

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Disseny i validació mitjançant prova pilot d'un procés de millora continua en el manteniment d'instal·lacions industrials

MEMÒRIA

Autor: Xavier Miralles Rossinyol
Director: Abel Zahinos Ruiz
Convocatòria: Setembre 2017



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

El següent projecte descriu el disseny d'un procés de treball basat en la implementació de tècniques de manteniment avançat aplicables a la indústria per tal de garantir la millora continua. En altres paraules, aquest projecte presenta i analitza de forma ordenada diferents eines i metodologies que en aplicar-se de forma correcta, defineixen un model de treball que permet a una empresa de manteniment d'instal·lacions industrials ser més eficient en la gestió dels seus actius.

El treball es divideix clarament en tres fases de procés i la posterior validació d'aquest. En relació al procés dissenyat, en primer lloc es centra en l'adquisició de dades. Per tal de garantir l'èxit, s'ha donat un pes important a definir clarament l'eina i els passos necessaris per obtenir informació fiable de manera fàcil i ràpida per poder posteriorment treure conclusions de millora. A continuació, un cop sòlidament queda definida la manera com es capta la informació necessària i rellevant, mitjançant un software de manteniment avançat (en aquest cas Prisma) s'analitza i es defineix l'aplicació de diferents tècniques d'anàlisi de criticalitat, causalitat, modes de falla i fiabilitat. Seguidament i com tercera fase del procés, es presenta aquesta informació analitzada mitjançant una eina informàtica d'intel·ligència de negoci. Aquesta eina mitjançant diferents gràfiques estadístiques i paràmetres permet de forma precisa i intuïtiva extreure conclusions d'aquest anàlisi.

Al llarg del transcurs del projecte, aquest procés descrit s'aplica a un client de la empresa ISS Facility Services i s'extreuen unes primeres conclusions de validació de tota la metodologia explicada en aquesta memòria. Els resultats d'aquesta validació han estat satisfactoris tant des de un punt de vista de resultats esperats com per satisfacció dels diferents usuaris pels quals s'ha dissenyat.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	2
LLISTAT DE FIGURES	4
LLISTAT DE TAULES	6
1. GLOSSARI	7
2. PREFACI	8
2.1. Origen del projecte.....	8
2.2. Motivació.....	8
2.3. Requeriments previs.....	9
3. INTRODUCCIÓ	11
3.1. Objectius del projecte	11
3.2. Abast del projecte	11
3.3. Promoció del projecte	12
4. DEFINICIÓ DEL PROBLEMA I ANÀLISI DE NECESSITATS	13
4.1. Anàlisi d'usuari.....	13
4.2. Necessitats	14
4.3. Disseny conceptual.....	16
5. DATA ACQUISITION	18
5.1. Anàlisi de necessitats	18
5.2. Anàlisi funcional	19
5.3. Especificacions	20
5.4. Alternatives i solució	21
5.4.1. Elements d'identificació ràpida.....	21
5.4.2. Aplicació per a dispositius mòbils.....	23
6. DATA ANALYSIS	24
6.1. Anàlisi de necessitats i requeriments.....	24
6.2. Metodologies i procés proposat.....	25
6.2.1. Diagrama de procés.....	25
6.2.2. Anàlisi de criticalitat (Criticality Assessment).....	25
6.2.3. Anàlisi de causalitat	30
6.2.3.1. Brainstorming & Cause Assessment.....	30

6.2.3.2. RCA + 5 per què: Anàlisi de Causa Arrel i 5 per què.....	31
6.2.4. FMEA live.....	33
6.2.5. RCM live	35
7. REPORTING STATISTICS	39
7.1. Definició i requeriments eina BI.....	39
7.2. Eina BI Utilitzada	39
7.3. Elements estadístics analitzats	41
7.3.1. Estructura i paràmetres.....	41
7.3.2. FMEA.....	42
7.3.3. RCM.....	44
8. RESULTATS EXPERIMENTALS DE LA PROVA PILOT	46
8.1. Enquesta i resultats	46
8.2. Primers resultats d'implementació al client	50
8.2.1. Resultats auditoria de validació.....	50
8.2.2. Conclusions auditoria de validació	54
9. PLANIFICACIÓ	55
10. PRESSUPOST	56
11. IMPACTE AMBIENTAL	58
CONCLUSIONS I TREBALL FUTUR	59
AGRAÏMENTS	61
BIBLIOGRAFIA	62
Referències bibliogràfiques.....	62

Llistat de figures

Figura 4-1. Diagrama de Stakeholders – Font: Pròpia	14
Figura 4-2. Plantilla Team Canvas per completar – Font: theteamcanvas.com.....	15
Figura 4-3. Plantilla Team Canvas completada – Font: theteamcanvas.com.....	16
Figura 4-4. Caixa Negra disseny conceptual – Font: Pròpia	17
Figura 5-1. Functional Flow Diagram Data Acquisition – Font: Pròpia	20
Figura 5-2. Alternatives del Data Acquisition – Font: Pròpia.....	21
Figura 5-3. Alternatives d'identificació ràpida – Font: Pròpia.....	22
Figura 6-1. Diagrama de Procés del Data Analysis - Font: Pròpia	25
Figura 6-2. Procés d'anàlisi de criticalitat basat en FMEA - Font: Pròpia	27
Figura 6-3. Gràfics Plantilla Criticality – Font: Pròpia.....	30
Figura 6-4. Exemple Anàlisi RCA - FONT: [4] PARRA MARQUEZ, CARLOS ALBERTO y CRESPOS MÁRQUEZ, ADOLFO. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos	31
Figura 6-5. Exemple aplicació 5 perquè – Font: Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Buenos Aires.....	32
Figura 6-6. Procés FMEA - Font: [6] CARLSON, CARLS S. Effective FMEAs, 2012.....	34
Figura 6-7. Unió FMEA i RCM - Font: [5] BRAASKSAMA, JAN. Asset information for FMEA- based maintenance, 2012.....	36
Figura 6-8. Exemple Craft Feedback Grade - Font: [7] BLOOM, NEIL B. Relaiability Centered Maintenance – Implamentation Made Simple	37
Figura 6-9. Determinació de tasques RCM & RCA - Font: Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Buenos Aires (Modificat).....	38
Figura 6-10. Exemple RCM live - Font: [7] BLOOM, NEIL B. Relaiability Centered Maintenance – Implamentation Made Simple.....	38
Figura 7-1. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms – Font: Gartner	

Inc.	40
Figura 7-2. Workflow Sistema KPI - Font: ROSAM, IAN i PEDDLE, ROB. Creating a Process-based Management System for ISO 9001:2000 and Business Improvement, 2009	42
Figura 8-1. Resultats enquesta avaluació d'usabilitat - Font: Pròpia	47
Figura 8-2. Resultats enquesta avaluació de capacitació - Font: Pròpia	47
Figura 8-3. Resultats enquesta avaluació de motivació – Font: Pròpia	48
Figura 8-4. Resultats enquesta avaluació de retenció - Font: Pròpia	48
Figura 8-5. Resultats enquesta avaluació de compromís - Font: Pròpia	49
Figura 8-6. Qualificació enquesta - Font: Pròpia	50
Figura 9-1. Diagrama de Gantt del projecte - Font: Pròpia	55

Llistat de taules

Taula 1. Especificacions del Data Acquisition - Font: Pròpia.....	20
Taula 2. Comparativa QR i NFC/RFID - Font: [1] DELIYANNIS,IOANNIS. Interactive Multimedia.....	23
Taula 3. Freqüències de falla – Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. Optimum Decision Making in Asset Management	28
Taula 4. Efectes de Falla -Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA,VICENTE. Optimum Decision Making in Asset Management	28
Taula 5. Criticalitat de Falla - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. Optimum Decision Making in Asset Management	29
Taula 6. Mean Time to Repair (MTTR) - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. Optimum Decision Making in Asset Management	29
Taula 7. Classificació del RPN - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. Optimum Decision Making in Asset Management	29
Taula 8. Comprativa Plataforme BI - Font: Pròpia.....	41
Taula 9. KPI del RCM – Font: Pròpia	45
Taula 10. Criteris de puntuació enquesta - Font: Pròpia	46
Taula 11. Puntuació Especificacions Auditoria de Validació - Font: Pròpia.....	51
Taula 12. Primers resultats d'implementació (Part 1) - Font: Pròpia.....	52
Taula 13. Primers resultats d'implementació (Part 2) - Font: Pròpia.....	53
Taula 14. Pressupost desenvolupament de tasques - Font: Pròpia	56
Taula 15. Pressupost d'eines utilitzades - Font: Pròpia.....	57

1. Glossari

AIDC	<i>Automatic Identification and Data Capture</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CM	<i>Corrective Maintenance</i>
FFBD	<i>Functional Flow Block Diagram</i>
FMEA	<i>Failure Mode Effects Analysis</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
PM	<i>Preventive Maintenance</i>
QR	<i>Quick Response</i>
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RTF	<i>Run to Failure</i>

2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

Fruit de les pràctiques curriculars realitzades al departament tècnic de la divisió de manteniment de l'empresa ISS Facility Services i davant del propòsit d'aquesta companyia de ser cada dia més eficients en la realització dels serveis, neix la oportunitat d'encetar aquest projecte de col·laboració universitat-empresa.

La combinació de l'interès en aprendre i ajudar a l'empresa en que s'han realitzat les pràctiques, juntament amb la disposició dels recursos per desenvolupar i aplicar el projecte a una empresa global i puntera del sector automobilístic, són els pals de paller que porten a iniciar aquest treball.

2.2. Motivació

En un context en que existeixen un elevat nombre d'eines i tècniques de manteniment avançat i la necessitat de les empreses de ser més competitives en la prestació dels seus serveis, el fet de col·laborar en la millora de la fiabilitat dels processos d'una empresa global de contrastada experiència és d'entrada una oportunitat a no deixar escapar.

Per ser més precisos, si al plantejament anterior hi sumem que els recursos que les empreses destinen al manteniment de les seves instal·lacions solen ser limitats, aquesta oportunitat es converteix en un repte d'allò més interessant i exigent.

D'entrada aquests conceptes d'alta competència i escassetat de recursos podrien ser catalogats com limitacions més que motivacions, en aquest sentit però i deixant de banda discussions que segurament s'escapen una mica del camp de l'enginyeria, la voluntat i oportunitat de donar solució a aquestes limitacions en resulten la motivació principal.

2.3. Requeriments previs

Els requeriments generals que han estat necessaris per al desenvolupament d'aquest projecte han estat:

- Coneixement informàtic del funcionament i modelització de software de gestió de manteniment.
- Coneixement informàtic d'eines estadístiques de visualització d'informació.
- Coneixement de la organització del servei per part d'una empresa de manteniment.
- Col·laboració d'experts del sector del manteniment industrial.
- Disposició de dades per contrastar l'assoliment dels objectius.

3. Introducció

3.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal del projecte és dissenyar un procés de millora de la fiabilitat en el manteniment d'instal·lacions industrials. D'aquest objectiu principal se'n deriven els següents objectius específics:

- Dissenyar un procés de treball per obtenir dades fiables
- Definir una metodologia d'anàlisi de fiabilitat que permeti a mitjà termini extreure conclusions de millora
- Explorar diferents metodologies que permetin millorar contínuament en la realització de tasques de manteniment industrial
- Validar el procés dissenyat per a la futura ràpida implementació

3.2. Abast del projecte

El projecte es basa l'assoliment dels objectius descrits donant com a resultat la metodologia i eines necessàries a aplicar per tal de garantir-ne la validació i la futura bona aplicació pràctica. Totes aquestes eines i tècniques utilitzades quedaran justificades mitjançant informació científica contrastada, resultats experimentals de la validació i el feedback dels diferents usuaris implicats en el projecte que quedaran descrits posteriorment a la memòria.

Les tipologies de manteniment en que es centrarà l'anàlisi seran el correctiu (CM) i el preventiu (PM). Cal fer notar també que al llarg de la recerca s'utilitzen diferents eines informàtiques que seran justificades i modelitzades en base al treball però no s'entrarà en aspectes de programació de codi intern encara que en certa mesura s'hagin hagut d'aplicar.

La investigació d'aquest treball principalment es basa en la branca de la organització industrial. Té un pes molt important l'aplicació pràctica de tècniques associades a la gestió de projectes i en una menor escala s'inclouen diferents especialitats de la branca de l'enginyeria industrial com són la mecànica lligada al funcionament dels equips que s'han de mantenir, informàtica en relació a les eines de suport del procés dissenyat i la estadística per a la extracció de conclusions.

3.3. Promoció del projecte

Com s'ha comentat anteriorment, aquest projecte s'ha realitzat per a la empresa ISS Facility Services. Aquesta companyia es una multinacional d'origen danès, líder en la integració de serveis per a empreses i opera a 53 països diferents. En el cas que ens ocupa, la direcció del projecte s'ha dut a terme pel gerent del departament d'enginyeria i solucions de Business Intelligence de la zona d'Espanya i Portugal. Aquest departament es troba ubicat a les oficines centrals d'Iberia, situades a Sant Cugat del Vallès. Les tasques del departament es basen en oferir solucions que millorin l'eficiència en la realització dels diferents serveis que ofereix la companyia.

Contextualitzada l'empresa promotora del projecte, no és menys important fer referència al fet que tots els punts que apareixeran al llarg del transcurs d'aquesta memòria, han estat desenvolupats amb la col·laboració de l'equip destinat al servei de manteniment d'un client important del sector automobilístic situat a Barcelona.

4. Definició del problema i anàlisi de necessitats

4.1. Anàlisi d'usuari

A diferència del que es pugui pensar, un usuari no és només el subjecte que utilitza un producte o que n'és el propietari, sinó que un usuari es qualsevol persona u organització que es veu afectada pel desenvolupament del mateix.

En aquest sentit, els implicats en aquest projecte segons tipologia són:

- **Usuari raó de ser:** Són aquells usuaris que donen sentit al projecte, que en son els consumidors finals. En el cas que ens ocupa es tracta dels clients de la empresa ISS Facility Services.
- **Usuari Propietari:** En aquest cas fas referència a qui acabarà pertanyent el projecte. L'usuari per tant, serà la empresa ISS Facility Services, que encarrega aquest projecte per donar solució a diferents necessitats en la realització de les seves activitats.
- **Usuari Operador:** Fa referència a aquell que realitza les operacions. En aquesta tipologia hi trobem dos perfils. El primer perfil i segurament el més essencial, és el tècnic de manteniment, que és la persona que durà a terme el procés dissenyat i que farà ús les diferents eines que es descriuran. El segon usuari serà el gestor de servei del client en qüestió, que es qui recollirà els resultats del procés i serà l'interlocutor amb el client per tal de treure rendiment en l'assoliment dels objectius plantejats.
- **Usuari Extern:** Son aquells usuaris que no tenen interacció directa amb el producte però que es veuen afectats indirectament per ell. En aquest bloc hi trobaríem el cas de proveïdors que podrien veure afectat el seu subministrament pel bon funcionament d'aquest procés i també hi podríem trobar empreses de la competència que donen altres serveis al client de ISS i que podrien ser requerides de la utilització de metodologies similars.

