

DOCUMENT NÚMERO 1: MEMÒRIA

ÍNDEX

1	INTRODUCCIÓ	4
1.1	Antecedents	4
1.2	Objecte	5
1.3	Especificacions i abast	6
2	CONCEPTES PREVIS	7
3	METODOLOGIA D'ESTUDI.....	11
4	ENGINYERIA DE PROCESSOS DE FABRICACIÓ	14
4.1	Planificació de processos	15
4.2	Enginyeria seqüencial i enginyeria concurrent.....	18
4.3	Fabricació integrada CIM	20
4.3.1	Sistemes CAD	22
4.3.2	Sistemes CAM.....	22
4.3.3	Sistemes CAE	23
4.3.4	Sistemes CAPP	24
4.3.5	Sistemes PPC	26
4.3.6	Integració CAPP/PPC.....	27
5	EL PROGRAMA PAPOM.....	28
5.1	Filosofia.....	28
5.2	Estructura i funcionament.....	29
5.3	Algorismes	36

5.3.1	Algorisme 1: Càlcul optimitzat de Halevi	36
5.3.2	Algorisme 2: Càlcul no optimitzat.....	39
5.4	Càlcul dels temps i costos de mecanitzat	41
5.4.1	Càlcul del temps de mecanització	42
	Càlcul del cost de mecanització.....	44
6	ESTAT ACTUAL DEL PAPOM	45
6.1	Errors i mancances	47
7	MILLORES DEL PROGRAMA.....	49
7.1	Millores en la gestió del taller	49
7.2	Millores en la gestió de peces	59
7.2.1	Millores en les operacions	60
7.2.2	Millores en la gestió del full de ruta.....	64
7.3	Altres millores.....	67
7.3.1	Detecció i solució de multitud d'errors	67
7.3.2	Correcció de faltes d'ortografia	69
8	PERSONALITZACIÓ.....	70
8.1	Procediment d'instal·lació: sistema d'ajuda a la demostració.....	70
8.2	Capacitat de personalització del PAPOM	76
8.2.1	Opcions de personalització.....	76
8.2.2	Personalització per a Mecanitzats Privat	82
9	EMPRESA D'ESTUDI.....	89
9.1	Taller d'estudi.....	89
9.2	Centre de mecanitzat Daewoo MYNX 530	91

9.3	Centre de mecanitzat Daewoo MYNX 550	92
9.4	Centre de mecanitzat Robodrill α -T21i	93
9.5	Torn de control numèric CMZ-TL20L.....	94
10	VALIDACIÓ	95
10.1	Metodologia.....	95
10.2	Peces d'estudi.....	96
10.3	Peça 1 - Suport Barra.....	96
10.4	Peça 2 - Suport rodillo	98
10.5	Peça 3 - Suport Corretja.....	100
10.6	Peça 4 - Suport Rodament	103
11	RESULTATS	107
11.1	Peça 1 - Suport Barra.....	108
11.2	Peça 2 - Suport Rodillo.....	115
11.3	Peça 3 - Suport Corretja.....	121
11.4	Peça 4 - Suport Rodament	128
11.5	Generalització dels resultats.....	134
11.6	Discussió.....	139
12	RESUM ECONÒMIC	141
13	CONCLUSIONS	142
14	LÍNIES FUTURES D'INVESTIGACIÓ	143
15	RELACIÓ DE DOCUMENTS DEL TREBALL.....	145
16	BIBLIOGRAFIA.....	146

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

El present projecte s'emmarca en el sector de la planificació dels processos productius, especialitzada en processos de mecanització per arrencament de ferritja, per tal d'assistir a la presa de decisions a les PIMES del sector.

Les empresa dedicades a la fabricació de peces, es veuen obligades a treballar amb una gran varietat de recursos (operaris, màquines, eines...) i una producció molt diversificada degut a la gran competitivitat del sector. Pel que cal saber quin recurs s'ha d'utilitzar per a realitzar una determinada operació de forma optimitzada, quan n'hi ha més d'un que pot ser vàlid

Fins fa poc, les PIMES dedicades a la fabricació de peces, basaven la seva producció i organització en funció dels coneixements dels treballadors (operaris i enginyers) . Aquest camí de fabricació comporta riscos, com per exemple el de treballar les màquines i eines més familiars, fent difícil la incorporació d'elements i recursos menys utilitzats en el dia a dia. A més, els coneixements van lligats a les persones, i en el cas de baixa d'algun treballador pot suposar pèrdues que poden no ser assumibles per l'empresa.

Amb el pas del temps, però, s'han anat incorporant suports tecnològic-informàtic que permeten a l'empresa aconseguir una major optimització dels recursos i de l'organització productiva, fent aquesta més competitiva.

Avui en dia són nombroses les aplicacions desenvolupades que controlen parts del procés productiu: el disseny del producte, la fabricació o la planificació de la producció, entre d'altres, però encara hi ha moltes mancances d'integració entre totes elles

És per aquest motiu, que el grup de recerca GREP està desenvolupant, des de fa uns anys, una aplicació enfocada a ajudar a gestionar la planificació de processos de mecanitzat per a PIMES. S'han realitzat diversos treballs que s'han integrat en un programa informàtic

anomenat PAPOM (Programa Assistit a la Planificació de Procés i producció en Operacions de Mecanitzat), el qual es troba en fase de desenvolupament.

Aquest software contempla la integració de les característiques de fabricació (paràmetres tecnològics del procés de mecanitzat) amb les característiques de la organització de la producció (temps de preparació, disponibilitat de maquinària, gestió d'estocs...). Oferint d'aquesta manera una solució d'aquests processos en una única aplicació, permetent a les PIMES una optimització dels recursos i de la producció amb una inversió menor i una gestió més ràpida.

Es fa necessària doncs la implementació d'aquest programa en un entorn real d'una empresa tipus a la qual podria servir aquesta aplicació, per tal de validar que ofereix les millores anunciades.

1.2 Objecte

El PAPOM pretén ser una eina que permeti a les PIMES optimitzar els seus recursos i processos productius, però fins al moment el programa no s'ha posat a prova en l'entorn de l'empresa, pel que no es pot assegurar que aportï aquestes millores a l'usuari.

Per aquest motiu, el present projecte final de carrera té com a objectius:

1. Implementar el PAPOM a un taller de mecanitzat d'una empresa real.
2. Realitzar les comparacions dels resultats obtinguts del PAPOM amb els que obté l'empresa per mitjà de l'experiència pràctica i dels seus suports informàtics.
3. Realitzar diverses millores al PAPOM des del punt de vista tecnològic, a partir de la relació directa amb l'empresa. L'objectiu d'aquest projecte no és programar les modificacions a realitzar, sinó idear les millores per tal d'adaptar-lo a les necessitats de l'usuari al qual es dirigeix.
4. Proposar millores per a una línia futura de treball

Es conclourà amb una nova versió del programa PAPOM que contindrà les millores i rectificacions que s'hagin inclòs.

1.3 Especificacions i abast

Les especificacions del projecte, i a la vegada les que haurà de complir el programa informàtic, són les següents:

- » Presentar la informació mínima i estrictament necessària per tal de treure el màxim rendiment al programa, mantenint la indispensable per a la realització de les operacions internes del programa.
- » Validar que les operacions, paràmetres i càlculs s'ajusten al que realment necessiten les empreses a les quals es dirigeix el programa. Per fer-ho serà necessari treballar amb un cert nombre de peces (producte de l'empresa) per tal d'implementar-les i poder obtenir uns resultats.
- » Comprovar si la interfície gràfica del programa resulta senzilla i intuïtiva per a un usuari del sector.
- » Adaptar-se en la mesura del que sigui possible, a les necessitats i peculiaritats de l'empresa (personalització del programa)
- » Comparar els resultats obtinguts pel programa, amb els que obté l'empresa de mecanitzats pels seus mètodes habituals.

L'abast del treball inclourà:

La implantació del PAPOM en el taller de mecanitzats d'una empresa del sector. Validació de l'aplicació amb un plantejament dels problemes, una explicació detallada de les solucions adoptades i un informe del programa per al desenvolupament d'accions futures. La programació informàtica queda fora de l'abast d'aquest projecte.

2 CONCEPTES PREVIS

Durant la redacció del projecte s'utilitzen un seguit de termes relatius a la indústria del sector, tot i ser molt comuns en el camp de l'enginyeria de processos i de la planificació de la producció, es poden interpretar de manera diferent. Per aquest motiu se'n presenten les definicions que es prenen en el present treball;

- » Eina (de tall): És l'element que actua de cunya de penetració al material. Ha de tenir una aresta de tall. Es diferencia entre les eines geomètricament definides i les no definides.
- » Full de ruta: Document on hi ha ordenats de forma cronològica tots els centres de treball pels qual ha de passar una peça, des de que s'obté el brut de partida fins a la finalització del procés de fabricació. En el cas d'aquest treball, aquesta definició s'ha ampliat i es considerarà com a full de ruta el document on hi consten tots els centres de treball i, a més, també hi figuren totes les operacions que es realitzen amb els seus temps de mecanitzat corresponents per un peça.

Pot incorporar varies dades en funció de les necessitats de cada empresa, però generalment el que interessa és saber el temps que una peça passarà en cada centre de treball. Hi ha múltiples fulls de ruta possibles per una mateixa peça. A la Figura 1 se'n pot veure un exemple:

Codi peça: 12321

Denominació: Cargol especial

Material: Acer 1025

Número de plànol: 12321

Opció: 1

Lot: 10 unitats

Client: UdG

Data revisió: _____

Fase	Descripció	Centre treball	P _o (€/h)	Temps (min)		Cost(€)		Utillatge (€)
				t _c	t _p	Cc	Cp	
10	Tallar brut	Serra de cinta	18	0,3	2	0,09	0,6	-
20	Mecanitzar cargol	Torn CN	30	7,9	0,77	3,95	0,38	557,3
30	Pavonat	Centre extern	-	-	-	0,1	-	-

* Temps i costos unitaris.

Figura 1. Exemple de full de ruta.

En aquest cas, les dades que hi figuren són la taxa horària del centre de treball (P_0), els temps de cada centre de treball (temps cicle, t_c i temps de preparació, t_p), els seus costos associats (C_c i C_p) i el cost d'algun utilitatge especial emprat durant la fase. Aquest document és l'element bàsic per la planificació dels processos de fabricació en un taller mecànic.

Les dades corresponents a les operacions i temps concedits, s'obtenen dels fulls d'operacions.

- » **Full d'operacions:** Document complementari al full de ruta on es descriuen els paràmetres que defineixen cada operació d'una fase (Figura 2). N'hi haurà tants com subfases tingui el full de ruta. La informació recollida és necessària pels operaris que hi ha als centres de treball per poder realitzar cada operació en les condicions determinades.

Peça: 12321. Cargol especial *Autor:* _____
Fase: 10. Tallar brut *Plànol:* _____
Subfase: 1 *Data:* _____

Op.	Descripció	Eina	Condicions de tall						Temps (min)						Cost Eina Ca·tc/T [€]	
			Vc m/ min	N rpm	Va m/ min	P mm	N ^o _p	a mm/rev	T min	tp s	ti s	tc s	Tch min	Tch·tc/T min		
10.1.1	Embridament	Grapes	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-
10.1.2	Tallar	Serra: Gar/582500	40	44	0,15	1	1	-	25	-	6	18	-	-	-	0'002
10.1.3	Descarregar	Grapes	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-

Vc: Velocitat de tall *T:* Vida de l'eina
N: N° de revolucions de gir mitjanes *N^op:* N° de passades
Va: Velocitat d'avanç *tp:* temps de preparació
P: Passada *ti:* temps improductiu
a: Avanç *tc:* temps de tall

Figura 2. Exemple del full d'operacions de la figura 1.

- » **Operació:** Formes de tractar la superfície del material de partida per obtenir la geometria de la peça desitjada. Per exemple, per fer un forat es diu "trepatge", o per fer una rosca es diu "roscatge".
- » **Subfase:** Conjunt d'operacions realitzades en una mateixa estacada de la peça a la màquina eina.
- » **Fase:** Conjunt de subfases realitzades en un únic centre de treball.

- » Centre de treball: Unitat de treball formada per màquines i/o persones amb característiques semblants.
- » Velocitat de tall: Velocitat relativa lineal de la perifèria de l'eina respecte al material de la peça. El seu valor depèn de diversos factors, com per exemple, el material de la peça, material de l'eina i les característiques de la màquina. Es mesura en m/min.
- » Avanç: Moviment que fa l'eina per poder avançar en la mecanització de la geometria en una volta de 360° de l'eina (trepants i freses) o de la peça (torns). S'expressa en mm/rev. Es pot expressar en mm/min, essent la velocitat relativa entre l'eina i la peça que permet avançar en la mecanització de la geometria.
- » Profunditat de passada: Distància que l'eina s'enfonsa a la peça en la direcció transversal (torn).
- » Avanç ràpid: Velocitat a la qual es desplaça l'eina quan es genera un codi de desplaçament ràpid. La velocitat és molt més elevada que la velocitat d'avanç normal, i d'aquesta manera s'optimitza el temps quan l'eina es mou entre dos punts i no necessita mecanitzar.
- » Planejat: Operació de fresat, l'objectiu de la qual és aconseguir una superfície plana, pot ser tant tangencial com frontal.
- » Ranuratge: Operació de mecanitzat en la que l'eina té un moviment perpendicular a l'eix de la peça a mecanitzar i aquesta penetra deixant com a resultat una ranura que té, com a mínim, el gruix de l'eina.
- » Caixera: Operació de fresat, que consisteix en buidar amb una eina perpendicular a la superfície, una geometria determinada, els radis dels vèrtexs, seran com a mínim el radi de l'eina.

- » Trepatge: Operació de mecanitzat que en el cas de fresa consisteix a mecanitzar un forat cilíndric utilitzant una broca. En el cas del torn, consisteix a situar un portabroques i una broca al contrapunt i avançar en la direcció longitudinal de la peça per tal de realitzar un forat d'un determinat diàmetre. També es pot col·locar la broca en el portaeines del torn.
- » Mandrinatge: Operació de mecanitzat que consisteix en eixamplar un forat existent. L'eina descriu el mateix moviment que un cilindrada però de tipus interior. Es pot utilitzar tant en fresa com en torn. En el cas de la fresa es pot arribar a utilitzar una eina dedicada.
- » Roscatge: Operació de mecanitzat que en fresa i torn, consisteix a donar un pas de rosca determinat mitjançant una eina explícita. És necessari controlar l'avanç, el pas de rosca i les velocitats de tall i avanç.
- » Escariat: Operació de fresat, en què es rectifica un forat per tal de donar-li un millor acabat, millor tolerància.
- » Tronçat: Operació de mecanitzat en la que l'eina segueix la mateixa trajectòria que el ranuratge, però que arriba fins al centre de la peça.
- » Cilindrada: Operació de mecanitzat amb torn, en el qual el moviment de l'eina és paral·lel a l'eix de rotació de la peça a mecanitzar.
- » Refrentatge: Operació de mecanitzat amb torn, en el qual el moviment és perpendicular a l'eix de la peça a mecanitzar.
- » Cilindrada cònica: Operació semblant al cilindrada, exceptuant que el moviment relatiu té una inclinació. Aquest, defineix un conus a la peça de revolució.

3 METODOLOGIA D'ESTUDI

Per desenvolupar el present projecte cal definir un pla de treball estricte, ja que al tractar-se de projectes de diferents alumnes, carreres i temps, no resulta fàcil aglomerar-ho tot sota una mateixa aplicació informàtica. Si no es tenen les idees clares i no s'actua amb previsió i hi ha el risc d'interpretar malament algunes dades, aconseguint un resultat erroni. Cal analitzar els treballs previs, observar cap on van dirigides les directives i aportar el coneixement i treball propi per fer evolucionar l'aplicació.

La metodologia adoptada per assolir els objectius proposats es resumeix a continuació (Figura 3):

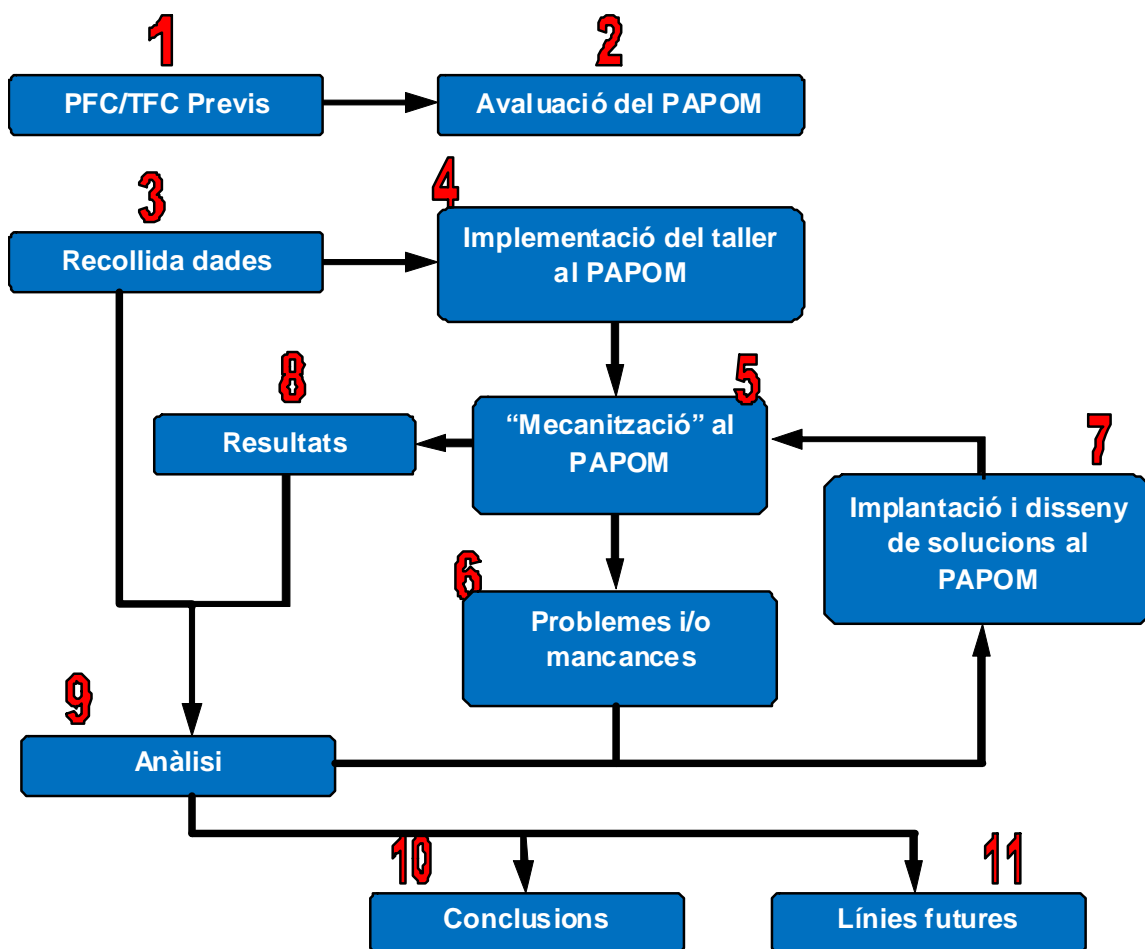


Figura 3. Seqüenciació dels passos a seguir

A continuació es fa una breu descripció de les accions que s'han de dur a terme en cadascun dels punts;

1. Lectura dels PFC/TFC previs que s'han integrat al projecte PAPOM. D'aquesta manera es podrà treballar amb el coneixement del recorregut i l'evolució que ha seguit l'aplicació, coneixent la seva estructura i el seu funcionament es podran enfocar millor les línies a seguir per seguir millorant-lo.
2. Posar a prova el programa PAPOM en un cas pràctic per tal de veure i avaluar l'estat actual de l'aplicació; les interfícies, els requeriments de dades i la presentació de resultats. En definitiva tenir una visió crítica tenint en compte els recursos disponibles. Detectar les mancances i els possibles punts de millora.
3. Recollir tota la informació necessària del taller de l'empresa de mecanitzats. Cal contactar amb l'empresa per tal d'obtenir totes les dades referents a maquinària, eines i utilitatges, per tal de poder implementar el taller al programa, així com determinar quines peces són les més adients per posar a prova el funcionament del PAPOM, i quines són les característiques d'aquestes, tant geomètriques com les referents al seu mecanitzat. A més a més cal recollir els fulls de ruta d'aquestes peces o per defecte els temps de mecanitzat i el cost de la peça. Aquest contacte es realitzarà mitjançant eines de comunicació com el telèfon o el correu electrònic i amb visites al taller per tal de recollir la informació *in situ*.
4. Un cop recollides les dades de l'empresa, caldrà introduir-les al PAPOM, pel que s'haurà de crear una nova base de dades per tal de no interferir en les ja existents i entrar acuradament les màquines, les eines, etc, amb el major nombre de característiques possibles requerides en el disseny del PAPOM.
5. Elaboració dels fulls de ruta per a la mecanització de cada peça. Es tria l'estratègia de mecanització i es va implementant al PAPOM.
6. A mesura que s'avança es detecten els problemes, errors mancances, fet que obliga a la millora continua d'aquest.

7. Millorar i dissenyar les solucions necessàries per fer que els possibles processos que puguin donar error o ésser susceptibles de millora funcionin correctament dins el PAPOM.
8. S'obtenen els fulls de ruta que s'han introduït al PAPOM de cadascuna de les peces, amb els temps i costos corresponents.
9. Es comparen els resultats obtinguts del PAPOM, amb els valors reals de temps i costos de l'empresa per tal d'avaluar si el programa dona una resposta correcte, similar a la de l'empresa, suposa una millora o aquesta és clarament no vàlida.

En el cas de veure clarament que els resultats del PAPOM no són vàlids, cal investigar, avaluar i determinar d'on procedeix l'error per tal d'idear les solucions necessàries per ajustar els resultats a la realitat i aplicar-les al programa. Per iterar de nou el procés d'obtenció de resultats i anàlisi d'aquests.

10. S'obtenen les conclusions referents a la implantació del programa en un taller d'una empresa real. Desprenent si aquest és o no apte per ser usat en el dia a dia del requeriments del mercat real. A més a més de les possibles millores realitzades al PAPOM, del que segons el volum en pot esdevenir una nova versió.
11. Redactar propostes, errors, o línies de desenvolupament que s'hagin vist durant l'evolució del PAPOM, però que no entren dins l'abast del treball.

4 ENGINYERIA DE PROCESSOS DE FABRICACIÓ

Amb l'evolució tecnològica i mecànica que s'ha seguit durant els últims anys, s'ha arribat a un punt en què les indústries tenen la capacitat de fabricar una peça amb una geometria, materials, acabats superficials..., qualsevol. Tot i això, la correcta mecanització depèn de factors diversos, tals com la gestió dels recursos, l'elecció dels processos de fabricació, la planificació i el control de la producció... Cal doncs un estudi exhaustiu i una planificació acurada d'aquests factors, per tal de prendre les decisions que permetin obtenir un resultat final satisfactori.

S'entén doncs, per enginyeria de fabricació, com els processos d'anàlisi dels factors propis de la indústria (taller), per planificar les decisions que han de permetre optimitzar l'obtenció del resultat final. Per aconseguir-ho, la filosofia de treball desglossa el problema inicial en 3 nivells totalment dependents entre ells. Aquests s'ordenen jeràrquicament tal com mostra la Figura 4, s'exposen a continuació:

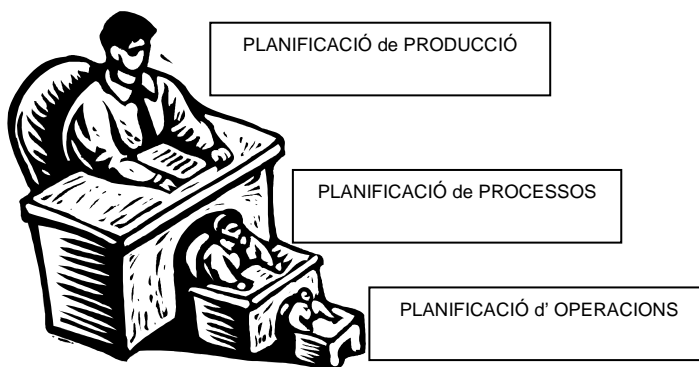


Figura 4. Nivells de l'enginyeria de fabricació.

En el primer dels nivells, s'hi troba la planificació d'operacions, jeràrquicament és el més baix, ja que té un camp d'aplicació reduït. Serveix d'unió entre la decisió del planificador i la operació real. En aquest punt s'han de determinar els detalls dels paràmetres tècnics (eines, màquines, centres de mecanitzat, condicions de tall...). Una bona presa de decisions assegura una correcta realització de les operacions de fabricació. També es coneix com a microplanificació.

El segon nivell és la planificació dels processos. En aquest es pretén seleccionar i definir en detall el procés de fabricació d'una peça. Primerament es generen un o varis fulls de ruta (FdR), dels quals s'avaluaran diferents paràmetres com el cost, els temps o la disponibilitat dels recursos, per tal d'intentar trobar la ruta que optimitza la fabricació. També es coneix com a macroplanificació; uneix la part tècnica amb la part no tècnica, és a dir, la planificació de les operacions amb la planificació de la producció. Aquest es desenvolupa amb major profunditat a l'apartat 4.1

En el darrer nivell es troba la planificació de la producció o Sheduling. Jeràrquicament és el nivell més alt, es centra en una perspectiva global, no en com s'han de produir les peces. El seu objectiu és el de donar resposta a les preguntes; què, quan, qui i a on es fabricaran les peces. A diferència, doncs, dels altres nivells, la planificació de la producció es centra en tot el ventall de productes de la indústria, no en una única peça.

4.1 Planificació de processos

Generalment, les empreses dels sector industrial, treballen sota comanda. Tot i que cada dia s'ajusten més les dates d'entrega, des del moment que es rep la comanda fins la seva execució transcorre un temps que brinda l'oportunitat per poder fer la planificació.

La planificació de processos és molt important, i necessària en qualsevol indústria, independentment de la mida de l'empresa i del volum i complexitat de la comanda. Una bona planificació dels processos permetrà millorar molts aspectes dels sistema productiu de l'empresa, com poden ser; l'ocupació de les màquines, els colls d'ampolla, els temps d'estada de les peces a les màquines... millorant així l'eficiència global dels processos de fabricació i per tant reduint els costos, que al cap i a la fi és un dels objectius prioritaris.

A continuació es mostren detalls i decisions que es requereixen en la planificació de processos:

- » Procés i seqüència de les operacions

- » Selecció d'equipaments (màquines i equips de control)

- » Eines, matrius, motlles, utillatges i plantilles/galgues
- » Eines de tall, condicions de tall per les operacions de mecanitzat
- » Mètodes:
 - ↳ Diagrames de càrrega (Pert, Gantt)
 - ↳ Retroalimentació amb el disseny
- » Estàndards de treball
- » Estimar temps i costos de producció
- » Manipulació de material (organització de la logística)
- » Distribució de planta (*layout*) i disseny de mesures

La seqüència tradicional de processos és la següent:

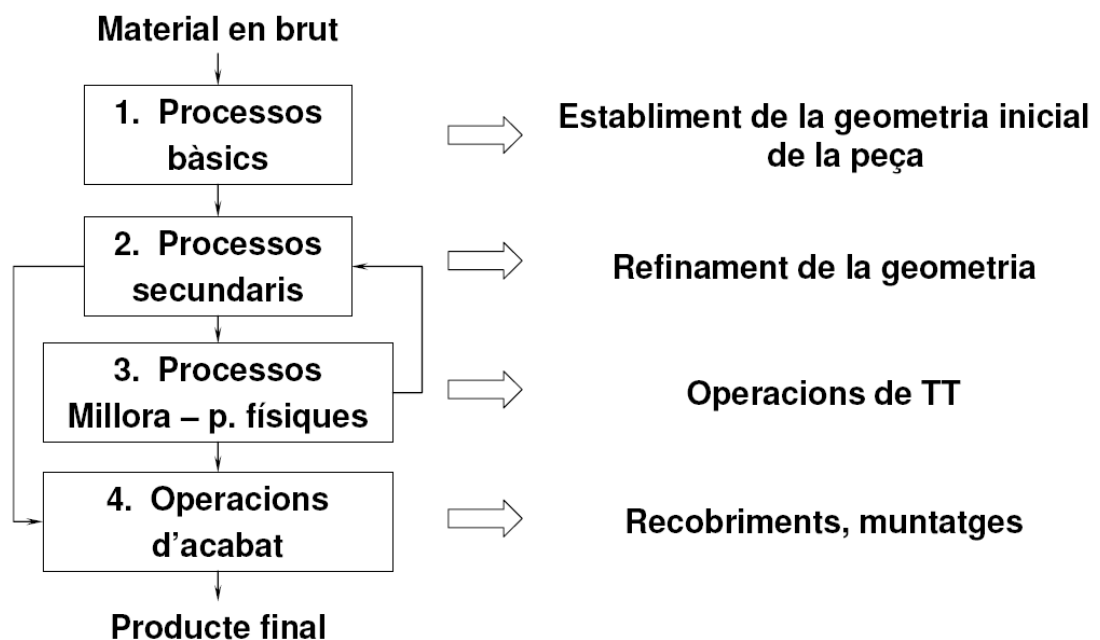


Figura 5. Seqüència tradicional de processos

Són varis els factors que condicionen la planificació. A la taula 1 es pot veure els principals diferenciats en dos grups, els que augmenten la dificultat de planificar i els que la simplifiquen.

FACTOR	
MAJOR COMPLEXITAT	Número de peces
	Número d'operacions de cada peça
	Interdependència entre operacions
	Variació de la capacitat de les màquines per les diferents classes de treball
	El número de submuntatges
	La necessitat d'acompliment de dates d'entrega
	La recepció de comandes petites i nombroses
MENOR COMPLEXITAT	La repetició dels treballs
	L'absència de dates d'entrega
	La capacitat fixa de les màquines
	Els mètodes fixes de treball
	Absència de peces de muntatge
	L'equilibri entre les capacitats de producció

Taula 1. Factors influents en la planificació de processos (Jose M. Lopez Vicente, 1986)

En resum, la planificació de processos consisteix en una predeterminació sistemàtica dels objectius i dels mitjans necessaris per poder arribar-hi de la manera més eficient i econòmica possible. És per això, que es fa necessària una coordinació eficaç entre treballadors i màquines.

Aquesta planificació, esdevé un element clau en el procés de fabricació, ja que determina l'ordre o seqüència de les operacions i la utilització de les eines així com les condicions de tall i accessoris necessaris. No obstant, la planificació depèn molt de l'habilitat i experiència de l'operari. Aquesta dependència pot donar lloc a mals resultats, com per exemple, retards, errors de fabricació etc. En definitiva, amb la planificació de la producció es busca la coordinació de les accions i la previsió que permeti obtenir el màxim benefici i seguretat dels mitjans possibles.

Finalment, a continuació es presenten les guies i consideracions en decidir processos i la seva seqüenciació, (Jose M. Lopez Vicente, 1986):

- » Requeriments de disseny
- » Requeriments de qualitat
- » Volum i rati de la producció
- » Processos disponibles
- » Utilització de material
- » Restriccions de precedència
- » Superfícies de referència
- » Minimització d'estacades
- » Eliminar passos innecessaris
- » Flexibilitat
- » Seguretat
- » Cost mínim

4.2 Enginyeria seqüencial i enginyeria concurrent

Degut a la forta competència, que exigeix el mercat a les empreses del sector, sorgeix la necessitat d'introduir canvis a la filosofia de treball i de gestió, de les indústries, per tal d'aconseguir ser més eficients.

En poc temps s'ha aconseguit un canvi qualitatiu, passant d'una enginyeria seqüencial o tradicional, a una enginyeria concurrent.

L'enginyeria seqüencial basa el seu sistema de producció, en el que s'entén com producció per sobre la paret (veure Figura 6), és a dir, cada departament de l'empresa realitza la seva tasca, passant els resultats al següent i així de manera lineal fins a obtenir el producte final. Aquest procés suposa que el dissenyador del producte hagi d'incloure les consideracions de disseny quan abans possible, imposant els requisits funcionals, estructurals i tècnics, propis de tot el cicle de vida del producte. Aquestes decisions que es prenen durant la fase de disseny comporten entre un 60% i un 95% dels costos associats a un producte, pel que

qualsevol necessitat de canvi posterior repercutirà fortament en els costos i els temps d'entrega.

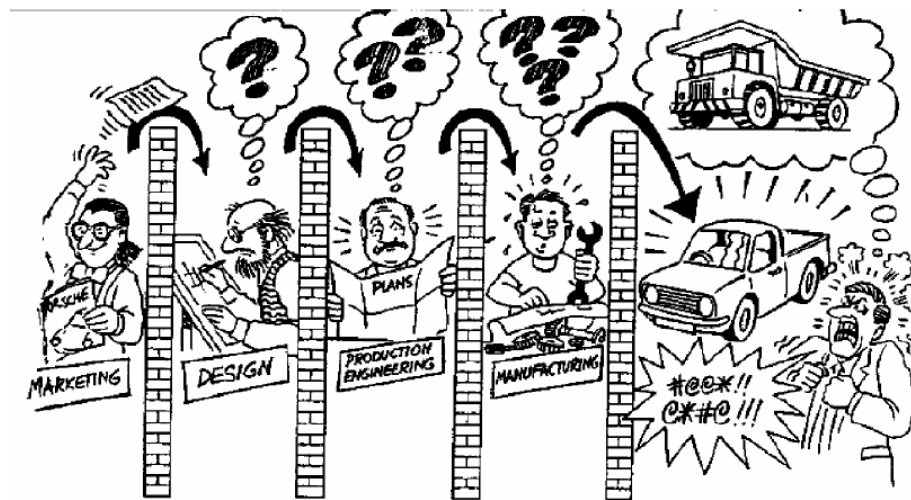


Figura 6. Mètode convencional de desenvolupament del producte (P.G. Ranky, 1994)

L'enginyeria concurrent, en canvi, és una filosofia de gestió i enginyeria que té l'objectiu de millorar la qualitat i reduir els costos i els temps de lliurament. Té aplicació des de la concepció del producte al desenvolupament del producte, per nous productes o per modificacions. Adoptar la filosofia de l'enginyeria concurrent, suposa un canvi d'entorn, en el que s'ha d'adquirir el concepte del cicle de vida del producte, s'ha d'estar al dia de les tecnologies innovadores i s'ha d'aconseguir una cooperació interdisciplinària. A més a més s'han de realitzar canvis tant a nivells organitzatius com a nivell d'eines, metodologies i tecnologies.

A la Figura 7 es poden veure els esquemes d'ambdues enginyeries.

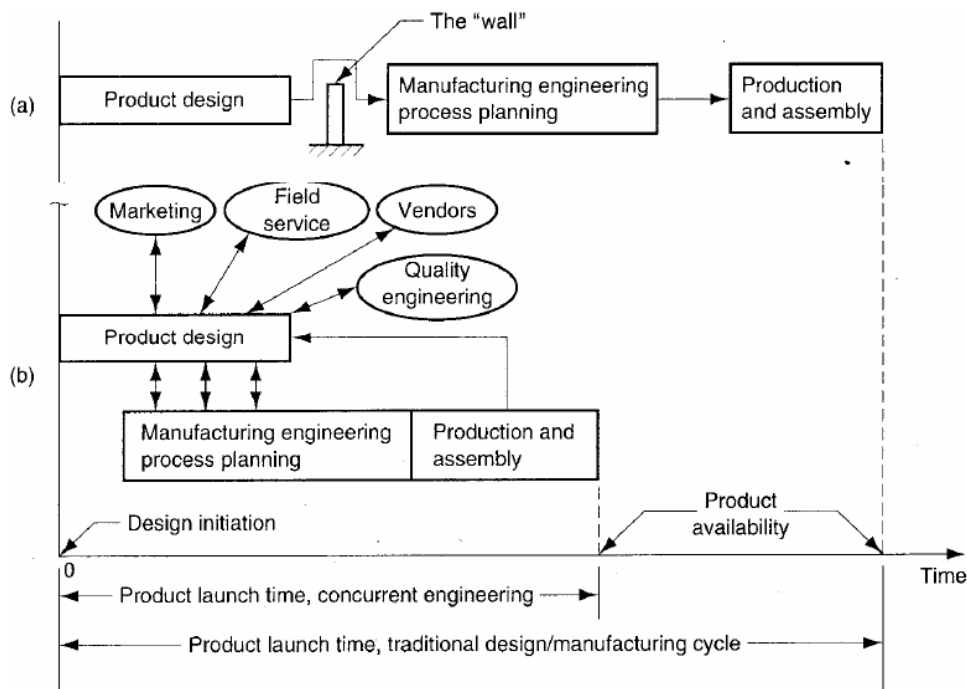


Figura 7. Esquemes de (a) enginyeria tradicional i (b) enginyeria concurrent

4.3 Fabricació integrada CIM

L'objectiu però, és arribar a la fabricació integrada CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). El CIM no és només un paquet informàtic que es compra, la integració de la producció, una tècnica de producció que automatitza tota l'empresa..., és tot això i més. La *Computer and Automation Systems Association (CASA)* de la societat d'enginyers de fabricació defineix CIM com la *integració total de l'empresa de fabricació mitjançant l'ús de sistemes integrats de dades i comunicacions juntament amb les noves filosofies de gestió que milloren l'organització i l'eficiència del personal.* (Rehg J.A., 1994).

