

APROFUNDIMENT

MANTENIMENT PREDICTIU



TENDÈNCIES, REPTES, OPORTUNITATS I POSICIONAMENT

ÍNDEX

Presentació de la monografia	 3
1. Definició	 4
2. Tècniques de manteniment predictiu	 5
3. Eines d'anàlisi predictiu	 6
2.1. Big Data	
2.2. Intel·ligència artificial	
4. Característiques del manteniment predictiu	 7
5. Aplicació al territori	 8
6. Tendències i reptes	 9
7. Casos i aplicacions pràctiques	 10
5.1. Thyssenkupp i les pioneres actuacions de manteniment predictiu als ascensors	
5.2. Sitech, manteniment predictiu a la indústria química	
5.3. Infrabel, la xarxa ferroviària de Bèlgica	
5.4. Sistema de detecció de defectes als Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya	
5.5. Sigma Industrial Precision, la <i>startup</i> del TecnoCampus de Mataró	
5.6. La Farga, primera empresa en implementar el software Effitronix	
8. Repercussió i aplicabilitat a l'AMB	 17
9. Recomanacions	 18
10. Bibliografia	 19



PRESENTACIÓ DE LA MONOGRAFIA

L'elevada disponibilitat i el baix cost de les tecnologies digitals han convertit en els últims anys el manteniment predictiu en un *hype*. Alguns experts ja parlen del principal model de negoci (*killer app*) de la Internet de les Coses.

L'aprenentatge automàtic (*machine learning*) i l'anàlisi predictiva, principals tecnologies en les quals es basa el manteniment predictiu, permeten predir quan i on es poden produir errors en instal·lacions i organitzacions, potenciant l'eficiència de les peces i optimitzant-ne el temps de treball. Els resultats són contundents: reducció del temps necessari per planificar el manteniment de màquines i sistemes entre un 20 i un 50%, augment del temps d'activitat i disponibilitat d'equips entre un 10 i un 20% i reducció dels costos de manteniment globals en gairebé un 10% [1].

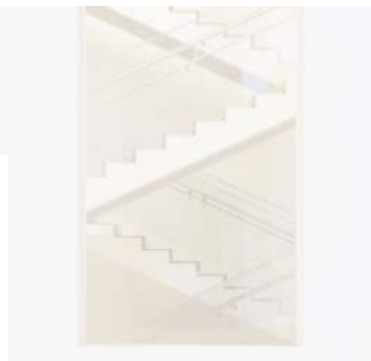
L'any 2017 el manteniment predictiu va comportar al mercat un volum de 2.200 milions de dòlars. Per a l'any 2022, s'espera un creixement anual d'un 29%, arribant a un volum total de 10.000 milions de dòlars. [2]

Aquest informe té com a objectiu definir el concepte, els elements i els avantatges del manteniment predictiu, tot identificant les tendències i els reptes fonamentals als quals s'ha de donar resposta.

TENDÈNCIES
REPTES
OPORTUNITATS
TROP
POSICIONAMENT



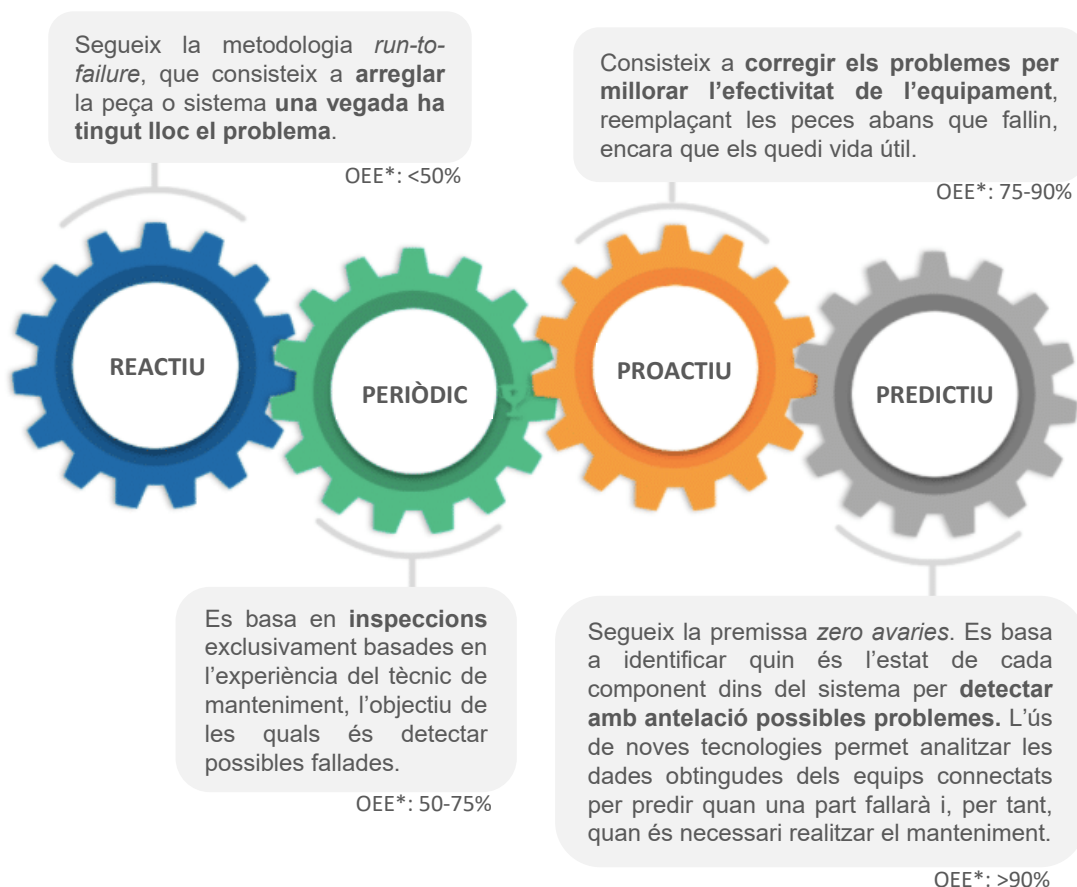
DEFINICIÓ



El **manteniment** es defineix com les accions necessàries per conservar o restaurar un sistema a un estat òptim perquè compleixi amb la seva funció. L'objectiu principal és preservar la capacitat i la funcionalitat del sistema, evitant-ne els **errors** (qualsevol canvi o anomalia que provoqui un nivell de rendiment insatisfactori).

Tot i que només certs errors originen un risc greu en la productivitat i seguretat d'un sistema, la majoria provoquen avaries disruptives i costoses, a més d'una pèrdua de qualitat. Així, els plans de manteniment estan dissenyats per reduir o eliminar el nombre d'errors i els costos associats.