A continuació és mostra una figura amb el que seria el diagrama de *Stakeholders* o de relacions d'usuaris d'aquest projecte.

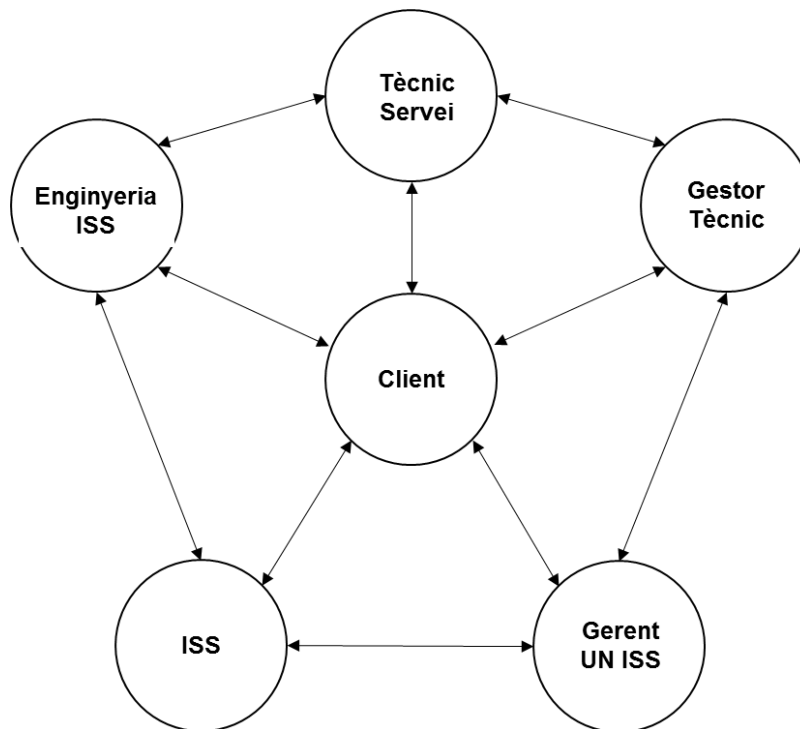


Figura 4-1. Diagrama de Stakeholders – Font: *Pròpia*

4.2. Necessitats

En aquest apartat es descriuran les necessitats generals del conjunt del projecte, en els punts que apareixen a posteriorment es descriuen les necessitats específiques del les tres fases del procés dissenyat.

Com a conseqüència de les reunions realitzades amb els diferents usuaris del sistema es detecten les següents necessitats:

- El procés ha de ser ràpid, minimitzant el temps que es dedica a l'adquisició dades
- El procés ha de ser fàcil i intuïtiu, minimitzant la possibilitat de cometre errors
- El procés ha de treure feina administrativa al gestor
- El procés ha de garantir l'emmagatzemament d'informació de forma segura
- El procés ha d'incorporar una metodologia d'anàlisi contrastada
- El procés ha de ser assequible, el preu de les eines i recursos no poden alterar el contracte de manteniment actual
- El procés ha de ser autogestionable, amb els recursos actuals de l'empresa
- El procés ha d'estar validat a l'inici de la tardor de l'any 2017

- El procés ha de reduir costos
- El procés s'ha de centrar en la millora continua en el desenvolupament de tasques de manteniment correctiu i preventiu
- Les eines utilitzades per prendre dades han de ser robustes, utilitzables en entorns productius
- La informació reportada ha de ser útil per a millorar i aportar un valor al servei
- La informació ha de ser accessible a diferents nivells en funció del tipus d'usuari

En una primera reunió de definició del projecte s'utilitza l'eina "Team Canvas", que consisteix en una eina gratuïta de gran utilitat per organitzar reunions d'alineació d'equips. Més concretament consisteix en un marc de referència que ajuda als integrants d'un equip a iniciar projectes i alinear les seves visions.

Mitjançant unes regles i uns temps establerts, es segueix un procés on es parteix de la següent plantilla impresa a una mida A0 o A1:

PEOPLE & ROLES What are our names and the roles we have in the team? What are we called as a team?	COMMON GOALS What do you as a group really want to achieve? What is our key goal that is feasible, measurable and time-bounded? PERSONAL GOALS What are our individual personal goals? Are there personal agendas that we want to open up?	VALUES What do we stand for? What are guiding principles? What are our common values that we want to be at the core of our team? Why are we doing what we are doing in the first place?	RULES & ACTIVITIES What are the rules we want to introduce after doing this session? How do we communicate and keep everyone up to date? How do we make decisions? How do we execute and evaluate what we do? NEEDS & EXPECTATIONS What each one of us needs to be successful? What are our personal needs towards the team to be at our best?
STRENGTHS & ASSETS What are the skills we have in the team that will help us achieve our goals? What are interpersonal/soft skills that we have? What are we good at, individually and as a team?		WEAKNESSES & RISKS What are the weaknesses we have, individually and as a team? What our teammates should know about us? What are some obstacles we see ahead of us that we are likely to face?	

Figura 4-2. Plantilla Team Canvas per completar – Font: *theteamcanvas.com*

Gràcies a la participació dels integrants del projecte i la correcta aplicació de les regles del procés descrit per la pròpia empresa Team Canvas, s'obté la següent plantilla completada amb tot un seguit de conceptes organitzats segons diferents aspectes que permeten estructurar les idees centrals del projecte que s'està plantejant.

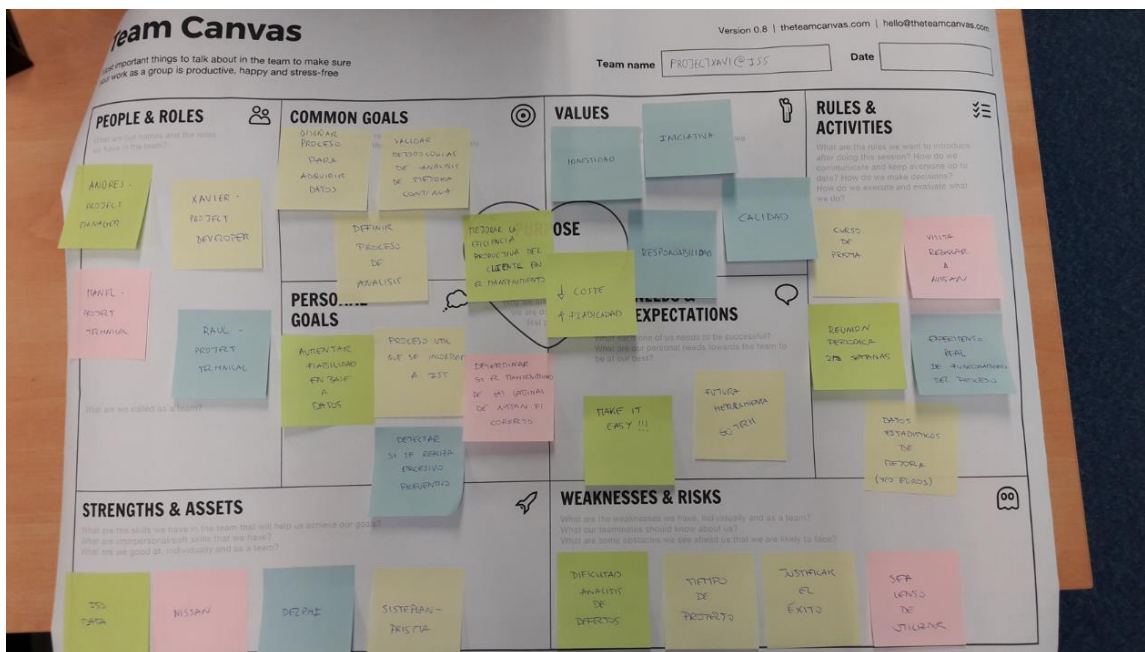


Figura 4-3. Plantilla Team Canvas completada – Font: *theteamcanvas.com*

4.3. Disseny conceptual

Un cop analitzades les necessitats dels diferents usuaris implicats en el projecte, es fa un primer anàlisi funcional on es defineixen mitjançant el mètode de la caixa negra (Rozenburg, 1995), les funcions, inputs i outputs del projecte en qüestió. Cal fer notar que tant els inputs com els outputs que es mostren a la Figura 6.3, han anat evolucionant al llarg del desenvolupament del projecte a mesura que ha anat augmentant el coneixement de la problemàtica plantejada i s'han anat desenvolupant les possibles solucions trobades.

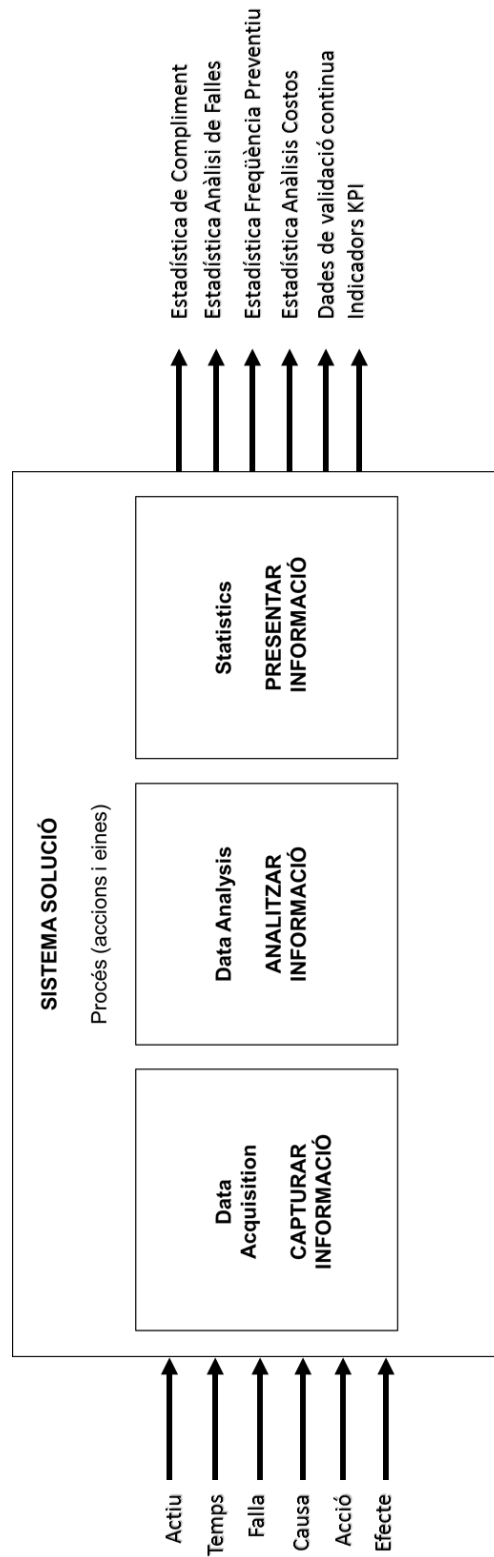


Figura 4-4. Caixa Negra disseny conceptual – Font: *Pròpia*

5. Data Acquisition

Un cop plantejat el disseny conceptual del projecte, s'entra a fons en el primer dels tres grans blocs a dissenyar, el que s'anomena Data Acquisition. Com es pot intuir d'aquest títol anglès, en aquest apartat s'identifiquen els passos i eines necessàries per tal d'aconseguir capturar aquelles dades que permetran garantir el correcte funcionament del procés.

5.1. Anàlisi de necessitats

Aquesta primera fase del projecte de captura d'informació pretén principalment satisfer les necessitats dels tècnics de manteniment. Els diferents apartats que apareixen a continuació es basen en el disseny d'una metodologia pensada per cobrir les necessitats dels diferents usuaris propis de la operativa d'una empresa de serveis de manteniment.

Les necessitats detectades com a conseqüència de les reunions periòdiques amb l'equip de manteniment del client en qüestió són les següents:

- **Rapidesa:** Queda palès que els recursos humans disponibles són limitats per tal de poder ser competitius. Aquest fet reclama la minimització del temps dedicat a reportar informació amb la finalitat de maximitzar el temps dedicat a tasques operatives.
- **Claredat:** S'observa que sovint es produeixen situacions on un tècnic no té clarament identificat de forma ràpida quin és l'actiu que necessita de la seva intervenció. La segona necessitat a satisfer doncs, consisteix en buscar la manera d'aconseguir que la identificació de l'actiu sigui inequívoca.
- **Robustesa:** L'entorn de treball on ha de ser utilitzat aquest procés es de tipologia instal·lació industrial productiva, cal garantir que l'eina esdevé utilitzable en condicions de rutina de treball.
- **Cost mínim:** Fent referència altre cop al context d'alta competitivitat del sector, es descriu la necessitat de marcar com a criteri de decisió aquell que compleixi a mínim cost les diferents necessitats o requeriments plantejats.

5.2. Anàlisi funcional

Un cop definides les necessitats, es procedeix a realitzar l'anàlisi funcional de la fase de captura de dades. Aquest anàlisi es realitza mitjançant la tècnica del FFBD o *Functional Flow Block Diagram*, una de les tècniques d'anàlisi funcional abastament emprada i que forma part del camp de l'anomenat System Engineering.

En primer lloc es defineixen les quatre funcions principals utilitzant el concepte del verb-nom:

- **Identificar actiu:** El primer aspecte essencial per tal de poder dur a terme un anàlisi de fiabilitat d'actius de manteniment consisteix en identificar l'equip en qüestió. En aquest sentit es defineix aquesta primera funció que ha de permetre a un tècnic de manteniment seleccionar la màquina a la qual s'aplicarà l'anàlisi.
- **Introduir Informació:** Un cop l'actiu ha estat seleccionat, serà necessari introduir tota aquella informació requerida fruit de l'anàlisi que es definirà en el proper apartat d'aquest projecte.
- **Guardar Informació:** La informació introduïda ha de ser emmagatzemada de forma ràpida i segura i ha de permetre corregir errors en el suposat cas que s'hagi produït alguna errada en la seva introducció.
- **Enviar Informació:** Aquesta informació emmagatzemada ha de ser enviada a una base de dades per a poder ser processada posteriorment.

