



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Universitat Politècnica de València
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria del Disseny

**AVALUACIÓ DE L'ESTAT DE LES CORRIOLES
D'ELEVACIÓ D'UNA GRUA PORTUÀRIA
MITJANÇANT L'ANÀLISI DEL SOROLL**

Treball fi de Màster:

Màster Universitari en Enginyeria del Manteniment

Autor: Francisco Esteve Peiró

Tutor: Héctor Climent Puchades

Curs: 2020-2021

Data: València, setembre 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TREBALL FI DE MÀSTER





RESUM

AVALUACIÓ DE L'ESTAT DE LES CORRIOLES D'ELEVACIÓ D'UNA GRUA PORTUÀRIA MITJANÇANT L'ANÀLISI DEL SOROLL

La finalitat del treball és poder realitzar un manteniment predictiu de l'estat de les politges d'elevació d'una grua portuària. L'estudi determinarà d'una manera analítica l'estat dels components.

Tot això es farà mitjançant una tècnica no intrusiva com és l'anàlisi del so, en la qual emprarem un dispositiu de disseny propi, de fàcil instal·lació, econòmic i pràcticament sense manteniment.

El tractament de les dades es realitzarà mitjançant un llenguatge de programació lliure com és el Python i l'estat dels components més sensibles de les corrioles es determinarà mitjançant uns patrons establits i programats amb aquest "*software*".

El treball mostrarà com en aquesta aplicació tindre monitorat els punts rodants i febles d'una màquina amb la tècnica de l'estudi del so pot ser molt més fàcil i econòmic que amb altres tècniques. I tot això amb la suficient precisió per a cobrir les necessitats d'un departament de manteniment.



AGRAÏMENTS

Vull començar agrint a APM terminals, l'empresa on treballe, les facilitats que m'ha donat per realitzar aquests TFM i que desitge que continuen en futurs estudis que espere que vinguen per millorar l'estudi.

Continuar amb Héctor Climent Puchades primer, per com t'introdueix amb les seues classes en el fascinant món del soroll. Però sobretot com la seua implicació en el treball et fa aprofundir amb ell i intentar traure-li el major suc a allò que estàs fent, és d'agrair la seua complicitat, dedicació i recolzament fins i tot quant les coses pareix que no estan eixint com s'espera.

Finalment a la família, a Aina i Ferran per la quantitat d'hores que passàvem que no hem pogut passar en aquests últims anys i, sobretot, a Mònica pel suport que sempre em dona i per la infinita paciència que té amb mi, en resum per estar sempre ací.



ÍNDIX

1	MEMÒRIA.....	1
1.1	Objectiu	1
1.2	Justificació del projecte	1
1.2.1	Justificació en matèria de seguretat	1
1.2.2	Justificació econòmica.....	2
1.3	Factors a considerar: estudi de necessitats i limitacions.....	3
2	ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES.....	4
2.1	Plantejament de solució i justificació de la solució	4
2.2	“Hardware”. Descripció detallada d’elements de la solució adoptada ...	8
2.3	“Software”. Descripció del “software” utilitzat	11
2.4	Programa d’execució o muntatge.....	12
2.5	Estudi econòmic.....	13
3	CÀLCULS.....	16
3.1	Element a estudi, el rodament.....	16
3.2	Tractament de les dades.....	19
3.3	Interpretació de les dades	20
3.3.1	Algorisme detecció de l’anomalia	21
3.3.2	Algorisme detecció del mal.....	23
3.4	Programa en Python per detecció del mal	25
4	CONCLUSIONS.....	30
5	PLANS	31
5.1	Grua	32
5.2	Carro	33
5.3	Conjunts politges elevació.....	34

5.4	Ubicació Node Acústic	36
6	ANNEXOS.....	37
6.1	Fulls de característiques	37
6.1.1	Micròfon Fun Generation USB One.....	37
6.1.2	Raspberry-pi 3 Model B +	38
6.1.3	Disc dur SSD 240GB 2.5 “.....	39
6.1.4	Cable Mànega 3 x 1.5mm2 Lliure d'halògens.....	39
6.1.5	Matraca amb cinta de polièster de 50 daN (50 Kg).....	41
6.1.6	Caixa de derivació OBO T 350 267x182x110.....	42
6.1.7	Clavilla schuco 16 A 250 V	44
6.1.8	“Software”	45
7	INDEX DE TAULES IMATGES FIGURES I FORMULES.....	46
7.1	INDEX TAULES	46
7.2	INDEX IMATGENS.....	46
7.3	INDEX FIGURES	46
7.4	INDEX FORMULES	47
8	BIBLIOGRAFIA	48



1 MEMÒRIA

1.1 Objectiu

L'objectiu del treball és poder realitzar un manteniment predictiu de l'estat de les politges d'elevació d'una grua STS (grua pòrtic portacontenidors) de descàrrega de vaixells, encara que el treball té com a estudi una grua de la marca ZPMC model "Super-Post-Panamax " de 65 t. podria ser extensible a qualsevol grua portuària.

Aquest estudi, com tot estudi predictiu, té com a objectiu identificar el deteriorament dels components de la politja abans que es produïska el trencament d'aquests, així com determinar d'una manera analítica l'estat dels components per evitar el risc que implica per a la integritat de persones i màquines el seu trencament durant el treball.

També es pretén evitar haver de parar l'operativa (maniobra de càrrega i descàrrega de contenidors) amb els perjudicis econòmics que implica per a l'empresa així com l'impacte negatiu en els objectius del departament de manteniment.

L'estudi també pot determinar l'estat del component i establir un correctiu programat.

1.2 Justificació del projecte

1.2.1 Justificació en matèria de seguretat

Els rodaments estan formats per un coixinet que consta de dos cilindres concèntrics entre els quals va col·locat un joc de rodets o boles, quan un d'ells arriba a un punt extrem de degradació pot donar-se el cas que aquestes boles o rodets puguen eixir de l'interior d'aquest habitacle.

El despreniment d'aquests objectes i caiguda des de dalt de la grua podria provocar un accident laboral i, fins i tot, posar en risc



greument la integritat física dels treballadors. Cal recordar que els rodaments sotmesos a estudi es troben situats a 50 metres d'altura i qualsevol objecte precipitat arriba a terra amb molta força.

És per això que minimitzar el més possible la caiguda d'objectes ha de ser una tasca prioritària en el manteniment, i tindre controlat l'estat dels components és de vital importància per aconseguir-ho.

1.2.2 Justificació econòmica

El trencament del rodament durant l'operativa pot donar-se de manera que no provoque cap despreniment, però el que segur que sí que es dona és la parada de l'operativa, és a dir, la grua deixa de treballar. Aquesta parada es pot produir en distintes situacions de la maniobra de càrrega o descàrrega del vaixell que pot ser més o menys costosa però el preu de parada de grua ja està establert per la companyia dins dels seus estàndards interns independentment de la probabilitat de canviar de grua o no.

Establint un temps de reparació de 6 hores determinat per la mitjana de les últimes tres reparacions realitzades, ens permetrà establir el cost final de parada en la Taula 1.

Cost de parada grua

	Cost Establert	Temps Reparació	Total €
Cost de parada	6220,33	6	37321,98

Taula 1 Cost parada

El cost de reparació, mà d'obra i materials no els inclourem perquè entenem que la reparació s'havia d'efectuar de totes formes, bé siga com a manteniment correctiu en operativa o en manteniment preventiu programat. Encara que sí que direm que no és el mateix



realitzar una reparació d'un element que manté la seua estructura constructiva, que aquell que es troba en estat de degradació, a més a més que el seu mal estat també pot danyar les peses del conjunt com puguen ser: eixos, juntes, retens, elements de greixatge, proteccions, etc. i retardar el temps d'intervenció.

1.3 Factors a considerar: estudi de necessitats i limitacions

Autonomia: El sistema emprat per a la presa de dades ha de ser totalment autònom, és a dir, una vegada instal·lat ha de prendre les dades sense la necessitat de cap presència en els mecanismes a estudi, per raons de seguretat no es pot estar fora dels espais habilitats mentre la grua treballa. També perquè la presa de dades es prolonga en el temps en més d'una jornada de treball de grua (6 hores) pel que la necessitat d'autonomia està més que justificada.

Instal·lació exterior: També s'ha de tindre en compte que el sistema ha de ser resistent a les condicions climatològiques adverses per estar a la intempèrie.

Mobilitat: El dispositiu per a la presa de dades ha de ser fàcilment transportable i instal·lable, l'accés a l'emplaçament dels mecanismes, part superior del carro, és mitjançant una escala de gat, pel que es requereix de les dues mans per pujar amb seguretat.

Connectivitat: La connexió elèctrica ha de ser mitjançant una clavilla per a endoll "schuko" estàndard i la seua descàrrega de dades ha de poder fer-se sense connexió física. És a dir amb connexió sense fil, en aquest cas emprarem connexió Wi-F.

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1 Plantejament de solució i justificació de la solució

Una grua pòrtic està definida per quatre sistemes:

[5 Plans 5.1 Grua](#)

1.-Elevació: Sistema que funciona en sentit vertical (de dalt a baix i viceversa) és el sistema encarregat d'alçar els contenidors.

2.-Carro: Sistema que funciona en sentit horitzontal (davant a darrere i viceversa) és el sistema encarregat de dur els contenidors suspesos des del moll al vaixell i recórrer la mànega del vaixell, així com d'aquest al moll.

3.-Pòrtic: Sistema que funciona en sentit horitzontal d'esquerra a dreta i viceversa) és el sistema encarregat de desplaçar la grua per l'eslora del vaixell.

4.-Ploma: Sistema que permet pujar i baixar la ploma de la grua, la ploma és la part mòbil que es posa sobre el vaixell una volta atracat aquest per la que circularà el carro en el seu funcionament.



Imatge 1 Grua Pòrtic

També es poden veure les especificacions tècniques i físiques del rodament a la “Fig. 3”

SKF NJ232EC Rodaments mida Details:

marques:	SKF Rodaments
categoria:	Rodaments de rodets cilíndrics
model:	NJ232EC
Diàmetre interior (d):	160 mm
Diàmetre exterior (D):	290 mm
Ample (B):	48 mm
Cr:	585 N
C0r:	680 N
RPM de greix:	2400 1 / min
RPM Oli:	4000 1 / min
pes (m):	14,4 kg
Nou Model:	NJ232
Vell Model:	NJ232EC

Figura. 3 Especificacions rodament

El control de l'estat dels rodaments és fonamental per als plans de manteniment d'una màquina i com no, per a mantindre la màquina en un estat òptim per a la seua producció i per evitar danys majors ocasionats pel trencament d'aquests.

Per tot això i, allò explicat al punt [1.2 Justificació del projecte](#), aquest treball es basa en el control de l'estat del rodament “NJ232EC”.

La tècnica més utilitzada pel diagnòstic de l'estat dels rodaments en aquest tipus d'elements mòbils és la instal·lació d'acceleròmetres en qualsevol punt proper a l'eix, amb la finalitat de registrar les vibracions que es produeixen. Aquestes dades de vibracions són tractades per un programa d'algorismes que relacionats amb les dades constructives dels elements ens pot vincular aquests senyals amb l'estat dels elements.



Aquest tipus de monitoratge de les vibracions es considera una tècnica de monitoratge intrusiva, és a dir, necessita d'una instal·lació en la que es mecanitza sobre el sistema els elements per al muntatge dels acceleròmetres.