Existeixen diferents tipus de **plans de manteniment** en funció del moment en el qual s'actua davant d'un problema [3]:



Tradicionalment, el dilema de la indústria de manteniment ha sigut escollir entre maximitzar la vida útil d'una peça –amb el risc d'experimentar una potencial fallada- o maximitzar el temps d'activitat de la maquinària a través d'una substitució primerenca de peces potencialment bones. El manteniment basat en revisions periòdiques (manteniment preventiu) és el mètode més estès i utilitzat actualment, tot i que aquestes tècniques es classifiquen cada vegada més com a mètodes defectuosos i poc fiables. Les noves eines 4.0 permeten al sector evolucionar cap a un manteniment predictiu, mitjançant l'ús de sensors i sistemes de control i d'adquisició de dades (SCADA), ajudant-los a millorar la presa de decisions.



Tècniques de manteniment predictiu

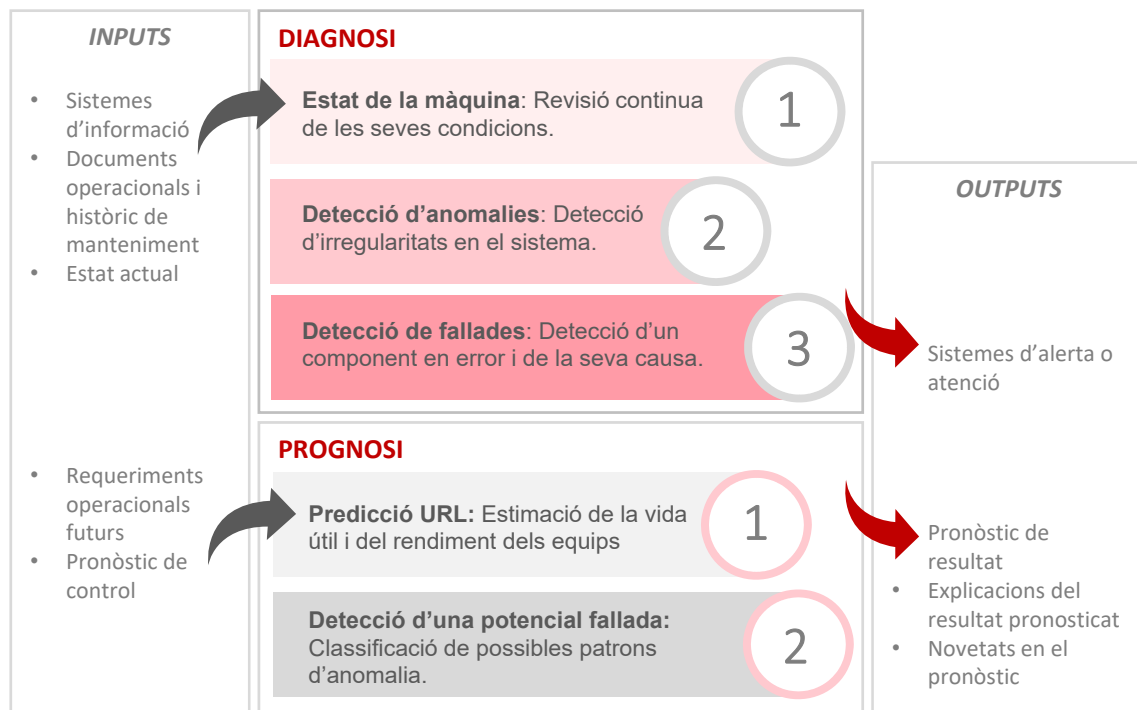
Per dur a terme el manteniment predictiu és necessari un **sistema addicional de suport intel·ligent** que supervisa l'estat del sistema inicial mitjançant la utilització de dades en temps real. D'aquesta manera, el sistema és capaç de proporcionar informació sobre quan realitzar el manteniment per tal d'eliminar les avaries imprevistes i minimitzar els costos de manteniment i el temps d'inactivitat de la màquina. El sistema de suport intel·ligent està format per dos components que es retroalimenten: un sistema de diagnòstic i un sistema de prognosi [4].



Les tècniques de manteniment predictiu ajuden a determinar quina és la condició del sistema i prediuen quan i quines reparacions s'han de realitzar. L'objectiu principal és permetre la programació de les reparacions abans que tingui lloc un error i així evitar fallades inesperades de l'equip.



El procés de **diagnòstic** es basa a buscar la causa que ha portat a una fallada del sistema. Es detecten, s'aïllen i s'identifiquen errors, i es crea un registre de diagnòstic. Després es busca un patró dins d'aquest registre que permeti identificar una possible fallada del sistema.



El procés de **prognosi** utilitza les condicions actuals del sistema i els futurs requisits operatius per predir-ne la condició futura i així calcular amb precisió la vida útil que li resta abans que tingui lloc una fallada. L'enfocament, contràriament al procés de diagnòstic, va des de la causa a l'efecte.



Eines d'anàlisi predictiva

1 BIG DATA

El *Big Data* fa referència a la gestió i anàlisi de grans volums de dades que no poden ser tractades per eines de *software* convencionals, ja que en superen els límits i capacitats. L'anàlisi del *Big Data* proporciona informació precisa i oportuna per a la presa de decisions, ajudant -entre d'altres- a buscar patrons i dissenyar models que permetran definir el manteniment predictiu.

Les característiques del *Big Data* es coneixen amb el nom de les "4Vs" [5]



VOLUM: el *Big Data* es caracteritza per presentar un elevat volum de dades que cal emmagatzemar i analitzar. És per això que en els últims anys la gestió del *Big Data* s'ha modificat fins a l'escala del *petabyte*, *PB* (un milió de *gigabyte*, *GB*) i s'han desenvolupat diferents tècniques d'intel·ligència artificial per analitzar-les.



VELOCITAT: mitjançant l'ús de sistemes de recuperació de dades automàtics (per exemple amb l'ús de sensors i xarxa sense fils), la transacció de dades ha augmentat ràpidament, permetent la recopilació d'informació instantània i la velocitat de producció i transmissió de dades.



VARIETAT: actualment les dades es poden presentar tant en sistemes numèrics com en forma d'imatges, vídeos, àudios, etc.



VALOR: les tècniques analítiques del *Big Data* permeten trobar les dades clau que interessa utilitzar dins de les enormes quantitats de dades emmagatzemades.

2 INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL

L'ús d'intel·ligència artificial per a l'anàlisi de *Big Data* és freqüent en els sistemes de manteniment predictius. Existeixen principalment tres tècniques que es poden utilitzar, en funció del tipus de sistema i de les dades disponibles que es vulgui analitzar.

SISTEMA BASAT EN EL CONEIXEMENT (*Knowledge Based System*)

Es basa en definir regles a partir de patrons de dades per tal de crear algorismes. El coneixement prové a partir de la intel·ligència i l'expertesa humana.

MINERIA DE DADES (*Data Mining*)

L'objectiu del procés és crear un model de reconeixement de patrons i anàlisi de característiques que permet classificar dades en grups, detectar funcions irregulars i mesurar les dependències entre dades. A mesura que es tenen més dades, augmenta la precisió.