Es pot definir doncs, que la fabricació integrada per ordinador, és una forma de coordinar tots els elements que participen en el procés de producció, fabricació assistida per ordinador (CAM), disseny assistit per ordinador (CAD), planificació de la producció assistida per ordinador (CAPP), etc., de forma directa o indirecta, per aconseguir els objectius estratègics marcats per la direcció de l'empresa. Tota aquesta integració, queda reflectida en la roda del centre CIM, que s'observa a la Figura 8.

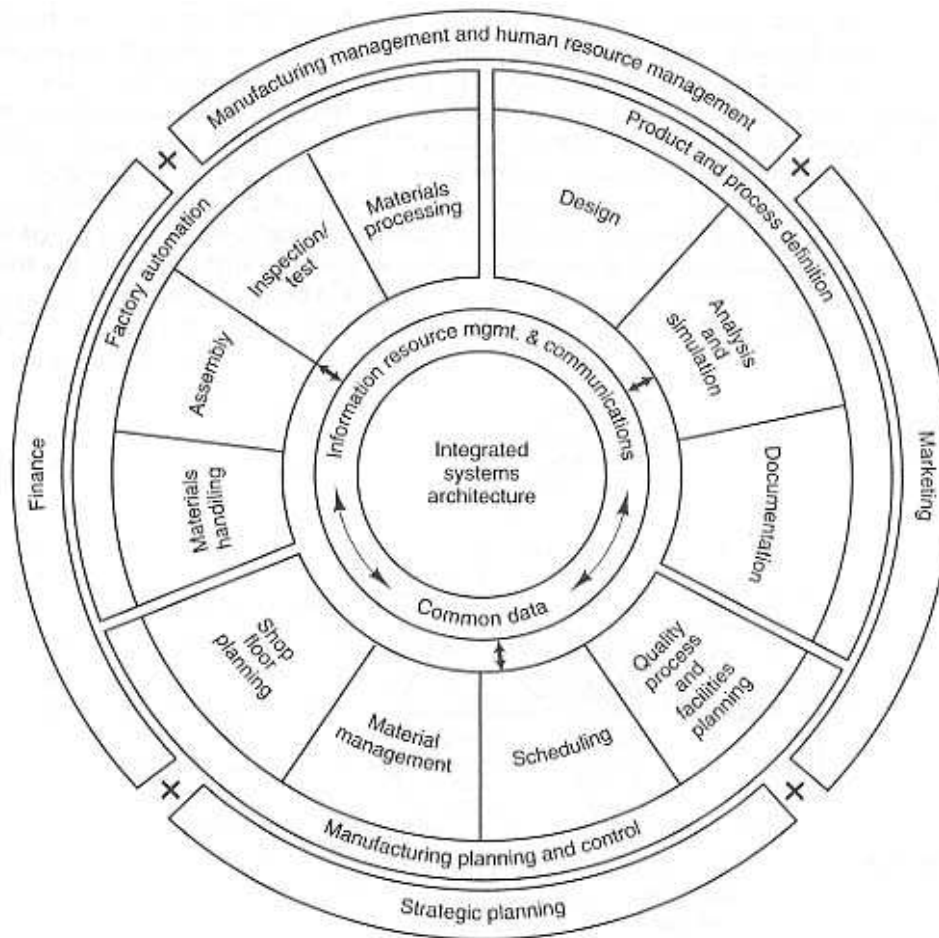


Figura 8. Roda del CIM (Rehg J.A., 1994)

La filosofia CIM, té en compte cadascuna de les etapes del cicle de vida del producte, des de la recepció i verificació de la matèria prima, el disseny, la construcció de prototips, la producció, l'emmagatzematge i la distribució del producte. Dins d'aquesta filosofia, el flux d'informació entre els diferents estrats ha de ser constant.

Una empresa que abraça els conceptes CIM te una filosofia de gestió que (Rehg J.A., 1994):

- » Utilitza la satisfacció del client com a base per la presa de decisions
- » Abraça els principis de qualitat total
- » Valora les idees de cada empleat
- » No accepta status quo, treballa cap a la millora contínua.

Si el CIM s'aplica amb èxit s'aconsegueix tenir una base de dades comuna, que és compartida entre tots els departaments. A més s'automatitza hardware i software per tal d'integrar amb eficàcia les operacions de l'empresa per tal que les dades dels productes siguin creades una sola vegada i es puguin utilitzar molts cops.

4.3.1 Sistemes CAD

Els sistemes CAD (*Computer Aided Design*), són tots aquelles aplicacions que assisteixen al disseny de les peces a fabricar. És l'eina principal per la creació d'entitats geomètriques. És capaç de mostrar la forma, material, propietats, abans de que aquesta sigui tangible. El tractament, es pot realitzar en dues o tres dimensions (Figura 9).

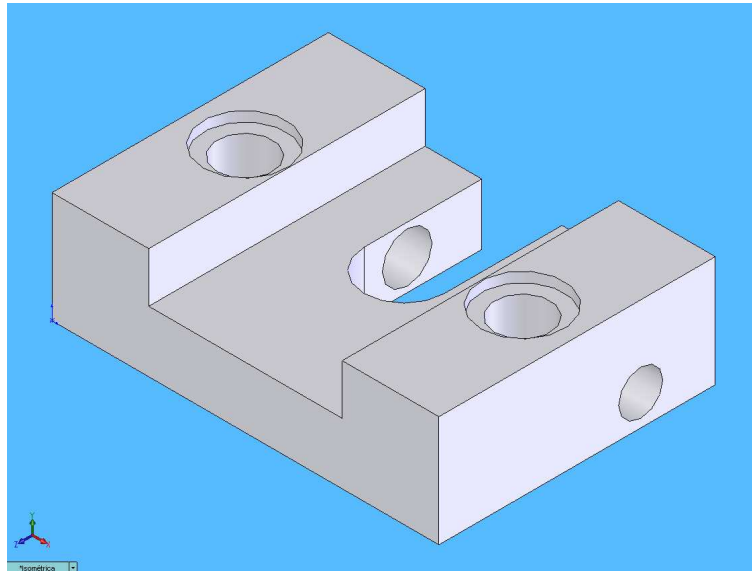


Figura 9. Dibuix 3D, realitzat amb Solidworks©

4.3.2 Sistemes CAM

Els sistemes CAM (*Computer Aided Manufacturing*), són d'implantació més recent que els sistemes CAD, però amb la mateixa importància. Aquests programaris, són capaços de generar i simular les operacions necessàries de mecanitzat d'un determinat brut fins a obtenir la peça dissenyada. Es generen la codificació compatible per a les màquines-eina, fet que millora el intercanvi de dades. A més es poden realitzar simulacions de les operacions de mecanitzat per assegurar el correcte funcionament d'aquest.(Figura 10)

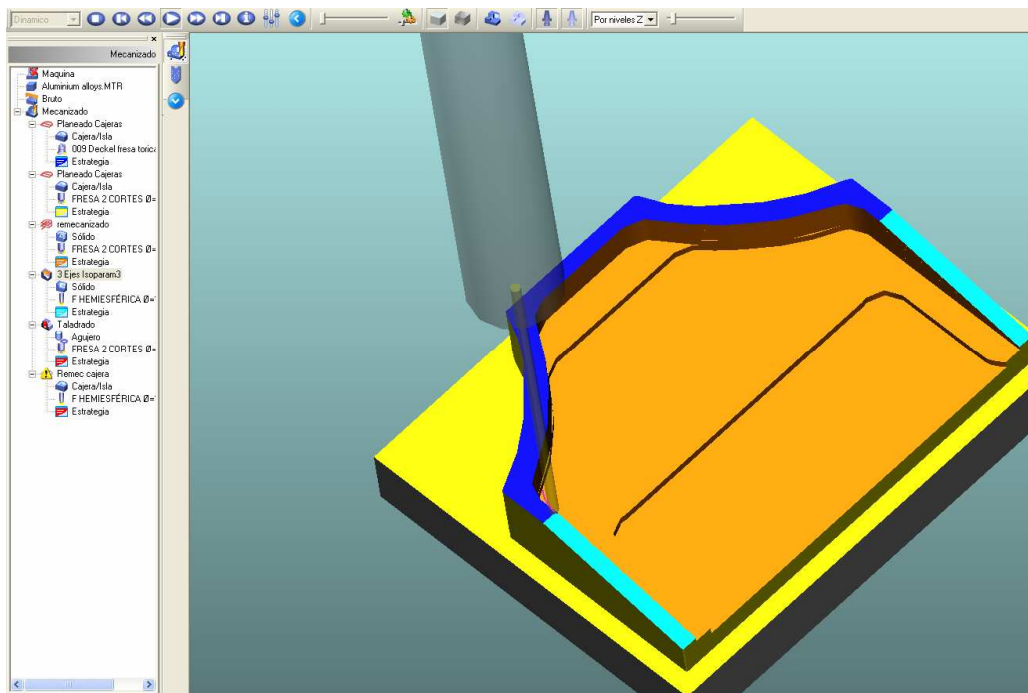


Figura 10. Mòdul de simulació del programa GOelan©.

El mateix sistema permet dibuixar les geometries inicials, tot i que la majoria de sistemes CAM són compatibles amb la majoria de CAD. Tot i que en casos pot donar problemes, importar els arxius CAD pot estalviar molta feina, i generalment la interfície de disseny dels CAM no acostuma a ser tant bona.

4.3.3 Sistemes CAE

Computer Aided Engineering. Com bé descriuen les sigles, són els programes que estan dirigits a l'enginyeria per ordinador. Permeten analitzar i simular els dissenys d'enginyeria realitzats per ordinador per valorar les seves característiques, la seva viabilitat i rendibilitat. S'inclouen totes les tècniques d'anàlisi basades en aplicacions informàtiques com els elements finits (FEM) o la generació de fitxers per la creació de prototips ràpids. L'objectiu del seu ús, és valorar la viabilitat de la fabricació dels productes, per tal d'optimitzar la fabricació, reduint-ne costos en proves i controls posteriors.

Elements finits: Es poden valorar aspectes com el disseny, en funció de les càrregues a suportar, la fatiga etc. Basen els càlculs en els elements finits. Els resultats es presenten de forma molt visual, com es pot veure a la Figura 11.

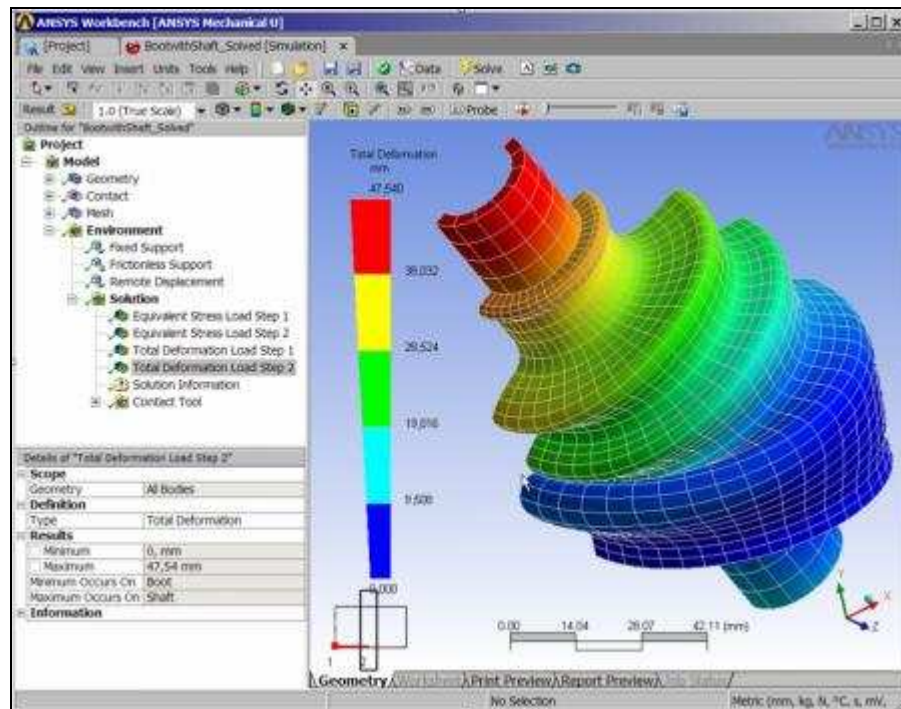


Figura 11. Peça calculada mitjançant els elements finits (Ansys©)

4.3.4 Sistemes CAPP

Les aplicacions CAPP (*Computer Aided Process Planning*) enllacen les operacions de disseny amb les de fabricació a través de la planificació de processos. El resultat que s'obté d'un CAPP és un pla de procés òptim i factible. El nivell de detall d'aquest pot diferir en funció del sistema de fabricació de cada empresa. I en funció de les dades que hi apareguin es pot anomenar full d'operacions, full de ruta o resum de la planificació d'operacions.

S'hi proporcionen, doncs, les instruccions necessàries per realitzar una peça pas a pas; les operacions de mecanitzat amb les instruccions per cadascuna, paràmetres de mecanització (velocitats, profunditats, tecnologies...), embridatges, eines a utilitzar... A la Figura 12 es pot observar l'esquema del funcionament bàsic d'una aplicació CAPP.

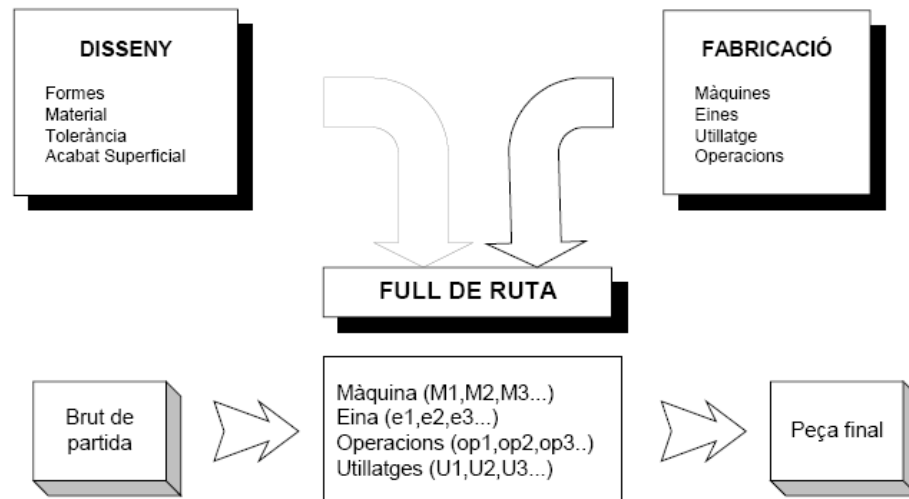


Figura 12. Esquema bàsic d'un CAPP (Dolors Planas, 2005)

Aquest conjunt de dades i paràmetres que s'obtenen del CAPP tenen gran importància per tal de poder realitzar el pla mestre de producció, facilitant doncs, la integració amb la planificació i control de la producció.

La implementació d'aquestes aplicacions en l'entorn de treball de l'empresa suposa un seguit d'avantatges i beneficis;

- » Racionalització i estandardització del procés de planificació. Obtenint uns plans de procés (fulls de ruta) més complets i detallats.
- » Estalvi en tasques directives, material, eines i ferritja.
- » Reducció del temps d'entrega en la planificació del procés i de la producció. Permetent una resposta més ràpida als canvis de l'enginyeria.
- » Millora dels processos d'estimació de costos i disminució dels errors de càlcul.

Dins el conjunt de programes CAPP, distingim dues filosofies d'implementació i utilització:

- » CAPP variant o de recuperació: En aquests tipus de sistemes les peces s'agrupen en famílies per a les que es confeccionen uns plans de processos estàndard, que són emmagatzemats en la memòria de l'ordinador i es recuperen quan es necessiten per una peça nova o per una revisió. D'aquesta manera, la tecnologia de grups (identificació i agrupació de parts similars per aprofitar les seves similituds en el disseny i la producció) pot ajudar a identificar la família adequada a la que pertany aquesta nova peça. El PAPOM està pensat amb aquesta filosofia.

- » CAPP generatiu: Es creen plans de procés de forma automàtica utilitzant procediments sistemàtics que han de ser aplicats per un planificador de procés. La seqüència de procés s'hauria de fer sense la ajuda humana ni amb plans estàndards predefinits. Apareix el concepte de intel·ligència artificial. Això permetrà solucionar problemes de planificació complexes, gestionant varis fulls de ruta de varies peces diferents a la vegada.

Els sistemes generatius, encara que són més complexos que els variants, són més restrictius pel que fa l'amplitud del camp d'aplicació. Aquesta és una de les circumstàncies per la que determinats investigadors encara segueixen apostant per la viabilitat dels sistemes variants, fins i tot quan les avantatges dels generatius són superiors., de manera que ambdós enfocaments tenen futur i camp d'aplicació.

4.3.5 Sistemes PPC

Els anomenats sistemes PPC (*Productions Planning and Control*), són aplicacions informàtiques que permeten assignar els fulls de ruta, realitzar la programació de les tasques que s'han de realitzar, llançar les ordres del treball que s'ha fer, controlar tota la programació i planificació. A diferència d'un CAPP no es centra en el desenvolupament d'una única peça, sinó que necessita saber quina és la ruta de fabricació que es seguirà durant el procés per cadascuna de les peces que s'estiguin confeccionant en aquell moment al taller.

4.3.6 Integració CAPP/PPC

Per tal d'integrar el PPC en els sistemes CAPP es poden dur a terme dues estratègies;

- » Fer conjuntament la planificació del procés i la planificació de la producció: S'aconsegueix fent que el sistema CAPP coordini la assignació dels recursos de treball per les diferents peces a produir al mateix temps i amb una base de dades actualitzada que permeti fer una planificació real en base a l'estat dels recursos productius. Com a conseqüència s'augmenta la complexitat del sistema CAPP i s'han de realitzar els fulls de ruta al darrer moment.

- » Generar plans de processos o fulls de ruta alternatius: S'ha de triar el més adient, en base a un estat real dels recursos productius. D'aquesta manera es dona més flexibilitat a la producció. El PAPOM treballa amb aquesta estratègia.

El problema de la integració es pot definir com "n" peces que tenen diverses rutes de fabricació possibles per ser fabricades en "m" màquines. Trobar la seqüència més adequada de peça/operacions/màquina/temps que optimitzi un determinat criteri establert.

5 EL PROGRAMA PAPOM

5.1 Filosofia

El PAPOM, que respon a les sigles de Programa Assistit per la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat, és una aplicació informàtica que pretén donar suport als tallers de fabricació de les petites i mitjanes empreses. Aquest programa s'ha desenvolupat al grup de recerca d'enginyeria de processos, GREP, i segueix evolucionant amb la fita que a la llarga sigui l'eina que permeti la integració entre els sistemes CAPP i PPC.

El PAPOM, consta de dues grans parts diferenciades; la primera, la de planificació del procés de mecanitzat, i la segona, la d'organització de la producció. Es pretén trobar un resultat final que integri ambdues parts i obtingui un òptim global.

La planificació del procés, engloba tots els processos de mecanització d'arrencament de ferritja. Aquests processos tenen una gran quantitat de variables com; velocitat de tall, avanç, rugositat superficial, profunditat de passada, etc. que fan necessària la presència d'un suport informàtic per tractar-les. Els resultats de la planificació del procés s'obtenen seguint dos pautes;

- » L'algorisme de G. Halevi i R.D. Weill; proposa una optimització de l'acabat superficial donant com a resultat l'avanç i la profunditat de les 3 últimes passades. Per poder realitzar els càlculs i obtenir aquests resultats, es requereixen un gran nombre de paràmetres (duresa del material, velocitats màximes i mínimes, tipus de mecanitzat...) pel que el procés es torna més laboriós i en conseqüència més lent.
- » Els criteris directes; basen el seu càlcul en paràmetres bàsics de tall, (profunditat a mecanitzar, velocitats, avanços...) d'aquesta manera s'aconsegueix agilitzar el procés, sacrificant però l'acabat superficial final.

Amb els resultats que s'obtenen de cada operació, es va confeccionant un full de ruta per a cada peça que permetrà realitzar la planificació de processos dintre d'un entorn de treball determinat i dur a terme la planificació i el control de la producció.

5.2 Estructura i funcionament

El PAPOM ha de ser una eina que ajudi al planificador de processos. Amb aquesta premissa s'ha elaborat un programa on la seva estructura està diferenciada en 5 parts o subsistemes, tal i com mostra la Figura 13

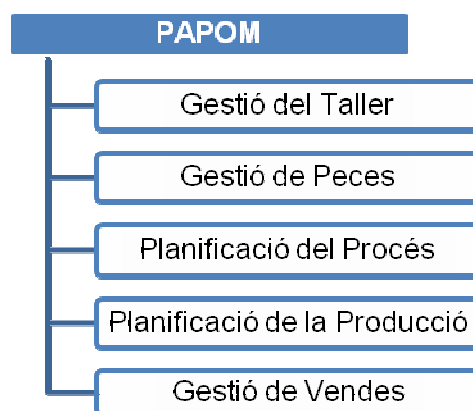


Figura 13. Estructura de subsistemes del PAPOM

En aquesta figura, es presenten les parts del programa amb l'ordre lògic del seu funcionament. A continuació es descriu cadascuna d'aquestes:

La *gestió del taller* és on es permet crear, modificar i esborrar els diferents elements que conformen el taller (màquines, eines, utilitatges, ...) així com establir les relacions entre ells (d'aquesta manera s'associa cada eina amb les màquines que la poden utilitzar). El sistema identifica quines eines poden treballar en cada màquina mitjançant les operacions de mecanitzat que poden realitzar en cadascuna (Figura 14).

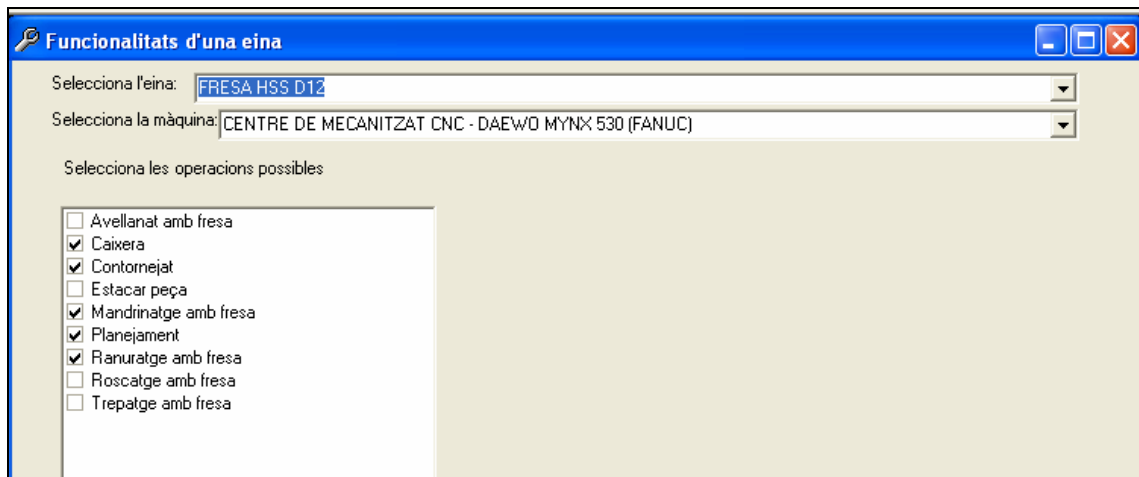


Figura 14. Pantalla de relació entre eines i màquines mitjançant les operacions.

El subsistema *gestió de la peça* permet la introducció, modificació i eliminació de peces del sistema productiu de l'empresa. Per donar d'alta una peça el programa necessita dos tipus de paràmetres: paràmetres geomètrics per poder calcular diferents alternatives dels bruts de partida i paràmetres d'organització de la producció, per poder calcular el llançament d'ordres de fabricació. A la Figura 15 se'n pot veure un exemple.

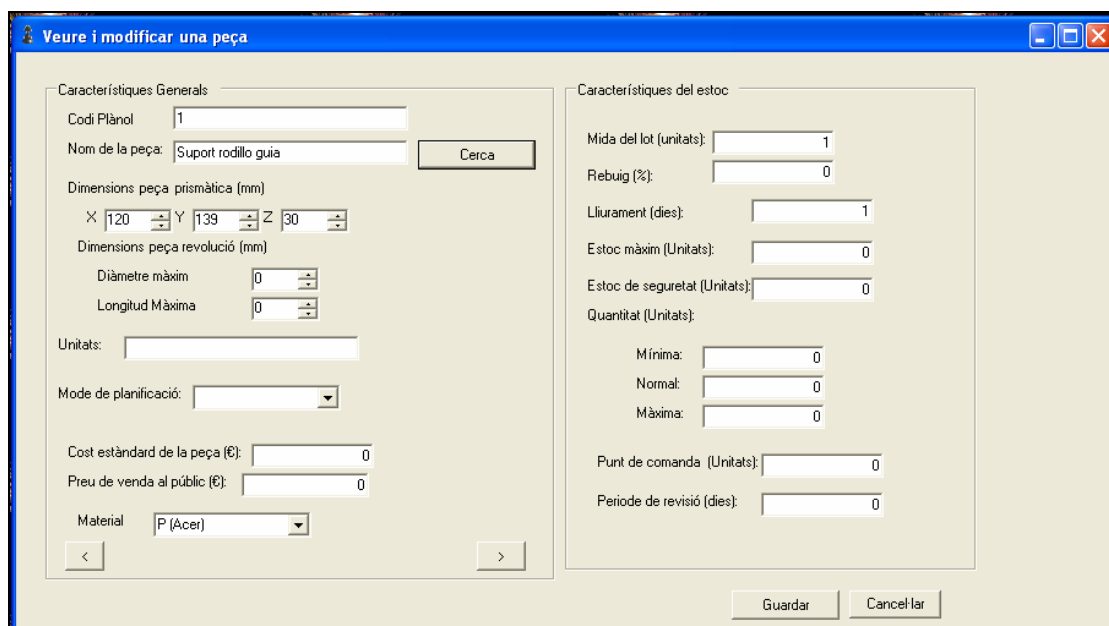


Figura 15. Pantalla de gestió d'una peça.

La *planificació del procés*, és on s'agrupen totes les funcions que permeten entrar, modificar i eliminar un full de ruta (Figura 16). En aquesta part, hi conflueixen els algorismes que

calculen les operacions de mecanitzat, el de càlcul de brut de peça, la base de dades del taller, fet que fa que sigui una part important dins el programa.

Veure i modificar Fulls de Ruta

Elegeixi una peça amb el botó "cerca" i veurà totes les fulles disponible per la peça en qüestió. Seleccionant una podrà o be modificar-la amb el botó "modificar" o exportar a Excel amb el botó "veure en Excel".

Support rodillo guia

Dades del full de ruta

Peça a mecanitzar:
 Nom peça: Codi Plànol:

Mides finals de la peça: 120 x 133 x 30

Es pot partir d'un RECTANGULAR COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
 AMPLADA= 130mm.
 ESPESSOR= 40mm.
 LONGITUD= 138mm.
 i mecanitzar postenonement per obtenir la peça desitjada.

Dades del Full de ruta
 Full de Ruta número: 0 Nom/Descripció:
 Data revisió: 02/12/2008 Lot Òptim 1 Full de ruta estàndard (si ja esta assignat el canviareu)

Fase1

1 Mecanitzat

Centre Freses CNC	Temps preparació min	<input type="text"/> 0	Cost preparació €	<input type="text"/> 0
	Temps cycle min	<input type="text"/> 0	Cost cycle €	<input type="text"/> 0
	Temps improductiu min	<input type="text"/> 0	Cost Improductiu €	<input type="text"/> 0

1.1 1.2 1.3

Codi Control Numèric: 0

<input type="text"/> 0	Estacar peça	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 1	Planejament baix	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 2	Trepatge amb fresa	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 3	Trepatge (9,8)	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 4	Avellanat (Xamfranat forats)	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 5	Xamfranat	<input type="button" value="Veure dades"/>
<input type="text"/> 6	Avellanat (mandrinat forats)	<input type="button" value="Veure dades"/>

Figura 16. Pantalla de gestió d'un full de ruta

La *planificació de la producció*, és l'àrea on hi ha les funcions mitjançant les quals s'escullen els fulls de ruta, el mètode de planificació..., segons els diferents criteris que s'estableixin.

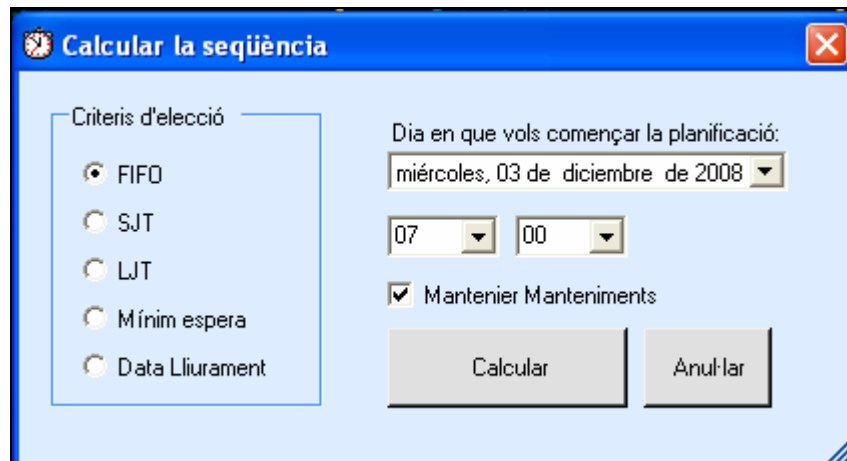


Figura 17. Sistema de seqüenciació de comandes del PAPOM.

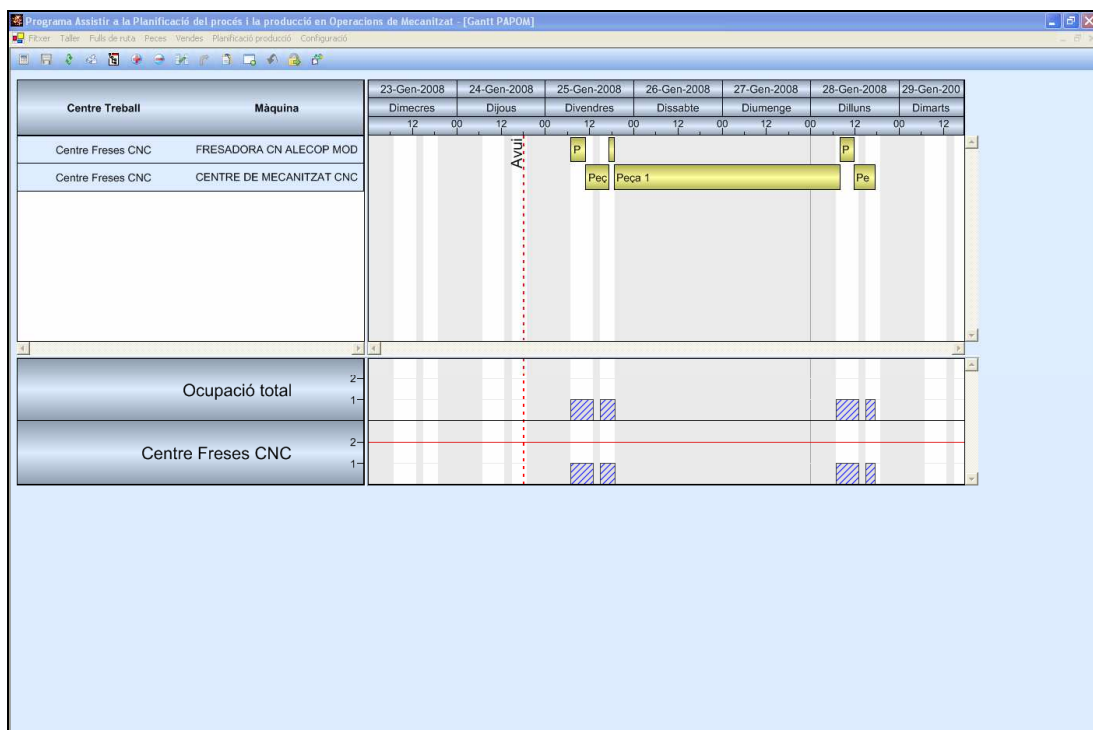


Figura 18. Pantalla del PAPOM de la producció

A la Figura 18 es pot veure quin és l'aspecte de les visualitzacions que mostren les càrregues de les diferents màquines. Aquest subsistema ajuda a realitzar la planificació global del taller i a optimitzar els recursos disponibles.

Finalment, el subsistema *gestió de vendes*, és el que permet la manipulació de les comandes dels clients, tan la introducció com l'edició o cancel·lació d'ordres. Permet també una visualització global i l'evolució al llarg del temps com es pot veure a la Figura 19.

Figura 19. Pantalla de gestió de comandes del PAPOM.

Aquesta estructura de 5 mòduls, no es troba desenvolupada al mateix nivell. S'ha treballat més en els subsistemes de planificació de peces, gestió del taller i gestió de peces. Serà en aquests tres on es centra l'estudi, i la implementació en un taller real per tal de validar els resultats proporcionats i realitzar les millores que siguin necessàries, per tal de fer el programa més ajustat a les aplicacions del dia a dia d'una empresa de mecanitzats.

Així doncs, per utilitzar el programa, és necessari definir l'entorn de treball introduint les màquines del taller, eines etc. I les relacions existents entre ells. Fet aquest pas, es pot començar a treballar, resseguint el camí que es presenta a la Figura 20.

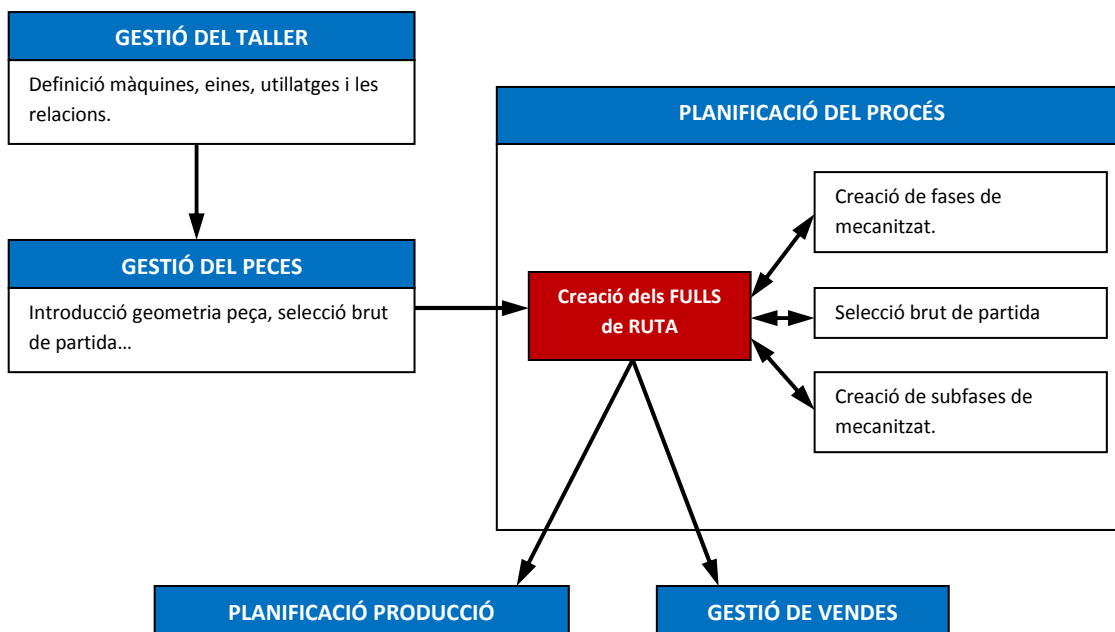


Figura 20. Camí que ressegueix el procés.

Com en tot procés en el que s'obté un resultat, el PAPOM requereix d'unes entrades (*inputs*), que un cop processades generen uns resultats o sortides (*outputs*). S'han identificat com a tals els següents:

» Entrades:

- ↳ Definició del taller (màquines, eines, utilitatges...)
- ↳ Definició de la peça (paràmetres geomètrics, de fabricació...)
- ↳ Definició dels paràmetres de tall (velocitats, profunditats,...)
- ↳ Definició d'elements d'organització (volum dels lots, terminis,...)