Aquest mètode requereix:

- .- Una mecanització sobre els elements de la màquina.
- .- Una instal·lació de manera permanent per a la presa de dades.
- .- Un manteniment del sistema, manteniment que s'intensifica i complica per a elements instal·lats a la intèrperie com aquest cas.

La solució aportada tracta de realitzar la presa de dades d'una manera no intrusiva, és a dir, sense cap mena de manipulació dels elements de la màquina com poden ser eixos o bancades.

- a.-** No cal realitzar cap mecanització sobre els elements, així no es modifiquen les seues propietats ni formes constructives.
- b.-** No cal instal·lació en la màquina de manera permanent, el "Node acústic" és mòbil.
- c.-** No cal manteniment en cadascuna de les màquines, ja que com és un element mòbil pot fer-se servir un mateix node en totes les màquines.

Tot açò és possible perquè en compte d'emprar per a l'anàlisi les vibracions, s'utilitza el so que aquestes produeixen, un concepte distint amb distintes necessitats per a la presa de dades. Encara que els algorismes per al tractament de les dades és similar al de les vibracions.



2.2 “Hardware”. Descripció detallada d’elements de la solució adoptada

L’instrument per a la presa de dades l’anomenarem “Node acústic”. És el dispositiu que utilitzarem per recollir els sons que posteriorment tractarem amb els algorismes matemàtics.

El Node és el component més important d’aquest projecte, ens permet utilitzar la *Raspberry-pi com a element de control per: posar en marxa i parar a les hores programades el sistema de registre de so, recollir els registres sonors, emmagatzemar-los en el disc dur, poder tindre una connexió sense fil amb el node per la descàrrega de dades o la modificació de “software” que el sistema necessite. És a dir, ens permet tindre un ordinador dins del node amb tot el que allò aporta a la gestió de dades.*

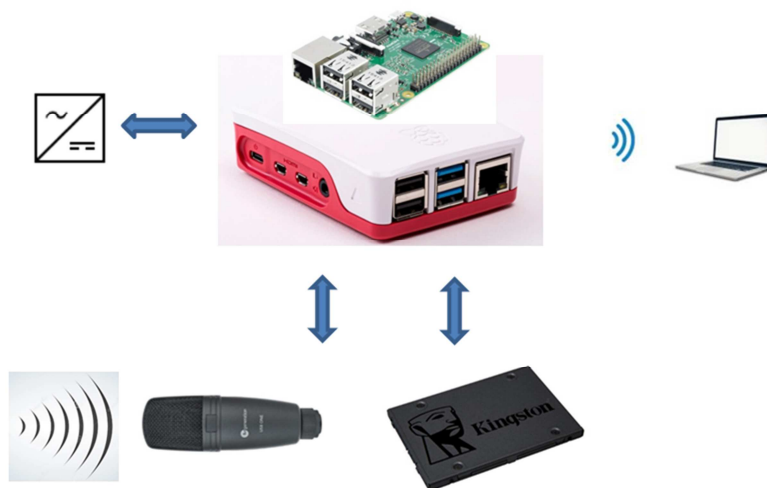
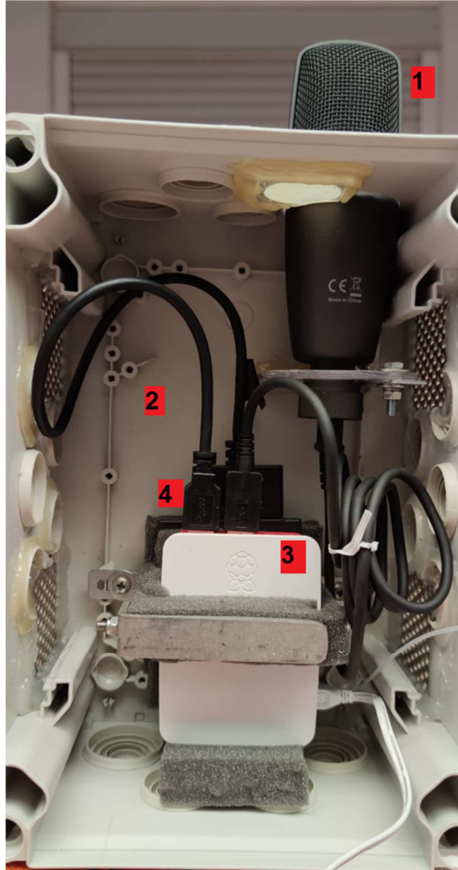


Figura. 4 Configuració Elements Node



Imatge 3 Components Interior Node



Imatge 2 Components Exterior Node

Els components del "Node acústic" són:

1.- Micròfon (Número 1 Imatge 2 i Imatge 3)

Micròfon Fun Generation USB One

És l'instrument encarregat de registrar el so.

[Especificacions Tècniques](#)

2.- Caixa de derivació (Número 2 Imatge 2 i Imatge 3)

Caixa de derivació OBO T 350 267x182x110



El component mòbil on estan instal·lats els dispositius per a la presa de dades.

[Especificacions Tècniques](#)

3.- PC (Número 3 Imatge 3)

Raspberry-pi 3 Model B +

És un ordinador de placa reduïda amb el qual transformarem els sons registrats pel micròfon en dades digitals.

[Especificacions Tècniques](#)

4.- Disc dur (Número 4 Imatge 3)

SSD 240GB 2.5 "Kingston SATA3 A400 350/500MBS

És el dispositiu encarregat d'emmagatzemar totes les dades tractades per la Raspberry-pi .

[Especificacions Tècniques](#)

DIVERSOS

5.- Cable connexió de 3x1.5mm².(Número 5 Imatge 2)

*Cable mànega 3 x 1.*5mm² lliure halògens està format per cable de coure flexible d'alta seguretat amb aïllament i coberta de poliolefines.*

Cable per alimentar el node acústic

[Especificacions Tècniques](#)



6.- Endoll (Número 6 Imatge 2)

Endoll per a presa de corrent que es defineix en l'estàndard "CEE 7/4" com a "Tipus F"

Endoll "schuko" per a alimentar el node acústic.

[Especificacions Tècniques](#)

7.- Matraca amb cinta

Matraca amb cinta de polièster de 50 daN (50 Kg)

Norma DIN EN 12195-2 de dispositius de la subjecció de càrregues.

Per a la fixació del node acústic a l'estructura per a la presa de dades mentre la grua treballa. Cal un element de fixació robust amb facilitat per instal·lar o desinstal·lar.

[Especificacions Tècniques](#)

2.3 "Software". Descripció del "software" utilitzat

Anaconda

"És una distribució "freemium" (sistema completament funcional de manera gratuïta) de codi obert dels llenguatges de programació Python i R per al processament de dades de gran escala, analítica predictiva i computació científica, que tracta de simplificar la gestió i desplegament de paquets"

[Especificacions Tècniques](#)

Mitjançant el "software" Anaconda podem programar en Python, llenguatge de programació que ens permetrà fer el tractament dels àudios i els càlculs necessaris en ells per a valorar d'una forma gràfica si els rodaments a estudi estan o no en bon estat.



2.4 Programa d'execució o muntatge

L'execució del projecte estarà dividit en tres etapes:

Etapa 1

Fabricació del Node acústic.

El Node està construït sota les següents premisses:

- a.- Ha de tindre un grau de protecció IP 53 segons la norma CEI 60529. Per estar protegit en la ubicació determinada per a la presa de dades una protecció IP 53 serà més que suficient.
- b.- Serà mòbil i amb la possibilitat de connectar-se a una font de subministrament elèctric que es troben a 2.5 metres de distància.
- c.- Tindrà una capacitat de registre de senyal de no menys de 20 dies.

Etapa 2

Presa de dades.

S'instal·la el node en el carro de la grua. En dues posicions que ens permet tindre un registre del so de les corrioles, primer en la dreta que ens permet registrar el so de les corrioles de la dreta i després en l'esquerra per a registrar les de l'esquerra.

Aquests sons estaran registrats mitjançant el micròfon que enviarà els senyals a l'ordinador que els emmagatzema en el disc dur extern.

El disc dur li proporciona una capacitat de registre de més de 60 dies. Amb l'objecte de facilitar la gestió dels àudios en l'etapa de processat es decideix gravar fitxers de 59 minuts per a gastar un minut per a l'escriptura al disc dur. Així cada fitxer registrat al disc dur conté 59 minuts de gravació contínua de l'entorn on es troba el node acústic,



excepte el fitxer d'àudio previ a l'apagat del node acústic que podria tindre un duració menor.

Aquestes dades seran recollides per a tractar-les.

Etapa 3

Tractament dels senyals

El tractament de les dades registrades es realitzarà mitjançant el “*software*” Anaconda en un ordinador convencional. Aquest estudi de les dades obtingudes s'explica amb més detall en l'apartat “3.1 [Interpretació de les dades](#)”

2.5 Estudi econòmic

Equip

El preu de cost de l'equip es mostra a la Taula 2

Element	Preu unitat €	Unitats	Preu final €
PC Raspberry pi 3B+	32.95	1	32.95
Disc dur Kingston	34.84	1	34.84
Micròfon	23.90	1	23.90
Matraca	3.80	1	3.80
Caixa	36	1	36
Diversos			
Endoll+cable+fixacions	10	1	10
Total preu final			141.49

Taula 2 Cost equip



Instal·lació

El preu establert per a la instal·lació i presa de dades per part del tècnic serà el mostrat per la Taula 3 .

	Preu hora tècnic	Nombre de Tècnics	Nombre Hores	Total €
Instal·lar Node	47.50	2	1	95
Desinstal·lar Node	47.50	2	1	95
TOTAL				190

Taula 3 Cost instal·lació

El nombre de tècnics per a la instal·lació ve establert per les normes de prevenció que obliga a ser dos tècnics els qui realitzen qualsevol treball en la grua.

Dins del preu d'instal·lació no es contempla l'atur de la grua per a la instal·lació del Node, pel tant no tindre en compte el corresponent lucre cessant que es podria produir, aquesta és també un dels avantatges d'aquest sistema.

Anàlisi

L'anàlisi dels senyals és farà per un tècnic amb les premisses establides a l'apartat 3 Càlculs en el punt 3.4 [Programa en Python per detecció del mal](#) i als costos mostrats a la Taula 4.

	Preu hora tècnic	Nombre de Tècnics	Nombre Hores	Total €
Tractament de dades	47.50	1	4	190
TOTAL				190

Taula 4 Cost anàlisis senyals



En aquest estudi econòmic hem de tindre en compte el cost de l'equip per a l'estudi i el cost del diagnòstic de l'estat de les corrioles.

El cost de l'equip (Taula 2) és amortitzable per a totes les mesures que es realitzen en tots els diagnòstics, mentre que el cost del tractament del senyal (Taula 3 i Taula 4) és un cost per estudi.

