



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa



TREBALL FINAL DE GRAU

OPTIMITZACIÓ DEL RENDIMENT I L'EFICIÈNCIA EN UN DEPARTAMENT DE MANTENIMENT INDUSTRIAL.

GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA CURS 22/23

Autor: David Martos Garcia

Director: Itziar Lujan Blanco

Data: Maig del 2023

Localitat: Manresa

Aquests agraïments van destinats a:

- Josep Cabanas, Manager de manteniment a Casa Tarradellas.
- Xavier Puigferrat, Manager de manteniment a La Farga Yourcoppersolutions.
- Jordi Cases, Technical director a Motronic Service.
- Els meus companys dels departaments de manteniment on he col·laborat.

Vull expressar el meu sincer agraïment a tots vosaltres. Ha estat un veritable privilegi haver pogut treballar i aprendre de professionals tan dedicats i talentosos com vosaltres al llarg dels meus 10 anys de carrera professional.

En primer lloc, voldria agrair-vos la formació excepcional que he rebut durant el temps que hem compartit. Les vostres experiències, coneixements i orientació han sigut inestimables per al meu creixement professional i personal. He après moltíssim de vosaltres, des de les tècniques més avançades fins a la gestió eficient dels recursos i la presa de decisions estratègiques.

També vull expressar la meva gratitud per la confiança que m'heu mostrat al llarg d'aquests anys. M'he sentit valorat i respectat com a membre dels nostres equips de manteniment. Les oportunitats i els reptes que m'heu ofert m'han ajudat a créixer i a superar-me constantment.

A més, vull estendre aquest agraïment a tots els meus estimats companys de treball dels departaments de manteniment amb els quals he tingut el plaer de col·laborar. La nostra dedicació compartida, l'intercanvi de coneixements i les experiències compartides han creat un ambient de treball enriquidor i inspirador.

Aquesta gratitud no només es limita al nostre entorn professional, sinó que també s'estén als moments compartits fora de l'oficina, als esforços conjunts per aconseguir metes i als moments d'alegria compartida. Sou un grup de persones increïbles i estic agraït per haver format part de l'equip.

Finalment, vull reiterar el meu agraïment més sincer per tot el suport, l'ensenyament i les oportunitats que m'heu brindat. Sou autèntics referents en el camp del manteniment industrial i la vostra influència perdurarà en la meva carrera professional al llarg dels anys.

RESUM DEL PROJECTE

Aquest projecte pretén ser una guia per organitzar i gestionar departaments de manteniment industrial de forma eficient. Per tal de poder guiar correctament, engloba tots els aspectes d'una forma general, des dels més operatius als més relacionals, i permetrà al lector detectar àrees de millora on poder aprofundir posteriorment.

És aquella guia que m'agradaria que m'haguessin donat quan vaig començar a agafar responsabilitats dins el departament de manteniment. Està enfocat per a nous caps de manteniment, nous managers de manteniment, directors que vulguin entendre millor el departament de manteniment o vulguin crear-ne un a la companyia.

Per tal d'ubicar al lector, començarem amb la definició, la història i l'evolució del manteniment des de la revolució industrial. Continuarem amb la definició de les operacions que es realitzen actualment per fer manteniment, però que no necessàriament estan totes executades pel departament de manteniment. Situarem al manteniment en l'estructura de la companyia i veurem les possibles estructures internes que pots arribar a adoptar. També coneixerem els costos del departament i la naturalesa d'aquests per poder treballar-los i controlar-los.

Enfocarem el final del treball a les eines més útils i utilitzades per a la gestió del manteniment, com pot ser la plataforma de software GMAO, indicadors de control (KPI), mètodes i eines per a la seguretat laboral, etc. Finalment, repassarem la legalitat espanyola relacionada amb el manteniment d'instal·lacions industrials.

RESUM DEL PROJECTE (en anglès)

This project aims to be a guide for organizing and managing industrial maintenance departments efficiently. In order to provide proper guidance, it covers all aspects in a general way, from operational to relational, allowing the reader to identify areas for improvement to delve into later.

It is the kind of guide I wish I had been given when I first took on responsibilities within the maintenance department. It is intended for new maintenance supervisors, new maintenance managers, directors who want a better understanding of the maintenance department, or those who want to establish one within their company.

To situate the reader, we will begin with the definition, history, and evolution of maintenance since the industrial revolution. We will then delve into the current operations involved in maintenance, which may not necessarily be carried out exclusively by the maintenance department. We will explore the placement of maintenance within the company's structure and examine the possible internal structures that can be adopted. We will also explore the department's costs and their nature, in order to manage and control them effectively.

Towards the end of the project, we will focus on the most useful and commonly used tools for maintenance management, such as Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), control indicators (KPIs), methods and tools for occupational safety, and more. Finally, we will review the Spanish legislation related to the maintenance of industrial facilities.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	5
1.1. EL PROJECTE	5
1.2. QUÈ ÉS EL MANTENIMENT INDUSTRIAL.....	5
1.3. HISTORIA DEL MANTENIMENT FINS EL SEGLE XX	6
2. OPERACIONS DE MANTENIMENT	7
2.1. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM).....	8
2.1.1. Neteges.....	9
2.1.2. Ajustatges.....	11
2.2. MANTENIMENT CORRECTIU.....	12
2.2.1. Manteniment correctiu no programat	12
2.2.2. Manteniment correctiu programat	13
2.3. MANTENIMENT PREVENTIU	14
2.3.1. Lubricació.....	16
2.4. MANTENIMENT PREDICTIU.....	21
2.5. IMPLEMENTACIÓ DE MILLORES	23
2.6. ANÀLISI D'INCIDÈNCIES I RISCOS PER RCM (HAZOP,FMECA) ...	25
3. EL MANTENIMENT EN UNA COMPANYIA INDUSTRIAL.....	30
3.1. LA DIRECCIÓ	30
3.2. ESTRUCTURES DE GESTIÓ.....	31
3.3. ESTRUCTURES D'EQUIP.....	36
3.4. FRONTERES INTERDEPARTAMENTALS.....	42
4. COSTOS DEL MANTENIMENT	48
4.1. TIPUS DE COSTOS EN EL MANTENIMENT	48

4.2.	CÀLCUL DE COSTOS PER ACTIU	51
4.3.	COMPOSICIÓ DEL COST SEGONS TIPUS D'OPERACIÓ	54
4.4.	OPTIMITZACIÓ DELS COSTOS DE MANTENIMENT	55
4.5.	ESTUDI DE LA VIABILITAT ECONÒMICA D'UNA REPARACIÓ	57
5.	SOFTWARE DE MANTENIMENT (GMAO).....	60
5.1.	FUNCIONALITATS DE LA GMAO.....	60
5.2.	BENEFICIS DE LA GMAO	61
5.3.	IMPLEMENTACIÓ DE LA GMAO.....	61
5.4.	FACTORS CLAU PER A L'ÈXIT DE LA GMAO.....	62
6.	INDICADORS PER EL CONTROL DEL MANTENIMENT	64
6.1.	INDICADORS DE PRODUCTIVITAT DEL MANTENIMENT	64
6.2.	INDICADORS DE QUALITAT DEL MANTENIMENT	66
6.3.	INDICADORS DE SEGURETAT DEL MANTENIMENT.....	67
6.4.	INDICADORS DE COST DEL MANTENIMENT	68
7.	SEGURETAT LABORAL EN EL MANTENIMENT.....	73
7.1.	RISCOS LABORALS EN EL MANTENIMENT INDUSTRIAL.....	73
7.2.	GESTIÓ DE LA SEGURETAT LABORAL EN EL MANTENIMENT INDUSTRIAL.....	74
7.3.	SISTEMA DE BLOQUEIG LOTO.....	74
7.4.	EQUIPS DE PROTECCIÓ INDIVIDUAL.....	75
8.	RESPONSABILITATS JURIDIQUES.....	76
8.1.	REIALS DECRETS RELACIONATS AMB EL MANTENIMENT	76
8.2.	REGLAMENT TÈCNIC.....	77
8.3.	NORMES UNE RELACIONADES AMB EL MANTENIMENT.....	78
9.	CONCLUSIONS.....	80
10.	BIBLIOGRAFIA.....	81

ÍNDEX DE FIGURES

Figures

Figura 1: Diagrama jerarquia d'operacions de manteniment.....	5
Figura 2: Cronologia de creació d'operacions de manteniment.....	6
Figura 3: Exemple fitxa de preventius.....	15
Figura 4: Diagrama per seleccionar tècnica de manteniment per evitar una falla.....	24
Figura 5: Gràfica evolució del cost del manteniment d'una serra cinta. Teoria de la banyera.....	48
Figura 6: Gràfica de distribució del cost de manteniment segons tipus d'operació.....	50
Figura 7: Gràfica de distribució de la dedicació de manteniment segons tipus d'operació.....	62

Taules

Taula 1: Taula referència puntuació de gravetat i ocurrència.....	22
Taula 2: Taula referència puntuació possibilitat de detecció.....	22
Taula 3: Taula exemple aplicació FMECA.....	23

1. INTRODUCCIÓ

1.1. El projecte

Aquest projecte pretén exposar els mètodes, tècniques i coneixements utilitzats en la gestió del manteniment industrial i conèixer, com i quan és òptima la seva aplicació per tindre un manteniment fiable i eficient. Garantint la seguretat de les persones, la màxima qualitat del producte, la disponibilitat de màquina i la conservació dels actius al llarg de la seva vida útil estipulada amb un cost adequat.

S'explora des de la gestió diària fins a la ubicació del manteniment en l'estructura de les companyies, passant per estructures d'equip, obligacions legals, elaboració de pressupostos, etc. Amb l'objectiu de poder crear un equip de manteniment plenament funcional i eficient des de zero amb els coneixements aquí exposats.

1.2. Què és el manteniment industrial

El manteniment industrial és un conjunt d'activitats que es realitzen per assegurar que les màquines, equips i sistemes d'una empresa funcionin de manera adequada i segura. Aquesta activitat requereix coneixements tècnics en diferents àrees com ara mecànica, electricitat, neumàtica, hidràulica, entre d'altres.

El personal encarregat del manteniment ha de tenir coneixements tècnics per identificar i solucionar problemes en aquestes àrees. Per exemple, en el cas de la mecànica, han de saber com funciona cada peça dels equips i sistemes, així com les tècniques per mantenir-los en bon estat i dur a terme les reparacions necessàries. En el cas de l'electricitat, han de comprendre els circuits i components elèctrics, com ara motors, contactors, sensors, etc., i saber com mesurar i verificar el seu funcionament.

Això inclou la planificació i programació dels diferents tipus de manteniment (preventiu, correctiu i predictiu) per assegurar que els equips i sistemes estiguin en bon estat i funcionin correctament. També implica la identificació i solució de problemes per evitar que les màquines es descomponguin o quedin inoperables.

El manteniment industrial té molts beneficis, com ara una millora en la productivitat i qualitat dels productes, una reducció del temps d'inactivitat no programada, una millora en la seguretat del personal i una major durada de vida dels equips.

Per aconseguir tots aquests beneficis, és important que les empreses comptin amb personal especialitzat que disposi de la formació i coneixements tècnics adequats, així com amb les eines i tecnologies necessàries per fer una gestió eficaç.

En resum, el manteniment industrial és una activitat crucial per a qualsevol empresa que tingui equips i sistemes en funcionament, ja que garanteix la seva seguretat i bon funcionament, i ajuda a evitar interrupcions innecessàries de la producció.

1.3. Història del manteniment fins al segle XX

A finals del segle XVIII, amb la Revolució Industrial, van aparèixer les primeres fàbriques i màquines, que van canviar el model de producció i van donar lloc al manteniment industrial. En aquesta època, el manteniment es basava principalment a reparar les avaries quan es produïen, sense planificació ni prevenció.

Durant el segle XIX, el manteniment es va anar desenvolupant, i es van començar a utilitzar diferents mètodes per a prolongar la vida útil dels equips, com ara la lubricació i la neteja. També van sorgir les primeres empreses de serveis de manteniment.

Al llarg del segle XX, el manteniment industrial va evolucionar i es va convertir en una activitat fonamental per a qualsevol empresa que tingui equips i sistemes en funcionament. Es van desenvolupar diferents tipus de manteniment, com el preventiu, que es basa en la planificació i programació de tasques per a evitar avaries, i el predictiu, que fa servir sensors i tecnologies per a detectar problemes abans que es produeixin.

Així mateix, en aquesta època van sorgir diferents tècniques de manteniment, com ara el Manteniment Productiu Total (TPM), que busca involucrar tot el personal de l'empresa en la gestió del manteniment, o la Fiabilitat, Disponibilitat i Mantenibilitat (RAM), que se centra a garantir la fiabilitat dels equips.

En conclusió, la història del manteniment industrial ha estat marcada per una evolució constant, que ha portat a la creació de diferents tècniques i metodologies per a garantir el bon funcionament dels equips i sistemes en les empreses. Això ha permès millorar la productivitat i eficiència dels processos, així com reduir els costos i evitar interrupcions innecessàries de la producció.

2. OPERACIONS DE MANTENIMENT

Les operacions de manteniment industrial són les tasques executades per l'equip de manteniment, planificades i no planificades, que s'han de realitzar per a mantenir els equips i sistemes en òptim estat de funcionament. Aquestes tasques poden incloure des de reparacions i neteja fins a inspeccions i ajustaments per a prevenir fallades i maximitzar la disponibilitat dels equips.

Hi ha varies normatives que jerarquitzen les operacions de manteniment com per exemple AFNOR NFX 60-010 o UNE EN-13306, amb sensibles diferències entre elles pel que fa a ubicació. L'important és que existeixen les mateixes operacions en totes elles i s'entenen de la mateixa manera. La EN-13306 ho fa de la següent manera. He afegit una mica més de detall per arribar a la profunditat del treball.

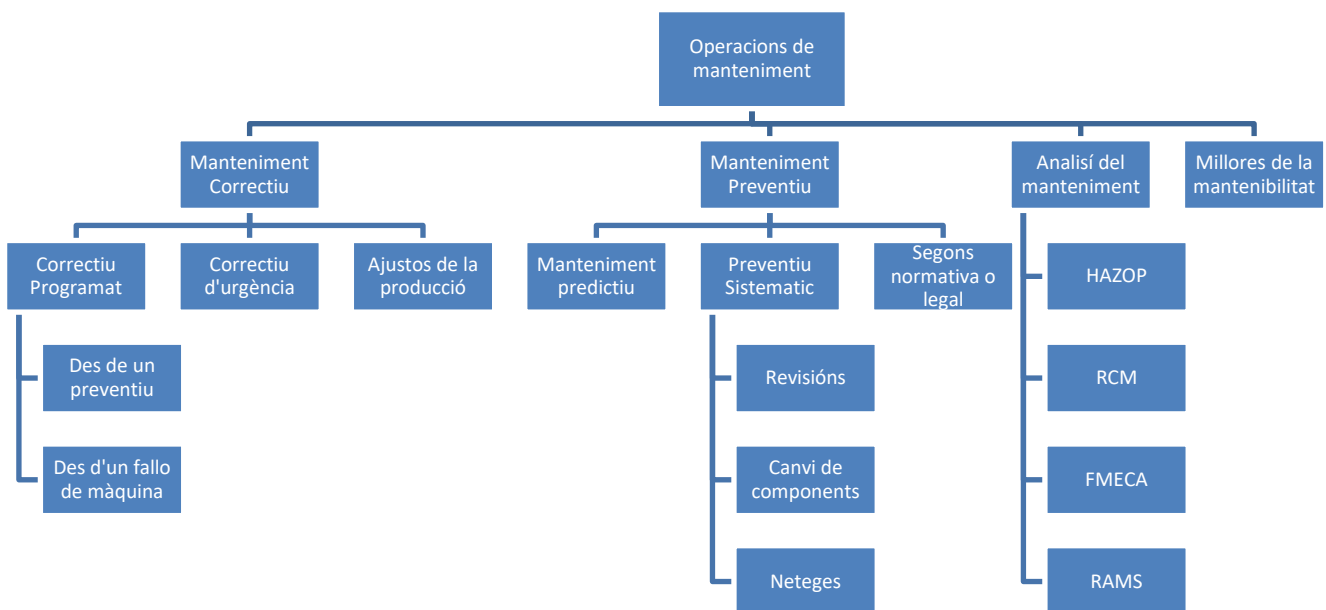


Figura 1: Diagrama jeràrquic d'operacions de manteniment

Adaptació diagrama norma UNE EN-13306

Totes aquestes operacions han anat apareixent i perfeccionant-se al llarg dels anys, com a resposta a l'evolució de les exigències en la producció, la qualitat i la seguretat que la societat i els mercats demanaven. Aquesta ha sigut la seva evolució al llarg del temps:

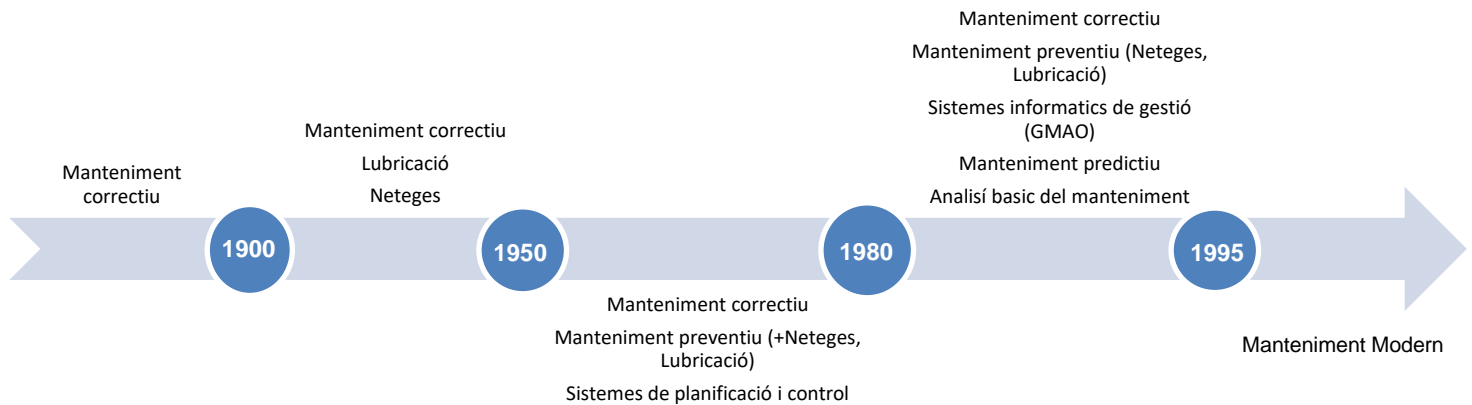


Figura 2: Cronologia de creació d'operacions de manteniment

Original autor.

Les operacions de manteniment han anat redefinint-se al llarg del temps amb la creació de mètodes com el TPM que tot i que no generen noves tècniques, creen un marc per tal de fer el manteniment més eficient.

2.1. Total productive maintenance (TPM)

El Total Productive Maintenance (TPM) és un recull de mètodes i conceptes per millorar la productivitat i la qualitat dels processos de producció mitjançant la participació activa dels treballadors en el manteniment dels equips i maquinària. Això es fa mitjançant la implantació d'una sèrie d'activitats i pràctiques que impulsen la millora contínua, la formació, la millora de la planificació i la gestió del manteniment.

La implantació del TPM sol ser un procés llarg i complex, que pot durar diversos anys i que implica canvis en la cultura i la gestió de l'empresa. No obstant, nombroses empreses han aconseguit grans resultats amb la implementació d'aquest enfocament. Un exemple clar és Sony, que va començar a implantar el TPM en la seva planta de Tagajo, al Japó, el 1962. En menys de deu anys, la planta va passar de ser una de les menys productives de Sony a convertir-se en la més productiva, amb una taxa de màquina-hora efectiva del 95% i una reducció del 70% en les avaries de maquinària.

