

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Optimització d'una línia multi-producte

Document: MEMÒRIA I ANNEXOS

Alumne: Tània Leal Bermejo

Tutor: Rodolfo De Castro Vila

Departament: Organització, gestió empresarial i disseny del producte

Àrea: Organització d'empreses

Convocatòria (mes/any): Juny de 2021

AGRAÏMENTS

Agrair a l'empresa per donar-me l'oportunitat de realitzar el projecte en les seves instal·lacions i permetre la participació del personal de la línia. Així com totes aquelles persones que han fet possible que es tirés endavant: en Dani (planificador de producció), l'Asun (cap de secció), la Laura i la Raquel (caps d'equip) i la Meritxell (logística i magatzem).

Als meus companys/es de departament de *Lean*, la Vanina, la Carla, l'Adrià i en Nil, amb els quals he tingut el plaer de formar un gran equip de treball i m'han aportat la seva experiència i suport en tot moment.

Al meu tutor, en Rudi, per la seva disponibilitat i guia, per donar-me bons consells a partir dels seus coneixements en la matèria.

ÍNDEX

MEMÒRIA	7
1 INTRODUCCIÓ	8
1.1 Antecedents.....	8
1.2 Objecte	8
1.3 Especificacions i abast	8
1.4 Dinàmica del projecte	9
2 LEAN MANUFACTURING	10
2.1 Introducció.....	10
2.2 Conceptes clau.....	10
2.3 Implantació d'un sistema <i>Lean</i>	11
2.4 Concepte Kaizen	11
3 LEAN SIX SIGMA	12
3.1 Metodologia DMAIC	12
4 ETAPA 1: DEFINICIÓ (<i>DEFINE</i>)	13
4.1 Planificació del projecte.....	13
4.2 Documentació estat inicial de la línia	14
4.2.1 Creació de la línia	14
4.2.2 Layout inicial	15
4.2.3 Flexibilitat de la línia.....	16
4.2.4 Flux continu mitjançant cèl·lules en U	17
4.2.5 Material en curs de la línia	18
5 ETAPA 2: MESURAR (<i>MEASURE</i>)	20
5.1 Value Stream Mapping (VSM)	20
5.1.1 Mapa de la situació actual.....	21
5.2 Indicadors.....	26
5.2.1 Quantitats	26

5.2.2 Eficàcia	26
5.2.3 BPC	27
5.2.4 <i>Repos</i>	27
5.3 Matriu de polivalència.....	28
5.4 Observació instantània de la muda.....	29
5.5 Diagrama espagueti	32
5.6 Cronometratge	34
6 ETAPA 3: ANÀLISI (<i>ANALYSIS</i>).....	37
6.1 Value Stream Mapping (VSM).....	37
6.1.1 Mapa de la situació futura	38
6.2 Indicadors.....	39
6.2.1 Quantitats	39
6.2.2 Eficàcia	40
6.2.3 BPC	41
6.2.4 <i>Repos</i>	42
6.3 Matriu de polivalència.....	43
6.4 Observació instantània de la muda.....	43
6.5 Diagrama espagueti	44
6.6 Anàlisi Cronometratge	44
7 ETAPA 4: MILLORES (<i>IMPROVE</i>)	45
7.1 Millores organitzatives	45
7.1.1 Sistemes de participació del personal (SPP).....	45
7.1.2 Anivellament de la càrrega de treball (Heijunka)	46
7.1.3 Canvi en la metodologia de treball	47
7.1.4 Implantació tècnica 5S.....	48
7.2 Millores de procés	51
7.2.1 Reducció en temps operacional	51
7.2.2 Canvi de <i>Layout</i>	52

7.3 Millores qualitatives	53
8 ETAPA 5: CONTROL (<i>CONTROL</i>).....	56
8.1 Seguiment de l'anivellament de la producció.....	56
8.2 Seguiment dels indicadors	57
8.2.1 Eficàcia	57
8.2.2 BPC	59
8.2.2 <i>Repos</i>	59
8.3 Estandardització.....	60
8.4 Auditories	60
9 DIMENSIONAMENT GUANYES	61
10 RESUM DEL PRESSUPOST.....	62
11 CONCLUSIONS	63
12 RELACIÓ DE DOCUMENTS	65
13 BIBLIOGRAFIA.....	66
14 GLOSSARI	67
ANNEXOS A LA MEMÒRIA.....	68
A. RECOPILOCIÓ DE DADES INICIALS	69
A.1 Models treballats.....	69
A.2 Operacions i estacions de treball	70
A.3 Flexibilitat de la línia.....	72
A.4 Material en curs de la línia	76
B. VALUE STREAM MAPPING (VSM).....	78
C. SEGUIMENT INDICADORS	82
C.1 Quantitats individuals.....	82
C.2 Quantitats globals	82
C.3 Eficàcia.....	86
C.4 Reposicions	90
C.4.1 Dades estat inicial (any 2020)	90

C.4.2 Dades estat inicial (any 2021)	91
C.4.3 Impacte d'entrada d'un nou model	92
D. MATRIU DE POLIVALÈNCIA	94
E. MODIFICACIONS EN EL DISSENY DE LA LÍNIA	97
E.1 Flexibilitat de la línia.....	97
E.2 Material en curs	99

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

La planta de Girona de l'empresa Momar dedicada a la fabricació de marroquineria han encarregat la redacció del present projecte: "Optimització d'una línia multi-producte".

Degut al Covid-19 i a la situació de confinament que es va viure globalment durant l'any 2020, la planta de Girona va haver de tancar durant un període de 2 mesos. Davant la davallada en la producció i amb la finalitat de mantenir la quantitat de feina dels seus treballadors, es va decidir crear una nova secció a la planta dedicada a la producció de components interns previs al muntatge, que es fabricaven anteriorment a través d'un proveïdor extern.

Durant aquest període de creació de la línia s'ha detectat la problemàtica de que la línia no resulta tan eficient com s'esperava. S'observa una mala organització, ja que els treballadors es troben sovint a les estacions de treball, per el que suposa una gran quantitat de temps de malbaratament i dèficit en la producció.

1.2 Objecte

L'objecte del present projecte consisteix en la millora de la línia multi-producte de fabricació de components interns de petita marroquineria, que treballa els següents models: Aruba, Montana i Cashel.

1.3 Especificacions i abast

Es treballarà amb la definició del *Layout* a partir del diagrama de flux dels models per tal d'optimitzar els moviments en les diferents estacions, es realitzarà el càlcul de càrregues de la maquinària, així com la flexibilitat en el nombre d'efectius i la capacitat per poder assolir nous models.

El projecte es realitzarà tenint especial consideració a l'equip, ja que en la gestió del canvi amb un equip de persones s'han de considerar altres aspectes com és l'ergonomia. Amb aquest fi, es realitzaran plans d'accions de les propostes de millora i es farà un seguiment de l'evolució conjunta.

Per últim, es realitzarà un estudi d'impacte en els resultats de la planta i es presentarà una valoració econòmica per tal de dimensionar els beneficis de la implantació.

1.4 Dinàmica del projecte

Existeixen diverses metodologies de millora de processos, principalment es pot parlar de *Lean* i Six Sigma. El principi fonamental de *Lean* és l'eliminació de la 'muda' mentre que Six Sigma és un mètode basat en l'anàlisi de dades, que té com a objectiu reduir al màxim la taxa de defectes. Essencialment, tots dos sistemes busquen eliminar residus i crear un sistema el més eficient possible, però tenen diferents enfocaments per assolir aquest objectiu.

Per tal de desenvolupar el present projecte, s'ha decidit unir ambdós mètodes i aplicar *Lean* Six Sigma. És per aquest motiu que, sense perdre de vista la filosofia *Lean*, s'aplicarà un model DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve* i *Control*) per enfocar l'Optimització d'una línia multi-producte. Aquesta eina ens dona una visió global del problema, la causa i la solució i s'utilitza en situacions on les causes no són tan obvies o fàcils de detectar.



Figura 1 Cicle DMAIC. Font: [7].

El DMAIC està basat en el cicle *Deming* (cicle de millora contínua), en el que els passos es repeteixen de forma constant per estar contínuament evolucionant i millorant. Tot i que el cicle Deming o metodologia PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), desenvolupat per el Dr. W. Edwards Deming, és una seqüència de 4 passos per millorar el procés, a diferència del DMAIC que està enfocat en 5 etapes.

2 LEAN MANUFACTURING

2.1 Introducció

El concepte *Lean Manufacturing* sorgeix al Japó degut al gran creixement de la fabricació d'automòbils. És una filosofia derivada del Toyota Production System (TPS), un model d'organització i gestió del sistema de fabricació que persegueix la qualitat, el servei i l'eficiència mitjançant l'eliminació del malbaratament.

Per aconseguir aquest objectiu, la gestió *Lean* introdueix dos elements clau:

- Implantació i gestió per tal d'eliminar les activitats que no aporten valor afegit al producte (malbaratament).
- Flexibilitat per adaptar la producció a una demanda fluctuant.

2.2 Conceptes clau

A continuació es defineixen alguns conceptes clau de la filosofia *Lean* que es desenvoluparan al llarg del present projecte.

- Equilibri de línia: Es produeix quan cada operari treballa de manera uniforme al llarg del temps, sense pics.
- *Takt-time* o cicle de producció: És la sincronització del ritme de producció amb la demanda del client, tal i com s'expressa en l'Equació 1:

$$Takt\ time = \frac{Temps\ de\ treball\ disponible}{Demanda\ del\ client} \quad (Eq. 1)$$

- *Lead Time*: Temps que transcorre des que el client realitza la ordre fins que rep la comanda.
- Sistema Pull: Mètode de fabricació basat en controlar el flux de materials, reemplaçant-los en el moment en que es consumeixen.
- PDCA: És el cicle del pla de millora en 4 passos (Plan-Do-Check-Act).

- 1) *Plan*: Es defineixen les accions de millora (tres un anàlisi del procés actual que faci evident les debilitats).
- 2) *Do*: S'executen les accions.
- 3) *Check*: Es comprova el resultat i s'extreuen conclusions.
- 4) *Act*: S'assegura el compliment d'aquestes accions mitjançant l'estandardització i la formació.

2.3 Implantació d'un sistema *Lean*

Transformar tota una planta segons la filosofia *Lean* implica un grau de canvi en l'organització i l'estructura de la producció. És per aquest motiu que el primer pas, previ a la pròpia implantació, consisteix en donar-li resposta a la pregunta: per què un sistema *Lean*?

En una indústria de producció de marroquineria, on la demanda és tant fluctuant, es requereix d'un sistema de fabricació flexible que estigui preparat per adaptar-se a tants canvis necessaris en la producció. A la Taula 1 es mostra la comparativa entre gestionar la producció segons el sistema tradicional (en massa) i el sistema *Lean Manufacturing*.

Fàbrica tradicional	Fàbrica <i>Lean</i>
Sistema push	Sistema pull
Producció en grans lots	Producció en lots petits
Grans inventaris	Reducció d'inventari
Temps de canvi llargs	Temps de canvi curts
Treballadors especialistes	Treballadors polivalents
Manteniment correctiu	Manteniment preventiu
Resposta lenta davant canvis	Millora continua

Taula 1 Comparativa fàbrica tradicional i fàbrica *Lean*

2.4 Concepte Kaizen

La paraula *Kaizen* prové del japonès, *Kai* que significa canvi o acció a esmenar i *Zen*, que significa bo. És el canvi en l'actitud de les persones que farà avançar el sistema fins a portar-lo a l'excel·lència. Aquest concepte esdevé la millora continua i serà la metodologia o visió que es buscarà establir a l'equip de producció.

3 LEAN SIX SIGMA

3.1 Metodologia DMAIC

Lean Six Sigma (LSS) és una metodologia de millora de processos de producció orientada a millorar l'eficiència i la productivitat i eliminar el temps de malbaratament. Aquest capítol es centra en les claus específiques de *Lean Six Sigma*, un sistema de cinc fases conegut com a DMAIC.

DMAIC és l'abreviatura de Definir, Mesurar, Analitzar, *Improve* (millorar) i Controlar. Aquestes fases estan destinades a ajudar a l'anàlisi general dels fluxos de treball. A continuació es realitza una breu descripció de cada etapa.

- Definir: És la fase inicial on es defineix el procés i l'abast, s'identifiquen els problemes i es defineixen els objectius. A més a més, es realitza una planificació del projecte.
- Mesurar: L'objectiu d'aquest pas és recopilar dades i informació per tal d'avaluar la situació actual.
- Analitzar: La finalitat d'aquesta fase és identificar la causa-efecte dels problemes a partir de l'anàlisi de les dades obtingudes en la fase anterior.
- Millorar: Moment en el que es posen en marxa les accions de millora.
- Control: Un cop que s'han dut a terme les accions de millora, és el moment de controlar per assegurar que aquestes s'implementen correctament i que els objectius marcats es compleixen.

4 ETAPA 1: DEFINICIÓ (DEFINE)

La línia d'estudi és tracta d'una línia multi-producte de producció de components interns de petita marroquineria, on es realitzen 3 famílies de productes diferents: Aruba, Montana i Cashel.

Aquesta línia es crea al juny del 2020, en època post-Covid, amb la idea d'absorbir la fabricació dels components interns que es produïen anteriorment a través d'un proveïdor extern.

L'estratègia de crear aquesta nova línia multi-producte tenia com a objectiu la reducció de costos i generar treball per el personal de producció de la planta.

Durant aquests mesos de funcionament, s'ha detectat una sèrie de problemes a la línia que afecten directament als indicadors de la planta:

1. Eficàcia baixa: 72,90% de mitjana.
2. Problemes de qualitat. La taxa de retorn de peces amb defectes arriba quasi al 10% respecte el total treballat. Tenint en compte que l'objectiu de reposicions de la planta (assumible per la majoria de línies) és del 5%, la línia de kits està molt per sobre.
3. Problemes organitzatius. Es detecta visualment una mala comunicació entre torns de treball, no es respecta l'estoc en curs de les caixes ni els estocs tècnics.
4. Re-treballs: Pràcticament el 3% de peces que es produeixen s'han de substituir per altres i, per tant, tornar-les a processar. Es proposa l'objectiu d'arribar a l'1%.

L'objectiu del present projecte és donar solució per millorar aquests indicadors.

4.1 Planificació del projecte

Tal i com s'ha especificat anteriorment, en la primera etapa de definició s'ha realitzat una planificació del projecte de millora, tal i com es pot observar a la Figura 2.

La primera setmana es va validar el projecte amb el cap de planta i la cap de secció de la línia i es va comunicar a l'equip de producció. A partir d'aquell moment, es va generar documentació de la línia per tal de conèixer la situació de partida. Així mateix, s'han aplicat una sèrie d'eines de mesura i anàlisi, que es desenvolupen amb detall als capítols 6 i 7 d'aquest document. A partir de la setmana 17 s'apliquen les accions de millora i, per últim, l'etapa de control, per assegurar el compliment dels objectius.

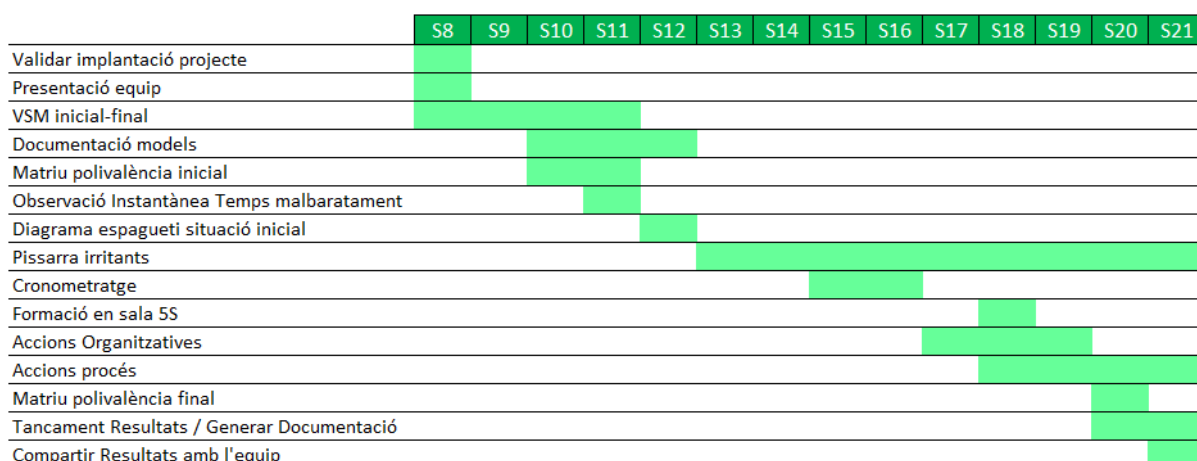


Figura 2 Desenvolupament del projecte Lean real. Font: Elaboració pròpia

4.2 Documentació estat inicial de la línia

4.2.1 Creació de la línia

Quan es fa la creació d'una línia nova s'identifiquen totes les operacions requerides per produir un model concret i, per cadascuna d'aquestes, es defineix un temps estàndard (STD) que s'utilitza com a base de càlcul. Aquest temps ens permetrà realitzar la previsió de maquinària així com de personal que es requereix a la línia per tal de complir amb la demanda prevista.

A la Taula 2 es mostra el temps estipulat des de França per la fabricació dels kits interiors dels models que es treballen a la línia mixta del projecte.

Model	Temps STD (h)
ARUBA	0,165
CASHEL	0,396
MONTANA	0,149

Taula 2 Temps STD dels models

D'altra banda, s'utilitza aquest temps estàndard per definir l'eficàcia de la línia, com es pot veure més endavant.

4.2.2 Layout inicial

Per tal de definir el *Layout* es parteix del diagrama de fluxos dels productes, on es descriuen les operacions de cada model i s'agrupen per estacions de treball. D'aquí sorgeix les necessitats de maquinària a preveure. A l'apartat A.2 dels Annexos a la Memòria es detallen totes les operacions realitzades per produir els diferents productes de la línia.

A la Taula 3 apareix el resum de les estacions de treball definides per cada model, on s'ha pogut compartir recursos de maquinària entre ells, ja que no es treballen alhora.

	ARUBA	CASHEL	MONTANA
ESTACIONS DE TREBALL			
Dividit	x	x	x
Rebaixat	x		x
Taula EPT-2	x	x	
Thermo	x	x	x
Summit	x	x	x
Encuny	x	x	x
PMC			x
Sur Coupe à Chaud	x	x	
Pintura Fentes	x	x	
Pintura en banc amb mordasses	x	x	x
Reembordadora		x	
Taula EPT-2	x	x	
Costura plana Doble Arr	x	x	
Marca	x		
Taula EPT-2	x	x	
Costura doble agulla		x	
Costura plana Triple Arr	x		x
Viledon DP		x	x
Taula EPT-2		x	
Encuny	x	x	x

Costura plana Triple Arr		x	
Monet		x	
Pintura amb rodet	x		
Banc de pintura amb mordasses	x	x	x
Cassure		x	
Costura planta triple arr		x	

Taula 3 Agrupació maquinària segons necessitats dels models

Concretament, els productes Aruba i Cashel comparteixen 13 processos, entre l'Aruba i el Montana en comparteixen 9 i entre el Cashel i el Montana en comparteixen 8 recursos.

A continuació es mostra el diagrama inicial del punt de partida del projecte (Figura 3).

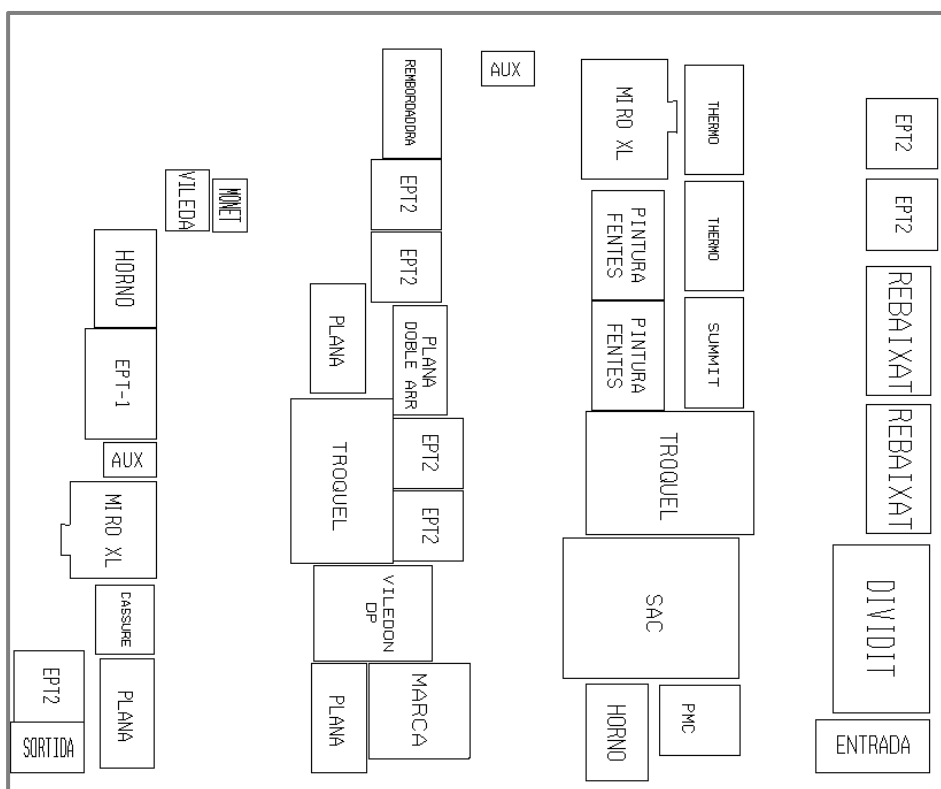


Figura 3 Plànol situació inicial de la línia de KITS PM. Font: Elaboració pròpia

4.2.3 Flexibilitat de la línia

A la Taula 4 es mostra la demanda setmanal per cada família de productes.

FAMÍLIA	DEMANDA
Aruba	1900 unitats/setmana
Cashel	450 unitats/setmana
Montana	170 unitats/setmana

Taula 4 Demanda dels models (unitats/setmana)

Considerant aquesta demanda i a partir dels temps operacionals, es calcula quina és la saturació de les màquines emprades. El percentatge de saturació ve donat per la següent expressió:

$$\text{Saturació màquina (\%)} = \frac{\text{Temps d'ocupació de la màquina}}{\text{Takt time}} \quad (\text{Eq. 2})$$

D'aquesta forma s'assegura que els temps per estació són inferiors al *Takt time*.

Els criteris definits per el disseny d'una línia estableixen que la saturació màxima permesa d'una màquina ha de ser menor al 80% i que és necessari un mínim de 2,5 estacions per persona. És per aquest motiu que en el disseny inicial hi ha 8 estacions doblades per tal de repartir la càrrega i complir amb aquests criteris.

D'altra banda, a partir de la demanda i la maquinària disponible, es pot calcular la flexibilitat de l'equip de la línia. Amb el disseny inicial es permet tenir un equip de 8 persones/torn.

A l'apartat A.3 dels Annexos a la Memòria es troben els càlculs corresponents.

4.2.4 Flux continu mitjançant cèl·lules en U

Les cèl·lules de treball estan dissenyades en forma de U. El layout en U permet minimitzar la distància a recórrer per iniciar un nou cicle i tenir flexibilitat en el nombre d'efectius en el cas de variacions en el ritme de la demanda del client (*takt time*).

Per organitzar la seqüència de treball es fa servir *Nagare* (paraula japonesa que significa "a la caça del conill"). Amb aquest mètode de treball tot el personal de producció realitza el circuit complet, tal i com es pot observar a la Figura 4. Per aquest motiu, és de vital importància que tot l'equip tingui polivalència en realitzar totes les operacions.