3 CÀLCULS

3.1 Element a estudi, el rodament.

El rodament està format per:

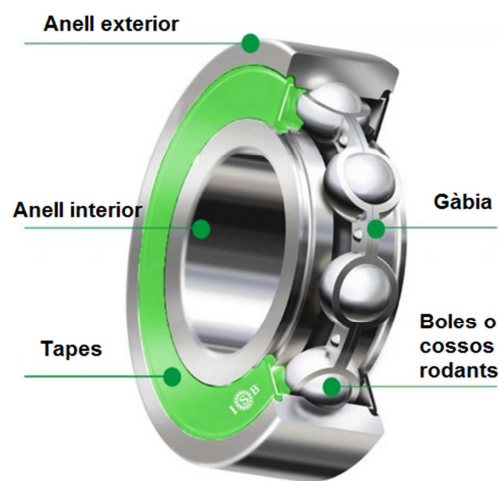


Figura. 5 Rodament (portalelectromecanico.org)

La deterioració de cadascun d'aquests elements generarà una o diverses freqüències característiques en els espectres de freqüència que ens permetran la seua identificació.

Les quatre possibles freqüències de deterioració d'un rodament són:

BPFO (Ball Pass Frequency Outer) Freqüència de deterioració de pista exterior.

Es correspon físicament amb el nombre de boles que passen pel punt de la pista exterior per cada gir complet de l'eix.

BPFI (Ball Pass Frequency Inner) Freqüència de deterioració de pista interior.

Es correspon físicament amb el nombre de boles que passen pel punt de la pista interior per cada gir complet de l'eix.

BSF (Ball Spin Frequency Inner) Freqüència de deterioració dels elements rodant.

Es correspon físicament amb el nombre de girs que realitza una bola per cada gir complet de l'eix.

FTF (Fundamental Train Frequency) Freqüència de deterioració de la gàbia.

Es correspon físicament amb el nombre de girs que realitza la gàbia per cada gir complet de l'eix.

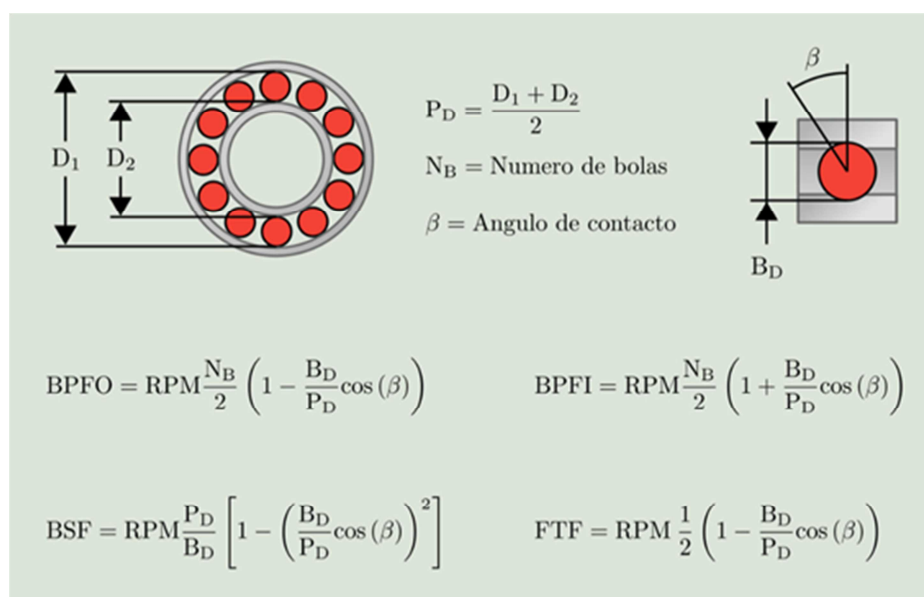


Figura. 6 Formules

Aquestes freqüències poden ser calculades mitjançant les fórmules de la Figura. 6 però, en l'actualitat alguns dels principals fabricants de rodaments disposen en la seua pàgina web de calculadores d'aquestes freqüències per poder calcular-les de manera

automàtica “Fig. 7 i Fig. 8”, mostrades a continuació, això ens dona una idea de la importància de tindre identificades aquestes freqüències.

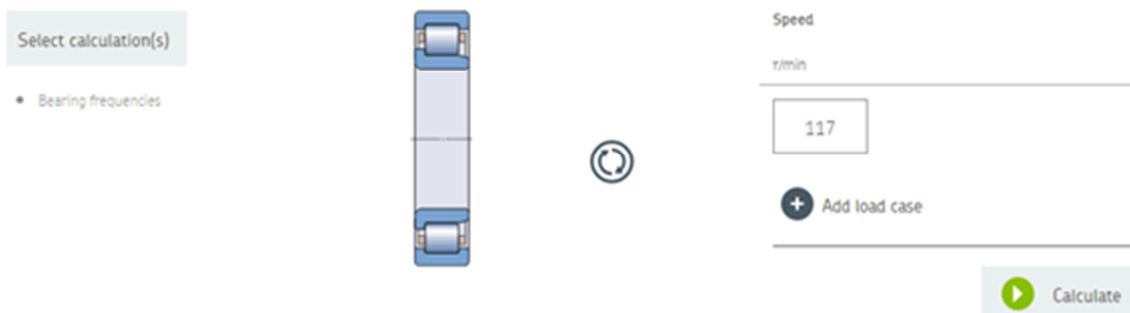


Figura. 7 Pàgina web

BEARING PROPERTIES *NJ 232 ECM*

FREQUENCIES

Designation	Rotational frequency				Frequency of over-rolling		
	Inner ring f_i Hz	Outer ring f_e Hz	Rolling element set & cage f_c Hz	Rolling element about its axis f_r Hz	Point on inner ring f_{ip} Hz	Point on outer ring f_{ep} Hz	Rolling element f_{rp} Hz
■ NJ 232 ECM	1.95	0	0.838	6.779	21.136	15.914	13.558

Figura. 8 Pàgina web

En el procés d'execució del TFM no s'ha pogut realitzar un registre de so d'una politja amb el coixinet en mal estat, per això no hi ha registres de so en condicions de fallada per prendre com patró (de moment), però sí que se disposa de patrons en rodaments danyats a propòsit per veure com aquestes freqüències apareixen i són identificables i detectables.

En els registres mostrats en la “Fig. 9” es veu clarament com aquestes freqüències coincideixen amb les determinades per les fórmules que corresponen a la part del rodament en mal estat.

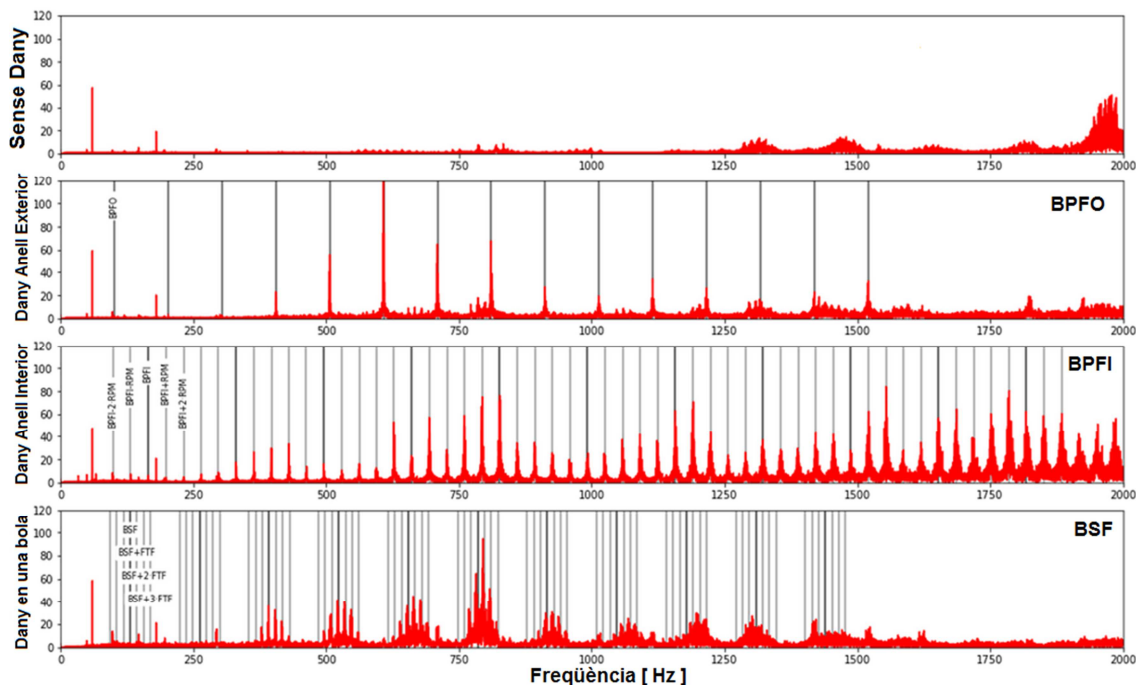


Figura. 9 Patrons

Com es pot apreciar les freqüències teòriques calculades coincideixen de manera perfecta amb els registres de so reals. Això permet establir que els patrons calculats amb les fórmules proposades coincidirán amb els sons que apareixen en els rodaments trencats, i així podem estar segurs que en aplicar els filtres amb els valors calculats en cas de donar-se aquestes fallades, les gràfiques ens mostraran les freqüències de fallada.

3.2 Tractament de les dades

El diagnòstic de l'estat dels rodaments, que és el que nosaltres busquem, té com a fonament el registre de les vibracions, que és una tècnica comunament aplicada es la indústria, es realitza amb acceleròmetres instal·lats sobre la màquina, com ja hem mencionat a l'apartat 2.1 [Plantejament de solució i justificació de la solució](#).



Els tipus de danys més freqüents en els rodaments són: desgast, indentacions, adherències, fatiga, corrosió, pas de corrent, etc.

Cadascun d'aquests danys deixa un "rastre" en forma de vibracions en una franja de freqüència determinada, franja que es pot filtrar per a identificar-la a la seua anàlisi del senyal en el domini del temps. Podem transformar eixes amplituds d'ones en el domini del temps al domini de la freqüència per poder estudiar-les.

Eixa transformació es fa mitjançant la transformada de Fourier o, en aquest cas amb la Transformada ràpida de Fourier (FFT).

La FFT es defineix com un algorisme per calcular un espectre a partir d'una ona en el temps, és a dir, és un càlcul per a descompondre un senyal en totes les seues freqüències. Això ens permet identificar tota la informació d'una ona sinodal en un temps infinit en un punt determinat. Pel tant, si durant el gir de la corriola es detecta un so associat a una vibració relaciona al mal funcionament d'alguns dels seus components, aquest apareixerà en la representació de la FFT en la freqüència relacionada amb la fallada i amb l'amplitud corresponent.

3.3 Interpretació de les dades

Actualment en l'aplicació del manteniment preventiu o predictiu, les empreses enfoquen els seus esforços en l'obtenció de dades per obtenir una visió de l'estat del parc de maquinària, però hem de tindre en compte, que només són vàlides aquelles dades que es pugen tractar i que el seu tractament tinga com a resultat una valoració de l'estat de l'element o elements a estudi. És a dir, no serveix de res si tenim un sistema de recopilació de milers de dades que només poden tractar-se unes poques, perquè això genera inseguretat, desconfiança i, fins i tot, error en el diagnòstic, per això de vegades és millor tindre poques dades



però poder tractar-les totes o com en aquest cas, disposar d'un sistema per fer servir totes les dades recollides.

Per tant, per poder fer servir el sistema de recollida de dades dissenyat i traure profit a totes elles, es realitzen dos algorismes de tractament de senyals, un algorisme de detecció de l'anomalia 3.3.1 en el que es discriminen totes les dades que no aporten informació de l'estat del rodament, i un algorisme de detecció de fallades 3.3.2 en el que una vegada ja aïlades les dades es tracten per poder fer l'estudi de l'element.