» Sortides:

- ↳ Fulls de ruta
- ↳ Fulls d'operacions
- ↳ Planificacions (producció, vendes...)

El programa doncs, mostra un camí a l'usuari per tal d'introduir tots els paràmetres del procés. Tot i això en certs casos és el mateix usuari el que ha de decidir entre una opció o una altra de les que ofereix el programa, proporcionant d'aquesta manera una major flexibilitat al procés, però a la vegada la possibilitat de generar resultats incoherents.

En són clars exemples; la selecció del brut de partida i la introducció dels paràmetres de tall. En el primer el programa ofereix diferents solucions en funció de les possibilitats del mercat (en casos solucions intermèdies) permetent realitzar el procés per diversos camins (afectant a costos, càrrega de treball...). A la Figura 21 s'observa la pantalla de selecció del brut de partida.

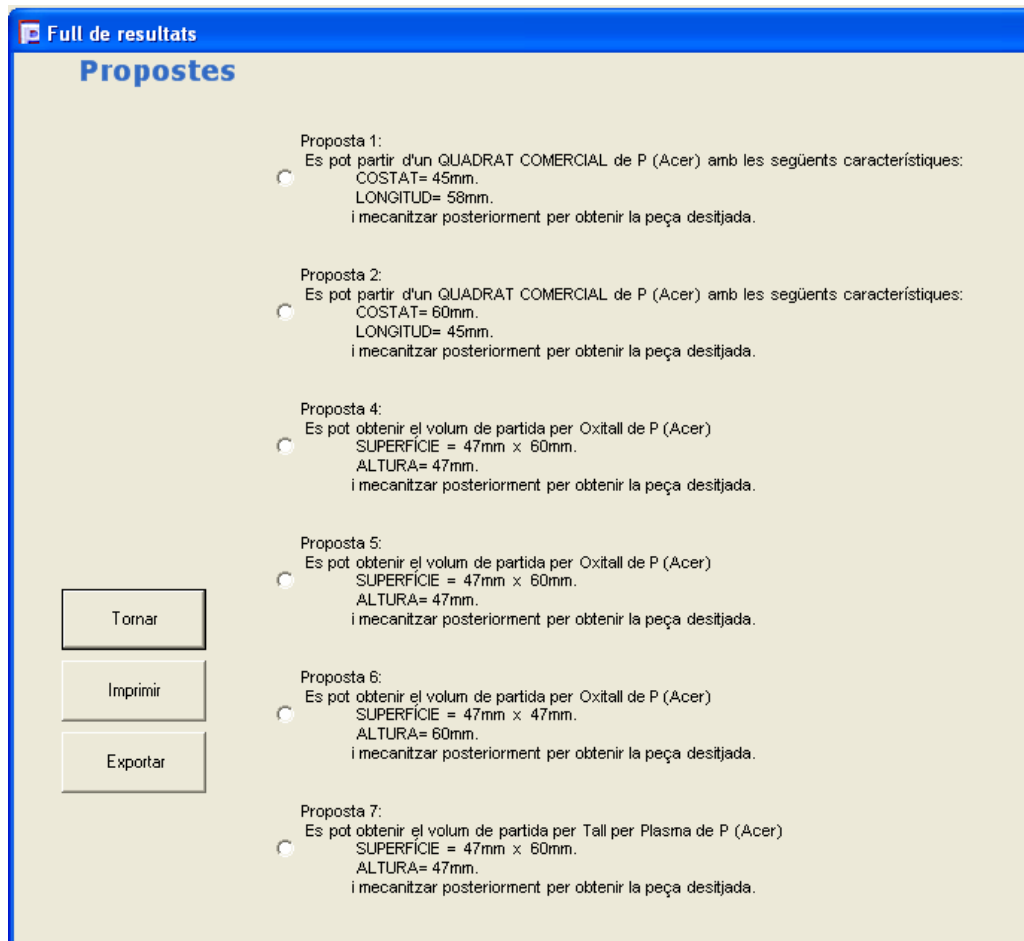


Figura 21. Pantalla de selecció del brut de partida

En el cas de la introducció dels paràmetres de tall, s'ha d'escollir entre obtenir resultats d'acabat òptims (Halevi) o simplement resultats que permetin la realització de l'operació (Optimitzat). En ambdós casos és l'usuari qui determina les operacions i l'ordre d'aquestes, obtenint-ne diversos fulls de ruta.

5.3 Algorismes

Com s'ha comentat en apartats anteriors, el PAPOM ofereix a l'usuari la possibilitat de calcular els resultats dels fulls de ruta de dues formes diferents. És a dir, l'operari pot determinar els temps i costos de cada operació del procés de fabricació d'una peça mitjançant dos algorismes. Cadascun d'aquests algorismes ofereix uns avantatges respecte l'altre i té unes característiques concretes que fan treballar diferent en cada cas i cada empresa podrà decidir de treballar amb un o altra en funció de les seves particularitats o fins i tot depenen de les peces en concret.

El primer d'aquests algorismes es va implementar des dels inicis, per tal de diferenciar el programa i oferir un valor afegit a l'empresa que volgués adquirir el programari per al seu taller. A més de permetre obtenir fulls de ruta, pot donar unes pautes per treballar. El segon s'ha implementat recentment, i es va fer pensant en una aplicació ràpida i molt més senzilla, però amb uns resultats molt diferents.

L'elecció d'un o altre algorisme es realitza en la interfície de càlcul de cadascuna de les operacions, un cop entrada l'eina i els paràmetres de tall més generals (velocitat de tall, superfície a mecanitzar...) es selecciona una de les dues opcions; *Càlcul optimitzat* o bé *càlcul sense optimització*, d'aquesta manera s'iniciarà un o altre.

A continuació es descriuen àmpliament aquests algorismes, amb les característiques i els passos que s'han de seguir en cada cas per obtenir els resultats pertinents.

5.3.1 Algorisme 1: Càlcul optimitzat de Halevi

És el primer algorisme que es va implementar als programes realitzats prèviament que han esdevingut en el PAPOM. L'algorisme de Halevi, proporciona els paràmetres de tall òptims per tal d'obtenir un acabat superficial determinat. Per arribar a aquest resultat, es consideren les restriccions de la màquina, de l'eina, de la peça... que especifica l'usuari quan desitja obtenir el càlcul òptim.

L'algorisme de Halevi, requereix tenir present quins són els acabats superficials i el seu valor en micres. A continuació es mostra una taula amb les equivalències entre la codificació actual (codificació ISO) i els valors de Ra i Rmax (alçada màxima de la irregularitat). Com es veurà en algunes figures més endavant, l'algorisme requereix del valor de Ra per a cada operació.

Classe de rugositat	Valor de rugositat Ra (μm)	Valor Rmax (μm)
N 12	50	>65
N 11	25	>50
N 10	14	>45
N 9	6,3 - 10,7	$27 \leq 45$
N 8	3,2 - 5,8	$15 \leq 27$
N 7	1,6 - 2	$8 \leq 15$
N 6	0,8 - 1,4	$4 \leq 8$
N 5	0,4 - 0,71	$2 \leq 4$
N 4	0,3 - 0,35	$1,6 \leq 2$
N 3	0,14- 0,26	$1,2 \leq 1,6$
N 2	0,05- 0,12	$0,9 \leq 1,2$
N 1	<0,05	<0,9

Taula 2. Valors de les rugositats segons la codificació ISO.

A continuació es ressegueixen els principals passos que realitza l'algorisme de forma genèrica, donat que per a cada operació l'algorisme pot variar lleugerament.

1.- Entrada de les restriccions: L'algorisme dona el resultat considerant els límits de cada factor que intervé al procés, per tant, té en compte les restriccions de la màquina, eina, la pròpia peça fins i tot l'operari. S'entén com a restriccions, la limitació dels paràmetres de tall (avanç, profunditat i velocitat de tall), de cadascun dels elements esmentats anteriorment. A més es parametriza les dades de l'operació, especialment l'acabat superficial. Si la operació és de fresat o de tornejat aquesta pantalla és diferent. A la següent figura s'observa quin aspecte tenen ambdós formularis d'entrada de paràmetres.

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)					
Duresa material BHN	180	Rug. superficial Ra micras	2	Força de tall Cp N/mm ²	180
Mòdul de Young E kg/mm ²	7000	Longitud en X Lx mm	135	Longitud en Y Ly mm	118
Long z secció central lz mm	30	Longitud en X prisma recte negatiu Lx prisma recte negatiu mm			

DADES DE FLETXA	
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades de desbast. (mm)	0,1
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades de desbast. (mm)	0,1

DADES DE LA FRESA			
Diàmetre de feina D mm	12	Nombre de dents Z	4
Longitud màxima de treball=Amplada arestada tall [A] (mm)	20		

DADES DE L'OPERACIÓ					
Tipus de planejat	Tangencial Frontal	Pla on es dona l'operació	PLA (XY, XZ, YZ)	XY	Direcció de l'avanç MOV (X, Y, Z)
FEATURE GEOMÈTRIC	FGR	FGP	FEATURE DIMENSIONAL	FDL	FDP

RESTRICCIONS TÈCNiques			
MAQUINA	EINA	ALTRES	
avmax: 7	akmax: 20	avmax:	
avmin: 0,04	fkmax: 1	fumax:	
fvmin: 0,01		tumax:	

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)					
Duresa material BHN	180	Rug. superficial Ra um	0,8	Gruix a mecanitzar mm	0,25
Deflexió acabat d finish mm	0,016	Deflexió desbast d rough mm	0,1	Força de tall Cp N/mm ²	220
Mòdul de Young E kg/mm ²	21000	Longitud entre suports L mm		Inèrcia I mm ⁴	6397,1171

Embridament

Simple

Doble

PARÀMETRES TECNOLÒGICS			
MAQUINA	EINA	ALTRES	
avmax: 7,5	akmax: 2	avmax:	
avmin: 0	fkmax: 0,2	fumax:	
fvmin: 0,009999		tumax:	

Figura 22. Pantalla d'entrada dels paràmetres de Halevi per una operació de fresat (a), i una operació de tornejat (b).

2.- Càlcul dels paràmetres de tall òptim: Es calculen l'avanç i la profunditat de passada de la passada d'acabat per tal d'assegurar l'acabat superficial desitjat. Tot seguit, es calcula els mateixos paràmetres per la passada de semiacabat (que genera unes irregularitats màximes assumibles per la passada d'acabat). A continuació es mostren les fórmules pel càlcul d'avanç i profunditat per la passada d'acabat.

3.- Càlcul de les passades necessàries per acabar la mecanització: En cas que sigui necessari, es determinen les condicions de tall de les passades necessàries per tal de rebaixar el gruix desitjat. En determinats casos es fa necessària una passada per mecanitzar un gruix de desbast que resta després de determinar les condicions de passada de les passades de desbast.

4.- Càlcul de les sol·licitacions generades: Per tal de determinar si els esforços generats seran o no assumibles pel procés es calculen les forces generades i es comparen amb els màxims suportats. És per assegurar que no es produeixi la ruptura de cap element.

5.- Resultat: Un cop determinades les passades i les forces generades, es mostra les passades necessàries i les condicions de tall d'aquestes. Amb això es determina els temps de tall i els costos que suposa la realització de l'operació.

A la Figura 23 es pot veure un exemple de les passades que determina l'algorisme, en aquest cas seria per una operació de planejat.

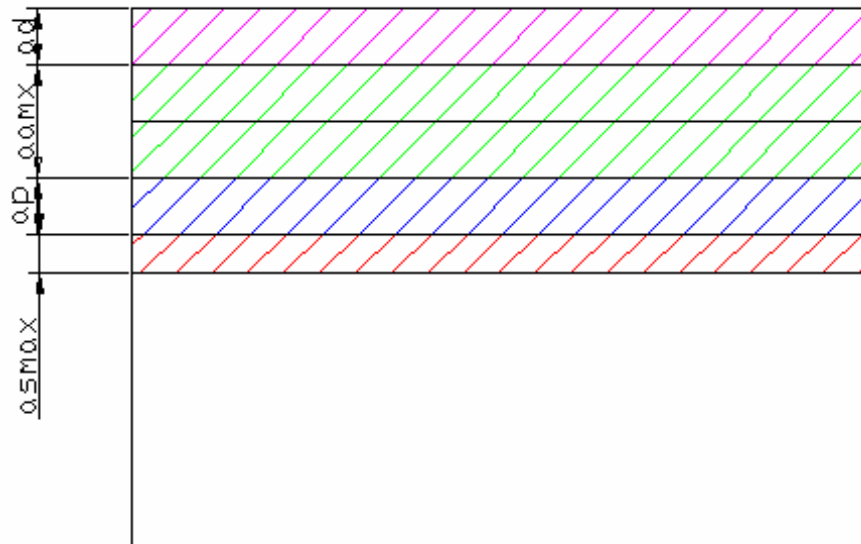


Figura 23. asmax respon a la profunditat de passada d'acabat; ap és la profunditat de passada de la passada de semiacabat; aamax és la profunditat de la passada de desbast i ad és la profunditat de la passada restant.

El principal inconvenient d'aquest algorisme, és que per tal d'arribar a un resultat l'operari ha d'entrar una gran nombre de paràmetres que sovint no són fàcils de determinar. Amb això, proporciona el temps i el cost del mecanitzat.

5.3.2 Algorisme 2: Càlcul no optimitzat

L'algorisme sense optimització o simplificat, respon a la necessitat d'obtenir resultats sense haver d'introduir una gran quantitat de valors agilitzant la feina de l'operari. Aquest algorisme, calcula el nombre de passades de desbast tenint en compte les restriccions introduïdes per l'operari (només aquestes), que és qui determina les condicions de tall. Amb això configurem l'operació, determinem els costos i temps de mecanitzat, i obtenim el full de ruta necessari per a la fabricació de la peça.

A diferència del primer algorisme, l'usuari entra els paràmetres de tall segons la seva experiència, en funció de l'eina, els materials, l'acabat superficial i del gruix que s'hagi de mecanitzar. Es distingeix entre les condicions de desbast i les d'acabat, sobre les quals

caldrà definir les velocitats d'avanç (limitada per les prestacions de la màquina que s'està utilitzant) i la profunditat de la passada (limitada per la longitud útil de tall de la pròpia eina). A la Figura 24 es presenta un exemple de les passades que es tenen en compte en l'algorisme simplificat per a la mateixa operació de planejat de la Figura 23.

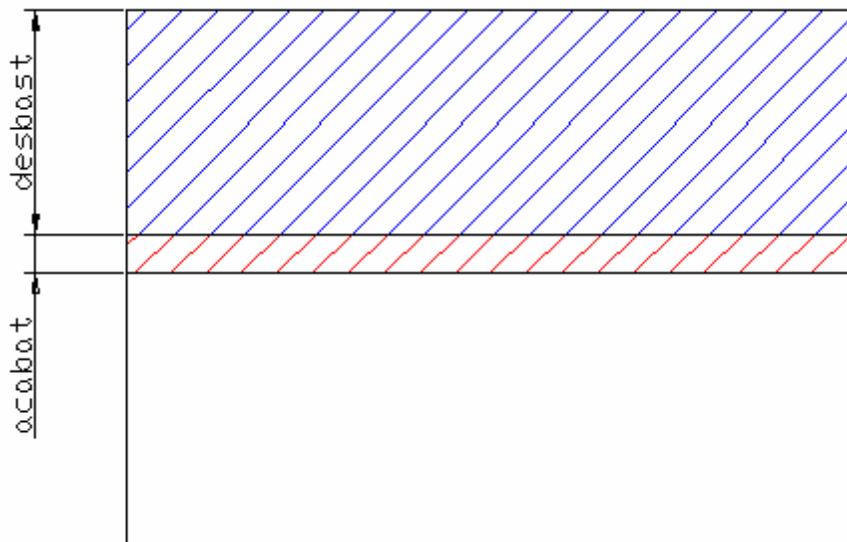


Figura 24. a_{smax} respon a la profunditat de passada d'acabat; a_p és la profunditat de passada de la passada de semiacabat; a_{amax} és la profunditat de la passada de desbast i a_d és la profunditat de la passada restant.

Els resultats s'inclouen dins el mateix formulari de resultats utilitzat per l'altre algorisme ometent els paràmetres d'avantpenúltima i penúltima passada (aquests s'ombregen i es bloquegen). Tot seguit, es ressegueixen els principals passos de l'algorisme sense optimització:

1-. Introducció de dades: L'usuari introdueix les dades de les condicions de tall de desbast i acabat. Els gruixos a mecanitzar, la longitud, s'exporta d'un formulari previ de l'operació. La Figura 25 mostra l'aparença del formulari.

DADES DE LA OPERACIÓ			
Gruix a mecanitzar		mm	0
Vel. Avanç mínim	mm/min	1	Vel. Avanç Màxim mm/min
			300
Vel. Avanç mínim absolut		1	Vel. Avanç màxim absolut
			20000
Avanç de desbat*	mm/min		Avanç d'acabat*
			mm/min
Longitud útil de tall		mm	32
Passada de desbast	mm		Passada d'acabat
			mm

* És recomana no utilitzar els valors absoluts perquè es limitaran el número de màquines que poden realitzar aquesta tasca

Acceptar i calcular Cancel·lar

Figura 25. Pantalla del formulari d'introducció de dades de l'algorisme simplificat.

2-. Càlcul: Es comprova si el gruix a mecanitzar es pot realitzar amb una passada. En cas contrari, es realitza una passada d'acabat i "n" passades de desbast, calculades amb la següent expressió:

$$n_d = \frac{G - a_{acabat}}{a_{desbast}} \quad (\text{Eq. 1})$$

On: n_d = número de passades de desbast

G : Gruix total a mecanitzar [mm]

a_{acabat} : Profunditat de passada d'acabat [mm]

$a_{desbast}$: Profunditat de passada de desbast [mm]

3-. Resultats: Els resultats un cop validats, es mostren a la pantalla on paral·lelament es calculen els costos i temps de mecanitzat emprant les fórmules que es detallen al capítol 5.4

5.4 Càlcul dels temps i costos de mecanitzat

Com s'ha comentat, el PAPOM, genera els fulls de ruta de les peces que es volen mecanitzar, en els quals s'hi recullen els diferents temps que comportarà cada operació i els costos que tindrà pel taller la seva fabricació. Per tal de saber com es determinen aquests temps i costos, a continuació es mostren les fórmules que utilitza l'aplicació informàtica per calcular-los.

5.4.1 Càlcul del temps de mecanització

En primer lloc, interessa conèixer quan de temps es destinarà a la fabricació d'una determinada peça. Aquest temps, ajuda a organitzar la producció i a conèixer quin serà el cost a afegir sobre el preu final de la peça.

L'expressió per determinar el temps total de mecanitzat (t_i), depèn de la suma d'altres temps que es comptabilitzen (Eq.4):

$$T_i = T_{i_1} \cdot Nl + \left((Nl - 1) \cdot \frac{D_{eina} - S}{Vt} \right) \quad (Eq. 2)$$

On: t_p : temps improductiu T : temps de vida de l'eina
 t_p : temps de preparació t_c : temps de tall
 t_{ch} : temps de canvi d'eina

Temps de preparació (t_p): És el temps que es destina a la preparació de la màquina, eines, etc. per tal de poder realitzar l'operació. És la posta a punt. Aquest paràmetre no es pot calcular de manera exacta, ja que depèn de cada empresa i de l'experiència prèvia, per això aquest temps es pot introduir de forma manual a les diferents interfícies d'operació dins del PAPOM. Generalment apareix cada cop que es canvia l'estacada d'una peça, és a dir, cada vegada que s'inicia una nova fase. Aquest temps s'ha de dividir per la dimensió del lot que es vol fabricar.

Si es treballa amb una màquina manual, on les eines es van carregant de forma manual, aquest temps també inclourà el temps de col·locar una nova eina a la màquina. No s'ha de confondre amb el temps de canvi d'eina.

Temps de canvi d'eina (t_{ch}): Aquest temps no és present a cada operació, ja que només es substitueix una eina quan aquesta es trenca o es desgasta. Això passa cada cert nombre d'operacions, però s'ha de ponderar i repartir entre totes les que realitza l'eina al llarg de la seva vida útil. Aquest paràmetre, s'ha d'entrar de forma manual ja que depèn del factor humà i no es pot calcular.

A l'expressió del temps total de mecanitzat (Eq.2), s'observa que aquest temps està ponderat pel factor " t_c/T ", per tenir en compte la proporció de vida de l'eina que es destina a cada operació. Per tant, el programari requereix que s'entri els paràmetres de vida de l'eina. L'expressió del temps de vida de l'eina (T) és la següent (Eq.3):

$$T = \frac{K^{1/n}}{V^{1/n} \cdot A^{a/n} \cdot P^{p/n}} \quad (\text{Eq. 3})$$

On: K , a , p i n són paràmetres de vida de l'eina

A : avanç [mm/rev]

V : velocitat de tall [m/min]

P : passada [mm]

T : temps cicle de vida de l'eina [min]

L'equació del temps de canvi d'eina és la següent (Eq.4):

$$T_{ch} = t_{ch} \cdot \frac{t_c}{T} \quad (\text{Eq. 4})$$

On:

t_{ch} : temps de muntar i desmuntar l'eina [min]

t_c : temps de tall [min]

T : temps de cicle de vida de l'eina [min]

Temps de tall (t_c): És el temps en que la màquina arrenca material del brut, temps en que es mecanitza. Com a fórmula general es pren l'equació 5, tot i que depenent de l'operació haurà de ser puntualitzada:

$$t_c = L \cdot \left(\frac{Nd}{Va_{desbast}} + \frac{1}{Va_{acabat}} \right) \quad (\text{Eq. 5})$$

On:

L : longitud a mecanitzar [mm]

$Va_{desbast}$: velocitat d'avanç desbast [mm/min]

Nd : nombre de passades de desbast

Va_{acabat} : velocitat d'avanç acabat [mm/min]

Temps improductiu (t_i): És el temps que la màquina no arrenca material però es troba en moviment. Generalment correspon al retorn del capçal entre passada i passada. El PAPOM el calcula mitjançant l'expressió següent (Eq.6):

$$T_i = T_{i_1} \cdot NI + \left((NI - 1) \cdot \frac{D_{eina} - S}{V_t} \right) \quad (\text{Eq. 6})$$

On:

T_i : temps improductiu [min]

D_{eina} : diàmetre eina [mm]

T_{i_1} : temps improductiu d'una passada [min]

S : Superposició de l'eina

NI : nº de passades longitudinals

V_t : velocitat transversal [mm/min]

Càlcul del cost de mecanització

En segon lloc, es calcula el cost que té cada operació sobre el preu final de la peça. Aquest cost es basa en l'equació que es mostra a continuació (Eq.7):

$$Ct = \left(t_i + t_p + \frac{t_{ch} \cdot t_c}{T} + t_c \right) \cdot P_0 + C_a \cdot \frac{t_c}{T} \quad (\text{Eq. 7})$$

On:

t_p : temps improductiu [min]

T : temps de vida de l'eina [min]

t_p : temps de preparació [min]

t_c : temps de tall [min]

t_{ch} : temps de canvi d'eina [min]

C_a : Cost d'afilat [€]

P_0 : taxa horària, inclou el cost de la màquina, l'amortització, el cost dels operaris i els costos no productius.[€/h]

El cost total, respon al cost de l'operació. Donat que una peça pot tenir diferents operacions, el cost total de mecanitzat serà la suma de tots els costos de cada operació.

6 ESTAT ACTUAL DEL PAPOM

Actualment el PAPOM es troba en fase de desenvolupament, però en condicions de proporcionar resultats per a la majoria, sinó totes, les operacions, tant de fresatge com de tornejat. La gran majoria d'aquestes operacions d'arrencament de ferritja han estat validades en un entorn de taller de la universitat amb millors o pitjors resultats (a la Taula 3 es pot veure l'estat del programa en el moment d'iniciar el projecte). El que es pretén és comprovar com responen aquestes en un entorn real, és a dir, posar a prova tot el programa en el taller d'una empresa de mecanitzats.

	OPERACIÓ	ESTAT	VALIDACIÓ ALGORISME 1	VALIDACIÓ ALGORISME 2	MÀQUINA-EINA	RESULTATS
FRESA	Planejat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
	Caixera	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
	Ranurat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
	Contornejat	Implementat	NO			
	Trepatge	No òptim Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
	Roscat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
	Mandrinat	No òptim Implementat	NO	NO	-	-
	Avellanat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear	OK (<20%)
TORN	Cilindrat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Cilindrat cònic	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Cilindrat esfèric	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Roscat interior	Implementat	NO	NO	-	-
	Roscat exterior	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Mandrinat	Implementat	SI	SI		
	Refrentat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Ranurat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Ranurat frontal	No implementat	-	-	-	-
	Tronçat	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Trepatge	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
TREPANT	Avellanat	Implementat	NO	NO	-	-
	Trepatge	Implementat	NO	NO	-	-
RECTIFIADORA	Rectificat	No implementat	-	-	-	-
SERRA	Serrat	No implementat	-	-	-	-

Taula 3. Estat del PAPOM abans del projecte.

Com s'observa, la majoria d'operacions es troben implementades i validades amb uns resultats per sota del 20% fixat com el vàlid. En algun cas però no s'ha validat l'algorisme 1

que correspon al de Halevi, o no s'ha implementat aquest. A la taula següent es presenta l'estat del PAPOM un cop finalitzat el projecte, en vermell apareixen els canvis, i en taronja el que s'està treballant amb l'empresa d'estudi per tal de canviar-ho a molt curt termini.

	OPERACIÓ	ESTAT	VALIDACIÓ ALGORISME 1	VALIDACIÓ ALGORISME 2	MÀQUINA-EINA	RESULTATS
FRESA	Planejat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
	Caixera	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
	Ranurat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
	Contornejat	Implementat	NO	SI	Daewoo MYNX 550	
	Trepatge	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
	Roscat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
	Mandrinat	Implementat	NO	SI	Daewoo MYNX 550	-
	Avellanat	Implementat	NO	SI	Deckel MAHO 64 VLinear/ Daewoo MYNX 550	OK (<20%)
TORN	Cilindrat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Cilindrat cònic	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Cilindrat esfèric	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Roscat interior	Implementat	NO	NO	-	-
	Roscat exterior	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Mandrinat	Implementat	SI	SI		
	Refrentat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Ranurat	Implementat	SI	SI	Torn Alecop CN Magnum/ Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Ranurat frontal	Implementat	NO	SI	Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
	Tronçat	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15	OK (<20%)
	Trepatge	Implementat	SI	SI	Torn CNC OKUMA LB-15/ Torn CNC CMZ-TL20L	OK (<20%)
TREPANT	Avellanat	Implementat	NO	NO	-	-
	Trepatge	Implementat	NO	NO	-	-
RECTIFIADORA	Rectificat	No implementat	-	-	-	-
SERRA	Serrat	No implementat	-	-	-	-

Taula 4. Estat del PAPOM després del projecte.

Com es veu, s'ha implementat l'algorisme òptim al trepatge i mandrinatge en fresa, i s'ha implementat el ranurat frontal, a més de validar gairebé totes les operacions en d'altres màquines, que en aquest cas són d'un taller d'una empresa real.

Degut a aquest contacte amb l'empresa, es poden detectar errors i mancances que fins ara no s'havien tingut en compte o no s'havien considerat com a tal per una qüestió de desconeixement del dia a dia d'una PIME del sector a més de les seves necessitats i manies.

6.1 Errors i mancances

En aquest punt, es pretén assenyalar quins són els punts o apartats del programa en que es presenten unes mancances o uns errors destacats. El fet d'enumerar-los, no implica que es puguin arreglar o millorar durant l'elaboració del present treball; les millores que s'han aplicat es detallen en l'apartat següent.

1. En general el programa presenta una interfície poc dinàmica.
2. No s'admet la introducció de la geometria de la peça de forma gràfica amb el que no podem previsualitzar l'efecte de les operacions, els temps on hi ha avanços ràpids etc. Val a dir, que aquest inconvenient suposa un canvi molt gran en l'estructura i és difícil d'implantar.
3. Impossibilitat de desplaçar una nova operació dins les existents, és a dir, impossibilitat d'ordenar les operacions entrades.
4. Obligatorietat de realitzar les operacions de fresa amb una única eina. En qualsevol operació de fresatge, es lliga l'acabat i desbast a una mateixa eina, el que en molts casos pot allunyar-se de la realitat.
5. Multitud d'errors d'execució que impedeixen el funcionament del programa
6. Gran quantitat de paràmetres que suposen una feina feixuga i possiblement no són imprescindibles per al correcte funcionament del programa a l'hora de ser una eina útil per a un entorn de taller real.
7. Algorisme de Halevi poc validat, sobretot en les operacions de fresatge.
8. Excés de feina a l'hora de realitzar varis fulls de ruta d'una mateixa peça. No existeix la possibilitat de modificar un full de ruta realitzat per tal d'obtenir-ne un altre i mantenir-los ambdós.

9. Disseny de les interfícies poc intuïtiu i atractiu.
10. Una manca d'adaptació a diferents entorns, és a dir, difícil personalització del programa per a empreses diferents.
11. Dificultats en l'obtenció d'informació per a la implementació del taller.

7 MILLORES DEL PROGRAMA

Totes les millores que s'han dut a terme durant l'elaboració d'aquest treball final de carrera, han estat dirigides a aconseguir un programa més ajustat a la realitat, i en definitiva útil per a una PIME de mecanitzats. A la vegada s'han provat els resultats que s'obtenen en les diverses operacions, amb peces i valors reals, a fi de validar els càlculs que facilita el programa. A més a més s'ha buscat corregir diversos errors que s'han detectat durant tot el procés. Les millores realitzades es presenten a continuació classificades en 3 grups.

7.1 Millores en la gestió del taller

En l'apartat de la gestió del taller, les millores s'han centrat principalment en ajustar les característiques que es requereixen per tal de donar d'alta els diferents tipus d'eines. Aquests paràmetres són importants, ja que formen la base de dades que limita les capacitats del taller, restringeix l'ús en quan a paràmetres de tall, materials a mecanitzar...

S'han fet millores tant a les característiques generals, que són comunes a tots els tipus d'eina i a les específiques de cadascun amb l'excepció de les eines de torn, que en un dels darrers projectes, es va treballar a fons.

Característiques generals; A la Figura 26 es pot veure la pantalla amb les característiques que es requereixen per a qualsevol tipus d'eina. Mentre que a la Figura 27 es presenta l'estat de la mateixa pantalla un cop realitzades les modificacions per tal de millorar-la.

Figura 26. Full d'alta d'eines amb les característiques generals.

Figura 27. Característiques generals amb les millores aplicades.

A continuació es detallen i es justifiquen els canvis realitzats:

1. Com s'observa, el camp de descripció de l'eina apareix bloquejat, això significa que l'usuari no l'entra a mà, sinó que el programa en dóna una per defecte. S'ha pres aquesta mesura per tal d'aconseguir una estandardització de la definició de totes les eines, que totes les freses tinguin el mateix format... i per tant no sigui l'operari que les ha entrat l'únic que sàpiga a quina eina correspon cada descripció. En aquest cas, la descripció presenta el tipus d'eina, el fabricant, el diàmetre i el codi. (per exemple: Fresa frontal|TITEX|10|E00L10)
2. En els camps de velocitat de tall i velocitat d'avanç, s'ha determinat que s'introdueixi el valor màxim recomanat per a l'eina. Aquest no restringeix a l'hora de realitzar els càlculs de temps i costos, però sí que és molt més orientatiu que un valor qualsevol que es podia intuir com a recomanat.
3. Finalment, s'ha canviat el camp profunditat de passada màxima, per simplement profunditat de passada, essent aquest indicatiu, ja que el màxim de profund que pot mecanitzar una eina ve determinat per la longitud de tall d'aquesta. Tot i que en molts casos els proveïdors d'eines aconsellen una profunditat menor a aquesta longitud.
4. S'ha canviat l'opció de seleccionar si *l'eina pot utilitzar refrigerant?*, per si *l'eina té refrigeració interna?*. S'ha debatut i arribat a la conclusió, que el fet d'utilitzar o no refrigerant, no depèn de l'eina, ja que totes en tenen la possibilitat, depèn del procés i en tot cas del material amb el qual es treballa. Per tant s'ha considerat que no és una característica de l'eina. En canvi sí que ho és sí aquesta té o no refrigeració interna.

Característiques específiques de les freses; A la Figura 28 es pot veure la pantalla amb tots els paràmetres que es demanaven per donar d'alta una eina del tipus fresa. Els canvis i millores que s'hi ha realitzat es presenten a la Figura 29. Posteriorment es detallen aquests.

Figura 28. Pantalla d'alta d'una eina tipus fresa

Figura 29. Pantalla d'alta de freses millorada.

1. S'ha canviat el camp de *nº de talls per cara*, per *nº de fils de tall per cara*, es molt més entenedor del que demana el programa, és a dir, quan es té una fresa de plaquetes, quants fils de tall te cada plaqueta a cada cara. També s'ha canviat el camp de *alçada de tall per longitud de tall*, per tal d'utilitzar en totes les eines el mateix terme.
2. S'ha desplaçat el camp de *nº de dents* a sobre de l'opció d'escollir entre si l'eina està formada per HSS o per plaqueta. D'aquesta manera, només els camps dependents d'una d'aquestes opcions queden per sota.
3. S'han bloquejat els camps de *cost d'afilar* i *nº de fils de tall per cara*. Quan es selecciona HSS es desbloqueja el primer, i quan es selecciona plaqueta, es desbloqueja el segon.
4. S'han suprimit els camps de *nº de fils de tall* i *amplada de l'eina*, en les característiques de freses tangencials, ja que resultaven redundants al donar la mateixa informació que els camps de *nº de dents* i *longitud de tall*. Tot i tenir una nomenclatura diferent, el que es demana és el mateix.
5. S'han bloquejat els camps corresponents a *freses tangencials* i a *altres freses*. Aquests s'activen en cas que es seleccioni l'opció que s'hi ha afegit a cadascun, sempre hi quan l'eina estigui dins d'una d'aquestes tipologies.

Característiques específiques de broca; La pantalla que es presenta a la Figura 30 és la que es sol·licitava per tal de donar d'alta una eina de tipus broca. La interfície actual amb les millores corresponents es mostra a la Figura 31.

Figura 30. Pantalla d'alta d'eines tipus broca.

Figura 31. Pantalla d'alta de broques millorada.

1. Tal i com s'ha fet amb la fresa, s'han bloquejat els camps de *cost d'afilar* i *nº de fils de tall per cara*. Quan es selecciona HSS es desbloqueja el primer, i quan es selecciona plaqueta, es desbloqueja el segon.
2. S'ha canviat el camp de *alçada de tall per longitud de tall*, per tal d'utilitzar en totes les eines el mateix terme.
3. S'han bloquejat els camps corresponents a característiques de broques bidiametral, que s'activaran si s'escull la opció també afegida.

Característiques específiques eines de torn; a la Figura 32 es mostra la pantalla actual per donar d'alta una eina de tipus eina de torn.

Figura 32. Pantalla d'alta d'eina de torn millorada.

En aquest cas només s'han afegit les unitats en molts dels camps que no les presentaven fins ara; angle d'incidència (graus), diàmetre del mandril (mm), angle de punta (graus), longitud aresta de tall (mm) i guix (mm).

Característiques específiques escariadors; a la Figura 33 es mostra la pantalla actual per donar d'alta una eina de tipus escariador.

Figura 33. Pantalla d'alta d'escariadors millorada.

En aquest tipus d'eina només s'han afegit les unitats de la longitud de tall (mm) i de l'angle de conicitat (graus), que fins ara no hi eren presents.

Característiques específiques avellanadors; a la Figura 34 es presenta la pantalla que hi havia fins que s'han realitzat les millores per donar d'alta una eina d'avellanar, aquestes es poden veure a la interfície actual a la Figura 35.

Tipus d'eina: Fresa Broca Eina de torn Escariador Avellanador Roscador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc (m/min): *

Velocitat avanç (mm/dent): *

Profunditat de passada (mm): *

Cost unitari (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Té refrigeració interna? Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (s):

Temps de desmuntatge (s):

Tipus d'acabat:

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- Bronze
- Coure
- Graphit&GFK
- K (GG(G))
- LLautó
- M (Inox)
- N (Alumini)
- P (Acer)
- Polietilè

Característiques generals

Numero de fils:

Característiques d'avellanadors plans

Diàmetre de guia (mm):

Diàmetre de cabota (mm):

Característiques d'avellanadors cònic

Diàmetre (mm):

Angle:

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:

p11: n11:

Guardar Cancelar

Guarda + similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 34. Pantalla d'alta d'eines tipus avellanador.