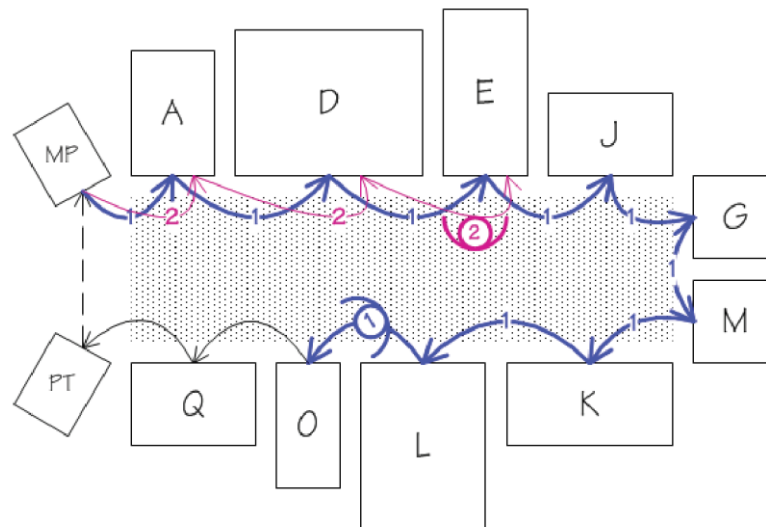


Figura 4 Cèl·lula amb 2 persones treballant en nagare. Font: [5]

Tot i que cal destacar que una cèl·lula en U gestionada per operaris està limitada al procés més lent i s'han de dissenyar de tal forma que siguin flexibles i mantinguin l'eficiència davant els canvis en el volum de la demanda.

4.2.5 Material en curs de la línia

El material que es troba dins la línia està acotat i ve determinat per 3 variables:

- El material en curs mòbil, que es correspon al lot de treball del personal i es calcula mitjançant la fórmula:

$$\text{Material en curs} = \text{Mida del lot} \times \text{Nombre de persones} \quad (\text{Eq. 3})$$

- Els estocs tècnics, que són les peces que necessiten un temps d'assecat per tal d'assegurar la qualitat després d'aplicar una capa de pintura unitària sobre el perímetre de la peça. Es calcula mitjançant la següent equació:

$$\text{Estoc tècnic} = \frac{\text{Temps tècnic}}{\text{Takt time}} \quad (\text{Eq. 4})$$

On el temps tècnic és el temps de d'assecat estipulat des del departament de qualitat i va en funció del gruix de la peça i de si es estarà a temperatura ambient o bé dins un forn. Generalment oscil·la entre 1 a 4 hores.

- El material de funcionament: Per tal de donar continuïtat a la producció s'estableix que a l'entrada hi hagi un total de 2 hores de producció i a la sortida 1 hora de treball.

Com es tracta d'una línia multi-producte, es dimensiona el material en curs per el model més restrictiu.

Així mateix, es treballa amb un sistema tancat, és a dir, no es pot servir material a l'entrada sinó s'ha alliberat caixes a la sortida, així que sempre es tindrà el mateix nombre d'unitats dins la línia.

A l'apartat A.4 dels Annexos a la Memòria ve detallat el dimensionament.

5 ETAPA 2: MESURAR (*MEASURE*)

En aquesta segona etapa del DMAIC s'inicia la fase d'observació de la línia, on s'han utilitzat una sèrie d'eines que ens permetran conèixer la situació de partida.

Primerament, per tal de tenir una perspectiva global del flux de la planta, s'ha utilitzat el VSM (*Value Stream Mapping*).

D'altra banda, el seguiment d'una sèrie de KPI's ens permetran quantificar el guany real a posteriori.

Per últim, s'han utilitzat altres tècniques per aprofundir més en els problemes interns de la línia:

- Matriu de polivalència
- Diagrama espagueti
- Observació de la muda o temps de malbaratament
- Cronometratge del temps de producció

A continuació es detallen cadascuna d'aquestes eines utilitzades per mesurar, que s'han considerat convenientes per l'objectiu d'eliminar el temps de malbaratament i arribar a un punt d'estandardització.

5.1 *Value Stream Mapping* (VSM)

Un dels principis més importants de la metodologia *Lean* és identificar el flux de valor.

Els fluxos de valor són les accions necessàries per crear un producte o servei des de la matèria primera fins que arriba al client. Pot incloure activitats tant de valor com de valor afegit.

Per tal de visualitzar el flux de valor i d'aquesta forma tenir una visió global del funcionament de la planta s'ha utilitzat com a eina el VSM.

La metodologia VSM, *Value Stream Mapping* (cartografia/mapa del corrent de valor) és una representació gràfica, mitjançant símbols específics, del flux dels materials i de la informació al llarg del corrent de valor d'una família de productes dins la fàbrica.

Aquesta metodologia es centra principalment en la reducció del *lead time* i de l'inventari.

5.1.1 Mapa de la situació actual

En aquesta etapa s'introdueix tota la informació recollida i analitzada fins el moment en un VSM "actual" que esdevé la informació global de la situació de partida.

La planta Momar de Girona fabrica productes de marroquineria (bosses grans) i petita marroquineria (moneders). Els productes, un cop acabats, s'envien a la central logística de Cergy (França), que distribueix a les diferents botigues d'Europa.

Per tal de traçar el mapa de l'estat actual, s'han recollit un conjunt de dades de la planta per cadascun dels models treballats.

1) Processos de producció

El primer procés productiu és la secció de tall de la pell. Les peces es tallen en màquines semi-automàtiques amb projecció per làser anomenades Comelz. Un cop són tallades es deixen en estoc al magatzem i d'allà es proveeix a la secció de KITS PM (kits de petita marroquineria). Actualment es tallen únicament en intern les pells que formen part d'aquesta línia, la resta venen tallades de la planta de Polinyà.

La línia multi-producte de KITS PM confecciona components necessaris per agilitzar el muntatge posterior. Està format per un equip de 8 persones per torn i actualment treballen 3 famílies de productes diferents: Aruba, Cashel i Montana.

A continuació hi ha la secció de Preparació, on s'adapten les peces que es treballen al muntatge. Aquesta secció està distribuïda en 4 línies que es dediquen a la part del rebaixat de la pell, dividit, encunyat, *embossage*, marca, entre d'altres.

Seguidament, hi han les diferents línies de muntatge, que esdevenen bàsicament en operacions d'acoblament, costura, "sous couche" i pintura.

Per últim, la secció d'expedició, que emmagatzema els productes en caixes i els embala per tal d'enviar-los per camió al client. Aquest enviament es realitza un cop al dia.

2) Exigències del client

La demanda per cadascun dels models és el que s'observa a la Taula 4.

S'ha tingut en compte la demanda setmanal, que és fixa, ja que l'ordre de fabricació diària presenta variabilitat.

3) Temps de treball disponible

Es disposa d'un total de 20 dies per mes (dilluns a divendres) en 2 torns de producció (matí i tarda). Cada torn es treballen un total de 8,17 hores amb un descans de 30 minuts pagat per l'empresa.

4) Funcions dels departaments de control de la producció

Existeixen dos departaments de control de producció. Un d'ells realitza la programació setmanal d'ordres de fabricació J per proveir al tall i a kits. Aquest aprovisionador llença ordre de fabricació en funció del nivell d'inventari generat per kits i coneixent la demanda del model.

L'altre planificador realitza la programació setmanal d'ordres de fabricació K (Preparació) i M (Muntatge) tenint en compte la comanda setmanal generada per Cergy.

Com que en aquest cas es treballaran amb 3 famílies de productes (Aruba, Cashel i Montana) amb demanda i línies de muntatge diferents, es proposa realitzar un VSM per cadascun d'ells.

Per realitzar el VSM, s'ha tingut en compte les següents dades:

- El nombre de relleu és igual a 2 ja que hi ha 2 torns a la fàbrica (matí i tarda).
- El Temps de Cicle (T_c) és el que transcorre entre l'obtenció de 2 peces consecutives a la sortida d'un procés.
- $\%Uptime = 100\% - \%Avaries$.

D'altra banda, es considera el *Lead Time* de cada procés, que ve donat per:

$$Lead\ Time = \frac{Inventari}{Producció} \quad (Eq. 5)$$

A continuació es mostra el VSM obtingut per cada família.

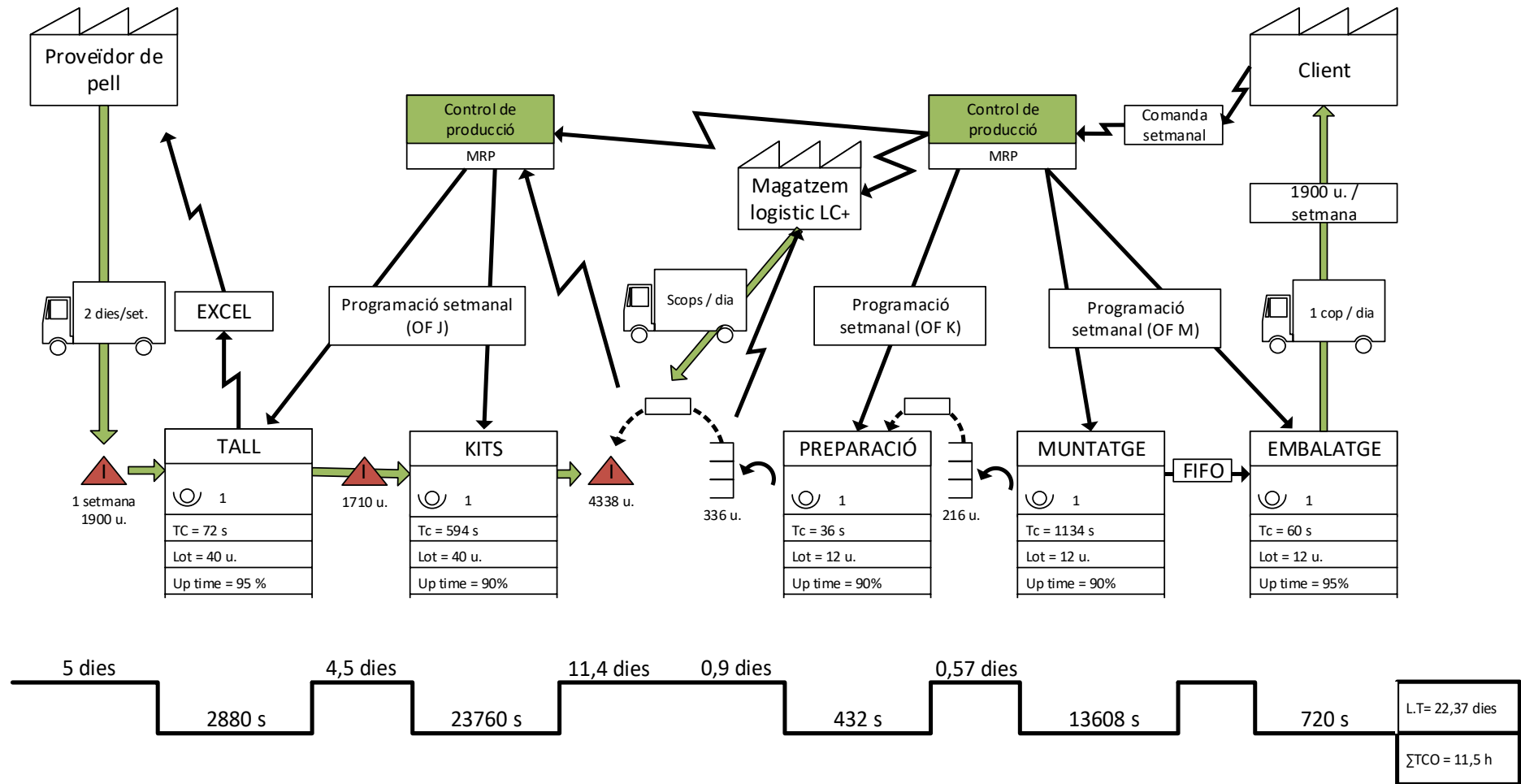


Figura 5 VSM estat inicial (Família Aruba). Font: Elaboració pròpia

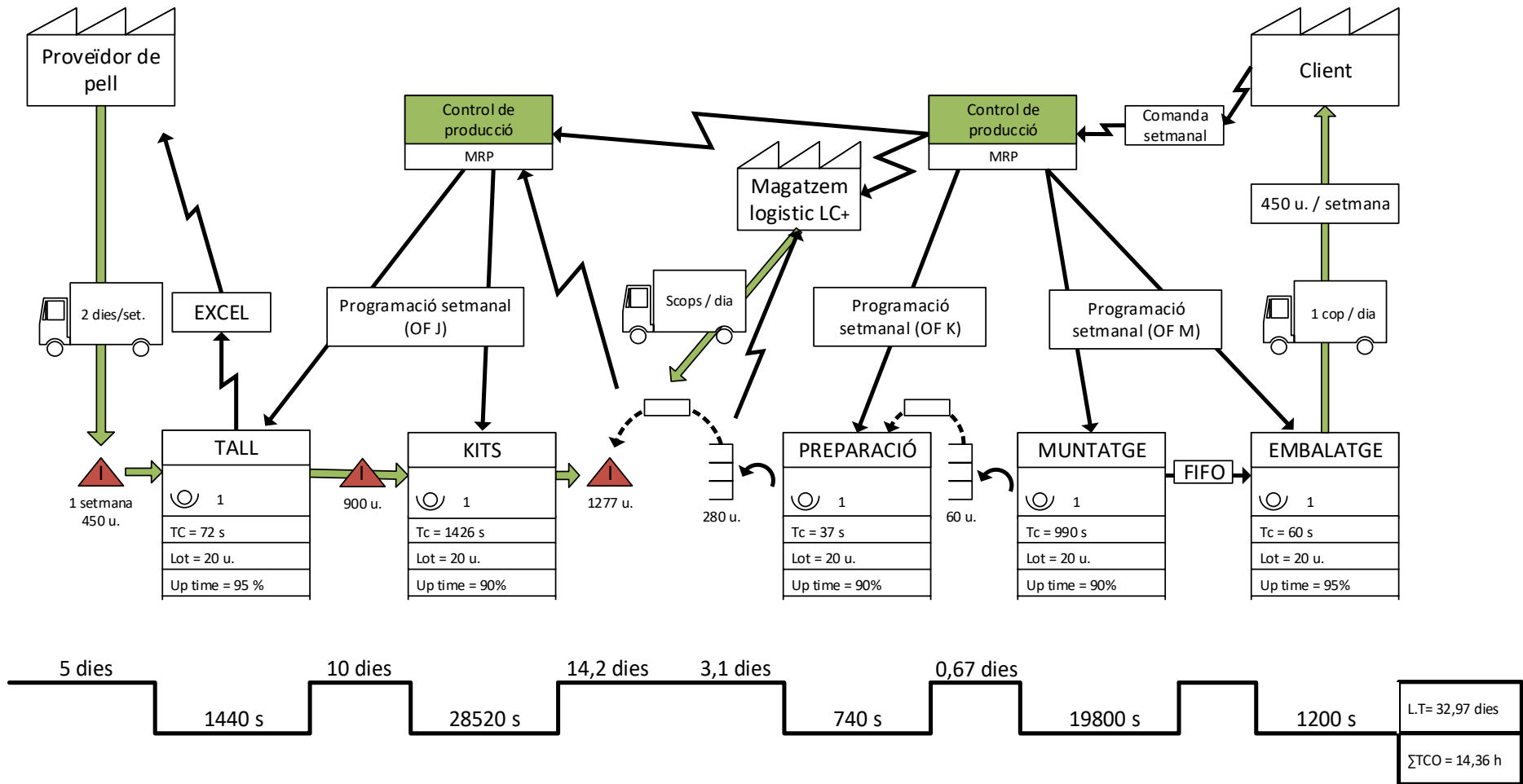


Figura 6 VSM estat inicial (Model Cashel). Font: Elaboració pròpia

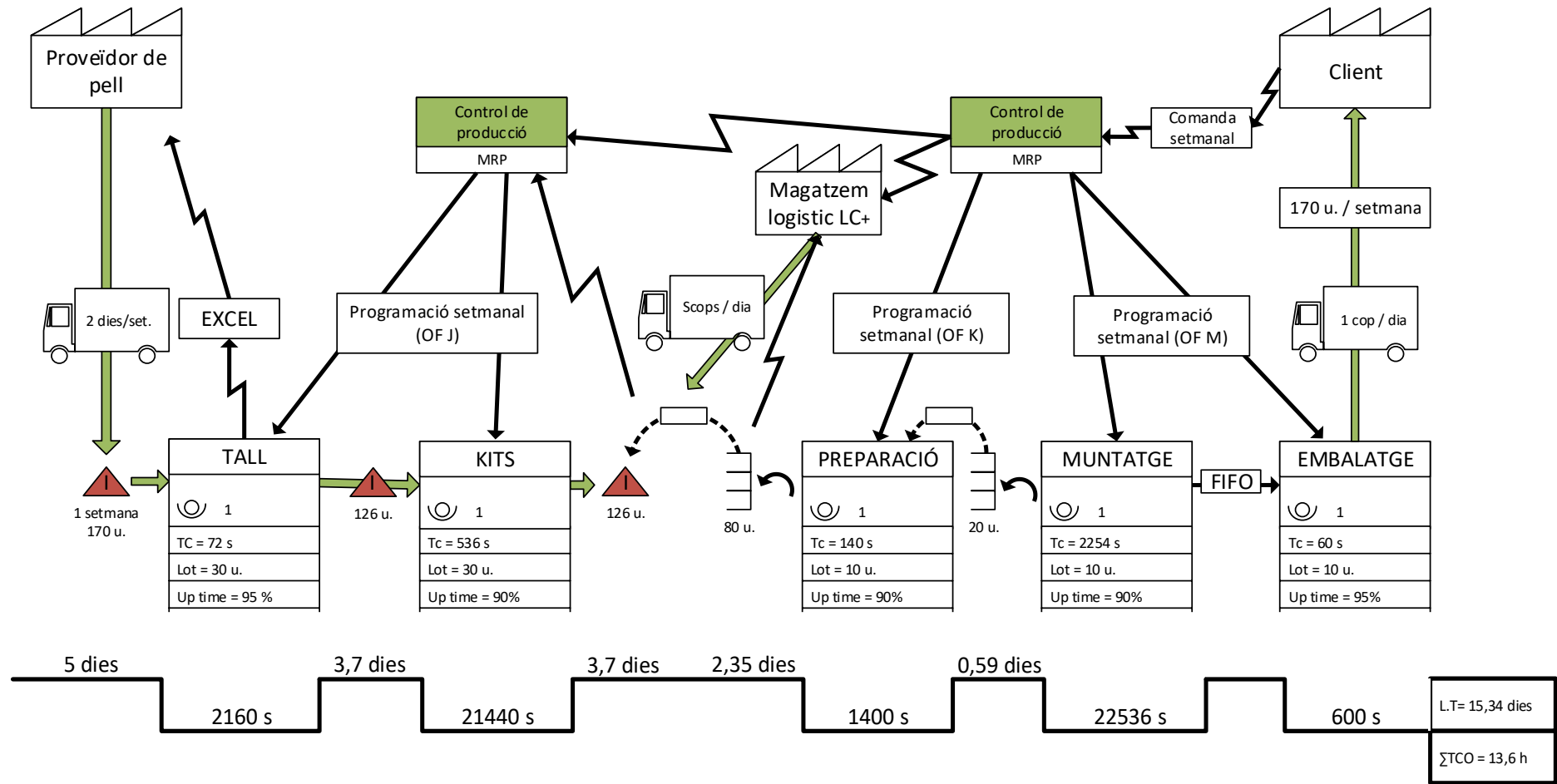


Figura 7 VSM estat inicial (Model Montana). Font: Elaboració pròpia

L'escala de temps del mapa ens mostra que el sumatori dels temps de cicle dels operaris (Σ TCO) per fabricar 1 unitat de producte oscil·la entre 11 a 14 hores. Així mateix, una unitat de l'Aruba empra un mitjana de 22,37 dies en travessar el corrent de valor (*lead time*), 33 dies en el cas del Cashel i 15,36 dies el model Montana.

5.2 Indicadors

Durant aquesta fase de mesura i al llarg de tot el projecte, s'han anat recopilant una sèrie de dades en forma d'indicadors o KPI's que ens permetran quantificar tant el punt de partida de la línia com, posteriorment, quina ha estat la millora real.

5.2.1 Quantitats

Un dels problemes detectats a la línia mixta és que el canvi de model els hi penalitza molt en el rendiment. És per aquest motiu que es va registrar les quantitats produïdes setmanalment de cada model.

A l'apartat C.2 dels Annexos a la Memòria s'ha recopilat tota aquesta informació per poder realitzar un posterior anàlisi.

5.2.2 Eficàcia

L'eficàcia és la relació entre els objectius marcats i els obtinguts. És un dels indicadors que més es segueix a la planta i reflecteix el rendiment de les línies de producció. Aquest indicador es mesura mitjançant el quocient:

$$Eficàcia (\%) = \frac{HPI}{HBT} \quad Eq. 6$$

On HPI són les Hores produïdes Internament i HBT les Hores Bones Treballades.

A l'apartat C.3 dels Annexos a la Memòria s'ha registrat diàriament l'evolució de l'eficàcia de la línia, un dels punts que més interessava a la direcció de la planta.

5.2.3 BPC

Les sigles BPC (*"Bon du Premier Coup"*, peces bones a la primera) esdevenen un indicador de qualitat i reflecteix la quantitat de peces que arriben a control i surten de la línia sense cap defecte.

Per poder mesurar aquest indicador, al final de la línia disposen d'una fulla on es registren els retorns produïts així com la causa per el que s'ha retornat. A la Taula 5 es mostra les dades recollides en el transcurs del primer quadrimestre del 2021.

Setmana	Total peces OK	Total peces K.O.	%BPC
5	3235	452	86,0%
6	4500	614	86,2%
7	5985	920	84,6%
8	5523	624	88,4%
9	5470	171	96,9%
10	5535	410	92,2%
11	8040	576	92,8%
12	5345	520	90,2%
13	1835	373	79,7%
14	3205	235	92,7%
15	5805	643	88,9%
16	3580	311	91,3%

Taula 5 Seguiment BPC

5.2.4 Repos

Les *Repos* (Reposicions) són peces que presenten defectes de qualitat per causes diverses (tall de la pell, proveïdor, defectes en la pròpia línia de costura, pintura...) i no es poden utilitzar per la producció del producte final, per el que s'han de substituir per altres peces bones.

Com que la línia disposa d'un sistema informàtic per demanar les Reposicions, s'ha realitzat un registre des de la creació inicial de la línia (juny 2020) fins a l'última setmana de projecte.

A l'apartat C.4 dels Annexos a la memòria s'ha mesurat la quantitat de *Repos* per cada model treballat, el cost econòmic així com el percentatge de reposicions fetes respecte el total de peces produïdes.

5.3 Matriu de polivalència

En cèl·lules en U és de vital importància que tot l'equip de producció conegui totes les operacions del procés, respectant la productivitat i la qualitat. És per aquest motiu que s'ha utilitzat com a eina la matriu de polivalència, que identifica les capacitats individuals de cada persona.

Per tal de definir els criteris d'avaluació, s'ha utilitzat el sistema ILUO, format per 4 nivells:

I Compren i aplica les instruccions de treball i les normes de seguretat

L (...) i assegura la qualitat de totes les instruccions de l'estació de treball

U (...) i realitza les operacions en el temps estàndard

O (...) i pot ser referent o formador

Aquesta eina es va utilitzar a l'inici del projecte per conèixer l'estat inicial de la línia i així poder reforçar la formació del personal.

	ESTACIONS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Montse Lopez	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Judit Tejero	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Tatiana Tyshchenko	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cristina Garcia	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Mimi Romero	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Esperanza Izquierdo	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Figura 8 Matriu de polivalència. Font: Elaboració pròpia

5.4 Observació instantània de la muda

L'enginyer industrial japonès Taiichi Ohno, que va dissenyar el sistema de producció Toyota, Just In Time, va identificar i categoritzar els malbarataments (mudes) en 7 tipus diferents:

- Moviment de persones i/o de material que no aporta valor afegit
- Inventari
- Defectes o re-treballs
- Sobre-producció, produir en excés o amb massa antelació
- Temps d'espera
- Sobre-processament d'un treball que no és percebut pel client
- Transport

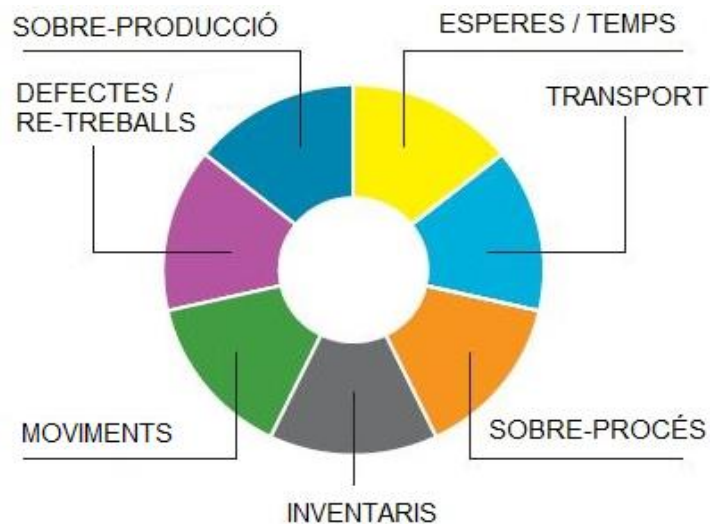


Figura 9 Les 7 mudes. Font: [4]

Per tal de registrar les fonts de malbaratament de la línia, es va crear una eina d'observació instantània (Figura 10).

