

Resum

L'origen del projecte sorgeix de la proposta realitzada pel Banc de Sang i Teixits amb la intenció de millorar els productes provinents de les donacions de sang i teixits de persones altruistes. En concret es desitja millorar el procés d'obtenció del pool de plaquetes.

El projecte descriu primer de tot com s'obté el pool de plaquetes a partir de la sang de diferents donants i s'estudia com està estructurat actualment el procés. És un procés poc ergonòmic per als operaris que hi treballen, per això els objectius principals seran millorar l'ergonomia i l'eficiència.

S'ha decidit automatitzar el procés per tal d'aconseguir els objectius proposats. És per això que s'ha dissenyat una màquina rotatòria indexada. S'ha estudiat quines especificacions mecàniques i electròniques hauria de tenir, sempre tenint en compte la millora en el lloc de treball i l'augment de la productivitat.

En el projecte s'inclou el disseny i la selecció dels elements mecànics i la selecció dels materials que compondran la màquina rotatòria indexada. També inclou el disseny electrònic i la descripció dels seus components.

A continuació s'ha fet una proposta de millora del procés actual d'obtenció del pool de plaquetes, redissenyant el procediment de treball per tal de millorar la qualitat tant del producte com del procés.

Finalment s'ha fet un estudi de la viabilitat econòmica, l'estudi d'impacte ambiental, els pressupostos i la programació del projecte tant de la fase de disseny com de la posta en marxa.

Tots els dissenys s'han dut a terme mitjançant el programari de disseny mecànic en 3D *SolidWorks*.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
1. GLOSSARI	5
2. PREFACI	7
2.1. Origen del projecte.....	7
2.2. Motivació.....	7
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1. Objectius del projecte	9
3.2. Abast del projecte	9
4. ESTAT DE L'ART	11
4.1. Procés d'obtenció de plaquetes.....	11
4.2. Màquina de connexions estèrils. TERUMO TSCD II.....	16
5. SITUACIÓ ACTUAL	17
5.1. Opinió operaris.....	18
6. ALTERNATIVES A LA SOLUCIÓ DEL PROBLEMA	19
6.1. Proposta final adoptada	21
7. DISSENY DE LA MÀQUINA	23
7.1. Disseny del sistema mecànic.....	23
7.1.1. Taula de treball.....	23
7.1.2. Taula indexadora.....	24
7.1.3. La base.....	27
7.1.4. Assemblatge de la taula giratòria indexada	29
7.1.5. Altres aspectes	32
7.2. Disseny del sistema elèctric	33
7.2.1. Polsadors.....	33
7.2.2. Controlador lògic programable	34
7.2.3. Entrades i sortides del PLC	37
7.2.4. Font d'alimentació.....	38
8. DISSENY DELS PENJADORS	39
9. DISSENY DEL NOU PROCÉS	41
9.1. Disposició dels elements.....	41
9.2. Explicació del procés.....	43

9.3. Avantatges i inconvenients del nou procés	44
10. ESTUDI DE SEGURETAT I RISCOS	45
11. VIABILITAT ECONÒMICA	47
12. IMPACTE MEDIAMBIENTAL	48
13. PRESSUPOSTOS	49
14. PLANIFICACIÓ	51
CONCLUSIONS	55
Opinió personal.....	55
AGRAÏMENTS	56
BIBLIOGRAFIA	57
Referències bibliogràfiques	57
Bibliografia complementària	58
Continguts del CD adjunt	58
ÍNDEX D'IL·LUSTRACIONS	59
ÍNDEX DE TAULES	61
ÍNDEX DE GRÀFIQUES	62

1. Glossari

BST: Banc de Sang i Teixits

PVC: Clorur de polivinil. Resina sintètica

IPU: Interim Platelet Unit. Unitat plaquetària provisional

FIFO: First in first out. El primer en entrar és el primer en sortir.

PLC: Controlador Lògic Programable

CPU: Unitat Central de Processament

HMI: Sistemes d'interacció humana

TFG: Treball de fi de grau

CA: Corrent alterna

CC: Corrent contínua

Leucòcits : glòbuls blancs

Hematies: glòbuls vermells

Capa leucoplaquetària (buffy coat): Component intermedi obtingut d'una unitat de sang total per centrifugació que conté la majoria de leucòcits i plaquetes de dita unitat.

2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

L'origen d'aquest projecte sorgeix de la proposta realitzada per part del Roberto Fernández, Cap d'operacions del Banc de Sang i Teixits. Amb la intenció d'obtenir de la forma més eficient i eficaç possible els productes provinents de les donacions altruistes (CHF, Plasma i Plaquetes), millorant el procés i tenint en compte a les persones que hi participen.

Va expressar la seva opinió de que l'actual procés d'obtenció del pool de plaquetes requeria ésser millorat, per tant es va decidir estudiar aquest procés i automatitzar-lo per tal de fer-lo més ergonòmic per als tècnics que hi treballen.

2.2. Motivació

L'autora d'aquest projecte, com a estudiant del Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials, creu que un projecte d'aquestes característiques es pot tractar com a treball final de grau. Com és un projecte que tracta diferents aspectes de l'enginyeria com és la mecànica, l'electrònica, o l'optimització dels processos; es creu que serà interessant dur-lo a terme per tal d'aprofundir en els coneixements que s'han adquirit al grau i triar quina especialitat s'estudiarà més endavant al màster. També es creu que en aquest projecte es podran dur a terme totes les tasques de disseny d'un projecte d'enginyeria de la vida real, fet que el fa un projecte molt interessant.

3. Introducció

El Banc de Sang i Teixits de Catalunya és un dels bancs de sang més innovadors del món. És un banc que prové d'una fusió a principis dels 2000 de tots els bancs de sang de Catalunya. Actualment està en procés d'una agrupació dels teixits de pacients morts de tota Catalunya, que culminarà amb la integració durant el 2016. El BST va creixent dia a dia i això implica la necessitat d'aplicar noves tecnologies i de millorar els diferents processos que es duen a terme, barrejant i coordinant pensament científic, medicinal i tècnic.

Amb aquest projecte es proposa millorar un dels processos que es duen a terme actualment en la separació dels diferents components de la sang, en concret en l'obtenció del pool de plaquetes. Aquests pools de plaquetes obtinguts al BST serviran per a transfusions a malalts de càncer i leucèmia i per a prevenció d'hemorràgies.

Un dels aspectes a millorar amb aquest projecte és evitar el cansament per desplaçament, acció que consumeix energia i temps, però que malauradament no aporta valor. Avui en dia els tècnics que realitzen aquest procés han de recórrer una mitja de mig quilòmetre al dia, i mitjançant la solució que es proposa en aquest projecte es pretén que puguin dur a terme la seva feina de forma més ràpida i ergonòmica.

3.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal és, com s'ha dit anteriorment, millorar un dels processos que es realitzen al BST mitjançant el disseny d'una màquina que permeti millorar el procediment de realització de connexions estèrils al pool de plaquetes. De manera paral·lela es vol aconseguir millorar les condicions d'ergonomia i eficiència actuals, per tant, implicaria una millora en la qualitat.

Objectius específics:

Aprendre sobre un camp que encara no està gaire desenvolupat des del punt de vista de l'enginyeria, com és el procés d'extracció de la sang i el seu posterior processament.

Poder dur a terme un projecte d'enginyeria basat en un cas real i tenir una visió clara i global de com es dissenya i s'executa un projecte.

3.2. Abast del projecte

En aquest projecte s'estudiarà el procés de tractament de la sang i d'obtenció del pool de plaquetes. Es durà a terme un estudi exhaustiu d'aquest procés per veure quins són els punts que es necessiten millorar i es buscarà una solució a aquests.

Seguidament es dissenyarà una màquina per tal d'automatitzar una part del procés. Aquesta ha



de permetre realitzar la feina a l'operari de la forma més ergonòmica possible.

Es buscarà que el disseny sigui ergonòmic per a l'operari i què s'augmenti l'eficiència del procés.

S'estudiarà el disseny mecànic que ha de tenir la màquina, optimitzant el material a utilitzar i calculant els esforços als que estarà sotmesa. També s'estudiaran els diferents tipus de motors i configuracions mecàniques. Finalment s'estudiarà quins components electrònics són necessaris.

Tot això buscant que la solució sigui econòmicament viable. A més a més es farà un estudi del l'impacte ambiental, dels pressupostos i la programació del projecte.

4. Estat de l'art

4.1. Procés d'obtenció de plaquetes

El procés s'inicia amb les donacions que arriben a l'edifici central del BST de Barcelona procedents de tota Catalunya, tant d'un poble petit de la Vall d'Aran, com una ciutat costera del delta de l'Ebre. Cada dia arriba una mitja de 1.000 donacions. Aquestes arriben entre les 22 hores i les 5 del matí.

Les donacions es separen en campanyes de matí, migdia, tarda i nit per poder fer un FIFO ("first in first out") des de l'extracció i obtenir una millor qualitat dels components sanguinis un cop fraccionada la sang. En cada bossa de sang hi ha 450cc.± 10% de sang del donant.

Primerament es pesa i es mesura la temperatura de cada bossa de sang total, la qual ha d'estar entre 20°C i 24°C, en menys de quatre hores des de l'extracció s'hauria d'haver arribat a aquesta temperatura, atès que és la temperatura de conservació òptima del plasma i les plaquetes i aquesta temperatura s'hauria de mantenir constant fins al seu processament.

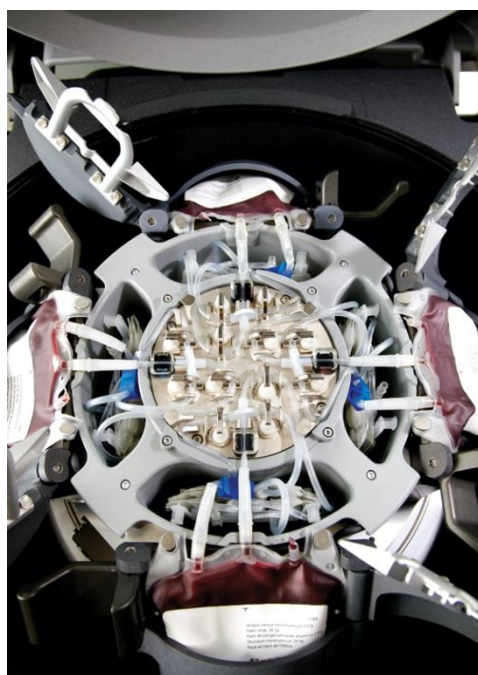
A la nit es comença a fraccionar, amb la metodologia FIFO, és a dir, primer es fraccionarà la sang provinent de campanyes del matí i es deixarà per al final la provinent de campanyes de la nit.

La sang es fracciona en quatre components:

- Concentrat d'hematies
 - Format majoritàriament per glòbuls vermells.
 - Conté hemoglobina, hematòcrit.
 - Es guarda fins a 42 dies a la cambra frigorífica a una temperatura entre 2 i 6°C.
 - S'utilitzarà a:
 - Operacions i transplantaments d'òrgans
 - Anèmies
 - Hemorràgies
- Plasma
 - El plasma està format en un 90% per aigua i el 10% restant són proteïnes plasmàtiques com l'albumina, les globulines i els fibrinògens.
 - Es guarda fins a tres anys a una cambra frigorífica a 30°C negatiu.
 - És el component crític, ja que la proteïna es degrada conforme van passant les hores. Per això és important utilitzar el sistema FIFO i congelar el plasma el més aviat possible.
 - Es pot utilitzar directament a la transfusió o destinar-lo a l'obtenció de proteïnes que s'utilitzaran per al tractament de diverses malalties.

- IPU (Interim Platelet Unit)
 - Composit per les plaquetes del donant i 30 ml de plasma.
 - Només es poden conservar 24 hores.
 - A partir de l'IPU de diferents donants i una solució conservadora s'obté el pool de plaquetes
 - El pool de plaquetes es pot conservar fins a cinc dies.
 - El pool de plaquetes es transferirà a:
 - Malalts de càncer i leucèmia
 - Prevenció i tractament d'hemorràgies
- Leucòcits
 - Són els glòbuls blancs
 - Són descartats directament.

El principi bàsic de la separació de components sanguinis és la centrifugació. Les diferents cèl·lules que componen la sang presenten diferents mides i densitat. El fraccionament es duu a terme en unes màquines centrifugadores especialitzades, denominades REVEOS.

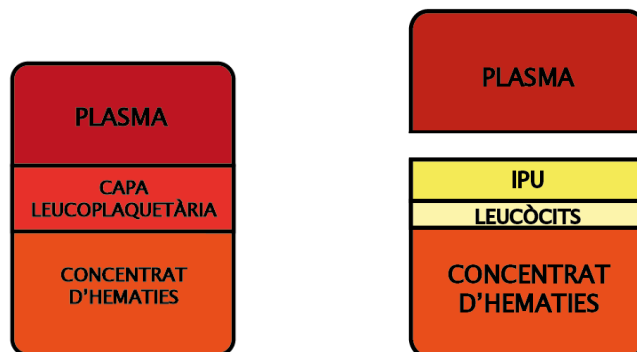


Il·lustració 4.1. Màquina centrifugadora REVEOS

Primer es duu a terme una centrifugació a 3.000 min^{-1} on es separa el plasma, el qual estarà situat a la zona superior. A la zona inferior es troba el concentrat d'hematies i al mig la capa leucoplaquetària.

A continuació, es realitza una altra centrifugació més suau, a 800 min^{-1} , on es separen les plaquetes dels leucòcits i el concentrat d'hematies. La mateixa màquina centrifugadora realitza el transvasament a les bosses satèl·lits que acompanyen a la bossa utilitzada a la donació. Després cada tipus de component tindrà el seu propi procés de filtració, conservació i

etiquetatge.



Il·lustració 4.2. Separació dels diferents components de la sang a la primera i segona centrifugació

Dels quatre components en que es fracciona la sang, aquest projecte només estudiarà el post-procés dels IPU.

Un cop s'han obtingut els IPU, abans de poder ajuntar-los per poder fer el pool de plaquetes han d'estar una hora en repòs i dues en moviment, a temperatura ambient. Primer s'ha de deixar reposar atès que les plaquetes surten excitades de la centrifugació. Quan ha transcorregut l'hora de repòs, s'han de posar en moviment per a que les plaquetes no s'agreguin elles mateixes.