Tipus d'eina: Fresa Broca Eina de torn Escariador Avellanador Roscador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc - Max (m/min): *

Velocitat avanç - Max (mm/dent): *

Profunditat de passada (mm): *

Cost unitari (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Té refrigeració interna? Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (s):

Temps de desmuntatge (s):

Tipus d'acabat:

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- Bronze
- Coure
- Graphit&GFK
- K (GG(G))
- LLautó
- M (Inox)
- N (Alumini)
- P (Acer)
- Polietilè

Característiques específiques d'avellanador

Numero de fils:

Característiques d'avellanadors plans

Diàmetre de guia (mm):

Diàmetre de cabota (mm):

Característiques d'avellanadors cònic

Diàmetre (mm):

Angle (graus):

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:

p11: n11:

Guardar Cancelar

Guarda + similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 35. Pantalla d'alta d'avellanadors millorada.

1. S'ha canviat el títol de *característiques generals* per el de *característiques específiques avellanador*, seguint amb el format de tots els altres tipus d'eines.
2. S'han bloquejat els camps de les *característiques dels avellanadors plans* i dels *avellanadors cònics*. Aquestes es desbloquegen quan s'activa un d'aquests tipus d'avellanadors.
3. S'han afegit les unitats en el camp *angle*, en aquest cas els graus.

Característiques específiques roscadors; la pantalla de donar d'alta aquest darrer tipus d'eina, roscadors, es mostra a la Figura 36 en el seu estat actual, amb les millores integrades.

Figura 36. Pantalla d'alta de roscadors millorada

En aquest cas només s'han inclòs les unitats del camp *angle d'hèlix* (graus), del pas (mm) i del diàmetre (mm).

Característiques de les màquines

Pel que fa a la implementació de les màquines, on es poden donar d'alta, modificar i donar de baixa, s'han fet petits canvis, referents sobretot a les unitats. La pantalla actual és la que es mostra a la Figura 37.

Figura 37. Pantalla de característiques de les màquines, millorada.

S'han afegit les unitats dels camps de l'àrea de treball d'una màquina de revolució; *diàmetre màxim* i *distància entre punt*. S'han estandarditzat els camps de les velocitats de tall i d'avanç. Optant pel mateix format, en ambdós ara posa velocitats en plural, fins ara en un apareixia en plural i en l'altre en singular.

7.2 Millores en la gestió de peces

Pel que fa a les millores que s'han realitzat a l'apartat de gestió de les peces, s'han centrat en facilitar la creació dels fulls de ruta; tant en intentar facilitar i adaptar a la realitat la

realització dels càlculs de les operacions i del brut de partida, com alhora de gestionar les operacions del mateix full de ruta.

7.2.1 Millores en les operacions

A la Figura 38 es presenta la interfície de càlcul d'un planejat amb una fresa, en l'estat anterior a les modificacions. Com es veurà a continuació aquestes són generals o afecten a un gran grup de les tasques possibles. Es pren aquesta pantalla com a exemple.

PLANEJAT

Brut inicial de partida: Es pot partir d'un RECTANGULAR COMERCIAL de P (Acer) amb les seves característiques.

Descripció mides: 120 x 139 x 30

Descripció operació: Planejament

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresat: Tangencial Frontal

Gruix a mec. en X: 0 Gruix a mec. en Y: 0 Gruix a mec. en Z: 0

DADES DE LA OPERACIÓ

Temps preparació operació (min): 2

Temps improductiu 1 passada (min): 2 Velocitat transversal (m/min): 300

Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min): N desbast (rpm)

Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min): N acabat (rpm)

DADES DE LA FRESA

Eina:

Sobreposició eina entre passes (%): 10 Fils de tall (nombre dents): Amplada aresta de tall (A) (mm): 20

Paràmetres vida util de l'eina

a11: 0,6 k1: 505 p11: -0,38 n11: 0,23

Manual Usuari | Tornar Enere | Càlcul optimitzat | Càlcul sense optimització

Figura 38. Pantalla del càlcul de la operació de planejat

1. Possibilitat d'introduir els valors de les velocitats de tall en qualsevol de les unitats que es presenten. Aquesta mesura s'ha aplicat en totes les operacions, tant de fresatge, torn o trepatge. D'aquesta manera es facilita que si l'empresa treballa amb unes unitats no hagi de recalcular-les en l'altra unitat perquè el programa només les permet entrar en l'altra. Així doncs, per exemple, en una operació de planejat, l'usuari podrà entrar la velocitat de tall en rpm o bé en mm/min, recalculant-se l'altre camp automàticament.
2. S'ha limitat la profunditat màxima de passada per la longitud de tall de l'eina. Fins ara la profunditat de passada màxima venia limitada per el paràmetre amplada de

l'aresta de l'eina, que corresponia al diàmetre d'aquesta, o en alguns casos pel camp que s'entra a l'hora de donar d'alta les eines de profunditat de passada màxima.

Aquesta forma de limitar, però, no té sentit en l'ús real, ja que tot i que els proveïdors d'eines proporcionen unes taules en les que en molts casos aquesta profunditat ve limitada pel diàmetre de l'eina, aquest fet queda condicionat a unes velocitats determinades, pel que si es redueix per exemple l'avanç, la profunditat de passada pot ésser major. S'ha limitat per la longitud de tall ja que és la profunditat màxima amb què l'eina pot tallar, i perquè el programa ha de limitar d'alguna manera.

Aquest fet suposa que enlloc d'aparèixer amplada de l'aresta de tall en la interfície de càlcul, apareixerà longitud de tall i estarà fixat (per modificar-lo s'ha de canviar a les característiques de l'eina, a les que s'hi pot accedir prement el botó detall).

3. També s'ha considerat que quan es treballa amb màquines de control numèric, el temps de preparació no té sentit en cadascuna de les operacions, ja que només s'inverteix temps en cadascuna de les estacades, és a dir, al principi de cada subfase. Per aquest motiu el temps de preparació apareixerà zero per defecte (fins ara apareixien 2 minuts). Per tant només caldrà canviar el temps de preparació de les primeres tasques de cada subfase i deixar el de les altres a zero.
4. De la mateixa manera que el temps de preparació, el temps improductiu entre passades perd sentit amb màquines de control numèric, ja que els avanços ràpids són de més de 20 vegades els de tall, pel que el temps improductiu entre passades és menyspreable. Per aquest motiu, també es presentarà el temps improductiu zero per defecte.
5. S'ha afegit la possibilitat d'utilitzar dues eines per a realitzar les operacions de fresat. S'havia implementat en el torn, ja que el més habitual és realitzar el desbast amb una eina i l'acabat amb una altra, però tractant amb l'empresa, resulta que amb el fresat també és molt habitual. Tot i això es deixarà a gust de cada empresa la forma de calcular-ho (veure l'apartat 8.2.1 Opcions de personalització).

El resultat dels canvis, és el que s'observa a la pantalla de la Figura 39:

PLANEJAT

Brut inicial de partida: Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb
base i eixos basat en el marcadors L i R de base

Descripció mides: 42 x 42 x 55

Descripció operació: Planejament

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresat: Tangencial Frontal

Gruix a mec. en X: Gruix a mec. en Y: Gruix a mec. en Z:

DADES DE L'OPERACIÓ

Temps preparació operació (min): 0

Temps improductiu 1 passada (min): 0 Velocitat transversal (m/min): 0

Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min): N desbast (rpm):

Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min): N acabat (rpm):

DADES DE LA FRESA

Eina de desvast:

Sobreposició eina entre passades (%): 10 Fils de tall (nombre dents): Longitud de tall [A] (mm): 20

Eina d'acabat:

Sobreposició eina entre passades (%): 10 Fils de tall (nombre dents): Longitud de tall [A] (mm): 20

z y (costat curt base)
x (costat llarg base)

Figura 39. Pantalla de càlcul de l'operació de planejat millorada.

A part d'aquestes millores, també s'ha creat una operació i s'han implementat algorismes de càlcul en algunes operacions que fins ara no ho estaven.

Operació de ranurat frontal; Aquesta és una operació de torn que fins ara no estava implementada al PAPOM, el motiu és que fins ara no s'havia contemplat ja que en cap de les peces realitzades en projectes anteriors per tal de validar el programa, s'hi realitzava aquesta operació.

El ranurat frontal és una operació de tornejat que consisteix en mecanitzar una ranura concèntrica amb l'eix central d'una peça de revolució. (veure exemple a la Figura 75 al capítol 11.3).

Per tal d'implementar aquesta operació al programa, s'ha partit de la operació de mandrinatge, ja que segueix el mateix mètode, és mecanitza des d'un diàmetre interior o inicial fins un d'exterior o final, que són els que suposen l'amplada de la ranura, i òbviament aquesta té una profunditat. La pantalla resultant és doncs la que es presenta a la Figura 40:

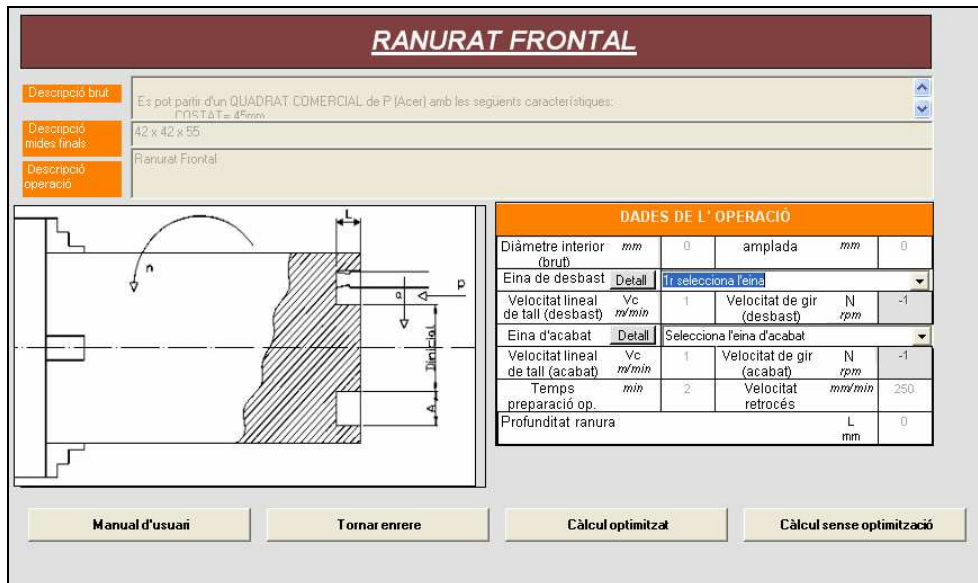


Figura 40. Pantalla de càlcul del ranurat frontal.

Com es pot observar a la Figura 40, els paràmetres que es requereixen, a banda dels de velocitats, recobriments ..., són el diàmetre interior de la ranura, l'amplada d'aquesta i la profunditat. S'han implementat els càlculs per mitjà dels dos algorismes.

Operació de trepatge amb fresa; Aquesta operació no tenia implementada la opció de realitzar els càlculs de temps i costos mitjançant l'algorisme de Halevi, pel que s'ha implementat aquesta opció, a més a més, al afegir la possibilitat d'utilitzar dues broques el format canvia. A la Figura 41 es mostra la pantalla de trepatge millorada.

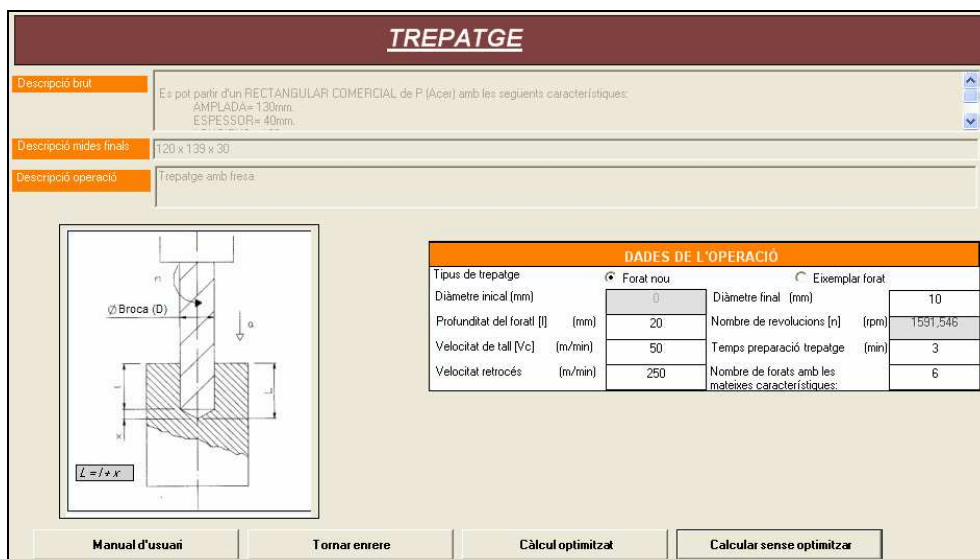


Figura 41. Pantalla de càlcul del trepatge amb fresa.

Com s'observa a la figura anterior, no apareix la selecció de l'eina, aquesta es realitza un cop escollit l'algorisme de càlcul. Les pantalles del càlcul optimitzat i sense optimitzar es poden veure a la

Figura 42 i a la Figura 43 respectivament.

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)							
Dureza material	BHN	180	Rug. superficial	Ra um	0.8	Gruix a mecanitzar	mm 5

PARÀMETRES TECNOLÒGICS					
MÀQUINA		EINA		ALTRES	
avmax	1000	akmax	1000	aumax	
avmin	0				
		fkmax	0.7	fumax	
fmin	10				

Figura 42. Pantalla de càlcul optimitzat per al trepatge amb fresa.

DADES DE LA OPERACIÓ			
Gruix a mecanitzar		mm	5
Longitud útil de tall		mm	
Avanç mínim	mm/rev	10	Avanç Màxim
			mm/rev 20000
Avanç mínim absolut		10	Avanç màxim absolut
			54000
Núm. de passades	<input type="radio"/> 1 Passada <input type="radio"/> 2 Passades		
Selecciona l'eina			

* És recomana no utilitzar els valors absoluts perquè es limitaran el número de màquines que poden realitzar aquesta tasca

Figura 43. Pantalla per al càlcul sense optimitzar del trepatge amb fresa.

7.2.2 Millores en la gestió del full de ruta

Pel que fa a la gestió del full de ruta, on l'usuari es pot desplaçar i veure les diferents fases, subfases i tasques de la peça, presentava la pantalla de la Figura 44:

Peça a mecanitzar:

Nom peça: Codi Plànol:

Mides finals de la peça: 120 x 139 x 30

Es pot partir d'un RECTANGULAR COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
 AMPLADA= 130mm.
 ESPESOR= 40mm.
 LONGITUD= 139mm.
 i mecanitzar posteriorment per obtenir la peça desitjada.

Dades del Full de ruta

Full de Ruta número: Data revisió: Lot Òptim

Full de ruta estàndard (si ja està assignat el carviareu)

Fase1

1

Centre Freses CNC	Temps preparació min	<input type="text" value="0"/>	Cost preparació €	<input type="text" value="0"/>
	Temps cicle min	<input type="text" value="0"/>	Cost cicle €	<input type="text" value="0"/>
	Temps improductiu min	<input type="text" value="0"/>	Cost Improductiu €	<input type="text" value="0"/>

1.1 | 1.2 | 1.3

Codi Control Numèric

Trepatge amb fresa	<input type="button" value="Veure dades"/>
Contornejat (Acabat)	<input type="button" value="Veure dades"/>
Xanfranat forat	<input type="button" value="Veure dades"/>
Estacar peça	<input type="button" value="Veure dades"/>
Mandrinat forat	<input type="button" value="Veure dades"/>

Figura 44. Pantalla de gestió del full de ruta.

S'han realitzat un seguit de millores que es consideren molt importants. Aquestes suposen un ús molt més ràpid d'aquesta part del programa, a més d'aportar major fiabilitat. Es descriuen a continuació:

1. S'ha inclòs la possibilitat d'ordenar les tasques dins d'una subfase. Fins aquest canvi, quan s'havia d'incloure una tasca enmig de les ja entrades, ja sigui per un error, per un canvi... no hi havia més opcions que esborrar les que eren posteriors a aquesta que ja estaven entrades, donar d'alta la nova tasca i tornar a entrar posteriorment les esborrades, o donar d'alta la nova tasca en una posició incorrecte proporcionant llavors un full de ruta erroni en quan a ordre d'operacions. Amb aquesta millora, l'usuari només ha de canviar el número que apareix al davant de cada operació, en l'ordre correcte i prémer el botó de ordenar tasca. Automàticament el programa ordena les tasques d'aquesta subfase com l'operari desitja. D'aquesta manera s'evita que es puguin obtenir fulls de ruta incoherents

2. S'ha afegit la possibilitat de guardar com un full de ruta. Fins aquest moment, per tal de realitzar varis fulls de ruta per a una mateixa peça, s'havien d'anar creant aquests i per tant partir de zero en cadascun d'ells. Amb aquesta opció, es pot guardar un full de ruta generat i partir d'aquest per tal de fer-ne un altre diferent, en què moltes de les operacions entrades poden seguir essent vàlides i d'altres només s'hagin de modificar una mica. A més a més si es pretenen realitzar els càlculs mitjançant els dos algorismes, amb aquesta opció, només s'hauran de modificar els càlculs de cada operació.

Aquesta millora permet obtenir varis fulls de ruta d'una mateixa peça d'una manera més ràpid i menys feixuga, que és un dels objectius del PAPOM.

3. S'ha inclòs la possibilitat d'entrar les dimensions del brut de partida manualment. Fins aquest moment, per tal de determinar el brut de partida s'havia de calcular, mitjançant un seguit de passos que ofereix el programa (veure annex F: Utilització del PAPOM). Aquest sistema dona solucions comercials, el que és molt útil per a una empresa que està començant o per un cas en que les dimensions de partida no es tenen molt clares.

En una empresa com la utilitzada en l'estudi, amb anys d'experiència i amb els proveïdors coneguts, pot resultar incòmode haver de fer servir aquesta eina. Per aquest motiu, la possibilitat d'entrar les mides del brut directament fa que aquest procés sigui molt més ràpid per a l'operari.

Aquesta interfície, amb els canvis ressaltats, es pot observar a la Figura 45:

Figura 45. Pantalla de gestió del full de ruta millorada.

A part d'aquestes millores, en la gestió de les peces, també s'ha creat una operació i s'han implementat algorismes de càlcul en algunes operacions que fins ara no ho estaven.

7.3 Altres millores

7.3.1 Detecció i solució de multitud d'errors

El PAPOM neix de la integració de diferents projectes final de carrera. Partint d'aquesta premissa és fàcil pensar que hi haurà errors (tant de programació com de concepte), que sortiran a mesura que es vagi utilitzant. A més a més, en molts moments es modifiquen petites coses que en poden fer canviar d'altres i condicionen el funcionament.

Per aquest motiu, es crea un arxiu d'incidències on s'anota el tipus d'error i una breu descripció, amb la intenció que el programador pugui arreglar-lo tant aviat com sigui possible. Normalment, aquests errors són simples de solucionar però que bloquegen totalment el programa. A continuació es mostra part d'aquesta llista:

Id	Tipus/nom	Descripció o captura de pantalla	Data
131	PFC/Dani	Impossibilitat d'escriure al camp "Descripció" per donar d'alta una nova eina → no es pot crear una eina amb la descripció d'eina universal d'estacar	04/08/08
132	PFC/Dani	Possibilitar entrar tasques sense la necessitat de calcular temps i costos	04/08/08
133	PFC/Dani	Un cop calculats els resultats (t i €) quan es torna a calcular resultats s'han de tornar a emplenar els paràmetres. S'hauria de mantenir i podem modificar el que hi ha.	04/08/08
134	PFC/Dani	Calcular el temps improductiu a partir de l'avanç ràpid, pel que no caldria entrar manualment aquest paràmetre	04/08/08
135	PFC/Dani	Mantenir el valor (unitats) en els camps d'avanç del càlcul sense optimitzar	04/08/08
136	PFC/Dani	Al camp detall durant el càlcul d'una tasca, no permet modificar el valor de la Vc amb més de 2 xifres previ a la coma	13/08/08
137	PFC/Dani	No deixa ordenar les tasques	13/08/08
138	PFC/Dani	Com s'entra una eina d'estacar (tipus d'eina...) ??	13/08/08
139	PFC/Dani	Quin sentit té nº talls per cara i cost d'afilar en freses i broques HSS ??	13/08/08
140	PFC/Dani	No permet guardar una tasca en concret: "Index was out of range..."	14/08/08
141	PFC/Dani	Impossibilitat d'entrar una "eina d'estacar", ja que prefixa el nom i cal escollir un tipus concret d'eina	18/08/08
142	PFC/Dani	Es poden relacionar eines (escairador) amb operacions amb les quals després no són compatibles. És una incongruència.	18/08/08
143	PFC/Dani	S'hauria de tenir la possibilitat d'anomenar l'eina ??	19/08/08
144	PFC/Dani	A vegades al sortir del camp per entrar tasca, les que s'han entrat no apareixen i cal sortir i tornar a entrar al modificar full de ruta	19/08/08
145	PFC/Dani	Peta al entrar una operació de mandrinatge	19/08/08
146	PFC/Dani	El PAM no detecta incoherències. Per exemple; Si s'entra un forat amb un diàmetre més gran que la peça, dona propostes.	24/09/08
147	PFC/Dani	L'operació d'avellanat "peta" al introduir l'eina	16/09/08

148	PFC/Dani	L'eina de mandrinar = fresa?	16/09/08
149	PFC/Dani	L'eina de xamfranar = avellanador?	16/09/08
150	PFC/Dani	No permet utilitzar un avellanador en l'operació de contornejar. S'hauria de crear una operació de xamfranar? (contorneo amb un avellanador)	16/09/08
151	PFC/Dani	En l'operació de mandrinat peta dient que la velocitat de tall ha de tenir un valor numèric i positiu	17/09/08
152	PFC/Dani	S'hauria de poder entrar el valor de les velocitats en qualsevol de les unitats que es presenten i que es recalculés el valor en l'altre unitat. (Com passa al Goelan)	17/09/08
153	PFC/Dani	No es guarden els paràmetres de càlcul quan es torna a entrar per tal de modificar-los.	6/11/08

Taula 5. Diferents errors i possibles millores del programa.

7.3.2 Correcció de faltes d'ortografia

Tot i no ser un terme gaire relacionat amb l'enginyeria, si que és veritat que les faltes d'ortografia poden minorar l'èxit d'una aplicació donant entendre poca atenció al resultat global del programa.

8 PERSONALITZACIÓ

Una de les decisions més importants que s'han pres a partir del contacte amb l'empresa de mecanitzats, i després de discutir-ho àmpliament amb el departament, és que per tal d'implantar el PAPOM a les diverses PIMES, es requereixen dos aspectes;

- » Procediment d'instal·lació.
- » Capacitat de personalització del programa.

8.1 Procediment d'instal·lació: sistema d'ajuda a la demostració.

Avui en dia, una empresa que decideix fer (o es planteja fer) una forta despesa econòmica en l'adquisició d'un nou programari, ha de tenir la certesa que aquest serà útil pel seu dia a dia. Per tant, moltes vegades, sinó sempre, es requereix d'una demostració del programa, i si es pot aplicant-lo a problemes concrets de l'empresa, millor que millor.

El problema regeix en que, com s'ha comentat anteriorment, el PAPOM, requereix d'un gran volum de feina inicial a l'hora d'implementar el taller, és a dir, es necessiten moltes hores per buscar la informació necessària i per introduir totes les característiques de les eines, màquines i utilitatges de les quals disposa l'empresa, així com les relacions que existeixen entre aquestes i les operacions que poden dur a terme.

En l'elaboració d'aquest treball, tot i la gran predisposició mostrada, s'ha intentat fer perdre el mínim temps possible a l'empresa per a la implementació del taller. Per aquest motiu, la informació de les eines i de les màquines s'ha obtingut mitjançant la recerca en catàlegs, internet o directament dels proveïdors, sempre partint del tipus d'eina i del fabricant d'aquesta. (pe. Fresa de 7 plaquetes Ø26, Mitsubishi). Aquest sistema s'ha traduït en una feina més feixuga.

Per tal de donar solució a aquest problema, s'ha arribat a la conclusió que, a l'hora de presentar el programa a empreses que hi puguin estar interessades, es requereix d'un

procediment que faciliti i agilitzi aquesta primera implantació del taller, o si més no de part d'aquest, per tal de fer una prova, que a la vegada serveixi de demostració.

Amb aquesta finalitat s'han realitzat unes fitxes per a cada tipus d'eina i màquina amb les quals es vulgui fer la prova-demostració. Estan pensades per utilitzar-les tant en format imprès per tal que l'operari les pugui omplir a peu de taller, o en format digital, en el cas que es disposi d'una base de dades en paper o a l'ordinador i no faci falta anar amunt i avall per tal de recollir la informació necessària.

Així doncs, en una situació en la que s'estigués parlant amb una empresa d'implementar el PAPOM, se li presentarien aquestes fitxes, per tal que s'emplenessin, ja sigui treballant conjuntament amb un dels operaris, deixant-los uns dies per omplir-les... D'aquesta manera el procés d'implementació del taller resulta més ràpid i es pot demostrar l'eficiència i utilitat del programa abans en l'entorn de cada empresa en concret, el que ho fa molt més interessant.

S'han elaborat, doncs, fitxes per a les màquines i per a les eines. En un sentit lògic, s'haurien d'omplir primerament les fitxes de les màquines, tot i que l'ordre dels factors no altera el producte. S'ha dissenyat una fitxa per a les màquines prismàtiques, com seria una fresa, i un tipus de fitxa per a les màquines de revolució, com seria un torn. En aquestes apareixen per omplir totes les característiques que requereix el programa per tal de treballar posteriorment. A mesura que es van entrant aquestes es numeren correlativament. A la Figura 46 es pot veure la fitxa per a una màquina prismàtica.

Pel que fa a les fitxes per a les eines, se n'ha dissenyat una per a cada tipologia; fresa, broca, avellanador, roscador, eina de torn i escariador. En aquest cas, a diferència de les fitxes de les màquines, tenen dues cares a emplenar.

A la cara del davant (veure la Figura 47 per al cas d'una eina de tipus fresa) s'han d'omplir les característiques de cada eina, essent aquestes les que requereix el programa. En molts casos hi ha camps que s'ompliran només si són necessaris, ja que corresponen a tipologies específiques dins de cada eina, com poden ser les freses tangencials, broques bidiametral... aquests casos queden emmarcats en un requadre per tal de ser més intuïtiu a l'hora d'emplenar les fitxes, es veu molt clar a la figura.

Pel que fa a la cara del darrera (Figura 48), es presenta una taula, on hi ha una columna per màquines, i una o vàries, en funció del tipus d'eina, per a operacions. Aquesta taula s'ha pensat com el sistema més ràpid i intuïtiu per tal de relacionar les eines i les màquines a partir de les operacions tal i com fa el mateix programa. D'aquesta manera, en el cas d'una fresa, s'hauran d'incloure les màquines en les quals pot treballar i marcar amb creus les caselles de les operacions que aquesta pot realitzar en cadascuna de les màquines en concret Figura 48.

La resta de fitxes per a les altres tipologies d'eines i per a una màquina de revolució, es presenten a l'annex E; Personalització; fitxes d'eines i màquines.

Màquina prismàtica nº _____

Fabricant:

Model:

Volum peça màxima (mm)

x : <input type="text"/>	y : <input type="text"/>	z : <input type="text"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Volum màxim de mecanització (mm)

x : <input type="text"/>	y : <input type="text"/>	z : <input type="text"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Precisió (mm):

Cost (€):

Amortització(anys):

Centre màquines:

Velocitat de tall (rpm)

màx <input type="text"/>	mín <input type="text"/>
--------------------------	--------------------------

Velocitat d'avanç (mm/min)

màx <input type="text"/>	mín <input type="text"/>
--------------------------	--------------------------

Figura 46. Fitxa per a una màquina prismàtica

Fresa nº: _____

Codi:

Diàmetre [mm]:

Fabricant:

Longitud de tall [mm]:

Vc max [m/min]:

Tipus: Recte Helicoidal

Avanç max. [mm/dent]:

HSS

Cost [€]:

Cost d'afilar [€]:

Duresa [kg/mm²]:

Plaquetes

Longitud total [mm]:

Nº fils cara:

Temps muntatge [s]:

Angle de la plaqueta [°]:

Temps desmuntatge [s]:

Freses tangencials

Tipus d'acabat:

Amplada de l'eina [mm]:

Materials a mecanitzar:

<input type="checkbox"/> Bronze	<input type="checkbox"/> Llautó	<input type="checkbox"/> Polietilè
<input type="checkbox"/> Coure	<input type="checkbox"/> M (Inox)	<input type="checkbox"/> Polipropilè
<input type="checkbox"/> Graphit & GFK	<input type="checkbox"/> N (Alumini)	<input type="checkbox"/> PVC
<input type="checkbox"/> K (GG(G))	<input type="checkbox"/> P (Acer)	<input type="checkbox"/> S (Titani)

Altres fresas

Angle de cua de mosca [°]:

Diàmetre de shank (T-slot) [mm]:

Figura 47. Cara davantera d'una fitxa per a una eina tipus fresa

Màquina		Operació							
Nº	Descripció	Avellanat	Caixera	Contornejat	Mandrinatge	Planajement	Ranuratge	Roscatge	Trepatge
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Figura 48. Cara posterior d'una fitxa per a una eina tipus fresa.

8.2 Capacitat de personalització del PAPOM

Després dels diversos contactes amb l'empresa, s'ha arribat a la conclusió, que com passa amb les persones, cada empresa és un món, és a dir, cada taller té les seves particularitats a l'hora de treballar, la seva nomenclatura i moltes vegades uns procediments estàndards propis. Així doncs, essent la filosofia del PAPOM ser una eina que faciliti el dia a dia de les empreses, no pot trobar un impediment en aquestes maneres de treballar específiques. Com s'acostuma a dir col·loquialment, en la diversitat hi ha el gust, pel que el PAPOM ha de ser prou divers per tal d'agradar a quantes més empreses sigui possible, i per tant això es tradueix en què el programa ha de tenir la capacitat d'adaptar-se als gustos de cada taller en la mesura que no afecti la seva estructura bàsica i la seva filosofia inicial.

8.2.1 Opcions de personalització

Partint d'aquesta idea i del que s'ha extret de l'empresa "pilot", s'ha estat estudiant quins punts, camps, apartats... del PAPOM, són susceptibles de ser modificats per tal d'adaptar-se a cada client. La idea és que el PAPOM es pugui construir segons les especificacions del comprador, retocar al gust del client, el que s'ajustaria al concepte de l'anglès; *customize*. A continuació es presenten i descriuen aquests camps que són modificables.

1. **Sistema d'instal·lació de l'alta d'eines.** Continuant amb el que s'ha estat comentat durant tot el treball; que el programa pretén ser una eina útil per a la vegada fàcil d'utilitzar i sobretot ràpida i intuïtiva per a l'operari, es pretén agilitzar el procés de donar d'alta les eines, que és una de les tasques més pesades i laborioses. Deixant de banda les fitxes de l'apartat anterior del procediment d'instal·lació que s'utilitzen en un primer moment per a realitzar una demostració, l'usuari haurà d'entrar moltes més eines en un futur, ja sigui perquè a la demostració no s'entrarà tot el taller, per compra d'eines... per aquest motiu s'ha trobat convenient agilitzar aquesta tasca.

Després de discutir-ho amb tot el grup de treball, s'ha trobat que tot i ser necessaris, el programa demana moltes característiques de cada eina, i en molts casos l'empresa pot ser que no utilitzi tots aquests paràmetres o que en molts casos alguns d'ells li siguin difícils de determinar. Per aquest motiu, s'ha pensat en un sistema

d'instal·lació d'alta d'eines. Aquest consistiria en què la primera vegada que s'entres per tal de donar d'alta les eines s'executés aquest sistema, en què el programa sol·licitaria a l'usuari quines característiques són les que vol entrar de cada tipus d'eina i quines no. En les que l'usuari decidís no entrar-hi els valors, el programa hi donaria un valor estàndard, per tal que es puguin realitzar els càlculs, què segons el paràmetre, es poden veure afectats, pel que el programa avisaria que els càlculs poden resultar erronis si no s'entren certs paràmetres.

Amb aquest sistema cada empresa pot personalitzar la gestió del taller del programa al seu gust, entrant només els paràmetres que els són més importants, més coneguts i fàcils de determinar. Tot i que aquest primer procés pot suposar un cert temps, suposarà una agilització de l'alta de totes les eines. A més a més, es va parlar amb l'empresa d'estudi, i el fet d'escollir els paràmetres a entrar de cada tipus d'eina no va suposar més de cinc minuts (veure apartat *8.2.2 Personalització per a Mecanitzats Privat*, com a exemple de personalització)

Òbviament, tot i que aquest sistema d'instal·lació s'executi la primera vegada que es vol donar d'alta una eina, en qualsevol moment l'usuari tindrà la possibilitat de canviar els paràmetres escollits.

Aquest punt no s'ha pogut implementar encara, ja que requereix d'un alt grau de programació i es té pendent per projectes futurs, i per implementar-ho en la nova versió amb un disseny millorat, que és en el que s'està treballant més ara. A la Figura 49 es presenta un possible format del sistema d'instal·lació per a les característiques generals, el mateix es tindria per a les característiques específiques de cada tipologia d'eina, aquests es poden veure en l'exemple de personalització del capítol següent (de Figura 51a Figura 56).

Característiques Generals		
	Sí	No
Marcar tots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Codi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fabricant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vc - Max (m/min)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Velocitat d'avanç - Max	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Profunditat passada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cost unitari	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Duresa (Hb)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Refrigeració interna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Longitud total (mm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temps de muntatge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temps de desmuntatge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipus d'acabat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Següent

Figura 49. Pantalla del sistema d'instal·lació d'alta d'eines, característiques generals.

Aquesta és la primera de les pantalles que apareixeria la primera vegada que l'usuari volgués donar d'alta eines. Com s'observa a la figura, aquest ha de marcar la casella del sí o del no en funció de les característiques que vol o no entrar. Es té la opció de marcar totes les caselles d'una o altra opció, per agilitzar el procés. Prement següent apareixeria la següent pantalla de característiques, en aquest cas les de fresa.

2. **Selecció del protocol d'eines.** Com s'ha vist a l'apartat 7.1 *Millores en la gestió del taller*, s'ha incorporat un protocol d'eines, és a dir, el programa dóna el mateix forma a la descripció de les eines, per tal d'estandarditzar la base de dades d'eines de que disposa el taller. Sembla clar que aquesta nomenclatura pot ser diferent per a cada empresa, una pot preferir que aparegui el diàmetre i la longitud de tall, una altra que aparegui la duresa, la profunditat de passada i les dents,... Per aquest motiu, cada empresa podrà personalitzar la descripció de les eines com més ho desitgi.
3. **Selecció de les unitats.** Un altra possibilitat de personalització regeix en la selecció d'unitats. Tot i que generalment es treballa amb unitats del sistema internacional, pot existir la possibilitat que una empresa treballi amb minuts i una altra amb segons, o

fins i tot que una mateixa empresa treballi amb una o altra unitat depenent de la tipologia de peces que treballa. Per aquest motiu s'ha inclòs la possibilitat d'escollir les unitats amb les que treballa el programa. Per fer-ho s'ha inclòs el camp d'unitats a la pestanya de *Configuració* de la pantalla principal del programa, aquest obre una altra pantalla en la que es poden escollir les unitats d'aquests paràmetres. Aquesta pantalla s'observa a la Figura 50.

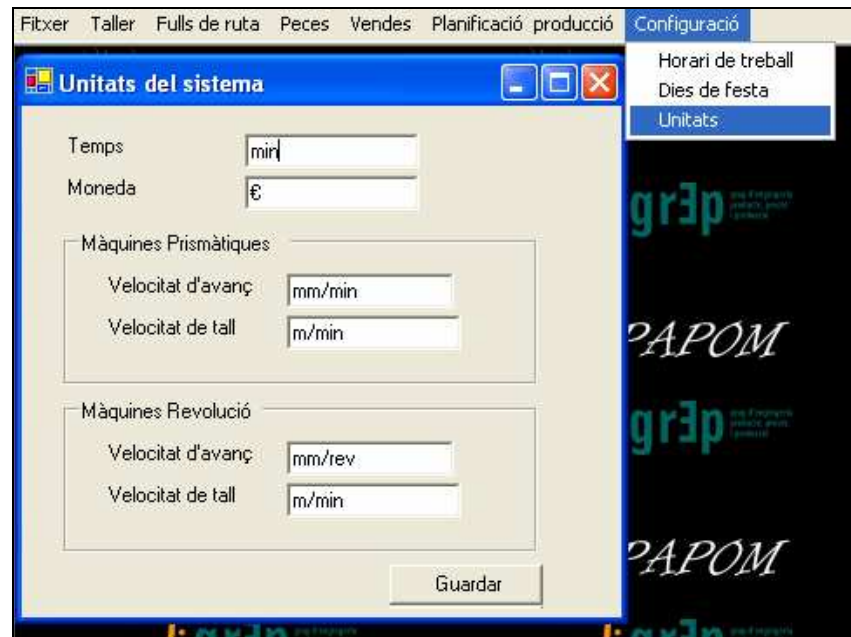


Figura 50. Pantalla de configuració de les unitats del sistema.