Un cop identificades aquestes funcions principals es realitza una descomposició funcional que permet obtenir el següent FFBD i que resumeix l'anàlisi funcional obtingut:

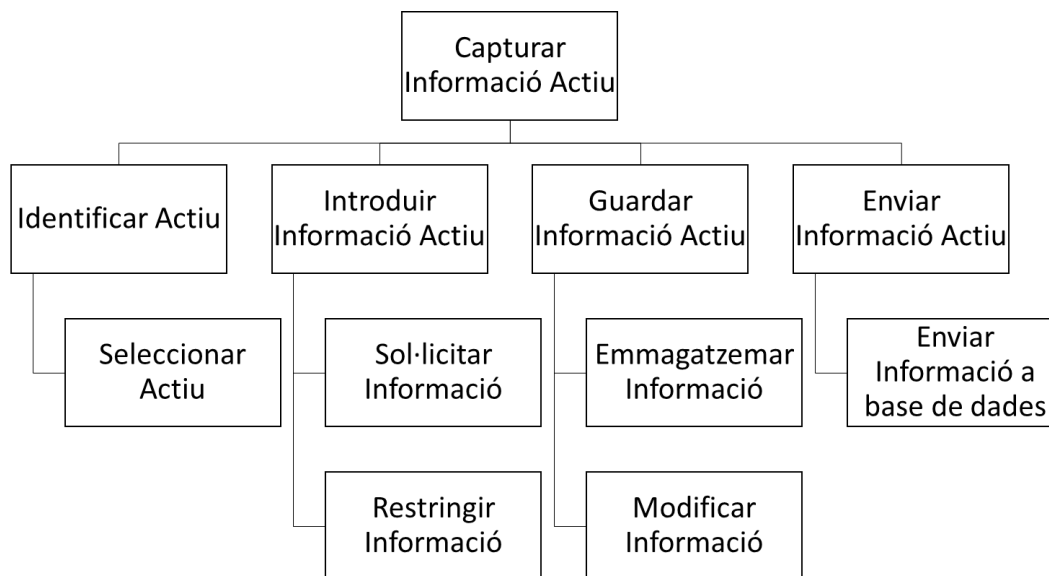


Figura 5-1. Functional Flow Diagram Data Acquisition – Font: *Pròpia*

5.3. Especificacions

A continuació, amb la finalitat de mostrar de forma entenedora les especificacions que sorgeixen de l'anàlisi funcional anterior, mitjançant una taula, es reflexa l'associació entre les funcions definides a l'apartat anterior i els pertinents requeriments funcionals principals, components i especificacions.

Requeriment Funcional	Funció	Component	Especificacions
Identificar ràpidament i sense equivocació	Seleccionar Actiu	Element identificació ràpida	Temps < 60 s
Sol·licitar informació específica	Sol·licitar Informació	Formulari	Camps requerits per l'anàlisi
Evitar errors	Restringir Informació	Desplegable	Possibilitat d'escollir camps
No perdre informació	Emmagatzemar informació	Servidor	1 TB
Retrocedir en cas d'error	Modificar Informació	Software	Il·limitat
Enviar informació base de dades	Enviar informació	Internet	Temps < 10 s

Taula 1. Especificacions del Data Acquisition - Font: *Pròpia*

5.4. Alternatives i solució

La solució proposada per tal de complir amb les funcions i especificacions identificades en els apartats anterior es basa en:

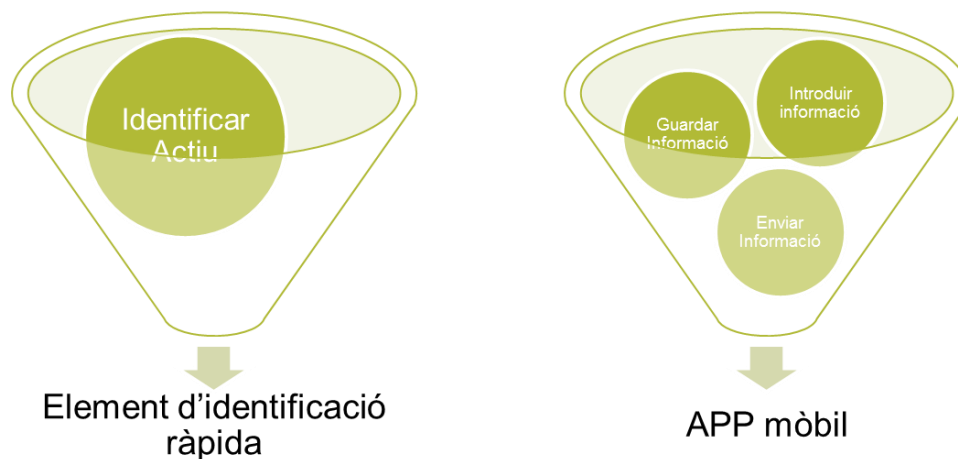


Figura 5-2. Alternatives del Data Acquisition – Font: *Pròpia*

A continuació es justifica i s'analitza amb detall el per què de la decisió presa.

5.4.1. Elements d'identificació ràpida

La solució ha de garantir els següents requeriments:

- Disponibilitat telèfon mòbil
- Mínim cost
- Generació massiva maximitzant la automatització
- Simplicitat d'utilització
- Utilitat com a eina comercial

Les alternatives que es plantegen són:

1. **Codi de barres:** Conjunt de línies blanques i negres que contenen informació en direcció horitzontal i que pot ser llegida per dispositius electrònics.
2. **Codi QR:** Patró de quadrats en blanc i negre que pot ser llegit per dispositius electrònics i que conté informació en direcció horitzontal i vertical.
3. **Bluetooth:** Tecnologia per connectar dispositius electrònics entre ells i a la xarxa d'internet mitjançant l'ús de senyals de radio.
4. **RFID:** Mètode d'identificació automàtica (AIDC) que utilitza ones de ràdio per emmagatzemar i recuperar informació d'un xip d'identificació. Aquests xips són

coneguts com a etiquetes RFID.

5. **NFC:** Tecnologia AIDC sense fils, d'alta freqüència i curt abast que permet la transmissió d'informació entre dispositius a menys de 10 cm. És una actualització del RFID

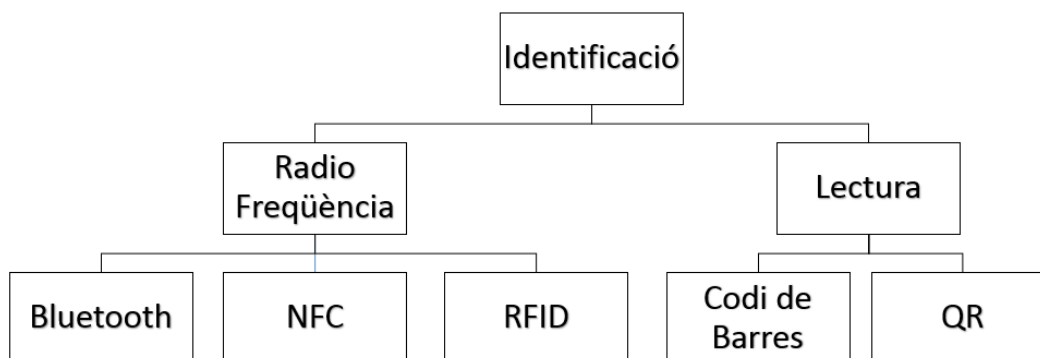


Figura 5-3. Alternatives d'identificació ràpida – Font: *Pròpia*

D'entrada es descarten les alternatives de Bluetooth i codi de barres pels següents motius:

- Bluetooth: és una tecnologia molt similar al NFC/RFID que presenta els següents desavantatges:
 - Temps de connexió major: Estem parlant 0.1 milisegons en el cas de tecnologies RFID/NFC enfront de 6 segons en el cas dels Bluetooth.
 - Necessitat de desenvolupament d'una eina pròpia per tal de transmetre la informació.
- Codi de Barres: El codi QR és un avanç respecte el codi de barres ja que es basa en un plantejament similar però diferenciant-se en el fet que conté informació en direcció vertical i horitzontal. Aquest fet provoca que un codi de barres pugui contenir només 20 dígit i en canvi un codi QR pot contenir 7089 caràcters numèrics, 4296 caràcters d'informació alfanumèrica o 2953 bytes d'informació binària.

Entre les tecnologies de codi QR i NFC/RFID es pot establir la següent taula comparativa:

	QR Code	NFC/RFID
Availability in mobile phones	High: Any camera-enabled mobile phone, several include preinstalled readers.	Low: Only NFC-enabled devices
Cost	Low: Tags can be printed in any printer, using common paper	Medium/High: Depends on the NFC/RFID tag or smartcard to be used.
Users Learning Curve	Low: Most users are already familiar with mobile cameras.	Medium: Users require learning NFC basis.
Security	Low: Information can be read easily by any camera-enabled device.	High: Devices must be very close to read information
Storage capacity	High	High
Damage resistance	Medium: QR Code includes error correction data that allows up to 30% recovery of a distorted or damaged tag.	Low: If wires are damaged tag cannot be read.
Visibility requirement	High: Code must be visible and well illuminated.	None: Tags can be hidden.

Taula 2. Comparativa QR i NFC/RFID - Font: [1] DELIYANNIS, IOANNIS. *Interactive Multimedia*

Donats els requeriments funcionals plantejats, s'opta pel codi QR ja que és la solució que millor compleix amb els requeriments. A més destaca per sobre de les altres en dos aspectes importants:

- A nivell **pressupostari** requereix d'una inversió molt menor que qualsevol de les altres tecnologies.
- A nivell **comercial** permet la identificació visual de l'aposta per part de l'empresa de tecnologies d'aquest tipus.

Nota: Les diferents dades utilitzades en aquest apartat 5.4.1 ha estat extretes de [1] DELIYANNIS, IOANNIS. *Interactive Multimedia*, Març de 2002.

5.4.2. Aplicació per a dispositius mòbils

En aquest punt del treball la decisió presa s'ha basat en la cerca d'una aplicació mòbil que compleixi les especificacions plantejades i que sigui adquirida a mínim cost. L'aplicació de Prisma Mobile és escollida per presentar les següents virtuts:

- Compatibilitat amb la utilització de QR
- Configuració per tal de disposar dels camps requerits
- Compliment dels índexs de temps plantejats
- Compatibilitat amb Prisma 3
- Cost nul d'adquisició per part de l'empresa ISS Facility Services

6. Data Analysis

6.1. Anàlisi de necessitats i requeriments

Per tal de detectar les necessitats d'una empresa del sector de manteniment, s'han realitzat reunions setmanals d'experts de la empresa ISS Facility Services. Per obtenir-ho, s'han utilitzat tècniques de recollida de dades com són els qüestionaris o sessions programades a l'estil workshop. D'aquestes reunions transversals amb tècnics del sector de posicions ben diferents, se n'extreuen les conclusions que es troben a continuació separades en necessitats i requeriments.

Conclusions de l'anàlisi de necessitats:

- **Criteri de jerarquitzaçió d'importància d'actius:** Es sabut que cada actiu o màquina té una importància segons diferents criteris com poden ser la funció que realitza, el seu cost o la implicació en la seguretat de les persones. En aquest sentit cal incloure en el procés la manera d'escollir quines són aquelles màquines a les que caldrà aplicar l'anàlisi proposat en funció de la seva importància.
- **Procés d'implementació clarament definit:** Havent-hi una base teòrica al darrera, l'objectiu principal del projecte és poder ser implementat. Això ha portat a incloure tots els passos a seguir de forma ordenada.
- **Metodologia d'anàlisi científicament provada:** Aquest punt central del procés s'ha de fonamentar en una metodologia àmpliament contrastada que garanteixi la justificació de la seva aplicació tant des de un punt de vista de resultats obtinguts com de reconeixement per part del sector.
- **Software per enregistrar i tractar les dades:** Tot aquest anàlisi ha de comptar amb enregistrament digital per tal d'automatitzar el procés, emmagatzemar la informació de forma ràpida i segura i posteriorment tractar-la segons conveniència.

Requeriments preestablerts a garantir:

- **Automatització:** Minimitzar la el treball humà.
- **Estandardització:** Utilitzar-se en clients de diferents sectors industrials.

- **Jerarquització:** Aplicar-se a aquells equips de valor clar.
- **Simplificació:** Implementar per part de l'estructura de gestió de servei.

6.2. Metodologies i procés proposat

6.2.1. Diagrama de procés

D'acord amb el compliment de necessitats i requeriments que s'han plantejat, el diagrama o resum del procés d'anàlisi que es proposa al llarg d'aquest capítol s'il·lustra a la figura 6.1. En els següents apartats s'entrarà en detall en cadascun dels blocs.

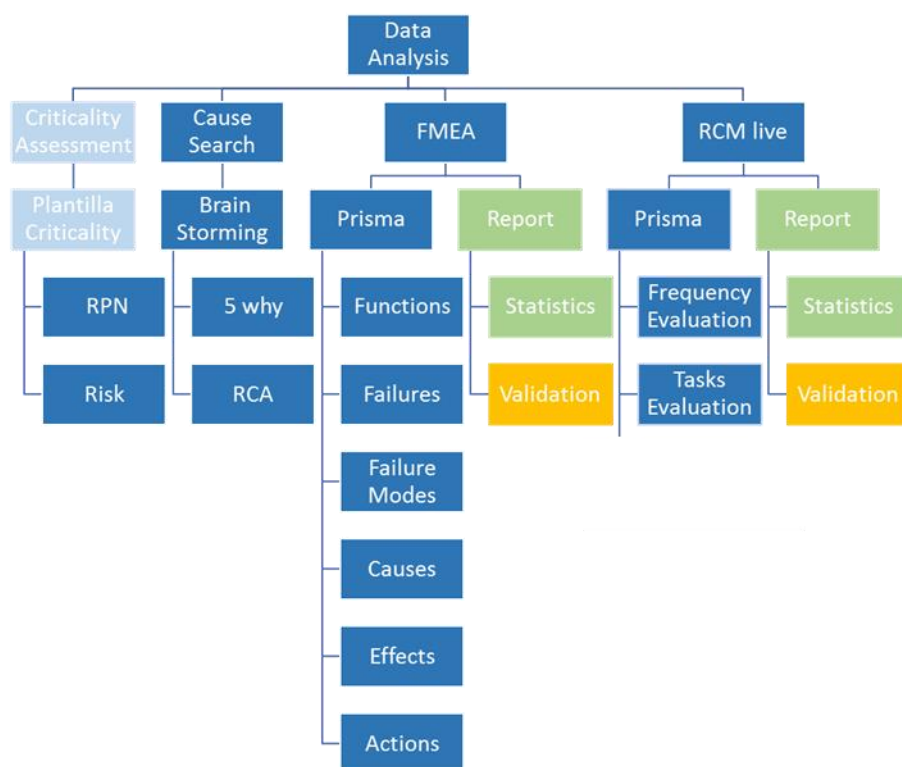


Figura 6-1. Diagrama de Procés del Data Analysis - Font: Pròpia

6.2.2. Anàlisi de criticalitat (Criticality Assessment)

Una de les coincidències observades en els diferents documents bibliogràfics consultats, és que per tal de garantir l'èxit en un procés d'anàlisi de falles, és necessari d'entrada identificar i seleccionar ben clarament un nombre limitat d'actius als quals s'aplicarà l'anàlisi. Per tal de fer efectiu aquest fet, es planteja el que s'anomenarà "Criticality Assessment".

En aquest pas es pretén detectar quins modes de falla són crítics en base a criteris de criticalitat i risc. Per aconseguir-ho, s'ha creat una plantilla en format Excel basada en:

- Classificació de falles per mitjà de l'aplicació parcial del que s'anomena *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA)
- Jerarquització segons criticalitat mitjançant l'índex *Risk Priority Number* (RPN)
- Jerarquització segons Risc permet extreure les conclusions esperades.

A continuació s'explica amb detall el funcionament de la plantilla i dels diferents termes i sigles que s'han anomenat. Cal fer èmfasi que la informació que s'exposa a continuació s'ha obtingut de la font [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*, Agost de 2016.