Il·lustració 4.3. Sacseig i repòs dels IPU

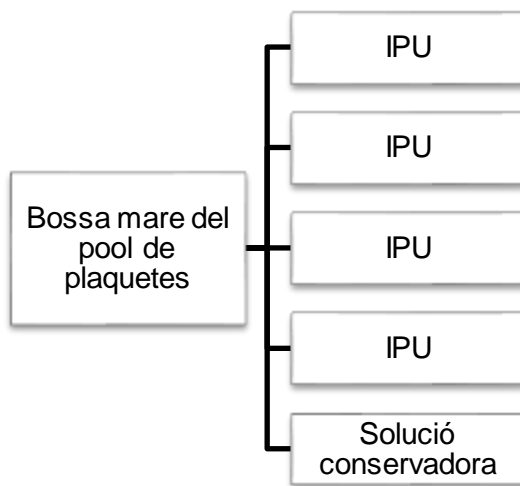
Posteriorment un tècnic agafa els IPU, els etiqueta un a un mitjançant un ordinador i els separa en grups. Aquests grups són els quatre diferents grups sanguinis A, B, AB i O, i distingint també entre Rh positiu i negatiu. Per tant els IPU es separen en vuit grups diferents.

Cada dia als operaris els arriba un full amb l'estoc que hi ha disponible i el número de pools de plaquetes que han de realitzar, seguint el que marca la demanda, deixant una mitjana d'estoc de 120 pools de plaquetes. D'aquesta manera no es faran més dels necessaris, promovent la caducitat d'un component de vida útil curta.



Il·lustració 4.4. Ordinador per etiquetar els IPU

Un pool de plaquetes està format per quatre bosses d'IPUs i una solució conservadora.



Gràfica 4.1. Composició d'un pool de plaquetes

En cada bossa d'IPUs s'indica el número de plaquetes que conté, i la suma total del número de plaquetes de les bosses de IPU ha de ser $3,2 \cdot 10^{11}$. Si els IPU s'han mantingut a la temperatura adequada amb quatre bosses d'IPUS s'aconseguirà aquest número.

Les quatre bosses d'IPUs i la solució conservadora es connecten a una bossa mare, mitjançant un pop amb sis connexions. Per a fer la connexió dels tubs s'utilitza una màquina específica

que permet fer connexions estèrils (TSCD II). Un cop s'han fet les cinc connexions es penjen les bossetes a un penjador per tal de que per gravetat la solució conservadora passi als quatre IPU, al cap de 30 segons, es dóna la volta i es farà passar la barreja per un filtre autoreductor per a separar els leucòcits, els quals es descartaran.



Il·lustració 4.5. Pools de plaquetes penjats al penjador

Al cap de 25 minuts quan totes les plaquetes ja estan a la bossa mare, amb una altra màquina anomenada T-SEAL II es realitza la segmentació i el segellat de la bossa. Posteriorment es desen els pools de plaquetes a temperatura de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i es poden conservar fins a cinc dies.



Il·lustració 4.6. T-SEAL II. Aparell que realitza la segmentació i segellat de la bossa

4.2. Màquina de connexions estèrils. TERUMO TSCD II

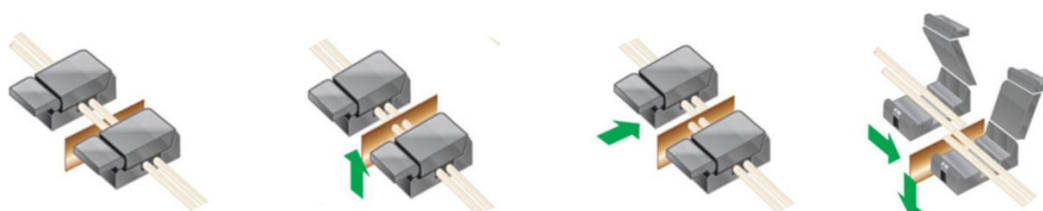
L'equip que s'utilitza per soldar els tubs al pop és el model TSCD II de l'empresa TERUMO. Aquest aparell crea connexions tancades de PVC tant per tubs mullats com secs. Les fulles s'escalfen fins a 300°C, aquesta temperatura manté l'esterilitat durant el tall i soldadura del tub.



Il·lustració 4.7. Terumo TSCD II

El tècnic ha de col·locar els dos tubs que es desitgen connectar i tancar la pestanya platejada, seguidament al prémer el botó verd, la màquina talla els tubs amb una fulla i per intensitat les solda. Un cop fet el tall la fulla es rebutja. Es triguen 15 segons en dur a terme aquest procés. Un cop han transcorregut els 15 segons es pot realitzar una nova connexió.

A la següent figura es pot observar com es fa el tall del tubs per a la seva posterior soldadura.



Il·lustració 4.8. Procés de tall dels tubs amb la màquina TSCD II

Aquestes màquines s'han de netejar un cop al dia o quan hi ha una fuga. Es netegen amb aigua i sabó i posteriorment amb alcohol, per tal de desinfectar.

Per a obtenir un pool de plaquetes es necessiten fer 5 connexions, quatre per unir els IPU's i la cinquena per unir la solució conservadora.

5. Situació actual

El BST disposa de quatre màquines per a dur a terme la connexió estèril entre tubuladures. Això permet crear dos o quatre pools de plaquetes a la vegada i en conseqüència optimitzar el treball.

Actualment aquestes quatre màquines estan situades una al costat de l'altra en una taula que fa 165 centímetres de llarg, tal i com es pot observar a la il·lustració 5.1.



Il·lustració 5.1. Disposició actual de la taula amb les quatre màquines de connexions estèrils

Per a l'explicació del procés actual s'anomenaran les màquines TSCD II M1, M2, M3 i M4, començant per la de l'esquerra i acabant per la de la dreta.

El tècnic realitza dos pools de plaquetes a la vegada, s'anomenaran pool_A i pool_B. Cada pool necessitarà 5 connexions, per tant es realitzaran deu connexions en total.

El tècnic comença realitzant la primera connexió estèril del pool_A a la M1, cada connexió triga 15 segons en realitzar-se. Mentre s'està duent a terme aquesta connexió el tècnic passa a realitzar la segona connexió del pool_A a M2, seguidament realitza la primera connexió del pool_B a M3 i finalment duu a terme la segona connexió del pool_B a M4. En realitzar aquestes quatre connexions el tècnic ha recorregut 1,65 metres que és el que mesura la taula on estan situades les TSCD II. Seguidament passarà a fer les connexions 3 i 4 dels pools pool_A i pool_B, i recorrerà 1,65 metres per anar des de M4 a M1 i un altre cop 1,65 metres per realitzar les 4 connexions. Seguidament haurà de realitzar la cinquena connexió de pool_A i pool_B i les realitzarà a les màquines M1 i M3. Un cop fetes totes les connexions haurà de penjar els dos pools als penjadors.

Un cop realitzats els dos pools el tècnic ha recorregut una distància de 10,57 metres.

Tenint en compte que un mateix operari realitza una mitja de 60 pools al dia, vol dir que recorrerà 317 metres en un dia per fer les connexions estèrils del pool de plaquetes.

Màquines				Distància [m]	
M1	M2	M3	M4	Anada	Tornada
Connexió 1 Pool_A	Connexió 2 Pool_A	Connexió 1 Pool_B	Connexió 2 Pool_B	1,65	1,65
Connexió 3 Pool_A	Connexió 4 Pool_A	Connexió 3 Pool_B	Connexió 4 Pool_B	1,65	1,65
Connexió Pool_A		Connexió 5 Pool_B		1,235	1,235
Penjar Pool_A				0,5	0,5
				Penjar Pb	
				0,5	
TOTAL [m]				10,571	

Taula 5.1. Resum distància recorreguda en fer dos pools de plaquetes

També cal dir que actualment aquest procés es realitza en una taula de 0,7 metres d'alçada, si l'alçada mitja d'una persona espanyola és 174 cm els homes i 163 cm les dones vol dir que qualsevol operari que faci aquesta feina haurà de treballar en una mala posició.

El fet de què l'operari hagi de recórrer cada dia aquesta distància és un inconvenient que acaba pagant tant la persona com l'empresa. Per això aquest projecte es proposa trobar una solució més ergonòmica per a l'actual procés i d'aquesta manera reduir les baixes laborals per un ús d'eines de treball inadequades.

5.1. Opinió operaris

S'ha parlat amb dues operaries sobre el procés actual, per veure que en pensen i si els hi agradaria canviar alguna cosa.

Les dues coincidien en que és una feina molt mecànica i que al final del dia s'acaba fent feixuga. El fet de que la taula no sigui de l'alçada idònia per treballar i la necessitat de fer la feina amb rapidesa per a complir amb l'estoc marcat també provoca malestar a les lumbars i cervicals.

No només és incòmode l'actual disposició de la taula, sinó que també la col·locació dels penjadors els fa perdre el temps, creuen que seria molt més còmode que aquests estiguessin automatitzats i no els haguessin de girar manualment.

Preferirien fer el procés assegudes, però amb l'actual sistema no ho conceben, també es veritat que mai s'havien plantejat que el procés pogués canviar per tal de fer-lo més ergonòmic.

6. Alternatives a la solució del problema

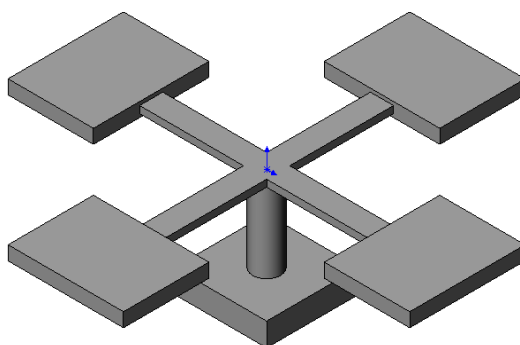
Fa deu anys al Banc de Sang només hi havia una màquina que permetés dur a terme les connexions estèrils del pool de plaquetes. Amb la intenció de millorar l'eficiència i la producció es va decidir comprar tres màquines més i tenir un sistema amb quatre màquines. El fet de tenir quatre màquines permetia aprofitar el temps que es triga en fer una connexió, ja que s'anaven fent diverses connexions a la vegada i quan s'arribava a la primera màquina un altre cop ja havien passat els 15 segons. Per tant s'havia creat un procés més eficient que aprofitava els temps d'espera. Però això provocava que el tècnic s'hagués de desplaçar una mica menys de mig quilòmetre al dia.

Una alternativa seria deixar el procés tal i com està o tornar a tenir només una màquina. Però amb una màquina no es poden complir les demandes pic i amb quatre existeix el problema de la mobilitat. Per tant s'han estudiat diverses solucions per a seguir tenint quatre màquines i solucionar el problema existent actualment.

Es va decidir dissenyar una màquina que permetés a l'operari dur a terme la seva feina sense haver de desplaçar-se d'un cantó a l'altre.

Primer de tot es va estudiar la forma que hauria de tenir la màquina i es van plantejar dues opcions.

El primer disseny consistia en una màquina tipus revòlver amb quatre estacions, a la il·lustració 6.1. es pot veure un dibuix esquemàtic. A sobre de cada estació aniria situada una de les quatre màquines TSCD II. L'operari estaria assegut davant una de les estacions, i la màquina aniria girant 90° per tal de que l'operari pogués fer la seva feina.



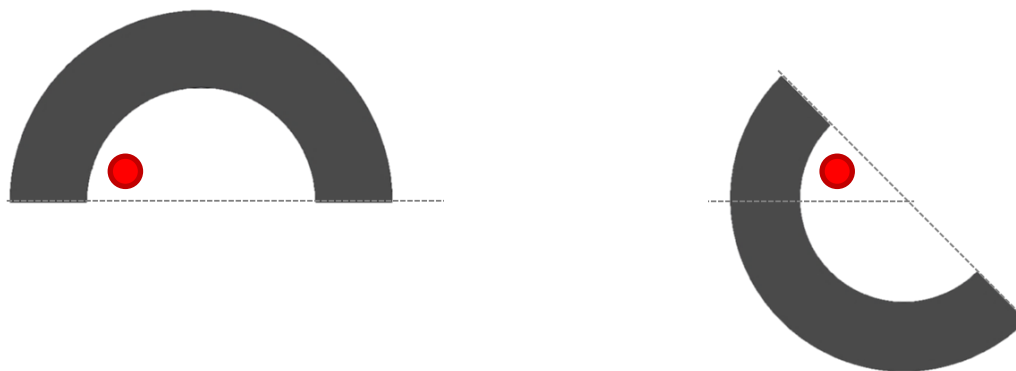
Il·lustració 6.1. Disseny màquina tipus revòlver

El segon disseny consistia en una màquina tipus mitja lluna, a la il·lustració 6.2. podem veure la forma que aquesta tindria.

Després d'estudiar aquestes dues configuracions, es va decidir que la segona opció era millor ja que ocupava menys espai i l'operari sempre es trobaria a prop de totes les màquines. Així en cas que es produís un problema en una màquina que no s'està utilitzant en aquell mateix instant podria dur a terme una actuació immediata. La primera opció tampoc seria una bona solució ja que al girar sempre en el mateix sentit s'hauria d'idear algun mecanisme per a que no s'enrotlessin els cables.

Un cop s'havia triat la forma que tindria la taula s'havia d'estudiar el moviment que realitzaria.

La taula realitzaria un arc de 135° girant en sentit antihorari, a la següent il·lustració es pot veure la posició inicial, a l'esquerra, i la posició final, a la dreta. També es pot observar la posició de l'operari en vermell. La taula realitzarà tres parades, una cada 45° , i retornarà a la posició inicial.



Il·lustració 6.2. Posició inicial i final de la màquina mitja lluna amb la posició de l'operari en vermell

Seguidament es va estudiar la solució més viable per donar-li aquest moviment. En aquest cas es van estudiar quatre possibles solucions:

Solució A:

Posar un mecanisme de taula giratòria al centre i mitjançant tres braços subjectar la taula.

Aquesta no era una bona opció ja que el motor hauria d'estar situat al centre de la circumferència, i és precisament on s'hauria de seure la persona. La única forma de solucionar aquest problema és fent fixa la cadira. Aquesta no és una bona solució ja que es busca que l'operari es pugui moure lliurement amb la cadira per tal de facilitar la feina a l'hora de penjar les bosses de sang o a l'hora d'agafar-ne de noves.

Solució B:

Dissenyar un tren d'engrenatges, d'aquesta forma el motor no hauria d'estar situat a l'espai de treball de la persona.

Encara que aquesta opció solucionava el problema de proporcionar el gir des del centre de la circumferència que forma la taula, construir un engranatge de diàmetre dos metres sortiria molt car, ja que no se'n fabriquen i s'hauria de demanar expressament.

Solució C:

Utilitzar el mecanisme conegut com a Roda de Ginebra o Creu de Malta. Aquest mecanisme permetria aconseguir la rotació de la taula i tenir lliure la zona central. Però s'hauria d'estudiar la forma de fixar la taula, ja que es té un cas d'holonomia i per tant hi hauria un grau de llibertat lliure, això vol dir que la taula no es desplaçaria com es desitja.