Durant la setmana 11 es va realitzar una observació per cada torn. En un període de 30 minuts, a cada observador se li assignava una persona i aquest/a havia de registrar per cada minut si es feien accions que aporten valor afegit al producte i/o aquelles que formen part d'algun tipus de malbaratament (muda) i registrar-les en la casella corresponent. Al finalitzar aquesta, es va sumar cadascuna de les caselles i es va realitzar un Diagrama de Pareto. A partir del qual es va identificar quines eren les mudes que tenien més pes i quines accions podíem realitzar per tal d'eliminar-les o reduir-les al màxim.

KITS 07/04

no hauria Negues!
no se'cedebent

Minut	VA	1 Desplazamiento o cambio de estación	2 Puesta a punto de la estación	3 Organización línea	4 Limpieza línea	5 Mantenimiento	6 Calidad	7 Absencia de línea	8 Otros	ESTACIÓ	Notes
Minut 1											
Minut 2											
Minut 3											
Minut 4											
Minut 5											
Minut 6											
Minut 7											
Minut 8											
Minut 9											
Minut 10											
Minut 11											
Minut 12											
Minut 13											
Minut 14											
Minut 15											
Minut 16											
Minut 17											
Minut 18											
Minut 19											
Minut 20											
Minut 21											
Minut 22											
Minut 23											
Minut 24											
Minut 25											
Minut 26											
Minut 27											
Minut 28											
Minut 29											
Minut 30											

TOTAL: 120 / 4 2 1 1 3 3 4

ACCIONES INSTANTÁNEAS:
1 Formación
2 colocar los parámetros en plantilla.

Perímetre observat :

Hora	VA	1 Desplazamiento o cambio de estación	2 Defectos/ re-trabajos	3 Sobre-producción	4 Tempos/ Esperes	5 Transport	6 Sobre-procés	7 Inventaris	8 Altres	ESTACIÓ	Notes
Minut 1											
Minut 2											
Minut 3											
Minut 4											
Minut 5											
Minut 6											
Minut 7											
Minut 8											
Minut 9											
Minut 10											
Minut 11											
Minut 12											
Minut 13											
Minut 14											
Minut 15											
Minut 16											
Minut 17											
Minut 18											
Minut 19											
Minut 20											
Minut 21											
Minut 22											
Minut 23											
Minut 24											
Minut 25											
Minut 26											
Minut 27											
Minut 28											
Minut 29											
Minut 30											
Total											

Figura 10 Registre de Observació instantània de les 7 mudes. Font: Elaboració pròpia

A continuació es mostra el Pareto obtingut de cada torn.

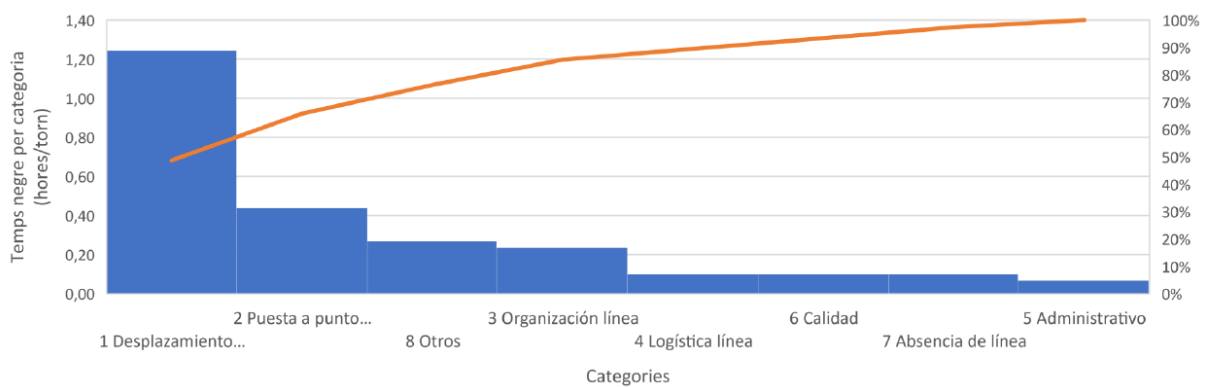


Figura 11 Pareto Observacions instantànies torn A. Font: Elaboració pròpia

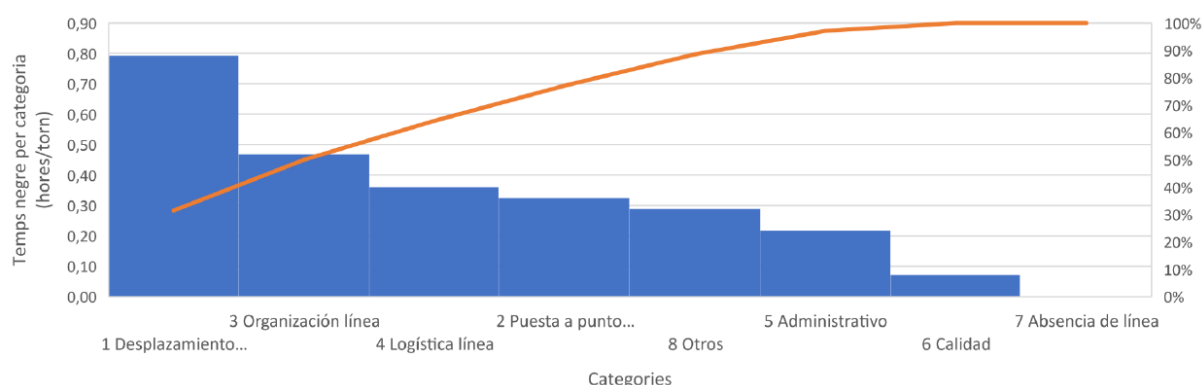


Figura 12 Pareto Observacions instantànies torn B. Font: Elaboració pròpia

Un cop obtingut el rànquing de categories, es va proposar un pla d'acció per cadascuna de les 3 categories amb més pes i es va calcular per cadascuna el guany de peces per cada torn de treball, tal i com es pot veure a les Taules 6 i 7.

Guany peces/torn	Categoria	Descripció	Responsable	Data	Estat
1,24	1 Desplaçament línia	Afegir pistoles per encolar al banc de pintura	Tània	12 abr	Fet
0,44	2 Posada a punt de l'estació	Anàlisi unificar peces al encunyat de la màquina SàC	Adrià / Tània	22 abr	Pendent
0,27	8 Altres	Col·locar paràmetres a la plantilla de la marca	Tània	12 abr	En curs

Taula 6 Accions Observacions instantànies torn A

Guany peces/torn	Categoria	Descripció	Responsable	Data	Estat
1,24	1 Desplaçament línia	Afegir pistoles per encolar al banc de pintura	Tània	12 abr	Fet
0,47	3 Organització línia	Sistema visual estocs tècnics	Tània	9 abr	Pendent
0,36	4 Logística línia	Poka yoke a les caixes d'entrada per reduir el temps de comptabilització de les peces	Tània	22 abr	En curs

Taula 7 Accions Observacions instantànies torn B

5.5 Diagrama espagueti

Al detectar en l'activitat d'Observació Instantània de la muda que un dels malbarataments més significants era el desplaçament del personal, es va decidir realitzar el diagrama espagueti. Aquesta eina té la finalitat de determinar els fluxos de moviment dins la línia. Idealment aquests haurien de tenir forma de U en cada cèl·lula de treball.

A partir del plànol, s'ha representat els moviments observats de diferents marroquineres, d'on s'ha obtingut la distància recorreguda així com un pla d'accions de les observacions realitzades. A la Figura 13 es pot observar el diagrama realitzat pels dos torns, on quatre persones de la línia van poder participar i observar a les seves companyes.

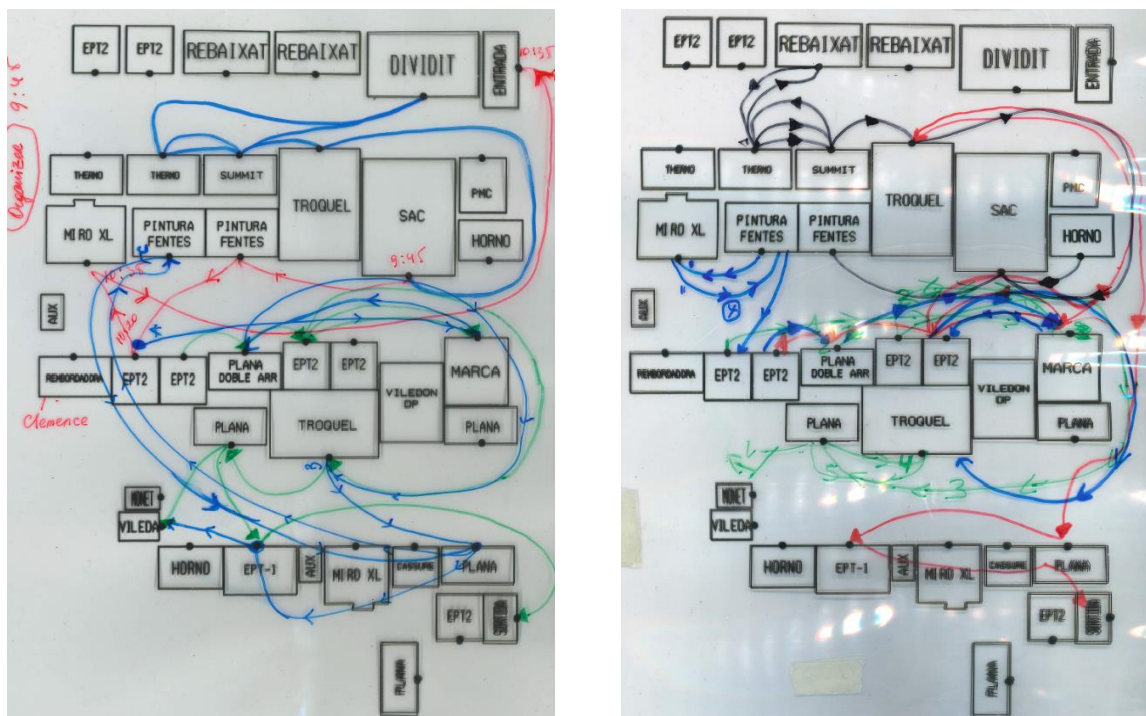


Figura 13 Diagrama espagueti realitzat pels dos torns. Font: Elaboració pròpia

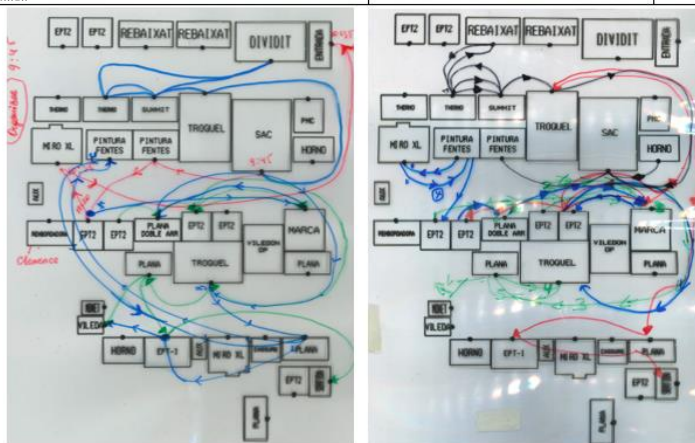
Un cop finalitzada l'activitat, es va redactar un pla d'accions amb el problema detectat en l'observació, l'acció a dur a terme, la persona responsable, data estimada i estat d'aquesta, tal i com es pot observar a la Figura 14.



DATA	LÍNIA	MODEL	TORN
17/03/2021	Kits	Organizer	A
18/03/2021	Kits	Organizer	B

Activitat:	DIAGRAMA SPAGHETTI
------------	---------------------------

PROBLEMA / OBSERVACIÓ	ACCIONS	QUI	DATA ESTIM.	PLANIFICAT	EN CURS	VERIFICAT
Reflux entre la Taula EPT-2 i la Marca perquè es posa l'adhesiu després de marcar	Canvi de layout	Tània	17/04/2021			
S'ha de troquelar peça per peça treballant a lot de 15 ud.	Troquel per més peces alhora	Tània	31/03/2021			
L'estació amb la màquina plana de doble arr està ocupada i avancen operacions	Revisar temps Estació	Tània	31/03/2021			
lots de treball molt grans?	Revisar mètodes	Tània	22/03/2021			
Es creen encursos fixes a la línia	Crear parelles d'ancurs / torn	Asun	22/03/2021			
Es salten la primera estació de pintura i fan refluxos per pintar	Treballar-ho amb l'equip	Asun	22/03/2021			
Es troben que només una persona pot fer SC o pintar perquè els hi falta una vileda	Afegir una vileda	Tània	26/03/2021			
Repartiment de cèl·lules arbitrari i diferent entre equips	Redefinir límits entre Prepa i Muntatge	Adrià / Tània	26/03/2021			
Equips descompensats, 1 torn es troba l'encurs a l'entrada (4 persones sense caixa)	Treballar amb l'equip per respectar el FIFO i deixar l'encurs a l'estació que toca	Asun / Tània	26/03/2021			
Diferents ritmes, en el moment que es troben s'altera el fluxe i no s'adelanten	Treballar adelantaments. Formació en sala	Asun / Tània	29/03/2021			



**Gràcies a les participants:
Tàtiana, Cristina, Silvia i
Montse!!!**

→ S12 "IRRITANTS"

Figura 14 Pla d'accions resultant del diagrama espagueti. Font: Elaboració pròpia

D'altra banda, el recorregut òptim per cada model de les 3 cèl·lules en U que formen part de la línia és l'indicat a la Taula 8. També es mostra el recorregut real que es va representar a l'observació així com la diferència en percentatge de ambdós valors.

Model	Recorregut òptim (m)	Recorregut real observat (m)	Increment desplaçament real vs l'òptim (%)
ARUBA	48,4	66,2	37%
CASHEL	53,5	57	7%
MONTANA	47,3	52	10%

Taula 8 Recorregut òptim vs. flux real de la línia

5.6 Cronometratge

Per tal de controlar la variable “temps”, es va realitzar gravacions a partir d'una tableta electrònica. De forma que es va registrar el mètode i el cronometratge de totes les operacions que formen part de cada model. Aquesta eina resulta indispensable, ja que els temps operacionals estandarditzats no sempre es corresponen a la realitat. El temps operacional depèn del coeficient d'activitat individual de cada persona. Aquest coeficient té en compte la rapidesa o l'agilitat amb el que es desenvolupen les operacions manuals.

Operacions model: Aruba	Temps teòric (h)	Temps real (h)	Increment (Δt)
Dividit Poche CC, Poche Plate, Poche Croisée, Petite Poche i Gorge	0,0058	0,0080	27%
Rebaixat Poche CC, Poche Plate, Poche Croisée, Petite Poche i Gorge	0,0190	0,0216	12%
Posar transfer Poche CC	0,0043	0,0020	-111%
Thermo summit Petite Poche, Poche Croisée i Poche Plate	0,0187	0,0137	-36%
Encunyat Poche Plate	0,0049	0,0046	-6%
Surcoupe à Chaud Poche CC, Poche Croisée i petite Poche	0,0107	0,0118	9%
Pintar Fentes Poche CC	0,0079	0,0108	27%
Banc de pintura Poche Plate, Poche Croisée i Petite Poche	0,0070	0,0045	-54%
Posicionar similis Poche CC	0,0128	0,0129	1%
Costura similis Poche CC	0,0094	0,0085	-10%
Marca Poche Petite	0,0120	0,0080	-50%
Auto Poche CC	0,0157	0,0126	-25%
Costura unió Poche Petite a Poche CC	0,0134	0,0139	3%
Costura decorativa Poche Plate	0,0081	0,0073	-11%
Encuny Poche CC	0,0045	0,0047	4%
Sous Couche unitària Poche CC	0,0040	0,0059	32%
Pintura unitària Poche CC	0,0040	0,0067	40%
Control	0,0131	0,0104	-26%

Taula 9 Resultat cronometratge temps real model Aruba

Operacions model: Cashel	Temps teòric (h)	Temps real (h)	Increment (Δt)
Dividit Poche CC, Soufflet, Gorge i Empiecement	0,0067	0,0055	-22%
Affichage	0,0480	0,0255	-88%
Thermo Soufflet	0,0012	0,0023	47%
Summit Soufflet	0,0087	0,0079	-10%
Encuny Soufflet, Poche Fag, Corps Exterior, Gorge i Tirette Dessus	0,0316	0,0322	2%
Surcoupe à Chaud Poche CC	0,0068	0,0082	17%
Pintura Fentes	0,0238	0,0229	-4%
Pintura en banc Gorge	0,0030	0,0059	49%
Reembordat Scie Poche Monnaie	0,0077	0,0210	63%
Posicionar similis Poche CC	0,0307	0,0246	-25%
Costura similis Poche CC	0,0161	0,0069	-134%
Auto Poche CC	0,0095	0,0094	-1%
Muntatge cremallera Poche Fag sobre plantilla	0,0194	0,0148	-31%
Costura cremallera Poche Fag amb doble agulla	0,0074	0,0074	-1%
Viledon DP Poche Fag	0,0029	0,0071	59%
DF Poche Fag	0,0063	0,0067	6%
Encuny Poche Fag	0,0084	0,0151	44%
Costura Poche Fag	0,0169	0,0089	-90%
Sous couche unitària Poche Fag i Corps Exterior	0,0195	0,0200	3%
Pintura en banc Poche CC i Corps Exterior	0,0083	0,0221	62%
Costura Poche CC	0,0277	0,0295	6%
Cassure Soufflet	0,0052	0,0098	47%
Costura Soufflet	0,0213	0,0147	-45%

Taula 10 Resultat cronometratge temps real model Cashel

Operacions model Montana	Temps teòric (h)	Temps real (h)	Increment (Δt)
Dividit Poche CC Haut, Poche CC Bas, Poche Billet, Dbl Corps	0,0072	0,0072	0%
Rebaixat Poche CC Haut, Poche CC Bas, Poche Billet, Dbl Corps	0,0267	0,0092	-45%
Thermo Summit Poche CC Haut i Poche CC Bas	0,0128	0,0160	20%
Encuny Poche CC Haut, Poche CC Bas, Poche Billet, Dbl Corps	0,0253	0,0221	-15%
PMC Poche Billet	0,0080	0,0099	19%
Banc de pintura Poche CC Haut i Poche CC Bas	0,0108	0,0083	-30%
Costura Poche CC Haut i Poche CC Bas	0,0416	0,0202	-3%
Viledon DP Poche Billet	0,0050	0,0056	10%
Encuny Poche Billet	0,0055	0,0081	32%
Banc de pintura Poche Billet	0,0030	0,0052	42%

Taula 11 Resultat cronometratge temps real model Montana

6 ETAPA 3: ANÀLISI (*ANALYSIS*)

En aquesta tercera etapa del DMAIC s'analitzen les dades obtingudes de cadascuna de les eines utilitzades en el període de mesura.

6.1 *Value Stream Mapping (VSM)*

La font més important de malbaratament és l'excés de producció, és a dir, produir més ràpid i més aviat del que exigeix el procés posterior. L'excés de producció és l'origen de tot tipus de pèrdues, excés d'inventari i, per tant, de recursos monetaris immobilitzats.

La finalitat que persegueix la filosofia *Lean* és fabricar únicament el que necessita el procés següent i connectar tots els processos cap endavant i enrere, des de el consumidor final fins la matèria primera, al llarg d'un flux uniforme que afavoreixi terminis d'entrega més curts, amb major qualitat i minimitzant el cost.

Per tal d'elaborar una cadena de valor *Lean* s'han de seguir una sèrie d'estratègies, que es defineixen a continuació.

1) Produir respecte el *Takt-time*

Pot semblar una tasca fàcil de realitzar però requereix reaccionar ràpid a problemes dintre del cicle (interrupcions, aturades de màquines) i eliminar el temps de canvi entre productes.

2) Flux continu

Sempre que sigui possible és important que la producció sigui peça a peça. El flux continu és la forma més eficaç de produir.

3) Supermercats

Existeixen punts dins la cadena de valor on és necessari produir per lots, normalment pel cas on hi ha cicles de producció molt ràpids o lents o es precisen canvis en la fabricació.

Utilitzar supermercats per a controlar la producció és un sistema que té com a objectiu controlar la producció en el procés de subministrament sense tractar de programar-la, controla la producció entre fluxos. En el procés intervé el client, que va al supermercat i retira el que necessita quan ho necessita, i el procés de subministrament, que produeix per reposar el que s'ha retirat.

S'utilitzen targetes *kanban*. Una targeta *kanban* de "producció" posa en marxa la producció de peces i la targeta *kanban* de "retirada" és una llista de compra que dona instruccions al manipulador de material per obtenir i transferir peces.

- 4) Tractar d'introduir la programació del client en un sol procés productiu
- 5) Anivellar la combinació de productes

L'anivellament implica distribuir la fabricació de diferents productes uniformement al llarg del període per tal d'evitar que a la sortida el client vulgui un producte que no s'estigui fent en aquell moment. D'aquesta forma, a les línies de producció es fabrica alternant lots petits de diferents SKU's d'un model. Aquest fet però, comporta complexitat en el muntatge, ja que multiplica el número de canvis entre productes.

- 6) Anivellar el volum de producció

És important crear un flux amb petites quantitats regulars de treball. Per tal de crear un ritme uniforme o anivellat es considera com a unitat de mesura bàsica: 1 caixa, que conté un lot de treball determinat en funció del temps de cicle del procés.

- 7) Adoptar mesures per a fabricar "cada peça cada dia"

La reducció del temps de canvi entre productes i la fabricació de lots més petits en processos anteriors permeten reaccionar més ràpidament a les necessitats de canvis en processos de més endavant.

6.1.1 Mapa de la situació futura

La finalitat del mapa de la cadena de valor es posar de relleu les fonts de malbaratament i eliminar-les.

El VSM de la situació actual fa patent la gran diferencia de temps existent entre el sumatori dels temps de cicle dels operaris (entorn a les 11-14 hores) i el *lead time* (entre 15-33 dies).

Això es deu principalment als grans volums d'inventari just després del processat dels kits. Per el model Aruba i Cashel hi ha un estoc generat de 2 setmanes, el que fa augmentar molt el *lead time*.

6.2 Indicadors

6.2.1 Quantitats

A la Figura 15 s'ha representat l'històric de producció per cada família de productes des de setmana 7 a setmana 16.