APRENTATGE AUTOMÀTIC (*Machine Learning*)

Es basa en l'estudi i la construcció d'algorismes que poden fer prediccions sobre dades a partir d'elements estadístics de relacions històriques i tendències en les dades (un exemple seria el filtratge dels correus *spam*).



Característiques del manteniment predictiu

L'accés en temps real a dades i la intel·ligència artificial permeten un flux continu i cíclic d'informació i accions entre el món físic i el digital. Aquest flux es produeix mitjançant tres etapes:

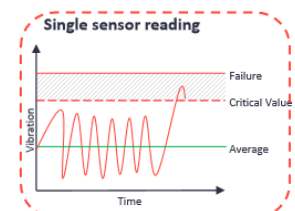
1. En primer lloc, la informació es captura del món físic i es digitalitza.
2. En segon lloc, els sistemes tecnològics i l'ús d'intel·ligència artificial permeten compartir i analitzar les dades per generar coneixements significatius, com per exemple l'establiment de patrons, la creació d'algoritmes i models.
3. Finalment, s'aplica el coneixement generat en una situació real, per exemple per determinar quan s'ha d'efectuar el manteniment d'un component del sistema.



Eines de manteniment predictiu

Per desenvolupar un sistema de manteniment predictiu, cal un seguit de tecnologies connectades entre elles, com ara sensors i protocols de comunicació, eines de gestió i anàlisi de dades i plataformes de visualització de dades [6].

Equips connectats	Control remot	Anàlisi predictiva	Pla de manteniment
Sensors	Xarxa	Eines de gestió	Visualització de dades
<p>Transformen les accions físiques de les màquines en senyals digitals, monitorant variables com la temperatura, la vibració o la conductivitat.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sensors integrats (en equips)</i> • <i>Sensors externs (temperatura, vibració, amperatge)</i> 	<p>Permet el transport de dades dels diferents components captats fins a un sistema central on s'emmagatzemen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Connectivitat (Bluetooth, Wi-Fi, LoRa, RFID, etc.)</i> 	<p>Analitzen les dades mitjançant tècniques analítiques i estadístiques (per tal de crear algoritmes i models predictius).</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dades existents (ERP, PLCs, estàndards, etc.)</i> • <i>Eines analítiques (IoT, machine learning, intel·ligència artificial, data in motion, data at rest, etc.)</i> 	<p>Permet emprendre una acció manual (mitjançant operaris) o autònoma (utilitzant màquines) per tal de dur a terme el manteniment necessari.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aplicacions (pantalles mòbils, dashboards, etc.)</i> • <i>Plataformes (tiquets automàtics, etc.)</i>





El manteniment predictiu pren un paper rellevant en aquesta quarta revolució industrial, en la mesura en què encaixa perfectament amb els principis d'anticipació, eficiència i eficàcia de la fàbrica intel·ligent.

Dins de les fàbriques, el manteniment predictiu s'utilitza cada vegada més per optimitzar les operacions internes, garantint el flux continu de la producció i resultant en guanys d'eficiència d'entre el 20 i 30%[8].

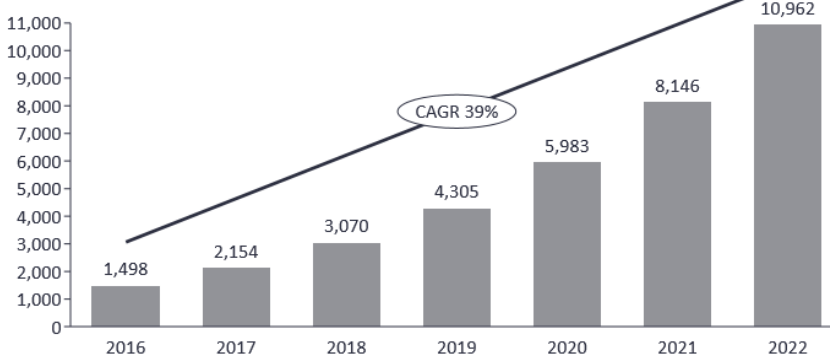
La veritable revolució, però, passa fora de l'entorn productiu amb la inclusió de sensors i altres eines que avisen als consumidors de potencials errors, abans que redundin en aturades. Es tracta d'una dinàmica que revolucionarà la indústria del manteniment, i de la qual molt del seu potencial encara no està explotat.

Actualment, la manca d'un pla de manteniment ha demostrat reduir la capacitat productiva d'una planta entre el 5 i el 20%. Estudis recents han estimat que els costos industrials d'inactivitat no planificada causada per fallades en la cadena de producció pugen a 50.000 milions de dòlars anuals [7].

Evolució del mercat en els propers anys

IoT Analytics va estimar l'any 2016 que la indústria del manteniment predictiu tenia un pes de gairebé 1.500M\$, preveient que es multipliqui per set en els pròxims sis anys.

Global Market Size¹ in \$M



1.498M\$

és el pes total que va suposar la indústria del manteniment predictiu l'any 2016

39%

taxa prevista de creixement dels propers 6 anys.

Drivers de creixement

Nous models de negoci

- El creixement del manteniment predictiu es veurà impulsat en gran part pel sorgiment de nous models de negoci predictius.



Creixent aposta dels equips directius

- L'aposta creixent per la digitalització per part de les organitzacions impulsarà un creixent interès per les tècniques predictives per part dels equips de direcció.



Caiguda del cost de la tecnologia (IoT)

- La normalització i escalabilitat de la Internet de les Coses facilitarà l'adopció de les noves tecnologies 4.0 en el curt termini.



Reemplaçament tecnològic favorable

- Algunes de les solucions de manteniment periòdic o proactiu s'actualitzaran progressivament a favor de tècniques més sofisticades, encaminades a la predicció.



Tendències i Reptes



TENDÈNCIES

REDUCCIÓ DELS COSTOS DE MANTENIMENT

El manteniment predictiu permet l'optimització dels recursos humans i materials, ja que la detecció anticipada de possibles fallades permet organitzar millor el treball dels operaris i el temps restant de funcionalitat d'una màquina. Això, al seu torn permet reduir els costos reals associats a les operacions de manteniment, ja que disminueix el cost de la mà d'obra i el cost de les peces de recanvi, eines i altres equips necessaris.

PLANIFICACIÓ I PROGRAMACIÓ

En ser predictiu, les possibles fallades es detecten de manera transparent i amb prou antelació, afavorint que el manteniment es faci amb més qualitat, sense perdre operativitat ni volum de producció, i donant agilitat al procés productiu.

REPTES



ALTA INVERSIÓ

Per tal de poder obtenir les dades necessàries que permetin crear models pel manteniment predictiu, cal una alta inversió inicial en *big data* i en el conjunt de tecnologies d'anàlisi predictiva, que encara estan en etapes molt inicials de desenvolupament. L'actualització dels equips productius per peces intel·ligents també pot augmentar el cost de conversió.