Una opció per solucionar aquest problema seria fer una guia per la que s'hauria de moure la taula, és a dir, com si la taula seguís unes vies d'un tren. Aquesta solució trauria el grau de llibertat.

Solució D:

Fer una guia per on es mouria la taula, per tal de que sempre realitzi el mateix recorregut.

En aquest cas en lloc de proporcionar el moviment mitjançant engranatges o la creu de malta, es col·locarien tres parells de rodes, i un parell d'elles serien les rodes motrius, és a dir, mitjançant un motor es proporcionaria el moviment rotatori a la taula.

Solució E:

Canviar el concepte que s'havia tingut fins ara de taula de mitja lluna i fer una taula rodona, això és una solució semblant a la proposada inicialment amb la màquina revòlver. Amb aquesta solució el diàmetre de la taula podrà ser inferior i es podrà dotar a la taula de rotació central, cosa que permetrà no haver de fer una guia per la qual s'hagi de moure la taula i per tant simplificarà la solució.

6.1. Proposta final adoptada

La proposta adoptada ha sigut la solució *E*, a partir d'aquest moment a aquesta solució se l'anomenarà taula rotatòria.

S'ha triat aquesta solució perquè és la que millor solucionava el problema que s'havia plantejat inicialment.

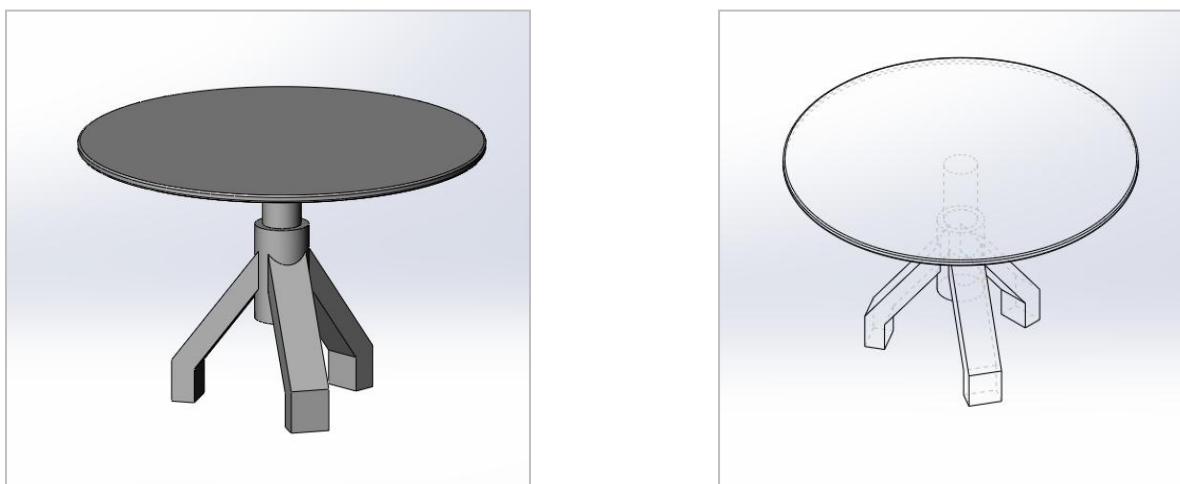
Els avantatges d'aquesta solució respecte a les altres són:

- És la taula que disposava d'un diàmetre inferior i per tant menor espai de zona de treball.

- En la opció de mitja lluna, un cop s'arribava a la quarta màquina TSCD II s'havia de tornar a la posició inicial per poder fer una nova connexió. Al no haver de tornar a la posició inicial, requereix menor temps i menor ús del motor, per tant més eficiència i eficàcia.
- Encara que ergonòmicament totes les solucions eren vàlides, en la solució adoptada hi ha menys problemes de seguretat i riscos, atès que al ser una taula rodona no existeix la possibilitat de que una persona es col·loqui en el recorregut de la taula i rebi un cop, cosa que podria passar en el cas de les propostes que disposaven la forma de mitja lluna.

La solució consisteix en realitzar una taula rotatòria amb forma circular, aquesta taula permetrà la rotació en els dos sentits i s'anirà aturant cada 90° per tal de que l'operari pugui dur a terme la seva feina a cada estació.

A les següents figures es pot observar com serà aquesta taula.



Il·lustració 6.3. Vistes dimètrica i isomètrica de la taula

Com el pes total de les quatre màquines TERUMO i la taula és al voltant dels 50 kg no serà necessari un motor de gaire potència. Es per això que no hi haurà problemes de soroll ni els costos seran gaire elevats.

El motor haurà de permetre el moviment en sentit horari i antihorari. A més a més s'haurà de tenir en compte que la taula es desplaci a velocitat constant i sense realitzar moviments bruscs. També s'haurà de tenir en compte que el motor ha de permetre l'aturada de la taula cada 90° i que l'operari pugui controlar els segons d'aturada.

A l'apartat de disseny s'estudiaran les especificacions mecàniques i del motor d'aquesta proposta.

7. Disseny de la màquina

En aquest apart s'estudiarà el disseny mecànic que haurà de tenir la taula. També s'estudiarà el motor que haurà de dur per tal de moure's a la velocitat desitjada i es miraran quins components electrònics seran necessaris.

Un cop definida la màquina mecànica i electrònicament es farà una descripció dels materials dels components principals.

7.1. Disseny del sistema mecànic

En aquest apartat es descriu el disseny del sistema mecànic que s'ajusta a les principals necessitats del procés d'obtenció del pool de plaquetes, tenint en compte que ha de ser ergonòmic per a l'operari, de fàcil manteniment i no suposar cap risc de seguretat per als usuaris.

El sistema mecànic està constituït principalment per tres parts:

- La taula de treball
- El mecanisme de taula rotatòria indexada
- La base

7.1.1. Taula de treball

S'anomena taula de treball a la xapa superior on aniran col·locades les quatre màquines TSCD II. La xapa superior estarà feta d'acer inoxidable i consisteix en un cercle de diàmetre 1,05 metres i 5 mm de gruix. Aquest diàmetre s'ha triat tenint en compte les mesures de les màquines TSCD II, i l'espai que necessita l'operari per treballar.

En la següent taula es poden veure les mesures d'una màquina TSCD II.

Màquina connexions estèrils	Amplada [mm]	Alçada [mm]	Profunditat [mm]
Sense ales	224	177	342
Amb ales ¹	480	177	342

Taula 7.1. Dimensions de les màquines TSCD II

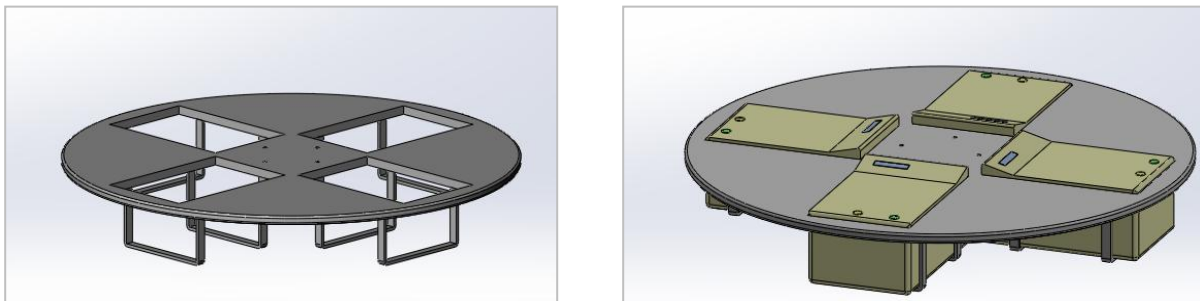
S'ha decidit fer uns forats rectangulars a la xapa per tal que la part superior de la TSCD II quedi a la mateixa alçada que els braços de l'operari. Aconseguint una millora en l'ergonomia. Per tant les TSCD II s'instal·laran sense ales.

A la zona central de la xapa s'han fet sis forats per tal de poder-la fixar a la taula indexadora.

¹ La màquina TSCD II té dues ales als extrems, les quals són extraïbles. Veure il·lustració 4.7.

També cal dir que la xapa s'ha decidit fer-la amb els cantons arrodonits per tal de que no hi hagi cantonades vives que puguin suposar un risc per a l'operari.

A la següent il·lustració es pot observar com quedaria la xapa amb i sense les TSCD II.



Il·lustració 7.1. Xapa sense les TSCD II (a l'esquerra) i amb TSCD II (a la dreta)

7.1.2. Taula indexadora

El mecanisme de taula giratòria indexada és un sistema de posicionament rotatiu que satisfà perfectament la necessitat que es tenia en aquest cas.

Per tal de triar quin tipus de taula indexadora es necessita s'han hagut de calcular alguns paràmetres.

Xapa:

- Massa: 25,85 kg
- Inèrcia: 3,87 kg·m²
- Diàmetre: 1,05 m

TSCD II:

- Massa: 6,5 kg
- Inèrcia: 0,09 kg·m²
- Distància entre la càrrega i el centre de la taula: $d_{c-t} = 0,30$ m

Acceleració angular del sistema: $\alpha = 3,15$ rad/s²

Inèrcia total del sistema: $I_{tot} = I_{taula} + 4 \cdot (I_{càrrega} + m_{càrrega} \cdot d_{c-t}^2) = 6,57$ kg·m²

Parell resistent del sistema: $T_a = I_{tot} \cdot \alpha = 20,70$ Nm

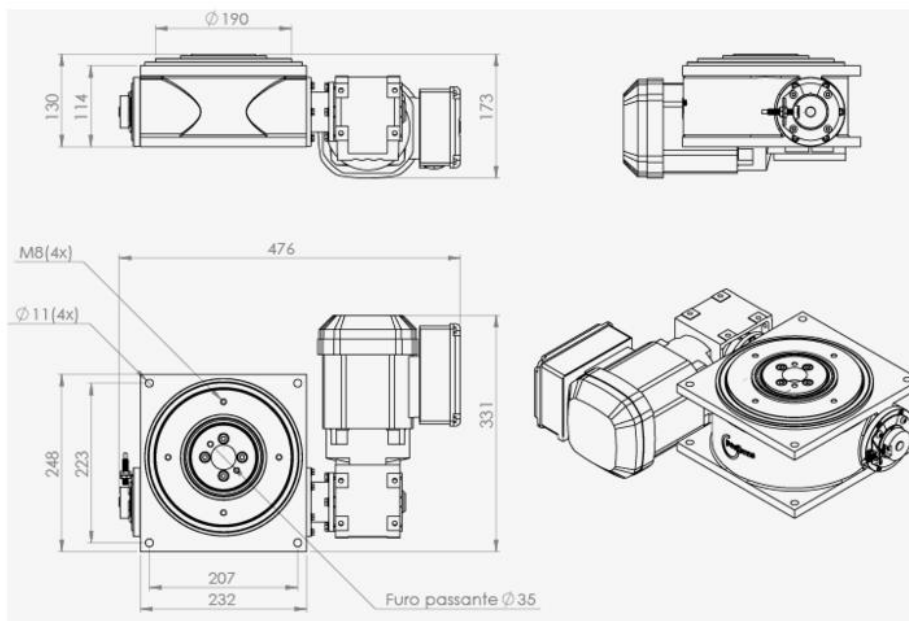
Per a triar el motor que proporcionarà el moviment rotatori a la taula s'han estudiat diferents tipus de taules indexadores i plats divisors, on el moviment era proporcionat per motors o per sistemes neumàtics.

Després de fer un estudi dels diferents models que es podien utilitzar, s'ha triat el model M190 de l'empresa Posibras. Per a la tria d'aquest model s'ha tingut en compte el període d'indexació, la velocitat de rotació, la força axial que haurà de suportar i les inèrcies de la taula i

les càrregues.

La taula indexadora es compon per un motor elèctric, un motor reductor i un plat d'indexació fixat a quatre parades per gir.

A la següent figura es pot veure les dimensions de la taula indexadora i cadascun dels forats que porta per tal de poder-la fixar al suport i a la placa superior que farà de taula de treball.



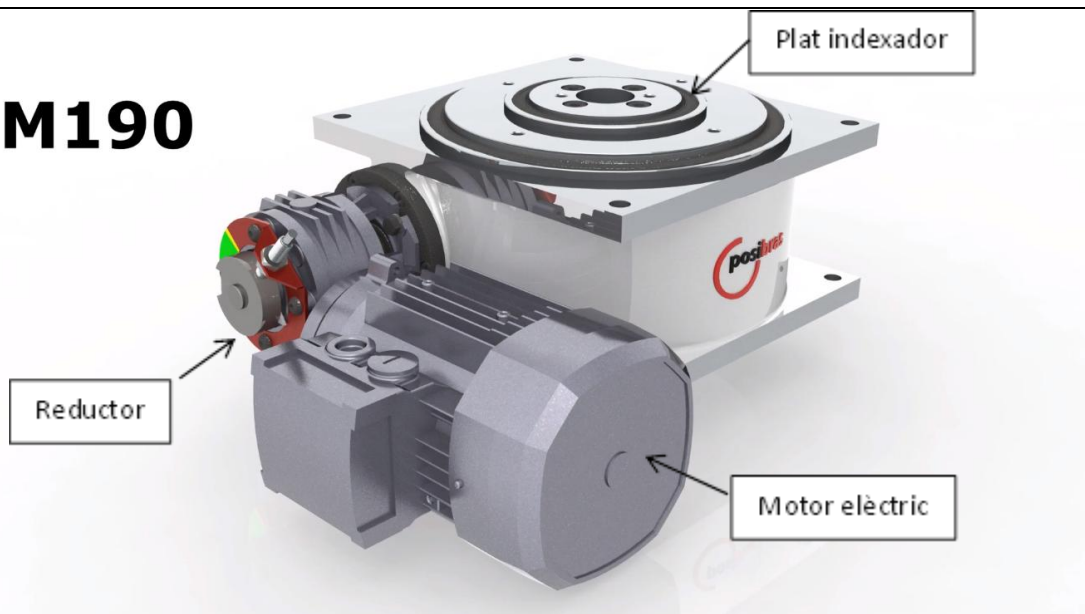
Il·lustració 7.2. Dimensions de la taula indexadora

A la següent taula es descriuen les principals característiques tècniques de la taula indexadora.

Característiques tècniques	
Diàmetre del plat giratori:	190 mm
Direcció de la rotació:	Horari, antihorari o ambdós
Quantitat de passos per gir:	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 o 32
Tensió:	220 V / 380 V
Potència del motor:	0,06 kW
Pes sense el motor reductor:	aprox. 18 kg
Pes amb motor reductor:	aprox. 23 kg
Precisió de les parades:	±0.02 mm.
Diàmetre de l'eix passant:	35 mm
Càrrega màxima vertical:	1.000 kg
Parell màxim:	340 Nm

Taula 7.2. Característiques tècniques de la taula indexadora

M190

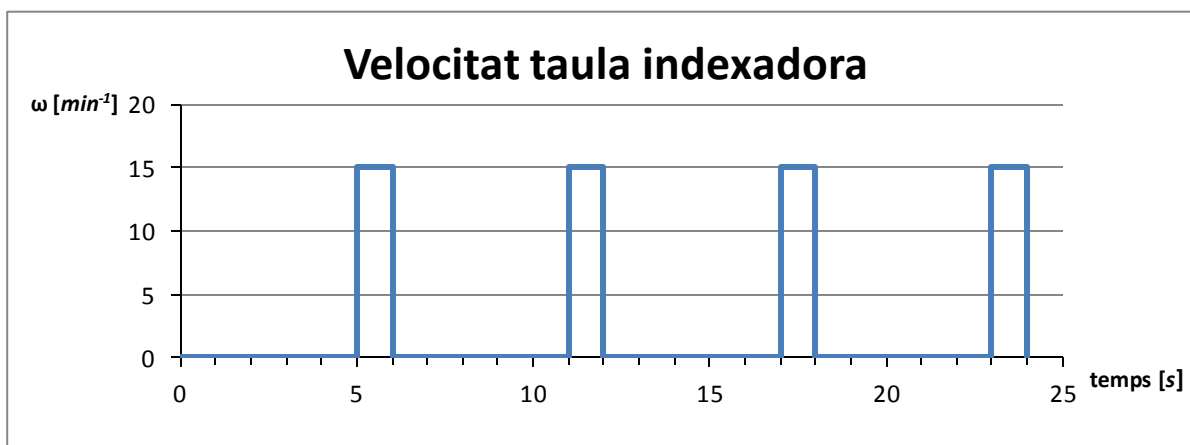


Il·lustració 7.3. Mecanisme de taula rotatòria indexada de l'empresa Posibras model M190

Funcionament de la taula indexadora

El motor elèctric de la taula indexadora transformarà l'energia elèctrica en energia mecànica, fet que permetrà dotar de rotació a la taula. Aquest moviment rotatori serà estable, robust i permetrà l'aturada de la taula cada 90°, per tal de que l'operari pugui dur a terme la soldadura dels tubs.

En una volta la taula haurà dut a terme 4 parades, aquestes parades estaran fixades a 5 segons, però podrà ser regulat per l'operari. El temps de moviment entre una estació i la següent serà d'un segon. Al següent gràfic es pot veure la velocitat angular de la taula indexadora i les diferents parades que va realitzant en la primera volta.



Gràfica 7.1. Velocitat angular de la taula indexadora en funció del temps

7.1.3. La base

La base ha de ser capaç de suportar els esforços que provocarà la taula indexadora. És per això que s'ha fet un estudi de les pressions i tensions que suportarà la base.

Per a fer aquest estudi s'ha tingut en compte el pes de la xapa, de les quatre màquines TSCD II, el cilindre que connecta la xapa amb el mecanisme de taula indexadora, la taula indexadora i la capsa on està situada.

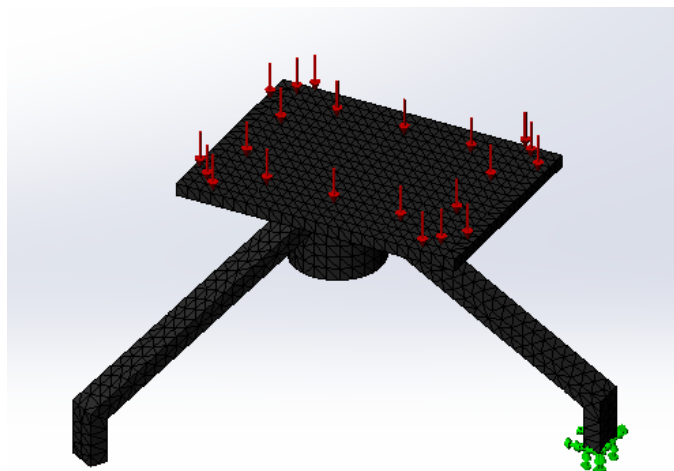
A la següent taula es mostren les diverses forces exercides per cada element.

Element	Força [N]
Xapa	253,29
4xTSCD II	255,06
Connexió	120,86
Motor M190	225,63
Capsa	230,83
TOTAL	1085,67

Taula 7.3. Forces exercides per cada element

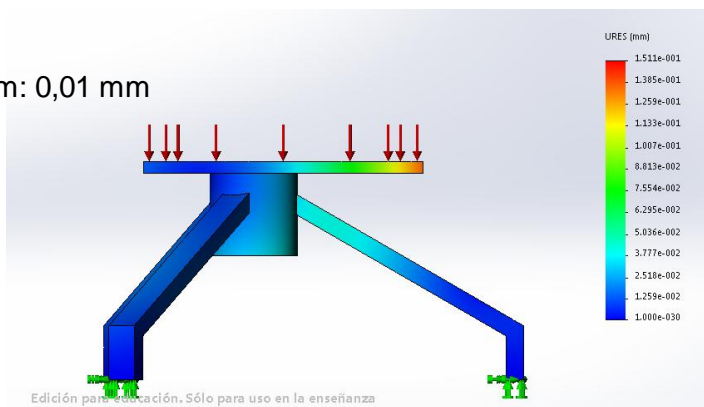
S'ha calculat la tensió de Von Mises, ja que es tracta d'un material dúctil, la deformació i el desplaçament. Per a fer els càlculs s'ha calculat la pressió total exercida a la base per els altres elements, i mitjançant el programa *SolidWorks* s'ha realitzat un mallat i s'ha fixat la part inferior de les potes.

A les següents il·lustracions es pot veure el mallat i els diferents resultats.

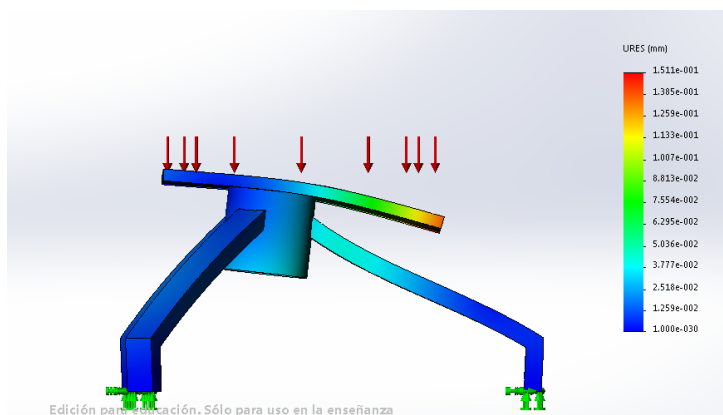


Il·lustració 7.4. Mallat i pressions aplicades a la base

Desplaçament màxim: 0,01 mm

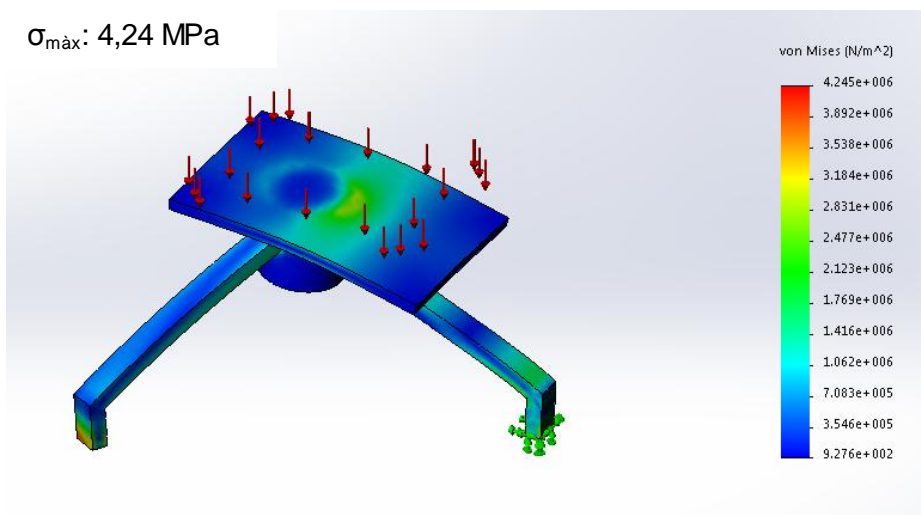


II-lustració 7.5. Desplaçaments reals de la base

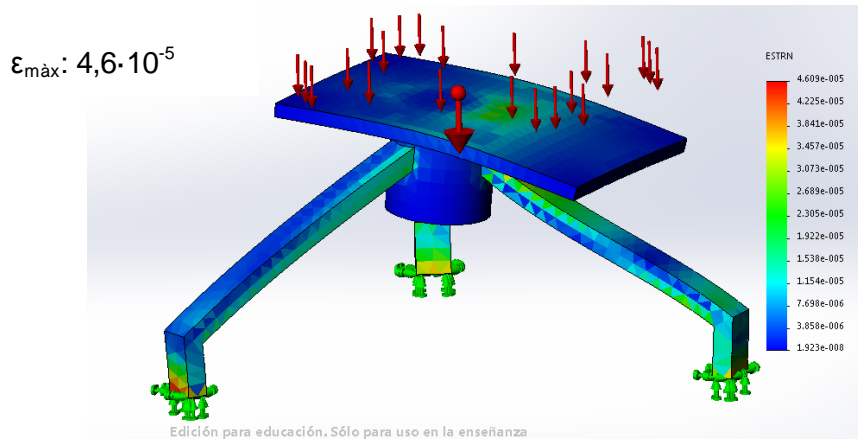


II-lustració 7.6. Dibuix exagerat dels desplaçaments de la base

$\sigma_{\text{m}\grave{\text{a}}\text{x}}$: 4,24 MPa



II-lustració 7.7. Tensió equivalent de Von Mises



Il·lustració 7.8. Deformacions

7.1.4. Assemblatge de la taula giratòria indexada

Primer de tot es situarà la base que anirà fixada al terra de formigó a través del terra tècnic. Aquest aspecte no forma part de l'abast d'aquest projecte.

A sobre de la base es fixarà la taula indexadora mitjançant 4 reblons d'acer de mètrica M8. La taula estarà coberta per unes plaques de metall, que s'han anomenat caps i aniran soldades a la base.

A la zona superior de la taula indexadora, mitjançant reblons, es col·locarà un cilindre d'acer inoxidable. A sobre del cilindre es col·locarà la xapa d'acer inoxidable on aniran situades les quatre màquines TSCD II.

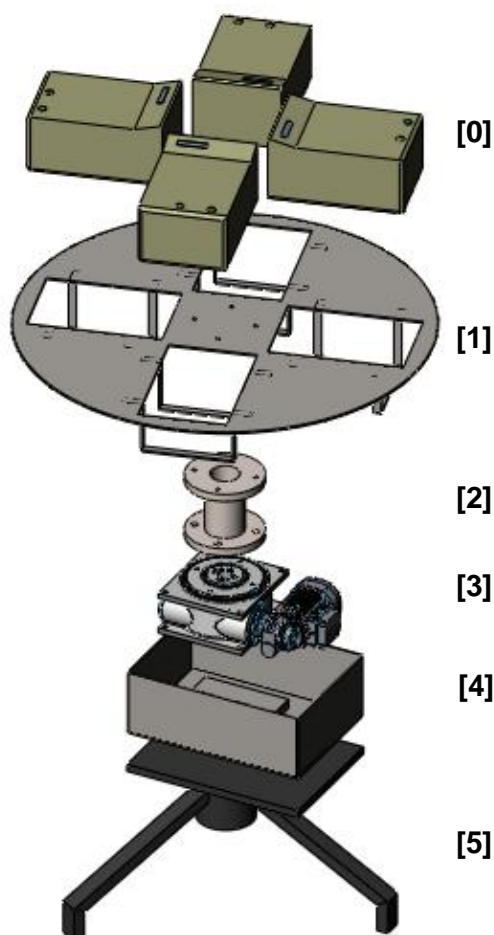
En l'entorn sanitari es procura sempre treballar en les condicions més nètes possibles, és per això que l'elecció del material és molt important. Per aquests casos el millor material a utilitzar és l'acer inoxidable polit, habitualment s'utilitza l'*AISI 316L* o l'*AISI 304*, de manera que es pugui desinfectar fàcilment. Entre aquests dos acers s'ha triat l'*AISI 304* ja que és més econòmic. L'*AISI 316* s'utilitza quan el material pot patir condicions agressives per contacte amb productes químics o altes temperatures.

A la següent taula es pot veure la massa, el volum i el material de les diferents peces que componen la taula giratòria indexada. Als annexos es poden veure les característiques dels diferents materials utilitzats. I els plànols de les diferents peces que componen la taula giratòria.

Número ²	Peça	Volum [mm^3]	Massa [kg]	Material
1	Xapa	32.116.809,19	25,85	AISI 304 acer inoxidable
2	Connexió	1.534.509,03	12,31	AISI 304 acer inoxidable
4	Capsa	2.941.227,39	23,53	AISI 304 acer inoxidable
5	Base	8.061.435,93	58,04	Fundició gris

Taula 7.4. Propietats de les diferents peces que componen la taula giratòria

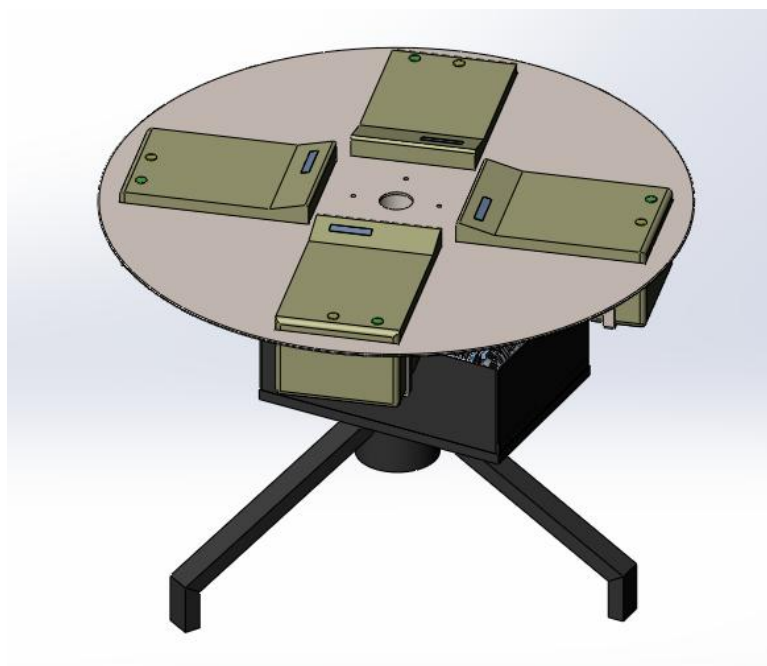
A la següent imatge es pot veure els diferents elements que componen la taula giratòria indexada.



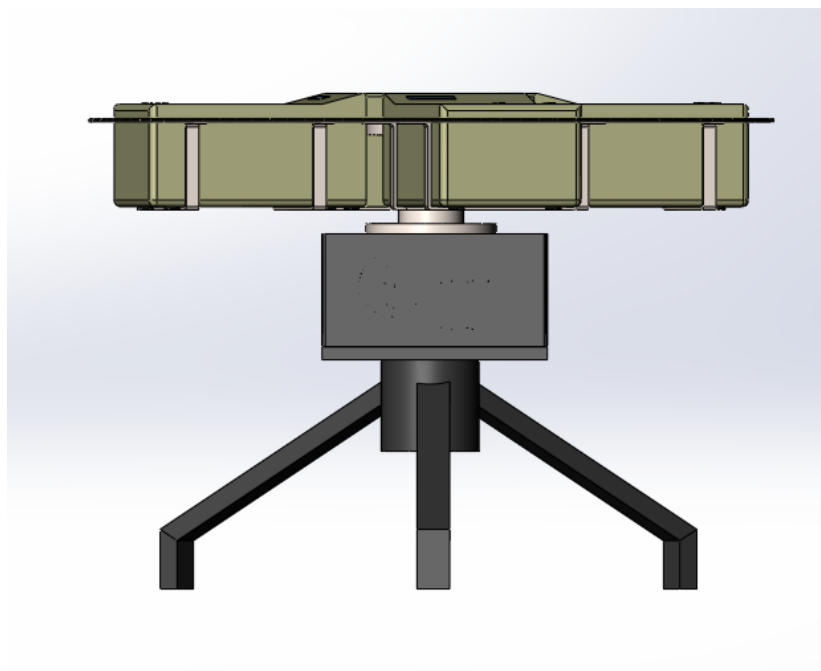
Il·lustració 7.9. Vista explosionada dels diferents components de la taula giratòria

² Veure il·lustració 7.9

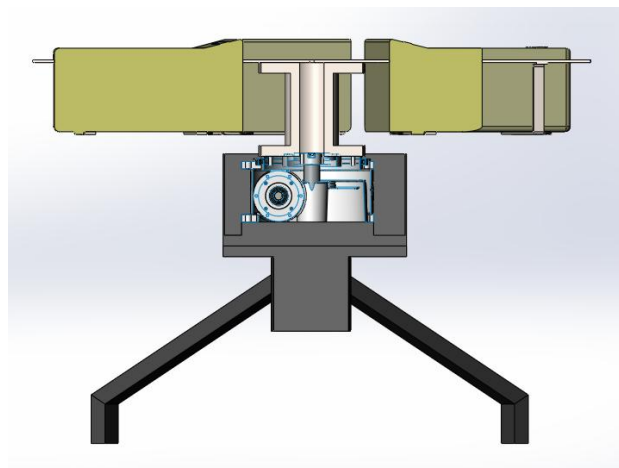
En les següents imatges es pot veure com quedarà el conjunt un cop fet l'assemblatge.



Il·lustració 7.10. Vista isomètrica del conjunt



Il·lustració 7.11. Vista lateral del conjunt



Il·lustració 7.12. Secció tallada del conjunt

7.1.5. Altres aspectes

A l'hora de fer el disseny de la taula indexadora s'han tingut en compte principalment tres aspectes:

- El motor de la taula indexadora
- Les màquines TSCD II
- L'operari

Motor de la taula indexadora

S'ha fet un espai suficient per a que pugui encabir el motor i aquest pugui estar ben fixat a la base i a la xapa de la taula giratòria. S'ha tingut en compte que es necessitarà espai per a la connexió a l'alimentació elèctrica i s'ha cobert per tal d'evitar acumulacions de residus.

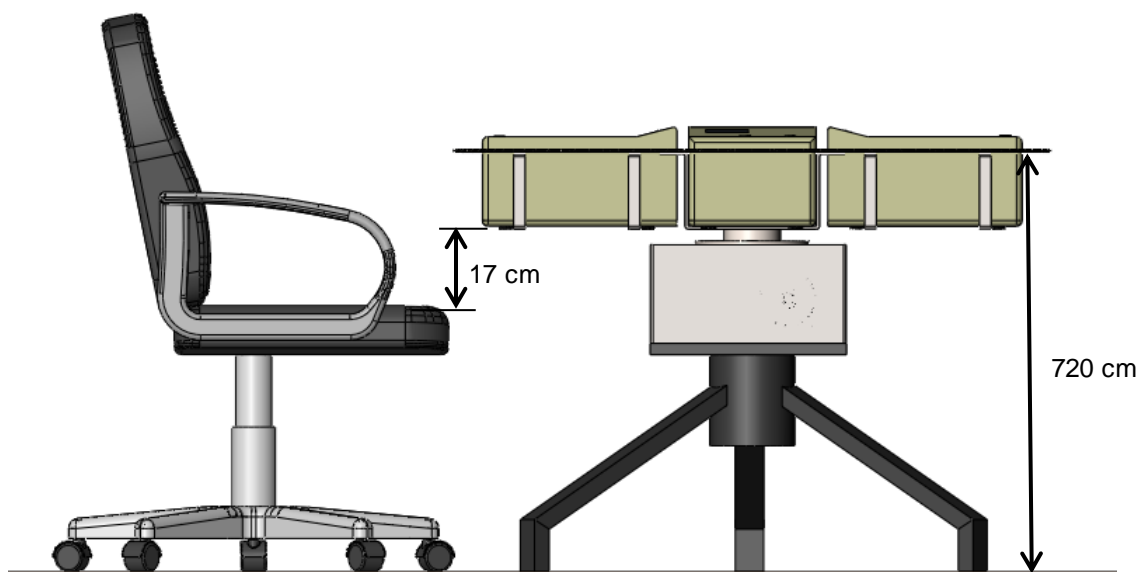
Les màquines TSCD II

Com ja s'ha dit anteriorment s'havia de fer una taula on es poguessin posar quatre màquines TSCD II de manera que treballar amb elles fos més ergonòmic que en l'estat actual.

També s'ha tingut en compte que aquestes quatre màquines han d'anar connectades a l'alimentació elèctrica. Com els cables estan situats a la part posterior de les màquines aquest baixarien fins al terra, que com és terra tècnic es posaria una connexió just a sota de la base.

L'operari

Al fer el disseny de la taula giratòria indexada s'ha tingut en compte que a l'operari li han de cabre les cames per sota la taula sense perill de colpejar-se amb les màquines soldadores. Per a que el disseny sigui ergonòmic l'operari ha de poder apropar-se a la taula per tal de no forçar la posició dels braços i l'esquena. És per això que s'han deixat 17 cm per a les cames i amb possibilitat de pujar i baixar la cadira, per a que l'operari pugui ajustar la cadira a la mida més idònia.



Il·lustració 7.13. Distància entre la taula i la cadira i entre la taula i el terra

7.2. Disseny del sistema elèctric

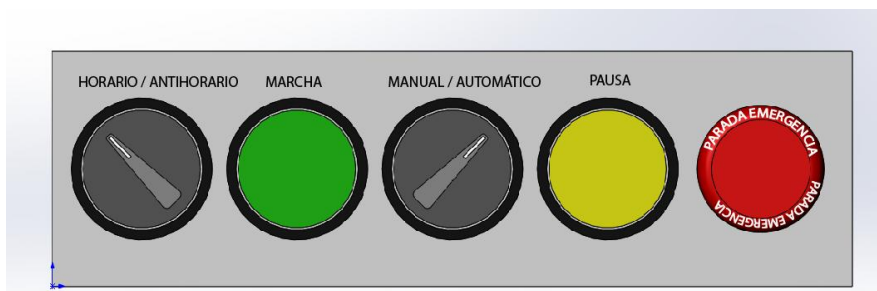
En aquest apartat es descriuran els diferents components electrònics que necessitarà el sistema per tal d'automatitzar-lo.

7.2.1. Polsadors

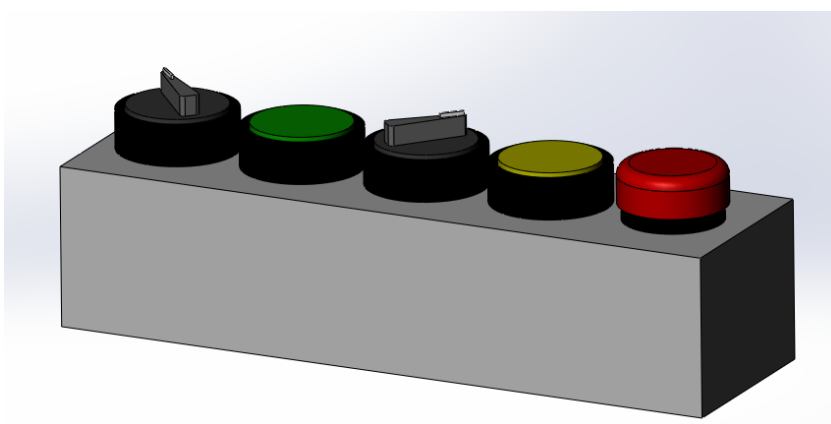
Primer de tot s'ha decidit incorporar un sistema de control on mitjançant una sèrie de polsadors i selectores l'operari podrà controlar els diferents estats de la taula giratòria.

Aquest sistema inclou:

- HORARIO / ANTIHORARIO. Selector de mode horari o antihorari, l'operari pot indicar si la taula ha de girar en sentit horari o antihorari.
- MARCHA. Polsador de posada en marxa. Permet posar en marxa la taula giratòria.
- MANUAL / AUTOMÁTICO. Selector de mode manual o automàtic, l'operari pot decidir si treballar en mode manual o automàtic.
- PAUSA. Polsador per a posar en pausa la rotació del sistema.
- PARADA EMERGENCIA. Polsador amb enclavament d'emergència, permet activar la parada d'emergència del sistema.



Il·lustració 7.14. Vista en planta del sistema de polsadors



Il·lustració 7.15. Vista isomètrica del sistema de polsadors

7.2.2. Controlador lògic programable

Per tal de controlar el sistema electrònic s'utilitzarà un controlador lògic programable.

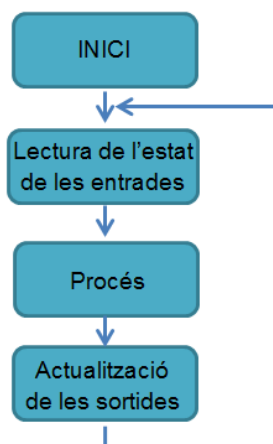
Un Controlador Lògic Programable (PLC) és un microcomputador que disposa d'un subsistema d'entrada/sortida i d'un programa en memòria orientats al control d'automatismes. És un autòmat industrial dissenyat per automatitzar processos electromecànics, com pot ser el control de maquinaria industrial, línies de muntatge, etc.

Aquest dispositiu electrònic pot ser programat per complir determinades tasques de control en sistemes automàtics. Un PLC entrega determinats estats a les seves sortides depenent de l'estat de les entrades i d'un procés de correcció, que en aquest cas és el programa que té carregat a la memòria, el qual haurà de ser dissenyat per a l'aplicació concreta.

Mitjançant una sèrie d'instruccions es generarà el programa amb les seves rutines i basant-se en les senyals d'entrada haurà de prendre la decisió sobre l'acció de s'ha d'executar al procés. Aquestes instruccions es programen mitjançant programació en blocs, llista d'instruccions, text estructurat o diagrama d'escala, el tipus de programació dependrà de la marca del controlador.

El mode d'operació d'un PLC consisteix en un escaneig seqüencial, llegeix l'últim estat de les

entrades, realitza un procés amb els resultats obtinguts i el programa carregat anteriorment actualitza l'estat de les sortides físiques i lògiques, seguidament torna a passar al primer estat on es llegeixen les entrades. El temps de resposta del PLC és determinat pel temps que passa entre que el PLC executa el primer pas (Lectura) i fins que torna a arribar a aquest primer estat de lectura de les entrades.



Il·lustració 7.16. Mode d'operació d'un PLC

L'avantatge d'utilitzar aquest tipus de sistema electrònic roman en que gràcies a aquest sistema es possible realitzar modificacions sense costos addicionals. Per altra banda són també de mida reduïda i manteniment de baix cost, estalviant diners en mà d'obra i tenint la possibilitat de controlar més d'una màquina a la vegada.

Pel que fa als desavantatges seria la necessitat de disposar d'un programador quan es desitja realitzar canvis en les funcions realitzades pel PLC.

Descripció de les parts bàsiques d'un PLC

Els components bàsics d'un PLC són els següents:

- Bastidor o rack principal
- Font d'alimentació
- CPU
- Targetes d'entrades/sortides digitals
- Targetes d'entrades/sortides analògiques
- Targetes especials

Bastidor o rack principal: és l'element sobre el que es connecten la resta de components. Va cargolat a la placa de muntatge de l'armari de control. Pot allotjar un número finit d'elements, aquest número depèn del model i fabricant del PLC.

Font d'alimentació: És l'encarregada de subministrar la tensió i corrent necessàries tant a la

CPU com a les targetes. La tensió d'entrada és normalment de 110/220 V CA d'entrada i 24V CC de sortida.

CPU: Està format per un o diversos microprocessadors que es programen mitjançant un software propi. La gran majoria ofereix diverses formes de programació (llenguatge de contactes, llenguatge d'instruccions, llenguatge de funcions, graficet, etc.)Treballen amb la lògica de 0 i 1 amb bases de 16 o 32 bits. Segons el model del CPU ofereix més o menys capacitat de memòria, també va lligat a un augment de la velocitat del rellotge del processador, prestacions de càlcul o funcions matemàtiques especials.

Targetes d'entrades/sortides digitals: es connecten al rack i es comuniquen amb la CPU. En el cas de les entrades digitals transmeten els estats 0 o 1 del procés (detectors de presència, commutadors, polsadors, etc.) a la CPU. En el cas de les sortides, la CPU determina l'estat de les mateixes i les activa o desactiva en conseqüència. Normalment s'utilitzen targetes d'entrada de 24V CC.

Targetes d'entrades/sortides analògiques: Es connecten al rack igual que les anteriors. Aquestes targetes llegeixen un valor analògic i internament el converteixen a digital per al seu processament a la CPU. Aquesta conversió la realitzen els convertidors analògics-digitals interns de les targetes.

Aquestes targetes són normalment de 2, 4, 8 o 16 entrades/sortides analògiques.

Targetes especials: Es connecten al rack igual que es connecten les targetes d'entrades/sortides. S'utilitzen normalment per al control i monitorització de variables o moviments crítics en el temps. Alguns exemples de targetes especials poden ser: targetes de comptatge ràpid, targetes de posicionament de motors, targetes de regulació.

Després de fer un estudi exhaustiu dels diferents PLCs que hi ha al mercat s'ha decidit utilitzar un PLC tipus HMI, és a dir un sistema d'interacció humana per la seva senzillesa i facilitat d'utilització. Són especialment adequats per al control de processos simples.

S'ha triat l'autòmat *Magelis SCU HMISU6A5* de la casa Schneider Electric. Les característiques principals d'aquest són:

- Pantalla LCD TFT a color de 3,5 inch.
- Tensió d'alimentació: 24 V en 20.4...28.8 V CC
- Consum de potencia: 15 W
- Nom del processador: CPU RISC
- Freqüència del processador: 333 MHz
- Entrades:
 - 14 per entrada digital, terminals: DI0...DI13

- 2 per entrada ràpida, terminals: FI0...FI1
- Sortides:
 - 8 per sortida digital, terminals: DQ0...DQ7
 - 2 per sortida ràpida, terminals: FQ0...FQ1



Il·lustració 7.17. Magelis SCU HMISU6A5 de Schneider Electric

7.2.3. Entrades i sortides del PLC

Entrada PLC	Nom	Comentari
DI0	HOR_ANTIHOR	Gir horari o antihorari
DI1	MARCHA	Per posar en funcionament el sistema
DI2	MAN_AUTO	Funcionament manual o automàtic
DI3	PAUSA	Per pausar el moviment de la taula indexadora
DI4	EMERGENCIA	Parada d'emergència

Taula 7.5. Descripció de les entrades del PLC

Sortida PLC	Nom	Comentari
DQ0	MARCHA	S'activa prement el pulsador
DQ1	PARADA	S'activa al prement el pulsador d'emergència
DQ2	PAUSA	S'activa prement el pulsador de pausa
DQ3	HORARIO	S'activa quan està activada l'opció de gir horari
DQ4	ANTIHORARIO	S'activa quan està activada l'opció de gir antihorari
DQ5	MANUAL	S'activa quan està activada la opció de sistema manual
DQ6	AUTOMATICO	S'activa quan està activada la opció de sistema automàtic

Taula 7.6. Descripció de les sortides del PLC

7.2.4. Font d'alimentació

Per al PLC triat es necessària una font d'alimentació que proporcioni 24 V en 20,4 a 28,8 V en corrent continua. Per aquest motiu s'ha triat una font d'alimentació de la mateixa casa, Schneider Electric. El model triat és ABL8MEM24012.

Les característiques tècniques d'aquesta són les següents:

- Tensió d'entrada 100 – 240 V CA
- 1 o 2 fases
- Tensió de sortida: 24 V
- Corrent de sortida: 1,2 A

8. Disseny dels penjadors

En aquest apartat es descriu el disseny dels penjadors on es penjen els pools de plaquetes, és a dir el conjunt format per els IPU's, la solució conservadora i la bossa mare un cop s'ha efectuat les connexions estèrils. És un dels punts del procés amb més queixes ergonòmiques per part dels treballadors.

Actualment els penjadors disposen d'una capacitat per a penjar 46 pools de plaquetes, però de la forma en que està estructurat actualment el procés només se n'utilitzen 16 a la vegada.

En el nou procés dissenyat en aquest projecte els pools es fan de vuit en vuit i tenint en compte que els pools necessiten estar un mínim de 20 minuts per tal de que totes les plaquetes i la solució conservadora passin per el filtre i arribin a la bossa mare, s'arribarà a tenir fins a quatre grups de vuit pools penjats alhora, és a dir 32 pools penjats a la vegada. Així que la capacitat mínima del penjador ha de ser de 32.

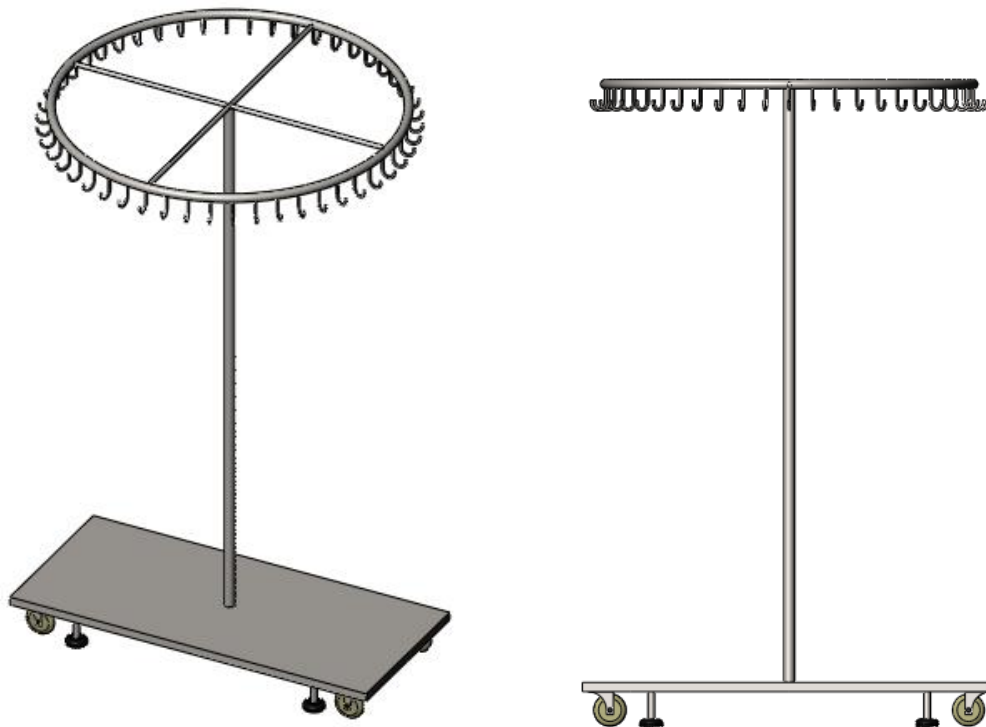
Finalment s'ha decidit que els penjadors han de poder tenir penjats 50 conjunts de bosses, per tal de tenir sempre penjadors disponibles.

Tenint en compte aquesta dada s'ha decidit fer un penjador circular de 0,8 m. de diàmetre, aquest diàmetre s'ha triat tenint en compte el número de penjadors que s'han de col·locar i deixant una distància de 5 cm entre ells. Pel que fa a l'alçada s'ha pensat en fer-los a l'alçada d'una persona asseguda per tal de no haver-se d'aixecar per a penjar-los, però degut a la llargada dels tubs aquesta solució era inviable. Així que s'ha decidit fer-los de 1,4 metres d'alçada, que és l'alçada idònia per a que una persona d'alçada mitja estant de peu pugui penjar el conjunt de bosses sense experimentar un gran cansament als braços.

A la part inferior disposaran d'una base prou sòlida per aguantar els moments provocats a l'hora de fer girar els penjadors. A la base disposarà també de quatre rodes amb sistema de falcament per tal de poder desplaçar els penjadors al lloc més idoni i a la vegada que estiguin ben falcats a l'hora de fer el procés.

Seguidament s'ha estudiat si aquest penjador s'hauria de moure mitjançant un motor o hauria de girar manualment. Finalment s'ha decidit que aquests es mouran manualment per l'operari. Així es disposarà d'un gir controlat i al no tenir una massa molt gran ni el penjador ni les bosses que hi estan penjades no suposarà cap problema ergonòmic per a l'operari.

Pel que fa al material s'ha decidit fer-los d'acer inoxidable *AISI 304* per els avantatges que aquest material comporta que s'han descrit anteriorment a l'apartat 7.1.4.



Il·lustració 8.1. Vista isomètrica i en alçat dels penjadors

A la figura 8.1. es pot veure com seran finalment els penjadors i als annexos s'adjunten els plànols amb les mides.

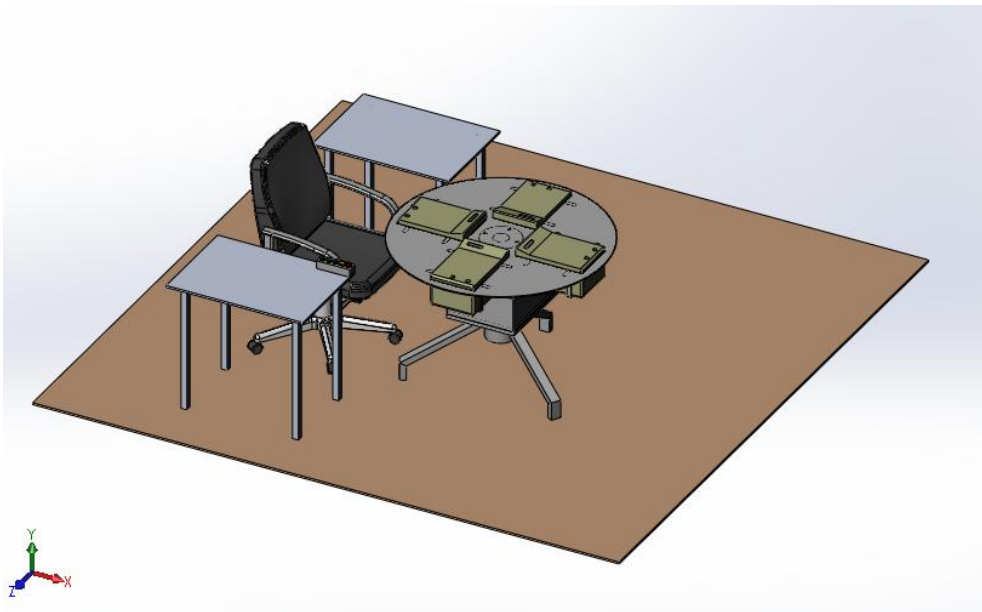
9. Disseny del nou procés

En aquest apartat s'explica com s'ha estructurat el procés d'obtenció del pool de plaquetes, obtenint una solució més ergonòmica i eficient.

9.1. Disposició dels elements

La disposició dels elements que formen part del procés d'obtenció del pool de plaquetes serà la següent:

La taula giratòria estarà disposada entre dues taules rectangulars, una a la dreta i l'altra a l'esquerra i hi haurà una cadira giratòria on s'asseurà l'operari. A la taula que estarà situada a l'esquerra de l'operari es col·locaran els IPU's i a la taula de la dreta es col·locaran els IPU's ja soldats a la bossa mare i a la solució conservadora. A la taula de la dreta es situarà també el sistema de polsadors.

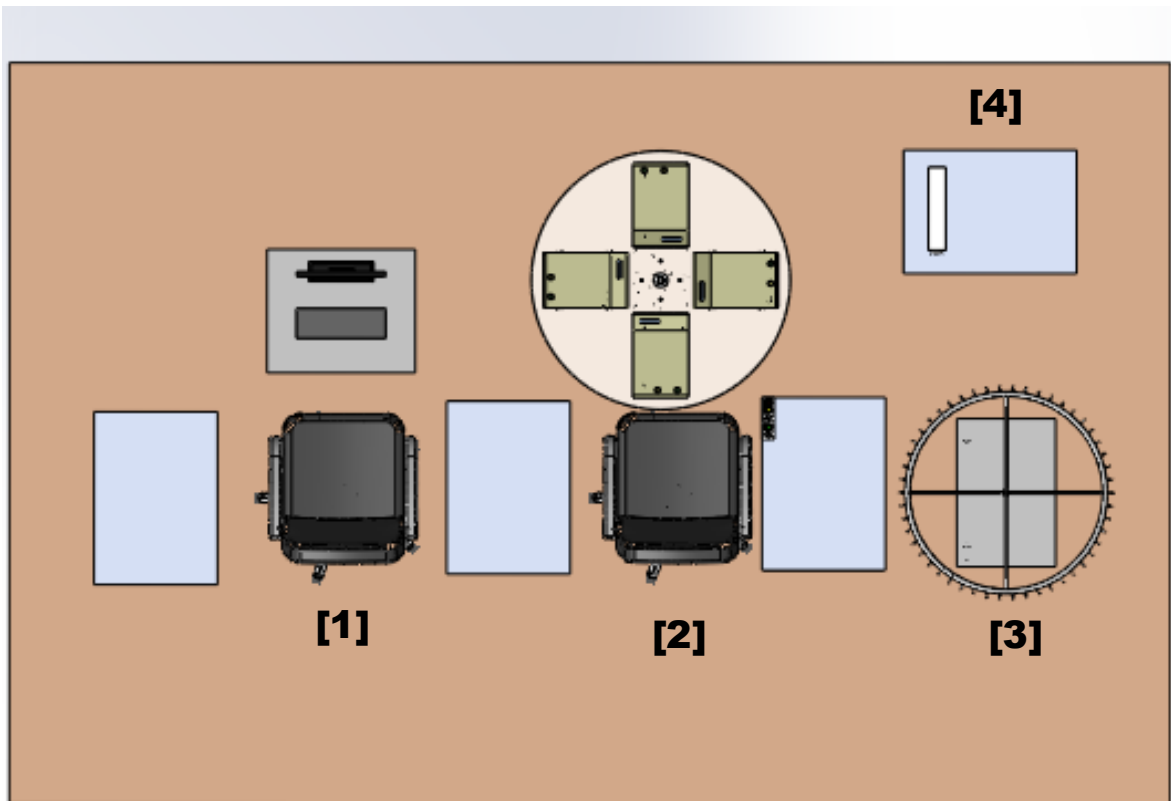


Il·lustració 9.1. Taula giratòria amb cadira i taules

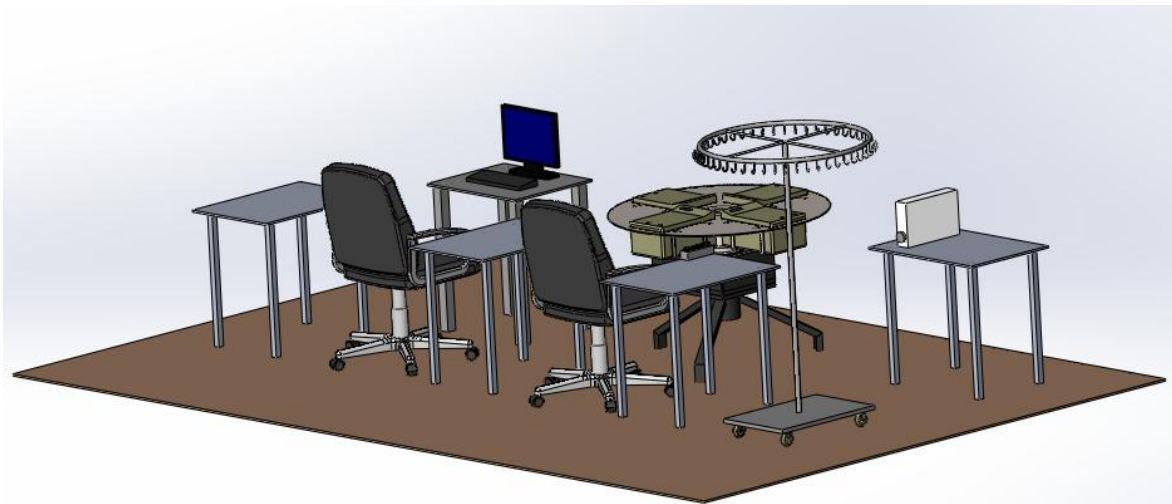
El procés d'obtenció del pool de plaquetes s'ha dividit en quatre tasques ben diferenciades:

- 1) Etiquetatge dels IPU's
- 2) Soldadura dels tubs per formar els pools de plaquetes
- 3) Penjar els pools als penjadors
- 4) Segmentat i segellat de la bossa

A la següent il·lustració es pot veure com es situarien els diferents elements per a dur a terme el pool de plaquetes.



