1]*, p. 135), fet que s'ha demostrat que sí és possible.

## **11.2. Futures accions a realitzar**

Finalment, s'esmenten un parell d'aspectes a dur a terme com a futures accions a implantar, ja sigui perquè estan fora de l'abast o no es té accés a la informació necessària. A continuació una llista dels aspectes més rellevants:

- Internacionalitzar encara més el projecte, en aquest cas l'expansió al continent americà. En aquest cas també és necessari executar el respectiu pla de màrqueting i comercialització.
- En cas que hi hagi un augment de la producció que superi les 315 unitats diàries del producte, es proposa incorporar únicament una segona fresadora, fet que donaria 700 unitats diàries i no s'ha de modificar res més.
- Actualització del codi PLC per les màquines incorporades. A l'estar simulat per unes màquines estàndard del Factory I/O, és probable que no funcionin exactament igual que en la simulació i s'hagi d'adaptar als seus actuadors. Així i tot, la lògica a implementar és la mateixa.
- Sincronitzar els magatzems de producte acabat i matèria primera. Aquest apartat està fora de l'abast d'aquest projecte, però es proposa que els magatzems estiguin automatitzats.
- Sincronitzar la resta de línies de producció de la fàbrica amb les màquines en desús. Es proposa al propietari aprofitar les màquines menys utilitzades, com la talladora per làser per produir altres peces d'interès. Gràcies al disseny en planta, es té un fàcil accés a les màquines menys utilitzades.

## 12. Planificació del projecte a detall

### 12.1. Nova planificació

En aquesta memòria s'ha recopilat els trets essencials per dur al projecte a detall, i, per tant, els passos a dur a terme és la realització d'aquest. S'ha hagut de modificar respecte al projecte de detall, per les raons esmentades en les conclusions. A continuació, en la taula 12.1 es mostrarà les activitats a fer i la descripció d'aquestes i, finalment, en les figures 12.1 i 12.2 es mostra el diagrama de Gantt corresponent.

| Activitat                      | Dies | Descripció  |
|--------------------------------|------|---|
| Modificació de l'avantprojecte | 7    | Hi ha apartats en l'avantprojecte que s'han fet pensant el projecte a detall. Cal eliminar les parts necessàries i adaptar-lo com a document de projecte de detall. |
| Correcció de l'avantprojecte   | 7    | Corregir i afegir els tòpics necessaris segons el feedback de la correcció  |
| Fulls de ruta                  | 20   | Realitzar els fulls de ruta de totes les peces amb l'ajuda de SolidWorks. Es podrà fer el redisseny d'algunes peces en funció les mesures no especificades          |
| Selecció de les màquines       | 7    | Seleccionar les màquines que hi ha al mercat segons els processos de conformació indicats en els fulls de ruta.   |
| Selecció de coobots i sensors  | 12   | Seleccionar els robots, cintes i sensors necessàries. Aquest apartat es desenvoluparà en paral·lel amb la distribució en planta, ja que depèn totalment d'aquest.   |
| Distribució en planta          | 20   | Disseny de la distribució en planta, on s'especifica com i on anirà cada component del producte. S'ha d'e dissenyar el muntatge                                     |
| Codi PLC                       | 20   | Es picarà el codi PLC en OPENPLC. Es farà per segments i cada segment s'anirà mostrant que funcioni correctament al Factory.io.                                     |
| Simulació del codi             | 20   | Es realitzarà la simulació completa del codi en Factroy.io, ajuntant tots els segments.   |
| Simulació amb arena            | 7    | Es realitzarà una simulació amb el programa Arena per veure les màquines més utilitzades i la cua d'aquestes.   |
| Actualització dels antecedents | 5    | En funció dels nou estudis realitzats, s'incorporarà tota aquella informació rellevant, com, ara bé, les lleis.   |

|                          |    |  |
|--------------------------|----|--|
| Viabilitat mediambiental | 5  | Estudi de la viabilitat mediambiental, amb l'informe mediambiental corresponent.   |
| Viabilitat econòmica     | 10 | Estudi de la viabilitat econòmica en funció de la solució proposada.   |
| Documentació             | 95 | Documentació de tot el treball, tot i que ja s'anirà fent en brut al llarg del desenvolupament d'aquest. Aquí també s'inclouen capítols més breus com perspectiva de gènere, passos futurs o planificació. |

Taula 12.1 Activitats dels projecte de detall.