El procés d'implementació del TPM es divideix en diverses fases, que solen incloure l'avaluació inicial de la situació actual, la formació del personal en les tècniques de manteniment, la creació d'un pla de manteniment preventiu, la millora de les condicions de les màquines i la definició de metes de millora contínua. Alguns dels elements clau del TPM són la identificació de les causes de les avaries, la implantació de pràctiques d'autònoms, la millora dels procediments de neteja i lubricació i la implementació de pràctiques de gestió visual per millorar la transparència i la comunicació entre els diferents departaments.

- Fase 1 - Preparació: En aquesta fase s'estableixen els objectius i es forma l'equip encarregat de la implantació del TPM. Es realitza un diagnòstic inicial de la situació i es defineix el pla de treball.
- Fase 2 - Sensibilització: En aquesta fase es realitzen activitats per a sensibilitzar a tot el personal de l'empresa sobre la importància del TPM i el seu impacte en l'eficiència i la seguretat dels equips.
- Fase 3 - Formació: En aquesta fase es forma el personal de l'empresa en les tècniques del TPM, com ara el manteniment autònom, la gestió visual, la detecció de problemes i la millora contínua.
- Fase 4 - Implantació: En aquesta fase es posen en marxa les activitats de TPM, com ara la millora dels processos de manteniment, la reducció de les pèrdues, la millora dels temps de parada i la millora de la seguretat en el treball.
- Fase 5 - Consolidació: En aquesta fase es consolida el TPM com a forma de treball habitual de l'empresa i es realitzen accions per a mantenir i millorar els resultats obtinguts.

Els beneficis del TPM són nombrosos, inclòs una major eficiència i productivitat, una millora en la qualitat dels productes, una reducció en les despeses de manteniment i una millora en la seguretat dels treballadors i dels equips. Això es tradueix en un augment en la capacitat productiva, una reducció dels temps d'aturada de les màquines i una millora en els costos d'operació. No obstant, la implementació del TPM també implica alguns inconvenients, com ara la inversió inicial en la formació del personal i la implantació de les pràctiques, així com la necessitat de mantenir un compromís constant amb la millora contínua.

Amb el pas del temps el TPM s'ha transformat en un marc de referència que engloba nous mètodes més moderns i ajustats a les tecnologies i processos actuals, per això és emportant que els situem com una capçalera de les operacions que anirem veient mes endavant. En els següents punts i apartats d'aquest projecte anirem explorant més al detall el TPM i els mètodes associats.

2.1.1. Netejes

La neteja d'equips industrials és una pràctica bàsica de manteniment que té una llarga història. En els seus inicis, la neteja era una tasca realitzada manualment per als treballadors, sense l'ajut de les tecnologies. En la dècada dels 60 es va redefinir la neteja i es va integrar en la gestió global del manteniment. En el TPM, la neteja és una responsabilitat compartida entre el personal de manteniment i el de producció.

Els operaris de producció realitzen tasques de neteja diàries i rutinàries, mentre que el personal de manteniment s'encarrega de tasques més tècniques, com ara netejar les parts més complexes o difícils d'accedir dels equips industrials.

La neteja té un paper important en la prevenció de fallades i en l'optimització dels processos de producció. La brutícia acumulada pot causar problemes mecànics i elèctrics als equips, i també pot reduir la seva eficiència. Així mateix, una neteja adequada pot prevenir la contaminació dels productes i millorar la seguretat dels treballadors. La neteja pot ser realitzada mitjançant diversos mètodes, des de la neteja manual fins a la utilització d'eines especialitzades.

En alguns casos, pot ser difícil per a una empresa traslladar la neteja als operaris de producció per diverses raons.

- Manca de temps: En moltes empreses, els operaris de producció ja estan ocupats amb les seves tasques diàries i les produccions estan calculades per torns efectius sencers.
- Manca de formació: En alguns casos, els operaris de producció poden no estar ben informats sobre com netejar adequadament els equips, el que pot portar a errors o danys.
- Falta d'eines i materials: Si no es proporcionen les eines i materials necessaris per netejar els equips, els operaris de producció no podran fer-ho correctament.
- Dificultat d'accés: En alguns casos, els equips poden ser difícils d'accedir o es troben en llocs perillosos, la qual cosa pot fer que sigui difícil per als operaris de producció netejar-los adequadament.
- Complexitat dels equips: En casos de maquinària complexa, la neteja pot requerir coneixements específics i tècnics que els operaris de producció poden no tenir.

La majoria d'aquests punts són de fàcil solució si la direcció de l'empresa està alineada i coneix els beneficis de la neteja, reduint incidències en la producció i millorant la qualitat del producte. Part de la neteja és no embrutar, el que repercuteix positivament creant espais més segurs, agradables i reduint les mermes, traduint-se en un menor cost operatiu.

La importància de transferir la majoria de neteges als operaris de producció està en la gestió del valor afegit dels tècnics de manteniment. Aquests tenen una formació tècnica que pot aportar més benefici si dedica el seu temps a altres tasques més complexes i que un operari sense formació tècnica no podria executar. En canvi, sense o amb una petita formació, qualsevol operari de producció és capaç de fer neteges. Així doncs, per poder fer una correcta transferència de les neteges cap a producció, la empresa haurà de proporcionar formació en neteja d'equips, facilitar l'accés als equips si l'accés als equips és difícil (l'empresa pot considerar la instal·lació de passeres, escales o altres dispositius per facilitar el seu accés, fent que els operaris de producció puguin netejar els equips de manera segura i eficient), proporcionar les eines i materials necessaris com productes de neteja, màquines de vapor, etc. Establir procediments clars per netejar els equips, incloent-hi la freqüència de neteja i els productes a utilitzar per a minimitzar errors. I si generalment la neteja no està ben acceptada per la plantilla, es pot proporcionar incentius.

Ens quedarà la part més tècnica o que requereix especialitats com poden ser els treballs verticals o d'espais confinats, que haurà d'estar realitzat des de manteniment i els seus proveïdors. En alguns casos com per exemple en la indústria alimentària o farmacèutica on la neteja va relacionada amb el risc del producte cap al client, aquestes tasques recauen en els departaments de qualitat.

Alguns exemples on la neteja haurà d'estar realitzada per manteniment són els següents:

- Neteja de quadres elèctrics. Existeix un risc elèctric que un operari sense formació probablement no pugui identificar.
- Accessos amb desmuntatges i muntatges complexos, que requereixin ajustos mecànics, càrregues elevades, eines especials, etc.
- Netejes en alçada amb plataformes elevadores

2.1.2. Ajustatges

Els ajustos d'equips industrials són una part fonamental del procés de producció per garantir la qualitat dels productes i els rendiments. Els ajustos consisteixen en la regulació i adaptació dels equips per assegurar que els productes compleixin amb les especificacions de qualitat establertes.

Històricament, els ajustos eren realitzats per tècnics especialitzats en manteniment. No obstant, s'ha reconegut la importància de la implicació dels operaris de producció en els ajustos d'equips industrials. Això s'ha aconseguit a través de la formació en el coneixement dels equips i el desenvolupament d'habilitats per realitzar ajustos.

La implicació dels operaris de producció en els ajustos d'equips industrials ha demostrat ser beneficiosa per a les empreses, ja que això permet millorar la qualitat dels productes i augmentar el rendiment dels equips. A més, els operaris de producció tenen una visió més detallada dels equips i poden detectar problemes abans que els tècnics de manteniment.

No obstant, hi ha casos en què els ajustos d'equips industrials no poden ser realitzats per operaris de producció. Això pot passar quan es requereixen coneixements especialitzats, eines específiques o quan el risc d'accidents és elevat. En aquests casos, els ajustos són responsabilitat del personal de manteniment.

2.2. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu és aquell que es realitza després que una màquina ja ha fallat o ha patit algun tipus de desperfecte. En altres paraules, és una acció correctiva que s'efectua per reparar els danys produïts i deixar l'equip o la màquina en condicions òptimes de funcionament.

El desavantatge són que les reparacions poden ser costoses i la interrupció de la producció pot afectar la productivitat de l'empresa. No obstant, en certes situacions, el manteniment correctiu pot ser l'única opció viable, especialment quan la falla és imprevisible o no es pot prevenir amb el manteniment preventiu o predictiu.

És important, però no ha de ser l'única estratègia de manteniment. L'ús exclusiu d'aquesta tècnica pot provocar problemes greus com retards en la producció, sobre costos i problemes de seguretat per als treballadors. Per això, s'han de combinar altres tipus de manteniment, com el preventiu, que ajuda a detectar problemes abans que es produeixin.

En resum, el manteniment correctiu és una estratègia important en la gestió de manteniment industrial per solucionar les avaries existents. No obstant, és important intentar reduir al mínim la seva utilització mitjançant la implementació de tècniques de manteniment preventiu i predictiu.

Dins del manteniment correctiu podem diferenciar entre el que es pot programar i per tant, és una falla que permet la continuïtat de la producció, la qualitat i la seguretat de les persones, però que tard o d'hora provocarà perdre un d'aquests tres factors. O per altra banda, podem trobar el manteniment correctiu no programat o d'urgència, ja que genera la pèrdua immediata de la producció, la qualitat o la seguretat.

2.2.1. Manteniment correctiu no programat

El manteniment correctiu no programat és una resposta a situacions inesperades i sovint imprevisibles. Aquest tipus de manteniment es realitza en una situació d'emergència, quan el temps és un factor crític i la màquina o equip ha de tornar a funcionar al més aviat possible. Els treballs d'aquest tipus poden variar des de reparacions menors fins a reemplaçaments de components importants.

Aquest tipus de manteniment també té els seus desavantatges, ja que pot resultar costós i disruptiu per a la producció. Els temps d'inactivitat no planificats poden tenir un impacte significatiu en el calendari de producció i les despeses imprevistes poden afectar el pressupost de l'empresa.

No obstant això, en molts casos el manteniment correctiu no programat és l'única opció viable, ja que algunes avaries no poden ser detectades o anticipades amb prou antelació per ser reparades en un manteniment programat. Els exemples d'avaries que requereixen un manteniment correctiu no programat inclouen trencaments de components, falles en el sistema elèctric o problemes de control i automatització.

Aquesta tipologia d'operació s'ha de minimitzar el màxim possible, si cal modificant la maquinària si no es pot arribar a evitar amb les altres operacions de manteniment. Tot i això, és important reconèixer que en situacions reals i complexes, sempre pot existir un petit percentatge de manteniment correctiu no programat. Aquest percentatge depèn de diversos factors, com la complexitat de l'equipament, l'edat dels sistemes, el cicle de vida dels components, les condicions ambientals, entre d'altres.

No obstant això, en una planta industrial ben mantinguda i amb un enfocament proactiu de manteniment, es busca reduir aquest percentatge al mínim possible, generalment per sota del 10% del total de les activitats de manteniment. Arribant al 5% en els moments més bons de les condicions de la maquinària.

Més endavant veurem diferents maneres de fer estudis per trobar solucions que ens permetin evitar el manteniment correctiu no programat. És important fer un bon registre de l'origen de la causa, símptomes i resolució de les accions correctives no programades per tal de poder fer un estudi posterior. Més endavant veurem la forma correcta de registrar-ho.

2.2.2. Manteniment correctiu programat

Consisteix a planificar i programar les activitats de reparació o substitució de components en un moment determinat, encara que aquests no hagin presentat falles o avaries immediates. A diferència del manteniment correctiu no programat, que es realitza com a resposta a una falla o avaria imprevista, el manteniment correctiu programat és una acció anticipada que busca evitar o minimitzar les possibles fallades en el futur.

La demanda de manteniment correctiu programat pot originar-se de diverses fonts, incloent-hi:

- Inspeccions programades: Es realitzen inspeccions regulars a l'equipament per identificar possibles problemes o desgast anticipadament. Si es detecten anomalies o deteriorament, es programa una intervenció de manteniment correctiu per solucionar-les abans que provoquin una falla.

- Anàlisi de dades de rendiment: Es monitoren les dades de rendiment de l'equipament, com ara els indicadors de funcionament, vibracions, temperatura, nivells de fluid, etc. Si es detecten tendències o desviacions anormals, es programa una intervenció de manteniment correctiu per investigar i corregir les causes subjacents abans que es produeixi una falla.
- Cicle de vida dels components: S'avalua el cicle de vida dels components crítics i es planifiquen les seves substitucions o reparacions en funció dels períodes de vida útil esperats o recomanats pel fabricant. Això permet evitar fallades inesperades i garantir un funcionament fiable.
- Retroalimentació del personal d'operació: El personal d'operació pot proporcionar informació sobre possibles milloraments o problemes recurrents en l'equipament. A partir d'aquesta retroalimentació, es programen accions de manteniment correctiu per abordar les qüestions assenyalades i millorar el rendiment.

Tot i que és preferible al correctiu no programat, també ens interessa minimitzar-lo al màxim. En una planta industrial ben mantinguda i amb un enfocament proactiu de manteniment, generalment ens interessa tindre el correctiu programat per sota del 15% del total de les activitats de manteniment.

És important fer un bon registre de l'origen de la causa, símptomes i resolució de les accions correctives programades per tal de poder fer un estudi posterior. Més endavant veurem la forma correcta de registrar-ho.

2.3. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu és una estratègia de manteniment que consisteix a realitzar accions planificades i sistemàtiques per preservar l'estat òptim dels equips i prevenir fallades o avaries imprevistes. L'objectiu és anticipar-se als problemes i prendre mesures preventives per evitar aturades no planificades i pèrdues de producció. De la següent manera és com es desenvolupa un pla efectiu per a una planta industrial:

El manteniment preventiu implica la realització de tasques periòdiques de revisió, inspecció, ajust, neteja i substitució de components clau. Aquestes tasques es realitzen en funció de l'edat, el rendiment, les recomanacions del fabricant i potser el punt més important, el coneixement històric de la planta per l'equip de manteniment.

El desenvolupament d'un pla de manteniment preventiu comença amb la identificació dels equips crítics i importants per a la producció.

Aquesta informació es pot obtenir a través de l'avaluació de l'impacte de cada equip en el procés de producció, l'anàlisi de dades històriques de fallades i les recomanacions dels fabricants. És important establir prioritats i determinar la freqüència i la naturalesa de les tasques preventives per a cada equip.

Per desenvolupar un pla de manteniment preventiu, és necessari recopilar informació com les instruccions del fabricant, els manuals d'equipament, els històrics de manteniment, els registres d'incidències i la informació de rendiment de l'equip en qüestió. Aquesta informació serveix com a base per establir els intervals de temps o d'ús per a cada tasca preventiva, així com les especificacions tècniques i les instruccions de realització.

Per planificar les tasques preventives, es poden utilitzar diferents mètodes com ara:

- **Basat en temps:** Es programen les tasques preventives en funció de períodes de temps específics, com ara setmanes, mesos o anys. Aquest mètode es basa en el coneixement general de l'equipament i les recomanacions del fabricant.
- **Basat en comptadors:** Es programen les tasques preventives en funció de l'ús o el consum d'un determinat paràmetre, com ara hores d'operació, cicles de producció o volum de producció. Es poden utilitzar sensors o comptadors per recopilar aquesta informació.
- **Basat en condicions:** Es programen les tasques preventives en funció de les condicions de funcionament o els indicadors de rendiment. Es poden utilitzar tecnologies de monitoratge i sensors per recopilar dades en temps real i activar les tasques preventives quan es detecten desviacions o anomalies.

Un mateix equip pot tindre diferents plans preventius amb freqüències diferents on es revisin i substitueixin diferents coses. Un pla de manteniment preventiu eficaç ha de ser flexible i adaptable. És important revisar i ajustar periòdicament.

És essencial que el pla d'accions d'un preventiu sigui molt concret i pas a pas, per minimitzar errors o ambigüitats que puguin conduir a una mala execució d'aquest. És recomanable adjuntar imatges, plànols, comentaris, etc. Que ajudin a guiar a la persona executora.

En el mateix manteniment preventiu, si el pla està ben desenvolupat i executat, ja s'aconsegueix reduir moltíssim les accions correctives no programades, i per tal de reduir les accions correctives programades cal fer un bon estudi de la vida dels diferents components de l'equip. Podem revisar registres de falles o consums i extreure una vida útil, ens podem assessorar pel fabricant la maquinària o fins i tot el mateix fabricant de components.

D'aquesta manera introduïrem en el pla de preventiu la substitució de components de forma optimitzada i evitant el risc de fallada que conté el manteniment correctiu programat.

A més a més, reduïrem els temps de gestió, ja que si es detecta un component en mal estat, s'haurà de notificar, demanar el material, recepcionar-lo i programar la seva substitució. En canvi si ho fem de forma preventiva es pot programar l'entrega del material i la planificació ja serà l'establerta en el pla de manteniment. Per altra banda, només manipularem la màquina una sola vegada, reduint la possibilitat de generar un problema per una errada del tècnic i el temps d'indisponibilitat de màquina.

Cal que la persona que executi un preventiu tingui un suport amb el qual poder seguir les accions determinades. Pot ser en format digital o físic, se'n diu "check list" o targeta de manteniment preventiu. A continuació trobareu la *Figura 3* que mostra com ha de ser. Aquesta targeta si és digital pot tindre relacionat els documents de suport (imatges, plànols, etc.) en cada punt, i si és una targeta física, com un paper imprès, s'hi pot adjuntar impresos aquests documents, indicant a quins punts van referits.

En una planta industrial ben mantinguda i amb un enfocament proactiu de manteniment, generalment el manteniment preventiu representa entre el 50% i 60% del total de les activitats de manteniment.

2.3.1. Lubricació

Un punt important a tindre en compte a l'hora de desenvolupar el pla preventiu, és l'elecció dels lubricants que s'aplicaran. Un bon estudi pot reduir molts els costos dels lubricants, que solen ser una partida important, augmentar la vida útil de components i dels mateixos lubricants, i minimitzar errors per part dels tècnics.

El recomanable és realitzar un estudi de la planta sencera, per tal de poder unificar lubricants i poder fer compres de lots més grans, aconseguint millors preus i reduint la complexitat de treballar amb moltes referències. Aquest estudi hauria d'incloure tots els punts de lubricació de la planta i valorar els següents paràmetres:

- Velocitat màxima [m/s o rpm]
- Càrrega de treball [Kg o N]
- Temperatura de treball [°C]
- Presència d'aigua o humitat
- Presència de pols
- Presència de flames o espurnes
- Requeriments alimentaris, farmacèutics, etc.
- Mètode d'aplicació [Bany, bomba elèctrica, bomba manual, esprai, etc.]
- Component a lubricar [Rodament, cadena, engranatges, etc.]

Amb aquesta informació podrem unir els diferents punts que tinguin les mateixes característiques i aportar la informació preferiblement a tres proveïdors diferents perquè ens ofereixin la gamma de productes que ells valorin adients. A partir d'aquí valorarem nosaltres mateixos la idoneïtat d'aquests i el rang de preus que voldrem assumir. Per poder valorar és important demanar la fitxa tècnica completa i la fitxa de seguretat de tots d'ells.

2.4. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu és una estratègia de manteniment que es basa en el monitoratge i anàlisi regular de les condicions i el rendiment dels equips per predir possibles fallades o avaries. Mitjançant l'ús de diferents tecnologies i tècniques de diagnòstic, es recopilen dades i s'analitzen per determinar l'estat dels equips i prendre accions correctives abans que es produeixin problemes greus.

El manteniment predictiu més avançat es basa en la recopilació de dades en temps real i l'anàlisi de les mateixes per identificar canvis en els patrons de comportament dels equips o indicadors que puguin ser indicatius de possibles fallades o avaries. Algunes de les tècniques més comunes utilitzades en el manteniment predictiu són:

- Anàlisi de vibracions: Es mesura i analitza la vibració de les màquines per detectar desalineacions, desequilibris, folgances, fissures d'elements mòbils o altres problemes mecànics.
- Termografia: S'utilitzen càmeres tèrmiques per detectar canvis en la temperatura dels equips, identificant punts calents o freds que poden indicar problemes de fricció, aïllament, etc.
- Anàlisi d'oli: Es realitzen mostres d'oli de les màquines per analitzar la seva composició química i detectar contaminants, desgast de components o altres anomalies.
- Ultrasons: Es fan servir detectors d'ultrasons per detectar fuites, fricció excessiva, descàrregues elèctriques i altres anomalies.
- Anàlisi de corrent elèctric: Es monitoritza el corrent elèctric consumit pels equips per identificar patrons anormals, desequilibris o altres problemes elèctrics.