Amb la finalitat d'explicar aquest procés de la manera més entenedora possible, s'exemplifica el funcionament de la plantilla explicant el per què de cada un dels passos i resultats obtinguts.

Segons fonts consultades, la metodologia FMEA és la més àmpliament estesa i utilitzada per la indústria per tal de realitzar anàlisis de fiabilitat i risc. Al mateix temps resulta complexa i demana d'un coneixement molt elevat de la indústria a la qual s'ha d'aplicar, en un context en que el procés que s'està dissenyant pretén satisfer les necessitats d'una empresa de serveis de manteniment industrial que inclou l'arrencada d'un contracte on es desconeixen les instal·lacions, s'assumeix que aquesta primera fase és un punt de partida orientatiu basada en una metodologia molt més extensa i que serà complementada amb els altres passos posteriors del procés complet que s'està descrivint.

Fet aquest matís, la metodologia està formada per quatre passos:

1. Descripció de funcions: Es descriu la funció que realitzada cada actiu
2. Descripció de falles funcionals: Es defineix com a falla funcional la impossibilitat d'un equip de satisfer les seves funcions. Cada funció pot tenir diverses falles funcionals.
3. Definició de Modes de falla: El mode de falla es defineix com la causa física d'una falla funcional.
4. Efectes i Criticalitat (RPN): Trobem per un costat els efectes, que consisteixen en les conseqüències d'una falla funcional i per l'altre de l'índex de criticalitat RPN.

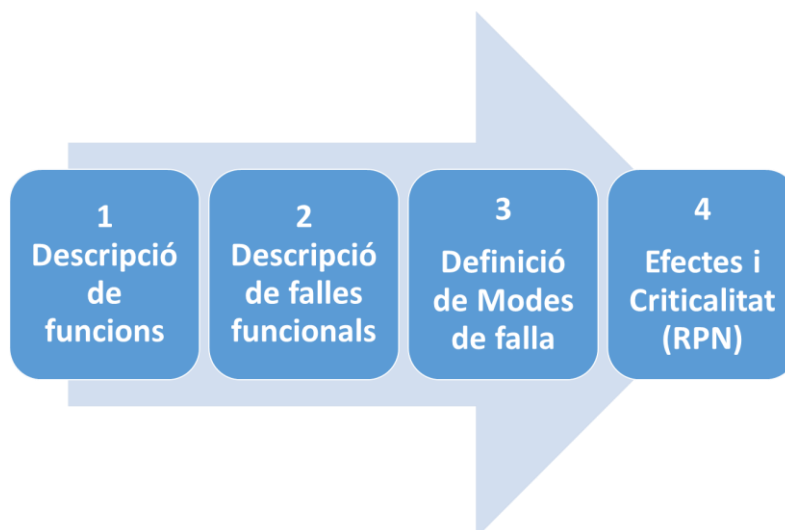


Figura 6-2. Procés d'anàlisi de criticalitat basat en FMEA - Font: Pròpia

A l'apartat 8.2.4 s'entrarà amb més detall en l'explicació de la metodologia FMEA, ja que on es realitza aquest anàlisi a fons de forma continua, en aquest primer apart s'hi fa referència ja que la plantilla de Criticality Assessment també és fruit d'aquest mètode però a un nivell més superficial.

1. Filtratge d'actius (equips) no importants: Prèviament a començar a completar la plantilla, s'estableixen unes primers condicions de selecció d'aquells equips a analitzar. Aquestes condicions o criteris han estat consensuades amb experts de manteniment però podran ser modificats en les futures aplicacions del procés.

Criteris Inicials de Filtratge:

- Afecta Seguretat de les Persones
 - Mean time between Failure (MTBF)
 - Cost operatiu
 - Implica parada de l'activitat productiva
 - Te afectació important al medi ambient
 - Petició exclusiva del client
2. Descripció de funcions: Un cop escollits els actius que s'analitzaran, s'aplicarà el primer pas de la metodologia FMEA que és buscar les diferents funcions de cada actiu.
 3. Definició de modes de falla, efecte i Risc: Consisteix en introduir el mode de falla de forma manual i escollir diversos paràmetres segons qüestionaris definits amb els criteris de les Taules 3,4,5,6,7. De manera automàtic estableixen una estimació del

RPN i el Risc.

Les fórmules que hi ha darrera el RPN i el Risc són les següents:

$$\text{RPN} = \text{FF} * \text{E} * \text{C} * \text{MTTR}$$

On:

- FF: Freqüència de Falla
- E: Efecte de Falla
- C: Criticalitat
- MTTR: Temps mitjà de reparació

I es basen en els següents criteris:

Table 5. Failure frequency, classification and scale

Failure Frequency (F)	Failures per Hours	Model Value
Poor	> 1x10 ⁻⁵	4
Average	< 1x10 ⁻⁵	3
Good	< 1x10 ⁻⁷	2
Excellent	< 1x10 ⁻⁸	1

Taula 3. Freqüències de falla – Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*

Table 6. Effect on lane availability, classification and scale

Effect on Lane Availability (E)	Consequence	Model Scale
Extremely high	Single point of failure (no backup): lane unavailable	5
Very high	2nd order failure: If backup also fails: lane unavailable	4
High	Single point of failure (no backup): lane available, but lockage times increase	3
Low	2nd order failure: If backup also fails: lane available, but lockage times increase	2
None	No effect	1

Taula 4. Efectes de Falla -Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*

Table 7. Failure mode criticality, classification and scale

Failure Mode Criticality (Cr)	Criticality	Model Scale
High	Yes	4
Low	No	1

Taula 5. Criticalitat de Falla - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*

Table 8. Mean time to repair, classification and scale

Mean Time to Repair	MTTR Hours	Model Value
Poor	> 8	4
Average	< 8	3
Good	< 4	2
Excellent	< 2	1

Taula 6. Mean Time to Repair (MTTR) - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*

I com a conseqüència:

Table 9. RPN criticality level for failure mode

Failure Mode Criticality Level	Adimensional Risk Value	Value
Extremely Critical	$256 \leq RPN \leq 320$	5
Very Critical	$192 \leq RPN < 256$	4
Critical	$128 \leq RPN < 192$	3
Low Criticality	$64 \leq RPN < 128$	2
Non-Critical	$RPN < 64$	1

Taula 7. Classificació del RPN - Font: [2] CARNERO, MARIA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*

$$\text{Risc} = \text{FF} + \text{TPFS} + (\text{CD} + \text{PEN})$$

On:

- FF: Freqüència de falles
- TPFS: Temps fora de Servei
- CD: Cost Directe
- PEN: Cost mitjà de penalització per falles

Nota: Tots aquests paràmetres seran avaluats per experts de l'empresa de manteniment, estimats de forma aproximativa i utilitzats com a punt de partida. La plantilla mostrarà com a resultat la Figura 6-3, que permetrà iniciar la següent fase del

procés sabent quins equips i falles es volen analitzar d'entrada.



Figura 6-3. Gràfics Plantilla Criticality – Font: Pròpia

6.2.3. Anàlisi de causalitat

6.2.3.1. Brainstorming & Cause Assessment

Un cop definits els primers modes de falla, el següent pas consisteix en trobar-ne les causes. Per tal d'identificar-les, es proposa la realització de sessions d'anàlisi que incloguin una prèvia sessió de brainstorming seguida de l'aplicació de l'anàlisi de causa arrel que s'explicarà a continuació.

Determinar les causes és una tasca complicada que necessita del coneixement d'experts. En aquesta línia, per treure el màxim partit als coneixedors de la matèria de forma ràpida i fàcil es proposa generació d'idees per la via del brainstorming. A aquesta tasca s'hi lliga un posterior *Root Cause Analysis* (RCA) que permetrà extreure aquelles causes que cal tenir identificades per poder aplicar la metodologia completa que s'està plantejant.

Nota: Per la realització de les dues sessions de brainstorming realitzades en el transcurs del

projecte, s'ha utilitzat com a guia la font [3] IDEO, IDE, Heifer International, ICRW. *Human-Centered Design Toolkit*, 2009.

6.2.3.2. RCA + 5 per què: Anàlisi de Causa Arrel i 5 per què

El propi nom de la metodologia RCA defineix el propòsit d'aquesta. Per no repetir altre cop les pròpies sigles, el que aquesta tècnica proposa és resoldre problemes analitzant diferents hipòtesis que poden ser la causa d'aquests mateixos. Un exemple d'aquest anàlisi es troba en la següent figura:

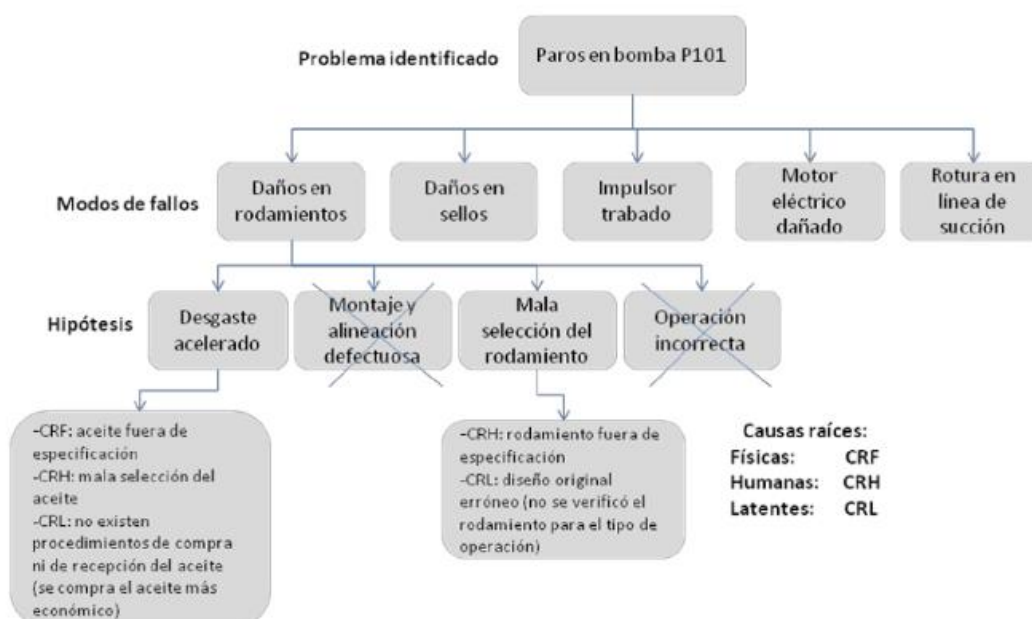


Figura 6.4. Ejemplo de árbol de fallos estándar propuesto por la técnica de ACR

Figura 6-4. Exemple Anàlisi RCA - FONT: [4] PARRA MARQUEZ, CARLOS ALBERTO y CRESPOS MÁRQUEZ, ADOLFO. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*

Aprofitant la Figura 6-4 i fent referència també al punt anterior d'anàlisi de criticalitat, a l'apartat 8.2.2 s'aconsegueix identificar el problema (falla funcional) i es plantegen els diferents modes de falla. En aquest punt es tracta doncs de generar el següent nivell d'anàlisi, que consisteix en trobar les causes del mode de falla a partir del plantejament d'hipòtesis. Aquestes hipòtesis per un costat es generen amb el brainstorming i per l'altra son complementades i validades amb la tècnica coneguda com els 5 perquè.

La tècnica dels 5 perquè (5 why en anglès) és una tècnica que:

- Ràpidament permet identificar la causa arrel

- Ajuda a determinar relacions entre diferents causes arrel
- Fàcilment es apresca i no necessita de coneixements estadístics o altres metodologies complexes

Aquesta tècnica el que fa es a partir de la falla funcional identificada, anar repreguntat i responent el perquè d'aquesta, per tal d'anar identificant diferents nivells de causalitat.

Un exemple molt senzill d'aquesta tècnica és el que es troba a continuació a la . Com es pot observar en aquesta imatge, aquesta tècnica també és útil per identificar mesures per solucionar cada nivell de problema o falla.

Los 5 ¿Por Qué?

Instituto Nacional de Tecnología Industrial
INTI

	Nivel del problema	Contramedida
¿Por qué?	Hay un charco de aceite en el piso	Limpiar el charco de aceite
¿Por qué?	Porque la máquina esta perdiendo aceite	Arreglar la máquina
¿Por qué?	Porque la junta esta gastada	Cambiar la junta
¿Por qué?	Porque compramos juntas hechas de materiales de menor calidad	Cambiar las especificaciones de la junta
¿Por qué?	Porque obtuvimos un buen precio por las juntas	Cambiar la política de compras
¿Por qué?	Porque el departamento de compras es evaluado en su desempeño en ahorros de corto plazo	Cambiar la política de evaluación para el departamento e compras

www.inti.gov.ar | 0 800 444 4004

Figura 6-5. Exemple aplicació 5 perquè – Font: *Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Buenos Aires*

En aquest exemple es pot observar com de manera senzilla, aquesta mateix tècnica permet identificar quina és la causa arrel d'un problema, o més precisament en el cas d'estudi, una falla. Al mateix temps resulta de gran utilitat per plantejar aquelles accions o contramesures a aplicar per tal d'evitar la falla que s'ha plantejat.

Per tant doncs, en aquest punt es planteja la generació d'hipòtesis mitjançant el coneixement

dels experts amb ajuda del brainstorming, posteriorment es realitza l'aplicació de la metodologia RCA a través dels 5 perquè. En aquest punt es tenen identificades falles funcionals, modes de falla, causes, efectes i possibles accions o contramesures.

Nota: Aquest procés compta amb una plantilla i una guia d'utilització per tal de ser implementada eficaçment.

6.2.4. FMEA live

Segons l'estàndard Britànic BS5760 actualització 2009, FMEA es defineix com un mètode d'anàlisi de fiabilitat que té com a objectius identificar les falles que afecten al funcionament d'un sistema i establir prioritats per les accions a prendre. A la tesi [5] *Asset information for FMEA-based maintenance* de Jan Braaksama publicada l'any 2012, s'avaluen sis postulats bàsics que descrits a la tesi doctoral de Jan Braaksma el 2012:

1. FMEA s'aplica a un nombre limitat d'actius
2. Els modes de falla i efectes són identificats amb suficient precisió
3. FMEA s'aplica de manera clarament definida sobre paper o software
4. Seguir la metodologia FMEA assegura consistència a l'hora de prendre decisions
5. FMEA permet millorar contínuament
6. Es basa principalment en el judici d'experts. Sovint la informació històrica que es disposa no es pot utilitzar per aplicar aquesta metodologia

Nota: Cal fer notar que en la tesi comentada anteriorment, el postulat numero 4 no queda validat amb les experiències que s'hi descriuen.

