



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**TECNOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

**GILDAN TRADING**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21411068 ERICK DAVID ZELAYA**

**ASESOR: ING. ORLANDO AGUILUZ**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA**

**Diciembre de 2018**

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco **a Dios** por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en todo momento por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias **a mis padres** Servio y Odili Zelaya por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, darle gracias por ser los mejores padres del mundo ser un ejemplo de mi vida a seguir.

De todo corazón a la mujer más especial, a quien amo mucho, **a mi novia**, Andrea Carolina Midence que ha sido una persona incondicional en mi vida, ha sido mi soporte, mi mejor amiga, mi consejera, mi apoyo, mi luz, mi guía, mi todo para seguir adelante y no bajar los brazos en los momentos difíciles, poderte decir que lo logramos juntos, un sueño más cumplido. Gracias por ser la mujer que Dios me presentó en la vida para ser muy feliz, Gracias por enseñar lo que es el amor, decirte que te amo exagerado.

Agradezco de manera muy especial por su esfuerzo, dedicación, colaboración y sabiduría a todos los catedráticos por transmitir todos sus conocimientos para mi formación profesional.

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe lleva el título "Tecnología de Mantenimiento Predictivo"

La práctica profesional se realizó en la empresa GILDAN TRADING donde se aplicaron conocimiento, habilidades y destrezas obtenidos durante el proceso de la carrera estudiantil. GILDAN TRADING se dedica a Mantenimiento basado en la condiciones (CBM) ellos tiene como objetivo extender la vida útil de las máquinas utilizando la tecnología predictiva que son equipos de análisis operativo de las máquinas como vibraciones, ultrasonidos, termográficas, análisis de corriente, entre otras tecnologías. Se realizó mantenimientos a los siguientes equipos como compresores de aire, tender, secadoras y el sistema de air washer. Con la tecnología de ultrasonidos, vibraciones y análisis de corriente, se analizó los rodamientos. Con la tecnología de vibraciones y análisis de corriente se puede tomar un campo más amplio se pueden detectar las fallas en el estator, rotor y eje. Con la tecnología de termografía se analizó los motores y paneles eléctricos, transformadores, postes eléctrico y finalmente con la tecnología de espesores se realizó mediciones a las placas de las teñidoras de AKH Textiles identificando que área de la placa está más crítica.

## **ABSTRACT**

This report is entitled "Predictive Maintenance Technology"

The professional practice was carried out in the company GILDAN TRADING where knowledge, skills and abilities were applied during the process of the student career. GILDAN TRADING is dedicated to a maintenance based on the conditions (CBM) they aim to extend the useful life of the machines using the prediction technology that the equipment of operational analysis of the machines such as vibrations, ultrasounds, thermographs, current analysis, among other technologies. Maintenance was carried out on the following equipment such as air compressors, tensioners, dryers and the air washing system. With the technology of ultrasound, vibrations and current analysis, the bearings are analyzed. With the technology of vibrations and current analysis can give a wider walk can detect faults in the stator, rotor and shaft. Thermography technology analyzes motors and electrical panels, transformers, electric poles and finally the technology of the thicknesses is configured the plates of the AKH Textiles dyes that identify the area of the plate is more critical.

# INDICE

I.	INTRODUCCION .....	1
II.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	2
2.1	DESCRIPCION DE LA EMPRESA .....	2
2.2	DESCRIPCION DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD .....	2
2.2.1.	CBM – MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIONES .....	2
2.3	OBJETIVOS .....	3
2.3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	3
2.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
III.	MARCO TEORICO.....	4
3.1	TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	4
3.1.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	4
3.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	5
3.1.3	MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	5
3.2	TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS.....	5
3.2.1	Análisis de Aceite .....	6
3.2.2	Análisis de Vibraciones .....	8
3.2.3	MCSA (Análisis de corriente de motor).....	10
3.2.4	Ultrasonidos .....	12
3.2.5	Termografía .....	16
3.2.6	Espesores.....	18
3.3	DJS GS PRO .....	19
3.4	AGISOFT PHOTOSCAN .....	20
IV.	METODOLOGIA.....	22
4.1	Variables de Investigación .....	22
4.2	Técnicas e instrumentos aplicados .....	22
4.3	Fuentes de Información.....	22
4.3.2	Descripción de Actividades.....	23
4.4	Cronograma de Actividades.....	23
V.	RESULTADO Y ANALISIS .....	25

VI. CONCLUSIONES .....	31
VII. RECOMENDACIONES .....	32
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	33
IX. ANEXOS .....	35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Logo de Gildan Trading.....	2
Ilustración 2.La integridad del análisis de aceite .....	6
Ilustración 3. Señal de Vibración de una Máquina.....	8
Ilustración 4.AZIMA DLI DCX.....	10
Ilustración 5. Espectro de la corriente de un motor sano .....	10
Ilustración 6. Espectro de la corriente de un motor averiado.....	11
Ilustración 7. Equipo SKF EXPLORER 4000 .....	11
Ilustración 8. Diseño de un Detector de Ultrasonido .....	12
Ilustración 9.Ultraprobe 3000.....	13
Ilustración 10. SDT270 .....	14
Ilustración 11.ULTRAPROBE 15000 .....	15
Ilustración 12.Purgador de vapor .....	16
Ilustración 13. FLIR T420 .....	17
Ilustración 14. Dakota Modelo: VX.....	19
Ilustración 15.Mapa.....	19
Ilustración 16. Logo Software Photoscan .....	20
Ilustración 17.Logo Project.....	22
Ilustración 18. Modelo Espectral.....	25
Ilustración 19. Software UE SYSTEM.....	26
Ilustración 20. Software Spectrs .....	27
Ilustración 21. Termografía panel eléctrico.....	28
Ilustración 22. Tanque de Agua.....	29
Ilustración 23. Dakota .....	30
Ilustración 24. Dakota .....	35
Ilustración 25. FLIR T420 .....	35
Ilustración 26. SKF EXPLORER 4000 .....	36
Ilustración 27. ULTRAPROBE 3000.....	36
Ilustración 28. ULTRAPROBE 15000 .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pruebas más utilizadas en cada una de las tres categorías del análisis del lubricante .....	7
Tabla 2. Característica Dakota modelo VX .....	18
Tabla 3. Lista de Actividades .....	23
Tabla 4. Lista de Actividades .....	24
Tabla 5. Lista de Actividades .....	24
Tabla 6. Comparación de calidad vs Altura .....	29

## GLOSARIO

**CBM:** Monitorización de las condiciones o estado de los diferentes elementos de una máquina o equipo para decidir el momento óptimo (más adecuado) para realizar las tareas de mantenimiento.

**Vibración:** Hacer que algo se mueva, oscile, tiemble o se conmueva.

**Fallo:** Decisión que toma un tribunal, un jurado u otra autoridad.

**Lubricación:** Sustancia que tiene como misión minorar el rozamiento entre dos superficies.

**Mantenimiento:** Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

**Ultrasonido:** Vibración mecánica de frecuencia superior a la de las que puede percibir el oído.

**Textil:** La palabra "textil" remite a todo aquello que esté relacionado con hilados, tejidos, telas, y la industria de la indumentaria.

**Viscosidad:** Consistencia espesa y pegajosa de una cosa.

**Espectro:** Figura irreal, imaginaria o fantástica, que alguien cree ver; especialmente, imagen de una persona fallecida que se aparece a alguien.

**Frecuencia:** Número de veces que aparece, sucede o se realiza una cosa durante un período o un espacio determinados.

## I. INTRODUCCION

GILDAN Trading es empresa dedicada a la industria de la ropa, con diferentes marcas reconocida a nivel internacional y con plantas en diferentes partes del mundo como ser Latinoamérica, EE. UU., Canadá, Republica Dominicana, Nicaragua. Gildan es caracterizado por ser uno de los mayores empleadores en el país; el parque industrial de Rio Nance es la más grande de la empresa, cuenta actualmente con seis diferentes plantas dedicadas a 4 de ellas a textil, y dos a calcetineras que se distribuyen su producto en un mercado nacional y principalmente en EE. UU y Europa.

En la actualidad, tener un buen mantenimiento y un buen estado de los equipos dentro de cualquier empresa es de suma importancia, dado la importancia de mantener los equipos altas condiciones de estados se crean formas y tecnologías para poder prevenir las fallas no previstas. En GILDAN Trading una de las mayores prioridades es mantener el equipo trabajando el mayor tiempo posible a óptimas condiciones ya que se necesita la eficiencia en los procesos que se llevan a cabo dentro de la planta.

El departamento de C.B.M. o también nombrado taller regional de GILDAN es el encargado de aplicar e interpretar las tecnologías predictivas sobre los equipos que se encuentran en cada una de las plantas de la empresa tanto como en el país y el extranjero, con el fin de dar reportes de su estado a los diferentes departamentos de mantenimiento de cada planta. Es de suma importancia una buena información, así como la interpretación de esta, ya que un fallo o un dato erróneo pueden causar fallas grandes de equipos que conllevan a un mantenimiento muy caro y una inversión económica muy grande. Las tecnologías predictivas consisten en realizar pruebas y análisis las cuales depende del tipo de equipo que se está trabajando, comúnmente los análisis de aceite, vibraciones, ultrasonido, termografía, análisis y energía son fundamentales en cualquier análisis y son los más comunes a la hora de aplicar equipo que lleve tecnología predictiva.

## II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 2.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA



**Ilustración 1. Logo de Gildan Trading**

Fuente: (Trading, 2018)

Gildan es uno de los principales productores de camisetas, pantalones, sudaderas y calcetines para la familia. Con plantas en varios lugares del mundo como ser Centroamérica, Norteamérica, Asia y el Caribe. Siendo Honduras uno de los mayores productores y sede fundamental en el área textil de la empresa. La empresa distribuye en su mayoría en EE. UU. y Canadá con diferentes marcas asociadas a la empresa. Gildan se caracteriza por ser uno de los mayores empleadores a nivel nacional con más de 20,000 empleados. (Trading, 2018)

Dentro de las operaciones claves de Gildan se encuentra el tejido, textilera, bordado, estampado, entre otros. Siendo una industria de diversidad de procesos e implementación tecnológica en sus procesos para lograr la eficiencia y calidad en su producto.

### 2.2 DESCRIPCION DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

#### 2.2.1. CBM – MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIONES

El departamento de CBM es el encargado de mantener, predecir y prevenir cualquier tipo de fallo, así como proveer asesoría y mantenimiento a todo el equipo instalado en las plantas Gildan en Rio Nance, Choloma, San Pedro Sula, Naco, Nicaragua y República Dominicana. Se hace uso de tecnologías predictivas para así poder determinar el estado de los equipos y

poder dar el adecuado mantenimiento para poder evitar fallos que pueden afectar el rendimiento de las plantas.

El departamento CBM trabaja de forma regional, por lo que no se le da el mantenimiento a una o varias plantas en específico, sino que se trabaja conjunto al equipo de mantenimiento de todas las plantas, brindando reportes técnicos mensuales y asesoramientos para un mejor rendimiento de la planta y la empresa como tal.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Aplicar a la realidad laboral los conocimientos, habilidades y destrezas obtenidos durante el transcurso de la carrera estudiantil con el fin de poder desenvolverse de manera correcta en el ámbito de trabajo.

### **2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cumplir con las distintas actividades planteadas por la empresa durante el periodo de práctica profesional.
- Conocer las distintas tecnologías predictivas, así como los procedimientos que estas conllevan.
- Apoyar al departamento de trabajo con una mejora durante los procedimientos que se realizan dentro del mismo.

### **III. MARCO TEORICO**

#### Definición de Mantenimiento

Según (Garrido, 2003) define mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

#### **3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

##### 3.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas

- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico

Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

#### Desventajas indudables

Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes

- La vida útil de los equipos se acorta
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la
  - producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente

### 3.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es el conjunto de intervenciones realizadas de forma periódica en una máquina o instalación, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas.

#### 3.1.2.1 Objetivos de preventivo

- Garantizar la seguridad de los equipos y/o instalaciones para el personal.
- Reducir la gravedad de las averías.
- Evitar la parada productiva.
- Reducir los costes que se derivan del mantenimiento, optimizando los recursos.
- Mantener los equipos en condiciones de seguridad y productividad.
- Alargar la vida útil de las instalaciones y equipos.
- Mejorar los procesos.

### 3.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta.

## 3.2 TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS

Las tecnologías predictivas se definen como una serie de pruebas realizadas a cualquier equipo que necesite una serie de mantenimiento con el fin de reducir las fallas no deseadas que pueden significar una serie de gastos para las empresas, estas tecnologías por lo general consisten una serie de análisis como ser pruebas de aceite, análisis de vibraciones, ultrasonidos y MCSA (Señales de corriente del motor) que son las más utilizadas comúnmente. Estas pruebas pueden significar un gasto económico grande por el equipo utilizado para realizarlas. (Electromotores, 2018)

Este tipo de pruebas son fundamentales dentro de una empresa que exige la calidad en sus procesos es por eso por lo que en el departamento de C.B.M. de GILDAN se realizan las siguientes:

### 3.2.1 Análisis de Aceite

El monitoreo de los aceites (Albarracin, 1993) es una de las herramientas más valiosas que el ingeniero de mantenimiento tiene a su disposición con la finalidad de alcanzar la vida útil de los equipos mecánicos. Las diferentes técnicas para el monitoreo periódico de los aceites usados como el análisis físico-químico, la espectrofotometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la ferrografía permiten evaluar el estado del aceite para su cambio oportuno y el grado de desgaste de los diferentes mecanismos del equipo, el cual si es anormal permitirá implementar correctivos que eviten la parada no programada o en caso contrario trabajar con confiabilidad y cuantificar la vida real de servicio del equipo que debe estar de acuerdo con lo especificado por el fabricante. Los resultados finales se reflejarán en una reducción significativa de los costos de mantenimiento.



**Ilustración 2. La integridad del análisis de aceite**

Fuente: (Trujillo, 2007)

Un programa moderno de análisis de aceite debe ser considerado como una cadena donde la integridad y la fortaleza de cada eslabón (selección de la localización óptima del puerto de muestra, frecuencia adecuada, selección de las pruebas a realizar, adecuado análisis y la interpretación realizada por personal especializado) es idéntica, es la herramienta efectiva para incrementar la confiabilidad de la maquinaria. Ese programa utiliza la tecnología, los conocimientos de la operación del equipo y los resultados del análisis de aceite para establecer acciones específicas de mantenimiento y permitir una lubricación óptima.

Los técnicos certificados en lubricación y análisis de aceite (MLT y MLA), reconocen perfectamente que un lubricante debe estar sano y sin contaminación para poder hacer su trabajo de proteger la maquinaria. Uno de los objetivos que promovemos en nuestros servicios a la industria, es el de introducir y mantener el lubricante “limpio, seco y frío” en su maquinaria. Estos profesionales del análisis de aceite, establecen su programa de tal manera que se mantenga control en estos parámetros proactivos, para de esta forma prolongar la vida de la maquinaria. Reconocen también que la maquinaria puede enviar señales secretas acerca de sus condiciones de operación. (Trujillo, 2007)

### 3.2.1.1 Pruebas de análisis de lubricantes

Para una máquina estándar incluida en un programa normal de análisis de lubricantes, el paquete de pruebas estaría constituido básicamente por pruebas de “rutina”. Alternativamente, en caso de requerir pruebas adicionales para resolver problemas no detectados con las pruebas de rutina, se tendrían que considerar las pruebas de “excepción”. Las pruebas de rutina varían de acuerdo al tipo de máquina y las condiciones ambientales, y por lo general siempre incluyen las pruebas de viscosidad, análisis de elementos metálicos (espectrométrico), humedad, conteo de partículas, infrarrojo por transformadas de Fourier (FTIR) y número ácido (AN). Otras pruebas basadas en el tipo de máquina incluyen ferrografía analítica, densidad ferrosa, demulsibilidad y número básico (BN).

Categoría del análisis del lubricante	Pruebas
Propiedades del fluido	Viscosidad, número ácido/básico, FTIR, elementos metálicos
Contaminación	Conteo de partículas, humedad, elementos metálicos
Desgaste	Densidad ferrosa, ferrografía analítica, elementos metálicos

**Tabla 1. Pruebas más utilizadas en cada una de las tres categorías del análisis del lubricante**

Fuente: (Fitch, 2013)

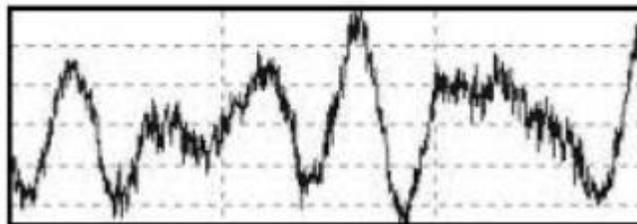
### 3.2.2 Análisis de Vibraciones

Todas las máquinas generan vibraciones como parte normal de su actividad, sin embargo, cuando falla alguno de sus componentes, las características de estas vibraciones cambian, permitiendo bajo un estudio detallado identificar el lugar y el tipo de falla que se está presentando, facilitando así, su rápida reparación y mantenimiento. El análisis de vibraciones está basado en la interpretación de las señales de vibración tomando como referencia los niveles de tolerancia indicados por el fabricante o por las normas técnicas.

#### 3.2.2.1 Los parámetros característicos de las vibraciones

- Desplazamiento: Indica la cantidad de movimiento que la masa experimenta con respecto a su posición de reposo.
- Periodo: Es el tiempo que tarda la masa en realizar un ciclo completo.
- Frecuencia: Es el número de ciclos que ocurren en una unidad de tiempo.
- Velocidad: Se refiere a la proporción del cambio de posición con respecto al tiempo.
- Aceleración: Proporciona la medida del cambio de la velocidad con respecto al tiempo.

Debido a que las máquinas están formadas por múltiples piezas que trabajan en conjunto para lograr determinado objetivo, las vibraciones presentes en éstas, no son más que la suma de todas las señales de vibración provenientes de cada una de sus partes.



**Ilustración 3. Señal de Vibración de una Máquina**

Fuente: (OLARTE, 2010)

### 3.2.2.2 Fallas que se pueden detectar con un análisis de vibración

Las fallas que se pueden identificar en las máquinas por medio de sus vibraciones son las siguientes

- Desbalanceo
- Desalineamiento
- Defecto de rodamientos
- Ejes torcidos
- Desajuste mecánico
- Defecto en transmisiones por correa
- Defectos en engranajes
- Problemas eléctricos

### 3.2.2.3 AZIMA DLI DCX

DLI cuenta con el Colector de Datos DLI Watchman® DCX™ Hammerhead y Analizador en Tiempo Real. El DCX Hammerhead es un colector de datos de vibración ROBUSTO, de 4 canales; soporta sensores triaxiales y uniaxiales para la adquisición de datos y el desarrollo del análisis espectral para aplicarlo en:

- Monitoreo de condiciones de maquinaria.
- Diagnóstico automático de condiciones.
- Detección de rodamientos.
- Monitoreo de parámetros de proceso.
- Blindaje de datos de vibración, tendencias y análisis.



#### Ilustración 4. AZIMA DLI DCX

Fuente: (Azima, 2016)

#### 3.2.3 MCSA (Análisis de corriente de motor)

MCSA se centra en el análisis espectral de las corrientes de estator. Mediante el análisis de las corrientes se pueden diagnosticar averías mecánicas y eléctricas, pero se aplica fundamentalmente en la detección de la rotura de barras de la jaula del rotor. La presencia de barras rotas en el rotor, no es motivo de parada inminente, pero provoca una degradación del funcionamiento del motor, y la posible aparición de serios efectos secundarios. Las partes rotas de las barras pueden causar serios daños mecánicos al aislamiento y a los devanados, provocando costosas reparaciones.

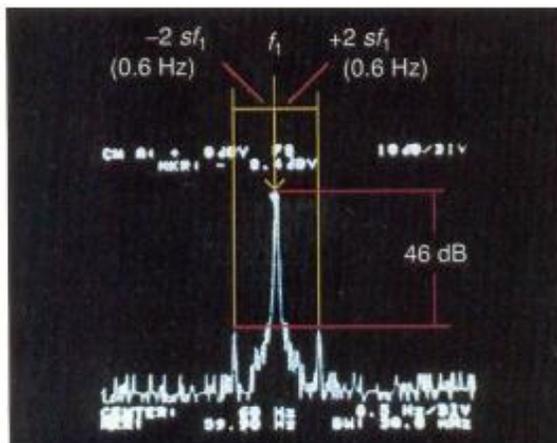
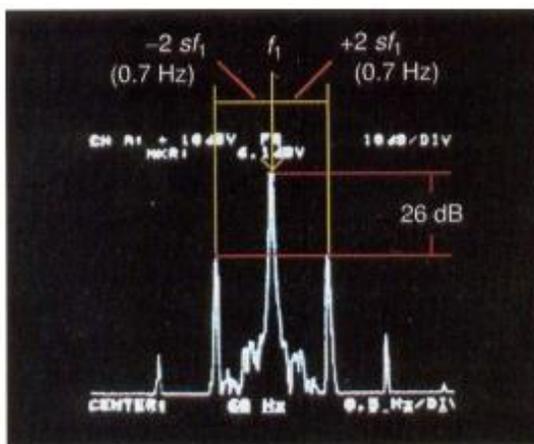


Ilustración 5. Espectro de la corriente de un motor sano

Fuente: (Piñol)



## **Ilustración 6. Espectro de la corriente de un motor averiado**

Fuente: (Piñol)

MSCA se emplea con éxito en los casos en los que el par de carga es constante. Sin embargo, en máquinas donde tal par no es constante con el ángulo de rotación surgen dificultades. Tal es el caso en molinos, roto palas, elevadores de cargas y compresores. En estas situaciones el par de carga es casi periódico con el ángulo de rotación de la carga. Además es habitual conectar el eje del rotor al de la carga mediante un mecanismo reductor. Esto provoca la aparición de nuevos armónicos relacionados con el par no constante y el mecanismo reductor. Tales armónicos suelen solaparse con los armónicos debidos a la presencia de barras rotas, circunstancia que dificulta enormemente el diagnóstico.

### **3.2.3.1 Análisis de Corriente EXPLORER 4000**



## **Ilustración 7. Equipo SKF EXPLORER 4000**

Fuente: (electrica, n.d.)

El analizador dinámico de motores EXP4000 integra un amplio rango de capacidades de monitoreo con un alto estándar de calidad. Diseñado para monitorear en línea eventos en circuitos de potencia, condición del motor, la carga y desempeño, da al usuario una vista amplia de la integridad del motor en general. Este instrumento fue diseñado para monitoreo remoto desde el CCM (Centro de Control de Motores) o a través de la conexión EP de Baker. Esta es una unidad portátil y durable de bajo voltaje, no peligrosa, operada por batería para instalación en lugares estrechos. (electrica, n.d.)

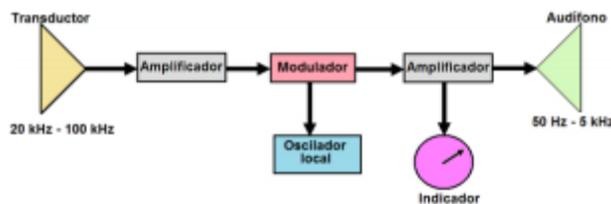
Características: Calidad de la energía, problemas de conexión, rotor, barras agrietadas, soldaduras deficientes, excentricidad, fallas de rodamientos, Desgaste en propulsores, Problemas en engranajes, VFD, Calidad de la energía, IGBT en cortocircuito.

### 3.2.4 Ultrasonidos

La detección de ultrasonido es una técnica empleada en el mantenimiento industrial basada en el estudio de las ondas sonoras de alta frecuencia que se producen en los equipos cuando algo anormal está sucediendo.

Esta herramienta está fundamentada en el hecho de que las fuerzas de rozamiento, las descargas eléctricas y las pérdidas de presión o vacío en las plantas, generan ondas sonoras de alta frecuencia, corta longitud y rápida pérdida de energía lo cual permite localizar con exactitud los problemas en los equipos antes de que se produzcan fallas que interrumpen el desarrollo normal de la planta de producción.

Los detectores de ultrasonido son equipos fáciles de utilizar, gracias a que el comportamiento del sonido es direccional, el operador puede verificar cualquier área ubicando la fuente del problema el cual se manifiesta como con un sonido mucho más fuerte que en los demás puntos. Estos detectores cuentan con un selector de frecuencias que le permite al usuario filtrar el ruido del ambiente y escuchar la onda ultrasónica con total claridad.



**Ilustración 8. Diseño de un Detector de Ultrasonido**

Fuente: (OLARTE C., 2011)

## Aplicaciones de la Detección de Ultrasonido

Entre las aplicaciones más importantes que tiene la detección de ultrasonido se tienen:

- **Monitoreo de Rodamientos:** Cualquier tipo de rodamiento, nuevo o usado, bueno o malo, emite ondas de ultrasonido producidas por la fricción entre sus partes, por medio del ultrasonido se puede determinar su estado y determinar si existe algún problema
- **Detección de Fugas de Presión o Vacío:** Los medidores de ultrasonido detectan fácilmente el sonido proveniente de la turbulencia ocasionada por un escape de presión o vacío en los sistemas.
- **Inspección de Instalaciones Eléctricas:** Las descargas eléctricas y el efecto corona producen ondas ultrasónicas que pueden descubrirse a través del análisis por ultrasonido.

### 3.2.4.1 ULTRAPROBE 3000



**Ilustración 9. Ultraprobe 3000**

Fuente: (uesystems, 2018)

Es un sistema de inspección ultrasónica digital con la capacidad de almacenar y administrar la información. Experimente las ventajas de las inspecciones de ultrasonido propagado por vía aérea/estructural con el Ultraprobe® 3000. Este sistema de inspección digital está totalmente equipado para detectar pérdidas de energía, y localizar problemas mecánicos y eléctricos, con numerosas funciones que le ayudarán a realizar inspecciones en los entornos más exigentes. (uesystems, 2018).

#### Características

- Rango dinámico de amplia sensibilidad

- Operación "Girar y Click" para personalizar los modos de inspección, almacenar, ver datos y ajustar la configuración del instrumento
- Pantalla fácil de leer, con lectura calibrada en decibelios y un gráfico de barras de 16 segmentos
- Módulos de escaneo y contacto (estetoscopio).

### 3.2.4.2 Ultrasonido SDT270



**Ilustración 10. SDT270**

Fuente: (sdtultrasound, s.f.)

El detector de ultrasonido SDT270 ofrece una mayor percepción de la salud de sus activos. Le ayuda a controlar los costos de energía, predecir fallas, mejorar la calidad del producto y aumentar el tiempo de actividad de producción total. Con su solución de ultrasonido SDT, usted tiene la capacidad de predecir y prevenir las fallas antes de que ocurran. Deje de depender del mantenimiento reactivo del pasado y comience un enfoque proactivo.

#### Característica

- Manejo de rodamientos: Monitor and maintain the health of your bearings with the SDT270.
- Detección de fugas: Aplique el SDT270 a su detección de fugas y ahorre hasta el 40% en costos de energía.
- Sistemas eléctricos: Detecte y catalogue las fallas eléctricas con tecnología de ultrasonido.
- Trampas de vapor: Asegúrese de que usted está manejando un sistema de vapor limpio y una red productiva en su entorno industrial.
- Manejo de válvula: Asegure sus válvulas e identifique las fallas con la solución de ultrasonido SDT270.

- Monitoreo de condición: Proteja su planta contra el tiempo de inactividad con la supervisión de condición eficiente y precisa.

### 3.2.4.3 ULTRAPROBE 15000

El instrumento de ultrasonido más elaborado y eficiente en recolección de datos, inspección y análisis. (uesystems, 2018)



**Ilustración 11. ULTRAPROBE 15000**

Fuente: (uesystems, 2018)

Características del Ultraprobe 15,000.

- Tecnología de pantalla táctil
- Planee y revise rutas. Registre imágenes y sonidos en la memoria del instrumento.
- Múltiples presentaciones de datos en pantalla: dB / temperatura / análisis de espectro.
- Tome lecturas de temperatura con el termómetro infrarrojo.
- Determine y almacene los RPM de un rodamiento activo con el completamente integrado Estroboscopio.
- Analice condiciones con el analizador de espectro integrado.
- Fotografié puntos de prueba con la cámara integrada.
- Identifique lugares con el puntero láser.
- Revisión de los grupos de alarmas y generación de informes.
- Almacena datos, grabaciones de sonido e imágenes.
- Revise los datos de registros históricos.

### 3.2.5 Termografía

La termografía de infrarrojos es el arte de transformar una imagen de infrarrojos en una imagen radiométrica que permita leer los valores de temperatura.

Por tanto, cada píxel de la imagen radiométrica es, de hecho, una medición de temperatura. Para ello, se incorporan complejos algoritmos a la cámara de infrarrojos. Esto hace de la cámara termografía una herramienta perfecta para el mantenimiento predictivo.



**Ilustración 12. Purgador de vapor**

Fuente: (FLIR, 2011)

#### Aplicaciones de la Termografía

**Sistemas eléctricos:** Las cámaras termografías se suelen utilizar para inspecciones de componentes y sistemas eléctricos de todos los tamaños y formas.

La gran variedad de posibles aplicaciones para las cámaras termografías en el rango de los sistemas eléctricos se puede dividir en dos categorías: Instalaciones de alta y de baja tensión.

**Instalaciones mecánicas:** En muchos sectores, los sistemas mecánicos son la espina dorsal de todas las operaciones. Cuando los componentes mecánicos se desgastan y pierden eficiencia suelen disipar más calor. Como resultado, los equipos o sistemas defectuosos aumentan rápidamente su temperatura antes de averiarse.

**Tuberías:** La termografía también ofrece información muy valiosa sobre el estado del aislamiento de conductos, tuberías y válvulas. La inspección del estado del material de aislamiento que rodea las tuberías puede ser vital. Las pérdidas de calor por un aislamiento defectuoso se detectan con mucha claridad en la termografía, lo que permite reparar rápidamente el aislamiento y evitar importantes pérdidas de energía u otros daños.

### 3.2.5.1 FLIR T420

Cámara de infrarrojos de alto rendimiento con cámara visual, pantalla táctil, conectividad Wi-Fi y lentes intercambiables, mejora de imagen con MSX® y orientación automática. Resolución térmica nítida a 76 800 píxeles para alta precisión desde mayor distancia. Una amplia opción de lentes para adecuar la visión y el tamaño del punto en su aplicación. (Termografía, 2018)



**Ilustración 13. FLIR T420**

Fuente: (Termografía, 2018)

#### **Características**

- **Resolución de 320 x 240 píxeles**

La serie T400 tiene una resolución de imagen térmica de 320 x 240 píxeles.

- **Sensibilidad de la cámara**

La serie FLIR T400 posee una sensibilidad térmica de < 45 mK.

- **Cámara visual de alta calidad**

Todos los modelos de la serie T de FLIR cuentan con una cámara digital integrada de 3,1 megapíxeles, que facilita y acelera la observación y la inspección.

- **Intervalo de medición**

Según el modelo, la serie T puede medir la temperatura entre los -20°C y los +1.200°C.

- **Lentes infrarrojas intercambiables**

La serie T está dotada de una lente estándar de 25° y lentes opcionales de 6°, 15°, 45° y 90°.

- **Interfaces flexibles**

La serie T está equipada con una salida de vídeo estándar por puerto USB y una tarjeta de memoria SD extraíble.

- **Vídeo MPEG-4**

Crea archivos de vídeos visuales e infrarrojos no radiométricos en formato MPEG-4.

- **Fusión térmica**

Fusiona las imágenes visuales e infrarrojas para mejorar el análisis.

### 3.2.6 Espesores

Medidor portátil, de fácil operación y alta resistencia para las más duras condiciones de trabajo para la medida de espesores o, alternativamente, de velocidad acústica (dado el espesor del material (modo de medida estático o en barridos con elevada velocidad de adquisición). (Tecnitest, 2018)

Características

características	VX
<b>Rango (mm acero)</b>	0,63 – 500
<b>Velocidad (m/s)</b>	1.250 – 10.000
<b>Resolución (mm)</b>	0,01
<b>Palpador</b>	Bicristal (1-10 MHz)
<b>Conector</b>	Lemo 00 (x2)
<b>Corrección recorrido-V</b>	Automática
<b>Ajuste de cero</b>	Automático
<b>Calibración</b>	Con 1 punto
<b>Medidas de velocidad</b>	Sí
<b>T-min en barridos</b>	Sí (16 medidas/seg)
<b>Pantalla</b>	LCD (4,5 dígitos)
<b>Iluminación de pantalla</b>	Sí
<b>Autoapagado</b>	Sí
<b>Unidades</b>	Métricas / Imperiales

**Tabla 2. Característica Dakota modelo VX**

Fuente: (Tecnitest, 2018)

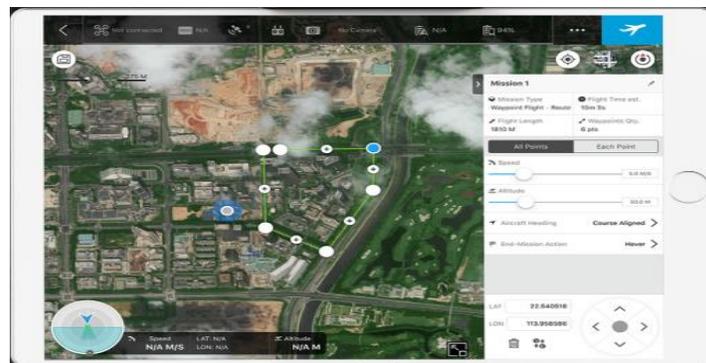


**Ilustración 14. Dakota Modelo: VX**

Fuente: (Tecnitest, 2018)

### 3.3 DJS GS PRO

GS Pro (también conocido como Ground Station Pro) es una aplicación para iPad diseñada para controlar o planear vuelos automáticos para drone DJI. A través de su interfaz clara y concisa, se pueden planificar misiones de vuelo complejas con unos pasos sencillos. GS Pro puede tomar fotos automáticamente en rutas de paso preestablecidos, proporcionando la precisión requerido para el mapeo de precisión.

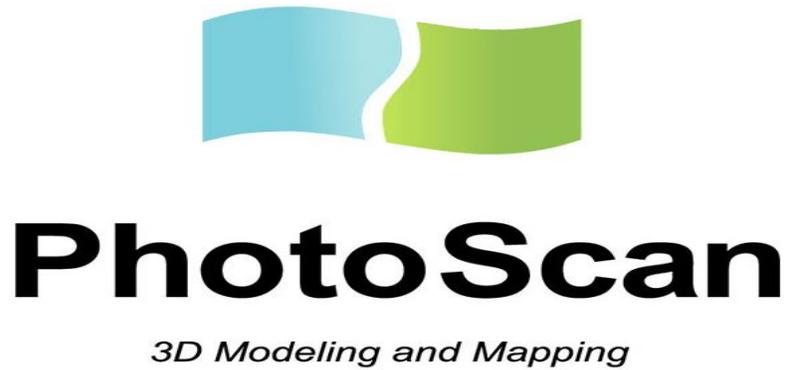


**Ilustración 15. Mapa**

Fuente: (DJI, s.f.)

### 3.4 AGISOFT PHOTOSCAN

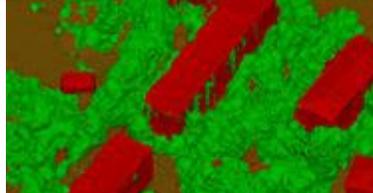
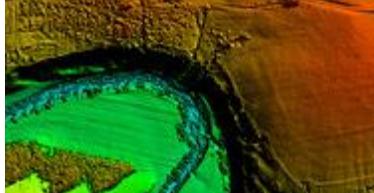
Agisoft PhotoScan es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, genera una reconstrucción 3D del entorno.



**Ilustración 16. Logo Software Photoscan**

Fuente: (Agisoft, s.f.)

#### Característica

<b>Triangulación fotogramétrica</b>	<b>Nube de puntos densos: edición y clasificación</b>	<b>Modelo de elevación digital: exportación DSM / DTM</b>
		
<p>Procesamiento de diversos tipos de imágenes: aéreas (nadir, oblicuas) y de corto alcance. Calibración automática: bastidor (incl. Ojo de pez), cámaras esféricas y cilíndricas. Soporte para proyectos multicámara.</p>	<p>Elaborar la edición del modelo para obtener resultados precisos. Clasificación de puntos para personalizar la reconstrucción de la geometría. Las exportar para beneficiarse del flujo de trabajo de procesamiento de datos de puntos clásicos.</p>	<p>Superficie digital y / o modelo de terreno digital, según el proyecto. Geo referenciarían basada en metadatos EXIF / registro de vuelo: datos de GPS / GCP. Soporte de sistemas de coordenadas de registro EPSG: WGS84, UTM, etc.</p>

<b>Exportación ortomosaica geo referenciada</b>	<b>Medidas: distancias, áreas, volúmenes.</b>	<b>Modelo 3D: Generación y texturizado.</b>
		
<p>Ortomosaico geo referenciado: el formato GeoTIFF más compatible con GIS; Archivo .KML para ubicarse en Google Earth.</p> <p>Exportación en bloques para grandes proyectos.</p> <p>Corrección de color para una textura homogénea.</p>	<p>Herramientas incorporadas para medir distancias, áreas y volúmenes.</p> <p>Para realizar un análisis métrico más sofisticado, los productos PhotoScan se pueden transferir sin problemas a herramientas externas gracias a una variedad de formatos de exportación.</p>	<p>Escenas variadas: sitios arqueológicos, artefactos, edificios, interiores, personas, etc.</p> <p>Carga directa de recursos de Sketchfab y exporta a varios formatos populares.</p> <p>Texturas foto realistas: HDR y soporte múltiple.</p>

## IV. METODOLOGIA

### 4.1 Variables de Investigación

Actividades clave: Son las actividades que la empresa GILDAN Trading, en específico el departamento C.B.M. da al practicante durante el tiempo previsto.

Tecnologías predictivas: Trabajar y conocer las distintas tecnologías predictivas que se utilizan en el departamento de C.B.M.

Mejora al departamento: El practicante deberá aplicar los conocimientos obtenido con el fin de aportar o mejorar un procedimiento que se realiza dentro del departamento.

### 4.2 Técnicas e instrumentos aplicados

Ésta es la herramienta por excelencia para la gestión de proyectos empresariales. Microsoft Project es una herramienta completa que presenta múltiples funcionalidades para facilitar la labor del director de proyecto. Por supuesto, entre ellas, se encuentra el diseño de diagramas de Gantt.



**Ilustración 17. Logo Project**

Fuente: (Microsoft, s.f.)

### 4.3 Fuentes de Información

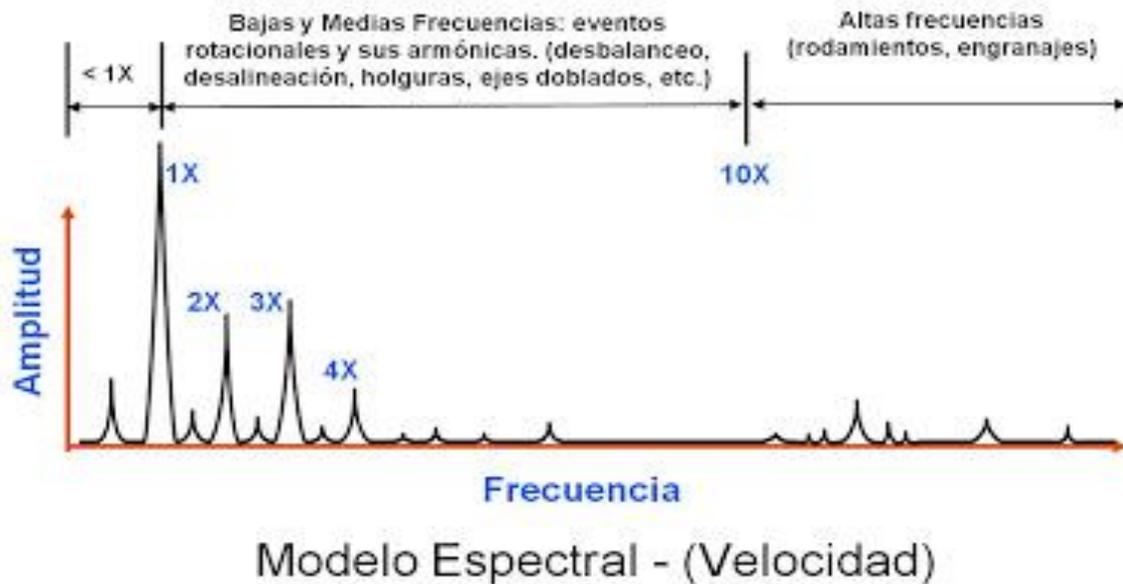
Para poder recolectar toda la información correspondiente se utilizó mucha documentación tanto de la empresa, así como documentación de las diferentes pruebas que existen sobre tecnologías predictivas. Las principales fuentes de información son libros y sitios web que hablan sobre estos elementos y sus aplicaciones como tal, es importante destacar que la





## V. RESULTADO Y ANALISIS

Con la tecnología de análisis de vibraciones el ázima se hace el mantenimiento de análisis a los motores arriba 20 HP, se pone el sensor de vibración en la posición radial, empezando por el lado libre del motor la medición se hace por 60 segundos, luego se cambia el sensor a lado acople es así como se obtiene el análisis de vibraciones, luego lleva un estudio con el programa DLI Watchman aquí se observa el espectro del motor durante los 60 segundos, en las frecuencias bajas que son 1X, 2X, 3X siempre son desbalance en el motor y en las frecuencias arriba de 10X son fallas de rodamiento lo cual puede ser pista interno, externa o los elementos rodantes.

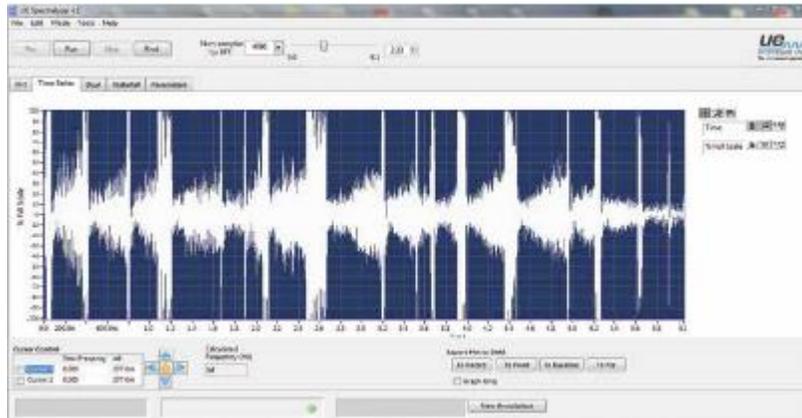


**Ilustración 18. Modelo Espectral**

Fuente: (Trading, 2018)

La tecnología de ultrasonidos ultraprobé 3000 es utilizado para encontrar fugas de aire comprimido dividiendo las fugas en moderado y severa, las moderados están en el rango de decibeles de 0-70 y las fugas severa están arriba de 70 dB, también es utilizado para verificar el funcionamiento de las trampas de vapor. Ultraprobe 15000 es utilizado para detectar fallas de rodamiento por medio del sonido, el ultraprobe se aplica para motores arriba de 20 Hp del mismo modo que se utiliza el ázima medición a lado libre y lado acople, se realiza el análisis en el programa ue system aquí se escucha el sonido del rodamiento,

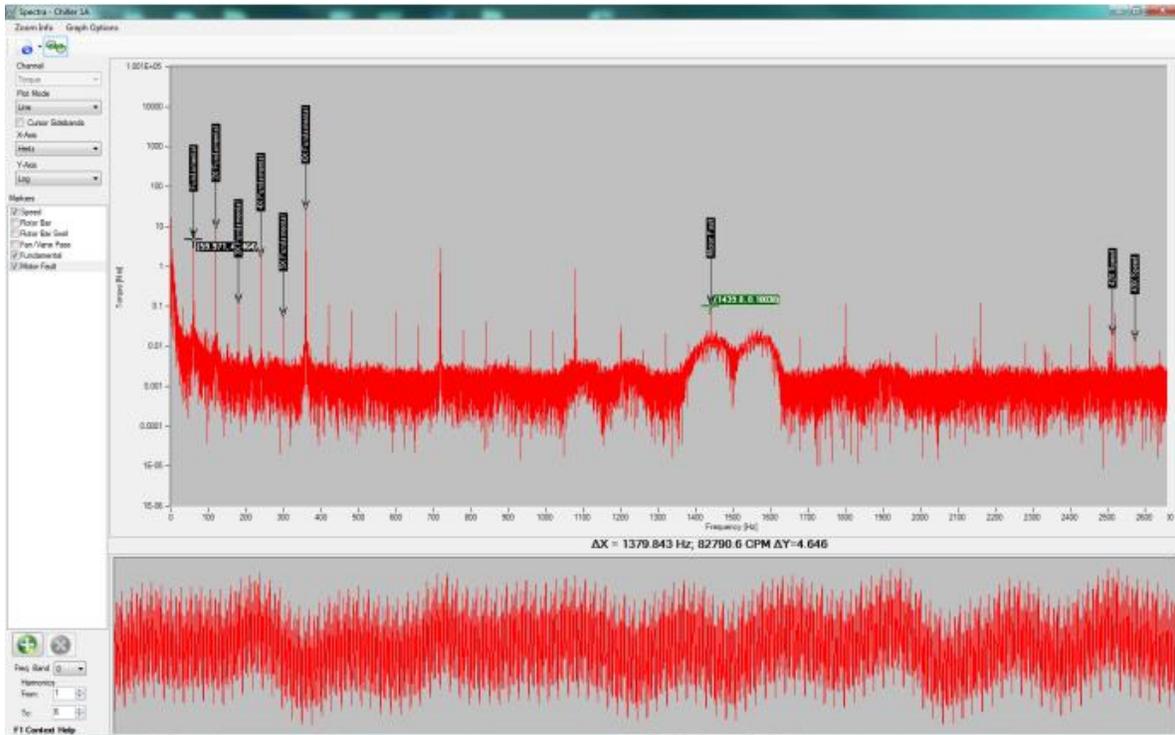
cuando en rodamiento está dañado como una macarena y cuando esta buena se escucha como el sonido del mar.



**Ilustración 19. Software UE SYSTEM**

Fuente: (Trading, 2018)

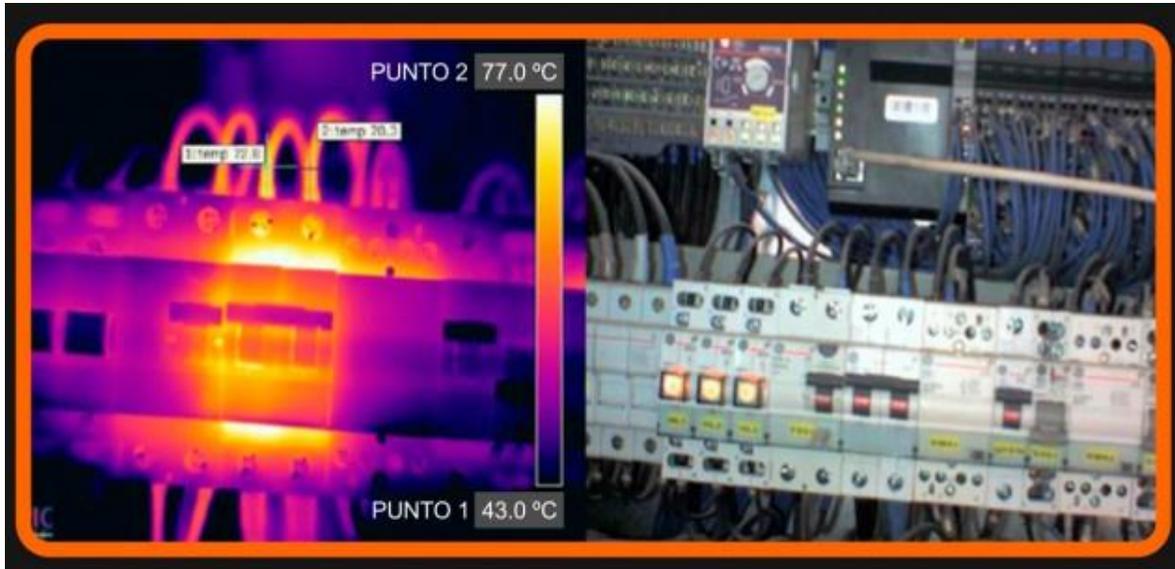
Con la tecnología de análisis de corriente SKF EXPLORER 4000 se puede detectar cualquier tipo de falla de los motores ya sea por rodamiento, estator, rotor, bobina y eje, este equipo no requiere ir a donde está el motor es suficiente con ir hacer las mediciones al variadores de frecuencia para obtener el espectro del motor y un análisis de corriente, el SKF EXPLORER toma dos mediciones del espectro que dura 60 segundos. Luego se analiza con el programa spectrs este tipo de análisis tiene una inconveniente que necesitamos saber que rodamiento tiene, cuantas aspa de rotor tiene para poder encontrar la frecuencia, teniendo estos valores hacemos los cálculos para poder encontrar bandas a 60Hz,120Hz,180Hz,240Hz, etc. si coinciden a estas frecuencia se pueden identificar los fallos de rodamientos.



**Ilustración 20. Software Spectrs**

Fuente: (Trading, 2018)

Y Finalmente la tecnología termografía se utiliza para motores, paneles eléctricos, transformadores y postes eléctricos. En los motores se identificaba que rodamiento del motor está a una temperatura inadecuada, en los paneles eléctricos se encontraba breaker con una tensión alta lo que hacía que el breaker se calentara produciendo disparo continuo, en los transformadores con la cámara termografía se miraban que bobina estaba más cargada de tensión haciendo calentar el cable generando calor y gasto de energía.



**Ilustración 21. Termografía panel eléctrico**

Fuente: (Trading, 2018)

Estudio de medición de volumen mediante en el programa de DJI GS PRO y Photoscan a los siguientes objetos:

- Tanque de Agua.
- Galera de soldadores.
- Montículos BIOMASA.

Se realizaron estudios del tanque tomando en cuenta la altura y la calidad de punto en el programa (Photoscan), se tomaron fotos a 30 y 50 metros de altura, cambiando la calidad de punto del programa a media y alta calidad así poder obtener un volumen más cercano a la realidad que está establecido el tanque.



**Ilustración 22. Tanque de Agua**

Fuente: Propia

<b>TABLA DE COMPARACION DE MEDICIÓN DE TANQUE</b>		
		Margen de error.
VOLUMEN DE TANQUE.	<b>1750m3</b>	
VOLUMEN CALCULADO POR EL PROGRAMA (AGISOFT PHOTOSCAN) CALIDAD <b>ALTA (30M)</b> .	<b>1659.7m3</b>	<b>5.16% (90.3m3)</b>
VOLUMEN CALCULADO POR EL PROGRAMA (AGISOFT PHOTOSCAN) CALIDAD <b>MEDIA (30M)</b> .	<b>1628.7m3</b>	<b>6.93% (121.28m3)</b>
VOLUMEN CALCULADO POR EL PROGRAMA (AGISOFT PHOTOSCAN) CALIDAD <b>ALTA (50M)</b> .	<b>1599.9m3</b>	<b>8.57% (149.97m3)</b>
VOLUMEN CALCULADO POR EL PROGRAMA (AGISOFT PHOTOSCAN) CALIDAD <b>MEDIA (50M)</b> .	<b>1517.8m3</b>	<b>13.31% (233m3)</b>
<b>OBSERVACION:</b>		
<b>Podemos observar el que tuvo menor margen de error fue a calidad alta a 30 metros de altura</b>		

**Tabla 6. Comparación de calidad vs Altura**

Fuente: Propia

Con la tecnología de espesores se realizaron mediciones de placas a todas la teñidoras de AKH Textiles haciendo una matriz 3X6 para el tanque, 2x2 para los torniquetes y 3x3 para tubos.



**Ilustración 23. Dakota**

Fuente: (Tecnitest, 2018)

## **VI. CONCLUSIONES**

- Se hizo el cumplimiento de las actividades planteadas por la empresa y terminando el calendario propuesto para este año en las cuales consistía realizar mantenimiento a compresores de aire, air washer y bomba.
- Se familiarizó con las tecnologías predictivas tomando bastante experiencia en ultrasonidos, análisis de corriente y termografía, haciendo mantenimiento a motores de bomba, compresores y blowers.
- Se apoyó en el departamento de coordinadoras para terminar un mantenimiento más rápido, levantamiento de inventario en la empresa de AKH Textiles y mejoras en automatización de plc.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para la empresa:

- Capacitaciones a los coordinadores de CBM de nuevos equipos e instrumentos eléctricos y mecánico.
- Aumento personal para el grupo de los mantenimientos programados

Para la universidad:

- Aplicación de una nueva clase que imparta conceptos de mantenimiento, concepto de lubricación y aplicación de Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- Talleres o capacitaciones para la carrera de ingeniería mecatrónica de seguridad industrial.
- Disponer de nuevos equipos de medición en los laboratorios.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Agisoft. (s.f.). *Agisoft*. Obtenido de <http://www.agisoft.com/>
- Albarracin, P. R. (1993). *Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz*. Colombia: Talleres Gráficos de Litochoa.
- Azima. (2016). *Caenonline*. Obtenido de <https://caenonline.com/buy/electronic-test-equipment/azima-dli-dcx/167763>
- DJI. (s.f.). *DJI*. Obtenido de <https://www.dji.com/phantom>
- electrica, M. e. (s.f.). *Medicion e ingenieria electrica*. Obtenido de <http://oropezaingenieros.com/productos/explorer-4000.php>
- Electromotores. (2018). *EM*. Obtenido de <http://www.electromotores.com/alto-voltaje/mantenimiento-predictivo.php>
- Fitch, B. (2013). Anatomía de un reporte de análisis de lubricante. *Machinery Lubrication*.
- FLIR. (2011). Guía de termografía para mantenimiento predictivo. *Preditec*, 48.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de Santo.
- Microsoft. (s.f.). *Microsoft Office*. Obtenido de <https://support.office.com/es-es/article/instalar-project-7059249b-d9fe-4d61-ab96-5c5bf435f281>
- OLARTE C., W. (2011). *LA DETECCIÓN DE ULTRASONIDO: UNA TÉCNICA EMPLEADA EN EL MANTENIMIENTO*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- OLARTE, W. (2010). *ANÁLISIS DE VIBRACIONES: UNA HERRAMIENTA CLAVE EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO*. Pereira: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Piñol, A. (s.f.). *MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES DE*.
- sdtultrasound. (s.f.). *sdtultrasound*. Obtenido de <https://sdtultrasound.com/es/productos-y-soluciones/productos>

Tecnitest. (2018). *Tecnitest*. Obtenido de DAKOTA: <http://www.tecnitest.com/medidores-de-espesor/62-dakota-vx.html>

Termografia, A. (2018). *Apliter*. Obtenido de <http://dominion.com.mx/fichas/camara-termografica-flir-235.pdf>

Trading, G. (2018).

Trujillo, G. (2007). Análisis de aceite, una estrategia proactiva y predictiva. *Machinery Lubrication*.

uesystems. (2018). Obtenido de <http://www.uesystems.eu/es/productos/ultraprobe-15000/>

uesystems. (2018). *uesystems*. Obtenido de <http://www.uesystems.eu/wp-content/uploads/ES-UP3000.pdf>

## IX. ANEXOS



**Ilustración 24. Dakota**

Fuente: Propia



**Ilustración 25. FLIR T420**

Fuente: Propia



**Ilustración 26. SKF EXPLORER 4000**

Fuente: Propia



**Ilustración 27. ULTRAPROBE 3000**

Fuente: Propia



**Ilustración 28. ULTRAPROBE 15000**

Fuente: Propia