- Selecció de la nomenclatura del full de ruta.** Aquest aspecte ha portat certa controvèrsia, ja que escollir la nomenclatura del programa va suposar grans debats al grup de recerca fins arribar a la que presenta actualment de Fase / Subfase / Tasca. Tot i això discutint sobre la necessitat de personalitzar el PAPOM a l'hora d'implantar-lo en una empresa, sembla clar que la nomenclatura de l'empresa és la que ha de regir, per aquest motiu s'ofereix la possibilitat d'escollir aquesta. El PAPOM pretén ser una eina propera a les PIMEs, pel que ha de ser el més còmoda possible per a cada empresa i aquest petit canvi que es podria entendre com una certa pèrdua d'identitat del programa, pot suposar un gest de compromís amb l'empresa.

5. **Selecció del format de les operacions.** Significa que l'usuari té la possibilitat d'escollir com realitza les passades de desbast i d'acabat, és a dir, té l'opció d'escollir entre les següents possibilitats:
- a. Realitzar les passades de desbast i acabat en diferents operacions; per tant s'ha d'entrar una operació per realitzar el desbast i una altra per realitzar l'acabat. Pot ser útil quan es segueixen estratègies diferents per un i altre tipus.
 - b. Realitzar les passades de desbast i acabat en una operació amb la mateixa eina; en aquest cas, la pantalla de la operació permet introduir diferents velocitats i profunditats de passada per al desbast i per a l'acabat, pel que s'utilitza la mateixa eina i la mateixa estratègia, però amb diferents paràmetres de tall.
 - c. Realitzar les passades de desbast i acabat en una operació amb diferents eines; en aquest cas, la pantalla d'operació permet seleccionar dues eines, i els paràmetres corresponents per a cada eina, essent la primera per a les passades de desbast i la segona per a l'acabat.

Per defecte el programa presenta la tercera opció, ja que recull en una les altres opcions, ja que si es vol treballar amb la mateixa eina, es selecciona la mateixa en els dos camps, i si es vol fer amb dues operacions també es pot. Tot i això si una empresa en concret sempre treballa d'una manera se l'hi pot incloure un o altre format.

6. **Ús dels temps.** La manera en què comptabilitza els temps cada empresa pot ser diferent, en funció de les màquines de les que disposa al taller, de la manera de treballar... Per aquest motiu pot condicionar la manera de treballar del programa. S'ha decidit que els camps que són susceptibles de ser personalitzats en funció de l'empresa, són el temps improductiu i el temps de preparació, ja en l'apartat 7.2.1 Millores en les operacions s'ha tingut en compte, a continuació es plantegen diferents possibles opcions:

a. Temps improductiu

- i. Suprimir el temps improductiu entre passades. Aquest temps no té sentit en màquines de control numèric, ja que els avanços ràpids, amb els que retorna entre passades, fan que el temps improductiu sigui molt petit en comparació amb el temps de tall.
- ii. Incloure un temps improductiu de canvi d'eina. Temps *ship to ship*, és a dir ferritja a ferritja. Aquest temps es dona quan la màquina canvia d'eina, i va des que l'eina deixa de tocar la peça fins que la nova eina torna a tocar. Aquest temps es regeix per l'experiència dels operaris, però generalment cada màquina té un valor més o menys constant (depenent de les dimensions de la peça). Es pot incloure un camp que afegixi aquest temps com l'improductiu de la operació. Amb l'estat actual del programa, es pot escriure directament al camp de temps improductiu en cada operació que es canviï l'eina. Però per a un futur seria bo trobar un manera que cada cop que es canvia l'eina el programa afegixi aquest temps improductiu. Caldrà tenir en compte, també, que pot ser que una mateixa operació contingui dues eines, pel que aquest temps es duplicaria.

b. Temps de preparació

- i. Suprimir el temps de preparació de les operacions. Com en el cas del temps improductiu, en màquines de control numèric no té sentit un temps de preparació per a cada operació, ja que aquest només es contempla en cada canvi d'estacada (subfase). Per aquest motiu s'hauria de tenir la opció de suprimir aquest camp de les operacions.
- ii. Incloure un temps de preparació per a les subfases. Una opció per tenir en compte només el temps de preparació de cada estacada, seria que cada subfase tingui un camp de temps de preparació per a introduir el valor en cada cas.
- iii. Operació d'estacar. Actualment es disposa d'una eina universal d'estacar i d'una operació d'estacar. Com s'observarà en apartats posteriors, s'han utilitzat aquestes per tal d'introduir el temps de preparació als fulls de ruta. El problema és que aquesta operació

d'estacar, s'hauria d'introduir més fàcilment, és a dir, disposar només del camp de preparació i que l'eina aparegués directament.

Pel que fa a totes aquestes possibilitats s'hi està treballant per a la nova versió, pel que com a possibilitats temporals, els temps improductiu entre passades i el de preparació apareixen nuls per defecte, i l'usuari pot introduir aquests manualment a cada operació, amb la possibilitat d'utilitzar una operació d'estacar amb el temps de preparació o per altra banda entrar aquest només a la primera operació de cada subfase.

8.2.2 Personalització per a Mecanitzats Privat

S'han treballat conjuntament amb l'empresa per determinar aquestes possibles personalitzacions, i per tal de posar-ho a prova, s'han plantejat a la mateixa empresa per tal d'adaptar el programa a les manies de Mecanitzats Privat. Els resultats són els que es presenten a continuació.

1. Pel que fa a la instal·lació de l'alta d'eines, un cop decidits els paràmetres que es volen entrar i els que no, les pantalles d'instal·lació amb les opcions marcades per l'empresa i les pantalles resultants d'alta d'eines per a cada tipologia són les que es presenten a continuació (de Figura 51 a Figura 56). Els paràmetres que apareixen amb un valor són les que l'empresa no vol entrar i per tant se'ls dona un valor estàndard.

Sistema d'instal·lació d'alta d'eines

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació producció Configuració

Tipus d'eina
 Fresa Broca Eina de torn Escariador Avellanador Roscador

Característiques específiques - FRESA

	Si	No
Marcar tots	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diàmetre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Longitud de tall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angle de la plaqueta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nombre de dents	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eina de (HSS / plaqueta)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nombre de fils de tall cara	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cost d'afilar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipus (Recte / Helicoïdal)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Freses Tangencials

Angle de l'espiral

Altres freses

Angle de cua de mosca

Diàmetre de shank (T-slot)

Anterior Següent

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc - Max (m/min): *

Velocitat avanç - Max: mm/dent *

Profunditat de passada (mm) *

Cost unitari (€):

Duresa (Hb) (Kg/mm²):

Té refrigeració interna? Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (s):

Temps de desmuntatge (s):

Tipus d'acabat:

Materials

Selecció dels materials en que podem utilitzar l'eina:

- Bronze
- Coure
- Graphit/GFK
- K (GG(G))
- LLauó
- M (Inox)
- N (Alumini)
- P (Acer)
- Polietilè

Característiques específiques fresa

Diàmetre (mm): *

Alçada del Tall (mm):

Angle de la plaqueta (graus):

Nombre de dents: *

L'eina estar formada per: HSS Plaqueta

Nombre de talls per cara: *

Cost d'afilar (€):

Tipus: Recte Helicoïdal

Característiques específiques freses tangencials

Angle de l'espiral (graus):

Característiques específiques altres freses

Angle de la cua de mosca [encavos] (graus):

Diàmetre de shank [T-slot] (mm):

Paràmetre vida útil de l'eina

a11	-0.6000	k11	505,0000
p11	-0.3600	n11	0.2300

Guardar Cancelar

Guarda + similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 51. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada d'alta d'una fresa.

Com s'observa en aquesta Figura 51, pel que fa a les característiques generals, pels valors de la pantalla d'alta, l'empresa no entraria els valors de la profunditat de passada, el de cost unitari, el de duresa, els temps de muntatge i desmuntatge i el tipus d'acabat. En aquest cas els únics que poden afectar a l'hora de fer els càlculs són els valors del cost unitari i els temps. Pel que fa a les característiques específiques de fresa, els únics camps que no omplirien manualment serien l'angle de plaqueta i el cost d'afilar en el cas que aquesta estigués formada per HSS.

Característiques específiques - BROCA

	SI	No
Marcar tots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diàmetre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Longitud de tall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angle d'hèlix	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Angle de punta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nombre de fils	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eina de (HSS / plaqueta)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cost d'afilar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nombre fils de talla cara	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Broques bidiametral

Diàmetre avellanar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Longitud avellanar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Angle countersink	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Característiques generals

Codi:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc - Max (m/min):
 Velocitat avanç - Max mm/rev:
 Produntat de passada (mm):
 Cost unitari (€):
 Duresa [Hb] (Kg/mm²):
 Té refrigeració interna? Si
 Longitud Total (mm):
 Temps de muntatge (s):
 Temps de desmuntatge (s):
 Tipus d'acabat:

Característiques específiques broca

Diàmetre (mm):
 Longitud de tall (mm):
 Nombre de fils:
 Angle de hèlix (graus):
 Angle de punta (graus):
 L'eina estar formada per: HSS Plaqueta
 Nombre de talls per cara:
 Cost d'afilar (€):

Característiques de broques Bidiametral

Diàmetre avellanar (mm):
 Longitud avellanar (mm):
 Angle countersink (graus):

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- Bronze
- Coure
- Graphit&GFK
- K (GG(G))
- LLautó
- M (Inox)
- N (Alumini)
- P (Acer)
- Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina

a11 k11
 p11 n11

Guardar Cancel·lar

Guarda + similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 52. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada per a donar d'alta una broca.

De les característiques específiques de broques, no entrarien els valors del nombre de fils, ni els angles d'hèlix i de punta a més del cost d'afilar com el cas de la fresa.

Característiques específiques - EINA TORN

	SI	No
Marcar tots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Direcció de l'eina	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angle d'incidència	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nombre fils de tall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mecanitzat (int/ext/ranurar)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diàmetre del mandril	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eina de (HSS / plaqueta)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Eines per cilindrar / refrentar

Angle de punta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Longitud aresta de tall	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cost d'afilar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Eines per ranurat / tronçat

Gruix	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	--------------------------

Eines per rosacar

Longitud avellanar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------	-------------------------------------	--------------------------

Característiques generals

Codi:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc - Max (m/min):
 Velocitat avanç - Max mm/rev:
 Produntat de passada (mm):
 Cost unitari (€):
 Duresa [Hb] (Kg/mm²):
 Té refrigeració interna? Si
 Longitud Total (mm):
 Temps de muntatge (s):
 Temps de desmuntatge (s):
 Tipus d'acabat:

Característiques específiques del tornejadore

Direcció de l'eina: Esquerra Dreta Andues
 Angle d'incidència (graus):
 Num. de fils de tall:
 Tipus de mecanitzat: Interior Exterior Per ranurar
 Diàmetre del mandril (mm):
 L'eina estar formada per: HSS Plaqueta

Característiques d'eines per cilindrar / refrentar

Angle de punta (graus):
 Longitud aresta de tall (mm):
 Cost d'afilar (€):

Característiques d'eines per ranurat / tronçat

Gruix (mm):

Característiques d'eines per rosacar

Perfil de rosca:

Paràmetre vida útil de l'eina

a11 k11
 p11 n11

Guardar Cancel·lar

Guarda + similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 53. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada d'alta d'enes de torn.

En aquest cas, els valors de l'angle d'incidència, el nombre de fils de tall i les característiques d'eines de cilindrar i refrentar, no les entrarien manualment.

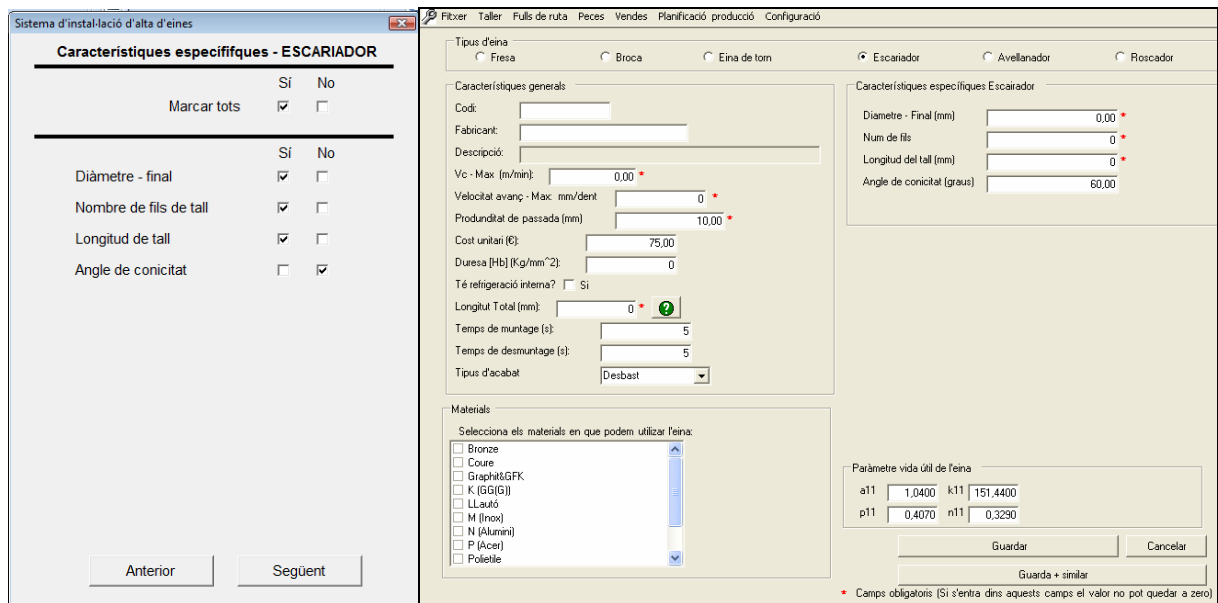


Figura 54. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada d'alta d'eines d'escariar.

En el cas dels escariadors, l'únic paràmetre que s'estalviarien d'entrar és el de l'angle de conicitat.

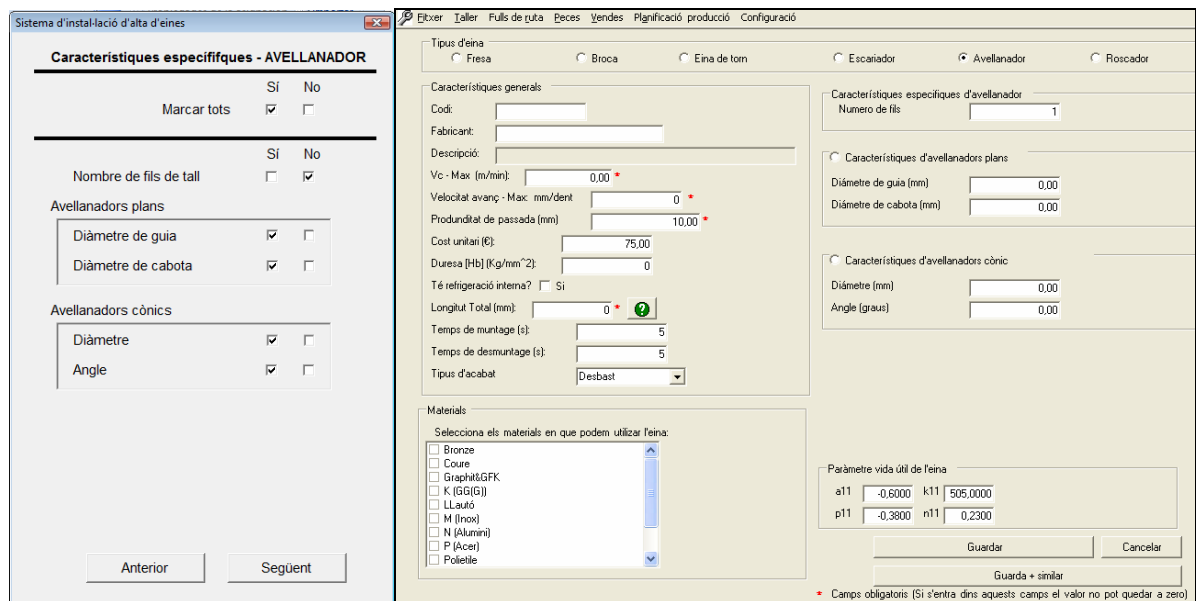


Figura 55. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada d'alta d'avellanadors.

Com en el cas anterior, de les característiques específiques dels avellanadors no entrarien el valor del nombre de fils de tall.

Finalment de la pantalla d'alta d'una eina del tipus roscador, l'empresa no deixaria d'emplenar cap de les característiques, pel que la pantalla personalitzada seria la següent:

The image shows two overlapping software windows. The left window is titled 'Sistema d'instal·lació d'eines' and contains a section 'Característiques específiques - ROSCADOR'. It has a table with columns 'Si' and 'No' and rows for 'Diàmetre', 'Pas', 'Longitud de tall', and 'Angle d'hèlix'. The 'Marcar tots' checkbox is checked. The right window is titled 'Tipus d'eina' and has tabs for 'Fresa', 'Broca', 'Eina de torn', 'Escanador', 'Avellanador', and 'Roscador'. It contains various input fields for tool parameters such as 'Vc - Max (m/min)', 'Velocitat avanç - Max: mm/dent', 'Profunditat de passada (mm)', 'Cost unitari (€)', 'Duresa [Hb] (Kg/mm²)', 'Longitud Total (mm)', 'Temps de muntatge (s)', 'Temps de desmuntatge (s)', and 'Tipus d'acabat'. There is also a 'Materials' section with a list of materials and a 'Paràmetre vida útil de feina' section with fields for 'a11', 'k11', 'p11', and 'n11'. Buttons for 'Anterior', 'Finalitzar', 'Guardar', and 'Cancelar' are visible.

Figura 56. Pantalla d'instal·lació d'alta d'eines i pantalla personalitzada d'alta de roscadors.

2. La descripció d'eines escollida per Mecanitzats Privat, per al protocol d'eines, és la següent:

Tipus d'eina / Perfil / Diàmetre (p.e. Fresa tòrica Ø63)

Amb aquesta descripció consideren que tenen prou informació per treballar, després entrant a cadascuna ja sabran si la profunditat, longitud... és l'adient per a cada operació en concret.

3. Pel que fa a unitats, l'empresa treballa amb les unitats del sistema internacional, però en el cas del temps per exemple treballa amb diverses unitats, generalment treballa amb segons, però en peces que tenen operacions més llargues treballen en minuts. Les unitats escollides per treballar amb l'empresa però han estat les següents:

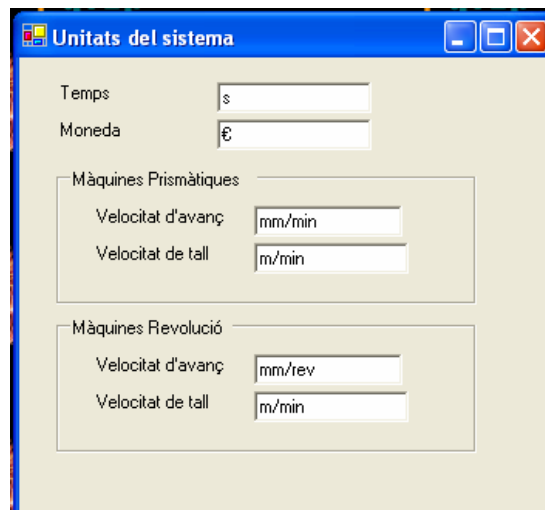


Figura 57. Pantalla personalitzada de la configuració de les unitats del sistema.

4. Pel que fa a la nomenclatura del full de ruta, mecanitzats privat treballa amb els termes Fase / Operació / Tasca en lloc dels Fase / Subfase / Tasca que té per defecte el PAPOM. Anomena doncs operació a cada canvi d'estacada dins d'una mateixa centre de màquines (fase). A la pantalla del full de ruta per a l'empresa que s'observa a la Figura 58, s'observa com apareix alta i baixa operació enlloc de subfase com abans (Figura 45).

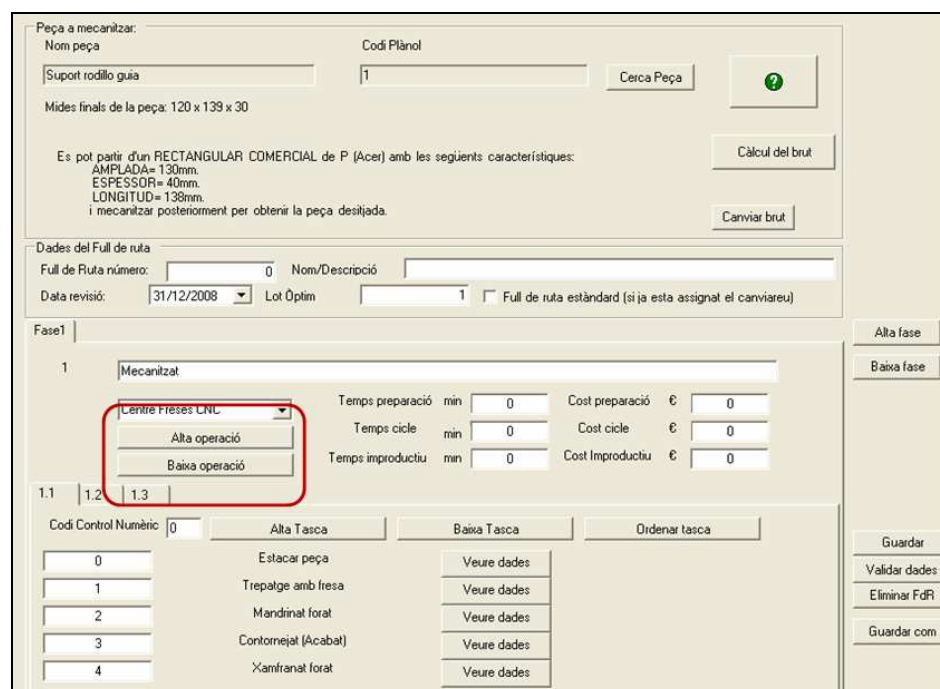


Figura 58. Pantalla de gestió del full de ruta personalitzada.

5. En la forma de treballar en el desbast i l'acabat, parlant amb l'enginyer de planta, comentava que normalment treballen amb eines diferents per al desbast i per a l'acabat ja que segons les dents, la forma... es té un acabat o un altre, a vegades, però, utilitzen la mateixa eina per als dos tipus de passada. En aquest cas s'ha implantat l'opció d'escollir dues eines per a cada operació (opció c) d'aquesta manera a més de treballar amb dues eines, escollint la mateixa en les dues seleccions poden tenir la mateixa eina per a desbast i acabat si es dóna el cas (veure Figura 39).

6. Finalment pel que fa als temps, tot i no està implementat un sistema definitiu, s'ha treballat sense temps improductius entre passades ni temps de preparació per a les operacions. S'ha introduït el temps improductiu de canvi d'eina a cada operació que ho requeria i una operació d'estacar al principi de cada subfase per tal d'introduir-li a aquesta el temps de preparació.

De treballar amb l'empresa s'ha després aquesta necessitat de personalitzar el programa, i s'han determinat aquests camps i aquestes opcions, però estaria bé treballar amb d'altres empreses, ja que es poden trobar d'altres apartats en els que hi puguin tenir unes manies que Mecanitzats Privat no té i per tant en aquest projecte no s'han contemplat.

9 EMPRESA D'ESTUDI

Com s'ha estat comentant, l'empresa amb la que s'ha treballat per desenvolupar aquest projecte, i en definitiva per implantar-hi el PAPOM, és Mecanitzats Privat S.L.

Mecanitzats Privat S.L. és un empresa, establerta a Cornellà de Terri, dedicada a la mecanització de peces de precisió, amb finalitats industrials d'àmbits molt diversos. Amb més de 15 anys d'experiència dins del sector, els seus objectius prioritaris són oferir als clients un servei complet i personalitzat i obtenir productes d'acurada qualitat, amb temps i costos competitius.

La producció es realitza a partir de la comanda i les especificacions tècniques del client. La seva estructura permet d'oferir la possibilitat d'una línia de mecanitzat de peces en sèrie, així com la fabricació de peces unitàries, prototipus, i el desenvolupament i construcció d'utilitatges industrials.

Disposen d'un gran nombre de màquines que inclouen des de torns CNC robotitzats a centres de mecanitzat i maquinària convencional equipada amb visualitzador digital de cotes.

9.1 Taller d'estudi

El taller de Mecanitzats privat disposa de dues seccions diferenciades, una centrada en la producció de peces de llarga tirada i l'altra destinada a la producció de peces de curta tirada. El projecte ha treballat amb peces de curta tirada (veure annex selecció de peces). El *layout* del taller de l'empresa és el de la Figura 59.

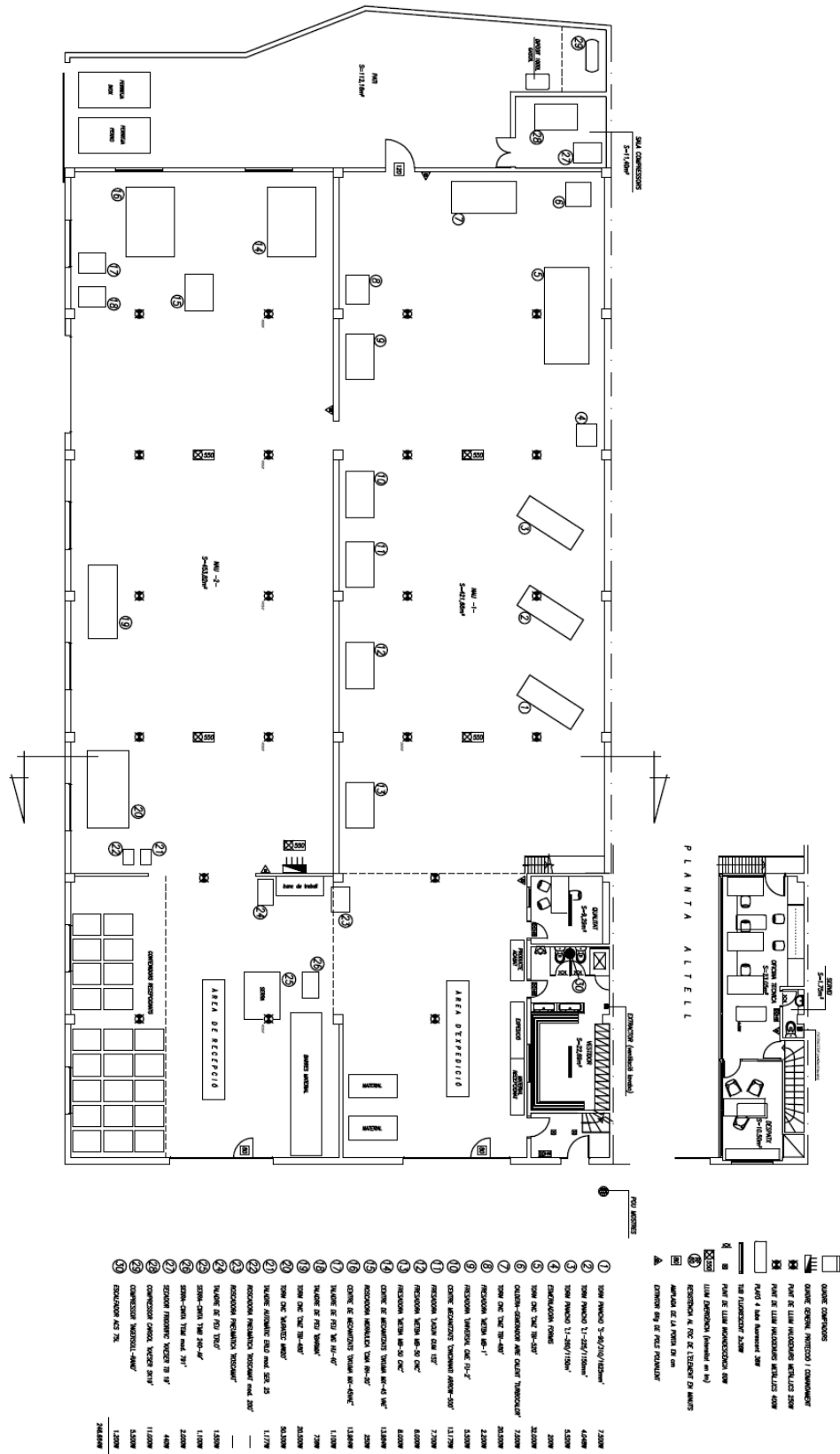


Figura 59. Layout del taller de Mecanitzats Privat, S.L.

Les màquines emprades en el treball són les ressaltades i es presenten a continuació, amb les seves característiques principals.

9.2 Centre de mecanitzat Daewoo MYNX 530



Figura 60. Imatge del Centre de mecanitzat CNC Daewoo MYNX 530

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	1000 / 500 / 500
Motor [kW]	11
Capacitat d'eines	24
Velocitat del fusell [rpm]	8.000
Marxa ràpida X / Y / Z [m/min]	25 / 25 / 18
Avanç màxim [mm/min]	8.000
Sistema de Control	FANUC (special edition)

Taula 6. Característiques del Centre de mecanitzat CNC Daewoo MYNX 530

9.3 Centre de mecanitzat Daewoo MYNX 550



Figura 61. Imatge del Centre de mecanitzat CNC Daewoo MYNX 550

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	1250 / 500 / 620
Motor [kW]	11
Capacitat d'eines	24
Velocitat del fusell [rpm]	8.000
Marxa ràpida X / Y / Z [m/min]	25 / 25 / 18
Avanç màxim [mm/min]	8.000
Sistema de Control	FANUC 21i

Taula 7. Característiques del Centre de mecanitzat CNC Daewoo MYNX 550

9.4 Centre de mecanitzat Robodrill α -T21i



Figura 62. Imatge del Centre de mecanitzat CNC Robodrill α -T21i

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	700 / 400 / 330
Velocitat del fusell [rpm]	10.000
Marxa ràpida X / Y / Z [m/min]	54 / 54 / 48
Avanç màxim [mm/min]	18.000
Sistema de Control	FANUC 21i

Taula 8. Característiques del Centre de mecanitzat CNC Robodrill α -T21i

9.5 Torn de control numèric CMZ-TL20L



Figura 63. Imatge del torn CNC CMZ-TL20L

Característica	Valor
Eix X / Z [mm]	400/640
Motor [kW]	15
Capacitat d'eines	12
Velocitat del fusell [rpm]	4.000
Marxa ràpida X / Z [m/min]	24 / 24
Avanç màxim [mm/min]	10.000
Sistema de Control	FANUC 31i

Taula 9. Característiques del torn CNC CMZ-TL20L

10 VALIDACIÓ

La validació de l'estat del PAPOM i de la seva capacitat d'actuació en un entorn d'un taller d'una empresa real, s'ha fet implementant un seguit de diferents peces reals, i posant a prova els resultats obtinguts pel programa amb els extrets directament de l'empresa de mecanitzats.

10.1 Metodologia

Els passos que s'han seguit per tal de validar el funcionament del PAPOM, amb les millores establertes, en un entorn de taller d'una empresa de mecanitzats real, són els següents:

1. Selecció de la tipologia de peces susceptibles de ser utilitzades en el PAPOM. Discutint amb l'enginyer de l'empresa, com i en quin entorn de la fàbrica es podria implementar el programa i se'n podria treure un futur benefici. A l'annex D: Selecció de les peces, s'explica com va ser el procés.
2. Elecció de les peces, dins del grup anterior, a estudiar. Obtenció de la informació necessària de cadascuna, tal com; bruts de partida, fulls de ruta, relació de temps i costos... (adaptant el format si és necessari).
3. Implementació de les peces al PAPOM, amb els mateixos fulls de ruta (o el més similars possible) que els obtinguts de l'empresa. D'aquesta manera es podran comparar els temps obtinguts per ambdues vies. A l'annex G: Utilització del PAPOM, es descriuen els passos necessaris per obtenir un full de ruta.
4. Comparar els resultats obtinguts mitjançant el PAPOM, amb els proporcionats per l'empresa.
5. Obtenir les possibles relacions entre cadascuna de les operacions o tipologies d'aquestes, del programa i la realitat; constants que ajustin el PAPOM a la realitat, en cas de no ser així.

En el càlcul de temps i costos de cadascuna de les operacions de les diferents peces, només s'ha tingut en compte l'algorisme no optimitzat.

Cal dir que durant tot aquest procés, sobretot durant els tres primers punts, s'han anat trobant punts de millora del PAPOM, així com diferents aspectes que el poden fer més ajustat a les necessitats d'una PIME. Aquests s'han descrit en apartats anteriors.

10.2 Peces d'estudi

S'han implementat 4 peces diferents que inclouen la majoria, sinó la totalitat de les operacions, tant de fresat com de tornejat, necessitant alguna d'ambdues fases.

A continuació es presenten els fulls de ruta implementats al PAPOM, seguint els proporcionats per l'empresa i posteriorment es mostren els resultats d'ambdós.

El fet que en aquesta tipologia de peces, l'empresa no fes ús de fulls de ruta, ha dificultat l'obtenció de la informació necessària. Aquests s'han obtingut, doncs, desxifrant els codis CNC (veure annex D: Isos i annex A: Codificació CN) emprats per la fàbrica per mecanitzar les peces i ajustant-los a un format similar al del PAPOM.

Les eines emprades per mecanitzar les peces, han estat prèviament implementades al PAPOM i per tant classificades i catalogades a fi i efecte de fer-ne un ús correcte. Les característiques de cadascuna es troben a l'annex C: Inventari d'eines.

10.3 Peça 1 - Suport Barra

Aquesta primera peça, definida en el document plànols, es mecanitza íntegrament mitjançant operacions que es realitzen en un centre de mecanitzat de CNC vertical, pel que, considerant que el brut de partida és comercial, només apareix una fase en el full de ruta. Consta a la vegada de tres subfases corresponents a diferents estacades de la peça. A la figura següent es pot veure una imatge del dibuix en tres dimensions de la peça.

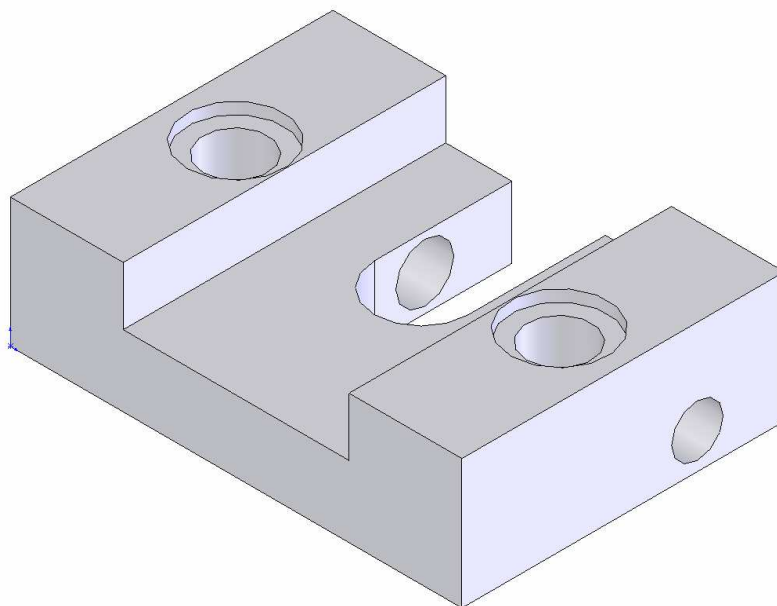


Figura 64. Dibuix en 3D de la peça 1: Suport barra. Solidworks®

El brut de partida, és un passamà amb unes dimensions de 70x51,5x20 mm.

A continuació, doncs, es mostra el full de ruta de la peça, amb les operacions ordenades degudament i els paràmetres de tall corresponents, tal com s'ha extret dels codis de CN obtinguts per l'empresa:

FASE FRESA CNC							
SUBFASE 1.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/min)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Ranuratge central (35x50)	Desbast	6	1500	1,5	2800	Fresa 4
2	Trepatge Ø8,5 dos forats	Desbast	1	1000	20	4000	Broca 4
3	Contornejat frontal i desbast forats (L=140)	Desbast	1	200	20	1000	Fresa 2
4	Xamfranat (frontal, caixeres forats i parets ranura)	Acabat	1	1500	1,5	3000	Avellanador 1
5	Avellanat dos forats (Xamfranat)	Acabat	1	200	6	3000	Avellanador 1
6	Roscatge dos forats	Acabat	1	1,5	20	600	Roscadors 2
7	Contornejat acabat,	Acabat	1	800	1.8	1800	Fresa 5

	dos forats i parets ranura (L=225)						
SUBFASE 1.2							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge Ø9	Desbast	1	700	35	3500	Broca 2
2	Xamfranat forat	Acabat	1	200	2,2	2000	Avellanador 1
SUBFASE 1.3							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge Ø6,75	Desbast	1	700	35	3500	Broca 5
2	Xamfranat forat	Acabat	1	200	1,9	2000	Avellanador 1
3	Roscatge M8	Acabat	1	1,25	33	600	Rosgador 1

Taula 10. Full de ruta per la peça 1.