Els beneficis del manteniment predictiu són diversos. Permet anticipar-se a les avaries i realitzar les intervencions de manteniment de manera més precisa i eficient, evitant aturades no planificades i reduint els costos associats.

També permet optimitzar els plans de manteniment preventiu, realitzant les tasques només quan sigui necessari i estalviant temps i recursos. A més, millora la disponibilitat i la fiabilitat dels equips, augmentant la productivitat i la qualitat dels productes.

No obstant això, també hi ha alguns perjudicis associats al manteniment predictiu. El cost inicial d'implementació pot ser elevat.

L'adquisició d'equips de monitoratge, la instal·lació de sensors i la implementació de sistemes de recopilació de dades poden requerir una inversió significativa. A més, és possible que es requereixi la formació del personal per utilitzar adequadament les tecnologies i interpretar les dades recopilades.

El manteniment predictiu pot requerir una planificació i coordinació addicionals. La recopilació de dades periòdiques i l'anàlisi dels resultats requereixen temps i recursos dedicats. Això pot generar un augment de la càrrega de treball per als equips de manteniment i requereix una organització eficient per garantir que les tasques es realitzin de manera oportuna i precisa.

Un altre possible perjudici és la dependència de tecnologies i sistemes de monitoratge. En cas de fallades o errors en els equips de monitoratge, es pot veure afectada la capacitat de detectar i predir avaries. És important disposar de plans de contingència i realitzar un manteniment adequat dels sistemes de monitoratge per garantir la seva fiabilitat.

A més dels beneficis i perjudicis, és important destacar que el manteniment predictiu és més recomanable en certes situacions específiques. En general, és més efectiu en equips crítics i de gran valor, on una fallada pot tenir un impacte significatiu en la producció i les operacions.

També és útil en casos on les tasques de manteniment preventiu són costoses o disruptives per a la producció, ja que permet establir una intervenció més precisa i justificada. És més fàcil d'instal·lar i és més efectiu en màquines genèriques com motors, compressors, bombes, turbines, reductors, etc. Ja que la tipologia de falla és sempre la mateixa.

Alguns paràmetres amb els que guiar-nos, per saber si pot sortir rentable implementar el manteniment predictiu en aquell equip són:

- Motores entre 11 i 45 kW, anàlisi de vibracions
- Motores de més de 45kW, PDMA i tèrmic
- Reductors de més de 100kg, anàlisi de vibracions i oli
- Rodaments grans amb càrrega i molt lents, anàlisi d'ultrasons per contacte
- Compressors d'aire o gasos de cargol o centrífugs, anàlisi de vibracions i oli

Altres predictius que s'han de fer per demostrada eficàcia:

- Termografies a els quadres elèctrics de més d'1,5 m²
- Anàlisi d'ultrasons per fuites

Remarcant que cal fer l'anàlisi dels predictius amb una freqüència inferior a 3 mesos o no seria considerat predictiu.

Per desenvolupar un programa de manteniment predictiu eficaç, és necessari tenir en compte diversos aspectes clau. És important establir indicadors de rendiment clars i objectius per a cada equip i implementar un sistema de monitoratge adequat per recopilar les dades necessàries.

A més, cal disposar d'un equip tècnic qualificat per analitzar les dades i prendre decisions basades en les seves conclusions. Generalment es solen externalitzar la majoria de serveis predictius a causa de la seva complexitat.

En una planta industrial ben mantinguda i amb un enfocament proactiu de manteniment, generalment el manteniment preventiu representa entre el 20% i 30% del total de les activitats de manteniment.

2.5. Implementació de millores

La implementació de millores en un departament de manteniment implica realitzar canvis i optimitzacions en els processos i les pràctiques relacionades amb el manteniment d'equips i instal·lacions industrials. Aquestes millores tenen com a objectiu principal millorar la mantenibilitat dels actius i garantir un funcionament eficient i fiable.

És important que les millores en el departament de manteniment es centrin en la mantenibilitat i no en la productivitat per diverses raons. En primer lloc, el departament de manteniment és responsable de garantir la disponibilitat dels equips i de minimitzar les aturades no planificades. Per tant, les millores han de focalitzar-se en la capacitat de realitzar intervencions ràpides, eficients i amb menor impacte en la producció.

D'altra banda, el departament d'enginyeria és l'encarregat de dissenyar i optimitzar els processos de producció per maximitzar la productivitat. Les millores de productivitat, com l'augment de la velocitat de producció o la reducció dels temps de cicle, són responsabilitat d'aquest departament i s'han d'enfocar en les activitats de millora contínua de la producció.

En canvi, el departament de manteniment ha de centrar-se en les millores de mantenibilitat, que inclouen aspectes com la facilitat d'accés als components, la implementació de sistemes de monitoratge i diagnòstic, la millora de la planificació i programació de les tasques, i la millora de les pràctiques de manteniment preventiu i predictiu. Aquestes millores permeten reduir els temps de reparació, minimitzar els riscos de fallada i augmentar la disponibilitat dels equips.

Tot i que el departament de manteniment es centra principalment en les tasques de mantenibilitat, és crucial que hi hagi una col·laboració estreta amb els departaments de producció i enginyeria. Aquesta col·laboració implica compartir informació, idees i perspectives per facilitar que els altres departaments puguin desenvolupar les seves millores.

El manteniment pot aportar coneixements sobre l'estat dels equips, les necessitats de manteniment i les oportunitats d'optimització. Això permet que producció i enginyeria puguin implementar millores en els processos de producció de manera més eficient i efectiva.

És important destacar que, si els indicadors i mètriques de manteniment mostren resultats positius i una gestió eficaç dels actius, això pot crear un escenari propici per a la col·laboració i el desenvolupament de millores productives. No obstant això, aquestes millores sempre s'han d'encabir en el pressupost de producció o enginyeria. És essencial trobar un equilibri entre les millores de manteniment i les millores de productivitat, tenint en compte els recursos disponibles i les necessitats de l'empresa. La col·laboració i la comunicació constant entre els diferents departaments permeten identificar oportunitats i desplegar estratègies conjuntes que beneficiïn tot l'organisme empresarial.

És crucial que la direcció destini una part del pressupost de manteniment a les millores de mantenibilitat, ja que es tradueix en una millora de la confiabilitat dels actius i en una reducció dels costos associats a les reparacions i les aturades imprevistes. Pel que fa al percentatge del pressupost recomanat per a les millores de mantenibilitat, no hi ha una xifra fixa que s'adapti a totes les empreses. Aquest percentatge dependrà de diversos factors com la complexitat dels equips, l'edat dels actius, els riscos inherents i les necessitats específiques de cada empresa. No obstant això, es recomana destinar entre un 10% i un 20% del pressupost de manteniment a les millores de mantenibilitat, ja que això permetrà impulsar de manera significativa l'eficiència i la confiabilitat dels equips.

Pel que fa al percentatge de temps que el departament de manteniment hauria de dedicar a dissenyar i implementar millores, això també varia segons les circumstàncies. No obstant això, es recomana que es dediqui aproximadament un 5% a un 10% del temps total del departament a aquestes tasques. Aquest temps permetrà analitzar els processos actuals, identificar àrees d'optimització, desenvolupar plans d'acció i implementar les millores. Així, el departament de manteniment estarà en constant millora i adaptació per satisfer les necessitats de l'empresa.

Hi ha mètodes que ens ajuden a identificar i definir aquestes millores, seguim processos d'anàlisi de dades històriques, casos reals, i futurs casos hipotètics per tal d'evitar falles que han succeït o d'altres que no han succeït però que és probable que passin. Les veiem en el següent apartat.

2.6. Anàlisi d'incidències i riscos per RCM (HAZOP, FMECA)

L'anàlisi d'incidències i riscos en un departament de manteniment industrial és una pràctica fonamental per identificar, avaluar i gestionar els possibles problemes i situacions de risc que poden afectar l'operació i la seguretat dels equips i les instal·lacions.

En primer lloc, l'anàlisi d'incidències implica investigar i comprendre les causes d'un incident o avaria que ha succeït en els equips. Mitjançant una metodologia sistemàtica, es recopilen dades, es revisen registres, s'entrevisten els implicats i s'analitza l'incident des de diferents perspectives per determinar què ha provocat la fallada. Aquesta informació permet prendre accions correctives per evitar que es repeteixin incidents similars en el futur.

D'altra banda, l'anàlisi de riscos consisteix en identificar i avaluar els possibles perills i situacions de risc associades a les tasques de manteniment i als equips en funcionament. Mitjançant tècniques com ara l'anàlisi de modes de fallada i efectes (FMEA) o l'anàlisi de perills i operabilitat (HAZOP), s'identifiquen els possibles escenaris de fallada, es valora la seva probabilitat d'ocurrència i l'impacte que poden tenir.

Això permet prioritzar les accions de mitigació dels riscos, com implementar mesures de control, millorar els procediments de treball o realitzar canvis en els equips.

L'anàlisi d'incidències i riscos en un departament de manteniment industrial té diversos beneficis. Permet millorar la seguretat dels treballadors i la fiabilitat dels equips, reduir els temps d'aturada no planificada, optimitzar les tasques de manteniment i prendre decisions informades per a la millora continua. També és important per a l'adequada planificació i allotjament dels recursos i el desenvolupament de procediments i protocols de seguretat.

- Anàlisi Reliability Centred Maintenance (RCM)

És una metodologia sistemàtica per desenvolupar un pla de manteniment basat en la confiabilitat dels equips i les instal·lacions. A continuació, es detallen els passos per realitzar un anàlisi RCM de manera detallada amb els punts que especifiquen els seus desenvolupadors, però amb comentaris de petites variacions que l'autor d'aquest treball creu que apropen més la metodologia a la realitat del dia a dia d'una planta industrial.

1. Formació de l'equip RCM: Reuneix un equip multidisciplinari amb coneixements tècnics i experiència en els equips i processos involucrats. Aquest equip serà responsable de dur a terme l'anàlisi RCM. Aquest equip ha d'estar liderat per manteniment, però compost també per personal d'altres departaments com producció i enginyeria. Es poden unir quan sigui necessari personal de compres, qualitat, PRL, etc. Per aportar i millorar sobre aquests temes, on des de manteniment també hi tenim molt a fer per a millorar en aquests aspectes.

Per altra banda, podem trobar empreses que per mida i estructura sigui difícil poder reunir un equip d'aquestes característiques. En aquest cas pot ser igualment útil i beneficiós implementar aquest tipus d'anàlisi només amb personal de manteniment i amb 2 o 3 persones serà suficient. Aquestes persones hauran de ser proactives a plantejar els anàlisis des de totes les vessants anteriorment esmentades, preguntant i formant-se. Ja que del contrari poden prendre decisions que beneficiïn a la mantenibilitat, però poden posar en risc la qualitat del producte o la seguretat de les persones.

2. Identificació del sistema: Defineix clarament el sistema o sub-sistema que es vol analitzar en l'anàlisi RCM. Pot ser un equip específic o una línia de producció completa.
3. Funcions i fallades: Identifica les funcions importants del sistema i les possibles fallades associades. Una funció és l'objectiu o la tasca que el sistema ha de complir, tenint en compte la productivitat, la qualitat i la seguretat, i una fallada és qualsevol situació en què el sistema no compleix aquesta funció. En aquest punt ens

Un mètode per poder identificar falles que encara no han succeït és el HAZOP. Aquest mètode és molt complexa i no el detallarem en aquest treball, però és molt recomanable adquirir un llibre especialitzat en aquest tema, per portar l'anàlisi al següent nivell.

4. Anàlisi de les fallades: Analitza les possibles causes de les fallades i els seus efectes sobre el sistema. Ens pot ajudar a realitzar aquesta tasca l'estudi HAZOP, el recull d'informació de les tasques de manteniment en plataformes com el GMAO, manuals, també en informes de producció, etc.

Utilitza tècniques com ara l'anàlisi de modes de fallada, efectes i criticitat (FMECA) per prioritzar les fallades segons el seu impacte i probabilitat d'ocurrència. S'explica a continuació:

Assigna una puntuació per a cada mode de fallada basada en la seva gravetat (S), probabilitat de detecció (D) i probabilitat d'ocurrència (O). Aquestes puntuacions es combinen per calcular un índex de prioritat de fallada (IPF) per a cada mode de fallada.

Escala per la probabilitat d'ocurrència i la gravetat del efecte:

Mai	Rarament	Molt baix	Baix	Moderat baix	Moderat	Moderat alt	Alta	Molt alta	Sempre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Taula 1: Taula referència puntuació de gravetat i ocurrència

Taula extreta de la web: "Blogdelacalidad, Analisis de modos de fallas y Efectos.

<https://blogdelacalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea> "

Escala per possibilitat de detecció de falla:

Mai	Rarament	Molt baix	Baix	Moderat baix	Moderat	Moderat alt	Alta	Molt alta	Sempre
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Taula 2: Taula referència puntuació possibilitat de detecció

Taula extreta de la web: "Blogdelacalidad, Analisis de modos de fallas y Efectos.

<https://blogdelacalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea> "

Exemple per una caixa d'engranatges:

Procés o acció	Síntomes	S	Causa	O	Forma de detecció	D	Índex Prioritat de Falla (SxOxD)
Transmetre potencia d'un eix a un altre	L'eix de sortida no es mou	10	Rodament gripat	5	Comprovar nivell d'oli i presència de fuites.	2	100
		10	Engranatges coronats	6	Anàlisi de vibracions i temperatura	5	300
		10	Fractura de l'eix	2	Desmuntatge i inspecció visual	10	200
	L'eix de sortida es mou a batzegades	9	Dent d'engranatge trencada	6	Anàlisi de vibracions i temperatura	5	270
		9	Envolvent trencat	7	Inspecció visual	1	63

Taula 3: Taula exemple aplicació FMECA

Adaptació taula exemple de la web: "Blogdelacalidad, Analisis de modos de fallas y Efectos.

<https://blogdelacalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea> "

També pots utilitzar el FMECA per elaborar un llistat de citicitat dels diferents punts productius per determinar quins són els que si fallen perjudiquen mes a la producció i la qualitat. D'aquesta manera podràs prioritzar el seu estudi RCM i accelerar els resultats.

5. Selecció de les tècniques de manteniment: Identifica les tècniques de manteniment adequades per gestionar les fallades identificades. Això pot incloure el manteniment preventiu, el manteniment predictiu, el manteniment correctiu programat, etc. Es pot escollir fent servir el següent diagrama:

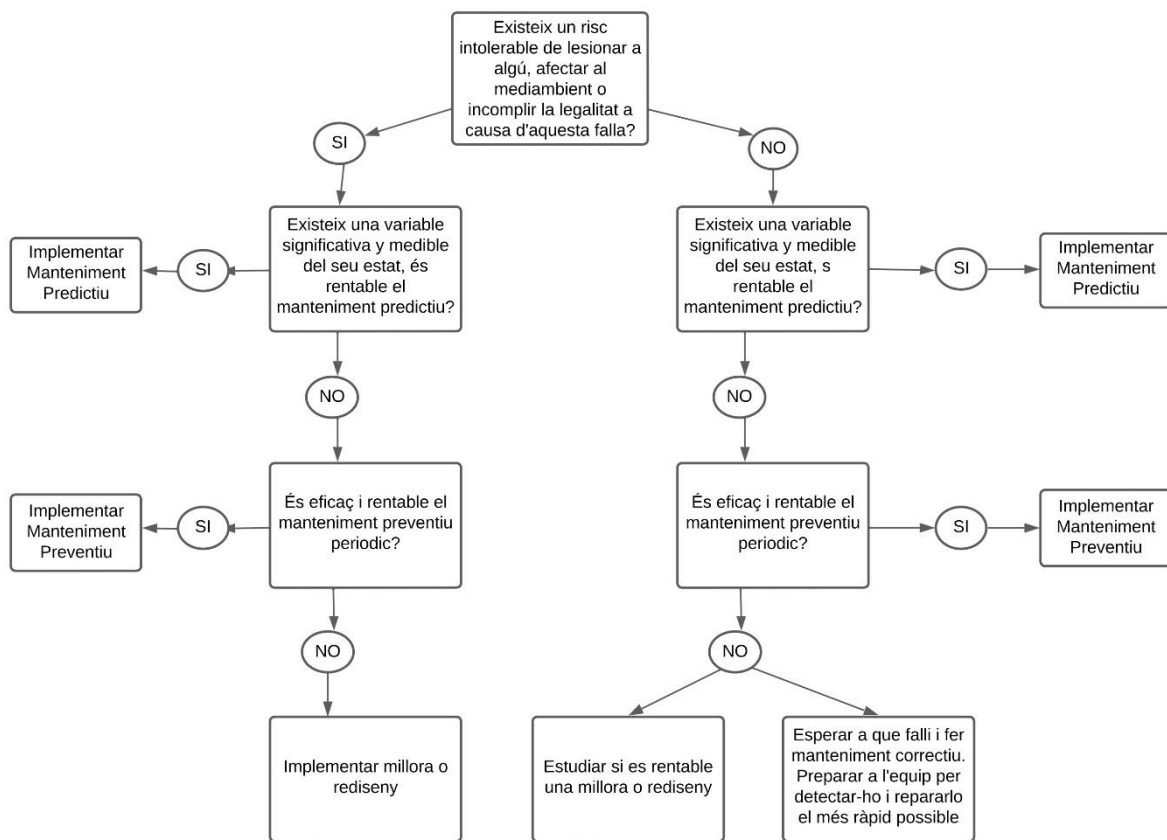


Figura 4: Diagrama per seleccionar tècnica de manteniment per evitar una falla

Adaptació del diagrama del llibre "Teoría y practica del mantenimiento industrial avanzado, 5a Edición, Editorial: FC Editorial"

6. Desenvolupament del pla de manteniment: Estableix les tasques de manteniment específiques, els intervals de temps, les competències requerides i els recursos necessaris per a cada tècnica de manteniment seleccionada. Aquest pla de manteniment hauria de cobrir les activitats de manteniment necessàries per prevenir o mitigar les fallades identificades.

7. Implementació i seguiment: Posa en pràctica el pla de manteniment desenvolupat. Assegura't que les tasques de manteniment es realitzen segons el programat i realitza un seguiment continu per avaluar l'eficàcia del pla i realitzar millores iteratives si cal.

L'anàlisi RCM és un procés iteratiu, ja que s'actualitza i millora amb el temps a mesura que es recopilen més dades i s'obté un millor coneixement dels equips i les seves fallades potencials. Aquesta metodologia permet optimitzar les estratègies de manteniment, reduir les fallades no planificades, augmentar la fiabilitat dels equips i optimitzar els recursos de manteniment.

3. EL MANTENIMENT EN UNA COMPANYIA INDUSTRIAL

Les opinions i visions de les companyies industrials respecte al departament de manteniment depenen completament de la cultura organitzativa, del coneixement que te la direcció sobre les seves funcions i retorns. Algunes companyies poden veure el departament de manteniment com un cost necessari i tenir una visió reactiva, centrada en la reparació d'averies i la disponibilitat dels equips. D'altra banda, altres companyies poden tenir una visió més proactiva, considerant el manteniment com una funció estratègica per a la competitivitat de l'empresa, amb una orientació cap a la fiabilitat en la producció, la fiabilitat en la qualitat, la seguretat i la millora contínua.