Per acabar, en les figures 12.1 i 12.2 es mostra el mateix digrama de Gantt dividit en 2 parts a conseqüència de la seva dimensió. També cal esmentar que s'indica el temps que es preveu fer cada activitat i quina activitat es pensen desenvolupar en paral·lel.

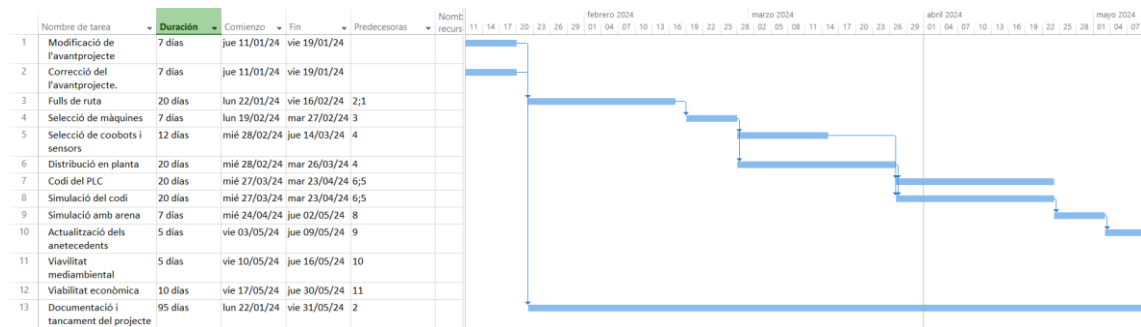


Figura 12.1 Digrama de Gantt part 1

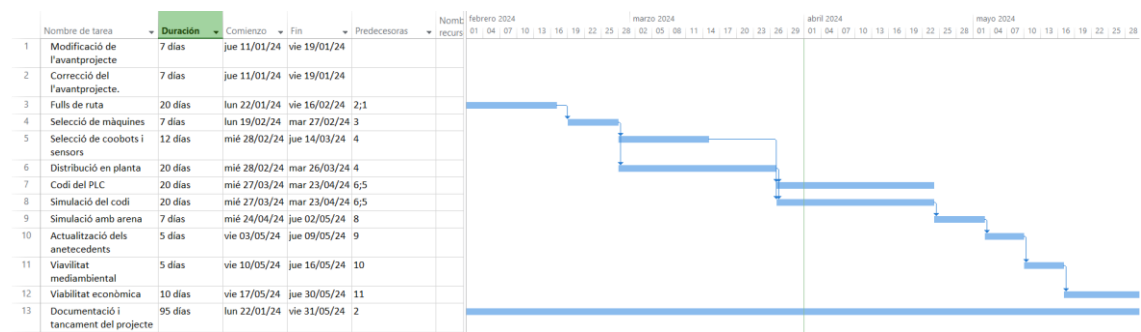


Figura 12.2 Digrama de Gantt part 2

Com es pot observar, es planteja finalitzar el treball dimecres 29 de maig, tal com es va preveure en l'avantprojecte. Això serà positiu per si hi ha cap retard en cap activitat. També voldria esmentar que no es planteja el fet de treballar els caps de setmana, tot i que si és necessari, es poden fer hores extra aquest dia en qüestió.

Els majors canvis l'avantprojecte han estat l'actualització del temps real destinat als fulls de ruta i en la selecció de màquines i distribució en planta, el fet de fer la simulació en paral·lel amb el codi, i la documentació es realitzarà al llarg de tot el projecte.