Aquest és el full de ruta tal qual s'ha implementat al PAPOM. Les operacions 4 i 5 de la primera de les subfases, realment corresponen a una única operació, la de xamfranat, però al realitzar la operació amb dues estratègies diferents (la primera actua com un contornejat i la segona com un avellanat) s'ha hagut de dividir, pel que en el càlcul de temps es prendrà com un únic valor resultant de la suma d'ambdues operacions.

Com s'observa, la peça requereix de moltes i diverses operacions de fresatge (Centre de mecanitzat CNC), com el trepatge, contornejat, xamfranat, mandrinatge, planejat... pel que es podrà obtenir un camp de validació més ampli i ajustat.

La primera estacada, es fa amb la peça com acabarà essent en planta, per tal de poder-hi fer la ranura... Les altres dues estacades, es fan sobre els perfils de la peça, a fi de poder fer el forat de cada costat.

10.4 Peça 2 - Suport rodillo

Aquesta peça, que es troba definida en el document de plànols, és mecanitzada completament per centres de mecanitzat (fresa) CNC, pel que només consta d'una fase. A la Figura 65 es pot veure una imatge del dibuix de la peça en 3D.

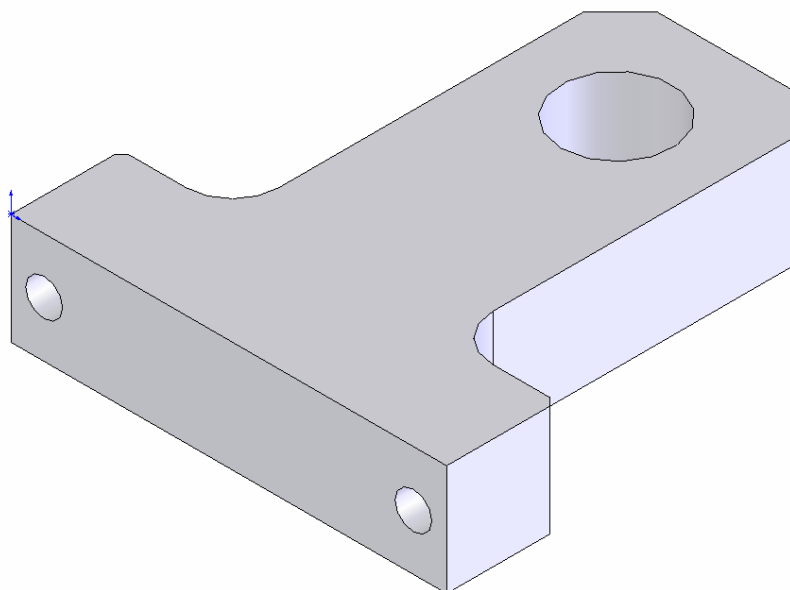


Figura 65. Dibuix en tres dimensions de la peça 2; suport rodillo. Solidworks ®

El brut de partida és un passamà amb unes mides de 120x139x30 mm.

A continuació, doncs, es mostra el full de ruta de la peça:

FASE FRESA CNC							
SUBFASE 1.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/rev)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge Ø26	Desbast	1	180	30	2700	Broca 1
2	Mandrinatge Ø26 - Ø30 (L=30)	Acabat	2	500	16	1800	Fresa 7
3	Contornejat frontal (L=160)	Acabat	2	430	20	2400	Fresa 3
4	Xamfranat forat (L=30)	Acabat	1	150	30	2000	Fresa 6
SUBFASE 1.2							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Planejat (118x30)	Acabat	2	1200	2	1300	Fresa 5
2	Trepatge 2 forats Ø9	Desbast	1	900	30	1300	Broca 2
3	Trepatge 2 forats Ø9,8	Desbast	1	400	30	2000	Broca 3
4	Avellanat 2 forats (xamfranat)	Acabat	1	400	4,9	5000	Avellanador 1

5	Xamfranat contorn (L=320)	Acabat	1	400	4	5000	Avellanador 1
6	Mandrinatge Ø9,8 - Ø10	Acabat	1	30	30	300	Fresa 9
SUBFASE 1.3							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Contornejat desbast (L=178)	Desbast	3	875	10,2	3980	Fresa 3
2	Contornejat Acabat (L=378)	Acabat	1	400	30	2400	Fresa 3
3	Xamfranat contorn (L=378)	Acabat	1	800	4	5000	Avellanador 1

Taula 11. Full de ruta de la peça 2.

Altra vegada es pot observar com hi ha diverses operacions de fresatge, facilitant una millor validació. Ens trobem altra vegada amb una operació desdoblada, el xamfranat en la segona subfase, està format per les operacions 4 i 5, pel que en els temps es contaràn com una única operació.

En aquest cas també es disposen de tres subfases, el que significa tres estacades. En aquest cas la primera és amb la peça recolzada sobre la major superfície, la segona és sobre la vista frontal, per tal de fer els forats i la darrera és sobre la mateixa superfície que la primera, però girada 90°, és a dir, la x i la y de la peça respecte la màquina estan a la inversa.

A la subfase 1.3, es veu com hi ha una operació de contornejat de desbast i una d'acabat, pel que es podria pensar aplicar una sola operació amb un canvi d'eina i diferents condicions de tall, però no és així, ja que en aquest cas l'estratègia és diferent, en el desbast la fresa treballa frontalment amb diverses passades, mentre que en l'acabat treballa tangencialment amb una única passada.

10.5 Peça 3 - Suport Corretja

Aquesta peça, a diferència de les anteriors, té un procés de fabricació que consta de dues fases, és a dir, passa per dos centres de mecanitzat diferent. La peça es realitza amb operacions de torn i amb operacions en un centre fresa, en ambdós casos les màquines emprades són de control numèric. Només observant el plànol de la peça, que es troba al document plànols, queda clar que la peça necessita d'aquestes dues fases, ja que té una

part de revolució i una altre prismàtica. A la Figura 66 es pot veure una imatge del dibuix en tres dimensions de la peça.

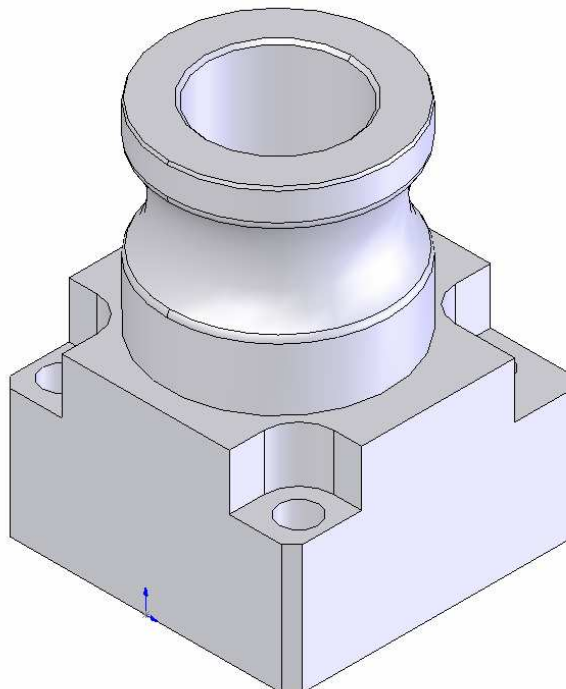


Figura 66. Dibuix en tres dimensions de la peça 3. Solidworks ®

El brut de partida és una barra circular de 65mm de diàmetre i una alçada de 57mm.

A continuació es presenta el full de ruta d'aquesta peça, amb les dues fases esmentades i les diverses subfases a cadascuna:

FASE 1 - TORN CNC							
SUBFASE 1.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/rev)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge Ø16	Desbast	1	0,15	57	1500	Broca
2	Mandrinatge Ø18 - Ø19,5 (L=57)	Desbast	1	0,15	1,5	2500	Eina torn 1
3	Refrentat Ø65 - Ø15 (L=0,9)	Desbast	1	0,35	0,9	2500	Eina torn 1
4	Cilindrat Ø65 - Ø64,5	Desbast	1	0,35	0,5	2500	Eina torn 1

	(L=30)						
5	Refrentat Ø65 - Ø18 (L=0,1)	Acabat	1	0,12	0,1	3000	Eina torn 2
6	Cilindrat Ø65 - Ø64,4 (L=30)	Acabat	1	0,12	0,1	3000	Eina torn 2
7	Mandrinatge Ø19,5 - Ø20 (L=57)	Acabat	1	0,12	0,5	1500	Eina torn 3
8	Ranurat frontal (circular Ø22,65 - Ø27,75)	Acabat	1	0,05	1,5	1500	Eina torn 5
SUBFASE 1.2							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Refrentat Ø65 - Ø5 (L=0,9)	Desbast	1	0,3	0,9	2500	Eina torn 1
2	Cilindrat Ø65 - Ø32 (L=28,5)	Desbast	6	0,3	0,5	2500	Eina torn 1
3	Refrentat Ø65 - Ø32 (L=0,5)	Acabat	1	0,15	0,5	2000	Eina torn 4
4	Cilindrat esfèric concau Ø32 - Ø26,5 (L=14)	Desbast i acabat	7	0,15	5,5	2000	Eina torn 4
5	Refrentat Ø35 - Ø18 (L=0,1)	Acabat	1	0,15	0,1	2000	Eina torn 4
6	Cilindrat esfèric convex R1,5	Acabat	1	0,15	0,2	2000	Eina torn 4
7	Cilindrat cònic 18,5° (L=1,5)	Acabat	1	0,15	0,5	2000	Eina torn 4
8	Cilindrat cònic interior 45° (L=0,5)	Acabat	1	0,2	0,5	2000	Eina torn 2
FASE 2 - FRESA CNC							
SUBFASE 2.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/rev)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Contornejat L=230	Desbast	2	1000	27	6000	Fresa 11
2	Trepatge 4 forats Ø5,5	Desbast	1	1000	30	6000	Broca 6
3	Xamfranat contorn i ranura (L=230)	Acabat	1	2000	4	7000	Avellanador 1
4	Avellanat quatre forats (xamfranat)	Acabat	1	150	4	1500	Avellanador 1
SUBFASE 2.2							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	4 caixeres (L=132)	Desbast	1	500	8	5000	Fresa 10
2	Xamfranat contorn caixeres (L=214)	Acabat	1	2000	4	7000	Avellanador 1
3	Avellanat 4 forats (xamfranat)	Acabat	1	150	4	1500	Avellanador 1

Taula 12. Full de ruta peça 3

Com s'ha comentat i s'observa al full de ruta, aquesta peça necessita d'una fase de torn i una altra de fresa, però a més a més, requereix d'una gran varietat d'operacions de torn, el que ajudarà a validar-ne moltes d'aquestes.

Si s'observa la columna d'eines, en la fase de torn, es pot comprovar que en molts casos l'eina que s'utilitza per a realitzar varies operacions és la mateixa, això suposarà que només hi hagi un temps improductiu per el fet de canviar d'eina en la primera de les operacions que utilitza la mateixa eina, en la resta aquest valor serà nul. Es pot veure al següent apartat de resultats.

Pel que fa a la fase de torn, la primera estacada, si s'observa el plànol en el document de plànols, seria estacant el brut amb un plat de quatre grapes pel costat de la part que acabarà essent de revolució. En la segona subfase, la peça s'estaca pel costat contrari, és a dir amb un plat de quatre grapes, agafant la part que s'ha mecanitzat a la subfase anterior. Alguna operació d'aquesta subfase pot ser que no quedi massa clara; El cilindrat esfèric còncau és el que rebaixa la part central de la zona de revolució, i el convex fa els arrodoniments d'aquesta part. Els cilindrats cònics fan els xamfrans de la part superior de la peça, i de l'interior del forat, es pot veure més clar seguint el plànol.

Pel que fa a la fresa, les estacades segueixen el mateix ordre que amb el torn, primer agafant la part de revolució i seguidament a la inversa. Altra vegada ens trobem amb l'operació de xamfranat, en les dues subfases, desdoblada, mentre que l'empresa de mecanitzats ho considera com una única operació. Pel que es tractarà de la mateixa manera que en els casos anteriors, com un temps únic.

10.6 Peça 4 - Suport Rodament

Aquesta darrera peça d'estudi, té un procés similar a la peça anterior, ja que també consta de dues fases; una primera de torn i una segona de fresat. A diferència de l'anterior aquest suport rodament, tal i com es pot veure al plànol de la peça al document de plànols, és pràcticament una peça de tornejat, en la fase de fresat únicament s'hi fan els dos forats, a una de les cares amb el xamfranat i roscatge pertinents. Les màquines utilitzades són de

control numèric com en els altres casos. A la figura següent es pot veure una imatge del dibuix en tres dimensions de la peça.

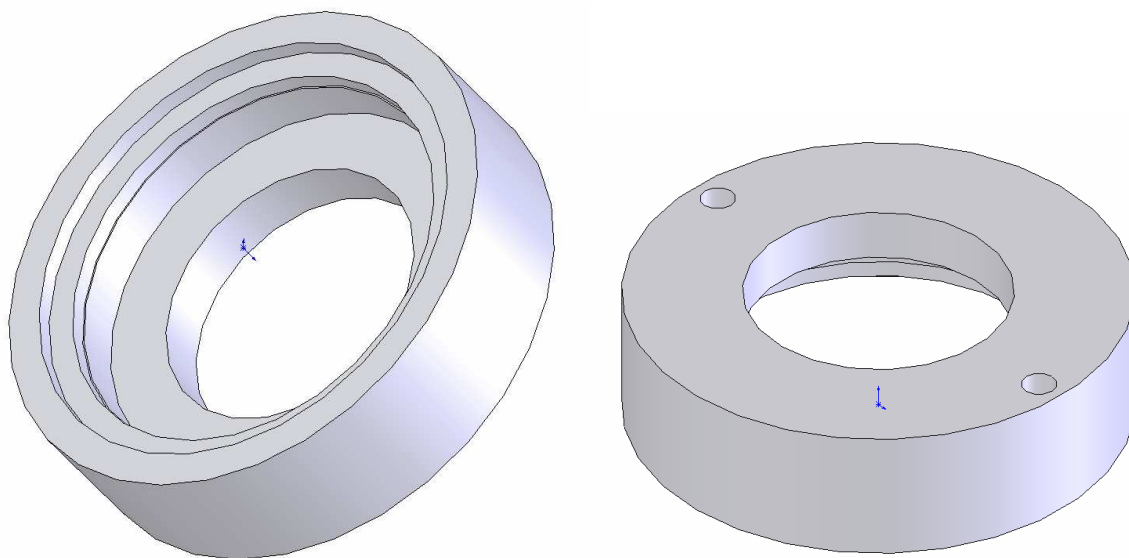


Figura 67. Dibuixos en 3D de la peça 4: Suport rodament. Solidworks®

El brut de partida és una barra circular de 90mm de diàmetre i una alçada de 25mm.

A continuació es presenta el full de ruta d'aquesta peça, amb les dues fases esmentades i les diverses subfases a cadascuna:

FASE 1 - TORN CNC							
SUBFASE 1.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/rev)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge Ø40	Desbast	1	0,15	30	2000	Broca 8
2	Refrentat Ø90 - Ø35	Desbast	1	0,25	0,4	2500	Eina torn 1
3	Cilindrat Ø90 - Ø85,5 (L=15)	Desbast	1	0,25	2,25	2500	Eina torn 1
4	Mandrinatge Ø40 - Ø44,5 (L=15)	Desbast	1	0,25	2,25	2500	Eina torn 2
5	Refrentat Ø90 - Ø35	Acabat	1	0,12	0,1	2500	Eina torn 4
6	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9 (L=14,5)	Acabat	1	0,12	0,3	2500	Eina torn 4
7	Mandrinatge Ø44,5 - Ø45 (L=10)	Acabat	1	0,15	0,25	2500	Eina torn 2

SUBFASE 1.2							
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Refrentat Ø90 - Ø35	Desbast	2	0,25	0,7	2500	Eina torn 1
2	Cilindrat Ø90 - Ø85,5 (L=10)	Desbast	1	0,25	2,25	2500	Eina torn 1
3	Mandrinatge Ø40 - Ø73,9 (L=3)	Desbast	11	0,25	1,5	2500	Eina torn 2
	Mandrinatge Ø40 - Ø65,4 (L=3)	Desbast	9	0,25	1,5	2500	Eina torn 2
	Mandrinatge Ø40 - Ø64,9 (L=8)	Desbast	9	0,25	1,5	2500	Eina torn 2
4	Refrentat Ø90 - Ø70	Acabat	1	0,12	0,1	2500	Eina torn 4
5	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9 (L=10)	Acabat	1	0,12	0,3	2500	Eina torn 4
6	Mandrinatge Ø73,9 - Ø74 (L=3)	Acabat	1	0,1	0,1	2500	Eina torn 2
	Mandrinatge Ø65,4 - Ø65,5 (L=3)	Acabat	1	0,1	0,1	2500	Eina torn 2
	Mandrinatge Ø64,9 - Ø65 (L=8)	Acabat	1	0,1	0,1	2500	Eina torn 2
FASE 2 - FRESA CNC							
SUBFASE 2.1							
Nº	Operació	Tipus	Nº de pasades	Avanç (mm/rev)	Profunditat (mm)	N (rpm)	Eina
0	Estacar brut	-	-	-	-	-	Estacar
1	Trepatge 2 forats Ø5	Desbast	1	1200	10	7000	Broca 9
2	Xamfranat	Acabat	1	2000	3	400	Avellanador 1
3	Roscatge 2 forats M6	Acabat	1	150	8	1000	Roscadors 3

Taula 13. Full de ruta de la peça 4.

Aquesta peça, com s'ha comentat, es tracta d'una peça de revolució, pel que es treballa principalment al torn, i és en aquest on s'estaca la primera fase amb un plat de grapes per una de les cares. En la primera subfase es mecanitza l'exterior i interior de la cara amb el forat de diàmetre menor, amb unes operacions de desbast i aquestes mateixes amb altres eines d'acabat. En la segona subfase, es gira la peça i es torna a estacar amb un plat de grapes per la meitat, realitzant un procés similar a la primera subfase, es realitzen les operacions de desbast exterior i interior i després les d'acabat. En aquest cas les operacions interiors de mandrinatge treballen amb tres diàmetres, tot i això es contabilitzarà com una única operació, encara que el programa ho hagi de calcular separatament (es sumaran els tres temps). Finalment hi ha una altra fase, en què la peça s'estaca en una fresa per tal de fer-hi els dos forats a una de les cares. Aquests forats es xamfranen i es rosquen, seguint amb les especificacions marcades pel client.

Com s'observa a la taula, es disposa de tretze operacions de tornejat i només 3 de fresat. Aquesta peça s'ha treballat amb la idea de tenir una altra font de valors en les operacions de torn, ja que fins ara només es disposava de la peça tres, els valors que s'obtinguin en les operacions de fresat també es tindran en consideració, tot i que la idea és poder treballar amb un major ventall d'operacions de tornejat, sobretot en peces diferents per tal de contrastar resultats, tal i com es pot observar al capítol següent.

11 RESULTATS

A continuació es mostren els resultats de temps i costos obtinguts, en cadascuna de les peces implementades al programa. Es comparen doncs amb la informació proporcionada per l'empresa per tal de comprovar la fiabilitat del PAPOM i a la vegada intentar determinar una relació entre el que s'ha obtingut virtualment i el que se n'extreu de la realitat del taller.

Es compara l'error relatiu entre la mesura exacte (Empresa) i el resultat que proporciona el PAPOM. D'aquests se n'extreu una constant de proporcionalitat per a cada operació.

De cadascuna de les peces es presentarà una taula amb els temps de tall de l'empresa i els temps de tall obtinguts del PAPOM. Es considera que els temps de preparació i els temps improductius són els mateixos per ambdós *mètodes*;

Com s'ha comentat en apartats anteriors, el temps de preparació és un paràmetre empíric, que s'obté a base de l'experiència. El PAPOM, inclou aquest com un camp que ha d'omplir el mateix operari, pel que en aquest cas, el que s'ha fet és introduir el temps de preparació, per estacar cada peça en cadascuna de les fases i subfases, proporcionat per l'enginyer de l'empresa.

Pel que fa al temps improductiu, el PAPOM, en principi, només contempla el càlcul del temps improductiu entre passades, és a dir el temps, que triga l'eina en desplaçar-se des del final d'una passada fins al inici d'una altra, sense mecanitzar, és clar. Aquest temps, però, s'ha considerat zero, ja que en màquines de control numèric perd sentit, tenint en compte que les velocitats de retrocés del capçal poden arribar a 40.000 mm/min. i per tant representa una part ínfima del temps total.

El que sí que contempla l'empresa d'estudi, és un temps anomenat *chip to chip* (ferritja a ferritja), que correspon al temps que triga la màquina a canviar una eina entre operació i operació des del moment que la primera eina deixa de tocar la peça fins que la nova eina torna a tocar aquesta. Aquest valor de temps improductiu *chip to chip*, s'ha introduït manualment al PAPOM, en cadascuna de les operacions.

Per aquests motius, alhora de comparar resultats no s'han tingut en compte ni els temps de preparació ni els temps improductius.

11.1 Peça 1 - Suport Barra

A continuació es presenta la taula amb els temps d'operació necessaris per a la fabricació de la peça suport barra, amb els temps de tall diferenciats entre l'empresa i el PAPOM:

SUBFASE 1.1					
Nº	OPERACIÓ	Temps preparació (s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Ranuratge central	-	1,5	52	63,5
2	Trepatge Ø8,5 dos forats	-	1,5	6	5,5
3	Contornejat frontal i desbast forats	-	1,5	77	80,5
4	Xamfranat (frontal, forats i parets ranura)	-	1,5	24	33,6
5	Avellanat dos forats (Xamfranat)			9,6	
6	Roscatge dos forats	-	1,5	4,8	10,5
7	Contornejat acabat (forats i parets ranura)	-	1,5	24	34,5
Temps Total Subfase		3600	9	197,2	233
SUBFASE 1.2					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Trepatge Ø9	-	1,5	4,5	6,5
2	Xamfranat forat	-	1,5	1,2	0,5
Temps Total Subfase		1800	3	5,8	7
SUBFASE 1.3					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Trepatge Ø6,75	-	1,5	3,9	6,5
2	Xamfranat forat	-	1,5	1,2	2,5
3	Roscatge M8	-	1,5	3,5	7,5
Temps Total Subfase		1800	4,5	8,6	16,5
Temps Total Fase (Peça)		7200	16,5	211,6	256,5

Taula 14. Resultats peça 1.

Observant la taula anterior, sembla clar que el PAPOM obté uns temps inferiors als que comptabilitza Mecanitzats Privat S.L. Tot i això hi ha operacions que difereixen més que d'altres i depenent d'aquestes els temps de les subfases es distancien més o menys. A continuació es presenten dos gràfics; el primer és un gràfic lineal que recull el temps acumulat, i el segon presenta la comparativa entre els temps parcial de cada operació del programa amb els proporcionats per l'empresa.

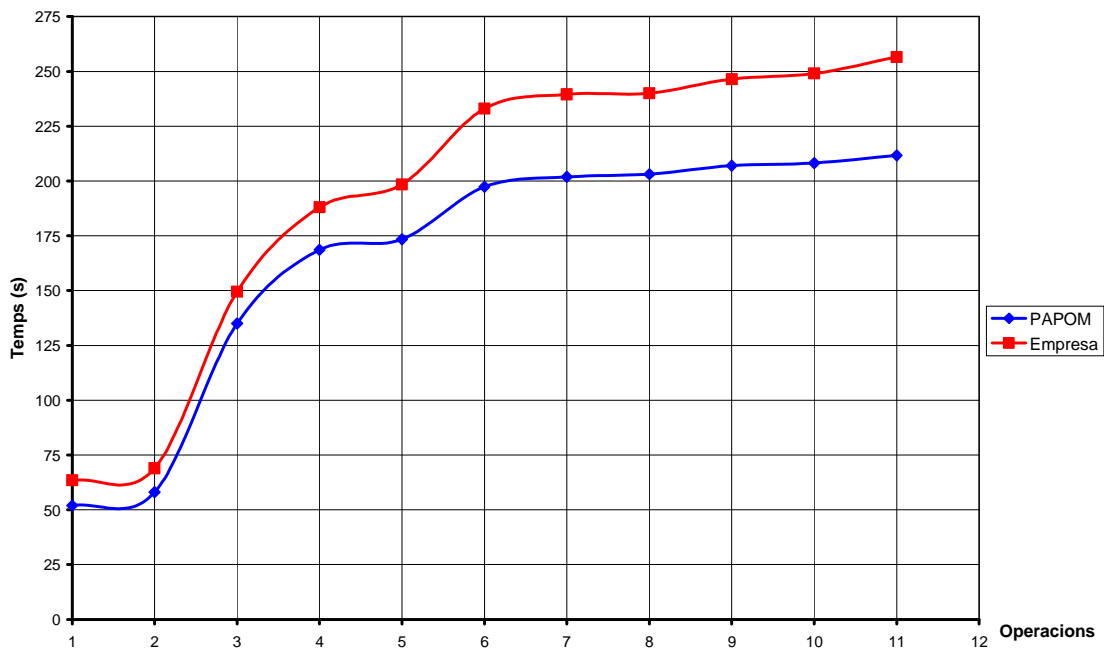


Figura 68. Gràfic de temps acumulat de la peça 1.

A la vista del gràfic anterior, no sembla que hi hagi una operació que aportï una diferència molt més gran que les demés, en general el creixement de la diferència de temps sembla força constant potser la operació 6 que correspon al contornejat de desbast fa un petit salt però no queda clar.

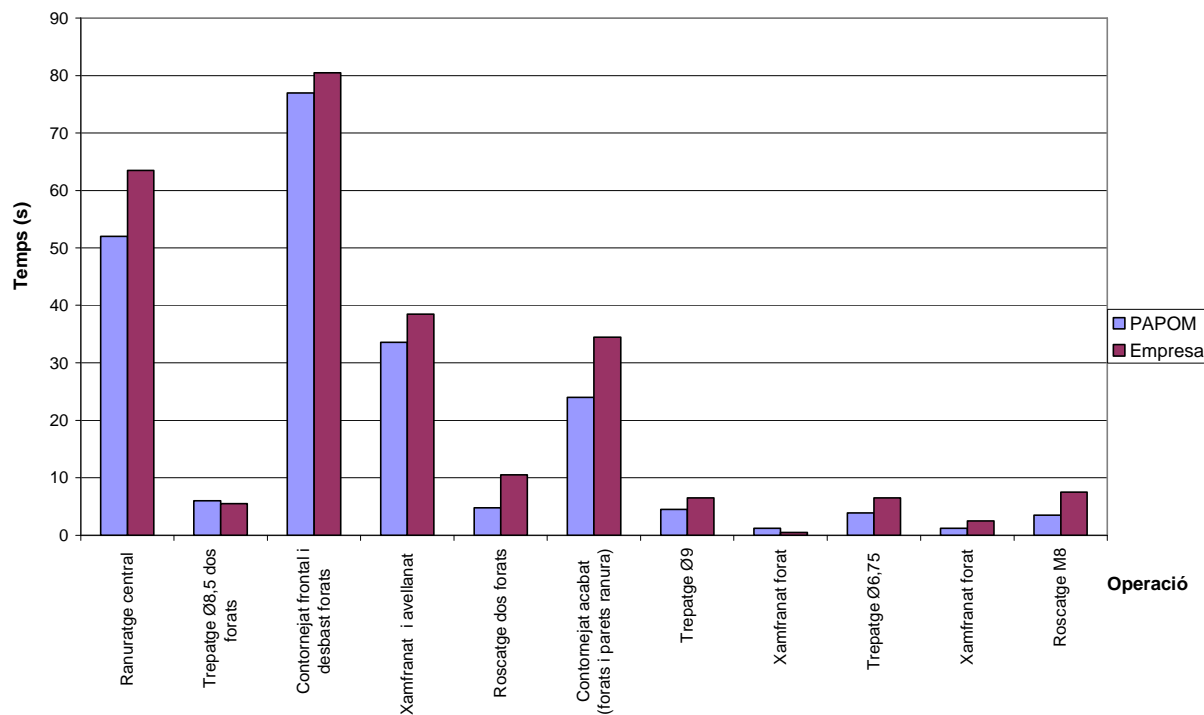


Figura 69. Gràfic dels temps parcials de les operacions, peça 1

En aquest gràfic queda més clar quines són les operacions que fan que la diferència entre els temps de l'empresa i del PAPOM siguin majors, principalment el ranuratge i el contornejat d'acabat són els que semblen afectar més al total.

A continuació es presenta una taula amb els errors relatius de cadascuna de les operacions en %. S'ha considerat que valors per sota del 20% són acceptables, pel que aquests apareixen en verd, els que tenen un error relatiu per sobre es troben en vermell.

A la darrera columna de la taula s'ha calculat la constant de proporcionalitat, aquesta apareix en blau si correspon a operacions que s'assimilen a un planejat, i en groc les que s'assimilen al trepatge, la que apareix en verd és perquè està formada per una combinació d'ambdues tipologies.

Nº	Operació	δ (s)	Error relatiu (%)	k
1	Ranuratge	11,5	18,11	1,221
2	Trepatge Ø8,5	0,5	9,09	0,917
3	Contornejat Desbast	3,5	4,35	1,045
4	Xamfranat	4,9	12,73	1,146
5	Roscatge	5,7	54,29	2,188
6	Contornejat Acabat	10,5	30,43	1,438
7	Trepatge Ø9	2	30,77	1,444
8	Xamfranat	0,7	140	0,417
9	Trepatge Ø6,75	2,6	40	1,667
10	Xamfranat	1,3	52	2,083
11	Roscatge	4	53,33	2,143

Taula 15. Error relatiu i constant de proporcionalitat, peça 1.

Les operacions amb un error relatiu corresponen als roscatges (5 i 11) i al xamfranat (10) que tenen un error superior al 50%. L'altre xamfranat (8) amb un error relatiu del 140% és un cas especial, ja que el temps de mecanitzat és molt baix i en termes de segons això fa que l'error es torni desmesurat. Pel que fa a les constants de proporcionalitat es mouen generalment entre un 1 i un 2,2 el que podria intuir una proporcionalitat d'1,6 genèrica per tal d'ajustar els temps del PAPOM amb els de l'empresa. A continuació es presenta l'error relatiu total, i la constant de proporcionalitat agrupant les operacions per similitud i una mitjana d'aquestes. La constant de l'operació 4 només s'ha tingut en compte en el càlcul de la k total, mentre que la operació de xamfranat (7), no s'ha considerat en cap dels casos calculats.

Error relatiu total (%)	k total	k ₁	k ₂
17,47	1,529	1,235	1,740

Taula 16. Error relatiu total i constants de proporcionalitat, peça 1.

Tot i els alts errors relatius obtinguts a la majoria d'operacions, l'error relatiu del temps total per a la fabricació de la peça, està per sota del 20%, pel que millorant els percentatges de les operacions, segurament s'aconseguirà ajustar molt més l'error total. Pel que fa a la constant de proporcionalitat, la mitjana de totes les operacions resulta ser de 1,428 sent una mica inferior al que semblava a primera vista. El que és clar és que les operacions similars al trepatge, generalment, difereixen més, és a dir, la seva constant és més gran, que les

operacions que s'assimilen a un planejat. En projectes anteriors aquest fet ja s'havia observat.

Si s'aplica la constant de proporcionalitat total als temps obtinguts del PAPOM de totes les operacions, s'obté la següent taula:

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Ranuratge	79,5	63,5	16,0	25,2
2	Trepatge Ø8,5	9,2	5,5	3,7	66,8
3	Contornejat Desbast	117,7	80,5	37,2	46,3
4	Xamfranat	51,4	38,5	12,9	33,4
5	Roscatge	7,3	10,5	3,2	30,1
6	Contornejat Acabat	36,7	34,5	2,2	6,4
7	Trepatge Ø9	6,9	6,5	0,4	5,9
8	Xamfranat	1,8	0,5	1,3	267,0
9	Trepatge Ø6,75	6,0	6,5	0,5	8,3
10	Xamfranat	1,8	2,5	0,7	26,6
11	Roscatge	5,4	7,5	2,1	28,6
Error relatiu total (%)					26,19

Taula 17. Error relatiu operacions amb constant de proporcionalitat total aplicada.

Com s'observa a la taula anterior, el resultat no és millor, al contrari és força pitjor, s'ha passat de tenir quatre operacions per sota del 20% d'error relatiu a tenir-ne només tres, a més a més aquestes operacions són de menys pes (duren menys temps) que les del cas anterior, pel que la diferència entre els temps del programa i els proporcionats per l'empresa es fa més gran en aquest cas fins el punt de portar l'error relatiu total al 26,2%.

A continuació es multipliquen els temps de les operacions per la constant de proporcionalitat corresponent a cada tipologia, és a dir, a les que s'assimilen al trepatge es multiplicaran per k_2 i les operacions que s'assimilen a un planejat es multiplicaran per k_1 .

Nº	Operació	k_i *Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Ranuratge	64,22	63,5	0,7	1,1
2	Trepatge Ø8,5	10,44	5,5	4,9	89,8
3	Contornejat Desbast	95,095	80,5	14,6	18,1
4	Xamfranat	41,496	38,5	3,0	7,8
5	Roscatge	8,352	10,5	2,1	20,5
6	Contornejat Acabat	29,64	34,5	4,9	14,1
7	Trepatge Ø9	7,83	6,5	1,3	20,5
8	Xamfranat	1,482	0,5	1,0	196,4
9	Trepatge Ø6,75	6,786	6,5	0,3	4,4
10	Xamfranat	2,088	2,5	0,4	16,5
11	Roscatge	6,09	7,5	1,4	18,8
Error relatiu total (%)					6,63

Taula 18. Error relatiu amb constants de proporcionalitat de tipologies aplicades.

En aquest cas s'experimenta una millora notable, s'ha passat a tenir només tres operacions per sobre d'un error relatiu més gran del 20% i amb excepció del trepatge (2) que té un 89% els altres només tenen un 20,5% pel que gairebé totes les operacions de la peça serien vàlides. El que és més important és que les operacions amb més càrrega de temps, com són el ranuratge (1), els contornejats (3 i 5) i el xamfranat (4), es troben dins del rang d'acceptació, el que permet que els temps s'ajustin molt més que amb els resultats obtinguts directament del programa, l'error relatiu total s'ha reduït fins al 6,63%, pel que en aquest aspecte fa que els resultats siguin molt més acceptables.

Si repetim el gràfic amb els temps acumulats, però per al cas de la Taula 18, s'obté el següent:

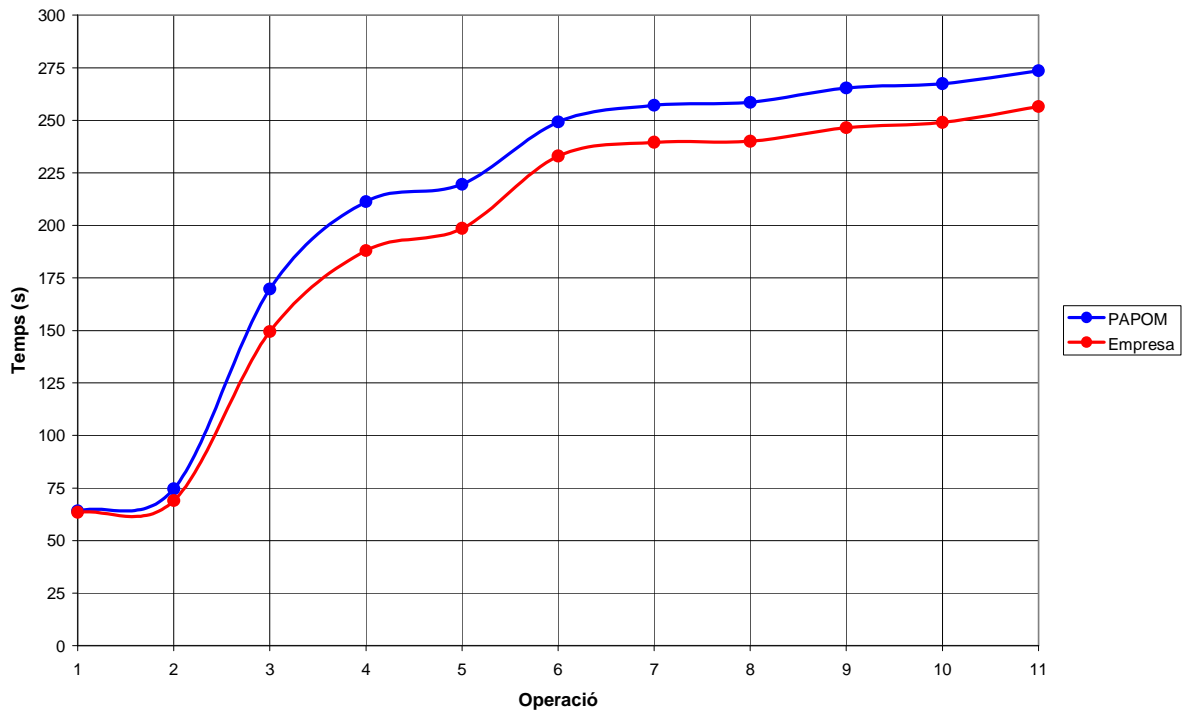


Figura 70. Gràfic de temps acumulats amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades, peça 1.