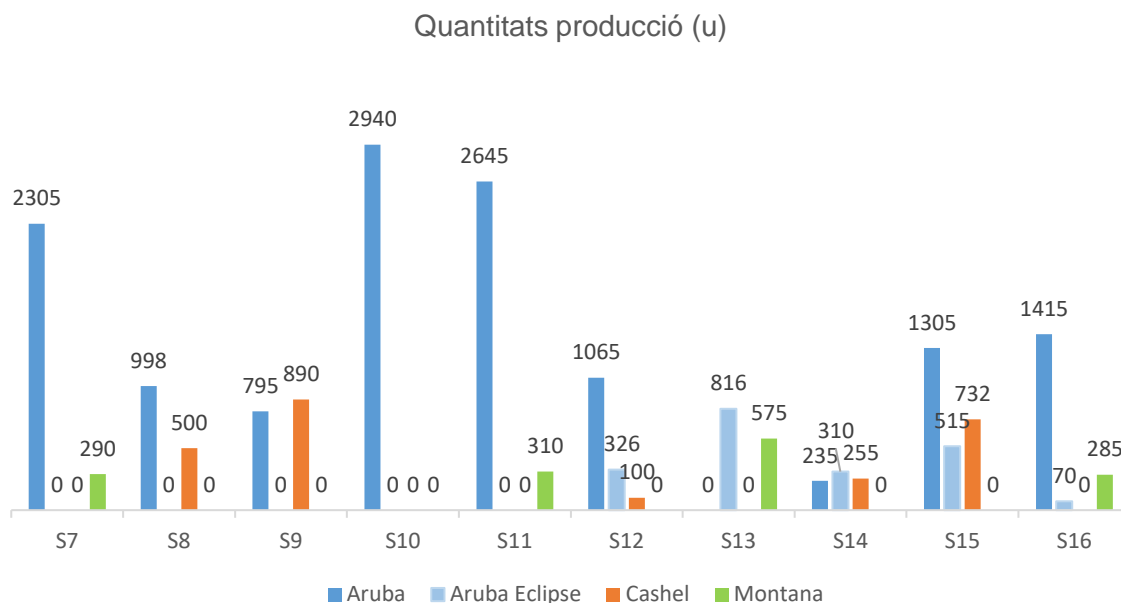


Figura 15 Producció setmanal per model. Font: Elaboració pròpia

Tal i com es pot veure, no hi ha cap ordre d'entrada sinó que es va entrant els diferents SKU's en funció de les necessitats del moment o les ordres de fabricació (OF's) llançades per els muntatges. Tot i conèixer la demanda setmanal, les caixes treballades per la línia no es corresponen amb la demanda (Aruba: 1900 unitats/setmana, Cashel: 450 unitats/setmana i Montana: 17 unitats/setmana), sinó que van entrant en funció de la prioritat de la setmana. Aquest fet té com a conseqüència situacions tenses en determinats models quan es deixen de produir més d'una setmana consecutiva i, a més a més, comporta una baixada en l'eficàcia de la línia cada cop que es canvia de model.

És per aquest motiu que una de les accions proposades a nivell d'organització serà el de definir la seqüenciació d'entrada i així poder equilibrar la línia.

6.2.2 Eficàcia

Al gràfic de la Figura 16 es pot veure l'evolució de l'eficàcia al llarg del primer quadrimestre del 2021.

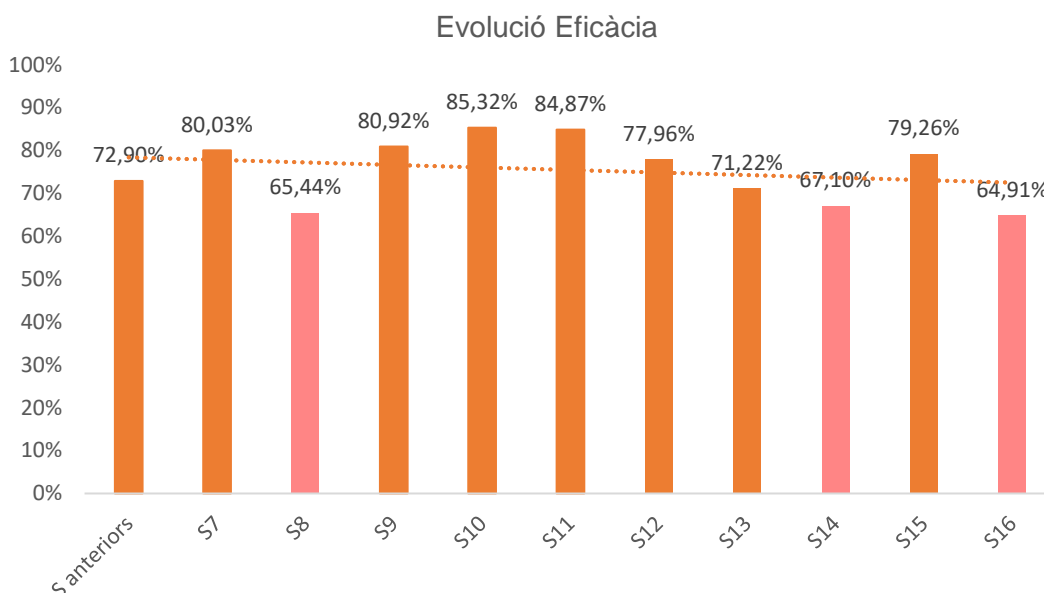


Figura 16 Evolució eficàcia primer quadrimestre de l'any 2021. Font: Elaboració pròpia

Gràcies al seguiment de l'eficàcia, es pot veure que la tendència global de la línia és irregular. Concretament, hi ha una baixada considerable (destacat en vermell al gràfic de barres) a la setmana 14 i 16. Això és degut a que es va entrar a la línia un nou model d'Aruba: l'Aruba Eclipse. És habitual que pel fet d'entrar novetat a la línia es vegi reflectit en l'eficàcia, ja que el personal de producció necessita un període d'adaptació i formació.

6.2.3 BPC

A continuació (Figura 17) es mostra el gràfic de dades recollides de setmana 5 a setmana 16.

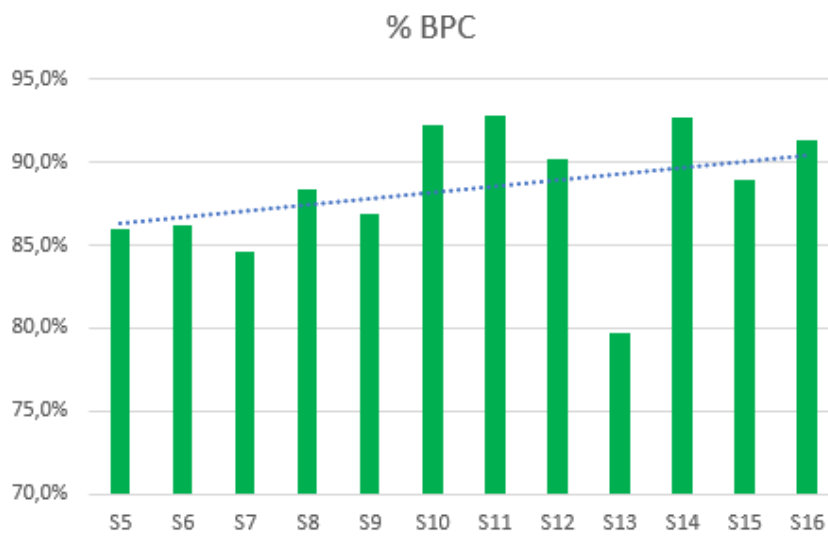


Figura 17 Evolució BPC (2021) . Font: Elaboració pròpia

Tot i que la tendència observada és positiva, la mitjana és del 90,4%, allunyat de l'objectiu ideal del 100% i del realista fixat a l'inici del projecte del 95%. Cal destacar que hi ha una baixada a les setmanes 12 i 13, que de nou coincideix amb l'entrada del nou model: Aruba Eclipse.

A la Figura 18 s'han analitzant els motius per el que el 9,6% de peces que arriben a control s'han de retocar.

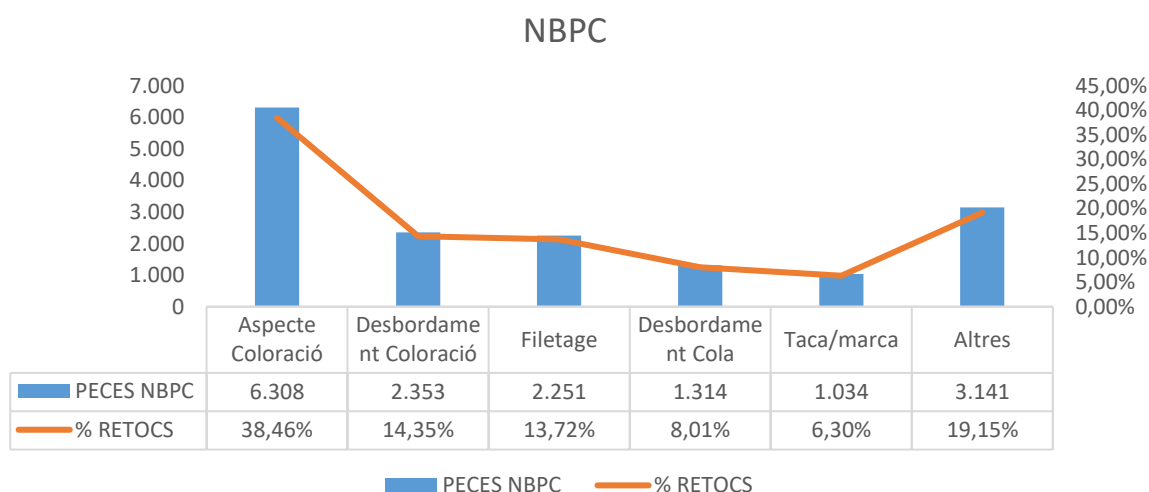


Figura 18 Anàlisi causes retocs (2021). Font: Elaboració pròpia

Més del 50% són per temes de Coloració del producte, ja sigui per l'aspecte visual o per el desbordament (s'ha posat molta quantitat de pintura i taca la peça).

6.2.4 Repos

Tal i com es troba detallat a l'Apartat C.4 dels Annexos a la Memòria, l'any 2020 les Reposicions fetes van suposar un total del 2,81% del valor produït. Aquesta xifra s'ha aconseguit reduir notablement aquest any ja que les xifres de *Repos* mesurades durant el primer quadrimestre del 2021 representen un 1,39% del total produït, dades molt pròximes a l'objectiu marcat a l'inici del projecte, de baixar de l'1%.

Aquesta baixada és deu possiblement a que la línia necessita un període d'adaptació per tal de treballar 3 famílies de models alhora.

Per detectar les possibles millores per assolir l'objectiu, s'analitzen les causes de les Reposicions realitzades durant el primer quadrimestre del 2021. Com que el model Cashel només presenta el 0,25%, es centrarà a buscar el motiu principal de *Repos* dels models Aruba, amb l'1,9% i Montana, amb un 1,34%.

Així doncs, tal i com es pot veure a la Figura 19, els 3 motius principals per els que s'ha demanat la reposició d'una peça són: el 44,27% és degut al procés de *Surcoupe*, on es talla la peça amb forma aplicant calor, el 16,18% és a la marca que deixa a la pell el cremat de fils i el 14,46% té a veure amb el dividit de la pell (treure-li gruix).

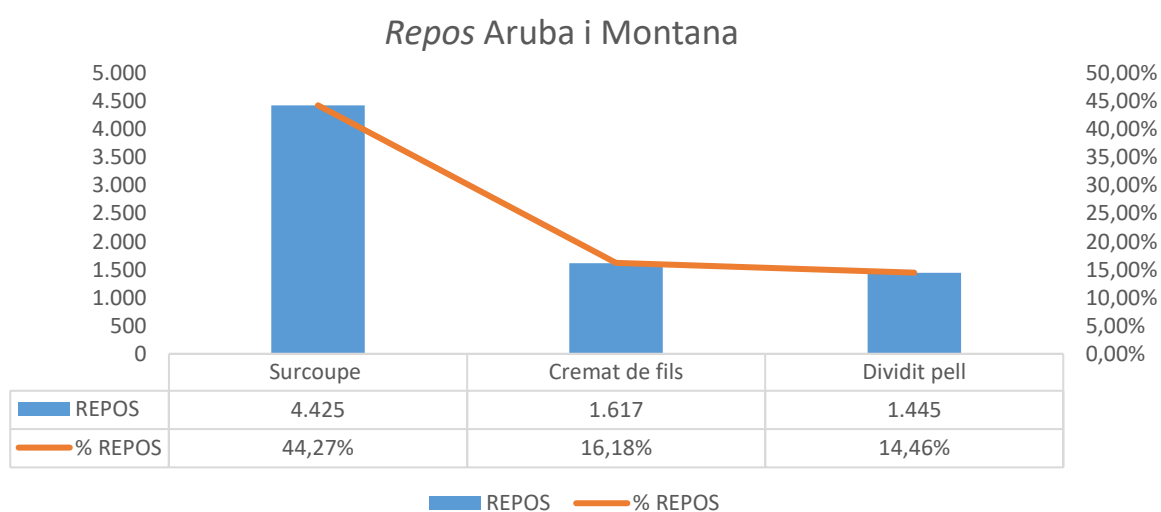


Figura 19 Percentatge de Repos models Aruba i Montana (primer quadrimestre 2021). Font: Elaboració pròpia

Així les propostes de millora estaran enfocades a reforçar aquests punts principals.

6.3 Matriu de polivalència

La matriu de polivalència generada ens indica que la polivalència del torn A és del 79% mentre que per el torn B és del 73%. En general, es pot concloure que totes el personal de la línia multi-producte coneixen i asseguren la qualitat però són poques les persones que realitzen les operacions en el temps establert des de França. Només el 33% ha assolit el *takt-time*, és a dir, el ritme de demanda del client.

Això és degut a dos possibles causes. Per una banda, el temps establert des de França és possible que sigui més ajustat que altres models de la planta. Més endavant, es comprovarà amb el cronometratge realitzat a la línia.

D'altra banda, en la producció marroquinera intervé el factor humà. La cap de secció i personal de l'equip de suport indirecte comenten que gran part del personal de la línia són efectius que no tenen habilitats de costura, anteriorment no sabien on ubicar-los i han acabat a la línia de components de kits interns.

6.4 Observació instantània de la muda

Un cop obtingut el Pareto de l'observació instantània es pot veure que en ambdós casos, el temps de malbaratament més important es troba en els desplaçaments dintre de la línia, que representen 1,24 hores en el torn A i 0,8 hores per el torn B, respectivament.

D'altra banda, es detecta que una muda important en un dels torns és el de temps que s'empra en organitzar-se. S'observa que es troben sovint a les estacions, ja que tenen ritmes de treball diferents i, quan es troben, aprofiten per avançar altres processos, deixant les caixes en l'estació de treball on s'estan esperant teòricament. Això provoca que es tornin a trobar un altre vegada més endavant i que contínuament hagin d'estar buscant la seva caixa.

Amb tot el comentat anteriorment, s'analitza treballar amb un sistema en el que es redueixin els desplaçaments i en que el flux de les caixes sigui continu.

6.5 Diagrama espagueti

D'aquesta observació es va comprovar que per els models Cashel i Montana, l'ordre de les estacions era el correcte, si havien realitzat més desplaçaments era per un tema organitzatiu. Respecte el model Aruba però, el disseny del *Layout* no era l'òptim ja que tot l'equip feia refluxos en el desplaçament al arribar a la màquina de la marca. Es va observar que tot l'equip feia el mateix moviment i deien que no els hi quedava bé la marca si posaven l'autoadhesiu de la peça *Poche CC* posteriorment i no al revés, per el que es va decidir disposar d'una taula després de marcar per poder invertir l'ordre dels processos.

6.6 Anàlisi Cronometratge

A partir del registre del temps real en les operacions es va poder veure el potencial real de la línia. A la Taula 12 es resumeix quin és aquest potencial per cadascun dels models.

Model	Temps teòric (h)	Temps cronometrat (h)	Potencial (%)
Aruba	0,165	0,158	104,43%
Cashel	0,337	0,328	102,68%
Montana	0,146	0,141	105,61%

Taula 12 Potencial de la línia

Així, considerant el pes de cada model (75,4% del model Aruba, 17,9% del Cashel i 6,7% del Montana), el potencial global de la línia és d'un 104,2%.

Tenint en compte la mitjana de resultats a setmana 16, que és del 75% de rendiment, es té un marge de millora de quasi un 30%. Així, les accions proposades han d'anar focalitzades en reduir el temps de malbaratament.

7 ETAPA 4: MILLORES (*IMPROVE*)

En aquesta quarta etapa del DMAIC es desenvolupa i s'implementen les accions de millora a la línia. S'ha dividit aquestes accions en 3 tipus de millora:

- Millores organitzatives: són aquelles que tenen a veure amb la gestió i el funcionament de la línia.
- Millores de procés: associades a agilitzar el mètode de producció.
- Millores qualitatives: són més difícils de quantificar però persegueixen la qualitat i l'eficiència.

7.1 Millores organitzatives

7.1.1 Sistemes de participació del personal (SPP)

Aconseguir la implicació del personal és controvertit però és vital per aconseguir la seva motivació al lloc de treball.

A nivell global, es detecta que hi ha desconfiança als mètodes de treball proposats des del departament *Lean*. És per aquest motiu que la setmana 12 ha estat la dels "irritants". La idea d'aquesta activitat és que les marroquineres exposin les seves idees, problemes o oportunitats de millora mitjançant una "pissarra" amb pòsits. Per tal de tenir control visual de les accions es va millorar aquesta i es va distingir en tres colors: vermell (accions pendents), taronja (accions en procés) i verd (accions fetes), tal i com es mostra a la Figura 20. L'objectiu de la pissarra era donar-li resposta o solució a curt termini.



Figura 20 Pissarra irritants. Font: Elaboració pròpia

Gràcies a aquesta activitat es va poder observar que el 13% dels seus problemes eren derivats en l'organització, un 67% relacionats amb els recursos i eines i el 21% representava millores per la línia.

Analitzant cadascun dels pòsits es van veure moltes necessitats i/o problemes de la línia relacionats amb recursos i eines (tissors, tornavís, caixes, puntes cremadors de fils...) que es podien solucionar de forma àgil. Per el que es va concloure que no s'estava donant resposta ràpida als seus problemes diaris. De fet, parlant amb la cap de secció i les caps d'equip de cada torn, hi havien molts temes que estaven pendents d'algun extern (manteniment, prevenció...).

Al tractar-se d'una gran empresa, moltes gestions han de passar per diversos departaments i, per tant, el temps de resposta és elevat.

7.1.2 Anivellament de la càrrega de treball (Heijunka)

Una de les tècniques *Lean* que s'ha aplicat com a millora és el Heijunka. Aquesta tècnica s'utilitza per planificar i anivellar la càrrega de treball mitjançant previsions de demanda raonables. El seu objectiu és eliminar dos tipus de malbarataments: el MURI (sobrecàrrega del personal o de les màquines) i el MURA (desnivellament).

Així, a partir del temps de cada model, s'ha quantificat la seva càrrega i s'ha anivellat aquesta segons la demanda setmanal (Taula 4). A la Figura 21 es mostra el Heijunka proposat al micro-planificador de KITS.

Producte	PLANIFICACIÓ SETMANAL									
	DILLUNS		DIMARTS		DIMECRES		DIJOUS		DIVENDRES	
	Unitats	Caixa	Unitats	Caixa	Unitats	Caixa	Unitats	Caixa	Unitats	Caixa
Organizer	640	16		0		0	640	16	640	16
Clemence		0	260	13	190	9,5		0		0
Micro XS		0		0	170	5,7		0		0
Model nou		0		0		0		0		0
Càrrega diària (h)	105,60		102,96		100,57		105,60		105,60	

Figura 21 Heijunka. Font: Elaboració pròpia

L'inconvenient de treballar amb aquest sistema és que les ordres de fabricació es llencen des de un programa informàtic que ordena automàticament per ordre de prioritats, és a dir, en funció de quina és la línia de muntatge que està més tensa. Així que el micro-planificador ha de passar un correu setmanal a magatzem i al tall (que és el que alimenta a la línia de KITS

PM) especificant els canvis en aquestes ordres i fer un seguiment que realment s'estigui entrant les caixes tal i com s'ha definit. Durant les setmanes posteriors a setmana 14 es va treballar conjuntament amb el micro-planificador per tal de quadrar les OF's i així aconseguir anivellar la càrrega. A més a més, amb aquesta tècnica ens asseguràvem treballar cada setmana tots els productes.

7.1.3 Canvi en la metodologia de treball

Durant l'inici del projecte, el personal de producció manifestava el seu malestar de treballar fent *Nagares* de principi a fi, per el volum d'operacions de cada model. D'altra banda, durant el període d'observació de la línia, es va detectar que al coincidir 8 persones per torn i amb ritmes diferents, es trobaven sovint a les estacions de treball i es generava un gran temps d'espera per la disponibilitat de les màquines.

Primerament es consideren propostes com afegir més màquines i doblar alguna estació però la idea d'invertir més espai i maquinària no és la solució més eficient, ja que també s'augmentaria el temps de desplaçament (muda). Finalment, es proposa un nou mètode de treball. Com que la línia està formada per 3 cèl·lules en U, es planteja que estigui dividida de forma que hi treballin entre 2-3 persones màxim a cadascuna d'aquestes cèl·lules.

Per tal de comprovar que sigui possible, s'estima la quantitat de persones fent *Nagares* mitjançant la següent expressió:

$$\text{Nombre persones fent Nagares} = \frac{\text{Temps total}}{1,25 \times \text{Temps Estació coll d'ampolla}} \quad \text{Eq. 7}$$

I es realitza el càlcul per cadascuna de les cèl·lules (Taula 13 i 14).

MODEL ARUBA	Cèl·lula 1	Cèl·lula 2	Cèl·lula 3
Estació coll d'ampolla	2	12	20
Temps CB teòric (h)	0,0190	0,0128	0,0134
Temps CB real (h)	0,0216	0,0196	0,0164
Temps total teòric (h)	0,0527	0,0598	0,0497
Temps total real (h)	0,0500	0,0828	0,0754
Nombre persones Nagares (temps teòric)	2,22	3,74	2,97
Nombre persones Nagares (temps real)	1,85	3,38	3,68

Taula 13 Càlcul nombre de persones treballant per Nagares pel model Aruba (3 cèl·lules)

MODEL CASHEL	Cèl·lula 1	Cèl·lula 2	Cèl·lula 3
Estació coll d'ampolla	6	8	25
Temps CB teòric (h)	0,0316	0,0307	0,0277
Temps CB real (h)	0,0322	0,0246	0,0295
Temps total teòric (h)	0,0962	0,0976	0,1239
Temps total real (h)	0,0734	0,0988	0,1413
Nombre persones Nagares (temps teòric)	2,44	3,05	3,58
Nombre persones Nagares (temps real)	2,03	3,69	3,83

Taula 14 Càlcul nombre de persones treballant per Nagare pel model Cashel (3 cèl·lules)

Com es pot veure a les Taules 13 i 14, si és possible treballar d'aquesta forma fent *Nagare* i, a més, ens ho permet la flexibilitat d'efectius (calculat a l'apartat E.1 dels Annexos a la Memòria). Així que es porta a la pràctica. Tot i que entre una cèl·lula i l'altre no es creen estocs intermedis sinó que es planteja com a cèl·lules de treball flexibles.

Un dels objectius del *Lean Manufacturing* és la reducció d'inventaris i la producció en flux continu, de peça a peça. Per aquest motiu, el nou mètode de treball estableix que la persona que es troba a la cèl·lula 1 pugui avançar encara que hagi de saltar fins la següent cèl·lula i torna a començar en el moment que algú li agafa la caixa. De forma que la caixa amb el lot de fabricació és la que avança al llarg de la línia i no es creen inventaris.

7.1.4 Implantació tècnica 5S

Una de les tècniques bàsiques i fonamentals del *Lean Manufacturing* són les 5S. És una tècnica japonesa utilitzada per a la millora de les condicions de la feina a través d'una excel·lent organització, ordre i neteja en el lloc de treball i la base del sistema de gestió visual. Es basa en gestionar de forma sistemàtica els elements i materials d'un àrea de treball d'acord a 5 etapes preestablertes.

1'S	SEIRI	整理	CLASSIFICAR
2'S	SEITON	整頓	ORDENAR
3'S	SEISO	清掃	NETEJAR
4'S	SEIKETSU	清潔	ESTANDARDITZAR
5'S	SHITZUKE	躰	MANTENIR

Figura 22 Etapes tècnica 5S. Font: Elaboració pròpia.

Aquestes etapes són:

1. Classificar (*Seiri*): Distingir el que és necessari del que no ho és.
2. Ordenar (*Seiton*): Establir un lloc per a cada cosa i cada cosa al seu lloc.
3. Netejar (*Seiso*): Integrar la neteja com a part del treball diari i eliminar els focus de brutícia. "No és més net el que més neteja sinó el que menys embruta".
4. Estandarditzar (*Seiketsu*): Definició de mètodes d'ordre i neteja i desenvolupar un estàndard per a cada lloc de treball.
5. Mantenir (*Shitzuke*): Construir l'hàbit d'ordre i neteja i crear un sistema d'auditoria.