3.3.1 Algorisme detecció de l'anomalia

Per la seua autonomia el Node Acústic ens permet disposar de moltes hores de gravació, en condicions normals en aquestes gravacions hi ha gran quantitat de sorolls que no ens aporten informació sobre el fallo en els rodaments però que per la seua pressió sonora poden induir-nos a error en la interpretació dels arxius una vegada transformats en les gràfiques. Per exemple el pas del carro per un desnivell de les vies, el so dels ventiladors extractors de la sala de màquines, el so de la marxa enrere de les màquines de terra o simplement la botzina d'un vaixell apunt de salpar, pot donar nivells elevats a l'amplitud de la pressió sonora que pot conduir-nos a errar el focus d'atenció.

Per poder discriminar els sorolls que són els originats pel mal del rodament i aquells que simplement es produeixen per condicions del treball o de l'ambient s'aplica un filtre *d'autoencoder*.

“ L'*autoencoder* és un tipus de xarxa neuronal artificial no supervisada. Té la particularitat que té el mateix número de nodes a la primera capa i a l'última de la xarxa, pel que té tants valors *input* com *output*. Està format per la capa inicial, seguit per capes ocultes i amb una última capa de sortida”.

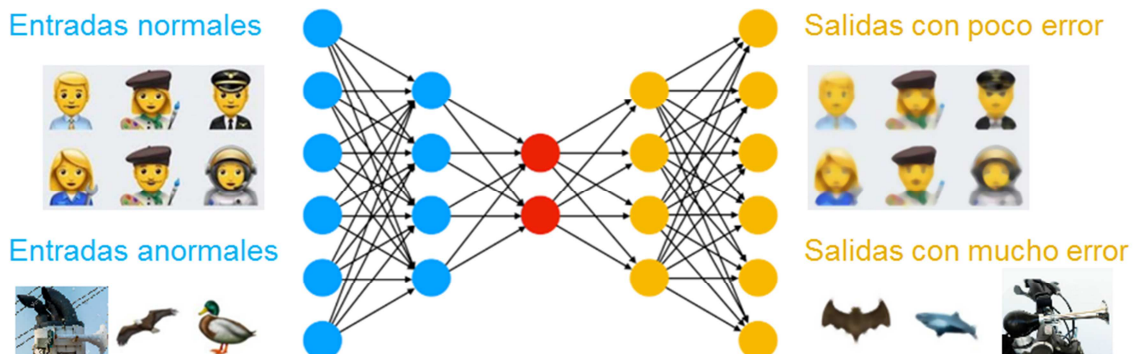


Figura. 10 Esquema autoencoder

L'autoencoder ens permet fer un tractament dels senyals per poder identificar els sorolls que han de ser sotmesos a l'algorisme de detecció del mal per precisar el mal al sistema i aplicar l' "Algorisme de detecció de mal".

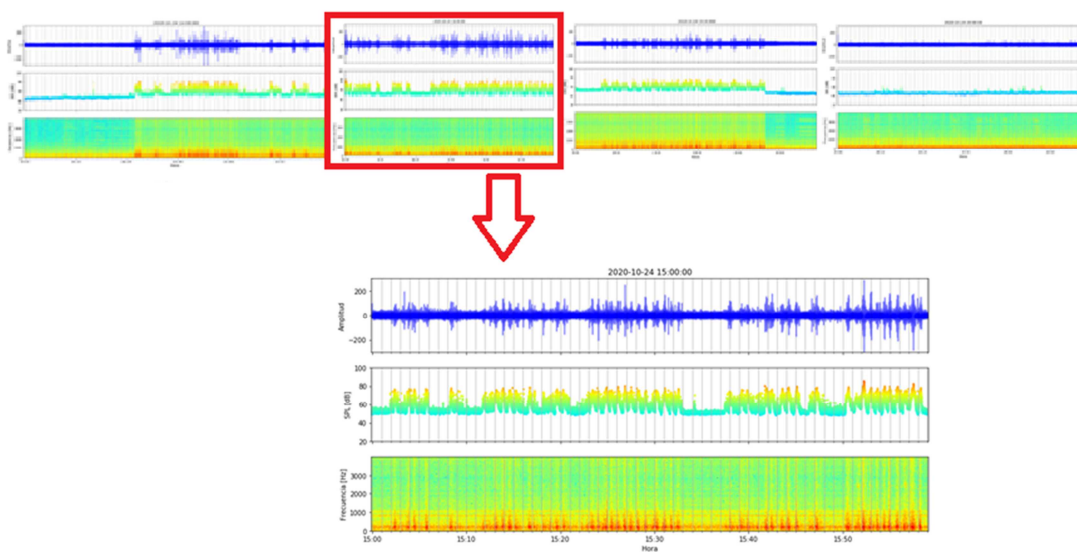


Figura. 11 Identificació

L'*autoencoder* funciona amb un algoritme que barreja Coeficients Cepstrals de freqüències de Mel, Centroide de l'espectre, amplada de banda, freqüència de *roll-off*, *Kurtosis*, amplitud màxima, desviació estàndard, mitjana i RMS.

3.3.2 Algorisme detecció del mal

Tenint identificades les freqüències típiques del mal, només queda per aïllar aquestes en els registres de so que tenim gravades pel Node Acústic.

Per a l'aïllament d'aquestes freqüències s'utilitzen filtres en la programació, aplicar aquests filtres farà que ens mostren només els rangs de les quatre freqüències abans descrites.

Per a definir aquestes freqüències necessitem establir una velocitat de gir de les politges, aquesta velocitat serà la màxima velocitat de treball, que és la velocitat estable que més temps treballa.

Aquesta velocitat és: 180 m / min

Main Parameters			
Rated Capacity	Rated capacity under single lift spreader		50t
	Rated capacity under twin lift spreader		65t
	Under Cargo Beam		75t
Speeds	Main Hoist	Loaded	65t
		Unloaded	180m/min
	Trolley	with full load	24.0m/min
	Gantry		45m/min
	Boom Hoist		0° 45°
		0° 80°	5.5min
Outreach		62.5m	
Rail Gauge		30.48 m	
Backreach		20m	
Hoisting Height	Above Rail	4.4m	
	Under Rail	17m	
Gantry Rail Type	Rails	A-120 DIN536, 120 mm wide rail head	
	Rails	MRS87A type 102 mm wide rail head	
Motors	Main hoist	2x620kw 850/1700rpm	
	Boom hoist	400kw 1750rpm	
	Trolley	4x75kw 1740rpm	
	Gantry	1x22kw 1730rpm	
Power Supply		6kV 50Hz 3phase	
Total weight of crane without Load		14.10t	

Figura. 12 Velocitat Elevació



El diàmetre de la llanda que és la part interior de la gola “Fig. 13” i punt de contacte amb el cable d’elevació és de 950 mm

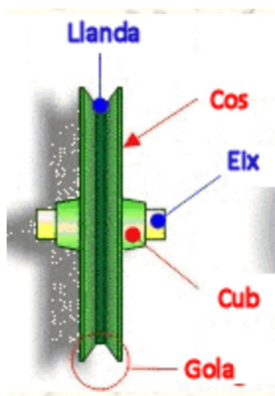


Figura. 13. Corriola

Sabent que:

$$v = w * r$$

Fórmula 1 Velocitat

$$w = 180/0.475 = 379 \text{ rad/seg} * \Pi = 120.6 \text{ rpm}$$

La velocitat real mesurada amb un tacòmetre és de 117 rpm pel que emprarem aquesta velocitat per als nostres càlculs.

Per a aquestes rpm i segons els càlculs de les fórmules calculats es la pàgina web del rodament “Fig. 8” els resultats són:

BPFO (Ball Pass Frequency Outer) Freqüència de deterioració de pista exterior. = 15.914 Hz.

BPFI (Ball Pass Frequency Inner) Freqüència de deterioració de pista interior. = 21.136 Hz.

BSF (Ball Spin Frequency Inner) Freqüència de deterioració dels elements rodants. = 13.558 Hz.



FTF (Fundamental Train Frequency) Freqüència de deterioració de la gàbia. = 0.838 Hz.

Aquestes freqüències són les que aplicarem als filtres del programa en Python per determinar si els rodaments estan en mal estat.

3.4 Programa en Python per detecció del mal

Com s'esmenta en el punt 2.3 [Software. Descripció del software utilitzat.](#), per poder realitzar els tractaments dels senyals i els càlculs necessaris per a identificar l'estat del rodament de la politja i quins dels seus components està malament, s'utilitza el mètode de programació en llenguatge Python, amb aquest llenguatge es creen patrons gràfics que permeten identificar-ho.

Com ja es veu a l'apartat 3.1 [Element a estudi, el rodament.](#) hi ha un patró distint per a cadascun dels mals del rodament, aquests patrons es comparen amb l'arxiu de so registrat a la grua.

Patrons

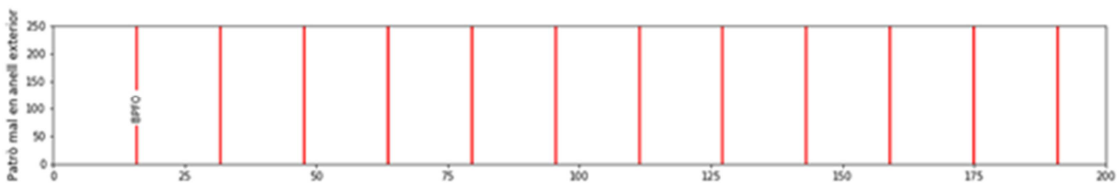


Figura. 14 Patró BPFO

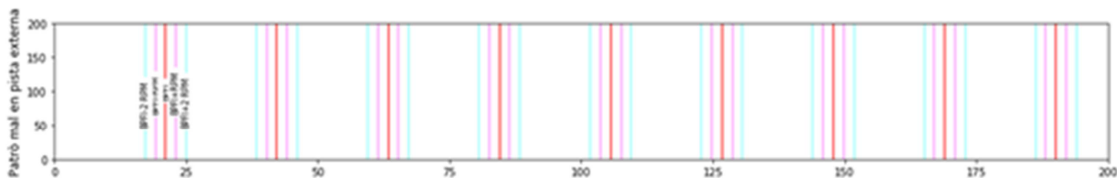


Figura. 15 Patró BPFI

TREBALL FI DE MÀSTER

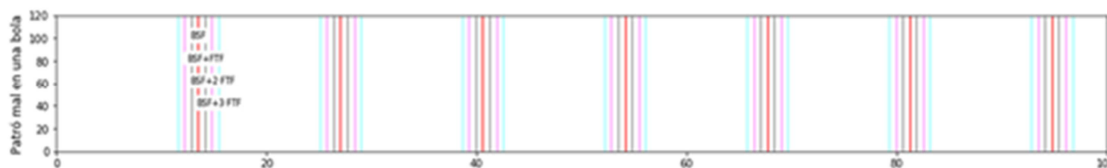


Figura. 16 Patró BSF

El programa és genèric i només hem de canviar el nom de l'arxiu que es vol estudiar a la primera línia de programa per poder superposar el senyal en el patró.

Si el registre de so coincideix amb les línies del patró d'alguns dels tres patrons BPFO BPF1 o BSF descrits al punt 3.3.2 [Algorisme detecció del mal](#) el rodament tindrà mal l'anell exterior, interior o elements rodants segons coincidència.