## 12.2. Seguiment i control del projecte

A continuació es mostra la taula 12.2, que és un breu pla de contingència emparat en el projecte i la taula de control.

| Pla de contingència            |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| Activitat                      | Problemes   | Solucions  |
| Modificació de l'avantprojecte | Excés o manca d'informació  | Revisió general de l'avantprojecte i cerca d'informació  |
| Correcció de l'avantprojecte   | Error en l'avantprojecte  | Correcció dels errors si la solució és evident. Si no, recerca d'informació  |
| Fulls de ruta                  | Càlculs poc coherents.<br>Temps de tall molt elevats.<br>No es troben tots els valors necessaris per dur a terme els càlculs. | Revisió dels apunts de conformació i, si és necessari, preguntar a un professional (tutor)   |
| Selecció de les màquines       | No trobar les màquines que siguin adequades pels fulls de ruta dissenyats.  | Revisió dels fulls de ruta   |
| Selecció de coobots i sensors  | No es troben els coobots i sensors desitjats  | Recerca d'informació a partir dels apunts de fabricació avançada. Preguntar per proveïdors a professionals del sector.                 |
| Distribució en planta          | No s'aconsegueix una línia de muntatge desitjada.   | Revisió dels apunts de fabricació avançada. Revisió dels diferents models. Adaptar la selecció de màquines al muntatge si és necessari |

|                                |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| Codi PLC                       | No poder realitzar una funció                     | Cerca de tutorials per internet, Github o preguntar a un professional.   |
| Simulació del codi             | La simulació del codi no funciona correctament    | Revisió del codi. Revisar el nom dels inputs i outputs siguin els mateixos designats al codi. Mirar tutorials de simulacions i comparar amb el resultat i el procés emparat. |
| Simulació amb arena            | No poder realitzar una funció                     | Cerca de tutorials per internet, Youtube o preguntar a un professional.  |
| Actualització dels antecedents | -   | -  |
| Viabilitat mediambiental       | La solució proposta és perillosa pel medi ambient | Com és tot producte extern, si és perillós vol dir que un dels productes no és respectuós amb el medi ambient. Canviar els productes en qüestió                              |
| Viabilitat econòmica           | La solució és econòmicament dolenta               | Intentar substituir els productes utilitzats per uns més econòmics.  |
| Documentació                   | -   | -  |

Taula 12.2 Pla de contingència

Per acabar, adjunta una taula de control, la taula 9.3. Es va començar en febrer i es fa un control cada 15 dies aproximadament.



| Dia de revisió | Estat del projecte  | Retard                      | Actuació                       | Observacions   |
|----------------|---|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 1-2-2024       | Fulls de ruta   | No                          | -                              | -  |
| 15-2-2024      | Fulls de ruta   | Sí (7 dies)                 | Hores extra cap de setmana.    | -  |
| 29-2-2024      | Selecció de màquines feta excepte fresadora, a causa del problema s'ha començat la selecció de sensors i distribució en planta. | Sí                          | Hores extra cap de setmana     | Demander consell al tutor amb la problemàtica dels fulls de ruta. No s'ha solucionat el problema dels fulls de ruta, tot i que s'ha avançat tal com estava previst, s'està en l'activitat que pertoca per les anteriors no estan acabades.                         |
| 15-3-2024      | Distribució en planta   | Sí (5 dies)                 | Hores extra el cap de setmana. | Es planteja acabar la distribució els pròxims dos dies extres.   |
| 31-3-2024      | Codificació PLC   | Es preveu retard de 15 dies | Revisió de la planificació     | En un principi es plantejava realitzar la documentació al final de tot el projecte, però s'ha vist que no era eficient i és més convenient redactar l'apartat una vegada estigui realitzat. Això ha suposat un retard general i requereix revisar la planificació. |
| 15-4-2024      | Codificació PLC   | No                          | -                              | Es preveu acabar 1 dia abans   |
| 30-4-2024      | Arena   | No                          | -                              | Hi ha un error al programa, fet que pot suposar un retard.   |
| 15-5-2024      | Viabilitats   | No                          | -                              | -  |
| 31-5-2024      | Tancament   | No                          | -                              | El projecte ha finalitzat  |