Complint amb l'objectiu d'aquest projecte i seguint amb el procés que s'està descrivint en aquest apartat, es descriu a continuació la informació a captar per tal d'aplicar la metodologia FMEA:

- Funció
- Falla funcional
- Mode de falla i causa
- Efecte de la falla
- Metodologia de detecció
- Acció correctiva
- Severitat

Com s'ha dit anteriorment, està abastament documentat que dur a terme aquest anàlisi es força complex i requereix d'un equip humà amb coneixements al darrera per tal de poder efectuar-se correctament. En compliment amb dels objectius i necessitats plantejades, es

proposa l'aplicació d'aquesta metodologia de manera continua i en certa manera simplificada. Això significa que mitjançant el procés descrit a l'apartat 7 (data Acquisition) de la memòria, els camps d'aquest anàlisi queden restringits a un formulari que es defineix en aplicar els passos 8.2.3. Criticality Assessment i 8.2.4. RCA. En cas de trobar-se amb casos no contemplats en els formularis preparats, caldrà introduir de forma descriptiva en un camp habilitat de l'aplicació la informació pertinent i aquest fet permetrà l'actualització i avaluació permanent del procés.

La relació entre tots aquests punts comentats es pot observar a la següent Figura 6-6.

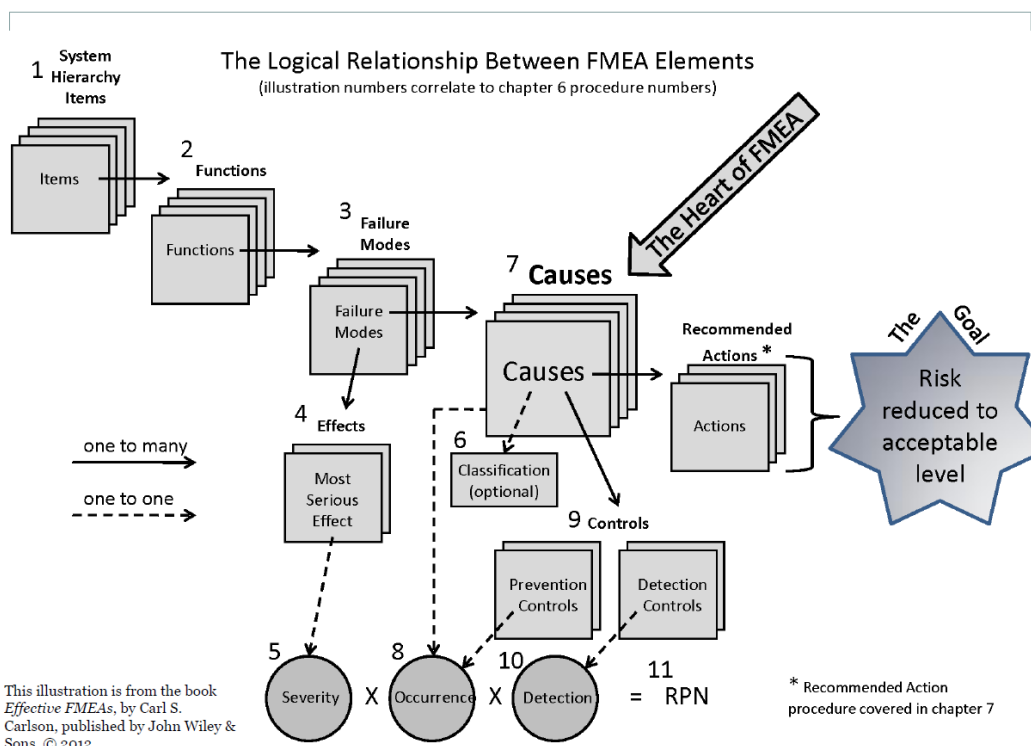


Figura 6-6. Procés FMEA - Font: [6] CARLSON, CARLS S. *Effective FMEAs*, 2012

D'alguna manera en aquest punt del procés el que es fa és establir de forma prèvia els paràmetres descrits per aquesta metodologia per tal que el tècnic de manteniment només hagi d'escollir entre varies opcions. Com a conseqüència, també es dota a l'empresa d'informació actualitzada constantment que es transforma posteriorment en elements de presa de decisió. Aquestes decisions es prendran en base als paràmetres obtinguts que es descriuen al capítol 9 (Reporting Statistics).

Totes aquestes dades són captades mitjançant la App de Prisma Mobile descrita l'apartat de 7 (Data Acquisition) i són processades pel software Prisma 3 de l'empresa Sisteplan, S.L.

6.2.5. RCM live

RCM (Reliability Centered Maintenance) és una metodologia de manteniment que es va començar a utilitzar a la indústria de l'aviació als anys 60. La seva finalitat aplicada al manteniment ha estat i continua essent identificar de manera lògica quins equipaments d'una instal·lació necessiten un manteniment preventiu en comptes de un manteniment RTF (Run to Failure) o el que vindria a ser efectuar les intervencions necessàries un cop s'ha produït una falla.

L'Estàndard SAE en el seu document JA1011 defineix les set preguntes bàsiques que ha de respondre aquesta metodologia:

1. Quines són les funcions de l'actiu?
2. Quines són les falles funcionals?
3. Quins són els modes de falla?
4. Quins són els efectes de la falla?
5. Quines són les conseqüències de les falles?
6. Quines són les tasques preventives (PM)?
7. Que cal fer si una tasca preventiva no pot ser especificada?

Aquests 7 punts o preguntes descrites queden lligades amb la metodologia descrita a l'apartat anterior com es pot observar a la figura 6-7.

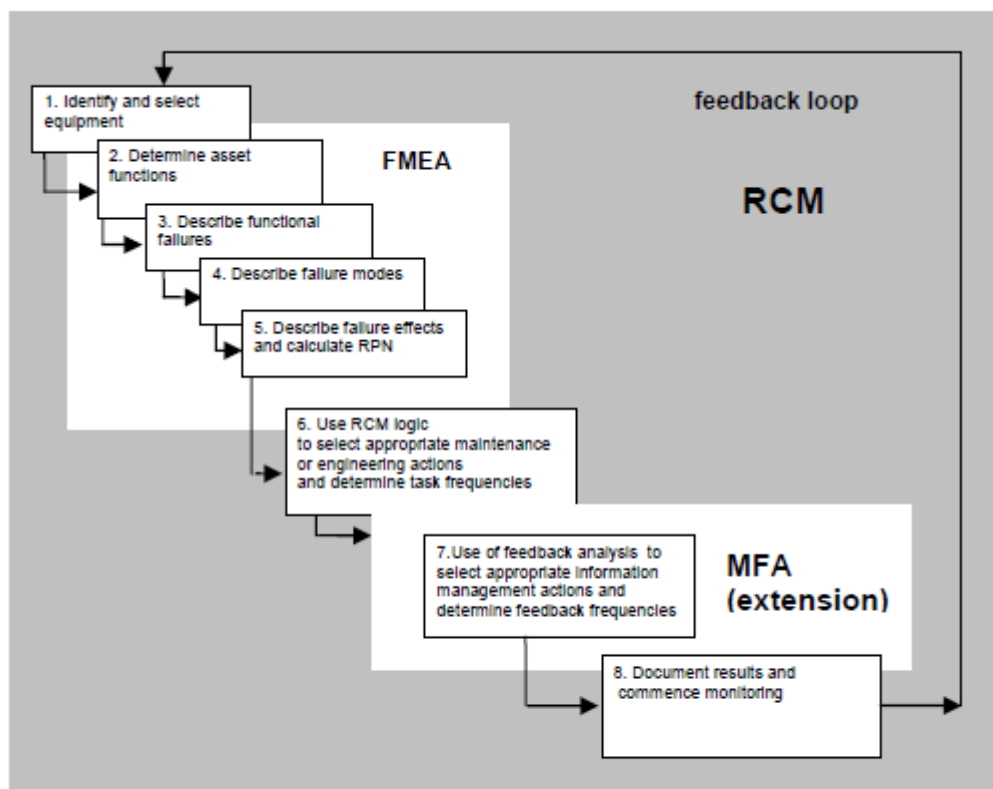


Figure 4.5: RCM/FMEA extended with MFA which enables feedback loop, amended from Picknell (1999)

Figura 6-7. Unió FMEA i RCM - Font: [5] BRAASKSAMA, JAN. *Asset information for FMEA-based maintenance*, 2012

Feta aquesta petita introducció sobre la metodologia RCM, en aquest punt es planteja l'aprofitament de tots els passos ja descrits, en que bàsicament s'analitza manteniment de tipologia correctiva (CM) per poder millorar també la tipologia preventiva (PM). Així doncs cal centrar-se en la decisió de les tasques que s'han de dur a terme.

La proposta per satisfer aquesta voluntat de millora consisteixen la incorporació del que es descriu al llibre [7] BLOOM, NEIL B. *Reliability Centered Maintenance – Implamentation Made Simple*, com un “*Craft feedback evaluation element*”. Aquest element el que fa es demanar al tècnic de manteniment que qualifiqui l'estat de l'actiu en realitzar el preventiu a través de l'aplicació mòbil. La qualificació es basa en els següents paràmetres:

1. Dolenta: L'actuació preventiva denota la immediata presa d'accions correctives
2. Per sota mitja: Hi ha més degradació de l'esperada

3. Mitja: L'actiu realitza les seves funcions però amb una degradació esperada. El preventiu està correctament aplicat.
4. Per sobre mitja: Hi ha molt poca degradació
5. Bo: L'estat en que es troba l'actiu es com si s'acabés de realitzar el preventiu o fos nou. Pensar en modificar freqüència.

Nota: Aquest mateix llibre recomana la auditoria de les puntuacions donades a través de qüestionaris del següent format:

CRAFT FEEDBACK GRADE: _____		
EQUIPMENT I.D.: _____		
PM NUMBER: _____		
PM DESCRIPTION: _____		
	YES	NO
1. DOES THE GRADE GIVEN RELATE TO THE PM TASK?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. IS THE GRADE THE RESULT OF AN OVERDUE PM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. IS THERE A COMPONENT FAILURE HISTORY ASSOCIATED WITH THIS PM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. DOES THIS GRADE RELATE TO OTHER IDENTICAL COMPONENTS?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. IS THIS A RANDOM OCCURRENCE?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RECOMMENDED ACTIONS:		
1. CHANGE PM WORK SCOPE?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. CHANGE PM PERIODICITY?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. IS A DESIGN CHANGE RECOMMENDED?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COMMENTS: _____		
EVALUATOR: _____		
DATE: _____		

Figure 8.3(a) Evaluators checklist for craft feedback category grades (1) and (2).

- If you have more than one plant or more than one operating unit and they are virtually identical, the equipment feedback on one unit can be used to justify changes to the identical equipment in the other unit(s) but *only when it has been verified that the installation, environment, design, and operating conditions are identical.*

Figura 6-8. Exemple Craft Feedback Grade - Font: [7] BLOOM, NEIL B. *Reliability Centered Maintenance – Implimentation Made Simple*

A més de la l'avaluació descrita i com a recirculació de tot del procés, es proposa a partir de l'anàlisi RCA a través de la tècnica dels 5 why buscar quines poden ser les tasques a afegir al preventiu per tal d'evitar les falles detectades.

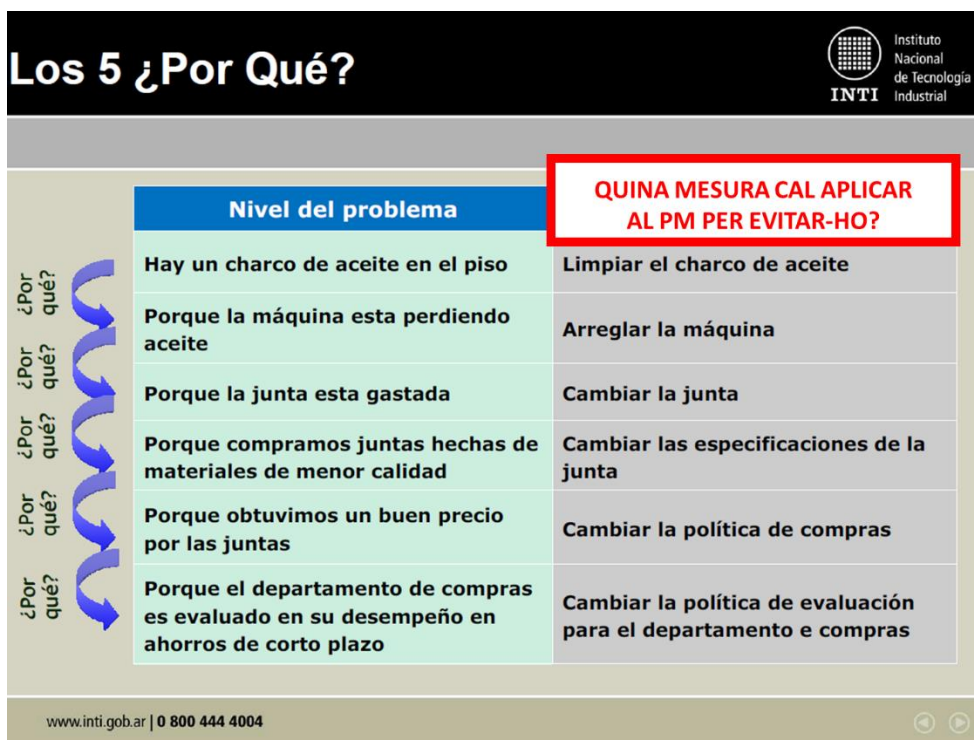


Figura 6-9. Determinació de tasques RCM & RCA - Font: *Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Buenos Aires (Modificat)*

Un exemple del que es coneix com a model de RCM live seria el següent:

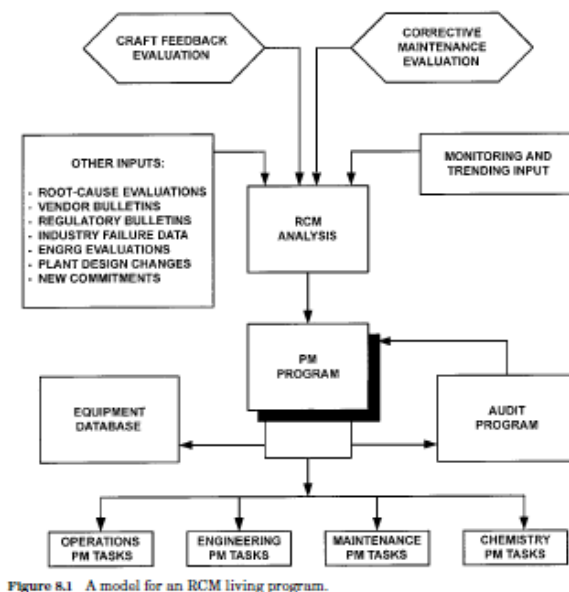


Figura 6-10. Exemple RCM live - Font: [7] BLOOM, NEIL B. *Reliability Centered Maintenance – Implementation Made Simple*

7. Reporting statistics

7.1. Definició i requeriments eina BI

Per tal de visualitzar les dades del procés descrit de la manera més còmode possible i permetre així obtenir informació de valor per avaluar i prendre decisions, s'analitzen les diferents eines de reporting d'intel·ligència de negoci o Business Intelligence (BI) que actualment hi ha disponibles al mercat.