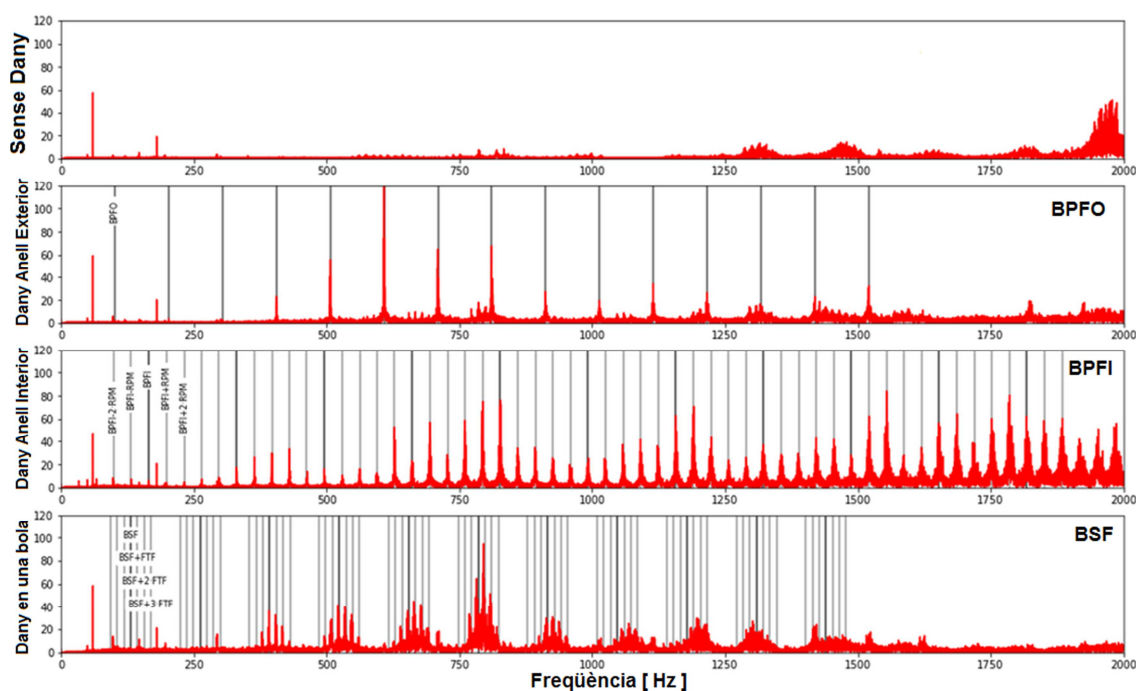


Figura. 17 Coincidències

Com ja hem dit al punt 3.1 en tots els mesos de registres no s'ha donat el cas que els rodaments d'algunes de les quatre grues registrades estigueren malament, per tant l'arxiu de soroll "grua_GP10_carro" és un dels molts arxius

registrats, mostra el soroll d'uns rodaments en bon estat pel que no coincideixen aquestes línies amb la gràfica del so registrat, com sí que passa als exemples de la "Fig. 17".

Programa per identificar mal en anell EXTERIOR.

```

#Rodament amb mal en anell EXTERIOR BPFO

Patro = "Rodament amb mal en anell exterior BPFO" # Patró triat per l'anàlisi
registre_de_so = "grua_GP10_carro.wav" # Arxiu registre de so

BPFO = 15.91 #freqüència rodament amb mal en anell exterior
RPM = 117
fmax = 200

fs2, senyal2 = read(registre_de_so) # Llig l'arxiu de so
if len(np.shape(senyal2)) > 1:
    senyal2 = senyal2[:, 0]
N2 = len(senyal2)
tmax2 = N2 / fs2
tdeseado = 10
if tmax2 > tdeseado:
    # Acondicionem la senyal
    N2 = int(N2 * tdeseado/tmax2)
    tmax2 = N2 / fs2
    senyal2 = senyal2[0:N2]

#Càlcul de la transformada de Fourier i el vector de freqüències

t2 = np.linspace(0, tmax2, N2)
tf_senyal2 = np.fft.fft(senyal2) / N2
frec2 = np.fft.fftfreq(N2, 1/fs2)
Nmitad2 = N2//2 if N2%2==0 else N2//2+1

# plotegem

fig = plt.figure(figsize=(18,11))
ax2 = fig.add_subplot(4, 1, 2)
for arm in range(1,16):
    ax2.axvline(arm*BPFO, color=(1,0,0,1), lw=2)
    if arm == 1:
        ax2.text(BPFO, 80, 'BPFO', ha='center', rotation=90, size=10, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=

for eje in [ax2,]:
    eje.plot(frec2[0:Nmitad2], (np.abs(tf_senyal2[0:Nmitad2])), color=(1,0,0,0.7), label='Patró Fallo')
    eje.plot(frec2[0:Nmitad2], (np.abs(tf_senyal2[0:Nmitad2])), color=(0,0,1,0.7), label='Registre de so')
    eje.set_xlim([0, fmax])
    eje.set_ylim([0, 200])
    eje.legend()

print(".- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : ", registre_de_so, ".- AMB EL PATRÓ : ", Patro)
ax2.plot(frec2[0:Nmitad2], np.abs(tf_senyal2[0:Nmitad2]), color=(0,0,1,1))
ax2.set_ylabel('Comparació BPFO', fontsize=12);

```

Figura. 18 Programa BPFO

TREBALL FI DE MÀSTER

.- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : grua_GP10_carro.wav .- AMB EL PATRÓ : Rodament amb mal en anell exterior BFFO

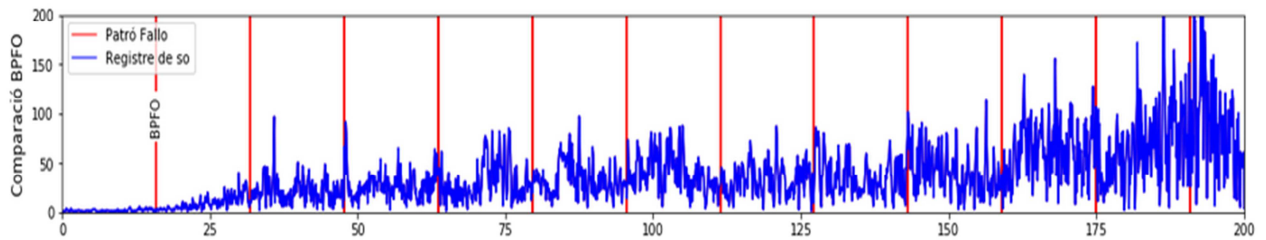


Figura. 19 Registre Vs Patró

Programa per identificar mal en anell INTERIOR

```

codigo x
#Rodament amb mal en anell INTERIOR BFFI

Patro = "Rodament amb mal en anell interior BFFI" # Patró triat per l'anàlisi
registre_de_so = "grua_GP10_carro.wav" # Arxiu registre de so

BFFI = 21.13 #freqüència rodament amb mal en anell interior
RPM = 117 / 60 #Hz
fmax = 200

fs3, senyal3 = read(registre_de_so) # Llig l'arxiu de so
if len(np.shape(senyal3)) > 1:
    senyal3 = senyal3[:, 0]
N3 = len(senyal3)
tmax3 = N3 / fs3
if tmax3 > tdeseado:
    # Acondicionem la senyal
    N3 = int(N3 * tdeseado/tmax3)
    tmax3 = N3 / fs3
    senyal3 = senyal3[0:N3]
#Càlcul de la transformada de Fourier i el vector de freqüències
t3 = np.linspace(0, tmax3, N3)
tf_senyal3 = np.fft.fft(senyal3) / N3
frec3 = np.fft.fftfreq(N3, 1/fs3)
Nmitad3 = N3//2 if N3%2==0 else N3//2+1

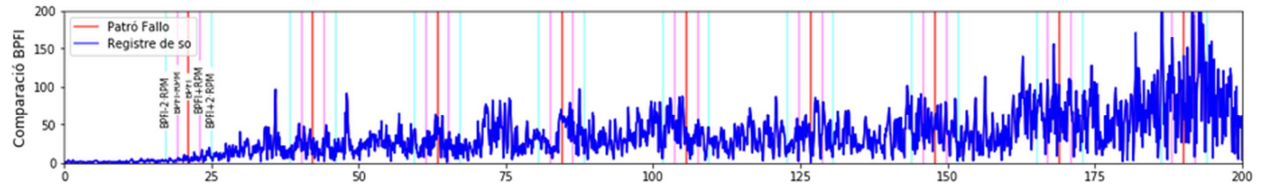
# plotegem
fig = plt.figure(figsize=(18,11))
ax3 = fig.add_subplot(4, 1, 3)
for arm in range(1,12):
    ax3.axvline(arm*BFFI, color=[1,0,0,0.6], lw=2)
    ax3.axvline(arm*BFFI+RPM, color=[1,0,1,0.3], lw=2)
    ax3.axvline(arm*BFFI+2*RPM, color=[0,1,1,0.3], lw=2)
    ax3.axvline(arm*BFFI-RPM, color=[1,0,1,0.3], lw=2)
    ax3.axvline(arm*BFFI-2*RPM, color=[0,1,1,0.3], lw=2)
    if arm == 1:
        ax3.text(BFFI, 90, 'BFFI', ha='center', rotation=90, size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax3.text(BFFI+RPM, 70, 'BFFI+RPM', rotation=90, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax3.text(BFFI+2*RPM, 50, 'BFFI+2·RPM', rotation=90, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax3.text(BFFI-RPM, 70, 'BFFI-RPM', rotation=90, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax3.text(BFFI-2*RPM, 50, 'BFFI-2·RPM', rotation=90, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
for eje in [ax3,]:
    eje.plot(frec3[0:Nmitad3], (np.abs(tf_senyal3[0:Nmitad3])), color=[1,0,0,0.7], label='Patró Fallo')
    eje.plot(frec3[0:Nmitad3], (np.abs(tf_senyal3[0:Nmitad3])), color=[0,0,1,0.7], label='Registre de so')
    eje.set_xlim([0, fmax])
    eje.set_ylim([0, 200])
    eje.legend()

print(".- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : ", registre_de_so, ".- AMB EL PATRÓ : ", Patro)
ax3.plot(frec3[0:Nmitad3], np.abs(tf_senyal3[0:Nmitad3]), color=[0,0,1,1])
ax3.set_ylabel('Comparació BFFI', fontsize=12);

```

Figura. 18 Patró BFFI

.- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : grua_GP10_carro.wav .- AMB EL PATRÓ : Rodament amb mal en anell interior BPF1



Programa per identificar mal d'un ELEMENT RODANT

```

codigo ✖
#Rodament amb una bola mal BSF
Patro = "Rodament amb una bola mal BSF" # Patró triat per l'anàlisi
registre_de_so = "grua_GP10_carro.wav" # Arxiu registre de so
BSF = 13.55 #freqüència rodament amb una bola mal
RPM = 117 / 60 #Hz
fmax = 100
# Dades del rodament:
Nb = 19 # boles
Bd = 37 # diàmetre de les boles
Pd = 112 # diàmetre mitja
BETA = 3 # angle de contacte
BETA = BETA * np.pi / 180
BdPdcosBETA = Bd / Pd * np.cos(BETA)
FTF = RPM / 2 * (1 - BdPdcosBETA) # Hz; Fundamental Train Frequency
fs4, senyal4 = read(registre_de_so) # Llig l'arxiu de so
if len(np.shape(senyal4)) > 1:
    senyal4 = senyal4[:, 0] # grabación en estéreo: nos quedamos con solo un canal
N4 = len(senyal4)
tmax4 = N4 / fs4
if tmax4 > tdeseado:
    N4 = int(N4 * tdeseado/tmax4)
    tmax4 = N4 / fs4
    senyal4 = senyal4[0:N4]
#Càlcul de la transformada de Fourier i el vector de freqüències
t4 = np.linspace(0, tmax4, N4)
tf_senyal4 = np.fft.fft(senyal4) / N4
frec4 = np.fft.fftfreq(N4, 1/fs4)
Nmitad4 = N4//2 if N4%2==0 else N4//2+1
# plotegem
fig = plt.figure(figsize=(18,11))
ax4 = fig.add_subplot(4, 1, 4)
for arm in range(1,12):
    ax4.axvline(arm*BSF, color=(1,0,0,0.6), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF+FTF, color=(0,0,0,0.3), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF+2*FTF, color=(1,0,1,0.3), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF+3*FTF, color=(0,1,1,0.3), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF-FTF, color=(0,0,0,0.3), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF-2*FTF, color=(1,0,1,0.3), lw=2)
    ax4.axvline(arm*BSF-3*FTF, color=(0,1,1,0.3), lw=2)
    if arm == 1:
        ax4.text(BSF, 100, 'BSF', rotation=0, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax4.text(BSF+FTF, 80, 'BSF+FTF', rotation=0, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax4.text(BSF+2*FTF, 60, 'BSF+2*FTF', rotation=0, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
        ax4.text(BSF+3*FTF, 40, 'BSF+3*FTF', rotation=0, ha='center', size=8, bbox=dict(boxstyle="round", ec=(1, 1, 1, 1), fc=(1, 1, 1, 1)))
for eje in [ax4]:
    eje.set_xlim([0, fmax])
    eje.set_ylim([0, 120])
print(".- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : ", registre_de_so, ".- AMB EL PATRÓ : ", Patro)
ax4.plot(frec4[0:Nmitad4], np.abs(tf_senyal4[0:Nmitad4]), color=(1,0,0,1))
ax4.set_ylabel('Comparació BSF', fontsize=12);

```

Figura. 20 Programa BSF

.- COMPAREM EL REGISTRE DE SO : grua_GP10_carro.wav .- AMB EL PATRÓ : Rodament amb una bola mal BSF

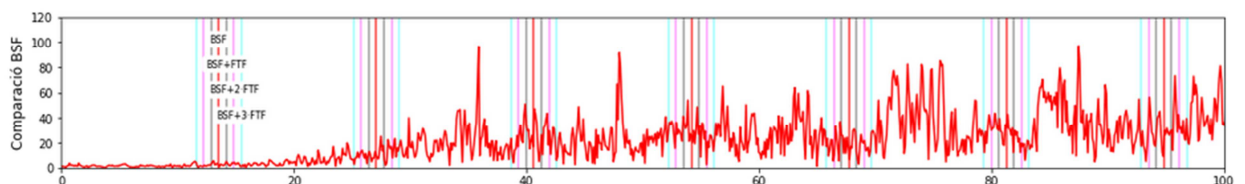


Figura. 21 Registre Vs Patró



4 CONCLUSIONS

Conèixer l'estat dels rodaments en la indústria és molt important per al manteniment dels sistemes mecànics d'una màquina i, per descomptat, pràcticament indispensable en un departament de manteniment amb un sistema de manteniment predictiu. Per això poder disposar d'un sistema de diagnòstic es converteix en necessari per al departament.

El sistema proposat és potencialment factible perquè compleix totes les característiques desitjades que el converteix en un mètode de diagnòstic molt bo.

És econòmic: El sistema fa servir un programa de tractament de dades lliure. El mètode de recollida de dades (micròfon, microordinador basat en una Raspberry-pi i disc dur) és molt econòmic.

És molt fàcil d'instal·lar: El Node Acústic és xicotet, lleuger i ràpid d'instal·lar.

És senzill: El processament de les dades és molt senzill i, bé fent-ho directament sobre el programa, o bé aplicant un entorn per a usuaris menys especialitzats el processament dels senyals per a la seua posterior avaluació és molt fàcil.

Per tot això podem concloure que el Node Acústic és una excel·lent ferramenta a incloure en qualsevol inventari d'instruments de mesura en un departament de manteniment i que aquest mètode d'identificació de l'estat dels rodaments mitjançant l'anàlisi del soroll, seria perfecte per a incloure dins del pla de manteniment preventiu i predictiu de l'esmentat departament.



La innovació del sistema i la sorprenent precisió en els seus diagnòstics fa de l'estudi d'elements mitjançant l'anàlisi del soroll, un camp molt interessant en el qual endinsar-se a la recerca de resultats positius en el camp del manteniment, especialment de maquinària amb dificultat per a la instal·lació d'altres sistemes de diagnòstic.

5 PLANS

5.1 Grua

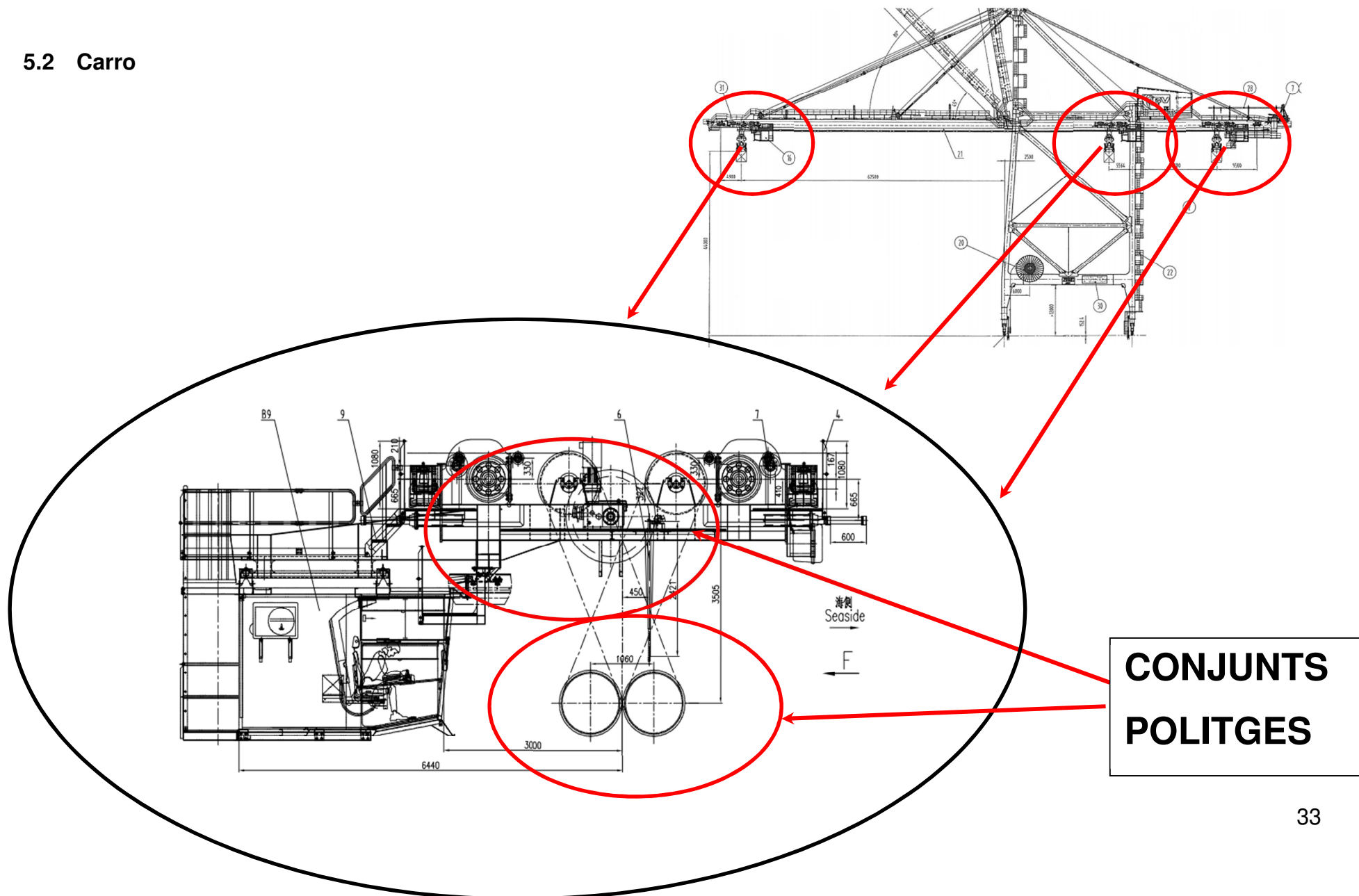
5.2 Carro

5.3 Conjunts politges elevació

5.4 Ubicació Node Acústic



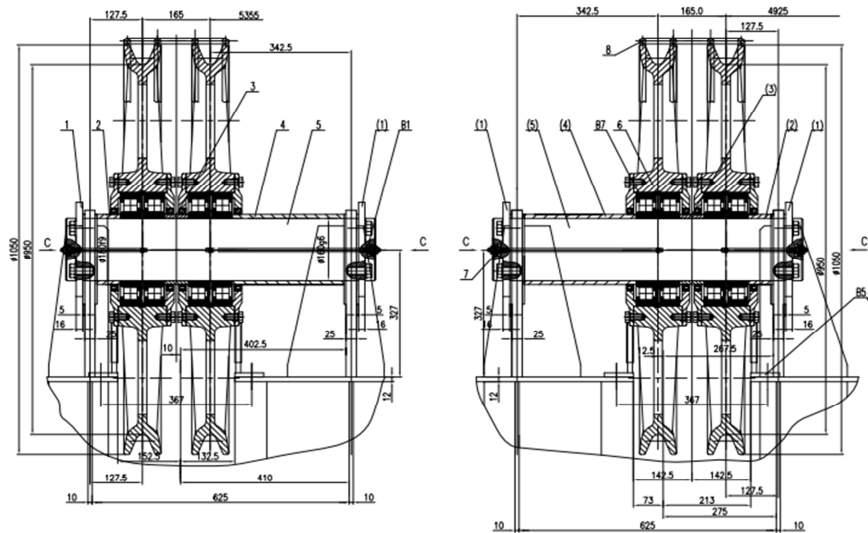
5.2 Carro



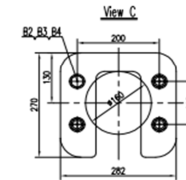


TREBALL FI DE MÀSTER

5.3 Conjunts politges elevació



Rev. No.	description	date	sign
01		2006/04/28	hjh
02	1.Indicate ISO or DIN norms. 2.Translate.	2006/05/30	hjh
03	1.grease nipple 2.the attached award acc. to rope reeving change.	2006/06/28	hjh

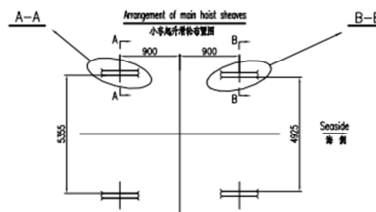


- 技术要求
1. 零件装配后, 应保证油嘴能正常润滑.
 2. 滑轮转动灵活.
 3. 各个螺栓拧紧至规定力矩.
 4. B6 螺栓孔应沿滑轮装配线.
 5. 件 2, 3, 4 和件 5 装配时请参照附图, 轴的输出口必须水平.

Table of bolt pre-tightening force and pre-tightening torque

Size 规格	F ₀ (kN)	T ₀ (k·m)	T ₀ (kg·m)	螺母 螺母
B.B. M12	22.8	39.6	66	B6
B.B. M16	66	196	82	B2

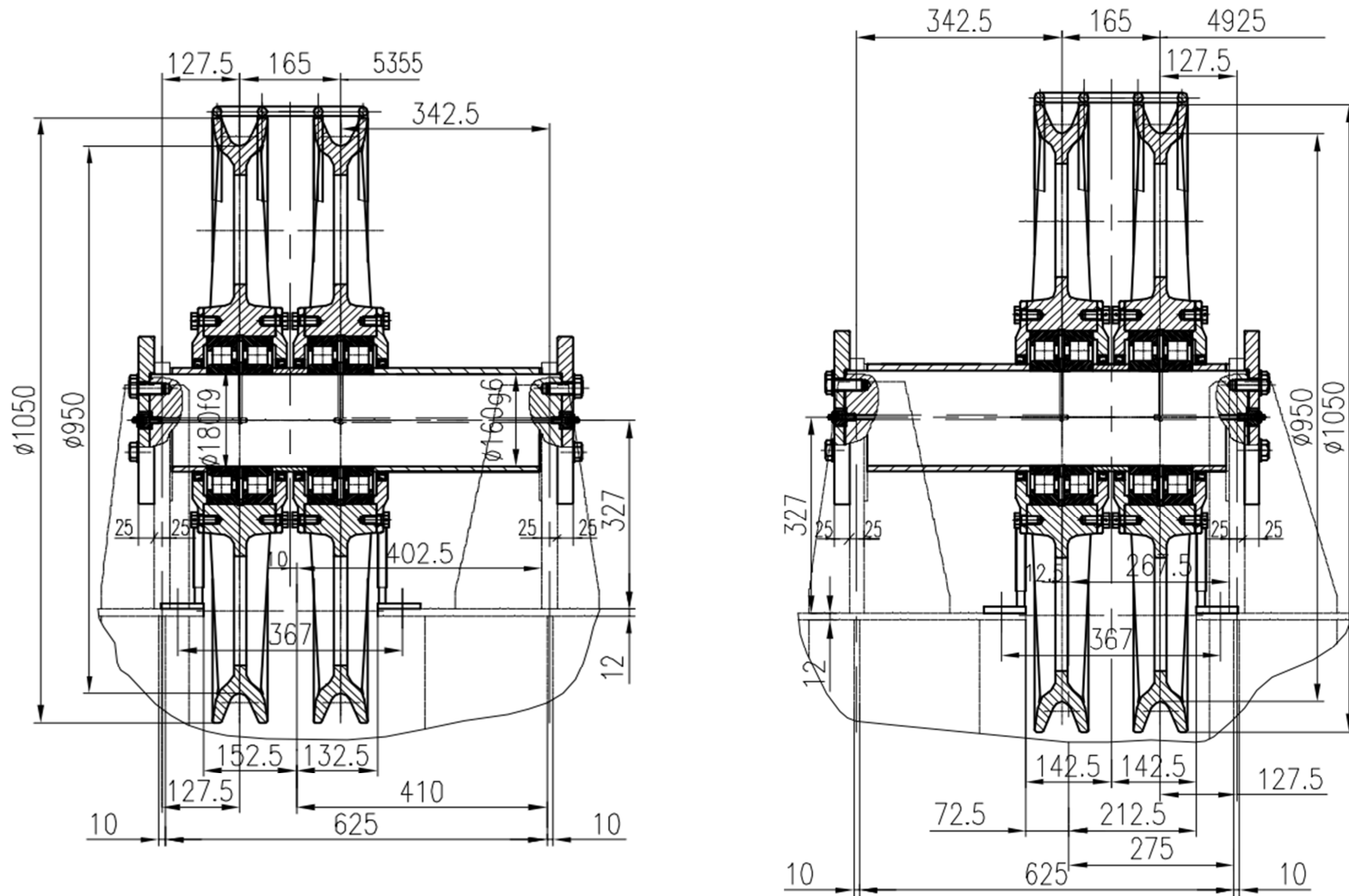
- Technical Requirement
- 1.After assembly, assure grease fitting works well.
 - 2.Sheave runs well.
 - 3.The tightening torque of Bolts are within standard.
 - 4.B6 screw hole should be match made with sheave cover.
 - 5.The outlet of the oil pipeline should be horizontal. See the part drawing while assembling item 2,3,4 and item 5.



B7	SKF	Bearing 轴承	NU232EC	不锈钢	8		160X290X48
B6	GB5782-86	Bolt 螺栓	M12x45	不锈钢	8	0.05	0.40 ISO 4014-79
B5	GB848-85	Washer 垫圈	12	不锈钢	8		
B4		Wire 钢丝	φ2.5	不锈钢	2m		
B3	GB97.1-85	Washer 垫圈	20	Dacro 达克罗	16	0.02	0.39 ISO 7089-83
B2	GB32.1-88	Bolt 螺栓	M20x60 grade 8.8	Dacro 达克罗	16	0.15	2.32
B1	DIN 71412	Grease Fitting 油嘴	M10x1		4		不锈钢

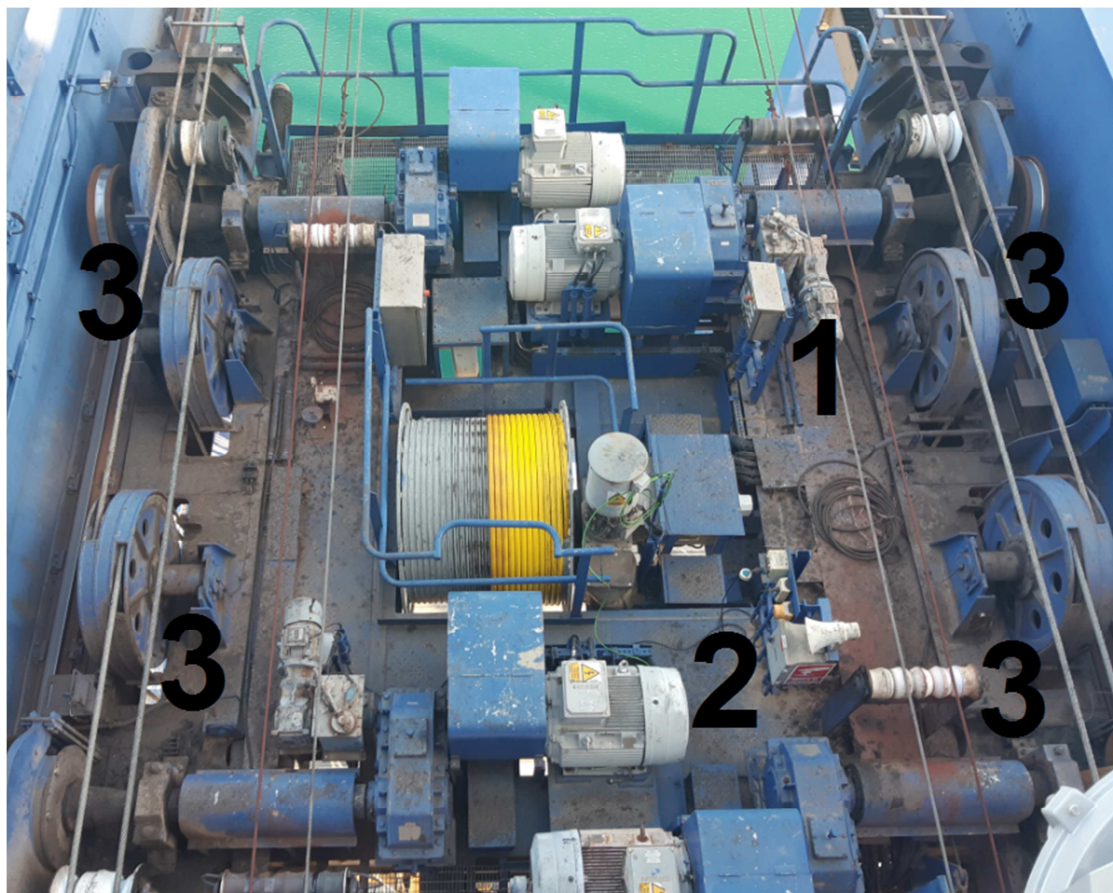
8	J253A020206	Cover 滑轮罩	轴承 Assembly		2	49.9	99.8
7	NPC2a-M10x1	Fitting 连接销	A50	Q235	4	0.08	0.32 碳钢 ZMC Standard
6	ZMH.950-Aa	Sheave 滑轮	滑轮	Ass. 组件	4	26.3	105.2 碳钢 ZMC Standard
5	J253A020205	Shaft 轴		35CrMo	2	117.5	235
4	J253A020204	Sleeve 衬套		Q235	2	11.5	23
3	J253A020203	Sleeve 衬套		Q235	2	2.4	4.8
2	J253A020202	Sleeve 衬套		Q235	2	2.7	5.4
1	J253A020201	Plate 衬板		Q345B	4	6.2	24.8

NO.	SUB-NO. or STDD	NAME & SIZE	MTRL or STYLE	QTY/set	each total	NOTE
PROJECT: SPAIN ORZELON TCR 65T CONTAINER CRANES		DESIGN STAGE:		SCALE: 1:5		
ITEM NAME: Sheave Assembly 起升滑轮装配		DRAW NO: J253A0202		PROJ.		
ZPMC	DSGN	TRACC	APP.	Assembley 装配		
	DRWH	CHCK	QTY/SET	2 set/crane		
	CHK	VER.	SET/CRANE	2x1450 Kg		





5.4 Ubicació Node Acústic



1.- Ubicació Node Acústic

2.- Endoll connexió

3.- Poltges a estudi

6 ANNEXOS

6.1 Fulls de característiques

6.1.1 Micròfon Fun Generation USB One

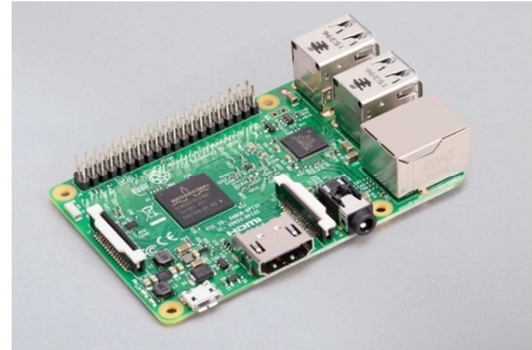


Imatge 4 Micròfon

Característiques tècniques

- Adequat per a veus, discurs i *podcasting*
- Patron polar: Cardioide
- Resposta en freqüència: 20 - 17.000Hz
- Sensibilitat: -34dB +-2db (0dB=1V/Pa a 1 kHz)
- Impedància: 100 Ohmios
- SPL: 132dB
- Carcassa de plàstic gris fosc amb adaptador per a suport integrat