La visió i la opinió correctes serien aquelles que consideren el manteniment com un soci clau per a l'èxit empresarial. Aquesta visió implica reconèixer el valor estratègic del manteniment i el seu impacte en la producció, la qualitat dels productes, la satisfacció dels clients i la imatge de l'empresa. En aquest sentit, es busca una transformació cap a un enfocament predictiu i proactiu en el manteniment, utilitzant les tècniques i tecnologies més modernes, explotant al màxim la capacitat d'anàlisi de dades per el desenvolupament i implementació de millores. Això implica una gestió eficient dels recursos i una planificació adequada per reduir els temps d'inactivitat, augmentar la vida útil dels equips i millorar la disponibilitat i el rendiment.

Per garantir el bon funcionament i l'èxit en el manteniment, les empreses han de promoure una cultura de col·laboració i comunicació entre els departaments de manteniment, producció, enginyeria i compres. És important treballar de manera conjunta per identificar oportunitats de millora, compartir coneixements i establir objectius comuns. A més, cal invertir en la formació i el desenvolupament del personal de manteniment per assegurar que tenen les habilitats tècniques i de gestió necessàries per afrontar els reptes futurs.

3.1. La direcció

En la direcció d'una companyia industrial, la representació del manteniment pot variar en funció de l'estructura organitzativa i la importància que se li consideri a aquesta funció. Tot i que és comú que el manteniment estigui vinculat al director d'operacions, hi ha casos en què pot ser representat per altres figures.

En moltes empreses, el manteniment està sota la responsabilitat del director d'operacions. Aquesta persona té una visió global de les operacions de l'empresa i és responsable de garantir l'eficiència i l'eficàcia de les activitats de producció. Com a part de les seves responsabilitats, el director d'operacions supervisa i coordina les tasques de manteniment per assegurar que s'assoleixen els objectius de rendiment establerts.

No obstant això, en altres casos, especialment en empreses més grans o complexes, el manteniment pot tenir la seva pròpia direcció o lideratge. Això es deu a la importància estratègica que se li atorga a aquesta funció i a la necessitat de tenir un enfocament especialitzat en la gestió del manteniment. Així, es podria trobar una direcció de manteniment amb un director de manteniment, que té l'autoritat i responsabilitat per liderar les operacions de manteniment de l'empresa.

En alguns casos, el manteniment també pot ser representat per altres figures de la direcció, com el director general, el director de qualitat o el director tècnic. Això depèn de com l'empresa prioritzi la importància del manteniment en el seu model de negoci. Si el manteniment es considera una funció estratègica per a la competitivitat de l'empresa, és més probable que tingui una representació directa en la direcció executiva.

Independentment de com es representa el manteniment en la direcció de l'empresa, és essencial que hi hagi una comprensió clara i una visió compartida sobre la importància del manteniment com a factor clau per a l'èxit empresarial. És responsabilitat de la direcció establir les polítiques, estratègies i recursos necessaris per a la gestió efectiva del manteniment. A més, han de proporcionar suport i lideratge per fomentar una cultura de manteniment dins de l'organització.

És molt recomanable que si el director que representa al departament de manteniment no té coneixements tècnics i experiència en el manteniment, busqui una figura en el que pugui delegar aquestes funcions que sí disposi d'aquestes característiques. Aquesta persona s'ha de centrar únicament en la gestió, desenvolupament, política i compliment legal del departament.

3.2. Estructures de gestió

Les estructures de gestió dependran de la mida de la companyia, els torns que treballin, les plantes productives, la ubicació d'aquestes, etc.

Començant per empreses que no tinguin un volum d'operacions de manteniment suficient com per tindre un tècnic en plantilla, amb molta probabilitat empreses amb menys de 3 o 4 milions d'euros de facturació. Aquesta dependrà completament dels SAT dels fabricants de la maquinària o d'un servei de manteniment extern. El que és imprescindible és tindre una persona que pugui gestionar, amb aquestes figures externes, disponibilitat de màquines per quadrar les dates de les revisions periòdiques, ja siguin legals o no, gestionar les incidències fortuïtes que puguin sorgir, compra de components, contractes de manteniment, etc.

Un cop arribem a un volum suficient com per tindre un tècnic a temps complet, la recomanació de l'autor és que sigui un tècnic en plantilla, perquè pugui anar documentant totes les operacions registrades a les màquines per tal de conservar el coneixement a la companyia. Com hem vist en l'apartat anterior, són molt important les dades recollides al llarg dels anys per tal d'optimitzar el pla de preventius, implementar millores, etc.

Per tant, estem parlant d'un tècnic amb bona formació i experiència en el manteniment, coneixements d'ofimàtica, que vulgui responsabilitzar-se del manteniment i que pugui començar a desenvolupar la base del pla de preventius. Tot i així, no podem perdre la figura esmentada en el paràgraf anterior, ja que tot i estar més alliberada, cal que continuï gestionant els manteniments legals i el contacte amb els SAT per poder executar les intervencions que el tècnic en plantilla no pugui realitzar per falta de coneixements, eines o recursos.

A partir d'aquí s'ha d'anar construint i estructurant l'equip segons les necessitats que vagin sortint. És molt important que la direcció defineixi els objectius de manteniment i dimensioni l'equip en conseqüència. No és el mateix voler assolir un 1% de pèrdua de disponibilitat per averies, que un 5% o un 10%. També tindrà molt a veure el tipus de maquinària, per exemple un taller de mecanització probablement tindrà menys falles que una línia feta pràcticament a mida pel sector alimentari, farmacèutic, etc. On les màquines no estaran tant testades i no hi haurà una competència tant agressiva. I finalment, un altre factor determinant serà la capacitat econòmica de la companyia.

A continuació, detallarem diferents càrrecs de gestió del departament de manteniment amb les seves funcions i responsabilitats, per tal de poder tindre el coneixement de quines figures solen existir:

- Coordinador/a de manteniment:

Perfil:

- Estudis: CFGS o superior
- Experiència: + 3 anys a manteniment
- Habilitats: Lideratge, gestió i ofimàtica

Funcions:

És la persona que està més en contacte amb els tècnics, ja que ell és qui els hi dona i supervisa les tasques a realitzar. Normalment, centralitza les trucades o peticions de servei de les diferents seccions per poder gestionar-les. Si hi ha operacions complexes, cal que hi assisteixi per poder liderar o donar suport durant la intervenció i també per poder fer el recull d'informació del que ha succeït.

Cal que tingui una visió del dia d'avui fins a una setmana, per gestionar les incidències diàries i per tal d'organitzar els recursos necessaris per dur a terme operacions planificades de petita o mitjana envergadura.

De la mateixa manera que els tècnics, aquesta figura cal que estigui present el màxim d'hores productives possibles per poder donar un bon servei a la producció, però tot dependrà dels torns que treballi la companyia i de la mida de l'equip de manteniment. Si existeixen més d'un coordinador/a de manteniment a diferents torns, cal que aquests es facin un traspàs d'informació del que ha succeït, ja que hi ha operacions que poden allargar-se més d'un torn o incidències que tornin a reparar-se per no haver resolt el problema arrel. Aquesta mateixa informació, cal que sigui traslladada a la resta de responsables de manteniment i de producció que la companyia cregui necessari que puguin fer un seguiment del dia a dia. El traspàs entre coordinadors/es de manteniment, cal que sigui oral per poder resoldre immediatament els dubtes que li puguin sorgir a la persona que rep aquesta informació. A la resta de responsables pot ser mitjançant un correu, un document penjat a la xarxa, etc.

Aquesta figura pot gestionar l'execució de correctius i preventius o exclusivament d'una de les dues modalitats. També es poden designar coordinadors per especialitats com per exemple: mecànic, elèctric, llauneria, etc. Això també dependrà del dimensionat i el caire de l'equip i també si es vol reforçar algun aspecte en concret.

Es indispensable que aporti els seus coneixements i experiències amb les màquines per desenvolupar les millores tot i que no les lideri. Es recomana que faci una reunió setmanal amb el seu equip per tal de poder transmetre missatges de la direcció i per poder recollir les inquietuds del seu equip i transmetre-les a la direcció.

- Enginyeria del manteniment:

Perfil:

- Estudis: Enginyeria o superior
- Experiència: + 5 anys a manteniment
- Habilitats: Lideratge, capacitat d'anàlisi, gestió i ofimàtica

Funcions:

És la figura que ha de desenvolupar el pla de preventius estudiant totes les dades històriques disponibles, els manuals dels fabricants, recollint l'experiència i coneixements dels tècnics i coordinadors/es, etc, i fins i tot, innovant i desenvolupant noves fórmules per mantenir els equips de manera més eficient i fiable.

Així com desenvolupar millores tant de seguretat com de qualitat, productivitat i mantenibilitat. Aquesta figura ha de tindre una visió d'una setmana a un any, per anar planificant tot el desenvolupament.

És molt important que aquesta figura estigui en contacte amb els tècnics i coordinadors/es per rebre feedback de si el pla de preventius senten, els temps estan ben calculats, si falten eines per realitzar-ho, etc, També per reportar els components en mal estat que es vagin trobant, per tal de valorar si posaven en risc la fiabilitat de l'equip, si es pot buscar components alternatiu que duguin millors resultats, etc.

Aquesta persona serà la que utilitzi més els mètodes d'anàlisi com l'RCM esmentats anteriorment. També pot distribuir tasques als tècnics però es veurà mermada la velocitat d'anàlisi i desenvolupament de millores, ja que la gestió de les incidències diàries sol suposar un volum important d'hores.

- Cap de manteniment:

Perfil:

- Estudis: Enginyeria o superior
- Experiència: + 7 anys a manteniment
- Habilitats: Lideratge, capacitat d'anàlisi, negociació, gestió i ofimàtica

Funcions:

És la persona que ha de procurar que totes les figures de l'equip treballin orientades cap el mateix objectiu dins el departament de manteniment i operacions. Ha de marcar els objectius generals i els individuals, crear les plataformes per poder fer el seguiment dels objectius i facilitar les eines i recursos perquè tothom pugui assolir-los. Per tant, també és la persona que ha de construir el seu equip decidint l'estructura de l'equip de gestió i l'estructura de l'equip de tècnics. Una part important, és identificar les carències de formació i habilitats, per poder brindar aquesta formació i aconseguir que cada persona de l'equip pugui donar el que la planta necessita.

Aquesta figura ha de tindre una visió de dos setmanes a dos anys, per poder marcar el camí al seu equip i organitzar grans operacions que requereixen de molta planificació i coordinació prèvia, ja que el/la coordinador/a no disposarà del temps necessari per fer-ho. També ha de ser la persona que porti la part més "política" de l'equip, mantenint el diàleg i negociacions amb la resta de departaments i proveïdors, transmetent les demandes i inquietuds del seu equip.

Per altra banda, cal que es mantingui informats de les noves corrents en el manteniment, tant metodològiques com tecnològiques, per poder liderar la seva implantació a la planta si així ho creu necessari. Es recomana que faci una reunió setmanal amb els/les coordinadors/es per tal de poder transmetre missatges de la direcció i per poder recollir les inquietuds del seu equip i transmetre-les a la direcció, també una reunió setmanal amb l'enginyer/a de manteniment, pel mateix motiu. A més, es recomana fer una reunió mensual amb els/les coordinadors/es i enginyer/a de manteniment junts per tal de fer el seguiment d'objectius mensuals.

- Manager o Director/a de manteniment:

Perfil:

- Estudis: Master o postgrau relacionat amb manteniment i/o operacions
- Experiència: + 10 anys a manteniment
- Habilitats: Lideratge, capacitat d'anàlisi, negociació, gestió i ofimàtica

Funcions:

És el representant de manteniment en la direcció, ja sigui formant part de l'equip directiu, com essent la mà dreta del director d'operacions, traslladant les demandes i inquietuds del departament com reportant el seu rendiment i evolució. De la mateixa manera, és la persona que trasllada el missatge i la visió de la direcció a tots els equips de manteniment de la companyia, acompanyant als caps de manteniment a vertebrar les accions necessàries per satisfer els nous reptes marcats per la companyia.

Estarà en front de tota la part legal del manteniment com de les auditories les quals formi part el departament. També ajudarà als caps de manteniment a arribar a acords amb la resta de departaments i proveïdors, que siguin beneficiosos per la companyia. Ajudarà també a fixar els objectius generals a cada equip de manteniment, per tal de que compleixin les expectatives de la companyia.

La visió del manager o director/a de manteniment ha de ser des del mes fins a cinc anys vista. D'aquesta manera pot fer seguiment del compliment dels objectius dels equips i com els cap de manteniment cal que cal es mantingui informat de les noves corrents en el manteniment, tant metodològiques com tecnològiques, per poder liderar la seva implantació a la companyia si així ho creu necessari y poder defensar-les davant la direcció per aconseguir l'aprovació econòmica o operativa.

Ha de preveure les necessitats que tindrà el seu departament a llarg termini, per exemple formatives, en noves tecnologies, especialitats de la companyia, etc. I generar les oportunitats necessàries per satisfer-les. Es recomana que faci una reunió mensual amb els/les caps de manteniment per tal de poder transmetre missatges de la direcció, per poder recollir les inquietuds del seu equip i fer el seguiment mensual d'objectius. A més, es recomana fer una reunió anual amb els/les caps de manteniment junts per tal transmetre els resultats anuals de la companyia.

També pot ser el representat de la companyia en espais mediàtics relacionats amb el manteniment, traslladant a la societat i els mercats el compromís per la sostenibilitat i la viabilitat de la empresa, aplicant les millors pràctiques en el manteniment.

3.3. Estructures d'equip

El manteniment en les companyies industrials pot ser gestionat de diverses maneres, amb diferents modalitats d'equips de manteniment. Cada modalitat té els seus avantatges i desavantatges, i la selecció depèn de diversos factors com la naturalesa de les tasques de manteniment, la complexitat de les instal·lacions, el pressupost disponible i les prioritats de l'empresa. A continuació, analitzarem diverses modalitats d'equips de manteniment en base als punts mencionats.

Tenint en compte la formació dels tècnics:

Equips multidisciplinars

Aquests equips estan formats per tècnics que tenen coneixements i habilitats en diverses àrees com electricitat, mecànica, pneumàtica, etc.

Avantatges:

- Flexibilitat de recursos: Els tècnics poden adaptar-se a una varietat de tasques i resoldre problemes en diverses àrees, el que permet una millor utilització dels recursos humans.
- Reducció de costos: Amb un equip multidisciplinar, es pot evitar la necessitat de contractar diversos especialistes, el que pot resultar en estalvis econòmics.

- Major eficiència operativa: La resolució de problemes més ràpida i una millor coordinació entre els tècnics poden millorar l'eficiència general de l'equip de manteniment.
- Major aprenentatge i intercanvi de coneixements: L'equip multidisciplinar permet un aprenentatge continu entre els membres, ja que comparteixen els seus coneixements i experiències en diferents àrees.
- Reducció de la dependència externa: La capacitat de resoldre una àmplia gamma de problemes internament redueix la necessitat de recórrer a serveis externs, el que pot implicar menor temps d'espera i major control sobre el manteniment.

Desavantatges:

- Limitacions en l'expertesa tècnica: Els tècnics multidisciplinars poden tenir coneixements superficials en comparació amb especialistes en àrees específiques.
- Menys temps per a especialització: La necessitat d'adquirir coneixements en diverses àrees pot limitar el temps que es pot dedicar a especialitzar-se en una àrea determinada.
- Major dificultat per a tasques complexes: En cas de problemes tècnics molt complexos, pot ser necessari recórrer a experts externs per resoldre-los adequadament.
- Major coordinació requerida: És essencial una bona comunicació i coordinació entre els membres de l'equip multidisciplinar per garantir una execució adequada de les tasques.

Equips per especialitats:

Aquests equips estan formats per tècnics especialitzats en àrees específiques com mecànica, electricitat, automatització, etc.

Avantatges:

- Expertesa tècnica: Cada tècnic està altament qualificat i especialitzat en una àrea específica, el que permet resoldre problemes amb gran precisió i eficàcia.
- Eficiència operativa: Els especialistes poden realitzar tasques amb major velocitat i eficiència, ja que dominen a fons les seves àrees específiques.
- Coneixements aprofundits: L'experiència i la formació en una àrea específica permeten als tècnics adquirir un coneixement aprofundit i resoldre problemes complexos.
- Millor planificació i programació: Els equips especialitzats poden planificar les tasques de manteniment segons les seves àrees d'expertesa, optimitzant els recursos i evitant superposicions.

Desavantatges:

- Limitacions en altres àrees: En cas de problemes que requereixin coneixements més amplis, pot ser necessari recórrer a experts externs o a altres equips per a resoldre-los.
- Major dependència interna: La falta d'un coneixement diversificat pot augmentar la dependència d'un grup reduït de tècnics.
- Menys flexibilitat: En cas de canvis en les demandes de manteniment o la necessitat de diverses tasques, es pot requerir una reorganització de l'equip per a cobrir tot l'espectre d'activitats.
- Major complexitat en la coordinació: El manteniment en diferents àrees requerirà una coordinació eficient per garantir que les tasques es realitzin de manera adequada i oportuna.

Equips per preventius/correctius:

Aquesta modalitat implica tenir un grup de tècnics dedicats a les tasques preventives i un altre grup per les tasques correctives.

Avantatges:

- Especialització en tasques específiques: Els equips dedicats exclusivament a les tasques preventives poden garantir una execució eficaç i un manteniment proactiu per prevenir fallades.
- Resposta ràpida en cas de fallades: Els equips de manteniment correctiu estan preparats per a reaccionar ràpidament davant d'incidències i resoldre-les de manera efectiva.
- Millor planificació i programació: La separació de tasques preventives i correctives permet una millor programació i planificació del manteniment, evitant interferències.

Desavantatges:

- Limitacions en la capacitat de resposta: En cas de picos de treball o tasques inesperades, pot ser necessari recórrer a personal extern o reorganitzar els equips per a fer front a la situació.

- Manca d'integració entre tasques: En alguns casos, pot ser difícil connectar de manera coherent les tasques preventives amb les correctives, ja que es troben a càrrec de diferents equips.
- Menor flexibilitat: L'assignació exclusiva d'un equip per a tasques preventives o correctives pot limitar la seva capacitat per a assumir altres tasques relacionades.

Tenint en compte el volum dels equips:

Equip de volum fixe:

Una altra consideració és si l'empresa té un equip de manteniment amb volum de persones fixe, i no conta pràcticament amb tallers externs que puguin aportar més mà d'obra en un moment donat.

Avantatges:

- Control del pressupost: Amb un volum fixe, és més senzill preveure els costos de manteniment i ajustar el pressupost en conseqüència.
- Estabilitat de la plantilla: Amb un volum fixe, es pot mantenir una plantilla establerta i planificar adequadament les tasques.
- Major coneixement de les instal·lacions: Els membres de l'equip fixe es familiaritzen amb les instal·lacions i poden optimitzar el seu treball en funció d'aquest coneixement.

Desavantatges:

- Subutilització de recursos: En cas de volums de treball baixos, l'equip fixe pot no estar plenament ocupat i els recursos es poden desaprofitar.
- Dificultat per afrontar increments de feina: En cas de picos de treball o tasques excepcionals, l'equip fixe pot tenir dificultats per fer front a la demanda sense recórrer a recursos externs.
- Menor flexibilitat en l'assignació de tasques: Un equip fixe pot tenir dificultats per adaptar-se a canvis en les prioritats o requeriments de manteniment.

Equip de volum variable:

Es tindrà un volum mínim d'equip per poder assumir les coses que apareguin en el dia a dia i es programarà la resta amb els diferents proveïdors.

Avantatges:

- **Flexibilitat en la gestió de recursos:** Amb un equip de volum variable, és possible ajustar la plantilla i els recursos en funció de les demandes de treball, permetent una millor adaptabilitat a les variacions en la càrrega de treball.
- **Optimització dels costos:** Amb un volum variable, és possible reduir els costos de manteniment en períodes de baixa activitat, ja que no cal mantenir un equip completament ocupat en tot moment.
- **Accés a especialistes externs:** En cas de necessitar coneixements o habilitats especialitzades per a tasques concretes, un equip de volum variable pot contractar experts externs segons sigui necessari, evitant la necessitat de tenir-los en plantilla de forma permanent.