Durant la setmana 18 es va realitzar una formació de les 5S als dos equips de producció de la línia de KITS PM. En aquesta es va introduir un joc de construcció d'un *Legó* per tal de dinamitzar-ho i fer comprendre la importància de la gestió visual i l'ordre a la línia.



Figura 23 Imatges Formació 5S. Font: Elaboració pròpia

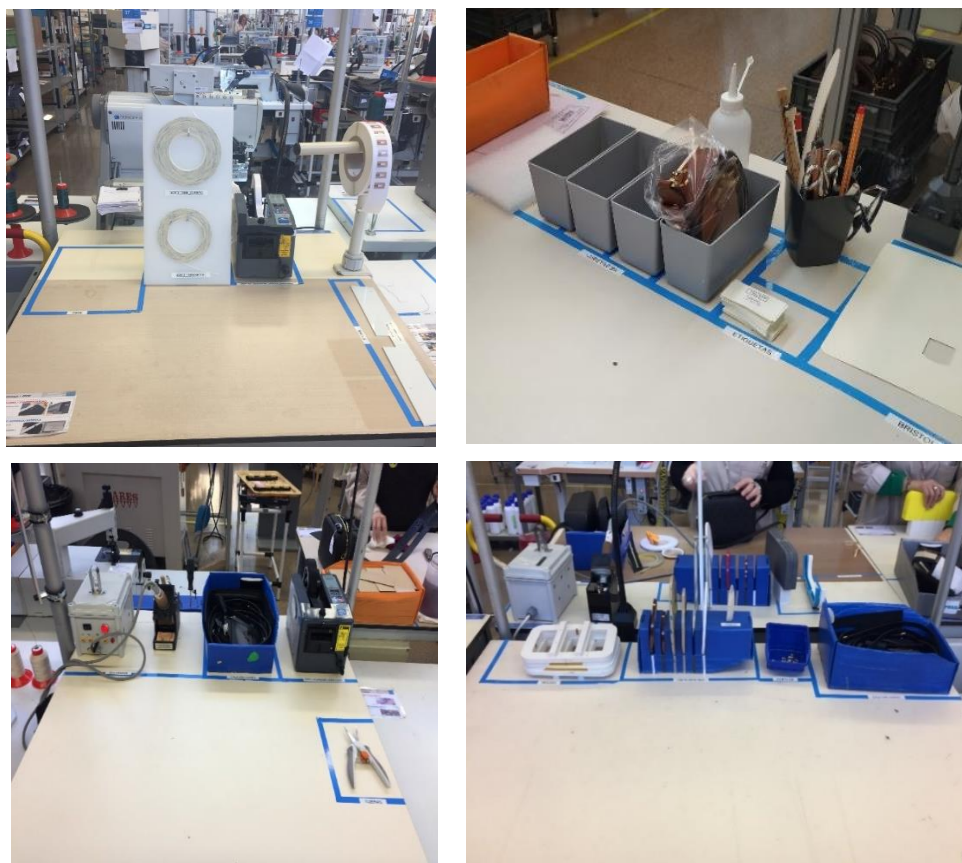


Figura 24 Resultats Implantació 5S. Font: Elaboració pròpia

La implantació de les 5S contribueix directament a l'eliminació de recerques de material, desplaçaments innecessaris i a la reducció de defectes, entre d'altres. A l'hora de buscar un element necessari per fer un canvi de referència, per exemple, es desconeix el temps emprat, si seran 10 segons o mitja hora, és per això que les recerques de material a la línia són un temps de malbaratament directe i una font de variabilitat del temps de cicle, el mateix passa amb les averies de les màquines.

D'altra banda, es va detectar que al treballar tants SKU's diferents, tenien molts fils a la línia per el que es va arribar a l'acord de crear un espai per un *kanban* de fils, de forma que a les estacions amb màquina de costura només hi hagués el tipus de fil del SKU a treballar en cada moment.

7.2 Milliores de procés

En aquest apartat es detallen totes aquelles milliores que tenen a veure amb la metodologia dels processos de producció.

7.2.1 Reducció en temps operacional

A la Taula 17 es detallen les milliores de procés que impliquen reducció de temps operacional i agilitzen els processos de producció.

Model	Descripció millora	Temps OP Inicial (h)	Temps OP Final (h)	Guany peces/dia
Aruba	Encuny múltiple Poche Plate (5 peces)	0,0028	0,0018	4,83
Aruba	Encuny múltiple Poche CC (5 peces)	0,0097	0,0033	5,42
Aruba	Motllo pintura unificat	0,0045	0,0031	14,67
Montana	Eliminar rebaixat DBL Corps	0,0059	0,0000	36,17
Aruba	Eliminar rebaixat Poche CC	0,0030	0,0000	14,67

Taula 17 Dimensionament milliores de processos operacionals

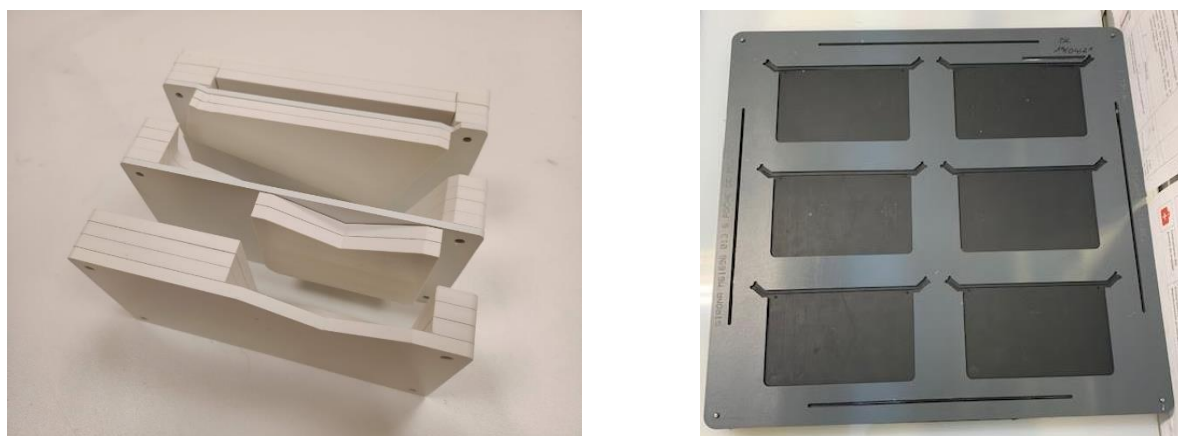


Figura 25 Milliores implantades (Dreta: encuny per més quantitats, esquerra: motllo de pintura).

Font: Elaboració pròpia

D'altra banda, s'ha de tenir en compte que algunes de les milliores de procés no només tenen un guany de temps sinó que també esdevenen una millora ergonòmica. Aquestes són molt importants per el personal que hi treballa 8 hores al dia. Un dels temes comentats en la fase d'observació de la línia era el mal d'esquena provocat degut als moviments que s'havien de

fer per encunyar les peces. Per tant, al reduir aquest moviment de 10 a 2 vegades, es redueix aquest impacte negatiu en la salut del personal.

7.2.2 Canvi de *Layout*

Al modificar el sistema de treball de la línia (de 1 sola cèl·lula a 3 cèl·lules flexibles) i, un cop analitzats els temps dedicats a cada estació de treball, s'observa que algunes estacions que estan doblades no cal que ho estiguin.

A més a més, quan es va realitzar el diagrama espagueti s'havia detectat que el disseny del layout no era l'òptim ja que tot l'equip feia refluxos en el desplaçament al arribar a la màquina de la marca.

D'altra banda, es preveu parlar la producció del model Cashel en setmana 23, per el que certes màquines que només s'utilitzen per aquest passaran a estar disponibles per altres línies.

Tenint en consideració tot l'esmentat anteriorment, es proposa realitzar un canvi de *Layout* en el que es pot alliberar algunes màquines i totes les estacions de treball quedaran amb el flux òptim de treball.

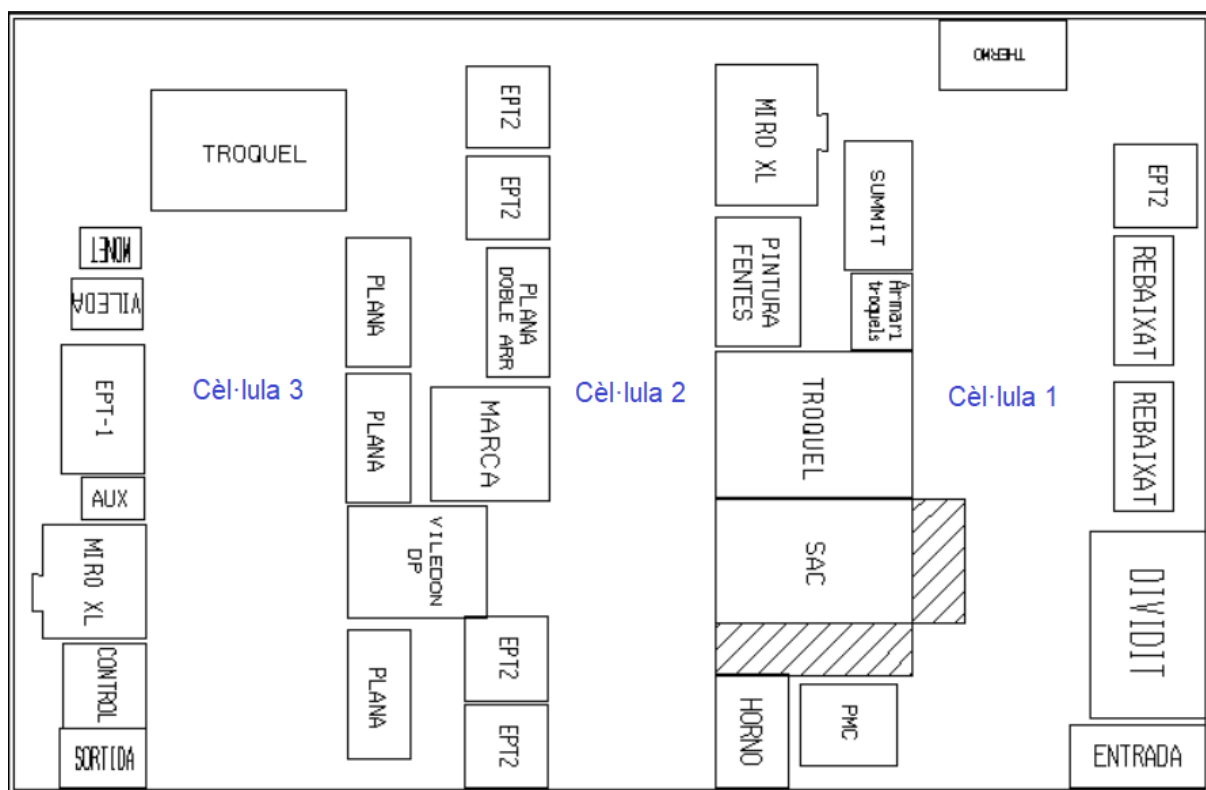


Figura 26 Nou Layout de la línia KITS PM. Font: Elaboració pròpia

En total s'ha alliberat un total de 7 màquines, que suposen uns 4,6 m² d'espai guanyat.

A més a més, al fer que el flux sigui l'òptim, considerant que es triguen uns 0,67 segons en recórrer 1 metre de distància, la distància recorreguda de més per tota una jornada laboral equival a un total de 0,25 hores per cada torn, que representen 11,4 unitats de guany per torn.

7.3 Millores qualitatives

Per tal de reduir els defectes de qualitat i d'aquesta forma aconseguir millorar els indicadors BPC i *Reposicions*, s'han aplicat una sèrie de millores que tenen a veure amb el control visual.

Una de les estacions que més defectes de qualitat genera és la màquina de *Surcoupe à Chaud*, aquesta màquina de tall amb aplicació de calor té una planxa metàl·lica amb la forma final de la peça que aplica pressió i calor sobre una taula de posicionament, a sobre de la que van les plantilles de PVC amb la forma de la peça abans de modificar.



Figura 27 Màquina Surcoupe à Chaud. Font: FranceCuir

Es va detectar que una de les causes per les que les peces sortien defectuoses era perquè es guardaven tant les planxes metàl·liques com les plantilles de PVC en un forn a 180°C, per el que les de plàstic s'acabaven deformant per estar sotmeses a tan alta temperatura. A més a més, a vegades hi havien errors de confusió en les plaques, per el que es va decidir assignar un lloc a temperatura ambient per les plaques de PVC i es va aplicar una marca de color en cada placa per distingir els models i així tenir control visual.

D'altra banda, a l'activitat de la "pissarra dels irritants" es va sol·licitar disposar de la informació dels paràmetres de cada SKU a les estacions de treball ja que es disposava d'una nomenclatura a l'inici de la línia però l'havien d'anar a consultar si portaven temps sense treballar un SKU en concret. Així, es van crear unes fitxes de mètodes per cada estació de treball i per cada model (associat a un color), tal i com es pot veure a la Figura 28. Aquesta millora redueix l'impacte de l'error humà (confusions de fils, de plantilles, dels paràmetres en les màquines, etc.).

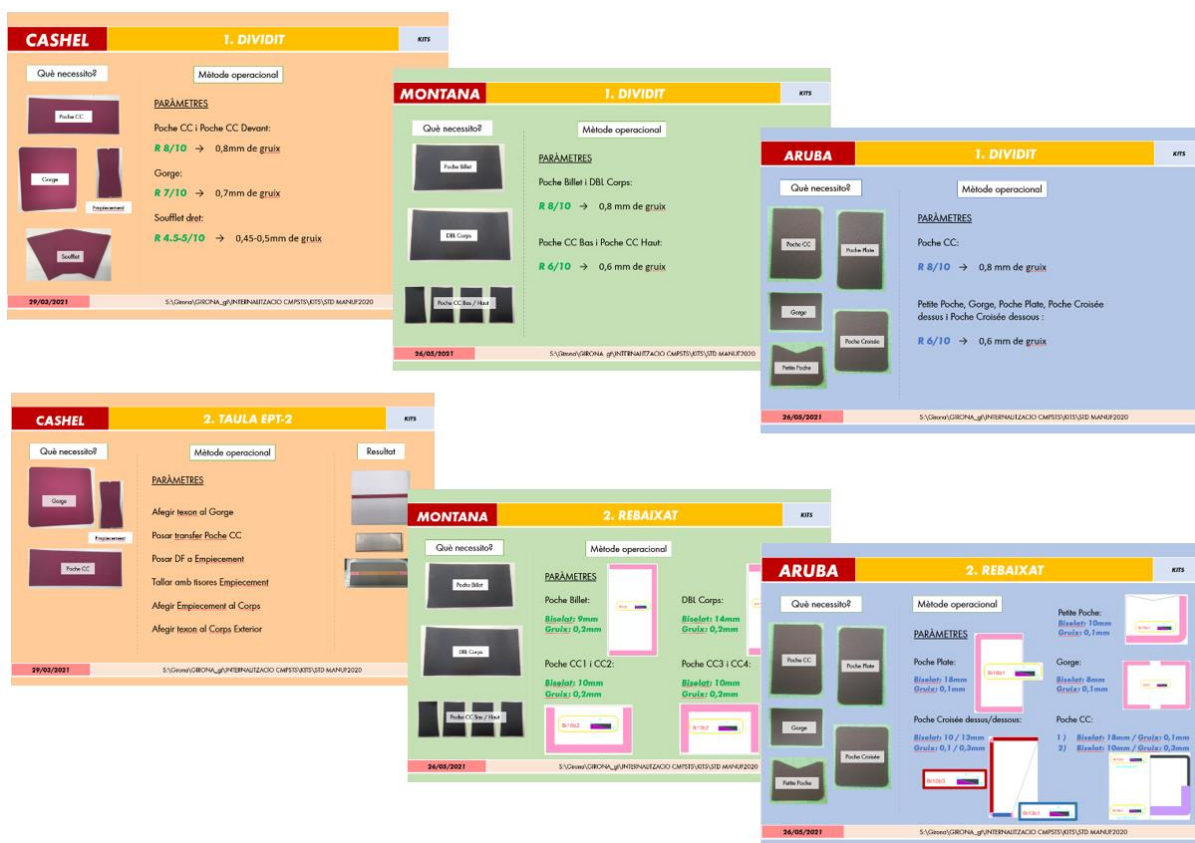


Figura 28 Fitxes mètodes per estacions de treball. Font: Elaboració pròpia

Per últim, es van substituir els cremadors de fils de la línia per cremadors de piles. Com els cremadors tradicionals cremaven de forma continua malmetien la pell amb més facilitat. A més a més, es va detectar que era un focus d'accident per el personal de la planta. Per el que es va decidir fer la prova pilot amb la línia de KITS PM.

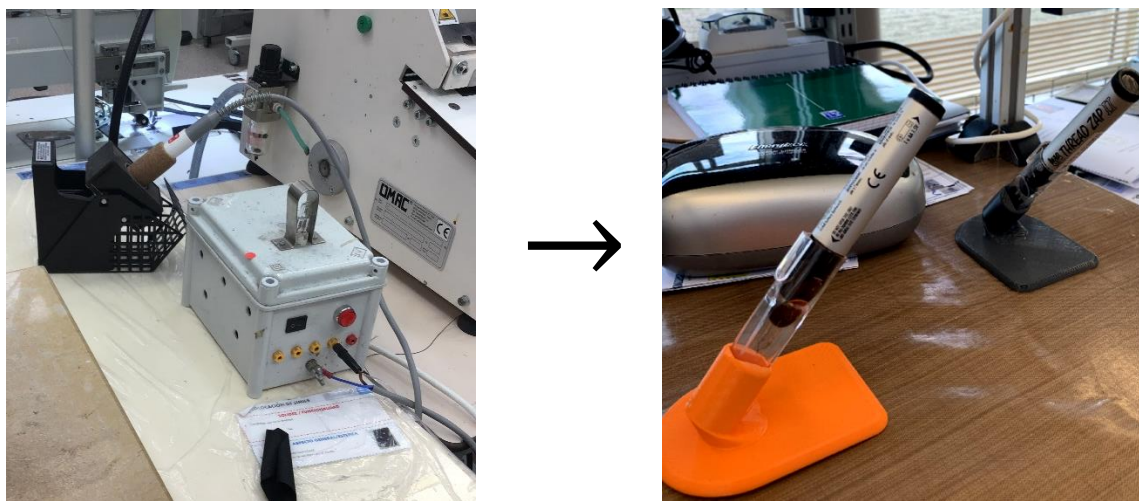


Figura 29 Substitució cremadors de fils. Font: Elaboració pròpia

8 ETAPA 5: CONTROL (CONTROL)

8.1 Seguiment de l'anivellament de la producció

Per tal de comprovar si s'assoleix l'objectiu d'anivellar la càrrega de producció a la línia, s'ha realitzat un seguiment setmanal de control. Al gràfic de barres de la Figura 30 es pot veure el resultat d'aquest control fins assolir l'anivellament de la càrrega. És a partir de la setmana 20 que es consoliden l'estabilitat de quantitats setmanals i s'aproximen cada cop més a la demanda del client.

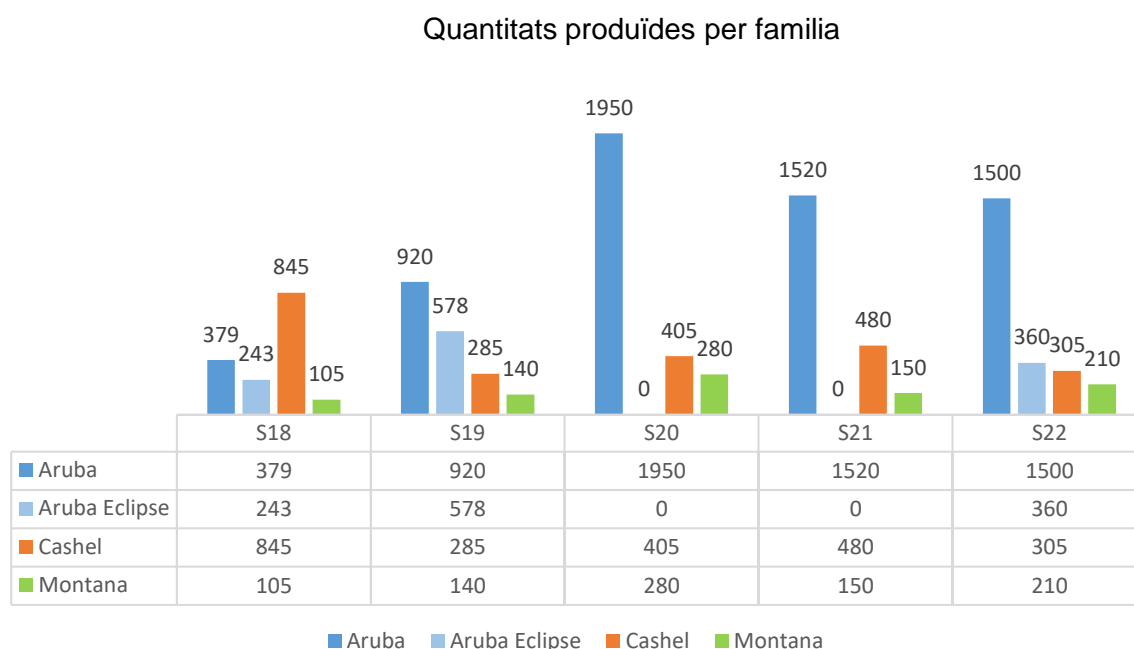


Figura 30 Producció setmanal Heijunka. Font: Elaboració pròpia

Així mateix, perquè la pròpia línia pugui tenir una eina de control visual, es va realitzar un arxiu Excel amb el control de quantitats de caixes processades i pendents de processar.



Figura 31 Control visual producció línia. Font: Elaboració pròpia

8.2 Seguiment dels indicadors

Un cop aplicades les millores, s'ha seguit realitzant un seguiment dels principals indicadors per tal de comprovar l'efecte d'aquestes sobre la línia i així poder dimensionar el guany real.

8.2.1 Eficàcia

Un dels indicadors amb més impacte sobre la planta és l'eficàcia. A la Figura 30 es veu l'evolució al llarg del desenvolupament del projecte. S'ha distingit per colors les setmanes en el gràfic de barres: el taronja-vermell esdevé el període de mesura i anàlisi, mentre que el blau reflecteix el període on s'han aplicat les accions de millora.

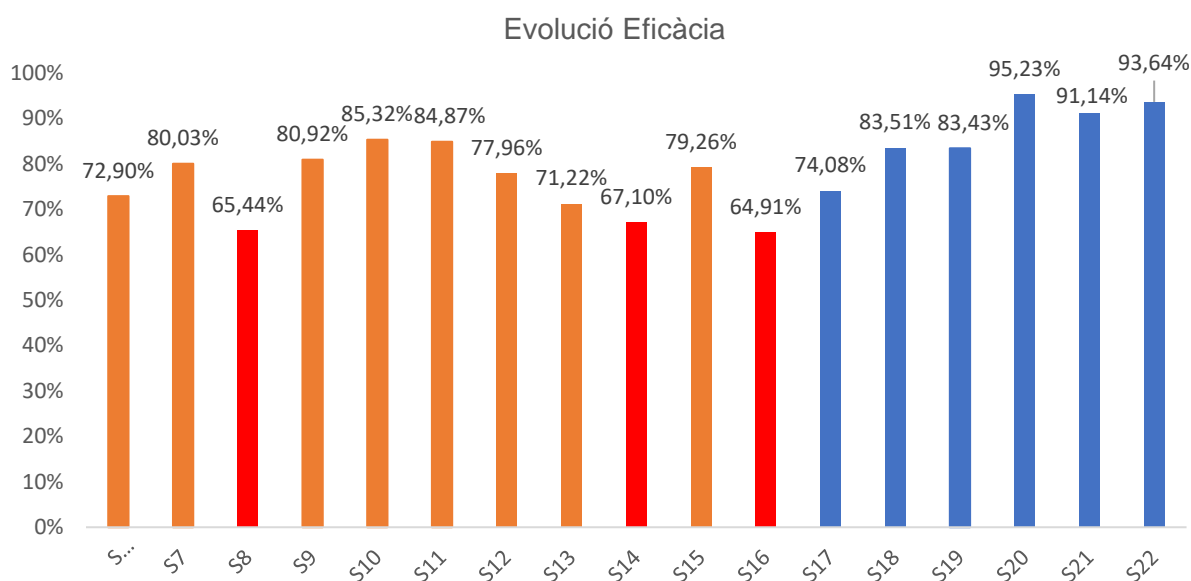


Figura 32 Evolució eficàcia projecte millora. Font: Elaboració pròpia

Tot i tenir un impacte molt notable la incorporació de nous models, s'ha assolit més del 95% de rendiment i en les últimes 3 setmanes es comprova que s'ha consolidat sobrepassar el 90%. Si el punt de partida era del 75%, gràcies al projecte, s'ha pogut incrementar l'eficàcia de la línia quasi un 20%. S'ha de tenir en compte però que el potencial és del 104,2%, per el que es seguirà treballant en la millora continua.