6.1.2 Raspberry-pi 3 Model B +



Imatge 5 Raspberry-pi

Característiques tècniques

- CPU de quatre nuclis a 1,2 *GHz *Broadcom BCM2837 de 64 bits
- 1 GB de RAM
- BCM43438 LAN sense fil i Bluetooth de baixa energia (BLE) a bord
- GPIO estés 40 pins
- 4 pots USB 2
- Eixida estèreo de 4 pols i port de vídeo compost
- HDMI de grandària completa
- Port de cambra CSI per a connectar una cambra Raspberry Pi
- Port de pantalla DSI per a connectar una pantalla tàctil Raspberry Pi
- Port micro SD per a carregar el seu sistema operatiu i emmagatzemar dades
- Font d'alimentació micro USB commutada millorada fins a 2.5A

6.1.3 Disc dur SSD 240GB 2.5''

Kingston SATA3 A400 350/500MBS TLC negre

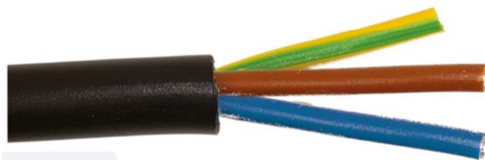


Imatge 6 Disc dur

Característiques tècniques

- Factor de forma 2,5" i M.2 2280
- Interfície SATA Rev. 3.0 (6 Gb/s)
- NAND3D
- Rendiment de referència
- Transferència de dades (ATTO)240 GB – fins a 500 MB/s en lectura i en escriptura 350 MB/s
- Consum d'energia 0,195 W en repòs / 0,279 W faig una mitjana de / 0,642W(màx)lectura 1,535 W(màx) escriptura
- Temperatura d'emmagatzematge -40 °C~85 °C
- Temperatura de servei 0 °C~70 °C
- Dimensions 100,0 mm x 69,9 mm x 7,0 mm (2,5'')
- Pes 41 g (240-480 GB – 2,5'')
- Vibració en funcionament 2,17 G màxima (7-800 Hz)
- Vibració en repòs 20 G màxima (10-2000 Hz)
- Vida útil 1 milió d'hores MTBF
- Garantia/assistència Tres anys de garantia limitada, amb assistència tècnica gratuïta
- Total de bytes escrits (TBW) 240GB: 80TB

6.1.4 Cable Mànega 3 x 1.5mm2 Lliure d'halògens



Imatge 7 Cable

Característiques tècniques

Descripció del Cable Mànegua 3 x 1.5mm² Lliure Halògens

El cable mànegua 3 x 1.5mm² lliure halògens està format per cable de coure flexible d'alta seguretat amb aïllament i coberta de poliolefines. Es tracta d'una mànegua verda 3 x 10 mm² lliure d'halògens, no propagador de la flama ni de l'incendi, amb baixa emissió de gasos tòxics i nul·la emissió de gasos corrosius. Dissenyat segons UNE 21123-4. Un cable de polietilè reticulat i coberta: termoplàstic, tipus Z1 lliure d'halògens, no propagador d'incendis i baixa emissió de fums.

- Característiques: Mànegua elèctrica lliure halògens 3 x 1.5mm²
- El cable mànegua 3 x 1.5mm² es caracteritza per:
- Denominació tècnica: RZ1-K (AS).
- Norma UNEIX: 21123-4.
- Color de la coberta exterior: verd.
- Tensió de servei: 0,6 / 1kV.
- Temperatura màxima de treball: 90 °C
- Presentació: Es pot adquirir en rotllos o en corts de la longitud desitjada.
- Reduïda emissió de gasos tòxics NFC 20454.
- Lliure d'halògens UNE-EN 50267-2-1.
- No propagació de la flama UNE-EN 60332-1-2.
- No propagació de l'incendi UNE-EN 50266-2-4.
- Baixa emissió de fums opacs UNE-EN 61034-2.
- Nul·la emissió de gasos corrosius UNE-EN 50267-2-2.
- Resistència als raigs ultraviolats.
- Resistència a l'absorció de l'aigua.
- Resistència al fred.
- Cable flexible.

6.1.5 Matraca amb cinta de polièster de 50 daN (50 Kg)



Imatge 8 Matraca

Característiques tècniques

- Les corretges compleixen amb la norma DIN EN 12195-2
- Longitud total: 4 metres
- Ample de la cinta: 25 mm
- D'una sola peça
- Força manual SHF: 50 daN (50 kg)
- Força de precàrrega STF: 100 daN (100 kg)
- Força de tracció del fleix LC: 800 daN / kg (0,8 tones)
- Força de tracció LC recta: 400 daN / kg (0,4 tones)
- Color: taronja
- Material: Polièster
- Etiqueta amb certificats i normes
- Din / Estàndard: EN 12195-2

6.1.6 Caixa de derivació OBO T 350 267x182x110



Imatge 9 Caixa

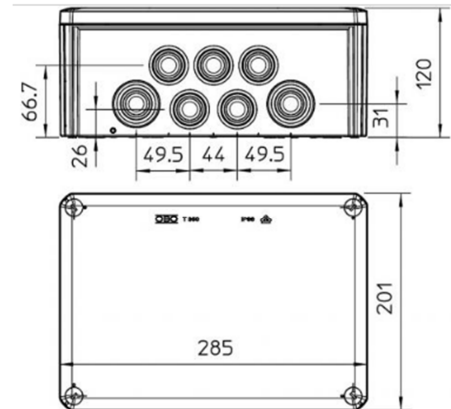


Figura. 22 Mides Caixa

Característiques tècniques

- Tubular: sí
- Nombre d'entrades: 24
- Tipus d'entrada: Cable
- Tipus d'entrada: Con
- Tipus d'entrada a la carcassa:....Membrana escalonada
- Model: Estàndard
- Tensió d'aïllament calculada U_i : 500 V
- Muntatge: Sense
- Tapa : Enfosquits
- Fixació de tapa: Caragolat
- Entrades: 16 x M32 8 x M40
- Entrada per la part posterior: sí
- Model a prova d'explosions: no
- Retardant a la flama: anti inflamable segons la norma VDE 0471/DIN 695 part 2-1, temperatura d'assaig 650 °C
- Execució: Rectangular
- Manteniment de funció (ETIM): Sense
- Per a zona Ex: Sense



TREBALL FI DE MÀSTER

- Per a zona Ex amb gas: Sense
- Per a zona Ex amb pols en suspensió: Sense
- Reforçat amb fibra de vidre: no
- Lliure d'halògens: sí
- Amb apantallament: no
- Amb tapa: amb quatre cargols de tancament ràpid
- Amb tapa: si
- Manera de muntatge sobre paret/en sostre
- Secció nominal: 35 mm²
- Tensió nominal: 500 V
- Tipus de protecció: IP66
- Manera de protecció: IP66
- Grau de protecció codi *IK: IK05
- Precintable: sí
- Rang de temperatura: -5 - 60 °C
- Tapa transparent: no
- Denominació del material: Polipropilè, reforçat amb fibres de vidre
- Resistent a la intempèrie: no
- Dimensions
- Longitud 285 mm
- Ample 201 mm
- Altura 120 mm
- Mesures interiors *267x182x110 mm



6.1.7 Clavilla schuco 16 A 250 V



Imatge 10 Clavilla

Característiques tècniques

- **Objecte**
- Clavilla
- **Tensió**
- 250 V
- **Corrent nominal**
- 16 A
- **Diàmetre d'espiga**
- 4,8 mm
- **Nre. de pols**
- 2
- **Material**
- PVC goma
- **Color bàsic**
- Negre



6.1.8 “Software”

Característiques tècniques

Anaconda	
Tipus	sistema de gestió de paquets, distribució de programari i programari lliure ✎
Versió estable	2020.11 ✎
Llicència	llicència BSD de 3 clàusules ✎
Característiques tècniques	
Sistema operatiu	Microsoft Windows, macOS i Linux ✎
Plataforma	macOS ✎
Escrit en	Python i R ✎

Imatge 11 Anaconda



7 INDEX DE TAULES IMATGES FIGURES I FORMULES

7.1 INDEX TAULES

Taula 1 Cost parada	2
Taula 2 Cost equip	13
Taula 3 Cost instal·lació	14
Taula 4 Cost anàlisis senyals	14

7.2 INDEX IMATGENS

Imatge 1 Grua Pòrtic	4
Imatge 2 Components Exterior Node	9
Imatge 3 Components Inerior Node	9
Imatge 4 Micròfon.....	37
Imatge 5 Raspberry-pi.....	38
Imatge 6 Disc dur	39
Imatge 7 Cable	40
Imatge 8 Matraca	41
Imatge 9 Caixa	42
Imatge 10 Clavilla.....	44
Imatge 11 Anaconda	45

7.3 INDEX FIGURES

Figura. 1 Conjunto politges.....	5
Figura. 2 Rodament.....	5
Figura. 3 Especificacions rodament	6
Figura. 4 Configuració Elements Node.....	8
Figura. 5 Rodament.....	16
Figura. 6 Formules	17
Figura. 7 Pàgina web	18



Figura. 8 Pàgina web	18
Figura. 9 Patrons.....	19
Figura. 10 Esquema autoencoder	22
Figura. 11 Identificació	22
Figura. 12 Velocitat Elevació	23
Figura. 13. Corriola.....	24
Figura. 14 Patró BPFO.....	25
Figura. 15 Patró BPFI.....	25
Figura. 16 Patró BSF.....	26
Figura. 17 Coincidències.....	26
Figura. 20 Patró BPFI.....	28
Figura. 21 Registre Vs Patró	28
Figura. 22 Programa BSF	29
Figura. 23 Registre Vs Patró	29
Figura. 24 Mides Caixa	42

7.4 INDEX FORMULES

Fórmula 1 Velocitat	24
---------------------------	----



8 BIBLIOGRAFIA

Materials construcció illa

<http://www.materialsconstruccioilla.com/>

[MATERIALS CONSTRUCCIO ILLA, SL - Ferreteria, bricolaje](#)

Raspberrypi

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

[Buy a Raspberry Pi 3 Model B – Raspberry Pi](#)

Thomann.es

https://www.thomann.de/es/fun_generation_usb_one.htm

[Fun Generation USB One – Thomann España](#)

OBO.es

<https://www.obo.es/productos/instalacion-industrial/cajas-de-derivacion/serie-t/caja-de-derivacion-t-350-con-conos.html>

[Caja de derivación T 350, con conos](#)

ESrodamientos

http://www.esrodamientos.com/SKF_Rodamientos/SKF_NJ232EC_57857.html

Romero, F (2016) Informació i Exercicis

https://www.fcocefax.org/M%C3%A1quinas-cat/operadores/ope_polea.htm

[Estudi de la politja](#)

Congreso de MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD latinoamérica.



<https://cmc-latam.com/anlisis-de-vibraciones-explicado/>

[Análisis de vibraciones explicado - cmc-latam.com](https://cmc-latam.com/anlisis-de-vibraciones-explicado/)

Portalelectromecánico.org

http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/rodamientos/partes_que_conforman_un_rodamiento.html

SKF Rodamientos

<https://www.skfbearingselect.com/>

[SKF Bearing Select](https://www.skfbearingselect.com/)

Material de l'assignatura "Diagnóstico por análisis del ruido" impartida en:
"Màster universitari en enginyeria del manteniment" pel professor Héctor
Climent Puchades en 2019-2020-2021