SEGURETAT

L'adopció de dispositius intel·ligents i connectats i la ubicuïtat que requereix la Internet de les Coses, fa necessari que les organitzacions que implementin noves tecnologies d'anàlisi predictiva considerin salvaguardar l'accés a material i actius crítics. Una actitud proactiva envers la ciberseguretat és essencial en un entorn cada cop més connectat i propens al repte dels ciberatacs.

TRANSPARÈNCIA I PRESA DE DECISIONS HOLÍSTICA

La presa de decisions s'efectua en funció de dades rellevants, augmentant la transparència i aconseguint una major visibilitat de les millores productives obtingudes en rendiment, els objectius financers i els *trade-offs* que requereix el mateix.

TÈCNICA ON-CONDITION

La majoria de tècniques de manteniment predictiu es duen a terme amb la maquinària a ple rendiment (*on condition*), resultant en una major eficiència.

MILLORA DEL SERVEI

La creixent (i encara incipient) aposta de les organitzacions per plans de manteniment predictiu, fora del procés productiu, anticipant les avaries de productes demostra l'elevat interès de les organitzacions per augmentar la vida útil dels equips i oferir un servei o producte de confiança i de qualitat. Els resultats produeixen una major satisfacció i fiabilitat del client envers l'empresa.

NOUS PROFESSIONALS I APOSTA PER UNA FORMACIÓ CONTINUADA

Un dels majors reptes de les organitzacions és com afrontar la transició d'un manteniment reactiu o periòdic a un manteniment més àgil i intel·ligent. Fins ara, les empreses comptaven amb perfils tècnics i d'inspecció per dur a terme les tècniques manuals de manteniment en instal·lacions i sistemes. Amb el desenvolupament del manteniment predictiu, cada vegada caldran més especialitzacions en la formació: ciències de dades, enginyeries de tecnologies de la informació, enginyeries d'anàlisi de dades, etc.

Comptar amb professionals especialitzats, amb experiència i amb una formació continuada, serà vital per a una gestió bona i diferenciada del manteniment en un futur pròxim.

CASOS I APLICACIONS PRÀCTIQUES



CAS 1

Servei de manteniment integral pioner dels ascensors

El sistema MAX preveu actuacions de manteniment predictiu als ascensors, reduint la necessitat de recanvi d'alguns components o sistemes abans de la finalització del seu cicle de vida i augmentant així la disponibilitat d'ascensors i la seva eficiència.



CAS 2

Servei de manteniment predictiu a la indústria química

Els ordinadors de Sitech filtren i estableixen relacions entre l'enorme quantitat de dades recollides a les fàbriques i desenvolupen un model predictiu que indica quan una instal·lació pot tenir un mal funcionament d'alguns dels seus components.



CAS 3

Servei de manteniment predictiu a la xarxa ferroviària de Bèlgica

Desenvolupament d'un sistema de manteniment predictiu per reduir el nombre d'inspeccions visuals dels equips per part dels operaris a la xarxa ferroviària de Bèlgica.



CAS 4

Sistema de detecció de defectes als Ferrocarrils

Implementació del manteniment predictiu de les vies dels ferrocarrils a partir del desenvolupament d'un sistema de detecció i monitorització de defectes i fissures en els canvis d'agulla de les vies a partir de la sonorització de l'emissió acústica.



CAS 5

Sistema de manteniment predictiu al TecnoCampus de Mataró

Implementació del manteniment predictiu a diferents actius industrials mitjançant una plataforma pròpia desenvolupada per la Start-up del TecnoCampus Sigma Industrial Precision.



CAS 6

La Farga, pionera en implementar el software Effitronix per manteniment predictiu

S'ha desenvolupat un sistema de manteniment predictiu que permet reduir el nombre de parades no controlades i detectar períodes d'inoperativitat del procés continu que té lloc dins una planta metal·lúrgica.

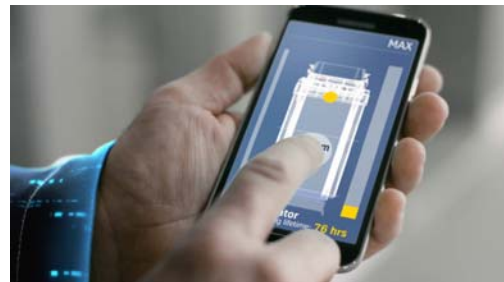
- **Any actuació:** 2015
- **Aplicació:** Manteniment d'ascensors
- **Iniciativa:** Privada
- **Abast d'actuació:** Internacional

DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Servei de manteniment integral dels ascensors MAX

MAX és el primer sistema de manteniment predictiu a la indústria dels ascensors [10]. Està desenvolupat pel conglomerat multinacional Thyssenkrupp i permet augmentar la disponibilitat dels ascensors i reduir el temps de problemes a través de diagnòstics a temps real.

A escala mundial, més de 12 milions d'ascensors realitzen 7 mil milions de viatges transportant a més de mil milions de passatgers cada dia. Fent que cada any es necessitin 190 milions d'hores de manteniment d'alguns dels components dels ascensors. El sistema MAX preveu actuacions de manteniment predictiu, reduint la necessitat de recanvi d'alguns components o sistemes abans de la finalització del seu cicle de vida, augmentant així la disponibilitat d'ascensors i la seva eficiència.



Funcionament

La companyia ha establert la connexió de tots els elements d'un ascensor (sistemes de tancament i obertura de portes, trucades d'emergència, llum, codis d'error, etc.) a un sistema central (MAX). Totes les dades capturades s'envien al núvol de manera continua, i a través d'algoritmes, s'analitzen els patrons de comportament i la salut de l'ascensor i els seus components. Els diagnòstics que en deriven són enviats als tècnics en temps real, indicant on es necessita intervenir.

Mitjançant una anàlisi de dades holística de tots els ascensors MAX connectats de tot el món i la seva capacitat d'aprenentatge automàtic, es transformen els problemes actuals en dades significatives per oferir un servei de manteniment predictiu i preventiu als ascensors.

Maximitzar el temps d'activitat de l'ascensor no només comporta beneficis per als usuaris a través de la reducció del temps d'espera, sinó que les empreses augmentaran en productivitat, ja que s'ha observat que amb aquest sistema, el temps d'inactivitat dels ascensors s'ha reduït a la meitat.

Actualment el conglomerat també està desenvolupant un sistema de manteniment predictiu per a les escales mecàniques i espera implementar-lo en els anys vinents.



LESSONS LEARNT

Els ascensors són un dels principals elements dels edificis que més avaries tenen al llarg de la seva vida útil, a més de ser una instal·lació molt utilitzada diàriament. L'aplicació d'un sistema de manteniment predictiu en comptes del conjunt preventiu-correctiu que es duu a terme actualment, ajudaria a millorar-ne l'eficiència, augmentant el nombre de viatges que poden realitzar de forma segura.