D'altra banda, es va afegir a l'arxiu Excel, esmentat anteriorment, una part on consultar l'eficàcia de cada torn (Figura 33), per conèixer en tot moment el rendiment de la línia.

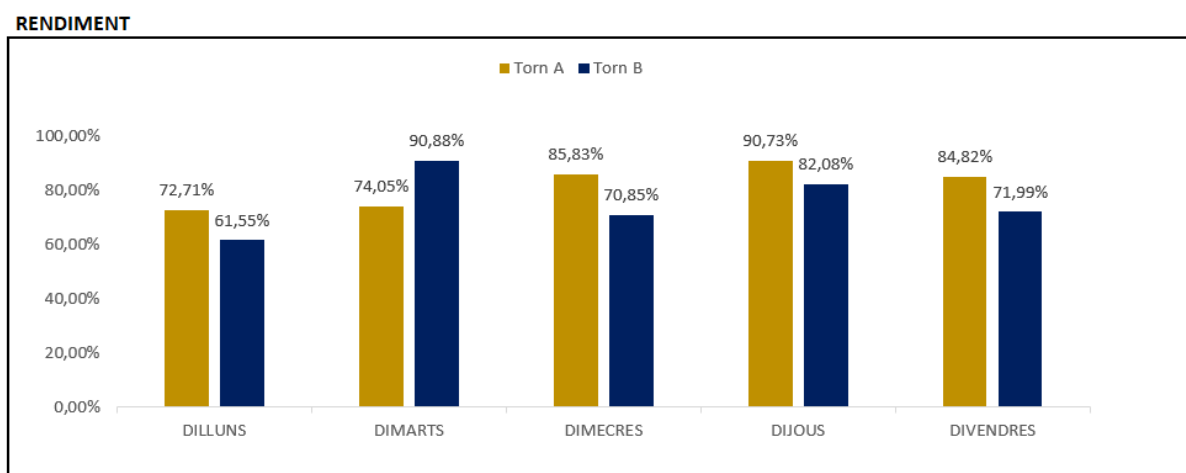


Figura 33 Control visual eficàcia per torn. Font: Elaboració pròpia

8.2.2 BPC

A la Figura 34 es mostra l'evolució del BPC. L'evolució és molt positiva, en setmanes prèvies s'havia registrat un 88,3% de mitjana i s'ha arribat al 93,9%. Tenint en compte la quantitat de peces que treballa la línia (entorn a 5.000 peces per setmana), és un bon resultat. Tot i que l'objectiu és seguir millorant i aproximar-se encara més al 100% de peces bones sense retocs.

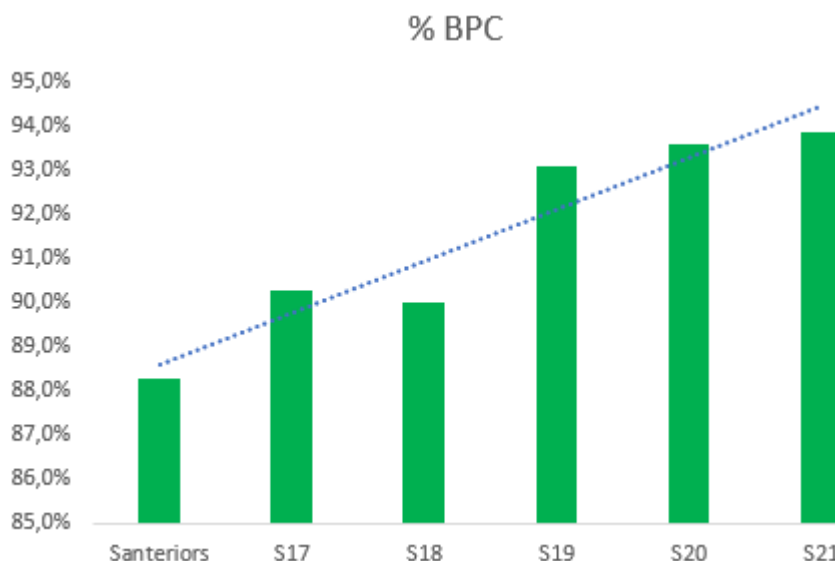


Figura 34 Evolució BPC projecte millora. Font: Elaboració pròpia

8.2.2 Repos

Per últim, s'han registrat també les dades de *Repos* en el període posterior a l'aplicació de les accions de millora.

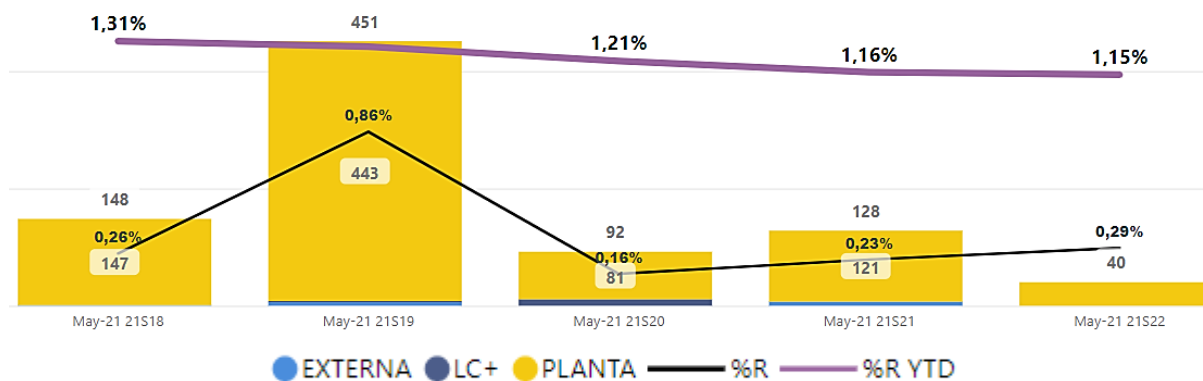


Figura 35 Evolució Reposicions durant la fase de millora (2021). Font: Elaboració pròpia

Les dades recollides de Setmana 18 a Setmana 22 són de 973 peces que s'han demanat reposicions, d'un total de 285.505 peces produïdes. Això representa una taxa de retorn del 0,34% i un cost econòmic de 1.519 €. S'ha aconseguit, per tant, millorar la qualitat de la línia i arribar a l'objectiu de reduir les peces de retorn per sota de l'1%.

Model	Total Repos demanades	Total peces produïdes	Percentatge de Repos	Cost
ARUBA	591	136.500	0,43%	464 €
CASHEL	214	127.960	0,17%	620 €
MONTANA	168	21.045	0,80%	436 €
Total	973	285.505	0,34%	1.520 €

Taula 18 Reposicions per model projecte millora 2021

Tal i com es pot veure al gràfic de la Figura 33, s'observa una tendència a la baixa que s'haurà d'aconseguir consolidar i mantenir en el temps.

8.3 Estandardització

Un dels objectius que es busca quan s'apliquen accions de millora és poder estandarditzar al màxim les tasques de producció.

Al final de les línies hi ha una taula de control de qualitat, abans d'arribar als carros de sortida. Es va decidir aprofitar aquest espai i estandarditzar una fulla de seguiment horari amb l'objectiu marcat de peces / persona, on registrar les quantitats produïdes a cada hora. D'aquesta forma, tenen un objectiu clar de producció i una eina visual de control. Com la nova implantació són 3 cèl·lules de treball, cadascuna té la seva pròpia fulla de seguiment.

8.4 Auditories

Per tal de comprovar que es mantenen les implantacions realitzades i que els resultats obtinguts són els esperats, s'ha fet una auditoria de 5S setmanal amb un PDCA associat a cadascuna per eliminar els possibles defectes.

9 DIMENSIONAMENT GUANYS

De la mateixa manera que s'ha realitzat un pressupost del cost econòmic que ha suposat per la planta el present projecte, també s'ha calculat el benefici obtingut.

Millores de procés	Reducció temps operacional (h/mes)	Benefici mensual (€)
Encuny múltiple Poche Plate (5 peces)	23,91	733,31 €
Encuny múltiple Poche CC (5 peces)	64,42	1.975,56 €
Motllo pintura unificat	33,56	1.029,14 €
Eliminar rebaixat Poche CC	72,62	2.227,08 €
Eliminar rebaixat DBL Corps	161,69	4.958,41 €
TOTAL		10.923,50 €

Taula 19 Benefici millores de procés (€/mes)

D'altra banda, per tal de dimensionar el guany de les accions aplicades en el que té a veure amb l'organització de la línia, s'ha valorat el canvi de *Layout* i l'eliminació de temps de malbaratament, que s'ha associat amb el rendiment o eficàcia de la línia.

El temps de malbaratament s'ha calculat mitjançant la següent estimació:

$$\text{Hores guanyades} = [\text{Eficàcia } (S + 1) - \text{Eficàcia } (S)] \cdot \text{HBT} \quad \text{Eq. 8}$$

I s'ha realitzat la mitjana de totes les setmanes d'elaboració del projecte.

Millores organitzatives	Reducció temps malbaratament (h/mes)	Benefici mensual (€)
Optimització del <i>Layout</i>	22,24	682,09 €
Guany impacte planta	556,65	2.133,83 €
TOTAL		2.815,92 €

Taula 20 Benefici millores organitzatives (€/mes)

La reducció de costos totals ascendeix a 13.739,42 €/mes. El pressupost del projecte és de 32.890,20€. Per el que el *Payback* resultant és de 2,39 mesos.

10 RESUM DEL PRESSUPOST

L'import del projecte ascendeix a la quantitat de TRENTA-DOS MIL VUIT-CENTS NORANTA EUROS AMB VINT CÈNTIMS (32.890,20€), sense IVA.

11 CONCLUSIONS

El present Treball Final de Màster en Enginyeria Industrial ha estat una oportunitat per desenvolupar un projecte de real aplicació en una línia multi-producte.

Al enfocar la dinàmica del projecte com un model DMAIC, s'ha pogut seguir un fil conductor de definició, mesura, anàlisi, millores i control. És de vital importància però, identificar i separar cadascuna d'aquestes etapes, ja que la visió global es podria perdre i no arribar a la causa o arrel del problema.

Durant el transcurs del projecte, que han estat un total de 15 setmanes, s'ha assolit l'objectiu de reduir el temps de malbaratament (muda) i augmentar l'eficiència de la línia.

Una línia multi-producte és complexa i s'han de considerar molts elements per el seu bon funcionament (temps de canvi, anivellament de la càrrega, etc.). Les accions de millora que han estat més representatives són les que han tingut a veure amb l'organització de la línia i el plantejament del mètode de treball.

Com les màquines estan molt estandarditzades, el temps de canvi és insignificant, ja que es redueix a canvi de fils, de pintura o de plantilles. Però si era un problema el fet de no treballar regularment els diferents SKU's. Així, el fet d'assegurar la continuïtat setmanal de tots els productes i aplicar Heijunka, s'ha millorat els defectes de qualitat. A més a més, gràcies a l'anivellament proposat, s'ha aconseguit un millor intercanvi d'informació entre magatzem i la línia de producció.

Un dels aspectes més importants a treballar en un projecte de millora és la gestió del canvi. A l'inici d'aquest, es va detectar certa desconfiança i rebuig als canvis proposats pel departament *Lean*. És per aquest motiu, per el que s'ha tingut en especial consideració al personal de producció. De fet, tot i que per ser fidel al DMAIC, la "pissarra d'irritants" hauria estat una acció de millora, es va decidir desenvolupar-la en el període de mesura, per tal de guanyar un clima de confiança amb el personal de producció. L'evolució d'aquesta visió ha estat molt positiva i s'ha observat un gran canvi en la concepció de *Lean*. El propi personal va decidir reduir el lot de treball per ser més àgils i va col·laborar molt positivament en aplicar el nou sistema de 3 cèl·lules en U flexibles.

Una de les propostes de millora que no es van arribar a dur a terme per el grau de complexitat i, possiblement, perquè hagués generat una desviació del projecte és la reducció del *lead time*. El VSM (Value Stream Mapping) realitzat va deixar patent la gran quantitat de temps que triga un producte en travessar el corrent de valor respecte el temps de cicle operacional, degut

principalment per el gran volum d'inventari generat per la línia de KITS PM. Al tractar-se d'una gran empresa i tenir una estructura molt descentralitzada, existeixen micro-planificadors, cadascun dels quals realitza llançament d'OF's d'una part de la producció i alhora depenen d'altres que generen comandes des d'altres plantes. Per aquest motiu, es decideix generar sobre estoc per tal de tenir disponibles components, per no fer perillar la producció a les línies de muntatge i per poder subministrar a altres plantes en cas que sigui necessari.

En general, es pot concloure que les empreses organitzades per departaments produeixen malbarataments com sobreproducció o inventaris, ja que cada departament busca la seva optimització, sense tenir en compte la millora del flux global de l'empresa.

Està clar que moltes accions esdevenen solucions excel·lents a curt termini, però l'aplicació de la filosofia *Lean* és un projecte a llarg termini ja que s'ha de crear una cultura. És cert que a nivell d'empresa s'utilitzen tècniques *Lean* però encara queda un gran camí per posar arrels i canviar la filosofia del conjunt.

Per tot el que s'ha exposat anteriorment, es pot concloure que el projecte de millora de la línia de producció de kits interns de petita marroquineria ha finalitzat amb èxit, ja que s'han pogut assolir els objectius marcats a l'inici: augmentar l'eficàcia i arribar al 95% de rendiment, baixar els defectes de qualitat (retocs per sota de l'1%) i millorar la organització del personal de producció.

Aquest projecte no té un punt final ja que com a base de DMAIC, la seva essència és la millora contínua.

12 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Formen part del present projecte els documents descrits a continuació:

1. Memòria i Annexos
2. Pressupost

13 BIBLIOGRAFIA

- [1] EDGE, JAMES. Lean Seis Sigma: La guía definitiva sobre Lean Seis Sigma, Lean Enterprise y Lean Manufacturing, con herramientas para incrementar la eficiencia y la satisfacción del cliente. 2019
- [2] E.O.I. Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI. 2013.
- [3] FERNANDEZ GÓMEZ, M. Lean Manufacturing: cómo eliminar desperdicios e incrementar ganancias. Descubre cómo implementar el método Toyota exitosamente. Editorial imagen. 2014.
- [4] LEANSIS PRODUCTIVIDAD. Introducción a Lean Manufacturing. Ecoembes. 2017.
- [5] MADARIAGA NETO, F. Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. Versió 2.2. 2019.
- [6] ROTHER, M., SHOOK, J. Observar para crear valor: Cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar “muda”. Versió 1.2. Lean Enterprise Institute. 1999.
- [7] SIX SIGMA ESPANOL. Six Sigma y Análisis del Negocio: Análisis Lean Six Sigma. (<https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/six-sigma-y-analisis-del-negocio-analisis-lean-six-sigma/>, 18 de maig 2021).
- [8] SOCCONINI, LUIS. Lean Manufacturing. Paso a paso. Marge Books. 2019
- [9] TOLEDANO DE DIEGO A., MAÑES SIERRA, N., GARCÍA, S.J. “Las claves del éxito de Toyota”. LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. UPV. 2009.
- [10] WOMACK, JAMES P. JONES, DANIEL T. Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Ediciones Gestión 2000. 2005.

14 GLOSSARI

8D: Les 8 Disciplines és una metodologia sistemàtica per identificar, corregir i eliminar problemes mitjançant 8 passos.

A3: És una eina original de Toyota. Consisteix en plasmar físicament un cicle de millora PDCA en una fulla de paper DIN A3 (420mm x 297mm).

BPC: Sigles de "*Bon du Premier Coup*", forma francesa de fer referència a l'indicador pel qual es mesura el percentatge de peces bones a la primera.

KAIZEN: Paraula japonesa. Estratègia o metodologia basada en la millora contínua.

MARROQUINERIA: Indústria que es dedica a la confecció amb pell de maletes, bosses, moneders, etc.

OF: Ordre de Fabricació. Document que es genera setmanalment amb les unitats a fabricar per absorbir la demanda.

SKU: Sigles de "Stock Keeping Unit". És el número de referència únic d'un producte que serveix per identificar-lo i fer un seguiment intern.

ANNEXOS A LA MEMÒRIA

A. RECOPILOCACIÓ DE DADES INICIALS

A.1 Models treballats

A continuació es detallen tots els models produïts a la línia de fabricació de kits interns de petita marroquineria i les característiques de cadascun (si és permanent, és a dir, té previsió de produir-se durant tot l'any o si és temporal, la previsió són poques quantitats en un quadrimestre determinat de l'any).

Família	SKU	Model	Propietats
ARUBA	J42020	Armagnac	Permanent
	J42023	Negre	Permanent
	J027668	Blau marí	Permanent
	J027779	Verd flúor	Temporal
	J029851	Multicolor watercolor	Permanent
	J029852	Blau watercolor	Permanent
	J031228	Eclipse blanc	Temporal
	J031395	Gris clar	Permanent
	J031540	Eclipse negre	Temporal
	J031853	Roig	Temporal
	J031951	Eclipse blau	Temporal
CASHEL	K000127	Fucsia	Permanent
MONTANA	J017269	Negre	Permanent

Taula 21 Models treballats a la línia KITS PM. Font: Elaboració pròpia

Tots els models d'Aruba es diferencien a nivell de disseny (color de la pell) i, per tant, per la línia suposa canvi de color dels fils de costura i/o canvi en el color de la Coloració. Però les operacions a processar són les mateixes per això s'ha agrupat tots aquests models en una sola família. Els models Cashel i Montana, en canvi, només tenen una variant.

A.2 Operacions i estacions de treball

A les Taules 22, 23 i 24 es descriuen les operacions realitzades per produir cada model. S'han agrupat en estacions de treball, segons el tipus de maquinària necessària o recurs emprat.

Estació	Màquina	Operacions
1	Dividit	Dividit Poche CC
		Dividit Poche Plate
		Dividit Poche Croisée
		Dividit Gorge
		Dividit Poche Petite
2	Rebaixat	Rebaixat Poche CC
		Rebaixat Poche Plate
		Rebaixat Poche Corisée
		Rebaixat Gorge
		Rebaixat Petite Poche
3	Taula EPT-2	Posar DF Poche CC
4	Thermo	Thermo Poche Plate
		Thermo Poche Croisée
		Thermo Petite Poche
6	Encuny	Encunyat Poche Plate
8	Sur Coupe à Chaud	SàC Poche CC
		SàC Poche Croisée
		SàC Petite Poche
9	Pintura Fentes	Pintar fentes Poche CC
10	Pintura en banc amb mordasses	Pintura en banc Poche Plate
		Pintura en banc Croisée
		Pintura en banc Petite Poche
12	Taula EPT-2	Posar símilis Poche CC
13	Costura plana Doble Arr	Costura símilis Poche CC
15	Marca	Marca Poche CC
14	Taula EPT-2	Auto Poche CC
		Posar DF Petite Poche
19	Encuny	Encunyat Poche CC
20	Costura plana Triple Arr	Costura Poche CC + Petite Poche
		Costura Poche Plate
21	Monet	SC unitària Poche CC
22	Pintura amb rodet	Pintura unitària Poche CC

Taula 22 Operacions Aruba. Font: Elaboració pròpia

Estació	Màquina	Operacions
1	Dividit	Dividit Poche CC
		Dividit Soufflet
		Dividit RFT Corps
		Dividit Gorge
3	Taula EPT-2	Posar DF Poche CC
		Posar DF i unió DBL Gorge
		Posar DF RFT Corps
		Posar DF a la FAG Poche Monnaie
4	Thermo	Thermo Soufflet
		Thermo Corps Exterior
		Thermo Poche Monnaie
5	Summit	Summit Soufflet
		Summit Corps Exterior
6	Encuny	Encuny Gorge
		Encuny Corps Exterior
8	Sur Coupe à Chaud	SàC Poche CC
9	Pintura Fentes	Pintar fentes CC
10	Pintura Fentes	Pintura en banc Gorge
		Pintura en banc Poche Monnaie
11	Reembordadora	Reembordar Poche Monnaie
12	Taula EPT-2	Muntar cremallera Poche Monnaie
		Posar similis Poche CC
13	Costura plana Doble Arr	Costura similis Poche CC
14	Taula EPT-2	Posar Auto Poche CC
17	Costura doble agulla	Costura Poche Monnaie
18	Viledon de doble plat	Viledon Poche Monnaie
19	Encuny	Encuny Poche CC
		Encuny Soufflet
		Encuny Poche Monnaie
21	Monet	SC unitària Poche Monnaie
23	Banc de pintura amb mordasses	Pintura en banc Poche CC
		Pintura en banc Soufflet
		Pintura en banc Corps Exterior
24	Cassure	Cassure Soufflet
25	Costura plana Triple Arr	Costura Poche CC
		Costura Poche Monnaie
		Costura Soufflet

Taula 23 Operacions Cashel. Font: Elaboració pròpia

Estació	Màquina	Operacions
1	Dividit	Dividit Poche CC Haut
		Dividit Poche CC Bas
		Dividit Poche Billet
		Dividit DBL Corps
2	Rebaixat	Rebaixat Poche CC Haut
		Rebaixat Poche CC Bas
		Rebaixat Poche Billet
		Rebaixat DBL Corps
4	Thermo	Thermo Poche CC Haut
		Thermo Poche CC Bas
5	Summit	Summit Poche CC Haut
		Summit Poche CC Bas
6	Encuny	Encuny Poche CC Haut
		Encuny Poche CC Bas
		Encuny Poche Billet
		Encuny DBL Corps
7	PMC	PMC Poche Billet
10	Banc de pintura amb mordasses	Banc de pintura Poche CC Haut
		Banc de pintura Poche CC Bas
16	Costura plana Triple Arr	Costura Poche CC Haut
		Costura Poche CC Bas
18	Viledon doble plat	Viledon Poche Billet
19	Encuny	Encuny Poche Billet
23	Banc de pintura amb mordasses	Banc de pintura Poche Billet

Taula 24 Operacions Montana. Font: Elaboració pròpia

A.3 Flexibilitat de la línia

A les Taules 25, 26 i 27 es pot observar per els models Aruba, Cashel i Montana, respectivament: la flexibilitat de l'equip per torn, la capa dia, que és la quantitat d'unitats de producció segons els temps establerts i el número de persones a la línia, i les peces per hora. Així mateix, les taules ens donaran la informació de les estacions per persona i, per tant, el percentatge de saturació de l'equip.

FLEXIBILITAT EQUIP				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	55	7,2	21,0	9%
2	110	14,3	10,5	19%
3	166	21,6	7,0	29%
4	221	28,8	5,3	38%
5	277	36,1	4,2	48%
6	332	43,3	3,5	57%
7	388	50,6	3,0	67%
8	443	57,8	2,6	76%
9	499	65,1	2,3	DUPLICAR

Taula 25 Flexibilitat equip Aruba. Font: Elaboració pròpia

FLEXIBILITAT EQUIP				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	24	3,1	25,0	9%
2	48	6,3	12,5	19%
3	73	9,5	8,3	28%
4	97	12,6	6,3	38%
5	122	15,9	5,0	47%
6	146	19,0	4,2	56%
7	171	22,3	3,6	66%
8	195	25,4	3,1	76%
9	219	28,6	2,8	DUPLICAR

Taula 26 Flexibilitat equip Cashel. Font: Elaboració pròpia

FLEXIBILITAT EQUIP				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	38	5,0	17,0	9%
2	76	9,9	8,5	18%
3	114	14,9	5,7	27%
4	152	19,8	4,3	36%
5	190	24,8	3,4	45%
6	228	29,7	2,8	54%
7	266	34,7	2,4	63%

8	304	39,6	2,1	72%
9	342	44,6	1,9	DUPLICAR

Taula 27 Flexibilitat equip Montana. Font: Elaboració pròpia

Per el número d'estacions es permet tenir un màxim de 8 persones per qualsevol model. En el cas de necessitar augmentar els efectius de la línia, s'hauria de duplicar alguna estació.