Taula 12.3 Control del projecte



## 13. Webgrafia

En aquest apartat, es recopila totes les referències esmentades en la memòria. Així i tot, cal esmentar que no es troben totes les adreces consultades al llarg del treball. Adreces com aspectes tècnics de les eines utilitzades, o l'estudi de les lleis mediambientals es troben en el document d'annexos en la seva respectiva part. Respecte a l'estudi econòmic, en seu propi document es recopila la informació consultada per dur a terme les anàlisis de mercat entre altra informació rellevant.

- [1] VILLEGAS JANER, C. (2021). DISSENY D'UN DISPOSITIU ASSEGURADOR PER A L'ESCALADA I L'ALPINISME. TecnoCampus, Memòria.
- [2] VILLEGAS JANER, C. (2021). DISSENY D'UN DISPOSITIU ASSEGURADOR PER A L'ESCALADA I L'ALPINISME. TecnoCampus, Plànols.
- [3] GOMA ALLATS, J.R. Tecnocampus.cat. Recuperat el 4 de gener de 2024, de [https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/184700/mod\\_resource/content/1/01-%20Introducci%C3%B3n.pdf](https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/184700/mod_resource/content/1/01-%20Introducci%C3%B3n.pdf)
- [4] GOMA ALLATS, J.R. Tecnocampus.cat. Recuperat el 4 de gener de 2024, de [https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/186616/mod\\_resource/content/1/03\\_2-%20-%20Torneado.pdf](https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/186616/mod_resource/content/1/03_2-%20-%20Torneado.pdf)
- [5] GOMA ALLATS, J.R. Tecnocampus.cat. Recuperat el 5 de gener de 2024, de [https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/192701/mod\\_resource/content/1/06\\_4-%20-%20Chapa.pdf](https://aulavirtual2021.tecnocampus.cat/pluginfile.php/192701/mod_resource/content/1/06_4-%20-%20Chapa.pdf)
- [6] GOMA ALLATS, J.R. Tecnocampus.cat. Recuperat el 4 de gener de 2024, de [https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346930/mod\\_resource/content/1/01%20-%20T1%20-%20Introducci%C3%B3%20%28Cat%29.pdf](https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346930/mod_resource/content/1/01%20-%20T1%20-%20Introducci%C3%B3%20%28Cat%29.pdf)
- [7] LÒPEZ XARBAU, J. Tecnocampus.cat. Recuperat el 7 de març de 2024, de [https://aulavirtual.tecnocampus.cat/pluginfile.php/313192/mod\\_resource/content/1/1-3\\_Sensors\\_actuadors.pdf](https://aulavirtual.tecnocampus.cat/pluginfile.php/313192/mod_resource/content/1/1-3_Sensors_actuadors.pdf)
- [8] GOMA ALLATS, J.R. Tecnocampus.cat. Recuperat el 4 de gener de 2024, de [https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346937/mod\\_resource/co](https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346937/mod_resource/co)