Il·lustració 9.2. Disposició dels elements del procés d'obtenció del pool de plaquetes



Il·lustració 9.3. Nou procés d'obtenció del pool de plaquetes

9.2. Explicació del procés

El procés el duran a terme dues persones, tal i com es fa actualment. També podria ser realitzat només per una persona, però el temps augmentaria. Els dies en que la demanda de plaquetes sigui baixa, no caldrà tenir a dues persones realitzant el procés.

Aquestes dues persones aniran fent rotació de feines, per tal de disminuir el temps que un mateix treballador dedica a una mateixa tasca repetitiva, d'aquesta forma el treball de l'operari serà més eficient.

Començarà l'operari A etiquetant les diferents bosses d'IPUs. Anirà etiquetant les diferents bosses i col·locant-les a la taula que tindrà situada a l'esquerra, on les ordenarà segons el grup sanguini al qual pertanyin i segons si l'Rh és positiu o negatiu. Un cop es disposi de les bosses d'IPUs suficients per fer 8 pools aquest mateix operari passarà a realitzar les connexions estèrils a la taula indexadora.

Un cop l'operari A comenci a dur a terme les connexions estèrils començarà l'operari B a etiquetar bosses d'IPUS, els dos operaris realitzaran el mateix cicle però desfasats.

L'operari A començarà col·locant les bosses d'IPUs i solució conservadora que necessitarà per fer els 8 pools al lloc idoni. Un cop tot estigui col·locat s'asseurà davant de la taula indexadora, verificarà que està activat el gir horari i premerà el botó verd de posta en marxa. A mesura que la taula va girant l'operari anirà realitzant les diferents connexions estèrils. Un cop s'hagin realitzat les cinc connexions dels quatre pools, la taula realitzarà una sisena volta on l'operari podrà treure els pools i col·locar els següents quatre. Un cop finalitzi aquesta sisena volta l'operari haurà de prémer el botó per pausar el moviment i canviar el sentit de gir a gir antihorari. Aquest cop també la taula realitzarà cinc voltes on l'operari haurà de realitzar les connexions estèrils i una sisena volta per tal de recollir els pools de plaquetes i col·locar-los a la taula que tindrà situada a la dreta. Un cop la sisena volta hagi finalitzat l'operari haurà de prémer el botó de pausa.

A continuació haurà de penjar els 8 pools de plaquetes, per a que baixi la solució conservadora, donar-los-hi la volta i treure l'aire de cadascun.

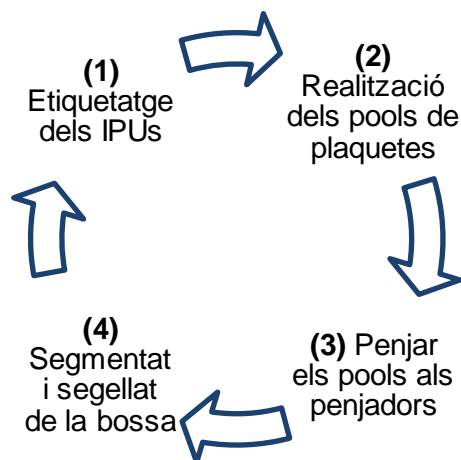
Finalment l'operari passarà a la part final del procés on despenjarà els 8 pools de plaquetes que havia realitzat fa dues "rondes" anteriors" i realitzarà el segmentat i segellat de la bossa de plaquetes mitjançant la màquina T-SEAL.

Un cop arribat a aquest punt, s'anirien repetint les tasques fins arribar al número de pools que s'han de fer en un dia.

També cal remarcar que les dues primeres rondes encara no es pot fer el segmentat i segellat de la bossa perquè els pools de plaquetes necessiten reposar 20 minuts als penjadors, és per això que a les dues primeres rondes es passarà directament dels penjadors al procés

d'etiquetatge.

Al següent gràfic es pot veure un esquema del procés.



Gràfica 9.1. Descripció del nou procés

9.3. Avantatges i inconvenients del nou procés

En el procés que s'ha descrit en aquest projecte s'ha automatitzat una part d'aquest que comporta que l'operari no necessiti realitzar un desplaçament repetitiu per realitzar la seva feina. Però no s'ha automatitzat tot el procés per això encara hi ha un factor humà molt important, ja que l'objectiu del projecte és facilitar la feina de l'operari, no suprimir l'operari del procés.

Avantatges:

- Reducció d'errors i costos a causa del factor humà.
- Major productivitat.
- Un procés més estandarditzat. La variància del temps de realització d'un pool de plaquetes serà inferior a l'actual, per tant permetrà tenir un major control, sobre el temps necessari per realitzar el número de pools de plaquetes que s'han de fer en un dia i poder programar altres tasques per als operaris.
- Millores en l'ergonomia.

Inconvenients:

- Major inversió inicial.
- Necessitat de formació del personal.
- En cas que el procés no tingui un programari modificable, apareix una pèrdua de flexibilitat. En aquest cas s'ha intentat que el procés sigui el més flexible possible, però en cas de que es volgués modificar el programari s'hauria de contractar un tècnic per a modificar la programació del PLC.

10. Estudi de seguretat i riscos

S'ha d'avaluar amb detall totes les parts que componen el procés d'obtenció del pool de plaquetes i assegurar que comporten els riscos mínims per al treballador. Aquest estudi es dividirà segons els diferents tipus de riscos que poden existir en una planta industrial similar a la de l'estudi.

Riscos mecànics

A la segona fase del procés, la qual és la connexió dels quatre IPU's i la solució conservadora amb la bossa mare mitjançant la màquina revòlver dissenyada en aquest projecte. Al ser un mecanisme rotatiu s'haurà de vigilar que no hi quedi res ni ningú enganxat. I també s'haurà de parer compte en que cap de les màquines TSCD II pugui donar algun cop a l'operari, i que aquestes estiguin ben agafades a la màquina per tal de que no caiguin.

Els penjadors, al estar dotats també de moviment rotatori l'operari haurà de vigilar que no hi hagi ningú a prop a l'hora de fer rotar els penjadors, per tal de que ningú pugui rebre un cop per part d'aquests.

Tots els nous equips que s'instal·laran aniran fixats a terra o ben falcats per tal d'assegurar que aquests no bolquin.

Riscos elèctrics:

S'haurà d'inspeccionar que no hi hagi panells elèctrics oberts, que puguin suposar un risc d'electrocució per als usuaris. També s'haurà de vigilar que tots els conductes elèctrics es trobin en bon estat així com també els diferents polsadors o aparells electrònics.

Riscos tèrmics:

Pel que fa a riscos tèrmics es podrien dur a terme per sobreescalfaments del motor de la taula indexadora, i tenint en compte que la taula està feta d'acer inoxidable i aquest condueix bé la temperatura s'haurà de vigilar que aquest fet no provoqui un problema de seguretat per a l'usuari.

Riscos auditius:

El soroll màxim de tot el procés no supera els límits auditius que suposarien un problema per a l'usuari. Tenint en compte que el soroll màxim pic no pot superar els 140 dB i el soroll màxim durant una estona prolongada no pot superar els 87 dB.

Riscos de productes i materials:

S'haurà de tenir especial precaució amb el material inflamable, que encara que en aquest cas

no n'hi ha al procés, si hi ha a la mateixa sala d'operacions. Per tant el material inflamable haurà d'estar ben senyalitzat i s'haurà de fer un ús adequat.

S'haurà de confirmar que els sistemes de protecció contra incendis estiguin operatius.

Riscos causats per negligir els principis ergonòmics:

La primera fase del procés, la qual és l'etiquetatge dels IPU, no s'ha modificat res respecte l'estat actual, però sí que cal remarcar que la col·locació del teclat de l'ordinador no és la idònia i l'operari al deixar les bosses a la taula que té situada a la dreta haurà de vigilar en girar tot el cos per tal de no fer-se malbé l'esquena.

S'haurà de vigilar també que els operaris no facin mals gestos a l'hora d'agafar les bosses d'IPUs ni a l'hora de penjar-les als penjadors.

Els operaris no hauran d'aixecar pesos pesats.

Gran part del treball es duu a terme assegut a una cadira, cosa que el fa més ergonòmic que no pas treballar de peu. També cal dir que al haver-hi rotació de feines disminueix el cansament de l'operari al fer una feina molt mecànica i augmenta la seva atenció provocant una major seguretat en el procés.

11. Viabilitat econòmica

No s'ha calculat el període de retorn de la inversió perquè aquesta és una millora en l'entorn de treball, no s'efectuaran més pools de plaquetes al dia.

Però gràcies a les millores implantades en aquest projecte els operaris patiran menys fatiga i això implica reducció d'errors per culpa del cansament físic.

També s'ha aconseguit estandarditzar el procés i per tant es pot disposar d'un major control del temps necessari per a dur a terme un pool de plaquetes, aquest fet implica que es podran programar altres tasques als operaris un cop s'hagin obtingut els pools de plaquetes necessaris en un dia.

S'augmentaria la productivitat, per una banda perquè el procés d'obtenció del pool de plaquetes s'efectuaria en un temps inferior i per altra banda perquè no hi hauria temps improductius, perquè les diferents tasques de cada operari estarien organitzades i definides.

El fet de fer la mateixa feina en menor temps a part d'implicar una millor programació de les diverses tasques implicaria estalviar-se hores de contracte dels operaris, tenint en compte que el cost d'un operari és de 30.000€/bruts l'any es podria adquirir una reducció de costos en el procés d'obtenció del pool de plaquetes.

Gràcies a aquestes millores el BST seguiria creixent com un dels bancs de sang i teixits més innovadors del món.

12. Impacte mediambiental

Pel que fa a l'impacte mediambiental d'aquest projecte l'element principal que suposa un consum d'energia major al de l'estat actual és el motor de la taula rotatòria indexada.

El motor té una potència de 0,47kW i estarà connectat a la corrent a tensió de 220V.

Els altres elements que necessiten estar endollats a la corrent elèctrica són:

- Ordinador per a dur a terme l'etiquetatge.
- Màquina lectora de codi de barres. (Al procés d'etiquetatge)
- 4 màquines TSCD II, per tal de soldar els tubs.
- PLC, connectat a la font d'alimentació.
- Font d'alimentació
- Màquina T-SEAL, per tal de fer la segmentació i segellat dels tubs.

També cal remarcar que en aquest procés es rebutgen les bosses de plàstic que contenen els IPU's i la solució conservadora, que necessitaran un procés de reciclatge especial al contenir restes de sang humana.

13. Pressupostos

En aquest apartat es desglossen el màxim possible els costos totals del projecte.

Muntatge mecànic	Unitats (u)	Cost unitari (€/u)	Cost total (€)
Motor M190 Posibras	1	4.237,99	4.237,99
Xapa metàl·lica	1	520	520,10
Connexió	1	125	125,73
Capsa	1	175	175
Base	1	250	250
Reblons M8	12	0,50	6,00
Penjadors	1	135	135,55
Cadira giratòria	1	79,99	79,99
Subtotal:			5.530,36

Muntatge elèctric	Unitats (u)	Cost unitari (€/u)	Cost total (€)
PLC	1	570	570
Botonera	1	19,90	19,90
Polsador color	2	4,31	8,62
Selector	2	14,34	28,68
Polsador d'emergència	1	23,53	23,53
Font d'alimentació	1	75,24	75,24
Subtotal:			725,97

Recursos humans	Unitats (u)	Cost unitari (€/u)	Cost total (€)
Hores enginyer sènior	250	35	8.750
Definició i proposta de solució			
Hores enginyer júnior	50	20	1.000
Redacció de la memòria			
Subtotal:			9.750

Programa informàtic PLC	Unitats (u)	Cost unitari (€/u)	Cost total (€)
Hores tècnic programador	30	35	1.050
Subtotal:			1.050

Costos totals	Cost total (€)
Muntatge mecànic	5.530,36
Muntatge elèctric	725,97
Recursos humans	9.750
Programa informàtic PLC	1.050
Imprevistos	852,82
Cost total brut	17.909,15
I.V.A. (21%)	3.760,92

COST TOTAL NET 21.670,07 €

14. Planificació

La planificació d'aquest projecte s'ha dividit en quatre fases:

- Fase disseny
- Fase compres
- Fase preparació + instal·lació
- Fase final

La durada de la fase de disseny d'aquest projecte és de quatre mesos. En el primer mes s'ha fet un estudi del problema existent i s'ha cercat informació per tal de definir els objectius i tenir clara quina és la situació actual.

En els mesos posteriors s'han estudiat diversos dissenys mecànics i un cop s'ha obtingut el més adient s'ha fet un disseny en 3D i s'han buscat els components electrònics per a que el sistema funcioni.

En l'últim mes s'ha contactat amb empreses del sector per tal d'obtenir un pressupost i s'ha redactat la memòria d'aquest projecte.

Per la fase de compres s'ha programat una durada d'un mes, en aquest mes s'elaborarà un pla d'instal·lació seguidament es planificarà les diverses adquisicions que són necessàries per a dur a terme el projecte i es realitzarà una negociació de les ofertes dels components principals, contactant amb les diferents empreses del sector. En aquesta fase també s'elaboraran els diferents permisos d'obra necessaris per a la instal·lació.

La fase de preparació i instal·lació s'ha programat també una durada d'un mes. Es durà a terme un pla de construcció i es durà a terme. Es realitzaran també els diferents esquemes elèctrics. S'instal·laran els diferents components mecànics i electrònics i es durà a terme la programació del PLC.