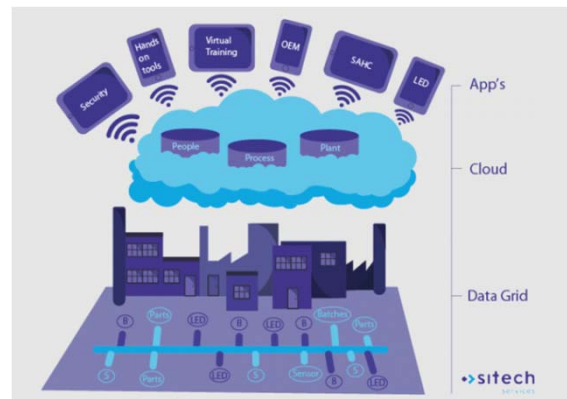
- **Any actuació:** 2016
- **Aplicació:** Indústria química
- **Iniciativa:** Privada
- **Abast d'actuació:** Chemelot, Països Baixos

DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Servei de manteniment predictiu a diverses indústries químiques d'Holanda

Fundada l'any 2006 com una spin-off de l'empresa de manteniment DSM, Sitech ofereix solucions tecnològiques a 22 fàbriques de Chemelot, un complex d'indústries químiques situat als Països Baixos. La seva facturació anual és d'uns 280 milions d'euros, dels quals al voltant de 60 milions es poden atribuir als serveis de manteniment que presten els seus 370 treballadors. Els seus clients inclouen DSM, Sabic, Borealis, OCI Nitrogen i Arlanxco.

L'any 2016, l'organització va inaugurar el Sitech Asset Health Center (SAHC) [11], un centre on es controlen més de 500 instal·lacions del complex amb l'objectiu d'analitzar les dades que arriben i buscar tendències que permetin saber i predir l'estat de les instal·lacions. L'ús d'eines estadístiques i d'intel·ligència artificial permet desenvolupar models predictius que anticipin un mal funcionament d'algun dels components de les instal·lacions, millorant la seguretat, fiabilitat i disponibilitat de la instal·lació i del procés productiu, i reduint els costos de manteniment.



Reptes de la implantació

La contractació d'un científic de dades per tal de desenvolupar un model d'aprenentatge automàtic i la realització d'una prova pilot prèvia van ser claus en el disseny i la implantació del *Centre de Salut* (SAHC). Els enginyers de Sitech eren conscients de les principals fallades dels sistemes del complex i de les dades que podien necessitar, però fins a la creació del model predictiu no havien donat importància a la temperatura de l'aire exterior pels mesuraments. La instal·lació de sensors addicionals i diferents entorns de prova van permetre detectar una falla sis dies abans que tingués lloc, gràcies a una millor captació de factors de l'entorn. Actualment, la companyia ja controla més de 500 instal·lacions, i el seu objectiu és controlar-ne almenys 5.000 en un termini de tres anys.

El principal repte ara, segons Richard Schouten, director de fàbrica, és l'envelliment de la ma d'obra de l'organització. En els propers deu anys, la meitat dels seus enginyers i tècnics tenen previst retirar-se. I fins ara, la recerca i contractació de perfils tècnics especialitzats en manteniment predictiu, disposats a quedar-se a llarg termini a l'organització, ha sigut tot un repte: només han aconseguit captar i retenir de dues a tres persones per any. Esperen no obstant, que la digitalització ajudi en aquest reemplaçament.



LESSONS LEARNT

La implantació d'un sistema central per a una millor detecció de les falles en els processos productius comença a ser tendència en les empreses que ofereixen serveis de manteniment predictiu. No obstant, l'envelliment de la ma d'obra i el reemplaçament d'aquesta per perfils més digitals està sent tot un repte per les organitzacions del sector.

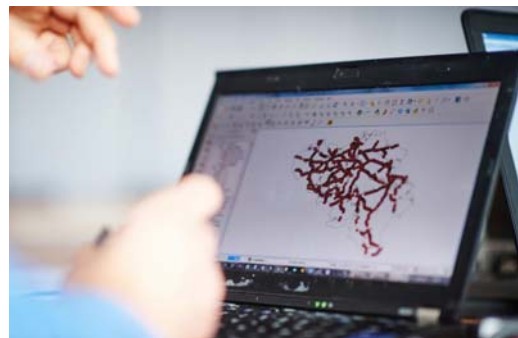
- **Any actuació:** 2018
- **Aplicació:** Xarxa ferroviària de Bèlgica
- **Iniciativa:** Pública
- **Abast d'actuació:** Bèlgica

DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Servei de manteniment predictiu a la xarxa ferroviària de Bèlgica

Infrabel és l'empresa estatal responsable de les infraestructures ferroviàries belgues. Cada any inverteix al voltant de mil milions d'euros per a la gestió, manteniment i desenvolupament de la infraestructura ferroviària del país, que conté més de 3.600 quilòmetres de línia amb un trànsit de més de 4.200 trens diaris.

Després de doblar el nombre de passatgers diaris en deu anys (arribant als 800.000), de nombroses pressions de l'administració per a la millora de la seguretat ferroviària, i de l'onada de jubilacions dels tècnics de manteniment (i la falta de nous operaris amb coneixement i experiència), Infrabel ha apostat aquest any per desenvolupar i implementar una base d'actius intel·ligents per al manteniment predictiu [12].



El sistema permet reduir el nombre d'inspeccions visuals dels equips per part dels operaris de manteniment, reduint dràsticament les possibilitats que els trens tinguin un accident quan es mouen per

les vies i permetent assegurar la disponibilitat de combois per cobrir els trajectes. La regulació, però, no avança a la mateixa velocitat que les noves tecnologies i l'empresa s'enfronta a un altre repte en els propers anys: una estricta regulació que preveu un nombre mínim d'inspeccions visuals l'any, i que fan menys eficient el sistema de manteniment predictiu implantat.

Funcionament

La transició cap al manteniment predictiu es basa principalment en la digitalització de la infraestructura ferroviària i l'automatització de diferents processos de manteniment. L'empresa ha instal·lat càmeres, sensors i altres dispositius intel·ligents al llarg de tota la xarxa, que envien dades a un sistema centralitzat i permeten obtenir un mapa digital de l'estat de la xarxa en tot moment.

Amb la digitalització, els tècnics han passat a treballar a peu de via amb tauletes, a les quals reben els treballs de manteniment que cal realitzar i les localitzacions exactes, evitant desplaçaments innecessaris. Al seu torn, els operaris també poden introduir dades i comentaris, que s'envien al sistema centralitzat i permeten revisar i optimitzar els models del manteniment predictiu. Tota la informació sobre la infraestructura ferroviària s'actualitza i consolida digitalment, facilitant una planificació estratègica del manteniment, en la que s'optimitzen els recursos humans i materials.