- [tent/1/06%20-%20T3%20-%20Sistemes%20de%20Muntatge%20%28Cat%29%281%29.pdf](#)
- [9] GOMA ALLATS, J.R. (S. f.). Tecnocampus.cat. Recuperat 1 d'abril de 2024, de [https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346944/mod\\_resource/content/1/12%20-%20Transport%20i%20Emmagatzematge%20%28Catal%C3%A0%29.pdf](https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346944/mod_resource/content/1/12%20-%20Transport%20i%20Emmagatzematge%20%28Catal%C3%A0%29.pdf)
- [10] GOMA ALLATS, J.R. (S. f.-b). Tecnocampus.cat. Recuperat 1 d'abril de 2024, de [https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346945/mod\\_resource/content/1/13-%20Robots.pdf](https://aulavirtual2022.tecnocampus.cat/pluginfile.php/346945/mod_resource/content/1/13-%20Robots.pdf)
- [11] LÒPEZ XARBAU, J Tecnocampus.cat. Recuperat el 1 d'abril de 2024, de [https://aulavirtual.tecnocampus.cat/pluginfile.php/327726/mod\\_resource/content/0/1-6\\_Seguretat\\_en\\_maquines.pdf](https://aulavirtual.tecnocampus.cat/pluginfile.php/327726/mod_resource/content/0/1-6_Seguretat_en_maquines.pdf)
- [12] *CHAPA ALUMINIO EN AW 7075 T6 DE ESPESOR (RECORTES)*. (s. f.). Randrade.com. Recuperat 8 de gener de 2024, de <https://www.randrade.com/recortes/1454-chapa-aluminio-en-aw-7075-t6-de-espesor-recortes.html>
- [13] *Xina AISI 4340, 36CrNiMo4, 1.6511, EN24, 817M40, SNCM439 Fabricants de barres d'acer d'aliatge, proveïdors, fàbrica, exportador, venedor - Linkun*. (s. f.). Lksteelpipe.com. Recuperat 8 de Gener de 2024, de <https://ca.lksteelpipe.com/4340-alloy-steel-bar>
- [14] *Proveedores y fabricantes de acero de aleación de carbono 4820 - Fábrica de China - GNEE*. (s. f.). Marinesteels.com. Recuperat 8 de gener de 2024, de <https://www.marinesteels.com/structural-steel/alloy-carbon-4820-steel.html>
- [15] Usuario, S. (s. f.). *Fabricante Herramienta Corte IZAR*. Izartool.com. Recuperat l'1 de abril de 2024, de <https://www.izartool.com/es/>
- [16] 2024 Máquina de corte láser más valorada en venta - ADH Machine Tool. (s. f.). Máquina Herramienta ADH. Recuperat 1 d'abril de 2024, de <https://www.adhmt.com/es/productos/maquina-de-corte-por-laser/>
- [17] Joan. (2021, octubre 4). Calcular el tonelaje de plegado. Maquinaria Metalúrgica Feysama. <https://www.feysama.com/blog-metalurgica/calculo-tonelaje-plegado-plegadora/>

- [18] PP200 de Preada Nargesa SL. Recuperat el 1 d'abril de 2024, de <https://www.directindustry.es/prod/prada-nargesa-sl/product-24785-1823278.html>
- [19] iB-2000G - Fresadora CNC 3 ejes by AVEMAX. (s. f.). Directindustry.es. Recuperat 1 de abril de 2024, de <https://www.directindustry.es/prod/avemax/product-244050-2460402.html>
- [20] *Torno de Cabezal Fijo Decoletaje*. (s. f.). Cmz.com. Recuperat l'1 de abril de 2024, de <https://www.cmz.com/es/torno-cabezal-fijo-decoletaje-serie-tts/>
- [21] Tecnología, I. y. (2020, octubre 17). Pinzas y gripper para robots industriales. Innovación y Tecnología. <https://innovacion-tecnologia.com/robotica/pinzas-y-gripper-para-robots-industriales/>
- [22] *Next-gen PLC training*. (s/f). Factoryio.com. Recuperat el 25 de maig de 2024, de <https://factoryio.com/>
- [23] *Welcome to OpenPLC*. (s/f). Gitlab.Io. Recuperat el 25 de maig de 2024, de <https://openplcproject.gitlab.io/>
- [24] *Arena Simulation Software*. (s/f). Rockwell Automation. Recuperat el 25 de maig de 2024, de <https://www.rockwellautomation.com/es-es/products/software/arena-simulation.html>