Desavantatges:

- **Dependència de personal extern:** Amb un equip de volum variable, hi ha una certa dependència de recursos externs, el que pot generar dificultats en termes de coordinació i comunicació.
- **Menys coneixement de les instal·lacions:** El personal extern pot no estar tan familiaritzat amb les instal·lacions de l'empresa, la qual cosa pot requerir una curva d'aprenentatge i adaptació més pronunciada.
- **Menys control directe:** L'empresa pot tenir menys control directe sobre l'execució de les tasques de manteniment, ja que depèn de personal extern i ha de confiar en la seva capacitat i eficiència.

Equips complementaris:**Equips especials:**

A vegades, es poden crear equips especials per a tasques o operacions específiques, com ara l'instal·lació de nous equips o la implementació de millores. Aquest equip es desplega només quan es necessita.

Avantatges:

- **Expertesa en tasques específiques:** Aquests equips estan formats per professionals altament qualificats en una tasca o operació específica, el que garanteix una execució de qualitat.
- **Major eficiència i productivitat:** L'especialització en tasques específiques permet una execució ràpida i eficient, optimitzant els recursos i reduint els temps d'inactivitat.

- Millor control i supervisió: L'existència d'un equip especialitzat permet un millor control i supervisió de les tasques assignades.
- Major seguretat: L'expertesa en tasques específiques contribueix a un entorn de treball més segur i a la prevenció d'accidents.

Desavantatges:

- Dependència dels membres de l'equip: La falta de personal qualificat o absències poden afectar la capacitat de l'equip per a assumir determinades tasques.
- Limitacions en altres àrees: En cas de requeriments més amplis o tasques fora de l'àmbit de l'equip especialitzat, es pot requerir assistència externa.
- Major dificultat en la substitució: En cas de canvis en les necessitats o rotació de personal, pot ser difícil trobar substituïts amb l'expertesa necessària.

Altres modalitats:

Hi ha altres modalitats que es poden considerar en funció de les necessitats i característiques específiques de cada empresa, com ara equips mixtes (que combinen especialistes i multidisciplinars), subcontractació parcial o total del manteniment, entre altres. Cada modalitat té els seus propis avantatges i desavantatges, i la seva elecció depèn de factors com la complexitat de les tasques, la dimensió de l'empresa, els recursos disponibles i els objectius estratègics.

En resum, cada modalitat d'equip de manteniment té les seves particularitats i pot adaptar-se millor a certs contextos i necessitats. La selecció de la modalitat adequada requerirà una anàlisi detallada de les característiques de l'empresa, els seus objectius i les seves limitacions, així com una comprensió profunda del mercat laboral de la zona. La millor opció serà aquella que asseguri una gestió eficient del manteniment, optimitzi els recursos i contribueixi al bon funcionament de l'empresa, garantint la seva competitivitat en el mercat.

3.4. Fronteres interdepartamentals

Una empresa funciona com una màquina, on el treball de molts equips diferents amb diferents funcions fan que el mecanisme funcioni i compleixi amb els seus objectius. El manteniment, és una peça més d'aquest conjunt i per tant ha de treballar en harmonia amb la resta d'equips de la companyia. En aquest apartat veurem els departaments amb els que el manteniment té més relació i com hauria de ser aquesta. Com podràs comprovar tot es basa en la correcta i fluida comunicació.

a) Prevenció de riscos laborals

El departament de manteniment és un dels departaments amb més riscos per la naturalesa de les seves operacions. Han de moure components pesats, planxes o ganivetes que poden tallar, reparar elements mòbils, treballs propers a corrent elèctric, aire comprimit, hidràulica, utilització d'eines motoritzades, etc. Per aquest motiu, cal que sigui un dels departaments que més treballi per reduir i eliminar els riscos laborals.

La relació entre el departament de Prevenció de Riscos Laborals (PRL) i el departament de Manteniment d'una companyia industrial és crucial per garantir un entorn de treball segur i saludable. Ambdues àrees han de treballar de manera coordinada i col·laborativa per identificar i mitigar els riscos laborals associats a les màquines, per crear un entorn segur per a tots els treballadors i assegurar el compliment de les normatives de seguretat i salut en els equips de manteniment.

Tant el departament de PRL com Manteniment han de col·laborar en l'anàlisi de riscos per identificar els perills potencials i avaluar els riscos associats a les tasques de manteniment. Això permetrà prendre les mesures preventives necessàries i establir protocols de seguretat adequats. Des del departament de PRL s'ha de proporcionar la formació necessària al personal de Manteniment sobre els riscos laborals específics de les seves tasques i les mesures de prevenció a seguir. A més, s'han de realitzar campanyes de sensibilització per fomentar una cultura de seguretat en tot el personal. Des de la gestió del manteniment, cal que recolzin les normatives i polítiques promogudes per PRL i donar exemple als seus equips.

Tant el departament de PRL com Manteniment poden col·laborar en l'avaluació de proveïdors, equips, materials i productes per assegurar que compleixen els estàndards de seguretat requerits i minimitzar els riscos associats. És habitual que tècnics externs o materials no adequats generin accidents en les empreses.

En cas d'accident o incident de seguretat, és important que el departament de PRL i Manteniment treballin conjuntament per investigar les causes i prendre mesures correctives per evitar que es repeteixin en el futur. Cal que l'equip de manteniment sigui proactiu en la investigació per poder trobar la causa arrel i es pugui eliminar el risc si és possible.

Finalment, PRL pot comptar amb la col·laboració de manteniment per tal de dissenyar i implementar millores de seguretat a les màquines, tot i que ha d'estar liderat per el departament d'enginyeria, i sempre comptant amb el feedback del fabricant per tal de garantir el compliment del CE.

b) Qualitat

La relació entre el departament de Qualitat i el departament de Manteniment d'una companyia industrial és essencial per assegurar la qualitat dels productes i la fiabilitat dels equips. Ambdues àrees tenen l'objectiu comú de garantir l'excel·lència en els estàndards de qualitat, per la qual cosa és important establir una comunicació estreta i una col·laboració efectiva. A continuació, s'expliquen alguns aspectes clau que han de considerar-se en aquesta relació:

- **Comunicació i intercanvi d'informació:** Els departaments de Qualitat i Manteniment han de mantenir una comunicació constant per compartir informació rellevant sobre els requeriments de qualitat, els resultats dels controls de qualitat i les possibles incidències en els equips i processos. Això permet identificar problemes, prendre accions correctives, millorar els processos i els plans preventius de manera col·laborativa.
- **Establiment de procediments i protocols:** És important que els departaments de Qualitat i Manteniment treballin conjuntament per establir procediments i protocols estandarditzats que garanteixin el compliment dels estàndards de qualitat i les especificacions tècniques. Això inclou la definició de rutines de manteniment preventiu, la realització d'auditories conjuntes i l'aplicació de mètodes de control de qualitat.
- **Participació en la gestió del canvi:** Quan es realitzen canvis en els processos o en els equips, és important que el departament de Manteniment estigui involucrat en el procés de presa de decisions per assegurar que els canvis no tinguin un impacte negatiu en la qualitat dels productes.
Això implica realitzar anàlisis de riscos conjuntes, avaluar l'impacte dels canvis en els procediments de manteniment i assegurar que s'implementin les mesures de control adequades.

- Millora contínua: Tant el departament de Qualitat com Manteniment han d'estar compromesos amb la millora contínua. Això implica la recopilació i anàlisi de dades, la realització d'estudis estadístics per identificar tendències i anomalies, i la implementació d'accions per millorar els processos i reduir les no conformitats.

En resum, una relació estreta i col·laborativa entre els departaments de Qualitat i Manteniment és fonamental per garantir la qualitat dels productes i la fiabilitat dels equips en una empresa industrial. Mitjançant una comunicació fluida, l'establiment de procediments compartits i la col·laboració en la gestió del canvi i la resolució de problemes, es pot assegurar que els estàndards de qualitat es compleixin i que es realitzi una millora contínua. Aquesta sinergia entre els dos departaments contribueix a l'èxit i la competitivitat de l'empresa.

c) Producció

La relació entre el departament de Manteniment i el departament de Producció en una empresa industrial és crucial per garantir un funcionament eficient i sense interrupcions de les activitats de producció. Com a principal client del departament de Manteniment, el departament de Producció té necessitats específiques i expectatives clares sobre el suport i l'assistència que rebrà del manteniment. A continuació, es detallen alguns aspectes clau per a una relació eficaç entre aquests dos departaments:

- Comunicació oberta i constant: La comunicació clara i freqüent és fonamental per a una relació positiva. Els equips de manteniment i producció han de mantenir una línia de comunicació oberta per intercanviar informació rellevant sobre l'estat dels equips, les necessitats de manteniment, els problemes emergents i altres qüestions que puguin afectar la producció.
- Entendre les necessitats i les prioritats de producció: El departament de Manteniment ha de tenir una comprensió profunda de les necessitats i les prioritats de producció. Això implica entendre els requisits de producció, els temps de funcionament, els objectius de rendiment i altres factors que afecten directament la línia de producció. Això permet que el manteniment pugui programar les tasques de manera més efectiva i prioritzar les intervencions per minimitzar l'impacte en la producció.
- Col·laboració en la planificació: És important que el departament de Manteniment i el departament de Producció treballin conjuntament en la planificació de les tasques de manteniment. Això implica coordinar els períodes de parada de màquines, programar el manteniment preventiu i reactiu en moments que minimitzin l'impacte en la producció, i assegurar-se que hi hagi personal de manteniment disponible durant els moments crítics de producció.

- Resposta ràpida a les averies: Quan es produeixen incidències o fallades en els equips de producció, és essencial que el departament de Manteniment actuï amb rapidesa per resoldre els problemes i reduir el temps d'inactivitat. Una resposta ràpida i eficient ajuda a minimitzar les interrupcions de producció i a recuperar la normalitat el més aviat possible.
- Manteniment predictiu i preventiu: El manteniment predictiu i preventiu és clau per mantenir un alt rendiment i prevenir fallades majors. El departament de Manteniment ha de treballar en estreta col·laboració amb el departament de Producció per identificar les necessitats de manteniment anticipat, realitzar anàlisis de condició i planificar les intervencions per evitar fallades imprevistes que puguin afectar la producció. De la mateixa manera, el departament de producció pot assumir tasques bàsiques de manteniment com la neteja, ajustatges bàsics, lubricació, etc.
- Proactivitat i millora contínua: El departament de Manteniment ha de ser proactiu en l'aplicació de millores i en la identificació de solucions innovadores per optimitzar l'eficiència i la fiabilitat dels equips de producció. Això implica treballar en col·laboració amb el departament de Producció per entendre les seves necessitats de millora, proposar iniciatives i implementar-les amb un enfocament orientat a la millora contínua. Aquestes millores si les lidera manteniment han d'estar orientades a la mantenibilitat dels equips. La resta de millores han d'estar liderades per enginyeria, tot i que pot haver una forta implicació de manteniment.

En resum, una relació estreta i col·laborativa entre el departament de Manteniment i el departament de Producció és fonamental per assegurar un funcionament eficient i sense interrupcions en una empresa industrial. Una comunicació oberta, una comprensió mútua de les necessitats i les prioritats, la coordinació en la planificació i l'aplicació de pràctiques de manteniment preventiu i predictiu són elements clau per aconseguir l'excel·lència per als dos.

d) Enginyeria

La relació entre el departament d'Enginyeria i el departament de Manteniment en una companyia industrial és vital per garantir un funcionament eficient i optimitzar el rendiment dels equips i maquinària. És important que aquests dos departaments treballin de manera estreta i col·laborativa per aconseguir els següents objectius:

Una comunicació constant i oberta entre el departament d'Enginyeria i el departament de Manteniment és fonamental, han de compartir informació rellevant sobre els projectes d'enginyeria, les millores o modificacions en els equips, així com les necessitats de manteniment que poden sorgir.

El departament d'Enginyeria és responsable del disseny i implementació de millores o modificacions en la maquinària. No obstant això, és crucial que el departament de

Manteniment participi activament en aquest procés. Han de col·laborar en l'avaluació de la viabilitat tècnica i operativa de les propostes d'enginyeria, així com en l'anàlisi dels impactes en el manteniment preventiu i correctiu. La seva experiència i coneixement pràctic són valuosos per identificar possibles problemes o ajustos necessaris.

Quan es preveu la compra i instal·lació de nova maquinària o equips, el departament de Manteniment ha de tenir una participació activa en aquest procés. Han de col·laborar amb el departament d'Enginyeria en l'avaluació de les opcions disponibles, tenint en compte factors com la fiabilitat, l'accessibilitat per a tasques de manteniment, la disponibilitat de peces de recanvi i el cost global del cicle de vida. La seva experiència en l'operació i manteniment dels equips existents és clau per prendre decisions informades.

D'altra banda també és important que el departament d'Enginyeria comparteixi el coneixement tècnic i les especificacions dels equips amb el departament de Manteniment. Aquesta transferència de coneixement permet al personal de manteniment comprendre millor els equips, millorar les seves habilitats i realitzar el manteniment de manera més efectiva.

Quan es presenten problemes o incidències de gran complexitat en els equips, han de treballar junts per identificar les causes i implementar les solucions adequades. Això implica una col·laboració estreta, compartint informació, realitzant anàlisis tècnics conjunts i prenent decisions de manera conjunta.

e) Recanvis/Compres

És essencial establir una comunicació fluida i constant entre els departaments de Recanvis/Compres i Manteniment. El departament de Manteniment ha de proporcionar coneixements als recanvistes perquè puguin entendre les especificacions i característiques dels recanvis amb els quals treballen. A més, Manteniment ha de compartir tota la informació rellevant sobre els recanvis, com codis, descripcions i referències, per facilitar la recerca i la identificació dels mateixos en el mercat. De totes maneres, cal que els perfils seleccionats per al departament de recanvis tinguin un perfil mínimament tècnic, com un CFGM tècnic, experiència en muntatges de maquinària, manteniment, etc.

El departament de Recanvis/Compres ha de ser actiu en la validació dels recanvis recepcionats. Han de comprovar la conformitat dels recanvis adquirits amb les especificacions tècniques requerides, garantir que estiguin en bon estat i correctament emmagatzemat per mantenir el bon estat. Aquesta validació és crucial perquè el departament de Manteniment tingui la confiança que els recanvis emmagatzemats són els adequats i que poden ser utilitzats sense problemes.

També és important que Recanvis/Compres compregui les necessitats d'emergència que poden sorgir en el departament de Manteniment. En aquests casos, és essencial que col·laborin per agilitzar l'adquisició dels recanvis crítics que Manteniment necessita per reparar els equips. Això implica una comunicació immediata, accions ràpides i prioritat en l'adquisició dels recanvis urgents.

S'han de realitzar estudis per ajustar els nivells d'estoc de recanvis. És important identificar els recanvis més utilitzats, preveure la demanda i gestionar adequadament els estocs per evitar mancances o excessos. A més, s'han de buscar oportunitats per millorar els preus dels recanvis a través de negociacions amb proveïdors i l'avaluació de diferents alternatives. La participació de manteniment en aquest procés és essencial.

És recomanable que el departament de Recanvis/Compres tingui la responsabilitat d'entregar els recanvis al departament de Manteniment. Això permet un millor control dels estocs i garanteix que Manteniment tingui un accés controlat als recanvis necessaris. Si Manteniment es proveeixi directament del magatzem, podria generar descontrol i dificultats en la gestió de recanvis.

El departament de Recanvis/Compres ha de proporcionar un llistat actualitzat i interactiu dels recanvis disponibles. Aquest llistat ha de tindre descripcions clares, referències de producte, imatges i altres informacions visuals que facilitin la identificació ràpida dels recanvis per part del departament de Manteniment. Això permetrà agilitzar el procés de recerca i sol·licitud de recanvis.

És recomanable implementar una plataforma de gestió de recanvis que permeti una comunicació eficient entre els departaments de Recanvis/Compres i Manteniment. A través d'aquesta plataforma, Manteniment pot sol·licitar recanvis de manera electrònica, rastrear l'estat de les sol·licituds i rebre notificacions en temps real sobre l'arribada dels recanvis. Això millorarà la traçabilitat i la transparència en la gestió dels recanvis. Habitualment aquesta plataforma és el GMAO.

Una bona pràctica és que els dos manteniments col·laborin per establir una programació de revisions regulars dels estocs de recanvis. Aquesta revisió conjunta permetrà identificar recanvis obsolets, evitar l'acumulació de recanvis innecessaris i millorar l'eficiència en la gestió dels estocs. També treballar junts per identificar oportunitats de millora en la gestió dels recanvis. Aquesta col·laboració pot incloure l'avaluació de nous proveïdors, l'anàlisi de possibles alternatives de recanvis i la implementació de processos més eficients per a la gestió de recanvis crítics. Manteniment pot aportar el seu coneixement pràctic sobre la fiabilitat dels recanvis i les seves necessitats específiques, mentre que Recanvis/Compres pot aportar el seu coneixement sobre els proveïdors i les opcions disponibles al mercat.

4. COSTOS DEL MANTENIMENT

El manteniment és una funció clau en una planta industrial, però implica costos que han de ser adequadament controlats i gestionats per assegurar l'eficiència i la rendibilitat de l'organització.

Els costos del manteniment es refereixen als desemborsaments econòmics necessaris per mantenir en bon estat els actius i les instal·lacions d'una planta industrial. Aquests costos inclouen les despeses relacionades amb la reparació, el reemplaçament, el manteniment preventiu, les operacions de control de qualitat, els serveis de suport tècnic i altres activitats associades al manteniment.

4.1. Tipus de costos en el manteniment

Els costos del manteniment es poden classificar en diverses categories segons els seus atributs i característiques. Són els següents:

- Costos fixos

Els costos fixos del manteniment són aquells que es mantenen constants independentment de la freqüència o el volum de treball de manteniment. Aquests costos són relatius als recursos humans, l'estructura organitzativa, les instal·lacions i altres despeses que són necessàries per al funcionament general del departament de manteniment.

Són fàcilment justificables de cara al pressupost, però han d'estar molt optimitzats ja que en èpoques d'ajustos econòmics són difícils de reduir.

El manteniment preventiu i predictiu, si estan madurs, també es poden considerar costos fixos, ja que són plans amb freqüències, hores i materials definits i que per tant no haurien de variar gaire any rere any. Per tant, molt justificables de cara al pressupost. Aquesta partida si que és més fàcil de reduir, acceptant un nivell més alt de risc de fallada.

Exemples de costos fixos poden ser els salaris del personal de manteniment, el lloguer d'espais de treball, les despeses administratives, contractes de manteniment a cost tancat, eines, màquines de taller, contractes d'auditoria, etc.

- Costos variables

Els costos variables del manteniment varien en funció del volum de treball de manteniment realitzat. Aquests costos estan directament relacionats amb les activitats de reparació, substitució, postes en marxa que es duen a terme en nous actius i altres millores en actius. S'inclouen despeses com la compra de peces de recanvi per correctius o millores, els serveis de subcontractació a preu/hora, els consumibles, etc. Els costos variables augmenten o disminueixen proporcionalment amb el nivell d'activitat de manteniment.

Una altre vessant de costos variables són els que ens pugui generar altres departament, degut a peticions de servei no esperades, com per exemple noves mesures en matèria de riscos laborals, només mesures o actuacions per neteges, ajustatges, etc. Que vinguin des de qualitat, canvis de polítiques en departaments com recanvis, etc.

La part de millores es pot tindre controlada estipulant un pressupost màxim anual i/o incloent el cost com a actiu a amortitzar. Ja que habitualment les millores inclouen grans costos en equipament que renoven la vida útil dels actius.

És la part més complicada de justificar en el pressupost, però és una part essencial. Cal estudiar bé els històrics i fer una previsió d'intervencions poc freqüents que s'hagin de fer el pròxim any. De la mateixa manera, el manteniment preventiu, predictiu i les millores, han d'estar enfocats a reduir aquesta partida.