Seguidament es mostra la flexibilitat de cada estació de treball, la capa de quantitats que et permet produir cadascuna així com la saturació de la maquinària. Les estacions duplicades són les que es troben ressaltades de color blau a les taules.

FLEXIBILITAT ESTACIONS			
Estació	Màquina	Capa estació	Saturació màquina
1	Dividit	1379	32%
2	Rebaixat Manual	943	47%
3	Taula EPT-2	4986	9%
4	Thermo	948	47%
5	Surcoupe Bras Tournant M	3273	14%
6	Surcoupe A Chaud Doble Plat	749	60%
7	Banc Pintura Mordasses	2291	20%
8	Taula EPT-2	913	49%
9	Taula EPT-2	1253	36%
10	Plana Doble Arr	853	52%
11	Taula EPT-2	653	69%
12	Plana Triple Arr	746	60%
13	Encuny	1717	26%
14	Monet	1365	33%
15	Rodet	2005	22%

Taula 28 Flexibilitat estacions de treball Aruba. Font: Elaboració pròpia

FLEXIBILITAT ESTACIONS			
Estació	Màquina	Capa estació	Saturació màquina
1	Dividit	1197	18%
2	Taula EPT-2	410	52%
3	Thermo	2711	8%
4	Summit	3577	6%

5	Surcoupe Bras Tournant M	1263	17%
6	Surcoupe A Chaud Doble Plat	1179	18%
7	Taula EPT-2	472	45%
8	Banc Pintura Mordasses	1002	21%
9	Reembordat automàtic	1454	15%
10	Taula EPT-2	423	51%
11	Plana Doble Arr	352	61%
12	Taula EPT-2	716	30%
13	Plana Doble Agulla	1084	20%
14	Viledon DP	2765	8%
15	Surcoupe Bras Tournant M	502	43%
16	Plana Triple Arr	474	45%
17	Rodet	400	53%
18	Banc Pintura Mordasses	618	35%
19	Plana Triple Arr	289	74%
20	Plana Doble Arr	376	57%

Taula 29 Flexibilitat estacions de treball Cashel. Font: Elaboració pròpia

FLEXIBILITAT ESTACIONS			
Estació	Màquina	Capa estació	Saturació màquina
1	Dividit	872	22%
2	Rebaixat Manual	481	40%
3	Thermo	626	30%
4	Summit	853	22%
5	Surcoupe Bras Tournant M	538	35%
6	PMC	1002	19%
7	Banc Pintura Mordazas	791	24%
8	Plana Doble Arr	474	40%
9	Viledon DP	1604	12%
10	Surcoupe Bras Tournant M	1490	13%
11	Banc Pintura Mordasses	1671	11%

Taula 30 Flexibilitat estacions de treball Montana. Font: Elaboració pròpia

L'estació coll d'ampolla és la que té una màxima saturació, en el cas del model Aruba i el Cashel és l'estació 11, que on es realitza el muntatge de la butxaca al cos interior abans de

cosir. En el cas del model Montana, l'estació coll d'ampolla és la 8, on es realitzen les costures decoratives de les 4 butxaques interiors i el cremat de fils.

A.4 Material en curs de la línia

A continuació es detalla el material en curs mòbil i l'estoc tècnic de cada model, tal i com es pot veure a la Taula 31.

MODEL	Persones/ torn	Lot (u)	Material en curs mòbil	Estoc tècnic
Aruba	8	10	80	60
Cashel	8	5	40	40
Montana	4	10	40	0

Taula 31 Material en curs de la línia. Font: Elaboració pròpia

D'altra banda, el material de funcionament que permet donar-li continuïtat a la producció és el que es mostra a la Taula 32.

MODEL	Objectiu persona	Màxim persones alhora	Lot d'OF (1 caixa)	Entrada (2 hores)	Sortida (1 hora)
Aruba	55	8	40	100	55
Cashel	22	8	20	44	22
Montana	60	4	30	60	30

Taula 32 Material de funcionament. Font: Elaboració pròpia


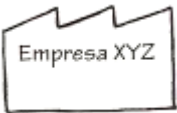
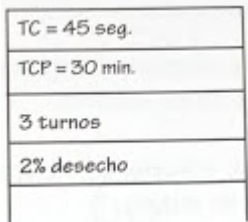



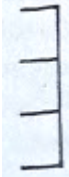

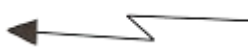
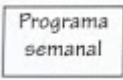
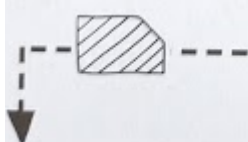

Per tal d'assegurar que no es quedin sense material, l'objectiu per persona s'ha multiplicat per un coeficient de seguretat d'un 10%.

Per últim, la quantitat total de material dins la línia ve donat per la suma dels anteriors (material en curs mòbil, estocs tècnics i material de funcionament a l'entrada i la sortida). Segons el lot d'OF es determina les fulles d'OF, és a dir, la quantitat de caixes. Per el model Aruba, la caixa (lot d'OF) és de 40 unitats, pel Cashel és de 20 unitats i per el Montana és de 30 unitats.

MODEL	Total	Total arrodonit (dimensió de la caixa)	Fulles d'OF
Aruba	305	320	8
Cashel	146	160	8
Montana	130	150	5

Taula 33 Material total dins la línia. Font: Elaboració pròpia

En total es tindran 8 fulles d'OF dins la línia.

Icona	Representació	Observacions
	Procés de manufactura	Àrea de flux. Totes els processos han d'identificar-se.
	Fonts externes	Utilitzat per indicar clients, proveïdors i processos de manufactura externs.
	Casella de dades	Utilitzat per registrar informació relativa al procés de manufactura
	Inventari	Indicar la quantitat i el temps que representa
	Enviament per camió	Anotar la freqüència dels enviaments
	Fletxa d'avançament	
	Supermercat	Inventari controlat de peces que s'utilitza per programar la producció d'un procés anterior
	Flux d'informació manual	
	Flux d'informació electrònic	
	Informació	
	Kanban	Tarjeta o dispositiu que indica a un procés quan es pot produir
	Operari	Representa a una persona vista des de dalt

Taula 34 Icones utilitzats per la cartografia de valor. Font: [6]

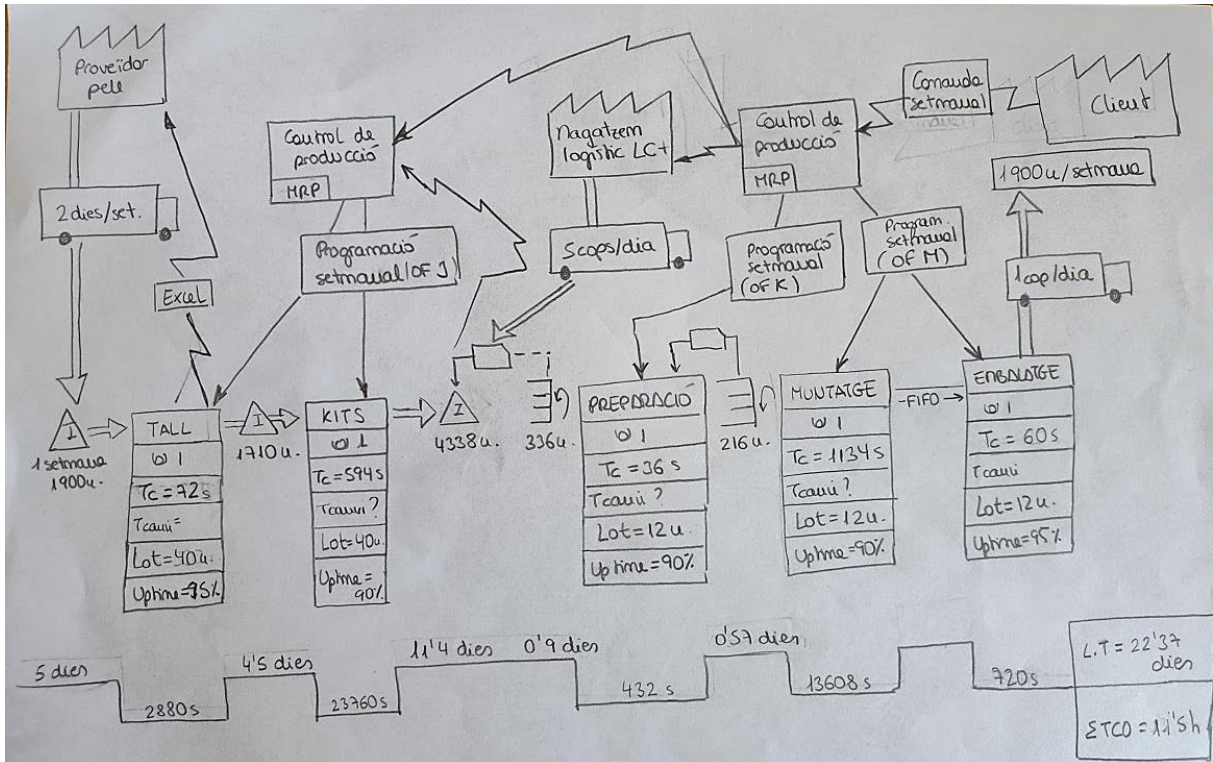


Figura 37 Evolució del VSM situació inicial (Aruba). Font: Elaboració pròpia

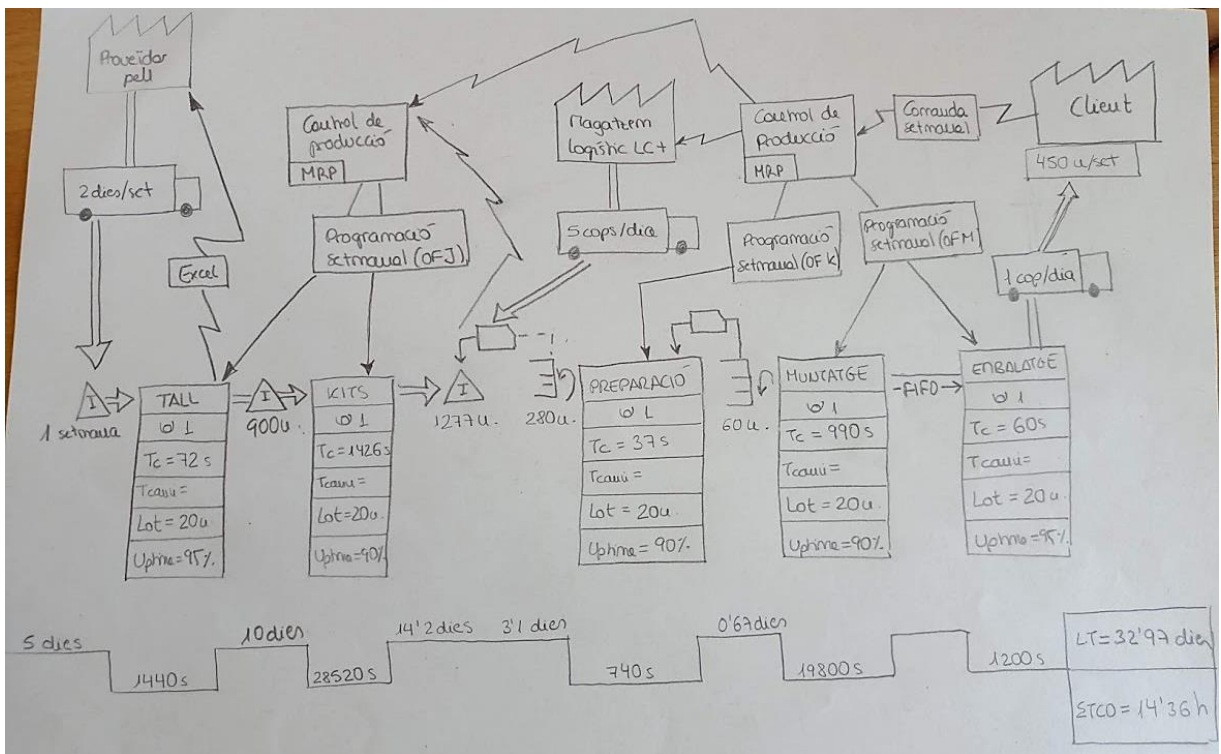


Figura 38 Evolució del VSM situació inicial (Cashel). Font: Elaboració pròpia

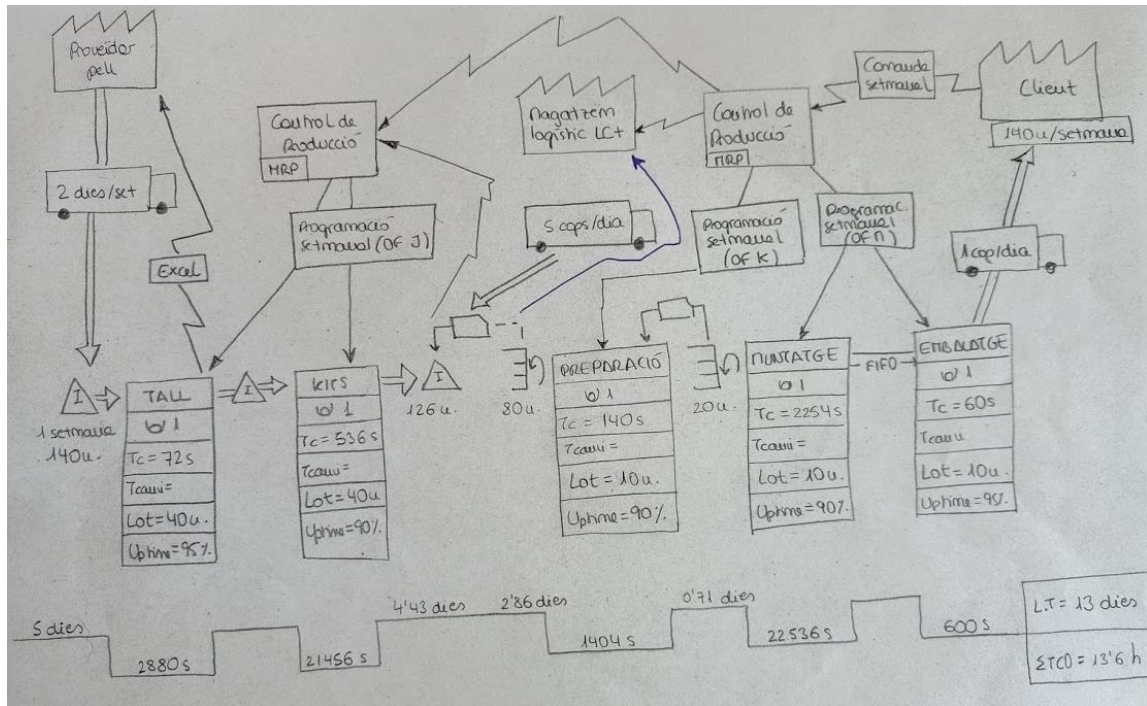


Figura 39 Evolució del VSM situació inicial (Montana). Font: Elaboració pròpia

C. SEGUIMENT INDICADORS

Des de l'inici del projecte s'han anat recopilant dades per conèixer l'estat de la línia, tant de la situació inicial com de la seva evolució.

C.1 Quantitats individuals

Tenint en compte el temps estàndard de cada model, definit des de França, es calcula la quantitat de peces per persona que hauria d'estar produint la línia. A la Taula 35 es reflecteix aquest càlcul.

MODEL	Temps STD (h)	Peces / persona al torn
Aruba	0,165	49,52
Aruba Eclipse	0,306	26,69
Cashel	0,396	20,63
Montana	0,149	54,83

Taula 35 Demanda dels models (unitats/setmana)

C.2 Quantitats globals

Per fer un bon seguiment de les quantitats produïdes, s'ha fet un registre setmanal en funció de la família de productes. A més a més, aquesta dada ens resultarà útil per poder fer una estimació més rigorosa de cara a la planificació setmanal.

A la Taula 36 es mostra l'històric d'aquestes dades.

Data	Persones	Aruba	Aruba Eclipse	Cashel	Montana	Quantitat/dia
S anteriors		300	0	85	0	385
08/02/2021	12,93			230		230
09/02/2021	12,53			165	90	255
10/02/2021	12,83	100		80	150	330
11/02/2021	12,84	465			30	495
12/02/2021	11,49	240			120	360
S6		805	0	475	390	
15/02/2021	13,3	450			40	490

16/02/2021	13,41	180			250	430
17/02/2021	13,58	600				770
18/02/2021	13,76	580				580
19/02/2021	11	495		0		590
S7		2305	0	0	290	
22/02/2021	14,08	540		0		540
23/02/2021	13,78	458		15		473
24/02/2021	14,62			200		200
25/02/2021	13,29			120		120
26/02/2021	11,89			165		165
S8		998	0	500	0	
01/03/2021	15,14	570		25		595
02/03/2021	15,29			235		235
03/03/2021	15,22			245		245
04/03/2021	14,69			245		245
05/03/2021	12,99	225		140		365
S9		795	0	890	0	
08/03/2021	14,92	660				660
09/03/2021	14,32	555				555
10/03/2021	14,03	630				630
11/03/2021	13,04	570				570
12/03/2021	12,44	525				525
S10		2940	0	0	0	
15/03/2021	13,82	615				615
16/03/2021	14,22	635				635
17/03/2021	12,73	570				570
18/03/2021	12,01	630				630
19/03/2021	13,27	195			310	505
S11		2645	0	0	310	
22/03/2021	15,33	750				750

23/03/2021	15,00	315		75		390
24/03/2021	14,51		190	25		215
25/03/2021	14,47		300			300
26/03/2021	13,67		326			326
S12		1065	816	100	0	
29/03/2021						
30/03/2021	10,86		80		230	310
31/03/2021	10,76		30		345	375
01/04/2021	9,54		200			200
02/04/2021	DIA FESTIU					
S13		0	310	0	575	375
05/04/2021	DIA FESTIU					
06/04/2021	13,65		265			265
07/04/2021	12,27	185	145			330
08/04/2021	14,49	50	100	100		250
09/04/2021	14,07		5	155		320
S14		235	515	255	0	
12/04/2021	15,35			341,5		341,5
13/04/2021	14,96			305		305
14/04/2021	15,42	170		85		370
15/04/2021	14,90	380	55			395
16/04/2021	15,82	590				590
S15		1305	70	732	0	
19/04/2021	15,26		235			235
20/04/2021	14,87		80		275	355
21/04/2021	14,51	260	85		10	355
22/04/2021	14,39	590				590
23/04/2021	12,41	435				435
S16		1415	400	0	285	
26/04/2021	13,87	470				235

27/04/2021	14,18	485				355
28/04/2021	15,41	500			70	230
29/04/2021	14,99	560			60	570
30/04/2021	13,51	350		50	45	445
S17		2365	0	50	175	
03/05/2021	14,62			230	86	316
04/05/2021	14,53			275	19	294
05/05/2021	15,19			295		295
06/05/2021	14,13	379	30	45		454
07/05/2021	12,32		213			213
S18		379	243	845	105	
10/05/2021	13,93		275			275
11/05/2021	14,54		298			298
12/05/2021	12,82	550	5		30	585
13/05/2021	13,40	370		55	60	480
14/05/2021	13,36			230	50	280
S19		920	578	285	140	
17/05/2021	14,72			245	60	305
18/05/2021	14,63	290		160	60	510
19/05/2021	13,37	610			60	670
20/05/2021	12,98	550			100	650
21/05/2021	11,53	500				500
S20		1950	0	405	280	
24/05/2021	14,5	480			30	510
25/05/2021	11,95	490				490
26/05/2021	13,59	550			60	610
27/05/2021	14,16			255	60	315
28/05/2021						250
S21		1520	0	255	150	
31/05/2021	14,32		75	230		305

01/06/2021	14,81	390	75		120	585
02/06/2021	12,35	520			80	600
03/06/2021	13,12	350	135		10	495
04/06/2021	12,12	240	75	75		390
S22		1500	360	305	210	

Taula 36 Unitats produïdes per setmana. Font: Elaboració pròpia

El gràfic de la Figura 40 mostra l'evolució de quantitats produïdes.

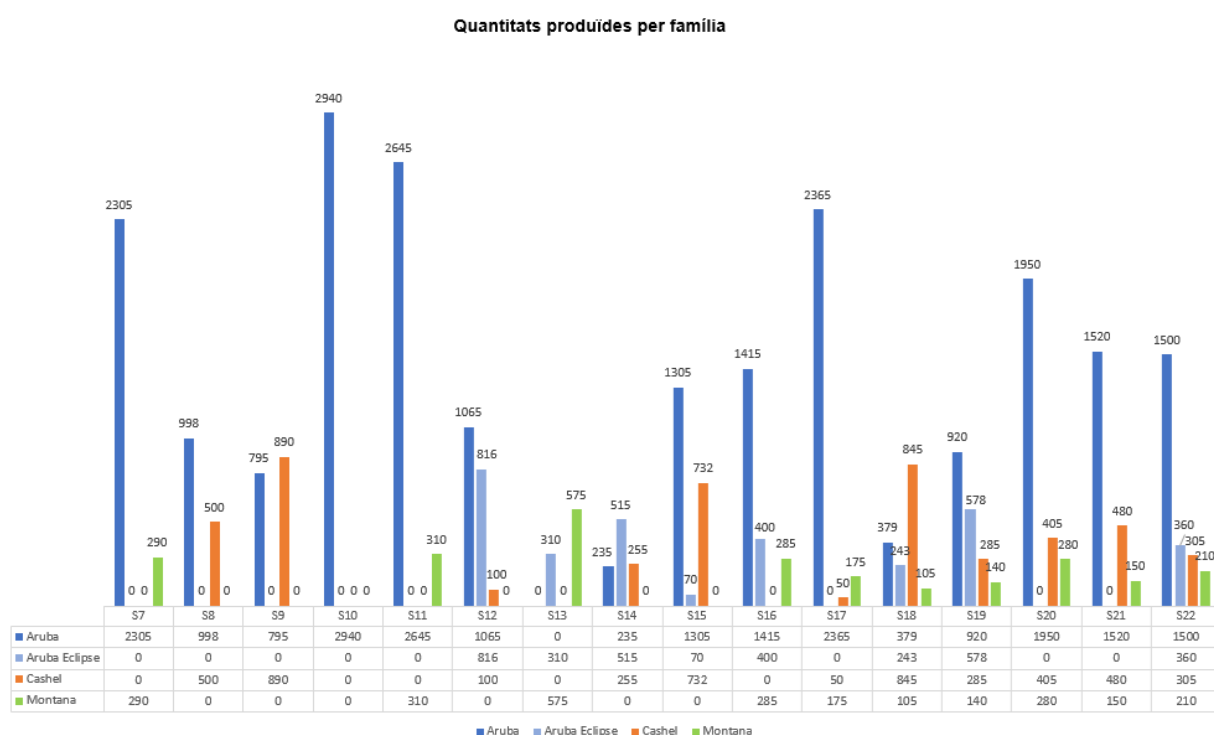


Figura 40 Quantitats produïdes per setmana de cada família. Font: Elaboració pròpia

C.3 Eficàcia

L'eficàcia és el quocient entre les Hores produïdes internament (HPI) i les Hores Bones Treballades (HBT). Cadascun del qual es calcula mitjançant les expressions:

$$HPI = \Sigma(\text{Quantitats model} \times \text{Temps STD}) \quad \text{Eq. 9}$$

$$HBT = \text{hores treballades} \times \text{Nombre de persones} \quad \text{Eq. 10}$$

Així, a la Taula 37 es mostra el seguiment realitzat de l'eficàcia durant el període del projecte així com de les setmanes prèvies.

Data	Persones	HPI	HBT	Eficàcia
S anteriors				72,90%
15/02/2021	13,3	80,21	108,66	73,82%
16/02/2021	13,41	66,95	109,56	61,11%
17/02/2021	13,58	99	110,95	89,23%
18/02/2021	13,76	95,7	112,42	85,13%
19/02/2021	11	81,675	89,87	90,88%
S7	14	99	112	80,03%
22/02/2021	14,08	89,1	115,03	77,46%
23/02/2021	13,78	81,51	112,58	72,40%
24/02/2021	14,62	79,2	119,45	66,31%
25/02/2021	13,29	47,52	108,58	43,77%
26/02/2021	11,89	65,34	97,14	67,26%
S8	15	89	119	65,44%
01/03/2021	15,14	103,95	123,69	84,04%
02/03/2021	15,29	93,06	124,92	74,50%
03/03/2021	15,22	97,02	124,35	78,02%
04/03/2021	14,69	97,02	120,02	80,84%
05/03/2021	12,99	92,57	106,13	87,22%
S9	15	104	125	80,92%
08/03/2021	14,92	107,58	121,90	88,26%
09/03/2021	14,32	90,465	116,99	77,32%
10/03/2021	14,03	102,69	114,62	89,59%
11/03/2021	13,04	92,91	106,54	87,21%
12/03/2021	12,44	85,575	101,63	84,20%
S10	15	108	122	85,32%
15/03/2021	13,82	100,25	112,91	88,78%
16/03/2021	14,22	103,51	116,18	89,09%
17/03/2021	12,73	92,91	104,00	89,33%
18/03/2021	12,01	103,95	98,12	105,94%
19/03/2021	13,27	78,365	108,42	72,28%

S11	14	104	116	84,87%
22/03/2021	15,33	123,75	125,25	98,81%
23/03/2021	15,00	81,675	122,55	66,65%
24/03/2021	14,51	68,04	118,55	57,40%
25/03/2021	14,47	91,8	118,22	77,65%
26/03/2021	13,67	99,756	111,70	89,31%
S12	15	124	125	77,96%
29/03/2021				
30/03/2021	10,86	58,75	88,73	66,21%
31/03/2021	10,76	60,585	87,91	68,92%
01/04/2021	9,54	61,2	77,94	78,52%
02/04/2021	Festiu			
S13	11	61	89	71,22%
05/04/2021	Festiu			
06/04/2021	13,65	81,09	111,52	72,71%
07/04/2021	12,27	74,895	100,25	74,71%
08/04/2021	14,49	78,45	118,38	66,27%
09/04/2021	14,07	62,91	114,95	54,73%
S14	14	81	118	67,10%
12/04/2021	15,35	135,23	125,41	107,83%
13/04/2021	14,96	120,78	122,22	98,82%
14/04/2021	15,42	61,71	125,98	48,98%
15/04/2021	14,90	79,53	121,73	65,33%
16/04/2021	15,82	97,35	129,25	75,32%
17/04/2021	4,00	31,82	32,68	97,35%
S15	16	135	129	79,26%
19/04/2021	15,26	71,91	124,67	57,68%
20/04/2021	14,87	65,455	121,49	53,88%
21/04/2021	14,51	70,4	118,55	59,39%
22/04/2021	14,39	97,35	117,57	82,80%
23/04/2021	12,41	71,775	101,39	70,79%

24/04/2021	3,67	21,45	29,98	71,54%
S16	15	97	125	64,91%
26/04/2021	13,87	77,55	113,32	68,44%
27/04/2021	14,18	80,025	115,85	69,08%
28/04/2021	15,41	92,93	125,90	73,81%
29/04/2021	14,99	101,34	122,47	82,75%
30/04/2021	13,51	84,255	110,38	76,33%
S17	15	101	126	74,08%
03/05/2021	14,62	103,89	119,45	86,98%
04/05/2021	14,53	111,73	118,71	94,12%
05/05/2021	15,19	116,82	124,10	94,13%
06/05/2021	14,13	89,535	115,44	77,56%
07/05/2021	12,32	65,178	100,65	64,75%
S18	15	117	124	83,51%
10/05/2021	13,93	84,15	113,81	73,94%
11/05/2021	14,54	91,19	118,79	76,76%
12/05/2021	12,82	96,75	104,74	92,37%
13/05/2021	13,40	91,77	109,48	83,83%
14/05/2021	13,36	98,53	109,15	90,27%
S19	15	99	119	83,43%
17/05/2021	14,72	105,96	120,26	88,11%
18/05/2021	14,63	120,15	119,53	100,52%
19/05/2021	13,37	109,59	109,23	100,33%
20/05/2021	12,98	105,65	106,05	99,63%
21/05/2021	11,53	82,5	94,20	87,58%
S20	15	120	120	95,23%
24/05/2021	14,5	83,67	118,47	70,63%
25/05/2021	11,95	80,85	97,63	82,81%
26/05/2021	13,59	99,69	111,03	89,79%
27/05/2021	14,16	109,92	115,69	95,01%
28/05/2021	11,25	89,1	91,91	96,94%

S21	15	110	118	91,14%
31/05/2021	14,32	114,03	116,99	97,47%
01/06/2021	14,81	105,18	121,00	86,93%
02/06/2021	12,35	97,72	100,90	96,85%
03/06/2021	13,12	100,55	107,19	93,81%
04/06/2021	12,12	92,25	99,02	93,16%
S22	15	114	121	93,64%

Taula 37 Seguiment diari de l'eficàcia. Font: Elaboració pròpia

C.4 Reposicions

Les *Repos* (Reposicions) són peces que no són bones per la producció perquè presenten defectes de qualitat degut a causes diverses (tall de la pell, proveïdor, defecte de qualitat a la línia, etc.) i, per tant, s'han de substituir.

C.4.1 Dades estat inicial (any 2020)

A continuació es mostren les dades obtingudes de l'any 2020.

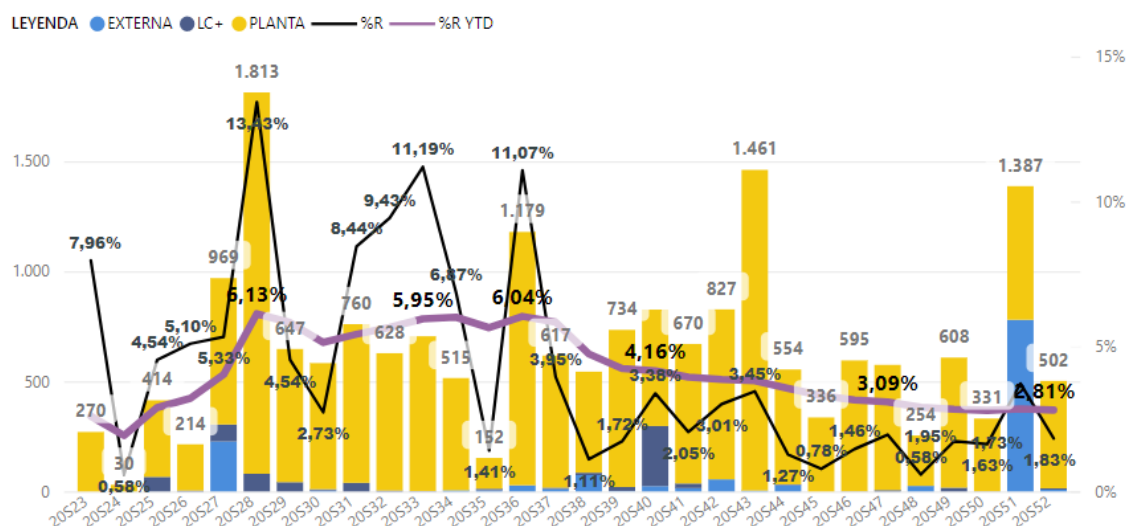


Figura 41 Evolució Repos (2020). Font: PowerBi Qualitat

Durant l'any 2020 es va fer un total de 19.700 reposicions de peces, aquest valor representa un total del 2,81% del valor produït i un cost econòmic total de 9.311€.

S'ha de tenir en compte però, que la planta va estar tancada durant un període de 2 mesos i que aquesta línia comença a treballar a partir de la setmana 23 del 2020 (juny), per el que aquestes xifres equivalen a 7 mesos de treball.

Seguidament, es mostra el desglossament de les reposicions per cada model de la línia d'internalització de components (KITS PM).

Model	Total Repos demanades	Total peces produïdes	Percentatge de Repos	Cost
ARUBA	16.757	519.585	3,23%	7.563 €
CASHEL	1.883	174.000	1,08%	1.414 €
MONTANA	1.060	8.640	12,27%	334 €
Total	19.700	702.225	2,81%	9.311 €

Taula 38 Reposicions per model any 2020. Font: Elaboració pròpia

C.4.2 Dades estat inicial (any 2021)

A continuació es mostra la recopilació de dades de gener al març de l'any 2021.

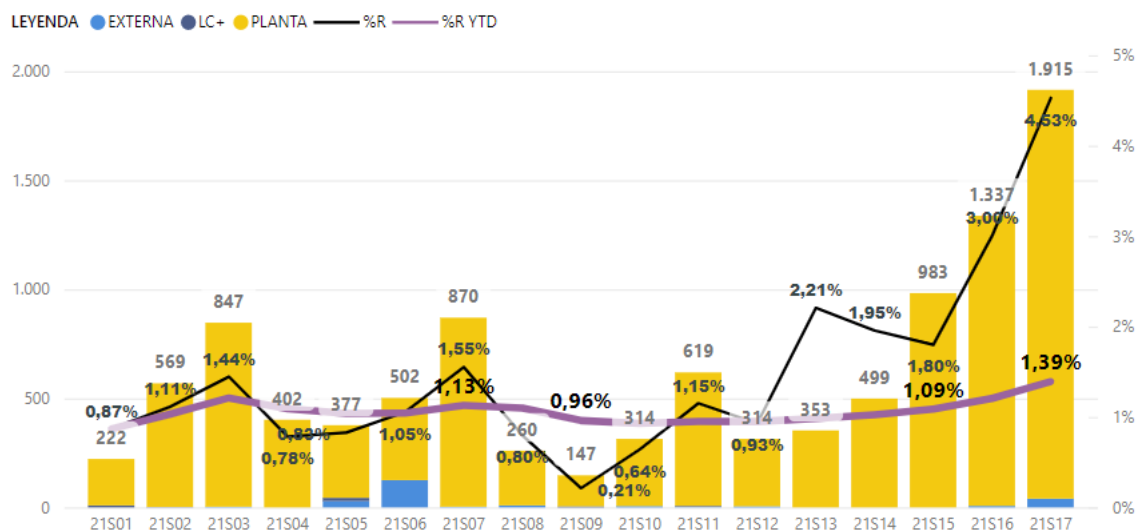


Figura 42 Evolució Repos primer quadrimestre (2021). Font: PowerBi Qualitat

Durant aquest període observat, es van retornar un total de 10.530 peces. Considerant que s'han produït un total de 756.630 peces, les reposicions esdevenen un 1,39% del total produït, amb un cost econòmic de 6.492€.

Seguidament, es mostra el desglossament de les Reposicions per cada model de la línia d'internalització de components (KITS PM).

Model	Total <i>Repos</i> demanades	Total peces produïdes	Percentatge de <i>Repos</i>	Cost
ARUBA	9.371	492.775	1,90%	5.603 €
CASHEL	535	217.280	0,25%	408 €
MONTANA	624	46.575	1,34%	481 €
Total	10.530	756.630	1,39%	6.492 €

Taula 39 Reposicions per model primer trimestre 2021

Tot i tenir un percentatge de retorns d'un 49% més baix respecte l'any anterior, l'objectiu marcat pel projecte de millora és arribar per sota de l'1%.

C.4.3 Impacte d'entrada d'un nou model

En aquest apartat s'ha analitzat l'impacte de l'entrada d'un model nou d'Aruba a la línia. Aquest model es va entrar per primera vegada a la línia a la setmana 12 (finals de març).

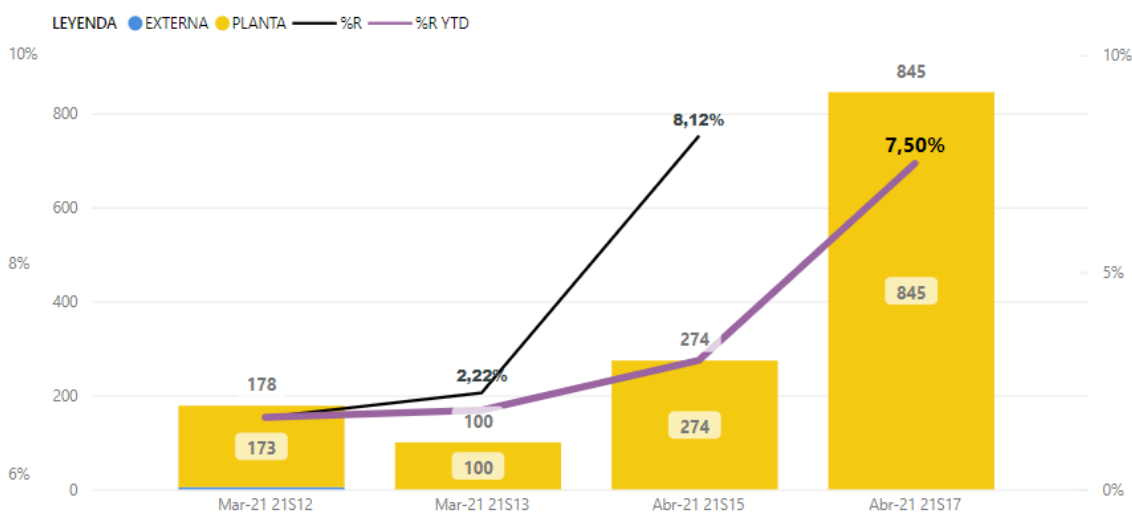


Figura 43 Evolució Repos Nou model durant el primer trimestre (2021). Font: PowerBi Qualitat

Tal i com s'observa al gràfic de la Figura 43, l'impacte en la taxa de retorns ha estat molt elevat ja que s'han produït un total de 18.615 peces i d'aquestes s'han retornat 1.397, és a dir, un 7,50% de taxa de producte retornat. Aquest percentatge és molt alt i s'allunya molt de l'objectiu global de planta (per sota del 3%) i del marcat per la línia de KITS PM (per sota de l'1%).

Aquest augment en la taxa de retorn es deu principalment a un defecte de qualitat en una costura final en forma de V, que resultava més complexa. Per tant, es dedueix que un dels problemes, entre d'altres, és la poca formació que es va donar al personal de producció quan es va entrar aquest model a la línia, pensant que seria com un model estàndard d'Aruba.

Durant el projecte de millora de la línia es va analitzar aquest cas en concret: un model no permanent a la línia i amb poques quantitats a fabricar, i es va decidir fixar a les persones amb més auto-control de qualitat a la cèl·lula 3, on hi havia aquesta costura més complexa. Amb aquest sistema es va aconseguir reduir l'impacte en qualitat, tal i com es mostra a continuació.

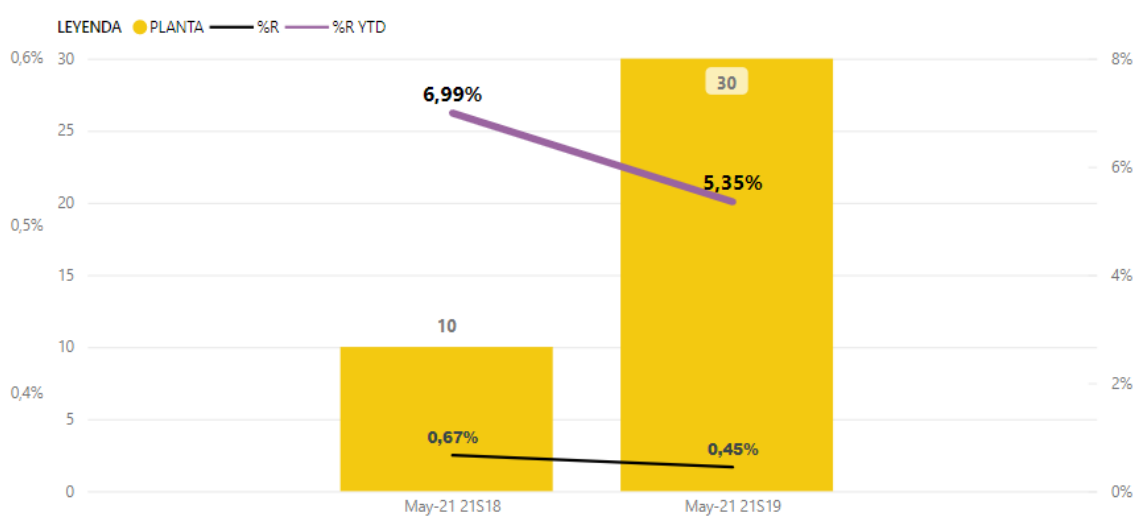


Figura 44 Evolució Repos Nou model durant el projecte de millora (2021). Font: PowerBi Qualitat

Tal i com es pot observar a la Figura 44, s'aconsegueix que la taxa de retorn sigui del 0,49% (40 peces de reposicions de 8.235 peces produïdes).

D. MATRIU DE POLIVALÈNCIA

Per tal d'extreure les dades, s'han agafat les de l'Aruba, que és el model amb més pes (d'un 75%) a la línia de KITS. Tot i que s'ha realitzat a mà la matriu per cadascun dels models i s'ha penjat en format A3 a l'entrada de la línia per anar omplint l'evolució.

A les Figures 45 i 46 representen la matriu de polivalència de cada equip de treball. El torn A té un 79% de polivalència en les operacions mentre que el torn B està entorn del 73%. La polivalència global és força elevada. Tal i com es pot veure, a les últimes estacions de costura, *sous couche* i pintura són les que costa més assegurar la qualitat i arribar al temps operacional per el grau de complexitat i detall.

	ESTACIONS															% Polivalència per persona
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Dividit Poche CC, Poche Plate, Poche Croisé, Gorge i Petite Poche	Rebaixat Poche CC, Poche Plate, Poche Croisé, Gorge i Petite Poche	Posar DF Poche CC	Thermo Poche Plate, Poche Croisé i Petite Poche	Troquel Poche Plate	Surcoupe à chaud Poche CC, Poche Croisé i Petite Poche	Pintura en banc Poche Plate, Poche Croisé i Petite Poche	Pintar Fentes Poche CC + Posar DF Petite Poche	Posar similis + Auto Poche CC	Costura similis Poche CC	Unió Poche CC + Petite Poche	Costura Petite Poche a Poche CC i Poche Plate	Troquel Poche CC	SC unitària Poche CC	Pintura unitària Poche CC	
Montse L.																100%
Mari Cruz C.																100%
Alba V.																100%
Pili G.																75%
Judit T.																65%
Susana P.																43%
Tatiana T.																50%
Cristina G.																100%
% Polivalència equip	81%	81%	81%	81%	75%	75%	81%	81%	81%	81%	81%	78%	72%	78%	78%	

Figura 45 Matriu polivalència Torn A. Font: Elaboració pròpia

ESTACIONS																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Dividit Poche CC, Poche Plate, Poche Croisé, Gorge i Petite Poche	Rebakat Poche CC, Poche Plate, Poche Croisé, Gorge i Petite Poche	Posar DF Poche CC	Thermo Poche Plate, Poche Croisé i Petite Poche	Troquel Poche Plate	Surcoupe à chaud Poche CC, Poche Croisé i Petite Poche	Pintura en banc Poche Plate, Poche Croisé i Petite Poche	Pintar Fentes Poche CC + Posar DF Petite Poche	Posar similis + Auto Poche CC	Costura similis Poche CC	Unió Poche CC + Petite Poche	Costura Petite Poche a Poche CC i Poche Plate	Troquel Poche CC	SC unitària Poche CC	Pintura unitària Poche CC	% Polivalència per persona
Mimi R.																100%
Esperanza I.																100%
Susana C.																100%
Susana R.																75%
Montse S.																50%
Albert S.																43%
Silvia S.																75%
Loli U.																43%
% Polivalència equip	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	69%	69%	69%	69%	

Figura 46 Matriu polivalència Torn B. Font: Elaboració pròpia

E. MODIFICACIONS EN EL DISSENY DE LA LÍNIA

El fet de tenir una demanda fluctuant esdevé directament en la incorporació de nous models així com l'eliminació de ja existents. A setmana 20 es va comunicar que el model Cashel es deixava de produir a la planta de Girona per el que alhora de fer la proposta del canvi de *Layout* i disseny de la línia no s'ha tingut en compte aquest.

E.1 Flexibilitat de la línia

Al fragmentar la línia en 3 cèl·lules flexibles en U s'ha d'assegurar que es disposen dels recursos necessaris per fer-ho i que la flexibilitat tant de l'equip com de maquinària no es veu afectada negativament. D'altra banda, s'han realitzat els càlculs amb el temps real de la línia, obtingut en el cronometratge.

Flexibilitat equip Cèl·lula 1				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	153	19,9	8,0	23%
2	307	40,0	4,0	47%
3	460	60,0	2,7	69%
4	614	80,1	2,0	DUPLICAR

Flexibilitat equip Cèl·lula 2				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	110	14,3	13,0	20%
2	221	28,8	6,5	40%
3	332	43,3	4,3	60%
4	443	57,8	3,3	DUPLICAR

Flexibilitat equip Cèl·lula 3				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	199	25,9	18,0	20%
2	399	52,0	9,0	39%
3	598	78,0	6,0	59%
4	798	104,0	4,5	DUPLICAR

Taula 40 Flexibilitat equip per cèl·lula (model Aruba). Font: Elaboració pròpia

La flexibilitat permesa per produir el model Aruba a la línia és de 3 persones per cada cèl·lula, és a dir, un total de 9 efectius.

Així mateix, la flexibilitat de les estacions de treball és la que es mostra a continuació (en blau estan senyalitzades les estacions doblades).

FLEXIBILITAT ESTACIONS			
Estació	Màquina	Capa estació	Saturació màquina
1	Dividit	1007	44%
2	Rebaixat Manual	741	60%
3	Taula EPT-2	3929	11%
4	Thermo	872	51%
5	Surcoupe Bras Tournant M	1782	25%
6	Surcoupe A Chaud Doble Plat	682	66%
7	Pintura Fentes	744	60%
8	Banc Pintura Mordasses	1767	25%
9	Taula EPT-2	619	72%
10	Plana Doble Arr	941	48%
11	Marca Simple Flap (WSK)	1000	45%
12	Taula EPT-2	636	70%
13	Plana Triple Arr	1135	39%
14	Surcoupe Bras Tournant M	1717	26%
15	Rodet	1365	33%
16	Rodet	1194	37%

Taula 41 Flexibilitat estacions de treball treballant per cèl·lula (model Aruba). Font: Elaboració pròpia

Tal i com es pot veure a la Taula 41, el nou disseny de la línia permet que no sigui necessari doblar algunes estacions de treball, possiblement per haver actualitzat els càlculs amb els temps reals (cronometrats).

A continuació (Taula 42) s'ha calculat la flexibilitat d'efectius per cada cèl·lula. En aquest cas, s'utilitzaran les cèl·lules 1 i 3.

Flexibilitat equip Cèl·lula 1				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	101	13,5	8,0	32%
2	203	27,1	4,0	64%
3	305	40,7	2,7	DUPLICAR

Flexibilitat equip Cèl·lula 3				
Equip	Capa dia	Peces hora	Estacions / persona	Saturació Equip
1	110	14,7	13,0	21%
2	221	29,5	6,5	43%
3	332	44,3	4,3	64%
4	443	59,1	3,3	DUPLICAR

Taula 42 Flexibilitat equip per cèl·lula (model Montana). Font: Elaboració pròpia

Així, la flexibilitat és de 2 persones per la cèl·lula 1 i 3 persones per la cèl·lula 3, per el que permet treballar un total de 5 persones alhora. Com que el model Montana té una demanda molt baixa (170 unitats per setmana), es preveu dedicar a 2 persones de cada torn a produir les unitats d'aquest i treballar-ho de forma paral·lela a la línia. D'aquesta forma, no s'hauran d'invertir més recursos.

E.2 Material en curs

El dimensionament del material en curs de la línia es manté igual ja que la única modificació que s'ha fet és separar la línia global en 3 cèl·lules, però es disposa del mateix nombre màxim de persones per torn.

Tània Leal Bermejo

Autora

Girona, 11 de juny de 2021