LESSONS LEARNT

La digitalització de la xarxa ferroviària junt amb l'habilitació d'un sistema intel·ligent i predictiu de manteniment són claus per assegurar la seguretat i fiabilitat de les instal·lacions públiques, així com per anticipar possibles falles com les de l'accident ferroviari a la línia R4 de Rodalies, que va tenir lloc el passat 20 de novembre.

- **Any actuació:** 2015-2017
- **Aplicació:** Xarxa ferroviària.
- **Iniciativa:** Pública
- **Abast d'actuació:** Catalunya

DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Sistema de detecció i monitorització de defectes i fissures incipients en els canvis d'agulles dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya

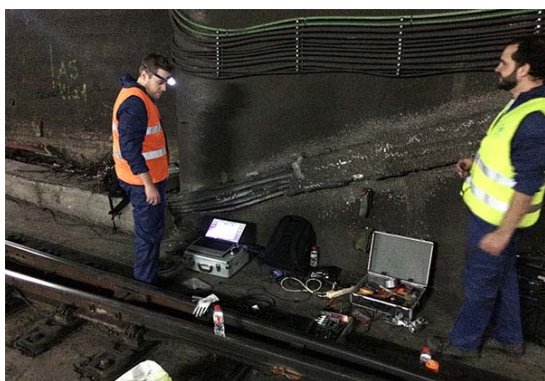
Entre els anys 2015 i 2017, es va dur a terme el projecte PREDIVIA, un projecte d'R+D+i subvencionat pels Fons Europeus pel Desenvolupament Regional de la Unió Europea i desenvolupat entre els Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC), Eurecat-CTM, l'empresa privada d'enginyeria i fabricació de maquinària INGIMEC i el grup d'investigació MCIA de l'UPC [13].

L'objectiu inicial del projecte era desenvolupar un sistema de detecció i diagnòstic dels estats incipients d'esquerdes en els elements crítics de la infraestructura ferroviària, per tal de predir una possible fractura d'algun component. El sistema intel·ligent, basat en la supervisió contínua de l'emissió acústica i l'anàlisi de senyals d'ultrasons, es va utilitzar durant dos anys en assajos controlats, per tal d'identificar patrons acústics (associats a la presència de fissures) amb l'objectiu d'elaborar models sobre l'evolució i creixement de les esquerdes. D'acord a les mesures reals de camp, l'any 2017 es va desenvolupar un projecte independent per tal de desenvolupar un prototip de sensor intel·ligent.



Projecte BEA

A partir del treball realitzat, els FGC, el grup d'investigació MCIA i les empreses d'enginyeria electrònica Draco Systems i WorldSensing, han desenvolupat un nou projecte (el projecte BEA), i han creat el primer prototip de sensor intel·ligent per a la detecció i identificació de fissures a les vies del tren. El



sensor permet determinar quan temps queda abans que sigui necessari canviar una peça, així com la posterior comunicació amb la persona usuària (servei de manteniment) per localitzar l'avaria i substituir l'element de la infraestructura abans que es trenqui.

Els beneficis són clars: augment de la seguretat, maximització de la disponibilitat de la infraestructura (augmentant-ne la vida útil efectiva), així com la reducció de l'impacte de les operacions de reparació i manteniment (i els seus costos associats).

LESSONS LEARNT

Per dur a terme un bon manteniment, és important extreure dades de tots els elements que participen en el sistema a mantenir. La investigació sobre nous sistemes i instruments de mesura permet obtenir més dades per alimentar el sistema de manteniment predictiu, fent que sigui més exacte i fiable. La utilització de fons europeus per al cofinançament d'aquests sistemes és una opció cada cop més utilitzada pels agents del territori.



- **Any actuació:** 2018
- **Aplicació:** Actius industrials
- **Iniciativa:** Privada
- **Abast d'actuació:** Internacional

DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Servei de manteniment predictiu per a diferents actius industrials

Sigma Industrial Precision neix al gener de 2008 arran d'un acord entre dos doctorands i un catedràtic de l'UPC per a l'acceleració del desenvolupament de models d'anàlisi elèctrica. Ubicada al parc empresarial del TecnoCampus de Mataró, l'*start-up* va desenvolupar en cinc mesos una primera versió d'una eina d'intel·ligència artificial al núvol, la *Predictive Sigma*. Es tracta d'una pionera solució *plug&play* de cost reduït, per arribar a tots els racons de la indústria [14].

Funcionament

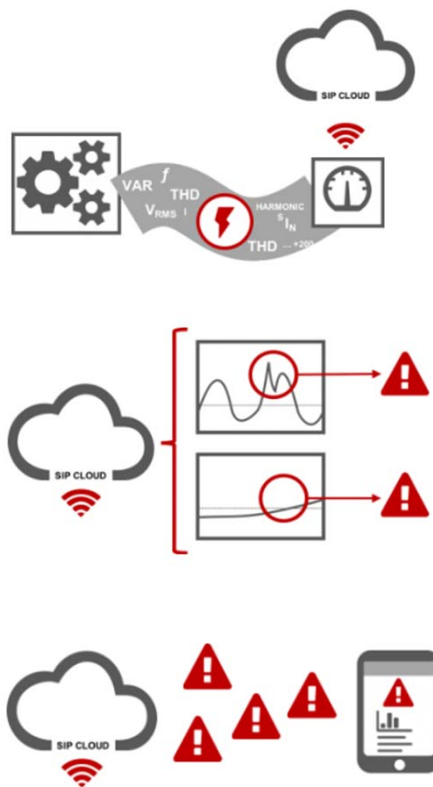
Predictive Sigma du a terme el monitoratge i anàlisi del comportament elèctric de cadascun dels actius connectats a la plataforma. A través de potents equips que utilitzen tot el potencial de les tecnologies de la indústria 4.0 (IoT, *cloud computing*, intel·ligència artificial, *machine learning* i *big data*), analitza en temps real més de 200 paràmetres elèctrics, identificant anomalies significatives i informant als seus usuaris sobre l'origen i possibles causes d'aquestes.

Per la monitorització elèctrica i la recollida de dades s'utilitzen sensors de molt alta resolució, capaços de recollir centenars de paràmetres elèctrics de manera automàtica. Les dades, es recol·lecten de manera contínua i s'utilitzen per generar models de funcionament òptim i algorismes que permeten identificar desviacions o tendències negatives sobre el comportament òptim de la maquinària en estats molt prematurs. El sistema també preveu la validació de prediccions per part del personal tècnic per tal de possibilitar-ne la pròpia millora contínua.

Resultats

L'organització ha sigut seleccionada per ACCIÓ com una de les 50 *startups* amb més projecció a Catalunya, a més de ser convidada a l'*IOT Solutions World Congress*, on va captar molta atenció en presentar un pilot a petita escala d'una planta industrial i demostrar l'ús de la seva solució en un hipotètic escenari real.