Els requeriments establerts segons les necessitats d'usuaris fruit de les diverses sessions dutes a terme al llarg del projecte són els següents:

- Temps d'implementació baix
- Mínim preu de llicència
- Mínim preu de versió desenvolupador
- Bona interactivitat de la informació
- Versions adaptables a client
- Versió d'escriptori per a client
- Versió de mòbil compatible amb ios, android i Windows phone
- Bon nivell d'ajuda al client
- Bon integració de diferent tipus d'informació
- Modelització el més senzilla possible

Nota: Es té en compte que l'eina escollida permeti la connexió i actualització de dades de manera automàtica amb el software Prisma 3. De la mateixa manera, no s'entra en profunditat en aquest aspecte ja que la tasca informàtica de traspàs de dades entre diferents plataformes queda fora de l'abast del projecte, si que però s'han consultat experts per garantir-ne la possible implementació.

7.2. Eina BI Utilitzada

Per prendre la decisió de triar la millor eina de visualització de dades, primerament es consulta el "*Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms*" en la seva actualització de febrer de 2017. Gartner Inc. és una empresa líder dedicada a oferir investigació tecnològica als líders empresarials de tecnologia global, per prendre decisions sobre les seves iniciatives. S'utilitza aquest quadrant com a primera eina de filtratge i s'escullen les tres millors plataformes del mercat. A continuació, tenint en compte els requeriments plantejats a l'apartat anterior, es prendrà la decisió sobre l'eina escollida.



Figura 7-1. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms – Font: Gartner Inc.

Per tal de decidir aquella eina que compleix amb els requeriments plantejats anteriorment s'utilitza el mètode de la matriu de decisió de la Taula:

Nota: Les puntuacions donades a cada apartat han estat complementades segons els criteris (0-5) sent 0 la nota més insatisfactòria i el 5 la més satisfactòria. Els criteris han estat marcats segons:

- Informació comparativa facilitada per l'empresa SelectHub
- Opinió d'un expert del departament de Business Intelligence de ISS Facility Services

Plataforma BI	Tableau (1)	Power BI (2)	Qlikview (3)	Comentari
Temps Implementació	3	5	4	Simplicitat Power BI requereix menor temps
Preu Llicència	3	5	4	Puntuat segons ordre de preus
Preu Desenvolupador	3	5	4	Puntuat segons ordre de preus
Interactivitat de la informació	5	5	5	Bona a totes tres
Esriptori Desenvolupador	5	5	5	Ho ofereixen les 3
Esriptori Client	5	5	5	Ho ofereixen les 3
Mòbil Client	3	5	4	Millor adaptació de Power BI
Customer Support	2	4	3	Tablau per exemple no està a Barcelona
Integració d'formació	5	5	5	Bona a totes tres
Modelització	4	5	5	Tableau necessita més coneixement
Suport Web Android IOS Windows phone	4	5	5	Tableau no es tan directe
Puntuació	42/55	54/55	49/55	

Taula 8. Comprativa Plataforme BI - Font: *Pròpia*

Un cop completada l'anterior matriu de decisió, es pot observar que l'eina guanyadora és el Power BI de Microsoft i per tant es l'eina que suportarà el procés que s'està descrivint.

7.3. Elements estadístics analitzats

7.3.1. Estructura i paràmetres

A nivell d'estructura, es divideix l'anàlisi segons les dues metodologies principals utilitzades: FMEA i RCM. Es descriuen a continuació els elements estadístics a incorporar a l'informe. L'objectiu d'aquests és permetre transformar les dades capturades en informació que permet generar un impacte de millora de la fiabilitat.

A part de descriure les diferents gràfiques utilitzades, es dissenyen i s'incorporen diferents KPI. Els *Key Performance Indicators* (KPI) són una tipologia de mètrica sovint expressada com una relació o percentatge que permet rastrejar dades al llarg del temps crear tendències en el rendiment.

En base a les dues metodologies comentades s'escullen diferents KPI que permeten obtenir

informació per avaluar la millora continua en la fiabilitat a l'hora de realitzar el servei de manteniment. A la figura 9.3.1 es pot observar de forma entenedora el funcionament d'aquests indicadors.

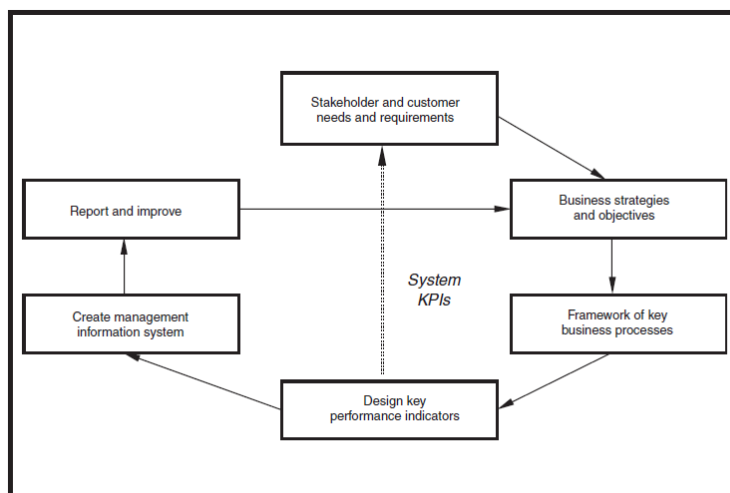


Figure 7.1 System (strategic) KPIs and the continuous improvement cycle at an organizational level

Figura 7-2. Workflow Sistema KPI - Font: ROSAM, IAN i PEDDLE, ROB. *Creating a Process-based Management System for ISO 9001:2000 and Business Improvement*, 2009

Figura 9.3.1. Sistema KPI – Font -

7.3.2. FMEA

1. Taula Resum amb els valors de l'anàlisi FMEA:

- Objectiu: Documentar la informació que hi ha sota el conjunt d'elements d'anàlisi que es presentaran a aquest apartat.
- Columnes: falla funcional, mode de falla, causa, efecte, RPN, Risc, cost
- Files: ordre de treball

2. Gràfic de tendència falles funcionals interanual:

- Objectiu: Visualitzar l'evolució mensual del nombre total de falles funcionals per observar si la tendència al llarg del temps es manté, augmenta o com s'esperaria, disminueix.
- Eix Ordenades: Nombre total de falles Funcionals
- Eix Abscisses: Mes de l'any

- Notes addicionals: Incorpora valors de diversos anys per establir la comparació.
3. Gràfic de barres de costos de reparació interanual:
 - Objectiu: Visualitzar l'evolució mensual de costos deguts a falles funcionals per observar si la tendència al llarg del temps es manté, augmenta o com s'esperaria, disminueix.
 - Eix Ordenades: Cost de la suma de les falles funcionals en euros
 - Eix Abscisses: Mes de l'any
 - Notes addicionals: Incorpora valors de diversos anys per establir la comparació.
 4. Gràfic de dispersió entre falla funcional i mode de falla.
 - Objectiu: Observar relació o associació entre falla funcional i mode de falla
 - Eix Ordenades (variable quantitativa 1): Nombre de falles funcionals per tipologia
 - Eix abscisses (variable quantitativa 2): Nombre de modes de falla funcional
 5. Gràfic de dispersió entre accions i nombre/cost de defecte (qualitativa)
 - Objectiu: Determinar si les accions que s'estan prenent disminueix permeten reduir
 - Eix Ordenades: Cost de la suma de les falles funcionals en euros
 - Eix Abscisses: Mes de l'any
 6. Gràfic de Pareto de Falles funcionals
 - Objectiu: Identificar segons classe d'equip com es distribueixen les falles.
 - Eix Ordenades: Acumulat percentual
 - Eix Abscisses: Falla funcional
 7. Gràfic de Barres Horitzontal RPN
 - Objectiu: Quantificar la criticalitat de cada falla funcional i validar el Criticality Assessment
 - Eix Ordenades: Falla funcional
 - Eix Abscisses: Valor RPN
 - Notes addicionals: S'incorpora un línia vertical a $RPN = 144$, valor on es considera crítica una falla
 8. Gràfic de Barres Horitzontal Risc
 - Objectiu: Quantificar el risc de cada falla funcional i validar el Criticality

Assessment

- Eix Ordenades: Falla funcional
- Eix Abscisses: Valor Risc
- Notes addicionals: S'incorporarà una línia vertical al risc que es convingui segons el projecte d'estudi en qüestió en funció del volum de contracte de manteniment i tipologia de

9. Gràfic de dispersió entre RPN i Risc

- Objectiu: Observar relació o associació entre RPN i Risc
- Eix Ordenades: RPN
- Eix Abscisses: Risc

10. Gràfic de sectors varis:

- Tipologia falla funcional: mode de falla
- Tipologia mode de falla : Observar la distribució de les causes les falles
- Tipologia Acció: Observar la distribució de les accions dutes a terme
- Tipologia Criticalitat: Observar la proporció de falles funcionals de cada tipologia

11. Indicadors:

- MTTR
- MTBF
- Ordres de treball amb falles i sense

7.3.3. RCM

1. Taula resum amb els valors de l'anàlisi RCM:

- Objectiu: Documentar la informació que hi ha sota el conjunt d'elements d'anàlisi que es presentaran a aquest apartat.
- Columnes: falla funcional, mode de falla, causa, efecte, tasca modificada
- Files: ordre de treball
- Notes addicionals:

2. Gràfic de tendència d'evolució d'accions RCM + Barres de cost de manteniment per tipologia

- Objectiu: Visualitzar l'evolució mensual del nombre d'accions preses degudes a l'anàlisi RCM vinculades a l'evolució dels costos de manteniment.

- Eix Ordenades: Nombre total d'accions + Cost de manteniment separat per tipologia
 - Eix Abscisses: Mes de l'any
3. Gràfic de tendència de temps de temps de manteniment amb línia de correctiu i preventiu
- Objectiu: Visualitzar l'evolució mensual del temps dedicat a cada tipologia de manteniment per observar l'impacte que té l'aplicació de la metodologia en la realització del servei.
 - Eix Ordenades: Temps dedicat a accions correctives + Temps dedicat a accions correctives
 - Eix Abscisses: Mes de l'any
4. Gràfic de Barres de percentatge de disponibilitat d'actius
- Objectiu: Visualitzar l'evolució mensual del temps dedicat a cada tipologia de manteniment per observar l'impacte que té l'aplicació de la metodologia en la realització del servei.
 - Eix Ordenades: Percentatge d'actiu operatiu + actiu en intervenció
 - Eix Abscisses: Mes de l'any
5. Indicadors
- Nombre de freqüències modificades
 - Nombre de tasques modificades
6. Key Performance Indicators (KPI): A l'apartat 9.3.1 s'ha explicat en que consistien els KPI, a continuació se'n proposen un seguit per tal de mesurar el funcionament d'aquest anàlisi

Descripció	Fòrmula	Target
% Disponibilitat d'equips	Hores sense falla funcional/total hores periode	95%
% Cost per unitat productiva	Cost total manteniment/unitats produïdes industria	Disminució
% Manteniment fora de temps	Ordres de treball fora de temps/Ordres de treball total	< 5%
% Hores urgents	Hores treballades per urgència/Hores total treballades	< 10%
% Freqüències modificades	Freqüències modificades/Freqüències totals	> 3%
% Tasques modificades	Tasques Modificades/Tasques totals	> 3%
% Freqüències útils	Freqüències modificades evidents de millora/Freqüències totals	> 50%
% Tasques útils	Tasques Modificades evidents de millora/Tasques totals	> 50%
% Reducció correctiu anual	Ordres de treball correctiu any actual/Ordres de treball correctiu any anterior	>3%
% Streap trap survey	Nombre Errors/Nombre de Stream Traps Evaluats	<10%

Taula 9. KPI del RCM – Font: *Pròpia*

8. Resultats experimentals de la Prova Pilot

8.1. Enquesta i resultats

Amb l'objectiu de conèixer i valorar la opinió de les persones per a qui ha estat dissenyat aquest procés, s'ha dut a terme una enquesta a diferents experts de la unitat de manteniment de la empresa ISS Facility Services.

La enquesta ha estat repleta per 47 persones i s'ha puntuat segons els següents criteris:

Criteri	Puntuació
Totalment en desacord	4
D'acord	3
Indiferent	2
En desacord	1
Totalment en desacord	0

Taula 10. Criteris de puntuació enquesta - Font: *Pròpia*

S'ha demanat que es valorin les següents afirmacions relatives a diferents punts importants del procés segmentats en cinc tipologies de percepció segons usabilitat, capacitació, motivació, satisfacció del client i compromís. A continuació es mostren les afirmacions i resultats obtinguts:

Avaluació de percepció d'usabilitat:

- Consideres el telèfon mòbil una eina de reportar informació del treball còmode?
- Creus que la utilització de codis QR agilitzaria la tasca d'identificació d'actius?

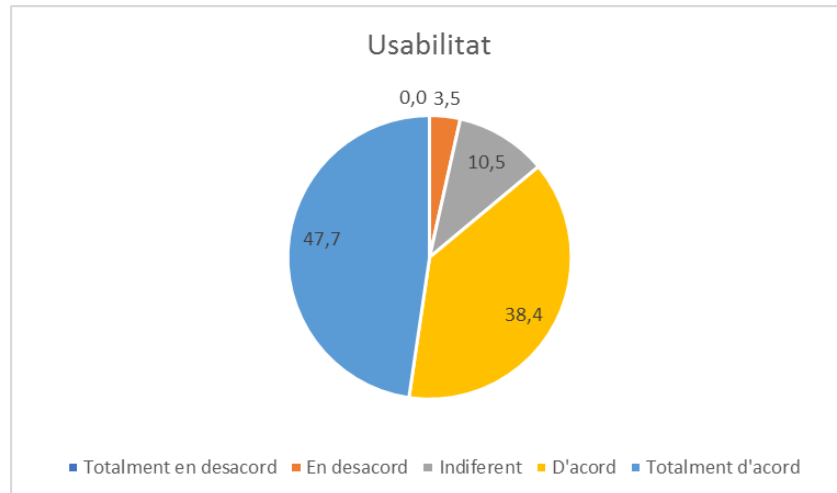


Figura 8-1. Resultats enquesta avaluació d'usabilitat - Font: Pròpia

Avaluació de percepció de capacitació

- Consideres factible associar falles, causes i accions a les ordres de treball de correctiu?