Comparant aquest gràfic amb el de la Figura 61, es veu una clara reducció de les diferències entre els temps obtinguts amb el PAPOM, i amb els proporcionats per Mecanitzats Privat, S.L. En aquest cas, a diferència del que s'obté directament del programa, després de multiplicar els temps de les operacions per les constants k_1 i k_2 , depenent de la tipologia d'operació a la qual s'assimilen, la corba dels temps del PAPOM, acumula més temps que la de l'empresa cosa que també s'ha de tenir en compte un cop s'utilitzin les constants.

En aquest cas, doncs, a la vista dels resultats obtinguts i dels anàlisis realitzats per mitjà de taules i gràfics, el fet d'utilitzar unes constants de proporcionalitat per tipologies dóna un bon resultat reduint els errors relatius en moltes de les operacions i en general el del global de fabricació de la peça. En canvi aplicar una constant única suposa un empitjorament en tots els sentits. En els anàlisis de les següents peces es veurà si la tendència es manté o aquesta peça és un cas aïllat pel que se n'haurien d'analitzar els motius.

11.2 Peça 2 - Suport Rodillo

La peça mecanitzada per Mecanitzats Privat, S.L., presenta l'aspecte de la figura següent:

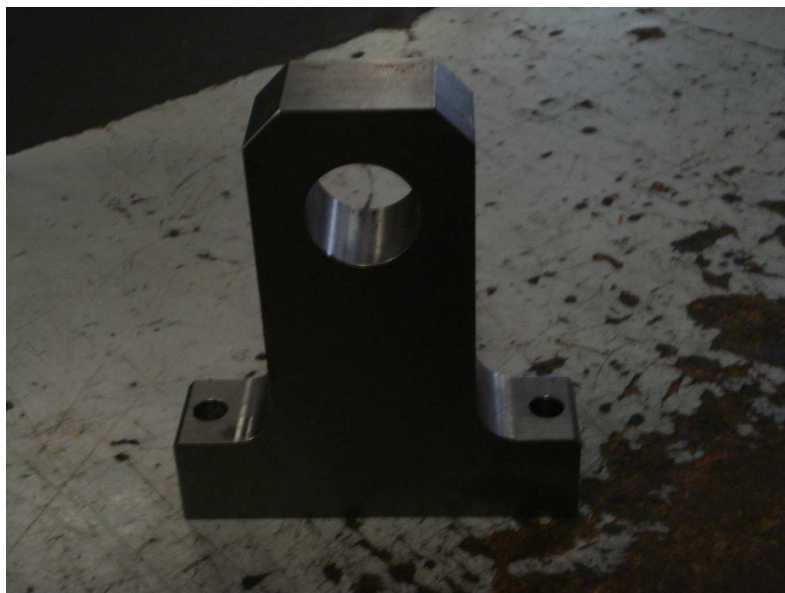


Figura 71. Imatge de la peça 2; suport rodillo, acabada.

A continuació es presenta la taula amb els temps d'operació necessaris per a la fabricació de la peça 2; suport rodillo, amb els temps de tall diferenciats entre l'empresa i el PAPOM:

SUBFASE 1.1					
Nº	OPERACIÓ	Temps preparació(s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Trepatge Ø26	-	10	21,8	25
2	Mandrinatge Ø26-Ø30	-	10	28,8	29
3	Contornejat frontal	-	10	50	50
4	Xamfranat forat	-	10	18	24
Temps Total Subfase		3600	40	118,6	128
SUBFASE 1.2					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Planejat	-	10	26,9	30
2	Trepatge dos forats Ø9	-	10	7,2	19
3	Trepatge dos forats Ø9,8	-	10	15,5	31

4	Avellanat dos forats (xamfranat)	-	10	1,8	27	33
5	Xamfranat contorn	-		25,2		
6	Mandrinatge Ø9,8 -Ø10	-	10	147		167
Temps Total Subfase		1800	50	223,6		280
SUBFASE 1.3						
0	Estacar brut	1800	-	-		-
1	Contornejat desbast	-	10	86,2		95
2	Contornejat Acabat	-	10	60		58
3	Xamfranat contorn	-	10	29		23
Temps Total Subfase		1800	30	175,2		176
Temps Total Fase (Peça)		7200	120	517,4		584

Taula 19. Resultats peça 2.

Com en el cas de la peça 1, és evident que els temps que proporciona el PAPOM, són en tots els casos, amb l'excepció del xamfranat de la tercera subfase, inferiors als que es tenen de Mecanitzats Privat. A continuació es presenten dos gràfics representatius dels resultats obtinguts; com en el cas de la peça anterior, el primer és un gràfic lineal que recull el temps acumulat, i el segon presenta la comparativa entre els temps parcial de cada operació del programa amb els proporcionats per l'empresa.

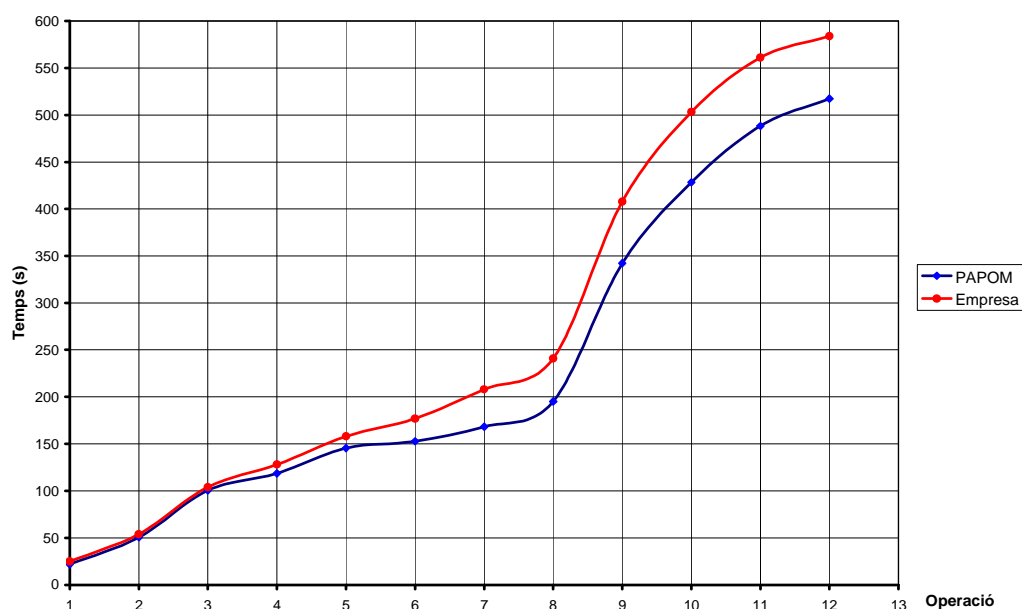


Figura 72. Gràfic de temps acumulat, peça 2

En aquest cas, al contrari del que succeïa a la peça 1, els temps comencen molt similars, i no és fins a la sisena operació que hi ha un canvi important. A partir d'aquí la diferència va augmentant, en alguns punts més que d'altres, però observant en temps total, es té una diferència important entre els dos temps.

Amb el gràfic de la figura següent es pot determinar quines són les operacions que fan augmentar aquesta distància entre els temps acumulats del programa i els reals de l'empresa.

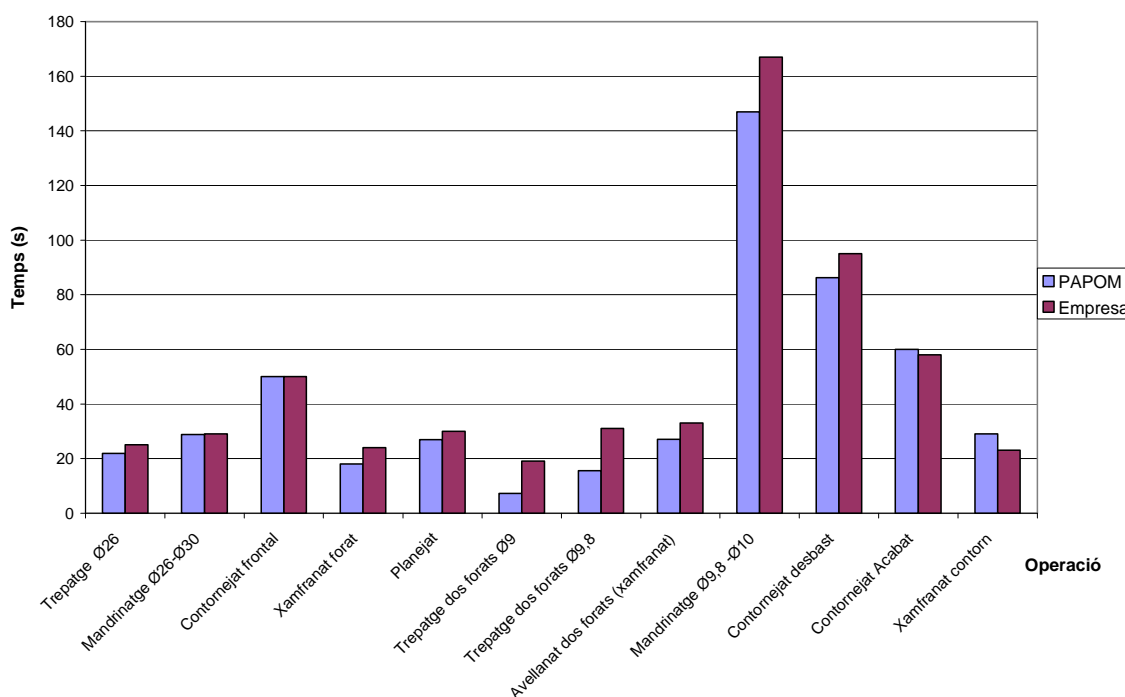


Figura 73. Gràfic de comparació de temps parcial de cada operació, peça 2.

Confirmant el que s'observava al primer gràfic de la Figura 72, les primeres operacions són bastant similars, i no és fins a la sisena en que hi ha una operació amb temps força diferents, destaquen, sobretot, els trepatges (6 i 7) i el mandrinatge (9) com a operacions amb uns temps del programa més allunyats dels de l'empresa.

Seguidament presenta la taula amb els errors relatius de cadascuna de les operacions en % i amb les constants de proporcionalitat. Es manté el mateix sistema de colors, els errors relatius es mostren en verd o en vermell depenen si es troben per sota o per sobre del 20%

mentre que les constants apareixen en blau si correspon a operacions que s'assimilen a un planejat, i en groc si s'assimilen al trepatge, la que apareix en verd és perquè està formada per una combinació d'ambdues tipologies.

Nº	Operació	$\bar{\delta}$ (s)	Error relatiu (%)	k
1	Trepatge Ø26	3,2	12,80	1,147
2	Mandrinatge Ø26-Ø30	0,2	0,69	1,007
3	Contornejat frontal	0	0,00	1,000
4	Xamfranat forat	6	25,00	1,333
5	Planejat	3,1	10,33	1,115
6	Trepatge 2 forats Ø9	11,8	62,11	2,639
7	Trepatge 2 forats Ø9,8	15,5	50,00	2,000
8	Xamfranat	6	18,18	1,222
9	Mandrinatge Ø9,8-Ø10	20	11,98	1,136
10	Contornejat desbast	8,8	9,26	1,102
11	Contornejat Acabat	2	3,45	0,967
12	Xamfranat contorn	6	26,09	0,793

Taula 20. Error relatiu i constant de proporcionalitat de les operacions, peça 2.

En aquest cas, els resultats obtinguts del PAPOM, a la vista dels errors relatius, són molt bons, sobretot comparant-ho amb els de la peça anterior. En aquest cas de les dotze operacions només un 25% es troben per sobre del límit marcat, a més a més deixant de banda els trepatges, la resta no supera el 26% i de les operacions per sota del límit del 20% en general tenen un error força baix. Aquests valors doncs confirmen el que es podia observar als dos gràfics anteriors. Pel que fa a les constants, s'observa força diferència entre les operacions que s'assimilen al trepatge (color groc) que, havent-n'hi només tres, variant molt, i les operacions que s'assimilen al planejat (color blau) que estan entre els 0,8 i els 1,3. Per aquest motiu sembla poc probable que una constant general sigui positiva. A continuació es mostra la taula amb les mitjanes de l'error i les tres constants de proporcionalitat.

Error relatiu total (%)	k total	k ₁	k ₂
11,40	1,288	1,057	1,929

Taula 21. Error relatiu total i constants de proporcionalitat, peça 2.

Com s'apuntava al gràfic de la Figura 72, i sobretot veient els valors dels errors relatius de les operacions de la Taula 20, l'error relatiu es troba per sota del 20%, amb un valor bastant bo essent directament el que s'ha obtingut del PAPOM. Cal tenir en compte que el temps de

mecanitzat d'aquesta peça és molt més gran, pel que l'error es pot fer més petit amb una diferència major, encara que també es podrien donar més diferències. Pel que fa a les constants, complint amb el que s'esperava, són molt diferents pel que sembla clar que k_1 i k_2 seran molt més útils que la k total.

A la taula següent es multiplica els resultats de temps del PAPOM per la constant de proporcional total, és a dir la mitjana de les constants de totes les operacions per fabricar aquesta peça 2.

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø26	28,1	25	3,1	12,3
2	Mandrinatge Ø26-Ø30	37,1	29	8,1	27,9
3	Contornejat frontal	64,4	50	14,4	28,8
4	Xamfranat forat	23,2	24	0,8	3,4
5	Planejat	34,6	30	4,6	15,5
6	Trepatge 2 forats Ø9	9,3	19	9,7	51,2
7	Trepatge 2 forats Ø9,8	19,9	31	11,1	35,6
8	Xamfranat	34,8	33	1,8	5,4
9	Mandrinatge Ø9,8-Ø10	189	167	22	13,4
10	Contornejat desbast	111	95	16	16,9
11	Contornejat Acabat	77,3	58	19,3	33,2
12	Xamfranat contorn	37,3	23	14,3	62,4
Error relatiu total (%)					14,11

Taula 22. Error relatiu amb la constant de proporcionalitat aplicada, peça2.

Com s'esperava, multiplicar per una k total no resulta positiu, la majoria d'operacions empitjoren, i l'error relatiu total, tot i mantenir-se força per sota del 20%, ha augmentat respecte els resultats inicials. A continuació es presenta la taula amb els temps inicials multiplicats per k_1 i k_2 depenent de quina operació s'associa a un trepatge o a un planejat.

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø26	42,1	25	17,1	68,2
2	Mandrinatge Ø26-Ø30	30,4	29	1,4	5,0
3	Contornejat frontal	52,9	50	2,8	5,7
4	Xamfranat forat	19,0	24	5,0	20,7
5	Planejat	28,4	30	1,6	5,2
6	Trepatge 2 forats Ø9	13,9	19	5,1	26,9
7	Trepatge 2 forats Ø9,8	29,9	31	1,1	3,6
8	Xamfranat	34,8	33	1,8	5,4
9	Mandrinatge Ø9,8 -Ø10	155,4	167	11,6	7,0
10	Contornejat desbast	91,1	95	3,9	4,1
11	Contornejat Acabat	63,4	58	5,4	9,3
12	Xamfranat contorn	30,7	23	7,7	33,3
Error relatiu total (%)					1,36

Taula 23. Error relatiu amb les constants de proporcionalitat per tipologies, peça2.

En aquest cas el resultat és força positiu, tot i que alguna operació que en un principi tenia un error relatiu molt reduït l'ha vist augmentar considerablement, la majoria d'operacions han reduït el seu i sobretot operacions amb una forta càrrega en el temps total. Aquest error relatiu total s'ha vist molt reduït fins a l'extrem que entre el temps del PAPOM i el de Mecanitzats privat només divergeixen en 7 segons per un total de gairebé 10 minuts. El gràfic següent mostra els temps acumulats per aquesta darrera taula.

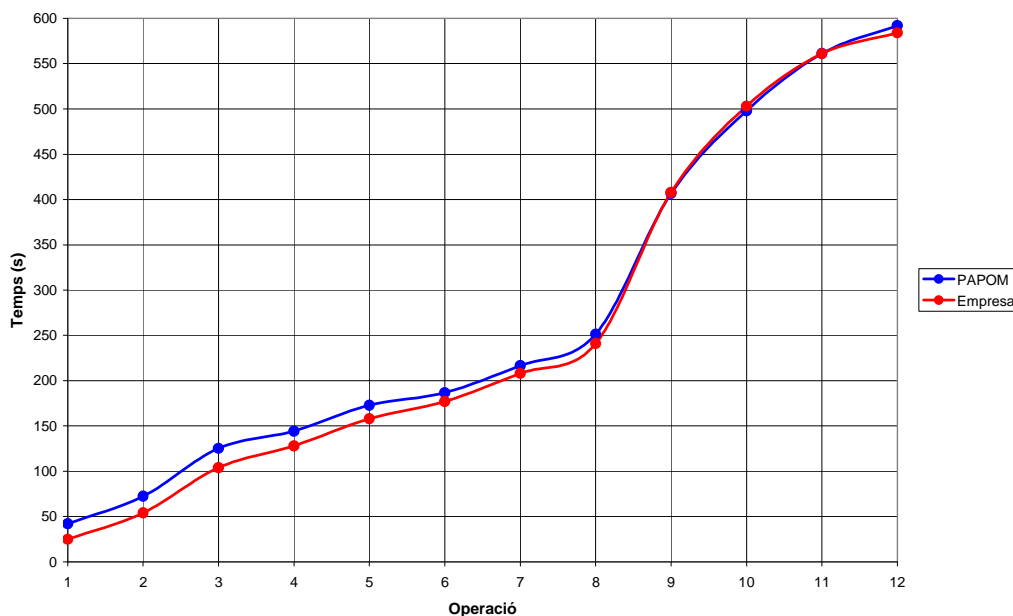


Figura 74. Gràfic de temps acumulats, amb la constant de proporcionalitat aplicada, peça 2.

El gràfic confirma el que s'observava a la taula anterior, les primeres operacions han empitjorat considerablement, però en el punt central on abans es produïa la diferència és on els temps s'ajusten, fins que al final pràcticament són els mateixos els del programa i els de l'empresa.

Altra vegada el fet d'utilitzar les constants de proporcionalitat depenent de la tipologia d'operació ha donat bon resultat, per contra fer ús d'una sola constant no sembla una bona idea.

11.3 Peça 3 - Suport Corretja

Aquesta peça un cop mecanitzada per l'empresa de Mecanitzats Privat, S.L., presenta l'aspecte que es pot observar a les imatges de la figura següent:



Figura 75. Imatges de la peça 3 mecanitzada i acabada.

A continuació es presenta la taula amb els temps d'operació necessaris per a la fabricació de la peça 3, amb els temps de tall diferenciats entre l'empresa i el PAPOM:

FASE 1 – TORN CNC					
SUBFASE 1.1					
Nº	OPERACIÓ	Temps preparació (s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Trepatge Ø18	-	1	33	38
2	Mandrinatge Ø18 - Ø19,5	-	1	10,8	12
3	Refrentat Ø65 - Ø15	-	1	1,8	3
4	Cilindrat	-	-	2	3
5	Refrentat Ø65 - Ø18	-	1	4,3	5
6	Cilindrat	-	-	7	8
7	Mandrinatge Ø19,5 - Ø20	-	1	19,8	23
8	Ranurat frontal circular	-	1	9	11
Temps Total Subfase		3600	5	54,7	60
SUBFASE 1.2					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Refrentat Ø65 - Ø5	-	1	2,5	3
2	Cilindrat Ø65 - Ø32	-	-	16,8	18
3	Refrentat Ø65 - Ø32	-	1	3,6	4
4	Cilindrat esfèric concav Ø32 - Ø26,5	-	-	9	11,5
5	Refrentat Ø35 - Ø18	-	-	2,4	3,5
6	Cilindrat esfèric convex R1,5	-	-	2	3
7	Cilindrat cònic 18,5° L=1,5	-	-	2	3
8	Cilindrat cònic 45° L=0,5	-	1	2	4
Temps Total Subfase		1800	3	40,3	50
Temps Total Fase		5400	8	95	110
FASE 2 – FRESA CNC					
SUBFASE 1.1					
Nº	OPERACIÓ	Temps preparació (s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Contornejat L=230	-	10	31,4	40
2	Trepatge 4 forats Ø5,5	-	10	12	18
3	Xamfranat contorn (L=230)	-	10	7,2	8,5
4	Avellanat quatre forats (xamfranat)	-	-	6	11,5
Temps Total Subfase		3600	30	56,6	88
SUBFASE 1.2					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Quatre caixeres (L=132)	-	10	18	20

2	Xamfranat contorn caixeres (L=214)	-	10	7,2	10
3	Avellanat quatre forats (xamfranat)	-	-	6	11
Temps Total Subfase		1800	20	31,2	41
Temps Total Fase		5400	50	87,8	129
Temps Total Peça		10800	58	182,5	239

Taula 24. Resultats de la peça 3.

Altra vegada, els temps del PAPOM, són inferiors que els de l'empresa, però sembla que s'ajusten força. Pel que fa a les operacions de torn, que fins ara no s'havien utilitzat, semblen bastant ajustades, el que seria simptomàtic del bon treball fet en projectes anteriors molt focalitzats en aquestes operacions.

A continuació es mostren els gràfics de temps acumulats i el de comparació de les operacions entre els dos temps dels que es disposa.

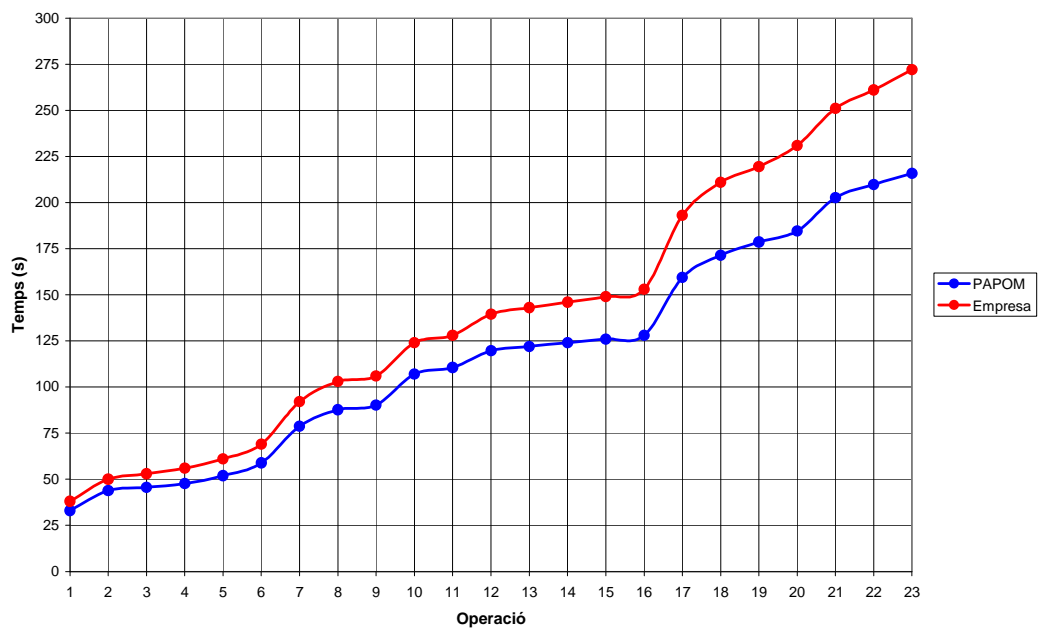


Figura 76. Gràfic de temps acumulats, peça 3.

En aquest cas, les diferències entre una i altra corba es fan sobretot majors a partir de l'operació 16, en què s'inicia la fase de fresat, pel que en general tot i veure's algunes diferències, les operacions de torn es troben bastant ajustades, pel que segurament

resultarà més fàcil determinar una constant que ajusti els temps molt millor. En les darreres operacions les diferències s'accentuen força.

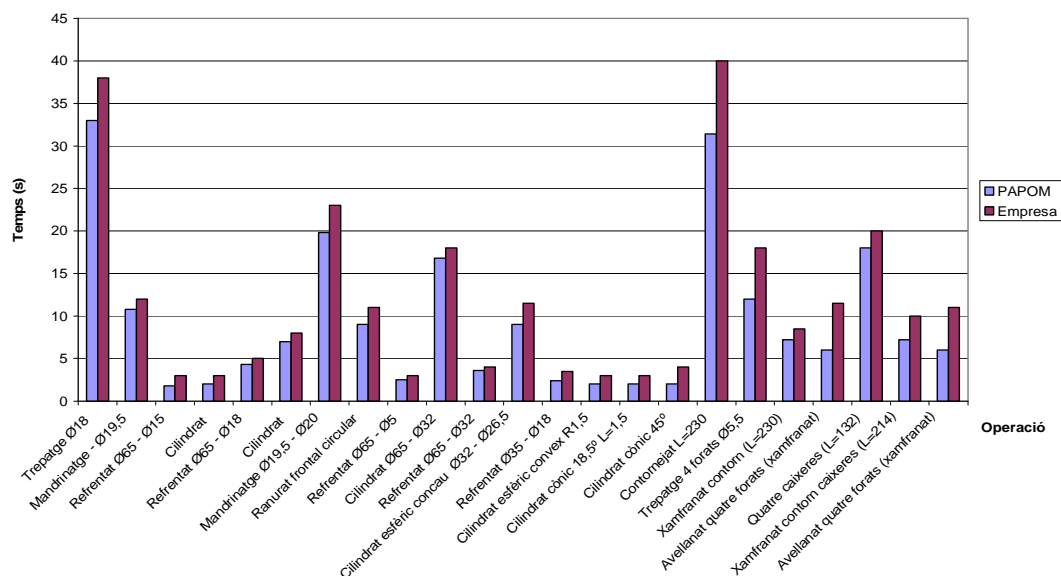


Figura 77. Gràfic de comparació de temps d'operacions, peça 3.

Sembla veient el gràfic, que en totes les operacions hi ha un desajust important, en general però les operacions de fresat, tal i com s'ha comentat, presenten una major diferència que les de tornejat. A continuació es presenta la taula amb els errors relatius i les constants de proporcionalitat per a cada operació.

Nº	Operació	δ (s)	Error relatiu (%)	K
1	Trepatge Ø18	5	13,2	1,152
2	Mandrinatge Ø18 - Ø19,5	1,2	10,0	1,111
3	Refrentat Ø65 - Ø15	1,2	40,0	1,667
4	Cilindrat	1	33,3	1,500
5	Refrentat Ø65 - Ø18	0,7	14,0	1,163
6	Cilindrat	1	12,5	1,143
7	Mandrinatge Ø19,5 - Ø20	3,2	13,9	1,162
8	Ranurat frontal circular	2	18,2	1,222
9	Refrentat Ø65 - Ø5	0,5	16,7	1,200
10	Cilindrat Ø65 - Ø32	1,2	6,7	1,071
11	Refrentat Ø65 - Ø32	0,4	10,0	1,111
12	Cilindrat esfèric Ø32 - Ø26,5	2,5	21,7	1,278
13	Refrentat Ø35 - Ø18	1,1	31,4	1,458
14	Cilindrat esfèric convex	1	33,3	1,500
15	Cilindrat cònic 18,5°	1	33,3	1,500

16	Cilindrat cònic 45°	2	50,0	2,000
17	Contornejat	8,6	21,5	1,274
18	Trepatge 4 forats Ø5,5	6	33,3	1,500
19	Xamfranat contorn	1,3	15,3	1,181
20	Avellanat quatre forats	5,5	47,8	1,917
21	4 caixeres	2	10,0	1,111
22	Xamfranat contorn caixeres	2,8	28,0	1,389
23	Avellanat quatre forats	5	45,5	1,833

Taula 25. Error relatiu i constant de proporcionalitat, peça3.

Tot i que observant el full de ruta de la Taula 24 semblava que els temps eren molt similars, al tractar-se d'operacions amb un temps de tall molt reduït, esdevé en errors relatius força elevats. La segona part de torn i el fresat, sobretot resultat bastant errònies. Pel que fa a les constants, les de fresat s'ajusten bastant, agrupant-les per tipologies, mentre que les de torn, amb excepció d'un parell d'operacions la resta es mouen entre l'1 i l'1,5. A continuació es mostra l'error relatiu del temps total de fabricació i les diferents constants de proporcionalitat.

Error relatiu total (%)	k total	k ₀	k ₁	k ₂
20,66	1,367	1,327	1,238	1,750

Taula 26. Error relatiu total i constants de proporcionalitat, total i per tipologies, peça 3.

Confirmant el que es veia als gràfics i a la Taula 25, l'error relatiu es troba per sobre del 20% tot i que lleugerament, pel que s'espera que utilitzant les constants s'estigui dins del límit imposat fàcilment. Pel que fa a les constants, sembla que no divergeixen molt, la de torn, k₀ s'ha presentat de color verd clar. Tot seguit es mostra la taula amb els resultats un cop multiplicats els temps de cada operació per la constant de proporcionalitat total.

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø18	45,1	38	7,1	18,7
2	Mandrinatge Ø18 - Ø19,5	14,8	12	2,8	23,0
3	Refrentat Ø65 - Ø15	2,5	3	0,5	18,0
4	Cilindrat	2,7	3	0,3	8,9
5	Refrentat Ø65 - Ø18	5,9	5	0,9	17,6
6	Cilindrat	9,6	8	1,6	19,6
7	Mandrinatge Ø19,5 - Ø20	27,1	23	4,1	17,7
8	Ranurat frontal circular	12,3	11	1,3	11,8
9	Refrentat Ø65 - Ø5	3,4	3	0,4	13,9
10	Cilindrat Ø65 - Ø32	23,0	18	5,0	27,6

11	Refrentat Ø65 - Ø32	4,9	4	0,9	23,0
12	Cilindrat esfèric Ø32 - Ø26,5	12,3	11,5	0,8	7,0
13	Refrentat Ø35 - Ø18	3,3	3,5	0,2	6,3
14	Cilindrat esfèric convex	2,7	3	0,3	8,9
15	Cilindrat cònic 18,5°	2,7	3	0,3	8,9
16	Cilindrat cònic 45°	2,7	4	1,3	31,7
17	Contornejat	42,9	40	2,9	7,3
18	Trepatge 4 forats Ø5,5	16,4	18	1,6	8,9
19	Xamfranat contorn	9,8	8,5	1,3	15,8
20	Avellanat quatre forats	8,2	11,5	3,3	28,7
21	4 caixeres	24,6	20	4,6	23,0
22	Xamfranat caixeres	9,8	10	0,2	1,6
23	Avellanat quatre forats	8,2	11	2,8	25,4
Error relatiu total (%)					8,46

Taula 27. Error relatiu amb la constant de proporcionalitat total aplicada, peça 3.

El resultat altra vegada és força positiu, s'ha reduït a més de la meitat el nombre d'operacions que es trobaven per sobre del límit, abans n'hi havia 11 i ara només 5. Tot i això alguna operació ha augmentat l'error relatiu mantenint-se per sota del 20%. Denota la millora l'error relatiu total que s'ha reduït fins un 8,5%. I com en els altres casos, es mostra també la taula amb els valors per a uns temps de programa multiplicats per les constants de proporcionalitat agrupades per tipologies. Cal tenir en compte que en aquest cas, a diferència de la resta, hi ha tres constants diferents. Per les operacions de torn, en verd, per les que s'assimilen al trepatge, en groc, i per les que s'assimilen al planejat en blau.

Nº	Operació	k_i *Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø18	43,8	38	5,8	15,2
2	Mandrinatge Ø18 - Ø19,5	14,3	12	2,3	19,4
3	Refrentat Ø65 - Ø15	2,4	3	0,6	20,4
4	Cilindrat	2,7	3	0,3	11,5
5	Refrentat Ø65 - Ø18	5,7	5	0,7	14,1
6	Cilindrat	9,3	8	1,3	16,1
7	Mandrinatge Ø19,5 - Ø20	26,3	23	3,3	14,2
8	Ranurat frontal circular	11,9	11	0,9	8,6
9	Refrentat Ø65 - Ø5	3,3	3	0,3	10,6
10	Cilindrat Ø65 - Ø32	22,3	18	4,3	23,9
11	Refrentat Ø65 - Ø32	4,8	4	0,8	19,4
12	Cilindrat esfèric Ø32 - Ø26,5	11,9	11,5	0,4	3,9
13	Refrentat Ø35 - Ø18	3,2	3,5	0,3	9,0
14	Cilindrat esfèric convex	2,7	3	0,3	11,5
15	Cilindrat cònic 18,5°	2,7	3	0,3	11,5

16	Cilindrat cònic 45°	2,7	4	1,3	33,7
17	Contornejat	38,9	40	1,1	2,8
18	Trepatge 4 forats Ø5,5	14,9	18	3,1	17,5
19	Xamfranat contorn	8,9	8,5	0,4	4,9
20	Avellanat 4 forats	10,5	11,5	1,0	8,7
21	4 caixeres	22,3	20	2,3	11,4
22	Xamfranat contorn caixeres	8,9	10	1,1	10,9
23	Avellanat quatre forats	10,5	11	0,5	4,5
Error relatiu total (%)					4,67

Taula 28. Error relatiu amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades, peça 3.

Altra vegada s'ha seguit millorant respecte els resultats amb un única constant. S'ha passat a tenir només tres operacions amb un error per sobre del 20%, i l'error relatiu total s'ha reduït fins a menys del 5%. A continuació es presenta el gràfic d'acumulació de temps per tal de veure si les corbes s'ajusten molt més que amb els resultats obtinguts directament del programa.

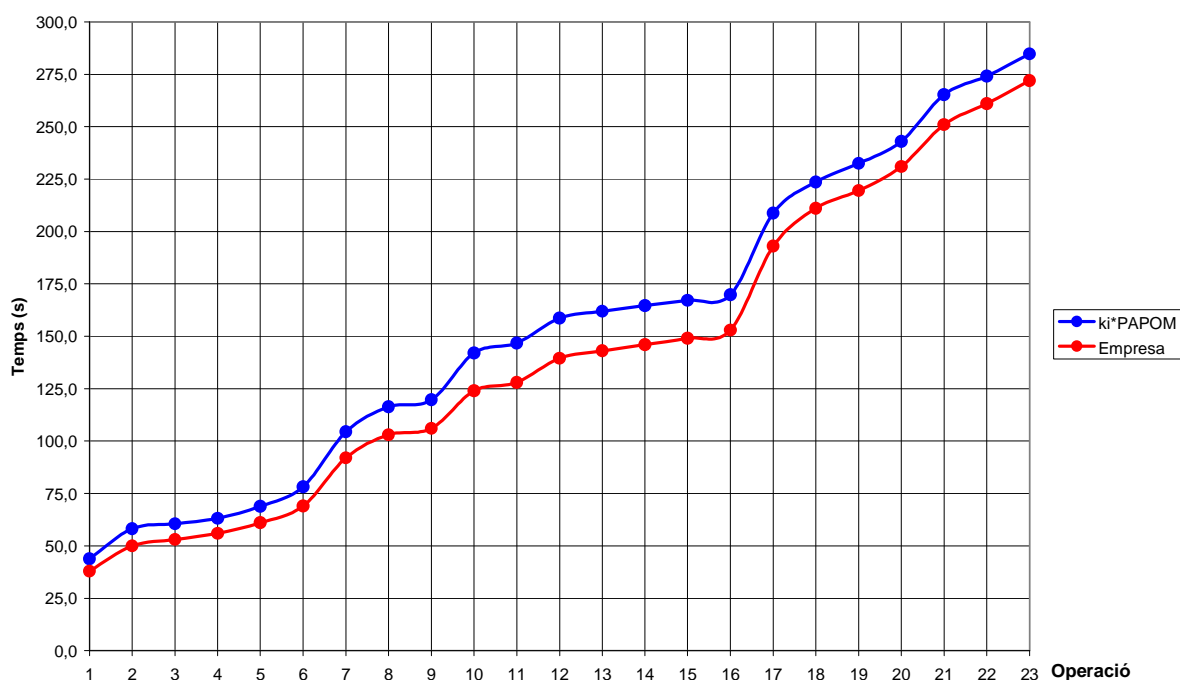


Figura 78. Gràfic de temps acumulats amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades, peça 3.