En nou mesos, Sigma Industrial Precision ha dut a terme proves pilot a TMB (metro de Barcelona) i signat diferents col·laboracions amb empreses de serveis nacionals en l'àmbit de l'aigua, el transport i la fabricació de cosmètics. L'*startup* busca empreses de capital risc o àngels inversors per tal de captar 200.000€ a finals d'any i accelerar així el complet desenvolupament de la plataforma al núvol, fer més tests amb maquinària industrial i llançar accions de màrqueting [15].



LESSONS LEARNT

La digitalització ha permès que en els últims anys comencin a néixer *startups* especialitzades en innovacions tecnològiques. El manteniment industrial pot convertir-se en la clau cap a una nova generació de plantes industrials més eficients, productives, competitives i intel·ligents. No obstant, és necessari que tant empreses com administracions inverteixin per impulsar aquests nous projectes.

- **Any actuació:** Des de 2011
- **Aplicació:** Planta metal·lúrgica
- **Iniciativa:** Privada
- **Abast d'actuació:** Osona (Les Masies de Voltregà)

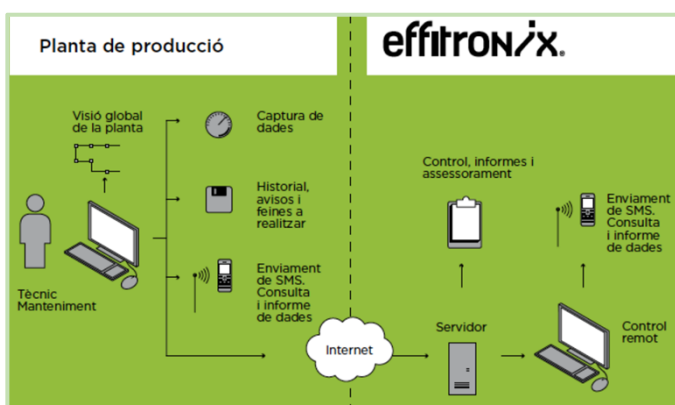
DESCRIPCIÓ DE LA INICIATIVA

Servei de manteniment preventiu a temps real en una planta metal·lúrgica

Effitronix és una empresa amb més de vint anys d'experiència en manteniment i automatització industrial. L'any 2011 es va proposar el repte de desenvolupar un innovador sistema de manteniment predictiu continu i dinàmic, però necessitava d'un soci tecnològic (usuari final) per poder testejar el resultat de les seves funcionalitats. Fruit d'això i mitjançant un ajut del Centre pel Desenvolupament Tecnològic Industrial (CDTI) es va crear un consorci entre la Farga Rod i Effitronix, amb l'objectiu de desenvolupar i implantar el sistema de manteniment predictiu continu MICO24.

El MICO24 és una eina tecnològica de predicció que, mitjançant un sistema de sensors especialitzats, mesura i analitza de forma sistemàtica els punts clau dels elements a controlar, donant informació per poder anticipar qualsevol incidència i preveure parades no controlades dels elements productius. El programari realitza més de 30 lectures per segon, que descriuen tendències i estableixen llindars a partir dels quals es generen avisos, incorporant a més un sistema d'auto-aprenentatge intel·ligent (*machine learning*) que permet reajustar els llindars d'error a partir del funcionament diari de l'equipament. La informació arriba

finalment a un servidor on, mitjançant un quadre de comandament, pot ser consultada en temps real via web o mitjançant els terminals mòbils escollits [16].



Resultats

La Farga ha assegurat que aquest sistema de manteniment predictiu és un excel·lent punt de partida per evitar pèrdues productives a la planta. El cost de manteniment global és un de les tres partides més importants del pressupost industrial, i d'aquest més del 40% són costos de manteniment a causa d'avaries imprevistes. En una planta on la parada del procés continu suposa una despesa energètica elevadíssima, cal tenir en compte que l'estalvi d'1 kW/h pot resultar en l'estalvi de 500€ anuals. Amb la implantació d'aquest sistema de manteniment centralitzat s'ha aconseguit [17]:

- Centralitzar tota la informació rellevant dels paràmetres de funcionament de les màquines clau de la planta
- La recepció d'avisos i alarmes a temps real pel personal
- La reducció del 100% de les parades imprevistes de les màquines monitorades, suposant un augment de la producció i productivitat
- L'augment de la vida útil de les màquines
- Un estalvi d'estocs de recanvi
- Un estalvi energètic que arriba al 55%



LESSONS LEARNT

Aquest és un exemple de la col·laboració de l'empresariat català per incorporar tecnologies 4.0 al món industrial i a les seves activitats per tal de millorar els resultats econòmics del procés productiu, l'eficiència, seguretat i els elevats costos energètics.



Repercussió i aplicabilitat a l'AMB

Un cop analitzats els sis casos pràctics d'estudi d'abast municipal, nacional i internacional, podem extreure'n algunes conclusions aplicables a l'àrea metropolitana.

Els casos mostren l'elevada aplicabilitat del manteniment predictiu per a diferents sectors. S'ha vist que aquest tipus de manteniment es pot aplicar tant en xarxes ferroviàries per predir quan pot tenir lloc una avaria en un tren o via o per mantenir les instal·lacions de complexos industrials en bon estat i correcte funcionament. L'aplicació fora de l'entorn productiu, no obstant, encara té un llarg camí per recórrer.

Els entorns industrials són de moment en els que més impacte ha tingut la implantació del manteniment predictiu, on mitjançant tècniques d'anàlisi predictiva ja es comencen a predir, preveure i corregir possibles avaries o fallades gràcies a les noves tecnologies. La integració de sensors i d'altres solucions integrades en el núvol han permès a les organitzacions tenir un major coneixement del procés productiu i optimitzar alhora la gestió dels recursos humans, materials i energètics de les seves instal·lacions.

L'aplicació en el servei ferroviari també és un dels usos pel qual més han apostat les administracions. El cas d'Infrabel i dels FCG són un clar exemple de la importància atorgada a la millora i seguretat dels serveis de transport públic ferroviari. La disminució del nombre d'avaries mitjançant la seva detecció anticipada permet que la circulació de trens no es vegi interrompuda i per tant que els ciutadans apostin per utilitzar el transport públic en comptes del privat.

Com s'ha observat, la implementació d'un sistema de manteniment predictiu requereix una alta inversió inicial per tal d'identificar les variables a monitorar, i crear un sistema intel·ligent predictiu i connectat amb les mateixes instal·lacions i els treballadors. La realització de proves pilot abans de fer aquesta inversió és una pràctica comuna i recomanada pel conjunt d'actors. Tanmateix, el cofinançament (mitjançant ajudes europees, la creació de consorcis entre empreses (La Farga - Effitronix)) o la col·laboració amb *startups* tecnològiques (Sigma Industrial Solution), també és una opció per reduir el cost de la implantació, cada cop més considerada per l'entorn.