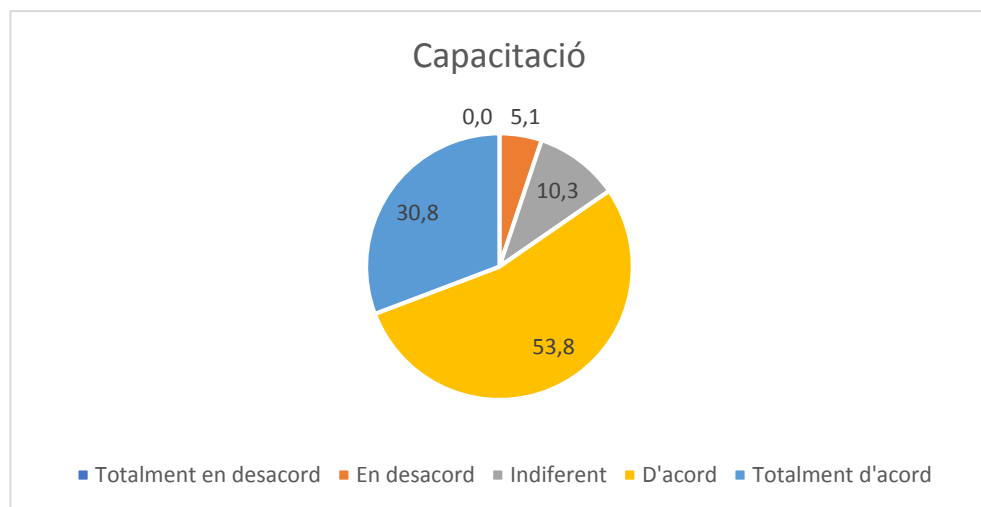


Figura 8-2. Resultats enquesta avaluació de capacitació - Font: Pròpia

- Et motiva la idea de dissenyar les tasques preventives en base la opinió de la teva feina?

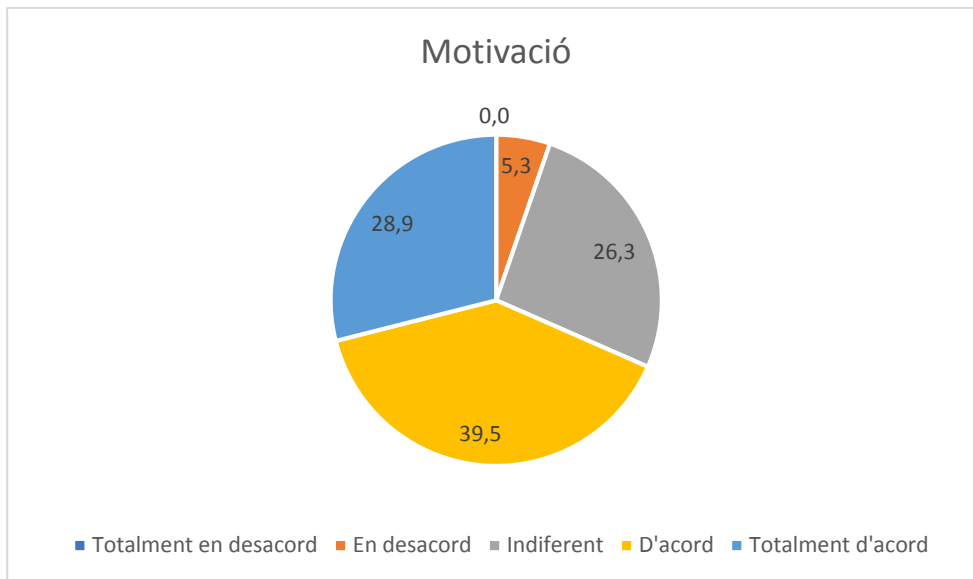


Figura 8-3. Resultats enquesta avaluació de motivació – Font: *Pròpia*

Avaluació de retenció i satisfacció de client

- Creus que augmentaria la satisfacció del client si incorporéssim elements de millora basat en l'anàlisi de falles?

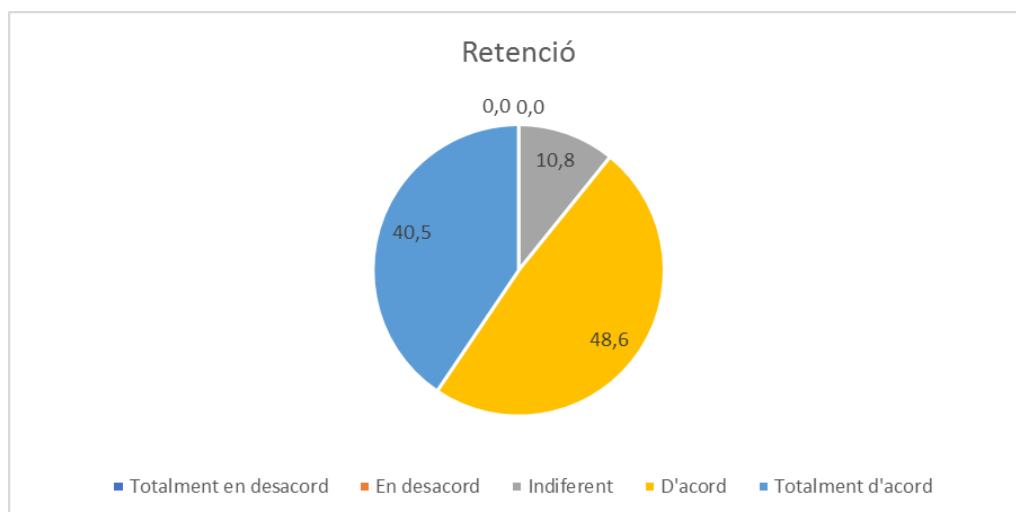


Figura 8-4. Resultats enquesta avaluació de retenció - Font: *Pròpia*

Avaluació de compromís

- Et comprometries omplir dades a les ordres de treball de tipus correctives de màquines crítiques perquè et sembla que un anàlisi de falles pot resultar útil?

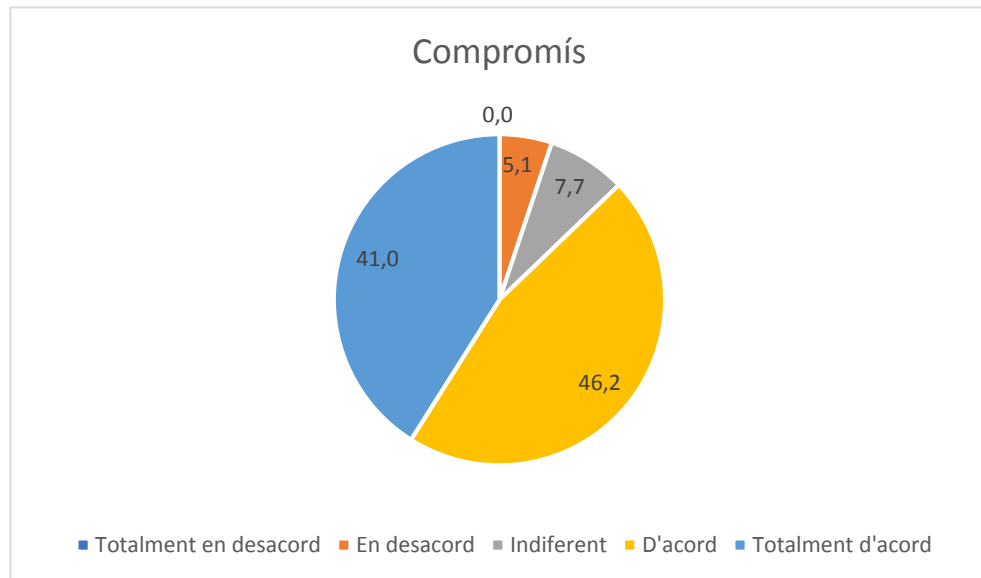


Figura 8-5. Resultats enquesta avaluació de compromís - Font: *Pròpia*

Com a comentari final fruit dels resultats de l'enquesta, es pot observar que la puntuació obtinguda se situa entre els barems de d'acord i totalment d'acord en tots i cadascun dels aspectes avaluats.

Es pot observar a la figura 8-6 el resum de totes les respostes obtingudes segons resposta i puntuació mitjana.

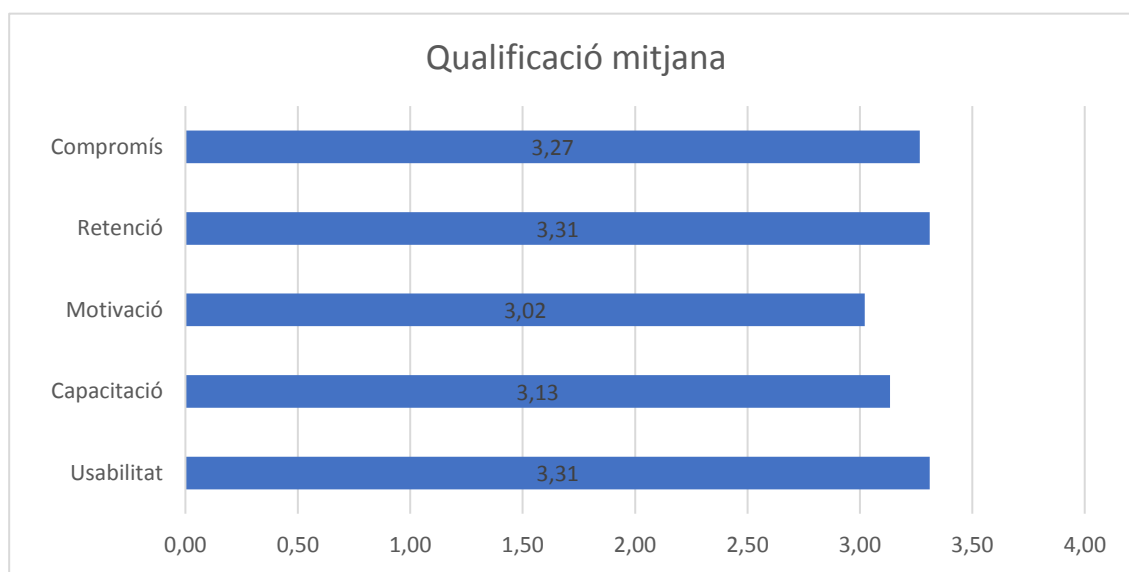


Figura 8-6. Qualificació enquesta - Font: *Pròpia*

Es pot concloure vistos els resultats obtinguts, que des de un punt de vista d'impressió causada als usuaris operadors, el procés descrit en el Data Acquisition es percep com amb una valoració molt positiva. En tots i cadascun dels aspectes avaluats s'obtenen puntuacions entre positives i molt positives.

8.2. Primers resultats d'implementació al client

Per tal de valorar l'assoliment dels principals requisits plantejats i poder quantificar els resultats de la prova pilot implementada al client de l'empresa ISS Facility Services, s'ha creat un format d'auditoria basat en aquelles preguntes a respondre per verificar el compliment dels requeriments convenientment puntuats. La cerca de preguntes s'ha dut a terme utilitzant el model de desglossament que proporciona [9] TRIBUNAL DE COMPTES EUROPEU, *Manual d'auditoria de gestió, 2015*.

8.2.1. Resultats auditoria de validació

Pel que fa a la puntuació de l'auditoria plantejada s'han determinat les següents puntuacions en funció dels resultats obtinguts:

Definició d'especificacions	Puntuació
No compleix amb els requeriments plantejats i s'obtenen dades suficients per demostrar la seva rebutja	0
No compleix de forma parcial amb els requeriments plantejats i no s'obtenen dades suficients per la seva validació o rebutja	1
Compleix de forma parcial amb els requeriments plantejats i no s'obtenen dades suficients per la seva satisfactòria validació	2
Compleix de forma completa amb els requeriments plantejats i s'obtenen dades suficients per la seva satisfactòria validació	3

Taula 11. *Puntuació Especificacions Auditoria de Validació - Font: Pròpia*

A continuació, de forma il·lustrativa mitjançant la taula 10.3.2 s'exposen els resultats d'aquesta obtinguts validació:

El procés descrit compleix amb els requeriments fruit dels objectius plantejats?					
Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Evidència	Puntuació	
S'ha preparat bé la part de captura de dades?	La identificació és fàcil i ràpida?	Disminuim temps d'identificació?	Paridalemnt. El temps mig d'identificació és 23,6 s. És menor que en cas anterior on es generava confusió.	2	
		Disminuim OT incorrectes?	Es detecten un 8% d'ordres incorrectes davant d'un 20% anterior	2	
		Augmentem informació capturada?	Es pasa de capturar informació relativa al compliment per introduir l'esmentada en l'anàlisi de falles	3	
	Es compleix amb les necessitats de correcte ompliment de dades?	Disminuim temps d'ompliment?	El temps mig d'ompliment és 33 s. Envers als més de 120 s en cas d'utilitzar paper i introduir posteriorment al ordinador	3	
		Es detecten problemes enviar informació via mobil?	No s'ha detectat cap problema d'enviament d'informació en les proves realitzades	2	
		Es detecten incoherències en l'ompliment de OT?	Es detecten un 15% de ordres incorrectes	2	
	Les eienes triades s'ompleixen amb les necessitats?	L'APP utilitzada permet introduir tota la informació requerida	Si, permet tots els camps requerits	3	
		La metodologia de detecció QR compleix requeriments?	Estem a un temps de identificació + compliment de 56,5s, inferior al requeriment establert únicament a identificació	3	
				TOTAL	20/24
	L'anàlisi de dades permet detectar falles, causes, efectes i accions?	La fase del Criticality Assessment resulta útil com a primer pas d'anàlisi?	El criteri de filtratge de màquina crítica funciona?	Es detecta que la classe d'actiu analitzada en el pilot però no resulta una prova suficient	2
La plantilla de Criticality Assessment permet detectar actius crítics?			Es detecten 5 falles funcionals però només a una classe d'actiu	2	
Es detecten equips per mitjà del risc i no per RPN?			Falta definir rangs d'índex per definir-ho	1	
Correlació RPN amb live			El 73% de les ordres correctives porten associada la falla funcional definida per criticalitat	2	
Els límits RPN, RISC són correctes?			No s'ha pogut experimentar estadísticaemnt sobre la seva correcta adopció	1	
Les eienes de RCA permeten obtenir causes reals?		Les causes trobades via RCA es corresponen a les introduïdes pels tècnics?	El mateix 82% de les ordres correctives porten associada la causa de falla funcional definida per RCA	3	
FMEA queda validat en un format live?		Apartir de l'històric es poden extreure falles?	En aquest cas concret, que es partia d'una bona font de dades, s'han extret totes d'allà	2	
		Apareixen noves falles no comptabilitzades?	El 18% restant	2	
		S'aconsegueixen accions que tenen retorn?	Fruit de l'anàlisi únicament d'un mes, no es pot extreure conclusió.	1	
El software triat és adequat pel data anàlisi		Prisma suporta aquest anàlisi	No s'ha detectat cap problema d'enviament d'informació en les proves realitzades	2	
			TOTAL	18/30	