- Costos directes

Els costos directes del manteniment són aquells que es poden assignar directament a una activitat o un actiu de manteniment específic. Aquests costos són rastrejables i mesurables amb precisió.

Inclouen despeses com el temps de treball del personal de manteniment en una tasca específica, les despeses de material utilitzat exclusivament per a una reparació o el cost d'un servei subcontractat per a una activitat concreta.

Els costos directes proporcionen una visió detallada dels costos associats a cada activitat o actiu de manteniment. Cal poder registrar aquest costos en detall en plataformes que et permeti el seu estudi de manera agregada o específica, com podria ser el GMAO. D'aquesta manera podrem trobar iniciatives per reduir costos, desviacions no esperades, pronòstics de costos per el futur, etc.

- Costos indirectes

Els costos indirectes del manteniment industrial són aquells que no es poden assignar directament a una tasca o un actiu específic de manteniment, ja que no estan relacionats amb una activitat tangible o mesurable de manera directa. A diferència dels costos directes, els costos indirectes són més generals i són compartits per diverses activitats o actius de manteniment.

Els costos indirectes del manteniment poden incloure despeses comunes a tota l'organització o a un departament en particular, com ara les despeses administratives generals, les despeses de personal no directament implicat en tasques de manteniment, els costos dels serveis compartits, les despeses de supervisió o gestió del manteniment i altres despeses no atribuïbles directament a una activitat o un actiu específic de manteniment.

Els costos indirectes són assignats mitjançant un mètode d'allocació basat en factors com ara hores de treball, superfície ocupada, percentatge de la despesa total de manteniment o altres bases d'allocació. Aquesta assignació pot ser una estimació o una assignació prorratejada en funció de determinats paràmetres.

Els costos indirectes són importants de tenir en compte en l'anàlisi dels costos de manteniment, ja que poden representar una part significativa dels costos totals. Una gestió eficient dels costos indirectes del manteniment implica la identificació i el seguiment adequats d'aquests costos, així com l'ús de mètodes d'allocació raonables i consistents per assignar-los a les activitats o actius corresponents.

- Costos tangibles i intangibles

Els costos tangibles del manteniment són aquells que es poden quantificar en termes monetaris de manera directa i tangible. Aquests costos són fàcilment mesurables i es refereixen a les despeses concretes realitzades per a tasques de manteniment, bàsicament els punts esmentats anteriorment.

Els costos intangibles del manteniment són aquells que no es poden mesurar fàcilment en termes monetaris, ja que no tenen una representació directa o tangible. Aquests costos es refereixen a aspectes com la pèrdua de productivitat a causa d'una màquina avariada, la disminució de la satisfacció del client o la repercussió en la imatge de la marca a causa de fallades en el manteniment que puguin generar desproveïment als clients, entre d'altres. Encara que no es puguin quantificar amb precisió, aquests costos intangibles són importants per a la presa de decisions de manteniment, com la implantació de millores amb un retorn econòmic qüestionable, ser més exigents en els plans preventius, etc.

4.2. Càlcul de costos per actiu

Un cop vist com classifiquem els costos, cal poder estudiar-los més en detall. Una bona manera és definir-los per actius.

Per estimar els costos aproximats per actiu, és important tenir en compte diversos factors. En primer lloc, és necessari considerar la complexitat de l'actiu, és a dir, la dificultat tècnica i la quantitat de recursos necessaris per dur a terme les tasques de manteniment. Això inclou aspectes com ara la disponibilitat de peces de recanvi i la necessitat de personal altament qualificat.

Un altre factor clau és l'edat de l'actiu, ja que els actius més antics tendeixen a requerir més manteniment i, per tant, costos més elevats. A més, l'entorn operatiu en el qual es troba l'actiu també pot influir en els costos de manteniment. Per exemple, si l'actiu està exposat a condicions ambientals extremes o a l'ús intensiu, és probable que requereixi més manteniment i, per tant, costi més.

En relació als rangs aproximats de costos per actiu segons el preu de compra, generalment es considera que el cost anual de manteniment d'un actiu es situa entre el 1% i el 5% del seu preu de compra. No obstant això, aquest rang pot variar en funció dels factors abans mencionats i de les característiques específiques de l'actiu.

Es pot calcular fàcilment de la següent manera. Puntuar del 1 al 5 els següents aspectes:

- Complexitat tècnica de la màquina. Quantes més disciplines (mecànica, electricitat, neumàtica, hidràulica, etc.) tingui, més puntuació. De la mateixa manera quants més mecanismes tingui, més puntuació.
- Edat de l'actiu. Si és un actiu acabat de comprar o té 25 o més anys, haurem de d'assignar un 5 de puntuació, si és el segon any d'ús o té 23 o 24 anys li assignarem un 4 de puntuació. Si té 3, 21 o 22 anys un 3, el quart any i el 20 assignarem un 2 i per la resta de casos un 1.
- Condicions ambientals. Les condicions que tornen més nociu un ambient són: Alta temperatura, contrastos de temperatures molt grans, aigua a pressió o ambients molt humits, altes càrregues de pes, altes velocitats de moviment, ambient amb molta pols i ubicacions on puguin rebre impactes per maquinària mòbil o similar. Si no compleix cap d'aquestes característiques hi assignarem 1 i per cada condició que compleixi li sumarem un punt fins el màxim de 5.

- Ús intensiu. Per calcular aquest haurem de conèixer quina és la cadència màxima o nominal donada per el fabricant i els períodes de treball recomanats. Si la màquina esta llargs períodes aturada hi assignarem un 1, si estem per sota de les especificacions del fabricant assignarem un 2, si estem ens els nivells especificats i tenim disponibilitat per fer manteniment preventiu/predictiu un 3, si estem ens els nivells especificats però no tenim prou disponibilitat per fer tot el manteniment preventiu/predictiu un 4 i si estem per sobre un 5.

Un cop assignades les puntuacions realitzarem la mitjana d'elles i obtindrem el tant per cent respecte el preu de compra que hauria de costar mantenir aquell actiu aquell any. Posarem un exemple d'una serra cinta de 15 anys en un taller d'estructures altament qualificat i ocupat. Tècnicament una serra cinta d'alta gama, esta composta per sistemes mecànics, elèctrics, hidràulics i també pot tindre algun component neumàtic, tot i que no és una màquina amb molts mecanismes. L'ambient en un taller, si suposem que és un taller d'alt rendiment, on tenen implantades les 5S i mètodes Lean, el suposarem net. La temperatura es estable i no hi ha coses extremes. L'únic factor seria poder rebre impactes.

- Complexitat tècnica de la maquina: 2
- Edat de l'actiu: 3
- Condicions ambientals: 2
- Ús intensiu: 3

$$\% \text{ cost respecte cost compra} = \frac{2 + 3 + 2 + 3}{4} = 2.5\%$$

Si el cost de compra va ser de 7.500€, això significaria que el cost de mantenir la serra el pròxim any serà:

$$\text{Cost manteniment per el pròxim any} = 7500 * 0.025 = 187.5\text{€}$$

Si tenim un pla de preventiu definit o un contracte de manteniment a preu tancat podrem restar el valor per el obtingut i coneixerem el valor de manteniment variable o correctiu, que hauríem de tindre si l'equip està correctament mantingut.

Relatiu a l'edat de l'actiu, la explicació de que els costos siguin més elevats al inici i final de la seva vida útil, és per la teoria de la banyera. És un concepte clau en l'àmbit del manteniment industrial, que ens proporciona una perspectiva sobre l'evolució dels costos del manteniment al llarg del temps. Aquesta teoria estableix que els costos del manteniment segueixen un patró particular en funció de les diferents etapes de vida d'un actiu.

La teoria es divideix en tres fases principals: infància, fase estable i envelliment estructural.

En la fase d'infància, els costos del manteniment són relativament elevats. Aquesta fase es caracteritza per ajustos, adaptacions per a la posada en marxa de l'actiu, defectes de fàbrica i la falta d'un pla de manteniment preventiu. És durant aquesta etapa que es poden observar costos imprevistos i avaries inicials.

A mesura que l'actiu es va estabilitzant, es passa a la fase estable. En aquesta etapa, els costos del manteniment es mantenen en un rang consistent i previsible. Aquesta fase es caracteritza per un manteniment programat i preventiu, on es realitzen inspeccions regulars, tasques de lubricació i ajustos rutinaris. Els costos són més baixos en aquesta fase, ja que es produeixen menys avaries i es pot planificar el manteniment amb més eficàcia.

Finalment, es produeix l'envelliment estructural de l'actiu, que marca la tercera fase de la teoria de la banyera. En aquesta etapa, els costos del manteniment augmenten de nou. L'envelliment estructural implica una major probabilitat de fallades, avaries i reparacions costoses. Les despeses en manteniment correctiu es fan més freqüents i costoses, ja que es requereixen intervencions més extenses per falles de més magnitud, substitucions de components importants, obsolescència de components, etc.

En el cas anterior de la serra cinta es veuria d'aquesta manera:

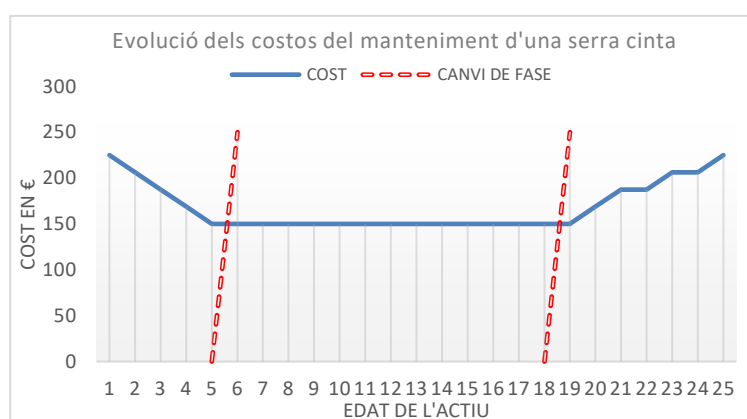


Figura 5: Gràfica evolució del cost del manteniment d'una serra cinta. Teoria de la banyera.

Original autor.

La duració de les fases pot variar lleugerament. La més previsible és la fase d'infantesa que sol durar entre 3 i 5 anys. La fase estable és la més important, ja que si es fa un correcte manteniment preventiu/predictiu pot arribar a durar fins els 20 o més anys de l'actiu, en canvi si no es fa un correcte manteniment es pot arribar a escurçar moltíssim, entrant en la fase d'envelliment molt d'hora, fins hi tot als 10 anys d'ús de l'actiu. La fase d'envelliment, un cop detectat que l'actiu ha entrat en aquesta, no es recomana estendre-la en el temps, ja que aviat l'actiu deixarà de ser rentable i per tant és recomana la seva substitució o una inversió de gran magnitud que torni a fer l'equip competitiu, posant-lo al dia de les tecnologies.

4.3. Composició del cost segons tipus d'operació

En primer lloc, cal destacar la importància del manteniment preventiu en la reducció de costos globals. Mitjançant la realització de tasques de manteniment planificades i regulars, és possible detectar i corregir problemes abans que es converteixin en avaries importants. Això evita parades de producció no programades, pèrdua de qualitat que es tradueix en mermes o re-processos, reduint els costos associats a la reparació d'avaries greus i la pèrdua de productivitat. El manteniment preventiu també ajuda a prolongar la vida útil dels actius i millora la seva fiabilitat i eficiència operativa.

En general, l'anàlisi cost-benefici sol indicar que el manteniment preventiu és més econòmic que el correctiu a llarg termini. Encara que el manteniment preventiu implica una inversió inicial més alta, els costos són més baixos en comparació amb les despeses imprevistes i l'impacte negatiu de les avaries en la producció i el negoci. Això es deu al fet que el manteniment preventiu permet identificar i corregir problemes en les primeres etapes, quan les reparacions són menys complexes i costoses.

A part d'això també s'ha de tindre en compte quin percentatge invertirem en millores de la mantenibilitat desenvolupades per el propi departament de manteniment. Aquestes millores han de ser estudiades, justificades i posteriorment auditades, per assegurar que donen el retorn esperat i per tant els diners han estat ben invertits.

Tot i que pot variar lleugerament segons el tipus d'indústria, la recomanació general de la distribució dels costos en un departament de manteniment industrial eficient és la següent:

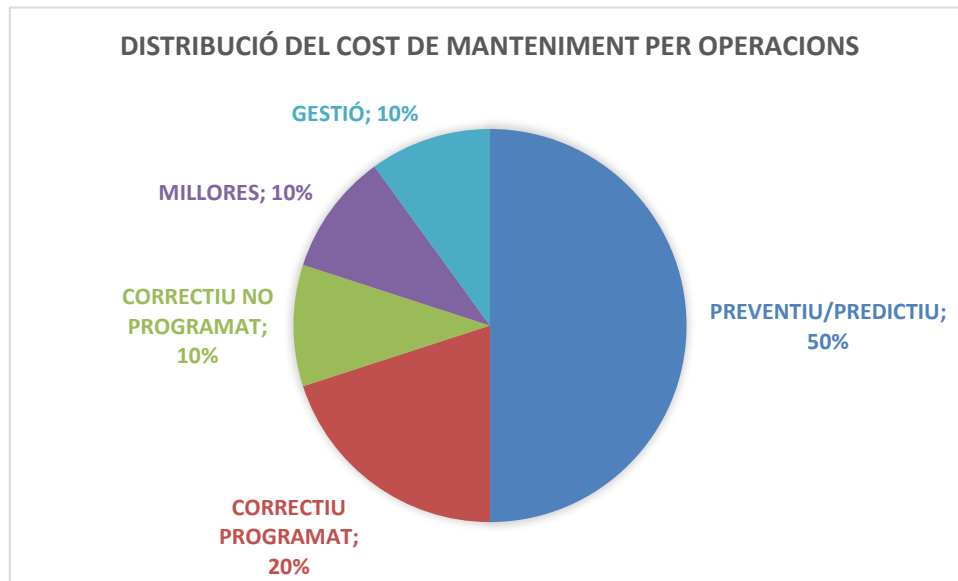


Figura 6: Gràfica de distribució del cost de manteniment segons tipus d'operació.

Original autor.

4.4. Optimització dels costos de manteniment

Optimitzar els costos del manteniment és una prioritat per a companyia. Mitjançant una sèrie de pràctiques i estratègies, és possible identificar oportunitats d'estalvi i millorar l'eficiència en la gestió dels recursos disponibles. A continuació, s'expliquen cinc punts clau per a l'optimització dels costos del manteniment.

- Identificació i eliminació de tasques de manteniment innecessàries:

Un pas important per reduir els costos del manteniment és avaluar de manera crítica les tasques de manteniment existents i identificar aquelles que no aporten valor significatiu. Això pot implicar eliminar tasques innecessàries o redundants, revisar programes de manteniment excessivament conservadors i optimitzar la freqüència d'execució de les tasques.

Per exemple, si som capaços de determinar la vida útil d'un component, és millor programar el seu canvi sistemàtic que anar revisant el seu estat, si això requereix una dedicació de temps excessiva.

Si podem trobar un greix que en permeti re-lubricar un cop cada 6 mesos en comptes de cada mes, encara que sigui una mica més car sortirà més a compte si manté la mateixa vida útil del component, ja que utilitzarà menys lubricant i menys temps per dedicar a la re-lubricació. Fins hi tot si es pot trobar components que no necessitin re-lubricació i la relació vida útil – cost és igual o millor que la que si en necessita seria el cas ideal.

- Anàlisi de costos de cicle de vida per a la presa de decisions:

En la presa de decisions de manteniment, és important considerar els costos de cicle de vida dels actius. Això implica tenir en compte els costos d'adquisició, operació, manteniment i eliminació de l'actiu al llarg del seu cicle de vida. Avaluant aquests costos de manera integral, es poden prendre decisions informades sobre la reparació, la substitució o l'actualització dels actius.

- Implementació de pràctiques de manteniment predictiu i condicional:

El manteniment predictiu i condicional permet monitorar l'estat dels actius en temps real i prendre accions preventives en funció de les seves condicions reals. Això ajuda a evitar fallades imprevistes i costoses i a programar les tasques de manteniment de manera més eficient, evitant intervencions innecessàries o prematures. La única consideració a tindre en compte és el cost de la instal·lació inicial que sol ser alt. Cal valorar que realment la eliminació del preventiu d'aquest component i la eliminació de les falles compensen aquest cost. En components de poc valor o molt baixa criticitat probablement no compensi.

- Gestió eficient dels recanvis i materials de manteniment:

Un aspecte clau en l'optimització dels costos del manteniment és la gestió eficient dels recanvis i materials necessaris per realitzar les tasques de manteniment. Això inclou l'establiment d'un sistema de gestió de magatzem eficaç, la negociació de preus competitiu amb proveïdors, l'ús de tècniques de gestió d'estocs, la selecció adequada de recanvis per a cada tasca, estandardització de fabricants i productes, etc.

- Optimització de la gestió de recursos humans en el manteniment:

La gestió eficient dels recursos humans és fonamental per a l'optimització dels costos del manteniment. Això implica una adequada planificació i programació del treball, una assignació eficient de les tasques, la formació i desenvolupament del personal i la implementació de pràctiques de treball col·laboratives i eficients. Així s'assegura una utilització òptima del temps i les habilitats del personal de manteniment, reduint el temps d'inactivitat i els costos associats.

4.5. Estudi de la viabilitat econòmica d'una reparació

Part d'aquesta optimització de costos és l'estudi de la viabilitat econòmica d'una reparació o manteniments preventius/predictius. Òbviament, no podem fer el càlcul per a totes les operacions, però ho haurem de tindre en compte en operacions de gran magnitud. Cada companya ha de marcar el seu llindar, però es recomanable fer-ho per operacions que suposin més del 25% del cost del pressupost d'aquell any per a l'actiu.

Quan s'avalua la viabilitat econòmica d'una reparació en el context del manteniment, és important considerar diversos factors per prendre una decisió informada. Aquests factors inclouen:

- a) Cost de la reparació: Cal avaluar el cost estimat de la reparació, que pot incloure despeses directes com ara materials i mà d'obra, així com costos indirectes com el temps d'inactivitat de l'actiu durant la reparació.
- b) Vida útil restant de l'actiu: És essencial conèixer la vida útil restant de l'actiu després de la reparació. Això pot requerir una avaluació tècnica per determinar si la reparació prolongarà significativament la vida útil de l'actiu i si aquesta vida útil justifica el cost de la reparació.
- c) Rendibilitat a llarg termini: Cal considerar si la reparació proporcionarà beneficis econòmics a llarg termini, com la reducció dels costos de manteniment futurs, l'increment de la productivitat o l'extensió de la vida útil de l'actiu per un període significatiu.
- d) Disponibilitat de recursos: És important tenir en compte la disponibilitat de recursos, tant financers com humans, per dur a terme la reparació. A vegades, pot ser més viable econòmicament optar per una opció alternativa, com la substitució de l'actiu, si els recursos requerits per la reparació són excessius o no estan disponibles.

Per avaluar la viabilitat econòmica d'una reparació, es pot realitzar un anàlisi cost-benefici comparant diferents opcions. Això implica calcular els costos associats amb cada opció i els beneficis esperats, tant en termes econòmics com operatius. Algunes opcions que poden considerar-se en l'anàlisi inclouen:

- a) Reparació immediata: Avaluació del cost de la reparació immediata i els beneficis esperats en termes de continuïtat operativa, reducció de fallades i manteniment posterior.
- b) Reparació diferida: En alguns casos, pot ser possible retardar la reparació sense que això afecti de manera significativa la producció o la seguretat. En aquests casos, es pot calcular el cost de mantenir l'actiu en el seu estat actual i comparar-lo amb el cost de la reparació.
- c) Substitució de l'actiu: En alguns casos, la substitució de l'actiu pot ser una opció més viable econòmicament. En aquest cas, cal calcular el cost de la nova adquisició, la seva instal·lació i els beneficis esperats en comparació amb la reparació de l'actiu existent.