En aquest cas les corbes gairebé mantenen una trajectòria paral·lela, el que fa que l'error relatiu total es vagi mantenint al llarg de l'acumulació de temps al voltant del 5%. Hi ha un tram central que es separa una mica més que a la resta, però en general el resultat és molt millor que el del gràfic de la Figura 76.

11.4 Peça 4 - Suport Rodament

A continuació es presenta la taula amb els temps d'operació necessaris per a la fabricació de la peça 4, amb els temps de tall diferenciats entre l'empresa i el PAPOM:

FASE 1 – TORN CNC					
SUBFASE 1.1					
Nº	OPERACIÓ	Temps preparació (s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Trepatge Ø40	-	1	7,9	10
2	Refrentat Ø90 - Ø35	-	1	3,2	4
3	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	-	-	3,6	4
4	Mandrinatge Ø40 - Ø44,5	-	1	1,5	2
5	Refrentat Ø90 - Ø35	-	1	4	5
6	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	-	-	5,3	6
7	Mandrinatge Ø44,5 - Ø45	-	1	3,9	5
Temps Total Subfase		3600	5	29,4	36
SUBFASE 1.2					
0	Estacar brut	1800	-	-	-
1	Refrentat Ø90 - Ø35	-	1	3,2	4
2	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	-	-	3,9	5
3	Mandrinatge Ø40 - Ø73,9	-	1	8,2	19,7
	Mandrinatge Ø40 - Ø65,4	-		6	
	Mandrinatge Ø40 - Ø64,9	-		5,5	
4	Refrentat Ø90 - Ø70	-	1	1,8	2
5	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	-	-	2,5	3
6	Mandrinatge Ø73,9 - Ø74	-	1	3	9
	Mandrinatge Ø65,4 - Ø65,5	-		3	
	Mandrinatge Ø64,9 - Ø65	-		3	
Temps Total Subfase		1800	4	40,1	47
Temps Total Fase		5400	9	69,5	83
FASE 2 – FRESA CNC					
SUBFASE 1.1					

Nº	OPERACIÓ	Temps preparació (s)	Temps improductiu (s)	Temps tall PAPOM (s)	Temps tall empresa (s)
0	Estacar brut	3600	-	-	-
1	Trepatge 2 forats Ø5	-	1,5	7,4	13,5
2	Xamfranat	-	1,5	4,8	10,5
3	Roscatge 2 forats M6	-	1,5	8,2	13,5
Temps Total Fase		3600	4,5	26,6	37,5
Temps Total Peça		9000	13,5		120,5

Taula 29. Resultats peça 4.

Com s'ha comentat, aquesta peça es mecanitza en dues fases, és a dir en dos centres de mecanitzat diferents; el primer és un torn de control numèric, aquest té un temps improductiu de canvi d'eina d'1 segon, tal i com apareix a la taula, en les operacions en que aquest temps no apareix és perquè s'utilitza la mateixa eina de l'operació anterior (veure Taula 13: full de ruta de la peça 4 del capítol 10.6). Aquesta fase consta de dues estacades, una per cada cara del rodó, per tant dues subfases. L'altra fase es realitza en una fresa de control numèric, en la que el temps improductiu de canvi d'eina és d'1,5 segons.

A la vista dels resultats, pel que fa a les operacions de torn, passa una cosa similar al de la peça anterior, les operacions tenen un temps de mecanitzat força reduït i les diferències entre els temps del programa i els de Mecanitzats Privat, S.L. tot i ser semblants l'error pot fer-se gran pel fet d'aquests baixos temps. En el cas de les operacions de fresat, les tres s'assimilen al trepatge i sembla que les proporcions seran similars a les obtingudes a les altres peces.

A continuació es presenta el gràfic dels temps acumulats per veure com evolucionen les corbes a mesura que es realitzen les operacions i sobretot la diferència que es presenta al final de tot el procés de mecanitzat. A més a més a la Figura 80 es presenta el gràfic amb la comparació dels temps parcials de cada operació entre els proporcionats per l'empresa i els obtinguts directament del PAPOM.

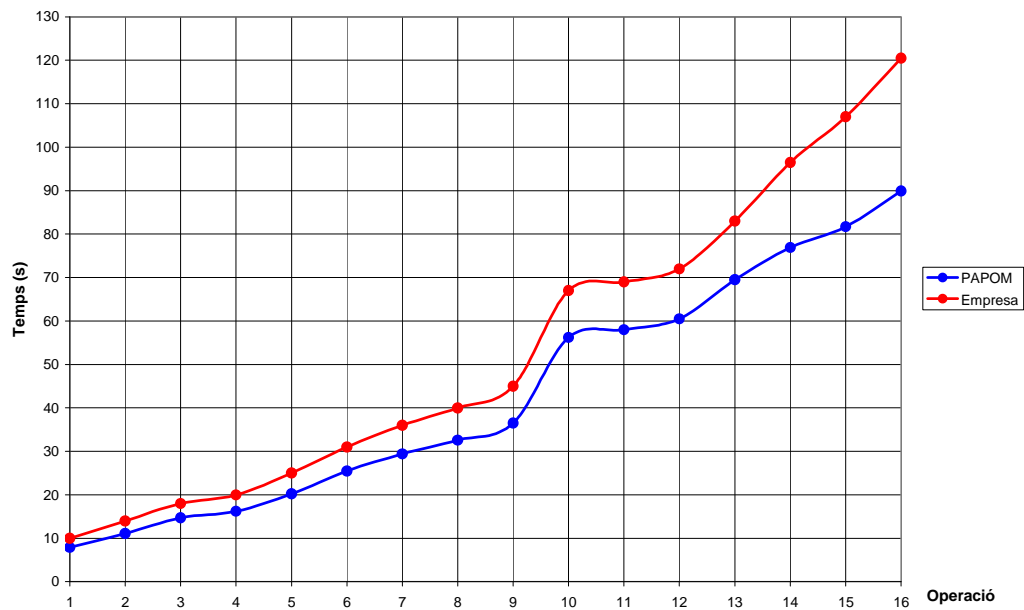


Figura 79. Gràfic de temps acumulats, peça 4.

En aquest cas es dona una situació similar a la de la peça 3, en què sembla que en les operacions de torn les corbes s'assimilen bastant, i la diferència entre elles és bastant reduïda, però cap al final aquesta creix i sobretot en les darreres tres operacions en què la peça es troba en la fase de fresat, sembla que els temps s'allunyen molt més.

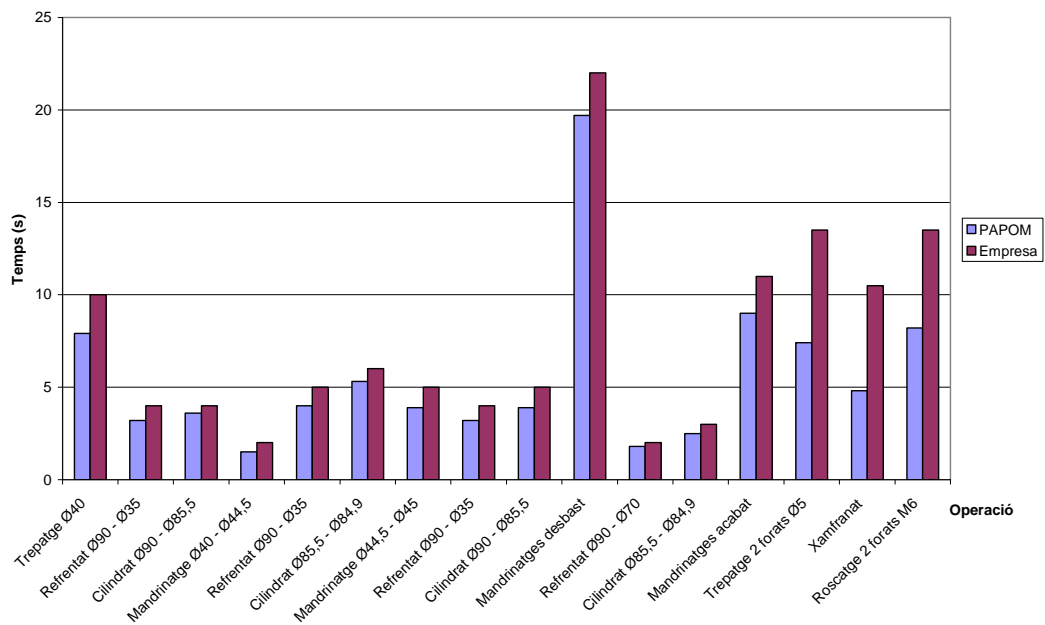


Figura 80. Gràfic de comparació de temps d'operació, peça 4.

En aquest gràfic es reafirma força el que s'observava en el gràfic de la Figura 79, els temps en les operacions de torn, tot i no ser iguals els del programa amb els de l'empresa, tenen unes diferències molt menors si es compara amb les diferències que es presenten en les operacions de fresat. En aquestes darreres és on la diferència és més clara i segurament repercutirà en un error relatiu per sobre del límit establert.

A continuació es presenta la taula amb els errors relatius de cada operació, considerant per sobre del 20% un error que fa rebutjar els resultats. També es presenta la constant de proporcionalitat per a cada operació, en què les que es troben en color verd fan referència a operacions de torn i les que es troben en color groc són operacions de fresat que s'assimilen a un trepatge, que en aquest cas ho són les tres operacions de fresat que té el procés, per tant no es té cap operació de fresat que s'assimili a un planejat.

Nº	Operació	δ (s)	Error relatiu (%)	K
1	Trepatge Ø40	2,1	21,00	1,266
2	Refrentat Ø90 - Ø35	0,8	20,00	1,250
3	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	0,4	10,00	1,111
4	Mandrinatge Ø40 - Ø44,5	0,5	25,00	1,333
5	Refrentat Ø90 - Ø35	1	20,00	1,250
6	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	0,7	11,67	1,132
7	Mandrinatge Ø44,5 - Ø45	1,1	22,00	1,282
8	Refrentat Ø90 - Ø35	0,8	20,00	1,250
9	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	1,1	22,00	1,282
10	Mandrinatges desbast	2,3	10,45	1,117
11	Refrentat Ø90 - Ø70	0,2	10,00	1,111
12	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	0,5	16,67	1,200
13	Mandrinatges acabat	2	18,18	1,222
14	Trepatge 2 forats Ø5	6,1	45,19	1,824
15	Xamfranat	5,7	54,29	2,188
16	Roscatge 2 forats M6	5,3	39,26	1,646

Taula 30. Errors relatius i constants de proporcionalitat per operació.

Com s'apuntava en els gràfics anteriors, les operacions presenten uns resultats bastant bons, tot i que se'n troben set amb un error relatiu del 20% o més, en general no són mals resultats, les tres operacions de fresat en canvi tenen un error per sobre del 40%, d'esperar al tractar-se del grup del trepatge. Les constants d'un grup i altre són bastant similars entre elles, pel que utilitzar les constants per tipologies pot resultar un molt bon mètode.

A continuació es mostra la taula amb l'error relatiu per al temps total i les constants mitjanes de les operacions, la total i les específiques per a cada tipologia.

Error relatiu total (%)	k total	k ₀	k ₁	k ₂
25,39	1,342	1,216	-	1,886

Taula 31. Error relatiu del temps total i constants mitjanes .

Com apuntava el gràfic de la Figura 79, en què en l'acumulat dels temps al final del procés les corbes es distanciaven força, l'error relatiu del temps total es troba per sobre del 20%, pel que utilitzant les constants s'espera reduir aquest valor per sota del límit. A continuació es presenta la primera de les taules en què s'utilitzen aquestes constants, en aquest cas els temps obtinguts del PAPOM, es multipliquen per la constant mitjana de totes les operacions, k total, sense fer distincions per tipologies.

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø40	10,6	10	0,60	5,98
2	Refrentat Ø90 - Ø35	4,3	4	0,29	7,32
3	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	4,8	4	0,83	20,74
4	Mandrinatge Ø40 - Ø44,5	2,0	2	0,01	0,62
5	Refrentat Ø90 - Ø35	5,4	5	0,37	7,32
6	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	7,1	6	1,11	18,50
7	Mandrinatge Ø44,5 - Ø45	5,2	5	0,23	4,64
8	Refrentat Ø90 - Ø35	4,3	4	0,29	7,32
9	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	5,2	5	0,23	4,64
10	Mandrinatges desbast	26,4	22	4,43	20,13
11	Refrentat Ø90 - Ø70	2,4	2	0,41	20,74
12	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	3,4	3	0,35	11,80
13	Mandrinatges acabat	12,1	11	1,07	9,76
14	Trepatge 2 forats Ø5	9,9	13,5	3,57	26,46
15	Xamfranat	6,4	10,5	4,06	38,67
16	Roscatge 2 forats M6	11,0	13,5	2,50	18,51
Error relatiu total (%)					0,87

Taula 32. Error relatiu amb la constant de proporcionalitat total aplicada, peça 4.

Com es desprèn de la taula, els resultats han millorat molt utilitzant la constant, s'ha reduït l'error relatiu parcial de cada operació, tenint-ne 5 per sobre del límit però amb uns valors més reduïts. A més a més, al tenir les operacions de fresat, en què es té un error alt però els temps del programa es mantenen inferiors que els de l'empresa, a diferència de totes les

altres operacions, l'error relatiu total es redueix molt, fins al punt de trobar-se per sota de l'1%, el que és pràcticament immillorable.

La taula següent mostra els temps i errors utilitzant les constants de proporcionalitat agrupades per tipologies, en aquest cas operacions de torn i de fresat similars al trepatge.

Nº	Operació	k*Temps PAPOM (s)	Temps empresa (s)	δ (s)	Error relatiu (%)
1	Trepatge Ø40	9,6	10	0,39	3,94
2	Refrentat Ø90 - Ø35	3,9	4	0,11	2,73
3	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	4,4	4	0,38	9,43
4	Mandrinatge Ø40 - Ø44,5	1,8	2	0,18	8,81
5	Refrentat Ø90 - Ø35	4,9	5	0,14	2,73
6	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	6,4	6	0,44	7,40
7	Mandrinatge Ø44,5 - Ø45	4,7	5	0,26	5,16
8	Refrentat Ø90 - Ø35	3,9	4	0,11	2,73
9	Cilindrat Ø90 - Ø85,5	4,7	5	0,26	5,16
10	Mandrinatges desbast	24,0	22	1,95	8,88
11	Refrentat Ø90 - Ø70	2,2	2	0,19	9,43
12	Cilindrat Ø85,5 - Ø84,9	3,0	3	0,04	1,32
13	Mandrinatges acabat	10,9	11	0,06	0,52
14	Trepatge 2 forats Ø5	14,0	13,5	0,46	3,38
15	Xamfranat	9,1	10,5	1,45	13,78
16	Roscatge 2 forats M6	15,5	13,5	1,97	14,56
Error relatiu total (%)					2,05

Taula 33. Error relatiu amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades, peça 4.

A la vista està que el verd cobreix tots els valors de l'error relatiu, pel que és clar que amb aquesta opció els resultats són bons, tot i que l'error relatiu total ha augmentat respecte la Taula 32, pràcticament totes les operacions tenen un error per sota del 10%, cosa que no s'havia aconseguit amb les altres peces. Aquest fet pot ser degut a que les operacions de tornejat es troben bastant ajustades, com s'ha vist a la peça 3, i que al tenir només tres operacions de fresat i totes del trepatge en què el seu error tot i ser gran és similar, al aplicar les constants específiques els resultats esdevenen molt positius.

Tot seguit es mostra el gràfic de temps acumulats amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades.

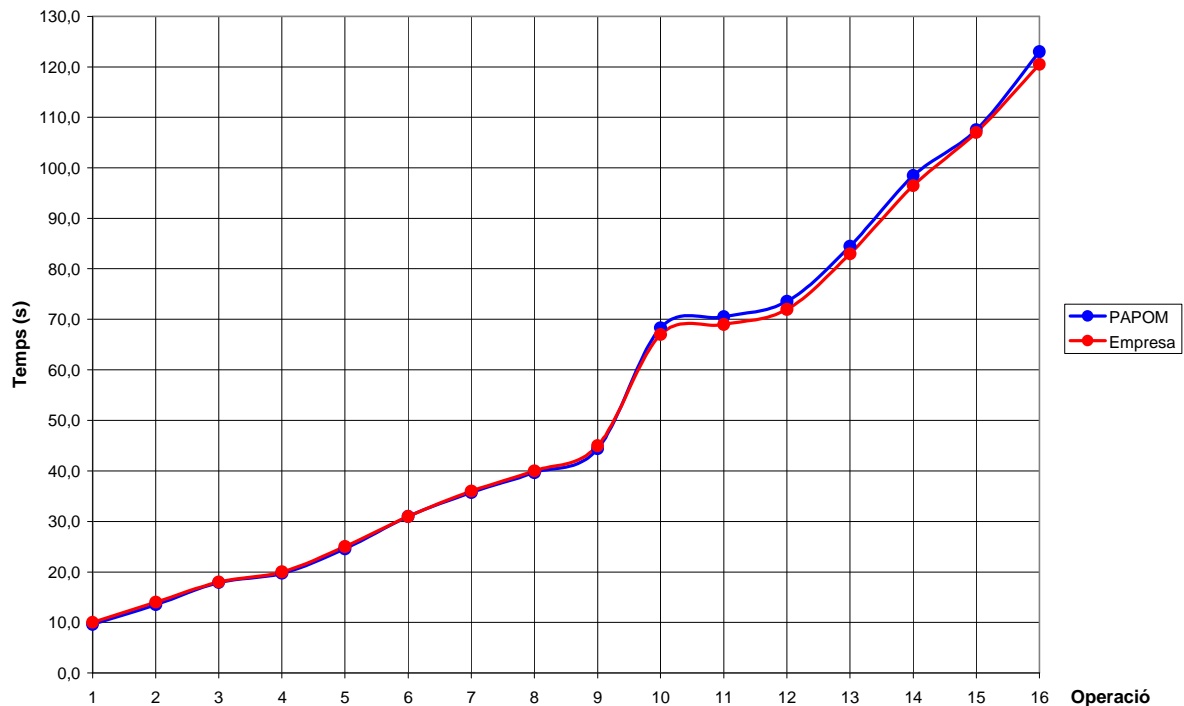


Figura 81. Gràfic de temps acumulats amb les constants de proporcionalitat per tipologies aplicades, peça 4.

En aquest cas els resultats són pràcticament immillorables, les dues corbes es superposen en gairebé tot el recorregut, fent-se una de les dues invisible. En el darrer tram hi ha petites diferències, però com s'ha vist a la Taula 33, els resultats es troben en totes les operacions i en el total de mecanitzat molt per sota del límit establert.

11.5 Generalització dels resultats

Fins ara, s'ha estat treballant i analitzant l'aplicació d'unes constants de proporcionalitat específiques per a cada peça que s'ha estudiat en aquest projecte, però òbviament, en una empresa no es podrà treballar d'aquesta manera, pel que s'ha de treballar amb una o varies constants per a totes les peces.

En definitiva es pretenen determinar unes constants específiques per al PAPOM aplicat a Mecanitzats Privat S.L. i a la vegada genèriques per a totes les peces de l'empresa. D'aquesta manera, un cop obtinguts els resultats del programa, s'haurien de multiplicar els

temps per aquestes constants i així tenir uns valors molt més ajustats a la realitat concreta de l'empresa.

A continuació es presenta la taula resum amb les constants determinades per tal de trobar-ne la mitjana de cadascuna i utilitzar aquestes com a les específiques per a l'empresa de Mecanitzats Privat S.L.

	k total	k0	k1	k2
peça 1	1,529	-	1,235	1,74
peça 2	1,288	-	1,057	1,929
peça 3	1,367	1,327	1,239	1,75
Peça 4	1,342	1,216	-	1,886
mitjana	1,381	1,272	1,177	1,826

Taula 34. Resum de constants de proporcionalitat.

Es calculen doncs els errors relatius de cada peça amb aquestes constants definitives per tal de determinar els temps amb els que treballaria l'empresa en cas d'implantar el PAPOM. Les taules que es mostren a continuació recullen el resum de l'evolució dels errors relatius de cada peça amb les constants emprades al capítol anterior i amb les que s'han calculat com a mitjana.

PEÇA 1					
	PAPOM	Específiques		Genèriques	
		k*PAPOM	ki*PAPOM	k*PAPOM	ki*PAPOM
1	18,11	25,2	1,1	13,09	3,62
2	9,09	66,8	89,8	50,65	99,20
3	4,35	46,3	18,1	32,10	12,58
4	12,73	33,4	7,8	20,52	2,72
5	54,29	30,1	20,5	36,87	16,53
6	30,43	6,4	14,1	3,93	18,12
7	30,77	5,9	20,5	4,39	26,42
8	140	267	196,4	231,44	182,48
9	40	8,3	4,4	17,14	9,56
10	52	26,6	16,5	33,71	12,35
11	53,33	28,6	18,8	35,55	14,79
Total	17,47	26,19	6,63	13,98	3,19

Taula 35. Errors relatius de la peça 1.

En el cas d'aquesta primera peça, fer servir les constants de proporcionalitat genèriques ha donat un resultat molt millor que el que donaven les específiques. Sobretot en el cas d'utilitzar només una constant, mitjana de les de totes les operacions, en què en el cas de la genèrica es redueixen pràcticament tots els errors relatius de les operacions, amb alguna excepció. Però observant el del temps total, es redueix fins i tot l'error que s'obtenia directament dels resultats del PAPOM, mentre que amb la constant específica s'augmentava fins al punt de superar el 20% d'error relatiu.

Però centrant l'atenció en les constants genèriques separades per tipologies, en aquest cas només en operacions de fresat similars al trepatge o al planejat, s'observen uns grans resultats obtenint només tres operacions amb un error relatiu per sobre del 20% essent dues desorbitat degut sobretot al tractar-se d'operacions amb molt baix temps de mecanitzat pel que tampoc repercuteix gaire en el total de la peça. A més a més l'error relatiu del temps total es redueix fins a obtenir només un 3%. Sorpren doncs, que amb unes constants genèriques s'obtingui un millor resultat que amb les constants obtingudes per la pròpia peça, però segurament és donat perquè en aquest cas els valors entre les operacions eren força diferents i les mitjanes no s'ajustaven prou. A continuació es podrà veure si amb les altres peces succeeix el mateix.

PEÇA 2					
	PAPOM	Específiques		Genèriques	
		k*PAPOM	ki*PAPOM	k*PAPOM	ki*PAPOM
1	12,8	12,3	68,2	20,42	59,23
2	0,69	27,9	5	37,15	16,89
3	0	28,8	5,7	38,10	17,70
4	25	3,4	20,7	3,58	11,73
5	10,33	15,5	5,2	23,83	5,54
6	62,11	51,2	26,9	47,67	30,80
7	50	35,6	3,6	30,95	8,70
8	18,18	5,4	5,4	12,99	3,70
9	11,98	13,4	7	21,56	3,60
10	9,26	16,9	4,1	25,31	6,80
11	3,45	33,2	9,3	42,86	21,76
12	26,09	62,4	33,3	74,13	48,40
Total	11,4	14,11	1,36	22,35	9,22

Taula 36. Errors relatius de la peça 2.

En aquest cas, com s'esperava en un principi, els errors obtinguts amb els temps multiplicats per les constants de proporcionalitat genèriques per a totes les peces de Mecanitzats Privat, S.L., són pitjors que els que s'havien obtingut amb les constants específiques d'aquesta peça 2. Centrant-nos doncs en aquests errors obtinguts amb temps de constants genèriques, en el cas de la constant mitjana, els resultats són molt dolents, amb excepció de dues de les operacions la resta es troba per sobre del límit marcat, i a més a més l'error relatiu del temps total de mecanitzat, s'ha vist duplicat respecte el que s'obtenia directament dels temps del PAPOM.

En el cas d'utilitzar les constants agrupades per operacions de la mateixa tipologia, els resultats no són tot lo bons que es podria esperar, és cert que observant únicament l'error relatiu del temps total aquest s'ha reduït en relació amb el del PAPOM, però s'ha augmentat força respecte el de les constants específiques. Tot i això, i tenir una operació més per sobre del límit, la majoria d'operacions han reduït el seu error així que utilitzar aquestes constants és millor que deixar els resultats tal qual s'obtenen del programa.

PEÇA 3					
	PAPOM	Específiques		Genèriques	
		k*PAPOM	ki*PAPOM	k*PAPOM	ki*PAPOM
1	13,2	18,7	15,2	19,93	10,46
2	10	23	19,4	24,29	14,48
3	40	18	20,4	17,14	23,68
4	33,3	8,9	11,5	7,93	15,20
5	14	17,6	14,1	18,77	9,39
6	12,5	19,6	16,1	20,84	11,30
7	13,9	17,7	14,2	18,89	9,50
8	18,2	11,8	8,6	12,99	4,07
9	16,7	13,9	10,6	15,08	6,00
10	6,7	27,6	23,9	28,89	18,72
11	10	23	19,4	24,29	14,48
12	21,7	7	3,9	8,08	0,45
13	31,4	6,3	9	5,30	12,78
14	33,3	8,9	11,5	7,93	15,20
15	33,3	8,9	11,5	7,93	15,20
16	50	31,7	33,7	30,95	36,40
17	21,5	7,3	2,8	8,41	7,61
18	33,3	8,9	17,5	7,93	21,73
19	15,3	15,8	4,9	16,98	0,30
20	47,8	28,7	8,7	27,95	4,73
21	10	23	11,4	24,29	5,93

22	28	1,6	10,9	0,57	15,26
23	45,5	25,4	4,5	24,67	0,40
Total	20,66	8,46	4,67	9,57	3,58

Taula 37. Errors relatius de la peça 3.

El cas d'aquesta peça, es podria dir que presenta una situació intermitja en relació a les dues altres peces. No presenta uns resultats tan bons com la primera peça, però són força millors que els de la segona. En aquest cas, les millores respecte els errors relatius derivats dels resultats obtinguts directament del PAPOM són molt menors, però comparats amb els que s'obtenien amb les constants específiques d'aquesta tercera peça, són un xic pitjors.

Quan s'utilitza la constant total o mitjana de totes les operacions, l'error augmenta un 2% respecte el de l'específica tant en el temps total, com en pràcticament totes les operacions. Tot i això els errors són molt millors que els del que proporciona el programa directament.

En el cas de les constants agrupades per tipologies passa una cosa molt similar. En aquest cas però comparant els errors entre les constants específiques i genèriques, els valors són pràcticament idèntics en totes les operacions, però en alguna hi ha una petita diferència fent que al final es tingui un error relatiu del temps total d'un 6% essent encara un molt bon percentatge.

PEÇA 4					
	PAPOM	Específiques		Genèriques	
		k*PAPOM	ki*PAPOM	k*PAPOM	ki*PAPOM
1	21,00	5,98	3,94	9,10	0,49
2	20,00	7,32	2,73	10,48	1,76
3	10,00	20,74	9,43	24,29	14,48
4	25,00	0,62	8,81	3,57	4,60
5	20,00	7,32	2,73	10,48	1,76
6	11,67	18,50	7,40	21,99	12,36
7	22,00	4,64	5,16	7,72	0,78
8	20,00	7,32	2,73	10,48	1,76
9	22,00	4,64	5,16	7,72	0,78
10	10,45	20,13	8,88	23,66	13,90
11	10,00	20,74	9,43	24,29	14,48
12	16,67	11,80	1,32	15,08	6,00
13	18,18	9,76	0,52	12,99	4,07
14	45,19	26,46	3,38	24,30	0,09
15	54,29	38,67	13,78	36,87	16,53

16	39,26	18,51	14,56	16,12	10,91
Total	25,39	0,87	2,05	3,03	4,28

Taula 38. Errors relatius de la peça 4.

En el cas d'aquesta peça 4, era difícil que els resultats fossin millors utilitzant les constants genèriques, ja que amb les específiques de la peça s'obtenien uns errors molt baixos i utilitzant unes constants més genèriques aquests havien de créixer sensiblement. Utilitzant la constant total, és a dir la mitjana de totes les operacions, els errors en la majoria de temps parcials es veuen augmentats en aproximadament un 2%, tal i com passa també amb l'error del temps total que passa d'estar per sota de l'1% a un 3%, a més a més es té una operació més per sobre del límit, i les que ja hi estaven tenen un error major.

Utilitzant les constants per tipologies, passa una cosa similar sinó idèntica, els errors en general es veuen augmentats, tot i que hi ha alguna operació en què es redueix. Tot i això els valors es mantenen per sota del 20% en tots els casos i l'error del temps total es manté per sota del 5%, pel que en aquest cas utilitzar aquestes constants genèriques agrupades per tipologies dona molt bon resultat.

11.6 Discussió

Es pot concloure, doncs, que el PAPOM tot i ser una eina de càlcul molt vàlida, requereix d'unes constants per tal d'ajustar els resultats que s'obtenen a la realitat de l'empresa. S'entén que cada empresa pot veure variar els temps en una major o menor mesura, en funció de l'obtenció del temps i de l'ús de les estratègies, pel que es necessitaria d'un procés d'obtenció d'informació per tal de determinar les constants adients per a cada empresa en concret.

En aquest cas es determina que la millor opció per a mecanitzats privat és la de treballar amb unes constants de proporcionalitat agrupades per tipologies d'operacions. Tot i suposar un cert temps, per tal de seleccionar les operacions que van amb cada constant, es creu que els resultats que s'obtenen són millors que utilitzant únicament una constant, mitjana de totes. Tot i això si per l'empresa resulta molt més pràctic, es pot utilitzar aquest única constant, mitjançant la qual s'obtidran uns resultats vàlids en un alt percentatge de les

operacions i en definitiva els temps seran molt orientatius en el total de fabricació de les peces.

A la taula següent es presenten doncs les constants per a Mecanitzats Privat S.L. Aquestes constants es podrien ajustar més amb un volum més gran de peces, però la variació seria de dècimes o centèsimes, pel que aquestes són més que vàlides.

k total	k0	k1	k2
1,381	1,272	1,177	1,826

Taula 39. Constants de proporcionalitat per a Mecanitzats Privat, S.L.

12 RESUM ECONÒMIC

El pressupost total del redisseny tècnic i adaptació del PAPOM, així com les seva validació i implementació al taller, incloses les despeses generals, el benefici industrial, la redacció del projecte (IVA inclòs), serà de:

QUINZE MIL CINC-CENTS QUARANTA-CINC.....(15.545 €)

El redactor,

Daniel Teixidor Ezpeleta

Girona, 4 de gener de 2009

13 CONCLUSIONS

Considerant els objectius d'aquest treball, les conclusions finals que se'n extreuen són:

- » S'ha millorat el PAPOM en molts aspectes, per exemple; s'ha afegit una nova operació (ranurat frontal), s'ha implementat l'algorisme òptim de Halevi, en operacions que no el tenien (trepatge i mandrinatge amb fresa).
- » S'ha corregit una gran quantitat d'errors del programa, tant de càlcul com de codi, que impedièn el seu correcte funcionament. Això, li proporciona estabilitat i més facilitat d'ús.
- » S'ha modificat una part important dels formularis del programa, que seguint les especificacions, són més simples, amb menys informació redundant, en definitiva més eficaços.
- » S'han incorporat noves opcions en la gestió de peces (entrar brut manualment, guardar com...) que permeten treballar amb molta més agilitat.
- » S'ha ideat un sistema (fitxes d'eines i màquines) per ajudar a la instal·lació i demostració del funcionament del programa per a la comercialització d'aquest a les empreses interessades.
- » S'ha incorporat al programa una capacitat de personalització així com uns camps en què aplicar-la, en funció de l'empresa amb la que es treballi, per tal d'ajustar-lo a les necessitats i manies d'aquesta.
- » El treball conjunt amb l'empresa ha permès, gràcies als temps de referència proporcionats, determinar unes constants que adapten molt més el PAPOM a Mecanitzats Privat, S.L.

14 LÍNIES FUTURES D'INVESTIGACIÓ

El PAPOM, és un programa que actualment es troba en desenvolupament, i per suposat no té una versió definitiva ni es preveu que en tingui. Sempre hi haurà millores per aplicar, i per aquest motiu s'han realitzat i es seguiran realitzant projectes finals de carrera com aquest i el grup de recerca hi seguirà treballant. Per aquest motiu, després de forces mesos treballant amb el programa, s'intenta marcar un possible camí de treball per desenvolupar noves millores que no s'han pogut implementar (per dificultat de programació, manca de temps...) en el present treball.

Les futures millores que es podrien aplicar o treballar al PAPOM es presenten als següents punts:

- » Millorar la interfície gràfica a nivell general. Actualment hi ha destinats recursos del GREP, concretament hi ha una persona treballant per tal d'adaptar el PAPOM a menús més interactius, més agradables per l'usuari i que simplifiquin la feina. Addició de icones animats, gràfics atractius que li donin un aire diferent.
- » Treballar en la part de planificació de la producció, que actualment està aturada.
- » Implementar les operacions que manquen (p.e. Serrat).
- » Seguir desenvolupant la capacitat de personalització del PAPOM. Plantejar la possibilitat que el programa es presenti com a blocs que es puguin instal·lar o no. Per tal de tenir un programa més complet, o per altra banda amb menys elements però més ràpid. En funció dels desitjos de cada empresa.

Des d'un punt de vista més ambició, i òbviament a llarg termini i sense ser ni molt menys prioritari en el desenvolupament del programa, es contempen les següents possibilitats:

- » Que el brut de la peça evolucioni a mesura que es van realitzant les operacions de mecanitzat.

- » Possibilitat de visualitzar els plànols de CAD per tal de fer que el procés de fabricació, és a dir, d'obtenció dels fulls de ruta sigui més intuïtiu i per tant més fàcil de realitzar.

- » Possibilitat de veure la simulació de les operacions. Aquest punt, pràcticament seria enllaçar el programa amb un CAM, pel que queda molt lluny de la filosofia i abast del programa. Però l'ambició no entén de fronteres.

15 RELACIÓ DE DOCUMENTS DEL TREBALL

El present treball està format pels documents que s'enumeren a continuació:

» Document número 1: Memòria i annexos

↳ Volum 1: Memòria.

↳ Volum 2: Annexos a la memòria.

» Document número 2: Plànols

16 BIBLIOGRAFIA

Llibres i articles:

- » HALEVI G., WEILL R.D. Principles of process planning. A logical Approach. Chapman & Hall. Gloucester, 1995.
- » KALPAKJIAN S., SCHMID S. R. Manufactura ingeniería y tecnología. Pearson & Prentice Hall. México, 2002.
- » LOPEZ VICENTE J.M. Factores productivos del taller mecanico. Prensa XXI, 1986.
- » RANKY P. G. Current / simultaneous Engineering. CIMware. 1994.
- » REHG J.A. Computer Integrated Manufacturing. Prentice Hall Career & Technology. Englewood Cliffs, 1994.

Catàlegs:

- » FRAISA. HSS end mills. 2006.
- » FRAISA. Tapping technology. 2006.
- » FRAISA. Carbide end mills. 2007.
- » HELION. Fresas de metal duro.
- » INNOTOOL. Fresas para planear.
- » MITSUBISHI CARBIDE. Indexable type drill. TAF drill. 2003.

- » MITSUBISHI CARBIDE. Solid carbide drill MIRACLE® coated. 2006
- » SANDVIK COROMANT. Herramientas para tornear. 1998.

Treballs finals de carrera:

- » PELLICER, N. Implementació i validació d'un sistema assistit aplicat al procés de mecanitzat. Treball fi de carrera. Enginyeria industrial. Escola Politècnica Superior. Juny 2007.
- » TAULER, F. Estudi de processos de mecanització per a la validació d'un sistema de planificació assistida en el cas d'operacions de tornejat. Projecte final de carrera. Enginyeria industrial. Escola Politècnica Superior. Abril 2008.
- » VIDAL, A. Disseny i implementació d'un sistema per a la simulació de processos d'arranc de ferritja. Projecte final de carrera. Enginyeria industrial. Escola Politècnica Superior. Juliol 2002.

Informació obtinguda a la xarxa:

- » http://www.kennametal.com/en/kennametal/home.ihtml?_requestid=238166, 10 de desembre de 2008.
- » <http://www.mecprivat.com/cat/empresa.htm>, 15 de desembre de 2008
- » <http://www.npd-solutions.com/capp.html>, 10 de novembre de 2008

AGRAÏMENTS

Al Dr. Quim de Ciurana per la tutorització d'aquest treball.

A l'empresa Mecanitzats Privat, S.L. per la seva col·laboració en aquest treball, especialment al Sr. Jordi Privat.

Als Srs. Robert Blanch i Francesc Tauler per la col·laboració en aquest treball.

Es conclou la redacció de la memòria del document número 1.

El redactor,

Daniel Teixidor Ezpeleta

Girona, 4 de gener de 2009