Taula 12. Primers resultats d'implementació (Part 1) - Font: Pròpia

El procés descrit compleix amb els requeriments fruit dels objectius plantejats?				
Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Evidència	Puntuació
La informació capturada es transforma en informació de valor per a la presa de decisions?	L'eina resulta útil pel gestor?	Quin és l'estalvi pel gestor?	Guany de 3h mensuals dedicades a l'elaboració d'informes	3
	Existeix evidència en la modificació de tasques?	Quantes tasques s'han identificat?	El primer mes s'han dut a terme 2 propostes de canvi	2
		Quin es l'estalvi en la modificació d'aquestes tasques?	Encara no es poden quantificar resultats al ser insuficient un mes d'anàlisi	1
	Existeix evidència en la modificació de ferquencies?	Quantes freqüències a modificar s'han identificat?	El primer mes s'han fet 1 proposta de canvi	1
		Quin es l'estalvi en la modificació d'aquestes freqüencies?	Encara no es poden quantificar resultats al ser insuficient un mes d'anàlisi	1
			Permet l'eina avalaur a temps real aquells KPI que ens interessin minimitzant informació introduïda?	Informe obtingut apartir de mínims camps introduïts
			TOTAL	10/18
Es pot treure un profit comercial a nivell ofertari com a conseqüència de l'aplicació d'aquest procés?	Es pot justificar a nivell oferta l'ús de noves tecnologies de gestió	Justifica la utilització d'un software de gestió?	Exemples de plecs concursals que ho demanen	3
		Justifica la utilització d'una eina de BI?	La informació obtinguda i atractiu visual és evident per part dels gestors de servei, falta mostrar-ho al client	2
		Justifica la utilització d'elements d'identificació ràpida?	Exemples de plecs concursals que ho demanen	3
	Les eines utilitzades minimitzen costos?	Es minimitzem costos implementació?	Dedicació de 20h. És un temps baix	2
		Es minimitzen cotos de software?	El preu d'instal·lació de Prisma és substancialment més barats que d'altres software	3
		Es redueixen costos administratius	Reducció 600 euros/mes	3
	Existeix evidència d'us de metodologies de millora continua?	Es duen a terme accions preventives en base a l'anàlisi d'inputs important	S'obtenen elements danàlisi de causalitat i accions preses, falta aplicar accions preventives	1
		S'utilitzen metodologies o activitats de forma activa per millorar continuament?	FMEA,RCA,RCM	3
			TOTAL	20/24
Altres	Podem observar altres millores no esperades?	Augmenta reporting?	Augment del 62% de les ordres de treball respecte l'any anterior	2
		Augmenta la vida útil de les màquines?	No hi ha evidència amb un mes	1
		Es pot utilitzar la informació processada per al benchmarking?	Sí, aquest procés permet tenir en una base de dades la informació ben codificada	2
			TOTAL	5/9
			TOTAL CONJUNT	73/105

Taula 13. Primers resultats d'implementació (Part 2) - Font: Pròpia

8.2.2. Conclusions auditoria de validació

Com a resum de les conclusions principals fruit d'aquesta valoració es pot establir el següent:

- Molt bona puntuació a l'apartat de captura de dades. El procés de Data Acquisition ens permet obtenir la informació buscada.
- Puntuació insatisfactòria en els apartats d'anàlisi de dades i obtenció d'informació per a la presa de decisions, no perquè no s'obtinguin els valors esperats, sinó perquè amb un mes de proves no es possible obtenir-ne una justificació sòlida.
- S'han valorat aspectes de profit comercial com la utilització d'aquest procés i s'identifica com una virtut obtenint una molt bona puntuació.
- S'observen altres qüestions que presenten una valoració positiva però que necessiten d'una major experimentació per també poder ser validats.

9. Planificació

El projecte ha tingut una durada de 193 dies. Aquest període s'inicia el 6 de març de 2017 i acaba el dia 13 de setembre de 2017. Es representa la planificació mitjançant el diagrama de Gantt de la Figura 9-1 on es pot observar clarament la distribució de les principals tasques que s'han realitzat al llarg del projecte.

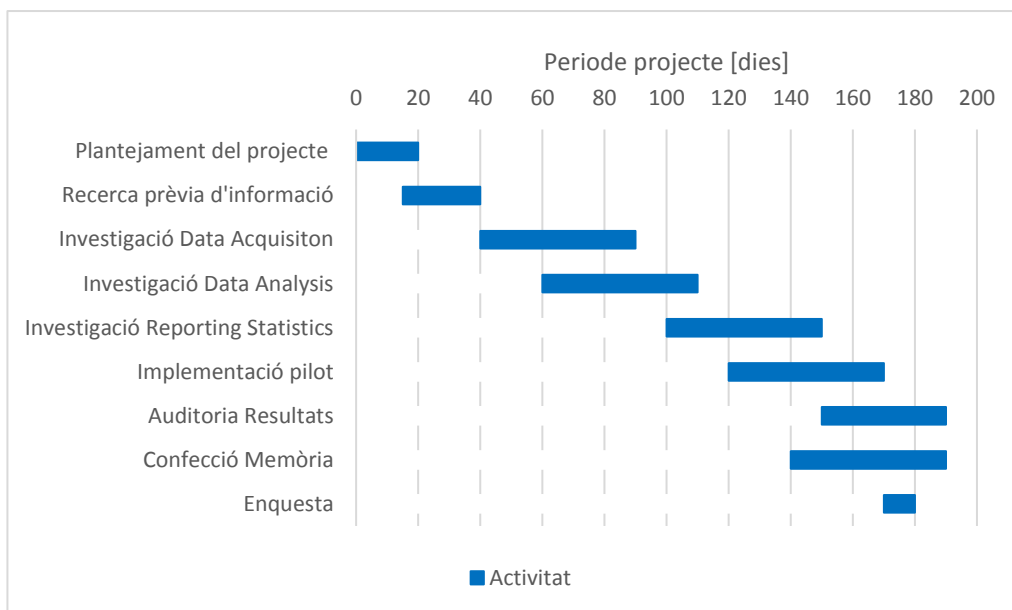


Figura 9-1. Diagrama de Gantt del projecte - Font: *Pròpia*

Cal fer notar en aquest punt, que l'apartat relatiu a la Implementació pilot s'ha realitzat únicament durant el mes de juliol degut a la parada tècnica que realitza el client a les seves instal·lacions durant el mes d'agost. Es va planificar durant el juliol amb la finalitat de buscar l'equilibri entre haver plantejat la metodologia de treball a seguir poder recollir informació durant el màxim nombre de temps possible.

10. Pressupost

L'apartat econòmic intrínsecament lligat al projecte s'ha dividit en dues parts. En una primera part es realitza una estimació del cost associat a les diferents tasques de desenvolupament del projecte, en una segona es calcula el cost de les diferents eines de suport que s'utilitzen.

Els costos associats al desenvolupament del projecte donats els supòsits:

- Sou d'enginyer estimat de 40 euros per hora
- S'inclou el desenvolupament d'eines i tasques de suport com són:
 - Plantilla Criticality
 - Plantilla RCA
 - Modelització de la implementació del procés
 - Report Power BI

Tipologia	Concepte	Preu unitari [€]	Unitats [h]	Preu total [€]
Costos de personal: Futur enginyer	Plantejament del projecte i recerca prèvia d'informació	40	50	2000
	Investigació Data Acquisiton	40	40	1600
	Investigació Data Analysis	40	60	2400
	Investigació Reporting Statistics	40	60	2400
	Implementació pilot	40	40	1600
	Resultats, memòria i presentació	40	40	1600
	TOTAL		290 h	11.600 €

Taula 14. Pressupost desenvolupament de tasques - Font: *Pròpia*

Els costos associats a les eines utilitzades que intervenen en el projecte donats els supòsits:

- Etiquetes per a 100 actius com s'ha dut a terme en la implementació a casa el client
- Paquet d'usuaris per deu tècnics, un gestor, un client i un gerent per un contracte de volum superior al milió d'euros
- El cost de 28000 euros d'adquisició del paquet complet del software Prisma 3 + App mòbil de l'empresa Sisteplan no s'inclou en aquesta partida ja que l'empresa ISS Facility Services disposa d'ell per altres projectes i no s'ha realitzat aquesta despesa

Tipologia	Concepte	Anotacions	Preu unitari [€]	Unitats	Preu total [€]
Pagament únic	Impressió etiquetes QR 90x35 mm	Preus obtinguts de l'empresa Artyplan, S.L.	0,145	100	14,5
	Llicència Software Prisma 3 fins a 20 persones	Preus obtinguts de l'empresa Sisteplan, S.L.	500	1	500
	TOTAL				514,50 €
Pagament mensual	Llicència Software Prisma 3 fins a 20 persones	Preus obtinguts de l'empresa Sisteplan, S.L.	300	1	300
	App mòbil	Inclosa al paquet Prisma 3	0	0	0
	Llicència Power BI	Preus Oficials Microsoft	8,4	5	42
	Dispositiu Mòbil	Quota orientativa Movistar incloent línia i terminal	16	10	160
	TOTAL				502 €/mes

Taula 15. Pressupost d'eines utilitzades - Font: *Pròpia*

11. Impacte ambiental

Cal fer notar en aquest apartat que el projecte en qüestió consisteix en el disseny d'un procés de treball per a persones mitjançant la utilització de metodologies procedimentals i el suport d'eines informàtiques. És per això que el projecte en si no presenta un alt impacte ambiental directe.

Plantejada aquesta primera afirmació, és igualment cert que existeixen elements que tenen una afectació al medi ambient. En aquesta sentit, existeix una primera millora cap al medi ambient com a conseqüència de la utilització exclusiva de suports digitals en les fases de captura d'informació, anàlisi i presentació de resultats estadístics, fet que implica la no utilització de paper en cap d'aquests passos tret de la impressió d'etiquetes de codi QR.

De la mateixa manera, una de les possibles implicacions que no han estat validades però que són resultat de la correcta aplicació de metodologies d'anàlisi de falles i una millora en la realització de tasques preventives, és la reducció de la substitució de parts dels diferents actius i també de l'augment de la seva vida útil. Podent en un futur provar aquest punt, existiria també un altre element de millora en l'impacte ambiental.

El procés en si no genera cap tipus de residu més enllà de la petjada ecològica associada als telèfons mòbils que s'utilitzen per capturar la informació i que actualment els tècnics de manteniment en la seva major part ja disposen. Altres aspectes com el consum energètic i el soroll tenen un paper molt menor en el transcurs del procés descrit.

Un projecte que podria ser complementari al descrit i que segurament presentaria un impacte positiu en molts dels punts que s'han plantejat al transcurs del treball, podria consistir en l'avaluació de la eficiència energètica de les activitats que es duen a terme en el desenvolupament del servei de manteniment i inclús també en l'activitat productiva del client.

Conclusions i treball futur

En aquest projecte s'ha dissenyat un procés per a la millora continua basat en l'augment de la fiabilitat en el manteniment d'instal·lacions industrials. Aquest es du a terme aplicant metodologies d'anàlisi de falle, buscant en tot moment que els seus usuaris el puguin aplicar i obtindre'n resultats d'una manera eficaç. Com a resultat del desenvolupament dels diferents objectius plantejats i de la primera implementació feta a un client de l'empresa ISS Facility Services, es poden extreure les següents conclusions i recomanacions:

- Es prova que el disseny plantejat a la fase de captura d'informació (Data Acquisition) mitjançant la utilització d'una app a través del telèfon mòbil, utilització d'elements d'identificació ràpida com els codis QR i la prèvia definició d'elements necessaris a completar per aplicar l'anàlisi en qüestió, permet obtenir la informació esperada segons els requeriments d'usabilitat plantejats en termes de fiabilitat.
- En relació a la fase d'anàlisi de dades, s'observa la correlació esperada entre informació capturada per via de Criticality Assessment i RCA, i la informació obtinguda per FMEA i RCM. Aquest fet dóna la cohesió buscada al conjunt del cicle plantejat del Data Analysis.
- Els apartats continguts al bloc del Data Acquisition relatius a l'aplicació continua de les metodologies FMEA i RCM, presenten la obtenció de primers elements d'anàlisi. Degut a la limitació temporal del projecte, aquests elements no han pogut ser validats suficientment com per presentar l'evidència de l'assoliment dels seus objectius. Aquest fet porta a recomanar la continuació de la prova pilot en una extensió temporal major per tal de poder extreure conclusions satisfactòries. Existeix en aquest punt, la evidència de la necessitat de realitzar una prova pilot de durada major a un mes per tal de validar un procés d'aquestes característiques.
- Existeix un acolliment positiu per part dels usuaris en les diferents idees centrals del procés dissenyat. S'observa mitjanant l'enquesta que en tots i cadascun dels aspectes avaluats referents a impressions d'usabilitat, capacitat, motivació, retenció i compromís s'assoleix una qualificació notablement positiva.
- El procés descrit permet obtenir elements que resulten d'utilitat a nivell estratègic a una empresa de manteniment industrial. S'observen virtuts per via d'elements no descrits amb els objectius. En són exemples la informació sobre el funcionament de les màquines de cara posseir informació per al benchmarking, l'augment observat en el report d'informació o les oportunitats generades a nivell comercial.

- Es recomana amb la finalitat facilitar la identificació de conclusions de millora, la utilització d'eines estadístiques basades en la experimentació en condicions de servei real, per tal de cercar i determinar aquells rangs en que indicadors com són per exemple el RPN, Risc, KPI o el cost s'adeqüen millor a les necessitats de la empresa en qüestió.
- Com a continuació d'aquest projecte seria positiu vincular-hi aspectes d'impacte ambiental en el si del desenvolupament del procés. Es recomana també experimentar sobre la hipòtesi de reducció del nombre de passos i dades capturades per tal d'optimitzar el procés.

Agraïments

Primerament agrair al meu tutor de la universitat, l'Abel Zahinos Ruiz, tant per la possibilitat de desenvolupar aquest projecte com pel conjunt de tècniques innovadores que m'ha facilitat, així com tots els consells que m'ha donat en les nostres trobades periòdiques.

Com no pot ser d'altra manera, agrair a l'Andrés Espinosa Hernandez, manager i tutor per part de l'empresa ISS Facility Services, pel recolzament, el coneixement i la oportunitat de disposar dels recursos necessaris per tirar endavant aquest projecte.

Mostrar també un fort agraïment al conjunt de l'empresa ISS Facility Services, especialment a la divisió de manteniment, sense ells els resultats obtinguts a l'enquesta no haurien estat possibles.

Donar les gràcies també a tot l'equip de manteniment del client on s'ha aplicat el projecte, especialment el seu gestor, el Manel Martínez Troyano, per tots els coneixements que m'ha transmès i la implicació en tirar endavant la implementació del projecte.

Per últim, donar les gràcies al suport rebut per part de familiars i amics, amb ells a prop, tot resulta més fàcil.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] DELIYANNIS, IOANNIS. *Interactive Multimedia*, Març de 2002.
- [2] CARNERO, MARÍA CARMEN y GONZALEZ-PRIDA, VICENTE. *Optimum Decision Making in Asset Management*, Agost de 2016
- [3] IDEO, IDE, Heifer International, ICRW. *Human-Centered Design Toolkit*, 2009
- [4] PARRA MARQUEZ, CARLOS ALBERTO y CRESPOS MÁRQUEZ, ADOLFO. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*, Octubre de 2012
- [5] BRAASKSAMA, JAN. *Asset information for FMEA-based maintenance*, 2012
- [6] CARLSON, CARLS S. *Effective FMEAs*, 2012
- [7] BLOOM, NEIL B. *Reliability Centered Maintenance – Implamentation Made Simple*, 2006
- [8] ROSAM, IAN i PEDDLE, ROB. *Creating a Process-based Management System for ISO 9001:2000 and Business Improvement*, 2009
- [9] TRIBUNAL DE COMPTES EUROPEU, *Manual d'auditoria de gestió*, 2015.