Finalment la fase final del projecte té una durada d'un mes i començarà quan els operaris portin 15 dies realitzant el nou procés. Primer de tot s'haurà de realitzar un manual d'operació i un manual de manteniment. Aquesta fase comprèn la realització d'un balanç d'energia, la verificació de la productivitat i l'estudi dels pros i contres d'aquest projecte.

A la següent taula es troba el resum de les diferents tasques que formen part del projecte dividit en les quatre fases que formen part d'aquest.

FASE DISSENY	FASE COMPRES	FASE PREPARACIÓ + INSTAL·LACIÓ	FASE FINAL
Plantejament del problema	Elaboració pla d'instal·lació	Avaluació risc d'instal·lació	Balanç energia
Cerca d'informació	Planificació de les adquisicions	Pla de construcció	Manual d'operació
Definició del projecte i objectius	Negociació d'ofertes	Esquemes elèctrics	Manual de manteniment
Planificació de feines	Permisos d'obres	Elaboració pla de manteniment preventiu	Actualització de plànols
Estudi situació actual		Instal·lació components mecànics	Verificació productivitat
Anàlisi d'usuaris		Programació PLC	Pros/contres del projecte
Estudi ergonòmic		Instal·lació components electrònics	
Primer disseny			
Anàlisi de seguretat i riscos			
Disseny mecànic final			
Disseny electrònic final			
Disseny en 3D			

Plànols

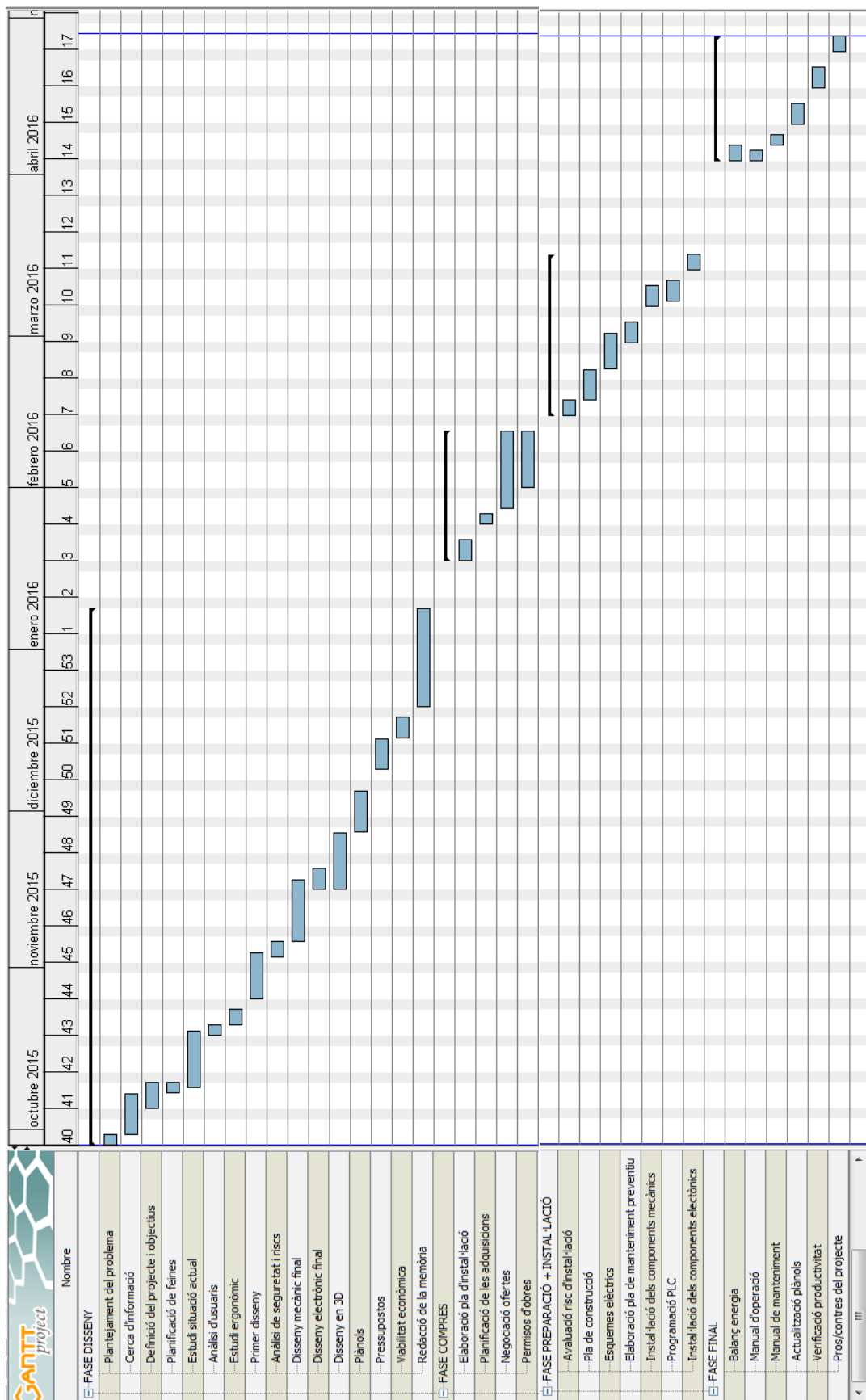
Pressupostos

Viabilitat econòmica

Redacció de la
memòria

Taula 14.1. Tasques programades per a les diferents fases del projecte

A la següent pàgina es pot veure la planificació en forma de diagrama de Gantt on es pot veure la programació de les tasques descrites anteriorment.



II-lustració 14.1. Diagrama de Gantt de la planificació del projecte

Conclusions

Aquest projecte s'ha dut a terme amb èxit degut a que s'ha pogut trobar una solució al problema plantejat inicialment per el Banc de Sang i Teixits. S'ha millorat l'actual procés d'obtenció del pool de plaquetes permetent que aquest sigui més eficient i ergonòmic.

S'ha arribat a aquesta solució gràcies a l'automatització en els processos industrials que permet millorar l'eficiència i l'eficàcia dels processos i per tant augmentar la productivitat i obtenir beneficis econòmics. Però sempre a l'hora de fer un canvi en el procés s'ha de tenir en compte al treballador que ocupa el lloc de treball, ja que és ell qui s'ha de sentir còmode per tal de fer la seva feina de la millor manera possible. És per això que en aquest projecte s'ha parlat amb els operaris que treballen en el procés d'obtenció del pool de plaquetes per veure que en pensaven del procés actual i dels nous canvis previstos en aquest projecte.

Aquest projecte m'ha obligat a organitzar-me i planificar-me per a poder arribar al resultat final a la data especificada, encara que inicialment semblés fàcil va ser complicat arrancar perquè fins que no es va arribar a la solució encertada es van estudiar moltes opcions que finalment van resultar inviables. Un cop es va tenir definit el disseny de com hauria de ser la màquina, van sorgir problemes de falta de coneixements, però gràcies a manuals de fabricants, llibres o a apunts de classe d'altres anys o de cursos superiors he pogut resoldre tots els problemes que se m'han presentat, aportant-me una satisfacció per haver-los superat.

Opinió personal

Personalment és un projecte que m'ha agradat i he gaudit duent-lo a terme ja que comprenia moltes àrees com són la mecànica, l'electrònica, la gestió del treball, la seguretat, etc. Aquest projecte no es cenneix a un tema en concret sinó que comprenia molts camps i molt diferents, i per això m'ha agradat. Però si que és veritat que llavors no m'ha permès profunditzar en tots ells, sinó que en alguns punts he hagut de donar una visió més general sense estudiar els detalls més específics.

Agraïments

Primer de tot m'agradaria agrair al Roberto Fernández i al BST per permetre'm fer visites i explicar-me com funciona el procés d'obtenció del pool de plaquetes i donar-me consells sobre com havia d'enfocar el projecte.

També m'agradaria agrair a l'Emilio Hernández per portar-me el projecte i guiar-me en alguns aspectes sobre la realització de projectes d'enginyeria.

Finalment voldria agrair la meva família per recolzar-me i escoltar-me quan plantejava els diferents dubtes que m'anaven sorgint al realitzar el projecte.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Agulló J. *Mecànica de la partícula i del sòlid rígid*. 3ª ed. Barcelona: Publicacions OK PUNT, 1997. ISBN 84-920850-6-1
- [2] Cardona S.; Clos D. *Teoria de màquines*. Edicions UPC, 2000. ISBN 978-84-8301-963-4
- [3] Simón Mata A. *Fundamentos de teoría de máquinas*. 3º ed. Madrid: Bellisco, D.L. 2009. ISBN 84-9648-687-7
- [4] Domingo P.; Gámiz J.; Grau A.; Martínez H. *Diseño y aplicaciones con autómatas programables*. Editorial UOC, 2003. ISBN 84-8429-029-8
- [5] Riba Romeva C. *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Edicions UPC, 2008. ISBN 978-84-9880-406-5
- [6] Banc de Sang i Teixits. [Consulta: Octubre de 2015] disponible a:
<http://www.bancsang.net/>
- [7] Martín Vega, C; et alt. *Manual de transfusions* [Consulta: octubre 2015] disponible a:
http://www.vhebron.net/documents/9904922/9976006/Manual_de_transfusio.pdf
- [8] Terumo BCT. [Consulta: 6 d'Octubre de 2015] disponible a:
<https://www.terumobct.com/location/emea/pages/home.aspx>
- [9] Pàgina oficial Posibras [Consulta: Novembre 2015] disponible a:
<http://www.posibras.com/>
- [10] Acer inoxidable, pàgina oficial Cedinox [Consulta: 27 de Novembre de 2015] disponible a: <http://www.cedinox.es/es/inicio/>
- [11] Acer inoxidable, pàgina oficial Acerinox. [Consulta: 27 de Novembre de 2015] disponible a: <http://www.acerinox.com/es/>
- [12] Pàgina oficial Schneider electric. [Consulta: 31 de desembre de 2015] disponible a:
<http://www.schneider-electric.es/es/>
- [13] Autòmats programables. [Consulta: desembre 2015] disponible a:
<http://www.automatas.org/>
- [14] Ferrero, J. *Programador Lógico Controlable* [Consulta: Novembre 2015] disponible a:
<http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/plc.htm>

Bibliografia complementària

- [1] Pàgina oficial SMC [Consulta: Novembre 2015] disponible a: www.smc.eu/
- [2] Pàgina oficial Festo [Consulta: Novembre 2015] disponible a: www.festo.com/
- [3] Salazar López B. *Riesgo ergonómico* [Consulta: Novembre 2015] disponible a: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/salud-ocupacional/riesgo-ergon%C3%B3mico/>

Continguts del CD adjunt

A continuació es descriu els documents que es poden trobar al CD inclòs al projecte:

- El documents Memòria i Annexos en format pdf.
- Catàlegs utilitzats al projecte en format pdf.
- Models en SolidWorks de les diferents peces dissenyades.
- Model en SolidWorks de l'assemblatge final.
- Plànols en format pdf de les diferents peces que componen la màquina i dels penjadors.

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 4.1. Màquina centrifugadora REVEOS.....	12
Il·lustració 4.2. Separació dels diferents components de la sang a la primera i segona centrifugació.....	13
Il·lustració 4.3. Sacseig i repòs dels IPU's.....	13
Il·lustració 4.4. Ordinador per etiquetar els IPU's	14
Il·lustració 4.5. Pools de plaquetes penjats al penjador	15
Il·lustració 4.6. T-SEAL II. Aparell que realitza la segmentació i segellat de la bossa.....	15
Il·lustració 4.7. Terumo TSCD II	16
Il·lustració 4.8. Procés de tall dels tubs amb la màquina TSCD II.....	16
Il·lustració 5.1. Disposició actual de la taula amb les quatre màquines de connexions estèrils .	17
Il·lustració 6.1. Disseny màquina tipus revòlver.....	19
Il·lustració 6.2. Posició inicial i final de la màquina mitja lluna amb la posició de l'operari en vermell.....	20
Il·lustració 6.3. Vistes dimètrica i isomètrica de la taula	22
Il·lustració 7.1. Xapa sense les TSCD II (a l'esquerra) i amb TSCD II (a la dreta).....	24
Il·lustració 7.2. Dimensions de la taula indexadora.....	25
Il·lustració 7.3. Mecanisme de taula rotatòria indexada de l'empresa Posibras model M190	26
Il·lustració 7.4. Mallat i pressions aplicades a la base.....	27
Il·lustració 7.5. Desplaçaments reals de la base.....	28
Il·lustració 7.6. Dibuix exagerat dels desplaçaments de la base.....	28
Il·lustració 7.7. Tensió equivalent de Von Mises.....	28
Il·lustració 7.8. Deformacions	29
Il·lustració 7.9. Vista explosionada dels diferents components de la taula giratòria.....	30

Il·lustració 7.10. Vista isomètrica del conjunt	31
Il·lustració 7.11. Vista lateral del conjunt.....	31
Il·lustració 7.12. Secció tallada del conjunt	32
Il·lustració 7.13. Distància entre la taula i la cadira i entre la taula i el terra	33
Il·lustració 7.14. Vista en planta del sistema de pulsadors	34
Il·lustració 7.15. Vista isomètrica del sistema de pulsadors	34
Il·lustració 7.16. Mode d'operació d'un PLC.....	35
Il·lustració 7.17. Magelis SCU HMISU6A5 de Schneider Electric	37
Il·lustració 8.1. Vista isomètrica i en alçat dels penjadors	40
Il·lustració 9.1. Taula giratòria amb cadira i taules	41
Il·lustració 9.2. Disposició dels elements del procés d'obtenció del pool de plaquetes	42
Il·lustració 9.3. Nou procés d'obtenció del pool de plaquetes	42
Il·lustració 14.1. Diagrama de Gantt de la planificació del projecte.....	54

Índex de taules

Taula 5.1. Resum distància recorreguda en fer dos pools de plaquetes	18
Taula 7.1. Dimensions de les màquines TSCD II	23
Taula 7.2. Característiques tècniques de la taula indexadora	25
Taula 7.3. Forces exercides per cada element.....	27
Taula 7.4. Propietats de les diferents peces que componen la taula giratòria	30
Taula 7.5. Descripció de les entrades del PLC.....	37
Taula 7.6. Descripció de les sortides del PLC	37
Taula 14.1. Tasques programades per a les diferents fases del projecte.....	53

Índex de gràfiques

Gràfica 4.1. Composició d'un pool de plaquetes.....	14
Gràfica 7.1. Velocitat angular de la taula indexadora en funció del temps.....	26
Gràfica 9.1. Descripció del nou procés.....	44