Per avaluar la viabilitat econòmica d'una reparació, es poden utilitzar mètriques com el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR). Aquestes mètriques tenen en compte els fluxos de caixa de la inversió i proporcionen una estimació de la rendibilitat econòmica de la reparació. La fórmula del VAN és la següent:

El Valor Actual Net (VAN) compara els ingressos i els costos en termes de valor actualitzat, tenint en compte el valor temporal de l'ús dels diners. Un VAN positiu indica que els ingressos esperats superen els costos i, per tant, la reparació és viable econòmicament. La fórmula del VAN és la següent:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

On:

F_t Son los fluxos de diners en cada període temps (t)

I_0 És la inversió realitzada en el moment inicial, en temps 0 (t=0)

n És el número de períodes de temps

k És el tipo de descompte o tipus d'interès exigít a la inversió

La Taxa Interna de Rendibilitat (TIR) és la taxa d'actualització que fa que el VAN sigui igual a zero. És una mesura de la rendibilitat de la inversió. Si la TIR és superior a la taxa de rendibilitat exigida per l'organització, la reparació es considera rendible econòmicament.

$$\text{Tassa de rendibilitat} = [(\text{Valor final} - \text{valor inicial}) / \text{Valor inicial}] \times 100$$

Un cop s'ha realitzat l'avaluació de la viabilitat econòmica i s'han calculat les mètriques pertinents, és important utilitzar aquesta informació per prendre decisions informades. Algunes de les decisions que es poden prendre en base a l'avaluació de viabilitat econòmica inclouen:

- a) Realitzar la reparació: Si l'avaluació indica que la reparació és viable econòmicament, es pot prendre la decisió de procedir amb la reparació i assignar els recursos necessaris per a la seva execució.
- b) Reprogramar la reparació: En cas que l'avaluació mostri que la reparació no és viable econòmicament en el moment actual, es pot considerar la possibilitat de repogramar-la per a un moment posterior, quan els recursos siguin més accessibles o quan els beneficis econòmics siguin més clars.
- c) Explorar altres alternatives: Si l'avaluació indica que cap opció de reparació és viable econòmicament, es pot explorar altres alternatives com la substitució de l'actiu o altres estratègies per optimitzar els costos de manteniment.

5. SOFTWARE DE MANTENIMENT (GMAO)

La Gestió de Manteniment Assistida per Ordinador (GMAO) és una eina tecnològica àmpliament utilitzada en la indústria per gestionar i optimitzar les activitats de manteniment. És una plataforma informàtica que permet als departaments de manteniment recopilar, organitzar i analitzar dades relacionades amb les tasques de manteniment, els actius, els recursos humans i altres aspectes relacionats amb la gestió del manteniment. En aquesta explicació, explorarem en detall els aspectes clau de la GMAO.

5.1. Funcionalitats de la GMAO

La GMAO ofereix una ampla gamma de funcionalitats per ajudar en la gestió eficient del manteniment. Algunes de les funcionalitats més comunes inclouen:

- Gestió de l'activitat de manteniment: Registre i seguiment de les tasques de manteniment, programació d'activitats, control del temps i recursos necessaris, entre altres.
- Gestió d'actius: Registre i seguiment dels actius de l'organització, manteniment de la informació d'inventari, històric de manteniment, control de vida útil, entre altres.
- Gestió de compres i recanvis: Control de les comandes de materials i recanvis, seguiment de les existències, generació d'ordres de compra, control de costos relacionats amb els recanvis i materials de manteniment, entre altres.
- Planificació i programació: Programació òptima de tasques de manteniment basada en factors com prioritat, disponibilitat de recursos i minimització de temps d'aturada.
- Control de costos: Seguiment i anàlisi dels costos associats amb les tasques de manteniment, inclòs el seguiment dels costos de mà d'obra, materials, contractistes externs, entre altres.
- Gestió de personal: Control de la disponibilitat del personal, assignació de tasques, seguiment dels registres de treball, control de les hores laborals, entre altres.
- Informes i anàlisi: Generació de informes detallats sobre activitats de manteniment, costos, indicadors de rendiment clau (KPIs), tendències de fallades, anàlisis de dades, entre altres.

5.2. Beneficis de la GMAO

L'ús de la GMAO ofereix diversos beneficis per a les organitzacions en la gestió del manteniment. Alguns dels principals beneficis inclouen:

- Millora de l'eficiència operativa: La GMAO permet una millor planificació, programació i execució de les tasques de manteniment, reduint els temps d'aturada no planificats i augmentant la disponibilitat de les màquines i equips.
- Optimització dels recursos: Amb una GMAO adequada, es pot assignar el personal i els recursos necessaris de manera eficient, minimitzant el temps d'inactivitat i els costos associats.
- Presa de decisions basada en dades: La GMAO proporciona una gran quantitat de dades i informació en temps real sobre l'estat dels actius i les activitats de manteniment. Això permet prendre decisions informades i estratègiques per millorar l'eficàcia i l'eficiència del manteniment.
- Reducció dels costos de manteniment: Mitjançant l'anàlisi dels costos i l'optimització de les tasques de manteniment, la GMAO pot ajudar a reduir els costos relacionats amb les reparacions, les peces de recanvi, les hores extraordinàries, els temps d'aturada, entre altres.
- Millora de la seguretat i la conformitat: La GMAO ajuda a controlar i complir els requisits de seguretat i normatives en les tasques de manteniment, assegurant un entorn de treball segur i evitant sancions i fallades de conformitat.

5.3. Implementació de la GMAO

La implementació de la GMAO implica diverses etapes clau. Aquestes inclouen:

1. Anàlisi de les necessitats i requisits: És essencial entendre les necessitats específiques de l'organització en termes de gestió del manteniment i identificar els requisits funcionals i tècnics necessaris per a la GMAO.
2. Selecció de la solució de GMAO: Hi ha diverses opcions de software de GMAO disponibles al mercat. És important realitzar una avaluació exhaustiva de les solucions disponibles i seleccionar aquella que millor s'ajusti als requisits de l'organització.
3. Implementació i configuració: Aquesta etapa implica la instal·lació del software de GMAO, la configuració del sistema segons les necessitats específiques de l'organització, la integració amb altres sistemes empresarials, la càrrega inicial de dades i la formació del personal.

4. Proves i ajustaments: Després de la implementació inicial, es realitzen proves per garantir el funcionament adequat de la GMAO i es realitzen ajustaments si cal.
5. Desplegament i formació: La GMAO es desplega a tota l'organització i es proporciona formació als usuaris perquè puguin utilitzar eficaçment el sistema.
6. Seguiment i millora contínua: És important realitzar un seguiment continu de l'ús i l'efectivitat de la GMAO i realitzar millores contínues basades en el feedback i les necessitats de l'organització.

5.4. Factors clau per a l'èxit de la GMAO

Per aconseguir un èxit en la implementació i l'ús de la GMAO, és important tenir en compte diversos factors clau:

- Compromís de la direcció: L'adopció de la GMAO requereix el suport i el compromís de la direcció de l'organització. És essencial que la direcció entengui els beneficis i promogui activament l'ús de la GMAO.
- Qualitat de les dades: La GMAO depèn de la qualitat i la integritat de les dades. És important establir processos per garantir que les dades siguin precises, actualitzades i completes.
- Participació i formació del personal: El personal que utilitzarà la GMAO ha de ser involucrat en el procés i rebre formació adequada per utilitzar eficaçment el sistema. La formació continua és essencial per assegurar un ús eficient i un aprofitament màxim de la GMAO.
- Integració amb altres sistemes: En molts casos, la GMAO ha de ser integrada amb altres sistemes empresarials, com ara sistemes de gestió de l'inventari o sistemes de gestió de la producció. És important assegurar-se que hi hagi una integració adequada per compartir dades de manera eficient entre els sistemes.
- Monitoratge i ajustament: És necessari realitzar un seguiment constant del rendiment de la GMAO, monitorar els indicadors clau de rendiment i realitzar ajustaments quan sigui necessari per millorar la seva eficàcia i adaptar-se als canvis en l'organització. Aquest es un punt crític ja que normalment la GMAO són implantades per consultores, que sovint després d'entregar el software solen desaparèixer, deixant totes les ineficiències. Habitualment llavors demanen un sobre cost per solucionar-les. Cal negociar en el preu de venda de la GMAO la implantació completa, amb el seguiment de la posta en marxa a planta i la solució d'ineficiències durant el primer any.

En resum, la GMAO és una eina poderosa per gestionar i optimitzar les activitats de manteniment en les organitzacions. Amb la implementació adequada de la GMAO, es pot millorar l'eficiència operativa, reduir els costos de manteniment, augmentar la disponibilitat dels actius i prendre decisions informades basades en dades. No obstant això, és essencial tenir en compte diversos factors clau i seguir un enfocament sistemàtic per aconseguir un èxit en la implementació i l'ús de la GMAO.

6. INDICADORS PER EL CONTROL DEL MANTENIMENT

Els indicadors clau de rendiment (KPI) en el manteniment són eines valuoses per avaluar i monitoritzar l'eficàcia i l'eficiència de les activitats de manteniment en una organització. Aquests indicadors proporcionen una visió quantitativa i qualitativa del rendiment del manteniment i permeten prendre decisions informades per millorar l'efectivitat global dels processos de manteniment. Aquests indicadors ens permeten:

- Monitoritzar l'eficàcia i l'eficiència dels processos de manteniment.
- Identificar àrees de millora i implementar accions correctives.
- Comparar el rendiment del manteniment en diferents períodes o amb altres organitzacions.
- Avaluar el compliment dels objectius i les metes establertes pel departament de manteniment.
- Facilitar la presa de decisions basades en dades i informació objectiva.

Existeixen multitud d'indicadors creats al llarg dels anys per diferents organitzacions, que segur tots ells responen a necessitats particulars del moment o la companyia. Aquest indicadors s'han anat traslladant a altres companyies aportant més o menys valor, però en molts casos directament són impossible d'aplicar ja sigui per la dificultat del recull de dades, la dificultat en el càlcul o perquè en el cas concret no reflecteixen la realitat. En aquest apartat intentarem proposar un taulell d'indicadors globals, amb un fàcil recull de dades, facilitat de càlcul i que la unió de tots ells donen una bona visió del rendiment del departament i ens poden ajudar a enfocar-nos cap a possibles àrees de millora. Avui dia la gran majoria d'empreses amb departament de manteniment disposen de GMAO, ja que s'ha tornat una eina indispensable. Gràcies a la GMAO recollirem infinites dades que ens ajudaran a obtenir els indicadors, per aquest motiu també és important que totes les persones que hi interactuïn en facin un ús responsable i donin la informació de manera exacta i verídica. És provable que la pròpia GMAO ja tingui una plataforma per indicadors, si no, caldrà trobar un servei que s'hi pugui vincular per fer el recull de dades i tractar-les. Dividirem els indicadors en diferents tipologies:

6.1. Indicadors de productivitat del manteniment

- Compliment del preventiu

El pla de preventiu defineix un conjunt de tasques que si estan ben optimitzades s'han de realitzar totes per poder gaudir de tots els beneficis d'aquest. Per tant, cal que l'equip de manteniment sigui capaç d'executar tot el pla de preventiu.

Aquest indicador el que farà serà comparar la demanda de manteniment preventiu donada per el pla fins aquell període amb el manteniment preventiu realitzat, això ens permetrà conèixer la productivitat en la vesant del preventiu, que com hem vist anteriorment és la mes important.

Es pot començar amb un objectiu del 85% del compliment i anar pujant l'objectiu progressivament fins arribar a un objectiu del 95% de compliment en 2 o 3 anys.

- Compliment de sol·licituds

Si disposem d'una GMAO lo més provable és que producció entri les peticions de servei perquè manteniment tingui l'avís i pugui treballar amb elles. Caldrà doncs estipular un període de temps en el qual aquestes peticions han de ser ateses. Habitualment es poden marcar prioritats (Alta, mitja, baixa), i per tant, hauríem de donar un període diferent a cada una d'elles, això dependrà de les exigències de cada companyia, però una proposta bastant habitual és: Alta – 8h, Mitja – 24h i Baixa – 3 dies. Aquest indicador el que farà serà comparar les peticions creades totals i les compararà amb les peticions en tractament dins el període estipulat i ens donarà un percentatge de quina quantitat de peticions son ateses en el període establert. D'aquestes peticions, les de prioritat alta i mitja és consideren manteniment correctiu no programat, en canvi les de prioritat baixa es consideren manteniment correctiu programat. Igual que l'indicador anterior es pot començar amb un objectiu del 85% del compliment i anar pujant l'objectiu progressivament fins arribar a un objectiu del 95% de compliment en 2 o 3 anys. Amb aquest indicador veurem la productivitat en la vesant del correctiu.

- Numero d'ordres pendents

Amb l'indicador anterior sabem que manteniment ha rebut la petició i que ha començat a treballar amb ella, fer el diagnòstic, etc. Però a vegades per falta de disponibilitat de màquina per intervenir, falta de materials o per sobre càrrega de feina el moment de finalitzar la intervenció arriba molt més tard. A mes, amb l'indicador anterior veiem les peticions des de producció ateses, però no les creades des de manteniment. Per tant, aquest indicador ens permetrà veure la velocitat de resolució d'operacions. Les ordres pendents, són les que s'han començat a tractar però encara no s'han tancat. El valor d'aquest indicador variarà molt segons la companyia i el volum d'operacions que tingui, per tant caldrà anar iterant fins a trobar els valors que compleixin amb les expectatives de la companyia.

6.2. Indicadors de qualitat del manteniment

A l'apartat anterior hem mesurat la productivitat, però no serveix de res ser molt productiu si no es tradueix en un bon funcionament de la planta. Si ens trobem que tot i fer moltes operacions la planta no funciona al nivell exigít voldrà dir que les nostres actuacions no son de qualitat, el pla preventiu no esta correctament dissenyat i no soluciona els problemes de la maquinaria, les reparacions no són efectives o són de poca durada, etc. I per tant, caldrà replantejar el pla de preventiu , donar més formació als tècnics, etc. A continuació, veurem com podem mesurar la qualitat del manteniment.

- Pèrdua de productivitat de planta per falles de maquinaria

Aquest indicador mesura el percentatge de pèrdua de producció que s'ha generat a causa de falles de maquinaria relacionades amb el manteniment. Per tant, s'ha d'incloure tant les aturades de producció, com les mermes generades per el mal funcionament de la maquinaria. Normalment en la GMAO o la ERP (Programa de planificació de recursos en Català) que utilitzi producció, es solen notificar les hores d'aturada de la producció i el motiu, de la mateixa manera es notifiquen les mermes generades i la causa. Amb aquesta informació podem agafar les hores d'aturada per averies i passar les unitats defectuoses a l'equivalent en temps de producció i comparar-ho amb el temps teòric o planificat de producció. També podem registrar les unitats no produïdes i sumar-hi les defectuoses i comparar-les amb les unitats planificades per produir, a vegades és més fàcil així.

Això ens donarà un valor en percentatge. L'objectiu es podria estipular a l'inici sobre un 5% de pèrdua de producció del total de la producció planificada i hauria d'anar evolucionant a un 1%. Són valors més exigents dels que em vist anteriorment, però és perquè la raó de ser del manteniment és no tindre pèrdua de productivitat o qualitat per falles en la maquinaria. Provablement, aquest és l'indicador més important.

- Percentatge de peticions urgents

Ens podem trobar que tot i no tindre una pèrdua de productivitat alta tinguem moltes intervencions d'urgències i que els nostres tècnics siguin com bombers que no paren d'aturar focs. Aquesta manera de treballar ens repercutirà negativament en costos, augment del risc d'accidents, tècnics estressats, etc. Per tant, ho hem d'evitar.

Aquest indicador el calcularem comparant el nombre de peticions amb prioritat alta o urgent generades amb el total de peticions. Es pot començar amb un objectiu del 10% de peticions urgents i anar pujant l'objectiu progressivament fins arribar a un objectiu del 5% en 2 o 3 anys.

- Dedicació a cada tipus d'operació

Aquest indicador ens servirà per veure si estem dedicant masses recursos a un tipus d'operació i per tant no estem següent eficients o si pel contrari ens falta dedicar-hi més recursos per aconseguir els resultats esperats. Com vam veure en l'apartat dos, operacions en el manteniment, hi ha un percentatge de dedicació d'hores per a cada operació que ens indica que el nostre manteniment és eficient. Són els següents:

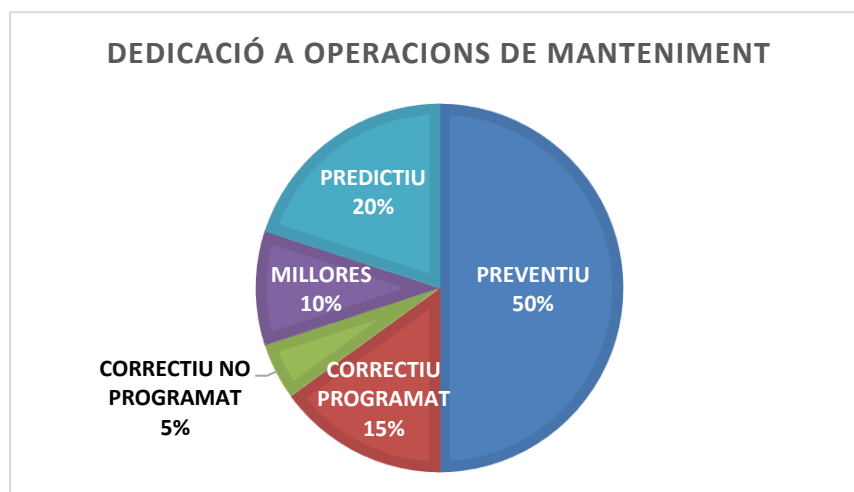


Figura 7: Gràfica de distribució de la dedicació de manteniment segons tipus d'operació.

Original autor.

Cal deixar cert marge, per exemple un +-5% en el preventiu i predictiu, i un +-2.5% en la resta.

6.3. Indicadors de seguretat del manteniment

Aquests indicadors sempre tenen molta controvèrsia ja que l'objectiu en quant a seguretat sempre hauria de ser 0 accidents i incidents, i s'ha de treballar perquè així sigui. Tot i això, aconseguir i mantenir la excel·lència és complicat i tot necessita el seu procés. Moltes vegades hi ha parts variables del sou que van condicionades a un percentatge de consecució dels resultats, per tant si tots els indicadors fossin la excel·lència absoluta que és pràcticament impossible de aconseguir, podria afectar en el ben estar dels treballadors respecte el seu salari.

- Numero d'accidents amb baixa

Aquest indicador es tracta de comptabilitzar el total d'accidents amb baixa en un any del departament o d'un equip de manteniment. L'objectiu inicial podria ser 1 accident amb baixa i amb el temps arribar a 0.

- Numero d'accidents sense baixa

Aquest indicador es tracta de comptabilitzar el total d'accidents sense baixa en un any del departament o d'un equip de manteniment. L'objectiu inicial podria ser 3 accidents sense baixa i amb el temps arribar a 0. Aquí necessitem definir que és un accident sense baixa per poder diferenciar-ho de les incidències. Els accidents sense baixa són traumatismes que necessiten d'inspecció mèdica i potser d'algun tractament però que no esdevenen una baixa laboral i per tant la seva magnitud és menor que la de l'accident amb baixa.

- Índex de freqüència d'incidències

Aquest indicador mesura quantes incidències hi ha per hora treballada, o es podria plantejar amb cada quantes hores de treball hi ha un incident. Està demostrat que si la freqüència d'incidències és molt alta, la probabilitat de que hi hagi un accident és molt més alta. Habitualment la companyia serà capaç de determinar un llindar a partir del qual, si és superat, l'accident és imminent. L'objectiu d'aquest indicador l'haurà de determinar cada empresa.

Un incident són tots aquells traumatismes, que no necessiten d'inspecció mèdica, simplement el propi treballador es pot posar una tireta, pomada per cops, descansar una estona, etc.