Per potenciar l'ús de les noves tecnologies en el sector del manteniment, cal fer difusió dels seus avantatges, usos i aplicacions en el territori, així com donar suport i facilitar recursos a aquelles empreses interessades en establir el manteniment predictiu.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona pot fer ús d'aquestes bones pràctiques, implementant les següents iniciatives:

- Impulsar una anàlisi i reflexió envers les possibles implementacions del manteniment predictiu fora de l'entorn productiu.
- Esdevenir un exemple de referència pels municipis metropolitans implementant el manteniment predictiu en les instal·lacions i serveis que presta l'Àrea Metropolitana de Barcelona.
- Establir vincles de col·laboració amb les plataformes digitals per facilitar el contacte entre aquestes i les empreses que vulguin implementar un sistema de manteniment predictiu.
- Formar a les empreses industrials sobre els avantatges i les possibilitats d'implantació en l'entorn productiu.
- Informar els ciutadans de l'oportunitat que ofereix aquest tipus de tecnologia.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona té l'oportunitat d'esdevenir un referent en l'aplicació de sistemes de manteniment predictiu en les instal·lacions i serveis del territori espanyol.



Recomanacions

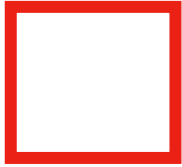
La gestió del manteniment s'ha incorporat de manera natural al món empresarial i a les seves activitats en els últims anys, afectant cada cop més els resultats econòmics de les empreses. La innovació tecnològica i la incorporació de tecnologies 4.0 han permès una nova generació de plantes industrials més eficients, més productives, més competitives i més intel·ligents.

Alhora, el manteniment predictiu també ha demostrat ser clau per a la millora del nivell de qualitat dels serveis, equipaments i infraestructures públiques (hospitals, transport, etc.), permetent reduir-ne els costos operatius i utilitzar aquests recursos en l'ampliació de l'abast del servei.

No obstant, la seva aplicació al conjunt del territori presenta diferents reptes, que cal considerar en els propers anys:

1. El manteniment predictiu requereix una inversió important d'inici, que no tothom pot assolir. A diferència de les grans organitzacions, que disposen de partides pressupostàries específiques per millorar el manteniment de les seves instal·lacions, el desenvolupament de sistemes predictius intel·ligents encara queden lluny de l'abast de la petita i mitjana empresa.
2. Per a l'èxit d'aquestes iniciatives, es requereix d'empreses amb experiència en els seus sectors, ja que aquestes iniciatives requereixen desenvolupament tecnològic, R+D i formació. Mitjançant el fons de finançament H2020, la Unió Europea ja està dedicant grans esforços per incentivar aquests desenvolupaments en les pimes. Les administracions, també haurien de posicionar-se en aquest sentit.
3. La participació de centres de recerca és fonamental per tal de sintonitzar les innovacions i desenvolupaments tecnològics actuals amb les necessitats del sector industrial.
4. La tendència empresarial cap al manteniment predictiu palesa la necessitat d'una formació bàsica i rigorosa a les noves generacions, si es volen garantir bons resultats empresarials en el procés de modernització de les instal·lacions industrials. La manca d'operaris qualificats és un dels principals reptes del sector del manteniment; i l'interès dels estudiants per aquesta disciplina no sembla correspondre's amb la importància atorgada per les organitzacions. Cal treballar a oferir una formació reglada i en fer-ne difusió per tal d'impulsar aquestes noves professions.

A l'Àrea Metropolitana de Barcelona existeix un teixit important d'empreses de manteniment que han de posicionar-se en manteniment predictiu, si volen assegurar la seva competitivitat en els propers anys.



Bibliografia

- [1] Deloitte, Making maintenance smarter: Predictive maintenance and the digital supply network [en línia]. Disponible a: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/using-predictive-technologies-for-asset-maintenance.html>
- [2] IoT Analytics, Predictive Maintenance Market report 2017-2022 [en línia]. Disponible a: <https://iot-analytics.com/report-us11-billion-predictive-maintenance-market-by-2022/>
- [3] PwC, Predictive Maintenance 4.0 [en línia]. Disponible a: <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-predictive-maintenance-4-0.pdf>
- [4] Applied AI blog: In-depth Guide to Predictive Maintenance Tools [en línia]. Disponible a: <https://blog.appliedai.com/predictive-maintenance-tools/>
- [5] The Hong Kong Polytechnic University, Big Data Analytics for Predictive Maintenance Strategies [en línia]. Disponible a: <http://ira.lib.polyu.edu.hk/handle/10397/76644>
- [6] Institut d'Estudis de Seguretat, XVII Fòrum de la seguretat: El manteniment com a clau de la seguretat industrial [en línia]. Disponible a: http://www.fundacio-ides.org/ides/wp-content/uploads/OCT2015_Transcripcio_XVIII_Forum_2015_DEF.pdf
- [7] WSJ. Custom Studios, How Manufacturers Achieve Top Quartile Performance [en línia]. Disponible a: <https://partners.wsj.com/emerson/unlocking-performance/how-manufacturers-can-achieve-top-quartile-performance/>
- [8] [9] IoT Analytics, Predictive Maintenance Market report 2017-2022 [en línia]. Disponible a: <https://iot-analytics.com/report-us11-billion-predictive-maintenance-market-by-2022/>
- [10] Thyssenkrupp, Elevator Technology MAX [en línia]. Disponible a: https://max.thyssenkrupp-elevator.com/assets/pdf/TK-Elevator-MAX-Brochure_EN.pdf
- [11] Sitech, Data monitoring [en línia]. Disponible a: <https://www.sitech.nl/services/data-monitoring>
- [12] Infrabel, Infrabels wins international award [en línia]. Disponible a: <https://www.infrabel.be/en/news/innovation-infrabel-wins-international-award>
- [13] Generalitat de Catalunya-Departament de Territori i Sostenibilitat, Projecte PREDIVIA [en línia]. Disponible a: http://territori.gencat.cat/ca/detalls/Article/FGC_PREDIVIA
- [14] Sigma Industrial Precision, Mantenimiento predictivo de Predictive Sigma [en línia]. Disponible a: <http://predictive-sigma.com/>
- [15] Acció, Fòrum d'Inversió 2018, Catàleg d'empreses [en línia]. Disponible a: http://www.accio.gencat.cat/web/.content/banconeixement/documents/catalegs/Cataleg_empreses_forum_2018_CAT_web.pdf
- [16] Institut Català d'Energia, S'implanta amb èxit a La Farga Rod el sistema de manteniment "predictiu" que aporta un gran estalvi energètic [en línia]. Disponible a: https://www.ffitronix.com/bloc/wp-content/uploads/lafargarod_document.pdf
- [17] La Farga, S'implanta amb èxit a La Farga Rod el sistema de manteniment "predictiu" Mico24 de Effitronix que aporta un gran estalvi energètic [en línia]. Disponible a: <https://www.lafarga.es/ca/sala-de-premsa/notes-de-premsa/167-implanta-exit-a-la-farga-rod-sistema-predictiu-mico24-ffitronix>