6.4. Indicadors de cost del manteniment

- Cost del manteniment per unitat

El volum de producció pot variar al llarg del temps i és important que la companyia conegui el cost que genera manteniment per unitat igual que d'altres departaments per tal de poder determinar el preu de venda, si el cost és massa elevat, etc. A més, poden donar-se situacions en que els volums de producció siguin molt alts i això generi un cost extra sobre el pressupost de manteniment, però en canvi en quant a cost/unitat no sigui major a l'objectiu. Aquesta és una situació positiva per a la companyia i per tant, serà acceptable la desviació del pressupost. Per altra banda, ens podrem trobar amb períodes de molt baix volum de producció, on les finances de la companyia puguin corre risc i manteniment s'hagi d'esforçar per retallar costos. Una bona guia de si les mesures preses estan funcionant és aquest indicador.

- Desviació respecte el pressupost

En aquest indicador compararem la despesa generada per manteniment fins el moment i ho compararem amb el teòric del pressupost que s'hauria d'haver gastat fins aquell moment. Aquest indicador pot tindre un doble joc, per una banda es pot donar un cert marge d'excedència del pressupost per les incerteses que poden aparèixer en la elaboració d'aquest. Per altra banda, pot servir per marcar objectius d'estalvi.



- Distribució del cost segons operacions

En aquest indicador veurem la distribució que té el cost segons operacions, comparant la despesa generada per cada tipus d'operació i comparant-ho amb el cost total. D'aquesta manera, podem detectar per exemple si la despesa en gestió és molt alta, si falta inversió en millores, si el manteniment correctiu en quant a hores es correcte però en quant a cost és molt elevat potser estem comprant el material molt a un preu elevat o estem muntant peces que potser no fa falta canviar-les, etc.

La distribució adequada la hem vist en l'apartat quatre, cost del manteniment. Pots revisar la *figura 6*. Cal deixar cert marge, per exemple un $\pm 5\%$ en el preventiu i predictiu, i un $\pm 2.5\%$ en la resta.

Podem calcular el grau de consecució de cada indicador i fer una mitjana que ens donarà la nota o valoració del conjunt del departament. Si aquesta valoració està per sota d'un 85% , és moment de prendre mesures dràstiques per corregir el la direcció del departament. Lo ideal per saber que tenim un departament de manteniment eficient és estar per sobre del 95% .

Tota aquesta informació la podem recollir en un panell que habitualment es diu "Dashboard" o en català quadre de comandament. En aquest quadre s'ha de poder escollir el període el qual volem avaluar-ho. Habitualment serà per més per poder reportar i anual. També és interessant poder veure gràfiques de períodes d'entre 2 o 3 anys amb una freqüència de captació mensual per poder veure tendències. A continuació podem veure un exemple de quadre de comandament:

PRODUCTIVITAT		QUALITAT		SEGURETAT		COST	
COMPLIMENT DEL PREVENTIU		PERDUA DE PRODUCCIÓ		ACCIDENTS AMB BAIXA		COST/UNITAT	
90%		0,90%		0		4,7€/un.	
OBJECTIU	95%	OBJECTIU	1%	OBJECTIU	1	OBJECTIU	5€/un.
CONSECUCIÓ	94,70%	CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	100%
COMPLIMENT DE SOL·LICITUDS		PETICIÓ D'URGENTS		ACCIDENTS SENSE BAIXA		DESVIACIÓ DEL PRESSUPOST	
96%		4,50%		1		-3,20%	
OBJECTIU	95%	OBJECTIU	5%	OBJECTIU	3	OBJECTIU	-5%
CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	64%
ORDRES PENDENTS		DEDICACIÓ TIPUS OPERACIÓ		FREQUENCIA D'INCIDENCIES		COST TIPUS D'OPERACIÓ	
22				160h/inc.			
OBJECTIU	20	OBJECTIU	-	OBJECTIU	150h/inc.	OBJECTIU	-
CONSECUCIÓ	90%	CONSECUCIÓ	100%	CONSECUCIÓ	93,30%	CONSECUCIÓ	100%
CONSECUCIÓ TOTAL							
95,17%							

7. SEGURETAT LABORAL EN EL MANTENIMENT

Incloure un apartat específic de seguretat laboral en el manteniment en aquest treball, és necessari per emfatitzar la importància d'aquest tema. La salut dels treballadors hauria de ser la primera prioritat de qualsevol companyia. Veurem els riscos als que està exposat manteniment, que ha de tindre en compte la gestió del manteniment per tal de millorar en aquest sentit i finalment alguns sistemes de protecció més estesos i d'eficàcia provada.

7.1. Riscos laborals en el manteniment industrial

El departament de manteniment és un departament molt exposat als riscos laborals, per la naturalesa de les seves operacions. Així doncs, cal que s'hi faci un especial esforç ja que la salut dels treballadores ha de ser la primera prioritat de qualsevol companyia. Els principals riscos als que està exposat manteniment són:

- **Riscos mecànics:** L'exposició a maquinària en moviment, eines de tall o objectes pesants pot provocar lesions com atrapaments, tallades o caigudes. Les mesures de prevenció poden incloure l'ús de proteccions mecàniques, l'entrenament adequat en l'ús de maquinària i l'aplicació de procediments segurs per a tasques de manteniment.
- **Riscos elèctrics:** El manteniment d'equips elèctrics pot comportar risc d'electrocució o incendis. Les mesures de prevenció inclouen l'aplicació de tècniques de treball segures en els sistemes elèctrics, l'ús d'eines aïllades, la identificació adequada de circuits elèctrics i la formació en la manipulació segura d'equips elèctrics.
- **Riscos químics:** En algunes tasques de manteniment, es poden utilitzar substàncies perilloses com lubricants, dissolvents o productes químics. És essencial disposar de les fitxes de seguretat de les substàncies, utilitzar els equips de protecció personal adequats, emmagatzemar-les correctament i garantir una adequada ventilació de l'àrea de treball.
- **Riscos d'espais confinats:** En el manteniment d'equips com tancs o cisternes, és possible que els treballadors hagin d'accedir a espais confinats. Aquests espais poden ser propensos a manca d'oxigen, acumulació de gasos tòxics o risc d'asfíxia. És essencial seguir els protocols de treball segur per a espais confinats, que inclouen la identificació i la prova de gasos, l'ús de vestits de protecció i l'entrenament adequat.
- **Riscos de treball en alçada:** En el manteniment industrial els treballadors han de realitzar tasques a una altura elevada, augmentant la possibilitat de caigudes i lesions greus. Requereix mesures de prevenció com arnesos de seguretat, plataformes estables i entrenament adequat en seguretat en alçada.

7.2. Gestió de la seguretat laboral en el manteniment industrial

La seguretat ha d'estar liderada des de la gestió i direcció del departament, essent exemple de bones conductes i esforçant-se en col·laborar amb el departament de PRL per tal de trobar millors formes de facilitar la seguretat laboral a tots els treballadors. Per tant, entre totes les tasques i responsabilitats de la gestió i direcció del manteniment també hi ha:

- Identificació i avaluació dels riscos: Cal realitzar una avaluació exhaustiva dels riscos laborals en les tasques de manteniment. Això pot incloure la realització d'auditories de seguretat, la identificació de les possibles fonts de risc i l'avaluació de les seves conseqüències.
- Desenvolupament de procediments i protocols segurs: Es requereix l'elaboració de procediments operatius estàndard (POE) i protocols segurs per a cada tasca de manteniment. Aquests documents han de descriure les mesures de prevenció, l'ús adequat d'equips de protecció personal, les tècniques de treball segures i les responsabilitats dels treballadors.
- Formació i sensibilització: És essencial proporcionar formació adequada als treballadors sobre les pràctiques segures de manteniment. Això inclou la formació en la manipulació segura d'eines i equips, la consciència dels riscos, l'ús correcte d'equips de protecció personal i els protocols d'emergència.
- Supervisió i control: És important supervisar i controlar les tasques de manteniment per garantir el compliment de les pràctiques de seguretat. Això implica la presència de supervisors qualificats, la realització d'inspeccions periòdiques, l'aplicació de polítiques de tolerància zero i la promoció d'una cultura de seguretat.

7.3. Sistema de bloqueig LOTO

Un sistema que ha marcat diferència per ser fàcil d'aplicar y molt restrictiu és el LOTO (Lockout/Tagout) és un procediment estandaritzat que s'utilitza per prevenir accidents relacionats amb l'energia elèctrica o altres fonts d'energia en el manteniment industrial. Aquest sistema consisteix en una sèrie de passos i mesures que s'han de seguir per desactivar, bloquejar i etiquetar de manera segura les fonts d'energia d'una màquina o equip durant les tasques de manteniment o reparació. El procediment LOTO implica els següents passos:

1. Preparació: Abans de començar el treball, es realitza una avaluació de riscos i s'identifiquen les fonts d'energia que es necessita desactivar. S'informa al personal involucrat sobre les tasques a realitzar i els riscos associats.
2. Apagat: Es talla i es desactiva l'energia de la màquina o equip utilitzant els controls o interruptors adequats. S'assegura que tots els sistemes estiguin apagats i que no hi hagi energia residual.
3. Bloqueig: Es col·loca un dispositiu de bloqueig en el punt de control de l'energia, com ara un cadenat, per prevenir que es torni a connectar l'energia. Aquest dispositiu només pot ser retirat pel personal autoritzat que realitza les tasques de manteniment.
4. Etiquetatge: Es col·loca una etiqueta o targeta de bloqueig en el dispositiu de bloqueig per informar a tothom que l'equip està en manteniment i que no s'ha de connectar. Aquesta etiqueta conté informació com el nom del treballador responsable, la data i el motiu del bloqueig.
5. Verificació: Es verifica que l'energia estigui efectivament desactivada i que no hi hagi energia residual abans de començar les tasques de manteniment. Aquesta comprovació es realitza mitjançant proves o proves d'arrancada controlada.
6. Treball segur: Amb l'energia desactivada i bloquejada de manera segura, es realitzen les tasques de manteniment, reparació o neteja de l'equip amb les precaucions necessàries. S'assegura que només el personal autoritzat tingui accés a l'equip bloquejat.
7. Alliberament: Una vegada finalitzades les tasques de manteniment i s'ha comprovat que tot està en condicions segures, es retiren els dispositius de bloqueig i es restaura l'energia segons les instruccions i procediments establerts.

7.4. Equips de protecció individual

Finalment, els EPIs que haurien de portar els tècnics de manteniment permanentment són:

- Roba de treball ignífuga, anti-atrapades, còmode, transpirable, amb butxaques adients per portar eines, peces, etc.
- Casc, còmode i que transpiri. Si s'han de fer treballs en alçada ha de portar cinta. I si es realitzen treballs d'alta tensió ha d'estar homologat.
- Ulleres de protecció, si cal que siguin graduades.
- Protecció auditiva.
- Guants anti-fregament
- Botes de seguretat.

8. RESPONSABILITATS JURIDIQUES

En aquest apartat veurem superficialment la relació del manteniment amb la llei espanyola i per tant els requeriments legals que té el departament i que té el deure de complir. No especificarem les lleis, ja que és necessari llegir el text original i entendre'l i seguir-lo lletra a lletra.

8.1. Reials decrets relacionats amb el manteniment

A Espanya, el manteniment d'equips i instal·lacions està regulat per diverses lleis i normatives que estableixen els requisits per a les inspeccions, la seguretat i el compliment de les normes tècniques aplicables. A continuació, es mencionen algunes lleis rellevants en aquest context:

- Reial decret 2060/2008: Aquest real decret estableix el règim jurídic dels equips a pressió i les seves instruccions tècniques complementàries (ITC). Defineix les obligacions dels fabricants, propietaris i usuaris d'equips a pressió, així com els requisits per a la inspecció i manteniment periòdic dels mateixos.
- Reial decret 842/2002: Aquest real decret regula la seguretat de les instal·lacions elèctriques d'alta tensió. Estableix els criteris i requisits per a la construcció, explotació i manteniment d'aquestes instal·lacions, incloent la realització d'inspeccions periòdiques.
- Reial decret 919/2006: Aquest real decret estableix el règim de control de la comercialització, l'ús i la posada en servei dels equips i sistemes de protecció destinats a ser utilitzats en atmosferes potencialment explosives. Defineix les obligacions dels fabricants i usuaris, incloent el manteniment adequat dels equips i la realització d'inspeccions.
- Reial decret 513/2017: Aquest real decret estableix les disposicions per a la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors davant els riscos relacionats amb l'exposició a agents químics en el lloc de treball. Inclou l'obligació d'avaluar i controlar els riscos químics, així com de mantenir i realitzar inspeccions periòdiques dels equips utilitzats.

Aquestes són només algunes de les lleis i reglaments que regulen el manteniment d'equips i instal·lacions específiques a Espanya. És important tenir en compte que cada tipus d'equip o instal·lació pot tenir les seves pròpies normatives i regulacions addicionals, per la qual cosa és necessari consultar la legislació específica aplicable a cada cas en particular.

A més, els reglaments tècnics i les normes UNE també són rellevants per al manteniment d'equips i cal tenir-los en compte en funció del tipus d'equip o instal·lació específica.

8.2. Reglament tècnic

Els reglaments tècnics relacionats amb el manteniment industrial a Espanya són un conjunt de normatives i especificacions tècniques que estableixen els requisits i les directrius per a la realització del manteniment d'equips i instal·lacions industrials. A continuació, es presenta un resum dels reglaments tècnics més rellevants en aquest àmbit:

- **Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT):** Aquest reglament establert per Reial decret 842/2002 té com a objectiu garantir la seguretat en la instal·lació, ús i manteniment dels sistemes elèctrics de baixa tensió. Inclou requisits per a les instal·lacions elèctriques i les inspeccions periòdiques per assegurar el seu correcte funcionament i evitar riscos elèctrics.
- **Reglament Electrotècnic per a Alta Tensió (REAT):** Aquest reglament, definit per Reial decret 223/2008, estableix els requisits tècnics per a les instal·lacions elèctriques d'alta tensió. Regula el manteniment, la inspecció i les proves de les instal·lacions d'alta tensió per garantir la seva seguretat i operativitat.
- **Reglament de Seguretat d'Aparells a Pressió (RSAP):** Aquest reglament establert per Reial decret 2060/2008 té com a finalitat regular els equips a pressió utilitzats en diferents indústries. Estableix les inspeccions periòdiques i el manteniment preventiu dels equips a pressió per garantir la seva seguretat i evitar fallades o accidents.
- **Reglament de Seguretat contra Incendis en Establiments Industrials (RSCIEI):** Aquest reglament, definit per Reial decret 2267/2004, estableix les mesures de seguretat contra incendis en els establiments industrials. Inclou disposicions per al manteniment i les revisions dels sistemes de protecció contra incendis, com ara extintors, sistemes d'alarma i sistemes de detecció.
- **Reglament de Seguretat per a Instal·lacions Frigorífiques (RSIF):** Aquest reglament, establert per Reial decret 138/2011, estableix els requisits de seguretat per a les instal·lacions frigorífiques utilitzades en indústries com ara la refrigeració i la climatització. Regula el manteniment preventiu i les inspeccions periòdiques per garantir la seguretat i prevenir fuites de gasos refrigerants.

Aquests reglaments tècnics són alguns dels més importants en el context del manteniment industrial a Espanya.

Cal tenir en compte que existeixen altres normatives específiques per a diferents sectors o tipus d'instal·lacions, com ara la indústria química, la indústria petroquímica, entre altres. És important conèixer i complir amb les regulacions aplicables al tipus d'equip o instal·lació específica per garantir la seguretat i la conformitat normativa en el manteniment industrial.

8.3. Normes UNE relacionades amb el manteniment

Hi ha diverses normes UNE relacionades amb el manteniment industrial que ofereixen directrius i requisits per a la gestió, el manteniment i la seguretat en el context industrial. A continuació, es presenta un resum de les normes UNE més rellevants en aquest àmbit:

- **UNE-EN ISO 9001: Sistemes de gestió de la qualitat:** Aquesta norma estableix els requisits per a un sistema de gestió de la qualitat en tots els àmbits d'una organització. Inclou aspectes rellevants per a la gestió del manteniment, com ara l'establiment de procediments, la documentació, el control de registres i la millora contínua.
- **UNE-EN ISO 55000: Gestió d'actius:** Aquesta norma proporciona un marc per a la gestió d'actius en una organització, incloent els actius relacionats amb el manteniment industrial. S'aborda la planificació, l'adquisició, l'operació, el manteniment i la disposició d'actius per optimitzar el seu valor i la seva utilitat a llarg termini.
- **UNE-EN 13306: Terminologia de manteniment:** Aquesta norma estableix els termes i definicions relacionats amb el manteniment industrial. Proporciona un llenguatge comú per a la comunicació i la comprensió de conceptes i pràctiques de manteniment.
- **UNE-EN 13460: Gestió de l'energia:** Aquesta norma aborda la gestió de l'energia en el context industrial, incloent la implementació de pràctiques de manteniment eficients des del punt de vista energètic. Proporciona directrius per identificar i aplicar mesures per a l'estalvi energètic i la millora del rendiment energètic en les operacions de manteniment.
- **UNE-EN 14118: Seguretat de les màquines: Elements de protecció:** Aquesta norma especifica els requisits per als elements de protecció utilitzats en màquines, incloent les mesures de seguretat relacionades amb el manteniment. Aborda aspectes com ara les barreres de protecció, les proteccions mòbils i les precaucions específiques per al manteniment de les màquines.

És molt important revisar totes aquestes normatives a fons i aplicar-les al peu de la lletra doncs probablement la companyia rebrà inspeccions on haurà de certificar la legalitat de les instal·lacions, sota grans sancions si s'incompleixen, incloent el cessament de l'activitat.

9. CONCLUSIONS

Amb la retrospectiva del treball, podem dir que el manteniment és una inversió, ja que organitzat de forma eficient, et retona en productivitat, qualitat i seguretat, tots els recursos que s'hi destini. És completament escalable i cada companyia haurà de decidir quin nivell de fiabilitat en els tres aspectes anomenats anteriorment vol i dimensionar el departament de manteniment en conseqüència. Podent fer-lo créixer o disminuir si sorgeix la necessitat més endavant.

Per tant, cal que es comenci a canviar la perspectiva de què el manteniment és un cost i començar a acceptar que per les companyies industrials modernes, és absolutament essencial per ser competitiu en els mercats actuals, on l'exigència en la qualitat és màxima i la flexibilitat productiva un requisit.

El manteniment ha estat capaç d'evolucionar i adaptar-se al ritme de l'exigència dels mercats i pot donar solució a tots els reptes que se li proposin. Tot i això, a Espanya encara hem de recórrer molt camí per equiparar-nos al nivell del Japó, Estats Units, Alemanya, Països Baixos o Suècia. Cal doncs un canvi de mentalitat a tota la indústria per posar-nos definitivament al nivell de productivitat i qualitat per competir amb els països industrials més avançats. Els coneixements els tenim, falten els recursos.

10. BIBLIOGRAFIA

Llibres:

- Gonzalez Fernandez, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 5a edición. Editorial FC.
- Arata, Adolfo, i Furlanetto, Luciano (Editors). Manual de gestión de activos y mantenimiento. Editorial RiL.
- Suzuki, Tokutaro (Editor). TPM en industrias de proceso. Editorial TGP-Hoshin.

Fonts web:

- "Valor actual neto." Economia3. [En línia] Disponible a: <https://economia3.com/valor-actual-neto/>
- "Tasa interna de retorno." Economia3. [En línia] Disponible a: <https://economia3.com/tasa-interna-retorno/#:~:text=Para%20calcular%20la%20TIR%2C%20se,multiplicar%20el%20resultado%20por%20100.>
- Solo Ingeniería. [Fòrum en línia] Disponible a: <https://soloingenieria.net/foros/viewforum.php?f=27>
- Mantenimiento-MI. [Lloc web especialitzat en manteniment] Disponible a: <https://mantenimiento-mi.es/categoria/mantenimiento>
- "Análisis de modos de fallas y efectos (FMEA)." Blog de la Calidad. [En línia] Disponible a: <https://blogdelacalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea>