



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MAQUINAS ROTATIVAS DE LOS
LABORATORIOS DE LAS UTS BARRANCABERMEJA EMPLEANDO ANÁLISIS DE
VIBRACIONES

AUTORES
JUAN DAVID CABRERA MEZA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS-FCNI
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: (01-06-2019)



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MAQUINAS ROTATIVAS DE LOS
LABORATORIOS DE LAS UTS BARRANCABERMEJA EMPLEANDO ANÁLISIS DE
VIBRACIONES

AUTORES

JUAN DAVID CABRERA MEZA

Trabajo de Grado para optar al título de
TECNOLOGO EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO

DIRECTOR

LUIS OMAR SARMIENTO ALVAREZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍAS Y CIENCIAS SOCIALES- DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS-FCNI
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: (01-06-2019)

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Vicente Cabrera Valle y Esperanza Meza Campo que con paciencia y esfuerzo me han ayudado a dar un paso más en mi vida, gracias por inculcar en mí el valor de la responsabilidad y la perseverancia que en el presente proyecto se ve reflejada.

A mi hermana Luisa Fernanda Cabrera Meza por el apoyo incondicional que siempre me ofreció. A mi familia en general porque con sus oraciones, y deseos de éxito hacen de mí una mejor persona cada día.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por guiarme en este camino y fortalecerme cada día más en el camino del éxito.

Agradecer también a todas las personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, un escalón más en mi vida profesional, agradecer por el conocimiento aportado, personas como Luis Omar sarmiento Álvarez (director de proyecto de grado), al docente Milton Álvaro Ospina (laboratorio de máquinas). nuevamente Gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermana, porque ellos son fuente diaria de motivación.

Gracias a mis amigos, por el apoyo moral prestado al largo de todo este proceso de formación.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO | 9 |
| INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN..... | 12 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 13 |
| 1.3. OBJETIVOS | 13 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES | 15 |
| 2. MARCOS REFERENCIALES..... | 17 |
| 3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO..... | 30 |
| 4. RESULTADOS | 50 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 53 |
| 6. RECOMENDACIONES | 54 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 55 |
| 8. ANEXOS..... | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-------------------------------|
| Figura 1. Procedimiento de muestreo, conversión de una señal analógica a digital..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 2. Desalineación paralela..... | 24 |
| Figura 3. Desalineación angular..... | 24 |
| Figura 4. Cojinetes de bolas o de rodillos..... | 26 |
| Figura 5. Orientación del punto de medición..... | 32 |
| Figura 6. Banco de medidas eléctricas con código MED 1 de las unidades tecnológicas de Santander (UTS)..... | 32 |
| Figura 7. Fotografía punto radial..... | 33 |
| Figura 8. Fotografía punto vertical..... | 33 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Niveles de vibración según tipo de maquina..... | 27 |
| Tabla 2.ISO 10816-1 según severidad de vibración in/s y mm/s..... | 28 |
| Tabla 3. formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | 31 |
| Tabla 4. Tabla diagnostico final | 50 |

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto inició con la realización de un estado del arte sobre la mantenibilidad de equipo rotativo con base en el análisis de vibraciones. Se adquirió un equipo necesario para poder proceder de manera correcta con el mantenimiento. se estableció un protocolo de medición, y posteriormente se llevaron a cabo las pruebas, pruebas que luego fueron evaluadas para la emisión de un diagnostico mucho más específico.

Es claro que el tiempo y el uso desgastan cualquier tipo de equipo o herramienta, sobre todo si estas requieren de un funcionamiento continuo. La implementación de un programa de mantenimiento basado en análisis de vibraciones nos permite tener una imagen e información clara del estado actual de las maquinas eléctricas rotativas de los laboratorios de la UTS Barrancabermeja. Y así poder ofrecerle al estudiante y/o usuarios de susodichas maquinas un rendimiento de calidad acorde a las demandas de la Institución.

En primer lugar, se revisaron cuántos y cuáles eran los equipos a intervenir y cuál es el historial de cada máquina. En ese momento se decidió cuáles de ellos (maquinas) se puede aplicar el mantenimiento y a cuáles no, se revisó si es posible intervenirlos mediante permiso de las UTS, y finalmente se establecieron los recursos necesarios y otro tipo de gastos que entran en el proceso, por ejemplo: personal que realizara la intervención, gastos económicos, y suministros necesarios para la correcta ejecución.

Los espacios concebidos para generar y experimentar el conocimiento dentro de la Universidad deben aumentar y mejorar cada vez más en tecnología y diseño, con el fin de obtener investigaciones verídicas en temas especializados, que produzcan innovación.

PALABRAS CLAVE.

1. plan de mantenimiento: es el conjunto de tareas de mantenimiento programado que se ejecuta siguiendo algunos criterios dependiendo del equipo o maquina a intervenir.
2. mantenibilidad: es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados.
3. equipo rotativo: son equipos provistos de una parte fija llamada estator y una parte móvil llamada rotor, normalmente el rotor gira en el interior del estator, al espacio de aire existente entre ambos se le denomina entrehierro.

4. vibraciones: se describe como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de una posición de equilibrio, sin que se produzca desplazamiento “neto” del mismo.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se puede entender como un conjunto de normas y técnicas que tienen como objetivo la conservación de una instalación o maquinaria en funciones adecuadas para la cual fueron creadas.

Existen tipos de mantenimiento, en la actualidad los principales tratamientos para asegurar una larga vida para un equipo, son: Correctivo. Preventivo y predictivo.

Correctivo: Comprende el mantenimiento que se lleva con el fin de corregir los defectos que se han presentado en el equipo.

Preventivo: como su nombre lo indica, consta de un trabajo de prevención de defectos que podrían originar la parada o un bajo rendimiento del equipo en funcionamiento.

Predictivo: Mantenimiento predictivo es la modificación de los parámetros basado en realizar acciones de condición o de rendimiento, que obedece a un seguimiento sistemático.

La importancia del mantenimiento en las últimas décadas se ha acrecentado debido a los altos estándares de calidad establecidos actualmente, y el hecho que las empresas quieran ser competitivas en el comercio internacional es otra de las razones. Esto en términos industriales. Llevándolo al terreno educativo las exigencias son muy similares, hoy las instituciones educativas quieren ser exponentes en formación de calidad egresando estudiantes con altas capacidades cognitivas y que lleven su conocimiento al ámbito laboral, las unidades tecnológicas de Santander no son ajenas a estas exigencias y el presente proyecto es una pequeña muestra de lo dicho anteriormente ya que tras una investigación y/o búsqueda de información, el objetivo final es la aplicación de ese conocimiento adquirido. El proyecto: **Mantenimiento preventivo de las máquinas rotativas de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja empleando análisis de vibraciones** para los estudiantes no tiene como objetivo único el optar al título de tecnólogo electromecánico sino también que sea de motivación para próximos egresados el iniciar sus proyectos con un fin investigativo y aplicativo, y que mejor que sea de beneficio para su propia institución.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El funcionamiento de los equipos y/o laboratorios de cualquier institución educativa es primordial para el buen desarrollo de cada una de las clases que requieran el uso de estos por parte de los estudiantes como de los profesionales, docentes o técnicos encargados del área.

Con el pasar del tiempo se viene evidenciando que los equipos rotativos de los laboratorios de Medidas Eléctricas, Accionamientos Eléctricos y Maquinas Eléctricas presentan fallas ya que estos no han recibido ningún tipo de mantenimiento y pueden presentar malfuncionamiento, esto les impide a nuestros docentes llevar una clase en condiciones óptimas y por ende repercute en el aprendizaje de los estudiantes de la institución.

Es claro que la institución desea brindar u ofrecer su maquinaria a los estudiantes en las mejores condiciones posibles. Pero en muchas de las ocasiones se han notado por parte de los usuarios de estos equipos fallas inesperadas de equipos que en algunos casos terminan en desuso. Por otro lado, que la institución tenga que intervenir los equipos después de ocurrida una falla es mucho más difícil de asumir para ellos por el alto costo que esto representa en el aspecto económico, por este motivo nace la iniciativa de implementar un plan de mantenimiento preventivo capaz de reducir las fallas y minimizar costos en las reparaciones. Ya que este proceso es llevado a cabo por estudiantes de la misma institución. ¿Cuál es el estado actual de los equipos rotativos de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El estado actual de los equipos rotativos de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja es un bien que se debe conservar en las mejores condiciones ya que son de gran importancia para el buen desarrollo de las clases, este proyecto nace por el querer conocer estado actual de los equipos rotatorios de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja por medio de un método de mantenimiento preventivo/predictivo conocido como: análisis de vibraciones. Al finalizar el proyecto claramente tiene un impacto directo en la institución, ya que le permitirá tener información recopilada con base en un diagnóstico respaldado con estudios y pruebas hechas por estudiantes y docentes con conocimiento en esta área específica de trabajo.

Para los estudiantes, la realización de proyectos enfocados a la investigación y que tengan una aplicación directa a su área de estudio, en este caso fortaleciendo nuestra línea de investigación: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍAS Y CIENCIAS SOCIALES-DIANOIA, esto promueve i/o estimúlala tanto a los actuales estudiantes como a los próximos a ser graduados, el deseo de indagar por nuevos conocimientos y/o poner en práctica lo aprendido durante su formación académica, bastante relevante ya que esto le da una pequeña muestra a lo que se puede enfrentar en su siguiente etapa como profesional.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Aplicar un programa de mantenimiento preventivo a las maquinas eléctricas rotativas de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja empleando análisis de vibraciones con el fin emitir un diagnostico detallado que nos permita conocer el estado actual de los equipos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estado del arte sobre la mantenibilidad de equipos de laboratorio especialmente sobre análisis de vibraciones que sirva como referente para la construcción de un protocolo de medición.
- Realizar un inventario de equipos que serán intervenidos durante el proceso, que incluya marca y/o especificaciones de fábrica, e información de su historial de mantenimiento.
- Determinar el estado de funcionamiento de los equipos del laboratorio aplicando medidas y análisis de vibraciones teniendo en cuenta el protocolo de medición.
- Proponer un plan de mantenimiento correctivo de los equipos del laboratorio a partir de los resultados de la medición preventiva para el mejoramiento de las condiciones de las maquinarias.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

La implementación de análisis de vibraciones dentro del mantenimiento preventivo que se aplica en la industria actual es bien conocido, a continuación, vamos a mostrar algunas investigaciones realizadas en diferentes facultades alrededor del mundo que han tomado el análisis de vibraciones como método de partida para la optimización de cualquier sistema de mantenimiento.

El primer trabajo corresponde a Saavedra, P. N, (2014). La medición y análisis de vibraciones como técnica de inspección de equipos y componentes, aplicaciones, normativas y certificación. En este escrito se presentan los tipos de equipos que son utilizados para la toma de las vibraciones en máquinas y estructuras, así mismo el autor muestra las ventajas que se podrían obtener dependiendo de que técnicas sean utilizadas durante dicho proceso, contrastando con otros métodos de detección de fallas como el ultrasonido, radiografía, etc. No dejando de lado la normativa en cuanto a la exposición de las vibraciones para el ser humano y la evaluación de las vibraciones en las maquinas consideradas en este proyecto.

Un segundo trabajo de Olger, C. & Héctor, M. (2014), que lleva por título: “Diagnóstico de fallos en la combustión para motores de combustión interna alternativo diésel por análisis de vibraciones”. Trata de un proyecto donde el autor muestra cómo se realiza un diagnóstico de fallas de motores por combustión a partir de la técnica de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones si bien este necesita la transformada de Fourier para la cual utiliza el software labVIEW.

En el siguiente trabajo Dr. Evelio, (1997). Titulado “La medición y el análisis de vibraciones en el diagnóstico de máquinas rotatorias”. El autor tiene como objetivo recapacitar el conocimiento relacionado con las técnicas de medición y el análisis de vibraciones, con vistas al diagnóstico de estado de la maquinaria industrial, abordando los aspectos medulares que tiene que conocer el especialista para poder configurar de manera rigurosa su instrumento de medición para lograr una medición mucho más precisa.

La mecánica automotriz en otro de los campos en los cuales podemos ver de manera muy relevante la aplicación del análisis de vibraciones como parte del mantenimiento frecuente de una maquina rotatoria, lo anterior dicho lo encontramos plasmado en la tesis de grado de Pedro, C & Steven, R. (2016). “Detección de fallas incipientes a través del análisis de vibraciones mediante tiempos cortos en un motor de combustión interna Hyundai Sonata EF 2.0”.

En este escrito podemos ver como en la mecánica automotriz la importancia de un análisis de vibraciones efectuado de la manera correcta trae grandes beneficios para cualquier tipo de máquina, lo que el autor quiere mostrar es: la detección de fallas insipientes provocadas al motor a través de las características de las señales de vibraciones que se presentan en el motor. Y al final compararlas con el funcionamiento estándar del motor. Y revisar si la falla es válida para el análisis.

Finalmente tenemos un trabajo Jorge, M. (2009). Titulado “Análisis de vibraciones en motores eléctricos asíncronos trifásicos”. En este proyecto el autor cita lo siguiente: El análisis de vibraciones en motores asíncronos trifásicos, es un método para diagnosticar

las fallas en los componentes en máquinas, y que forma parte del mantenimiento predictivo. Su objetivo principal no solo es encontrar la falla, sino la causa, contrastando con las frecuencias características de cada componente de las maquinas eléctricas asíncronas trifásicas, para sí determinar su estado operativo.

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. Marco teórico

El mantenimiento: el mantenimiento se puede definir como un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de que cualquier artículo continúe desempeñando las actividades deseadas o de diseño.

Objetivo del Mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto de la función deseada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global.

Historia del mantenimiento

El proceso industrial ha sufrido diferentes cambios durante XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. A medida que las máquinas empezaron a ser más complejas más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

Con el comienzo de la primera guerra mundial y de la Segunda y tras atravesar una grave crisis energética en el 73, empieza a concebirse el concepto de fiabilidad. La aviación y la industria automovilística lideran esta nueva corriente. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes:

- En la robustez del diseño, a prueba de fallos y que minimice las actuaciones de mantenimiento
- En el mantenimiento por condición, como alternativa al mantenimiento sistemático. Aparece el mantenimiento predictivo.

Como podemos leer en ingeniería del mantenimiento (renovetec,2018). En el análisis de fallos, tanto los que han ocurrido como los que tienen una probabilidad tangible de ocurrir (fallos potenciales). Se desarrolla en Mantenimiento basado en Fiabilidad o RCM. El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría afirmar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

En el uso de la informática para el manejo de todos los datos que se manejan ahora en mantenimiento: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Se busca tratar todos estos datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Aparece el concepto de GMAO (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador), también denominado GMAC (Gestión del Mantenimiento Asistido por Computadora) o CMMS (Computerised Management

Maintenance System). García Garrido, S. (2009). *Ingeniería del mantenimiento*. Renovetec, 1era edición, Madrid, España.

En la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones. Aparece el concepto de TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas 'transferidas' son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir Cero Averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología. García Garrido, S. (2009). *Ingeniería del mantenimiento*. Renovetec, 1era edición, Madrid, España.

Tipos de mantenimiento

Existen 5 tipos de mantenimiento, pero los que serán nombrados continuación son los más conocidos y aplicados en la industria.

1. **Mantenimiento correctivo:** es el que se ejecuta una vez ocurrida la falla.
2. **Mantenimiento preventivo:** este mantenimiento tiene como objetivo mantener y/o preservar un nivel de servicio determinado en los equipos, se encarga de programar las intervenciones de sus puntos más importantes y/o vulnerables en los momentos más oportunos.
3. **Mantenimiento predictivo:** es aquel que informa permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones siguiendo unas variables determinadas, representativas de tal estado y operatividad. Como bien se dijo antes este mantenimiento requiere de variables específicas tales como: temperatura, vibración consumo de energía... etc. Este tipo de mantenimiento es el más avanzado y tecnológico ya que requiere de conocimientos más técnicos y en ocasiones cálculos matemáticos para su correcta ejecución.

Análisis de vibraciones

El mantenimiento predictivo tiene una de las disciplinas más importantes denominada: el análisis de vibraciones. Ya que esta es una de las formas de mantenimiento no destructivo más efectivo de la actualidad, porque brinda una información clara acerca del funcionamiento interno de una máquina.

Pero, ¿qué es una vibración?, la vibración como concepto general es: la oscilación o movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio, La posición de equilibrio llegara cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero. Claro está que esto es vibración de cuerpo entero lo que quiere decir que todo el cuerpo junto se mueve en una sola dirección en un momento determinado. Como; White, G. (2010), cita en su libro titulado: "Introducción al análisis de vibraciones". Woburn, MA, Estados Unidos: Ázima, 551, 1990-2010. La vibración de un objeto es causada por una fuerza de excitación. Esta fuerza se puede aplicar externamente al objeto o puede tener su origen a dentro del objeto. También hay dos conceptos muy importantes como frecuencia y magnitud de vibración. Para la medición de amplitud de vibración se deben conocer los siguientes términos:

- **Amplitud Pico (Pk)** es la distancia máxima de la onda del punto cero o del punto de equilibrio.
- **Amplitud Pico a Pico (Pk-Pk)** es la distancia de una cresta negativa hasta una cresta positiva.
- **Amplitud Raíz del Promedio de los Cuadrados (RPC)**, es la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los valores de la onda. En el caso de una onda senoidal el valor RPC es igual a 0.707 del valor pico, pero esto es solo válido en el caso de una onda senoidal. El valor RPC es proporcional al área abajo de la curva. Si se rectifica a los picos negativos, eso quiere decir si se les hace positivos, y el área abajo de la curva resultante está promediado hasta un nivel medio este nivel es proporcional al valor RPC. (Glen White, 1990-2010)
- **Fase:** la fase es la unidad de tiempo medida de diferencia de tiempo entre dos ondas sinodales, medidas en ángulos, grados o radianes. Normalmente llama desplazamiento de fase. Ejemplo: un desplazamiento de 360° no se considera en este caso desplazamiento más bien es un retraso de ciclo o de un periodo de onda, un desplazamiento de 90 grados es un desplazamiento de un $\frac{1}{4}$ y así sucesivamente. (Glen White, 1990-2010)

Estos conceptos están acompañados de los siguientes parámetros:

- **Desplazamiento:** es 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 durante una unidad de tiempo.
- **Aceleración:** proporciona la medida de cambio de velocidad con respecto al tiempo.
- **Velocidad:** proporción del cambio de posición con respecto al tiempo.

Claramente estas señales tienen un grado de complejidad bastante importante, muchas veces es necesario convertirlas en señales más sencillas para facilitar su análisis e interpretación. Esto se consigue transformando la señal al dominio de la frecuencia a través de la Transformada Rápida de Fourier (FFT), la cual captura la señal en el tiempo, la transforma en una serie de señales sinusoidales y finalmente las conduce al dominio de la frecuencia.

(renovetec, ingeniería del mantenimiento, 2009-2018).

La conversión de una señal de vibración en un espectro de frecuencias requiere de un manejo matemático, que puede resultar un poco complicado.

En las industrias modernas, se cuenta con instrumentos especializados que miden las vibraciones entregando los espectros de frecuencia y la magnitud de sus parámetros.

Para la transformada de Fourier existen 4 formas:

1. La Serie de Fourier: transforma una señal infinita periódica en un espectro de frecuencia infinito discrecional.
2. La transformada integral de Fourier: transforma una señal continua de tiempo infinito en un espectro de frecuencias continuo infinito.
3. La Transformada Discrecional de Fourier :(TDF) Transforma una señal discrecional periódica de tiempo en un espectro de frecuencias discrecional periódico.
4. La transformada rápida de Fourier: un algoritmo de computadora para calcular la TDF.

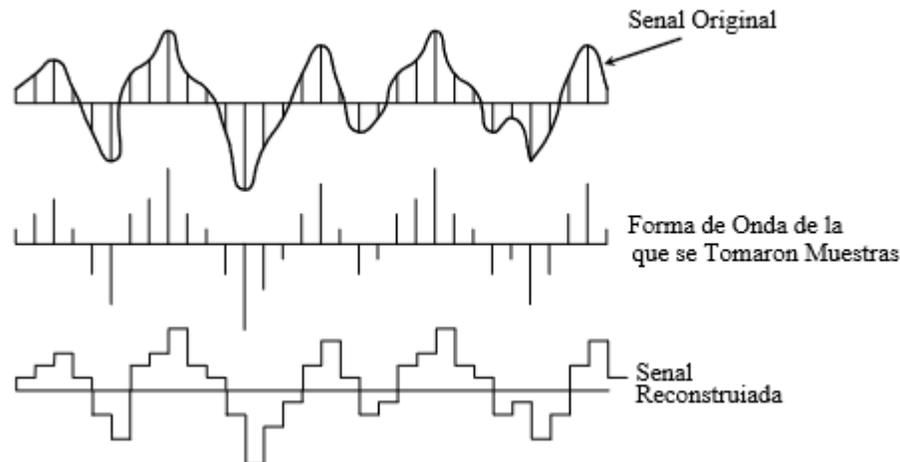
Debido a que la TRF es la que hace capaz que podamos obtener información mediante manera digital, nos inclinaremos más a profundidad en esta forma.

Para que la TDF pudiera ser usada mediante computadora se desarrolló la rápida de Fourier un algoritmo que calcula la TDF de manera rápida y eficaz. Si bien el descubrimiento se le acredita Cooley y Tuckey la señal ya había desarrollada un tiempo antes, aunque no se tenía el equipamiento suficiente para la búsqueda de la señal.

Por ejemplo, Glen White menciona lo siguiente, “la señal de la que se tomaron muestras y que va a ser transformada debe consistir de un número de muestras igual a n poder de dos”.

Y que la mayoría de analizadores TRF permiten la transformación de 5012, 1024, 2048 o 4096 muestras. También hay que tener en cuenta que el rango de muestras depende de la cantidad y proporción de muestras recogidas.

Figura 1. Procedimiento de muestreo, análisis de una señal análoga a digital



Fuente: White, G. (2010). Introducción al análisis de vibraciones. Woburn, MA, Estados Unidos: Ázima, 551, 1990-2010.

Esta imagen muestra la conversión de una señal análoga a digital

El muestreo es un procedimiento análogo, no es digital y se realiza con un circuito., “Tomar muestras y detener”. La salida de este circuito es una secuencia de niveles de voltaje, que se mandan a un convertidor de análogo a digital. (CAD). Aquí los niveles de voltaje se convierten en palabras digitales que representan cada nivel de toma de muestras.

Claramente todos estos conceptos están apilados dentro de analizadores de vibraciones modernos que actualmente son usados en la industria, a continuación, trataremos un poco de la historia de estos dispositivos.

Análisis de vibraciones en maquinas

Conocer la historia y características/aspectos de medición es de vital importancia, ya que como hemos dicho antes la firma de vibración de una maquina puede darnos información crucial del estado actual del equipo y que hace parte de una de las mejores pruebas no destructivas de la actualidad. Por ejemplo, un rodamiento un pequeño defecto incipientes provocara una desalineación delatado por la vibración de la máquina, y esto lleva a otros posibles efectos negativos en otros componentes del equipo. Por ende, en la industria nos da el tiempo suficiente para programar el mantenimiento de manera que se pueda acomodar las necesidades de la gerencia de planta. De esa manera es la gerencia de planta la que controla las máquinas y no viceversa.

Si bien los primeros medidores de vibración fueron introducidos en los años 1950 ellos medían el nivel general o nivel de banda ancha de vibración en maquinaria, bien en mils (milésimos de pulgada) pico a pico de desplazamiento vibratorio o en pulgadas por segundo (PPS) de velocidad vibratoria. Un poco más tarde, los filtros análogos fueron agregados para poder hacer la diferencia entre los componentes de frecuencia diferente y de esta manera producir una especie de espectro de vibración. Los años 1970 vieron la llegada de la computadora personal y el procesador de las señales digitales que lleva al analizador TRF y eso permitió el cálculo de un espectro de frecuencias muy rápido., desde una señal de vibración grabada. Los primeros analizadores eran muy voluminosos y pesaban hasta 35 kilogramos., y eso les hacía más adecuados como instrumentos de laboratorio que como unidades portátiles para uso en la industria.

Como White nos permite conocer en su libro “introducción al análisis de vibraciones” no fue hasta 1980 donde se vio la explotación del microprocesador en un único chip de silicón. Y éste fue seguido muy rápidamente por el verdadero analizador de señales digitales portátil., activado por baterías. Era un dispositivo que con la ayuda de un software de computadora recolectaba datos y capaz de manejar la parte lógica del proceso, lo que fue muy revolucionario para la época.

Hoy en día contamos con distintos tipos de medidores, por ejemplo, **Medidor De Vibración Fluke 805 Fc o el Vibration Meter GM63A**, los dispositivos varían en precio lógicamente debido al tipo de quipo al cual va dirigido, la cantidad de variables que pueda medir o el grado de precisión que posee.

Existen tres tipos/clases de vibraciones que son: periódicas (eje. Desequilibrio de un rotor caracterizado por la aparición de un desequilibrio en la frecuencia de rotación), transitorias (eje. El choque de una prensa), y aleatorios (eje. Ruido de cavitación de una bomba).

También existen métodos de estudio de los niveles de vibración, a continuación, algunos de los más relevantes:

- Medida del nivel global: es esta medida no se toma en cuenta el aspecto frecuencial de los esfuerzos. Se presenta en valor eficaz valor pico, o valor pico a pico. Estos valores de amplitud representan los valores de desplazamiento, velocidad y aceleración.es un valor aproximativo ya que no permite identificar exactamente que puede estar causando la vibración.
- Análisis espectral: la cinemática de las maquinas rotatorias o cíclicas dan las velocidades rotación normales de funcionamiento. El espectro cuenta con unos componentes que permiten asociarlo a diferentes elementos de la máquina. Eje. Aparición de picos en el espectro a frecuencias múltiples (desalineación, averías de engranes...), Aparición de picos en el espectro de frecuencia no dependientes del rotor (vibraciones, de máquinas vecinas, o vibraciones de origen eléctrico...), aparición de componentes aleatorio del espectro (cavitación, encallado de rodamientos...)

También se tienen en cuenta unos aspectos que están ligados a la clase de equipo que se va intervenir, aspectos que permiten dilucidar el tipo de falla podría llegar a presentar dicho equipo.

Máquinas rotativas

Un tren de maquinaria consiste en una fuente de potencia (motor eléctrico), unos acoplamientos intermedios (correas, embragues, cajas de cambio, etc.) y toda una serie de elementos móviles como bombas, ventiladores, etc.

Todo elemento de un tren de maquinaria genera fuerzas dinámicas durante el funcionamiento de la máquina. Cada una de estas fuerzas dará lugar a frecuencias de vibración, que identificarán a los distintos elementos de la máquina. Si todos los elementos de una máquina están unidos entre sí, las frecuencias de vibración de cada uno de los componentes de la misma se transmitirán en su totalidad. (Glenn D. Introducción a la vibración en máquinas. White, Predict-DL I 1997).

Saber el concepto de maquina rotativa implica conocer: su funcionamiento, sus componentes y sus fallos. En este caso tenemos los fallos más comunes que se presentan en este tipo de máquinas, como son:

Fallos en acoplamientos

A su vez este tiene dos tipos de fallos que son: 1) Desequilibrio y 2) Desalineamiento

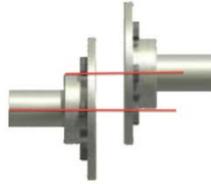
1.Desequilibrio:

No es necesario que exista un desequilibrio mecánico real, para que exista un desequilibrio en la máquina. La inestabilidad aerodinámica o hidráulica, también puede crear una condición de desequilibrio en la máquina.

2.Des alineamiento:

Es el defecto más usual en la industria. El desalineamiento se produce entre dos ejes conectados mediante acoplamientos. También puede existir entre los cojinetes de un eje sólido, o entre otros dos puntos de la máquina.

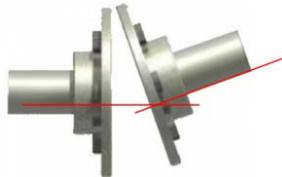
Figura 2. Desalineación paralela



Procoen, proyectos de conservación de energía.
 (2010-2018). Alineamiento de ejes, ¿una tarea del pasado? fuente:
<https://procoen.com/alineamiento-de-ejes/>

Se presenta entre dos ejes entre sí cuando no están en el mismo plano. Este tipo de desalineación generará una vibración radial.

Figura 3. Desalineación angular



Procoen, proyectos de conservación de energía.
 (2010-2018). Alineamiento de ejes, ¿una tarea del pasado? fuente:
<https://procoen.com/alineamiento-de-ejes/>

Se produce cuando los ejes no están paralelos entre sí, es decir, entre los ejes existe un pequeño ángulo. Este tipo de desalineación generará una vibración axial.

Para concluir, si en los acoplamientos se notan niveles elevados de vibraciones del tipo radial (perpendicular al eje), es casi seguro que sufra una desalineación paralela de los ejes acoplados. Si se miden niveles anormales de vibraciones del tipo axial (paralelo al eje), se puede asegurar con poco margen de error que ese acoplamiento sufre una desalineación angular de los ejes acoplados.

Los motores eléctricos son frecuentemente utilizados como motor principal en procesos de fabricación.

En los motores tanto horizontales como verticales, se deben tomar, siempre dentro de nuestras posibilidades, dos mediciones radiales (perpendicular al eje) y una axial (paralela al eje), en ambos extremos del motor, es decir, a ambos lados del eje del rotor; aunque a veces, con sólo una medida radial en cada lado, se pueden detectar también los fallos existentes. En estos motores son muy usuales las vibraciones de carácter radial, que indican un defecto en los rodamientos.

En los motores acoplados a otros equipos, como bombas o generadores, es importante saber diferenciar las vibraciones creadas en el motor, por fallo en los rodamientos del mismo, o las producidas por un mal acoplamiento entre equipos que transmiten las vibraciones a todo el bloque.

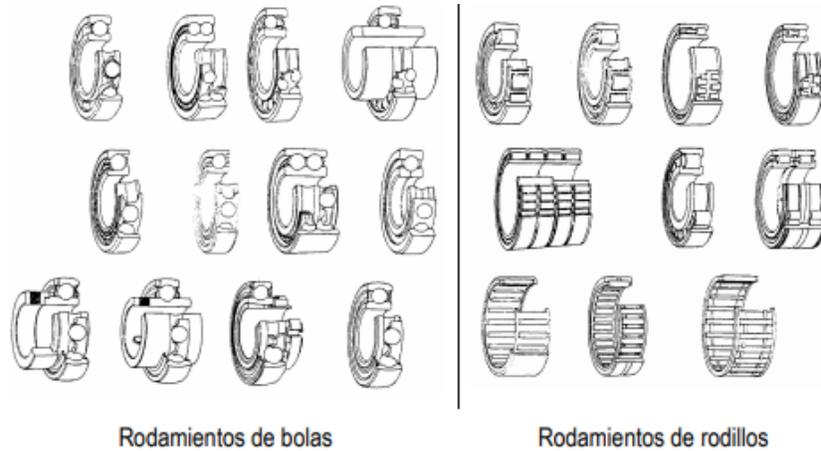
Cojinetes: en la maquinaria moderna, que funciona a velocidades y cargas relativamente grandes, uno de los primeros factores que determina la vida operativa del accionamiento de la máquina es la apropiada selección y diseño de sus cojinetes. Existen dos tipos de cojinetes de rodamientos y de casquillo, cada uno con sus propias características.

Rodamientos: Los rodamientos (de bolas o rodillos) son un tipo de rodamiento comúnmente utilizado como parte de las aplicaciones a alta velocidad y en la mayoría de la más pequeña maquinaria de proceso. Componentes principales de un rodamiento:

- Pista exterior.
- Pista interior.
- Caja.
- Elementos de rodadura.

Los elementos de rodadura pueden ser tanto de bola como de rodillo, el tipo de configuración depende del tipo de esfuerzo al que van a estar sometidos. Los distintitos tipos de configuraciones se pueden apreciar a continuación:

Figura 4. Cojinetes de bolas o rodillos



Fuente: Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales, vibraciones en máquinas, mantenimiento predictivo

http://www.imem.unavarra.es/EMyV/pdfdoc/vib/vib_predictivo.pdf

Casquillos: Un casquillo es un tubo delgado o manga que permite un movimiento por deslizamiento, este tipo de cojinetes está diseñado para formar una película fina y uniforme de lubricante entre el metal antifricción del cojinete y el eje.

Acoplamientos

En los acoplamientos entre ejes, como pueden ser las bombas o los generadores, se deberán tomar las medidas, dentro de las posibilidades existentes, tanto axiales como radiales a ambos lados del acoplamiento.

2.2 Marco legal

Existen algunas normas que rigen a la hora de la ejecución de un análisis de vibración a ciertos equipos, entre los motores eléctricos que van a ser trabajados en el presente proyecto se encuentra la siguiente norma:

- ISO 1940-1 especifica los requerimientos de calidad para el balance de tolerancia de los rotores.

- ISO 10816-1 Ha reemplazado a la Norma ISO 2372 como guía general para mediciones fuera de límite y para la evaluación de vibraciones mecánicas en máquinas industriales típicas.
- ISO 7919-1 Complementa a la norma anterior con información referente a vibraciones mecánicas de máquinas no reciprocantes y medición y evaluación de ejes rodantes.
- ISO 2631 Es una norma que define y da valores numéricos para los límites de exposición a los que puede estar sometido un ser humano.

Medida de vibraciones severas

Un procedimiento para localizar el desequilibrio de máquinas rotativas, es la medida de velocidad de vibración o también llamado vibración severa. Este método es la medida de la energía que produce la vibración.

Tabla 1. Niveles de vibración según tipo de maquina

| | | | | |
|----------------|---------|-------------|------------|---------|
| V. severa mm/s | 28 | | | |
| | 18 | INACEPTABLE | | |
| | 11 | | | |
| | 7 | | | |
| | 4,5 | PERMISIBLE | | |
| | 2,8 | | | |
| | 1,8 | | UTILIZABLE | |
| | 1,1 | | | |
| | 0,7 | | | |
| | 0,45 | BUENO | | |
| 0,28 | | | | |
| | Grupo K | Grupo M | Grupo G | Grupo T |

Tabla 1.

Fuente: Recuperado de Solar, G. L. (2004). Análisis de vibraciones para el mantenimiento predictivo. Técnica Industrial, 255, 25.

Los distintos niveles de vibración recomendables se recogen en la norma ISO 10816-1. En la tabla se representan los niveles de vibración según el tipo de máquina.

- Grupo K: motores eléctricos hasta 15 kW.
- Grupo M: motores eléctricos de 15 a 75 KW.
- Grupo G: grandes motores.
- Grupo T: turbo máquinas.

La medida se debe realizar en el rango de velocidad y en modo RMS.

Tabla 2. ISO 10816-1 según severidad de vibración in/s y mm/s

| VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816 | | | | | |
|----------------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| Machine | | Class I small machines | Class II medium machines | Class III large rigid foundation | Class IV large soft foundation |
| in/s | mm/s | | | | |
| Vibration Velocity Vrms | 0.01 | 0.28 | | | |
| | 0.02 | 0.45 | | | |
| | 0.03 | 0.71 | | good | |
| | 0.04 | 1.12 | | | |
| | 0.07 | 1.80 | | | |
| | 0.11 | 2.80 | | satisfactory | |
| | 0.18 | 4.50 | | | |
| | 0.28 | 7.10 | | unsatisfactory | |
| | 0.44 | 11.2 | | | |
| | 0.70 | 18.0 | | | |
| | 0.71 | 28.0 | | unacceptable | |
| 1.10 | 45.0 | | | | |

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/10369442/release/woothee>

2.3 Marco ambiental

En cuanto al marco ambiental no se encuentran normas que rijan en este campo del mantenimiento, o si aplican; lo hacen a un nivel industrial, sin olvidar que el mantenimiento por medio de análisis de vibraciones es un uno de los métodos no destructivos y por ende no contaminantes, más importantes usados en la actualidad.

2.4 Marco conceptual

Cada uno de los conceptos que veremos a continuación tiene un significado claramente inclinado hacia nuestro campo de estudio.

- **Confiabilidad:** Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

- **Disponibilidad:** Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado óptimo para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. Estas definiciones de confiabilidad y disponibilidad están dadas según el Estándar ISO/DIS 14224 – 2004.
- La **Frecuencia:** es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de **tiempo** de cualquier fenómeno o suceso periódico.
- **La amplitud de la vibración** (es la magnitud de la vibración): Una máquina con una amplitud grande de la vibración es una que experimenta movimientos vibratorios grandes, rápidos o fuertes. A mayor amplitud, mayor movimiento o estrés es experimentado por la máquina, y una mayor tendencia a que la máquina se dañe.
- **Señal análoga:** la **señal analógica** es aquella que presenta una variación continua con el tiempo, es decir, que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua).
- **Señal digital:** una **señal digital** es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida: la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo.
- **Motor asíncrono:** también conocido como motor de inducción, es un motor eléctrico de corriente alterna en el cual su rotor gira a una velocidad diferente a la del campo magnético del estator.
- **Motor eléctrico:** es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.
- **Onda en el tiempo:** Es la representación instantánea de una señal dinámica con respecto al tiempo.
- **Alineación:** Posición en la cual las líneas centro de dos ejes deben ser lo más colineales posible, en el momento de operación de la máquina. (Jorge Luis Valdez atencio,2009).
- **Motor sincrónico:** Las Máquinas sincrónicas son máquinas rotatorias eléctricas que pueden trabajar como motor y como generador. Como motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa como generador. Estas máquinas no tienen par de arranque y hay que emplear diferentes métodos de arranque y aceleración hasta la velocidad nominal de sincronismo. Utilizándose también para controlar la potencia reactiva de la red

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

El presente trabajo está enmarcado dentro de una línea de investigación aplicada: Grupo de investigación en ingenierías y ciencias sociales- DIANOIA; de otra manera es una base teórico-práctica que va desde la búsqueda de la información, la elaboración de un protocolo y/o seguimiento, la ejecución con base en la información obtenida y finalmente el diagnóstico o valoración de los resultados, como se menciona en el objetivo general del proyecto y los objetivo específico, se establecen las fases del proyecto en la que se aclara y profundiza mucho más en la idea principal de esta investigación que es: la medición y diagnóstico de resultados mostrando un enfoque cuantitativo pasando por métodos de análisis y exploración previa a la ejecución.

3.1 Recopilación de información, conceptos básicos acerca del mantenimiento y el análisis de vibraciones, desde los conceptos científicos más profundos hasta las herramientas y procesos necesarios que demanden nuestros objetivos.

Esta fase es claramente la más importante no solo por anteceder a las otras sino porque al conocer la problemática nos permite tener una base sólida de documentación que sustente la metodología de solución y por ende el diseño y ejecución del protocolo como fase siguiente, en esta fase se toma información detallada no solo del tema central de investigación (análisis de vibraciones), también de todo lo rodea al mantenimiento y sus conceptos primordiales. Se extrae información de artículos científicos, proyectos académicos, libros o páginas web, otro punto no muy mencionado es el análisis de objetos: observar aciertos y posibles avances en objetos que ya existen en el mercado. objetos y sistemas existentes o que está a la vanguardia en la industria actual, materiales y técnicas que pueden servir de ayuda.

3.2 Establecer protocolo, en esta parte se diseñan y evalúan los pasos a seguir para la aplicación del mantenimiento.

Con la información obtenida se pasa a la fase de diseño, ¿cómo se va a aplicar el mantenimiento?, ¿que necesitamos para la aplicación del mantenimiento? Y cuales deben ser los pasos a seguir.

En esta fase se diseña como se va a llevar la documentación de las muestras obtenidas. Para la toma de muestras se diseñó el siguiente formato:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|-----------------|----------------|---------|-------------------|------------|-----------------------|---------------------|--------|-------------|--------------------|------|--|--|--|
|  | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | | | | | | | | | | | | | |
| Datos de placa del equipo: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">modelo</td> <td>revoluciones</td> </tr> <tr> <td>potencia</td> <td>voltaje</td> </tr> <tr> <td>Corriente nominal</td> <td>frecuencia</td> </tr> <tr> <td>Eficiencia energética</td> <td>Grado de protección</td> </tr> <tr> <td>Ins.cl</td> <td>Serial. No.</td> </tr> <tr> <td>Factor de potencia</td> <td>peso</td> </tr> </table> | | modelo | revoluciones | potencia | voltaje | Corriente nominal | frecuencia | Eficiencia energética | Grado de protección | Ins.cl | Serial. No. | Factor de potencia | peso | Equipo: Fecha: Ubicación: Revisado por: | | |
| modelo | revoluciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| potencia | voltaje | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corriente nominal | frecuencia | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eficiencia energética | Grado de protección | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ins.cl | Serial. No. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factor de potencia | peso | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | | | | | | |

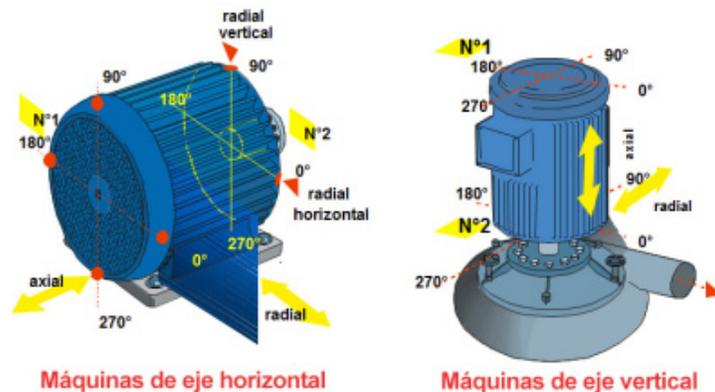
Cuenta con información básica desde los encargados de realizar las pruebas hasta la información del equipo, como su ubicación clase, etc. Y un espacio para las observaciones de acuerdo a la inspección realizada.

3.3 toma de datos, Ejecución y puesta en marcha de los conocimientos adquiridos en las dos fases anteriores.

La ejecución: elección de los puntos para la toma de muestras

Descripción: Para cada punto de medición se toman dos orientaciones radiales al eje de la máquina y una axial. Además, es importante evitar mediciones tangenciales. Como **prioridad** se debe tomar la **orientación radial vertical inferior**, y la **horizontal en el lado de carga** del rodamiento.

Figura 5. Orientación del punto de medición



Fuente: <https://pruftechnik.wordpress.com/2013/04/24/guia-de-seleccion-de-puntos-de-medicion-de-vibraciones/>

Figura 6. La siguiente figura muestra un ejemplo real que corresponde al banco de medidas electricas con codigo MED 1 de las unidades tecnologicas de santander (UTS).



Foto realizada por: Juan David Cabrera Meza

Documentación fotográfica como evidencia de la toma de muestras:

Figura 7. Toma de muestra punto horizontal /punto 1



Foto realizada por: Juan David Cabrera Meza

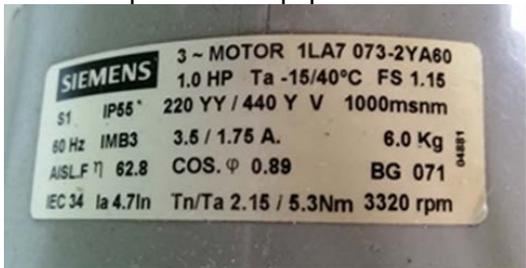
Figura 8. Toma de muestra punto vertical/ punto 1

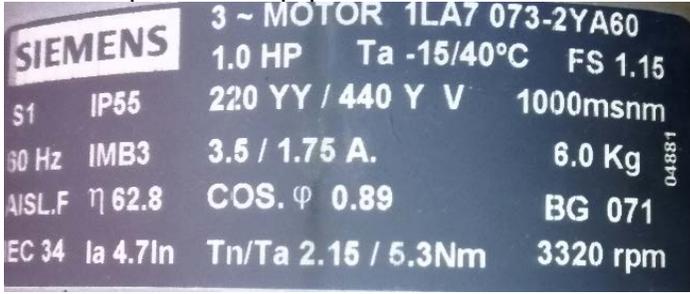


Foto realizada por: Juan David Cabrera Meza

La toma de muestras y/o ejecución del mantenimiento se llevó a cabo en los laboratorios de: Medidas eléctricas, Accionamientos eléctricos y finalmente el laboratorio de Máquinas eléctricas. Las respectivas pruebas tuvieron una duración de 1 semana en la fase de toma de datos aproximadamente.

La primera prueba da inicio en el laboratorio de medidas eléctricas, aplicada a los motores eléctricos de cada uno de los bancos respectivamente. Los datos fueron los siguientes:

| | | | | |
|--|------------|---|-----------------|----------------|
|  | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| Datos de placa del equipo:  | | Equipo: motor banco MED.1 Fecha: 01/04/2019 Ubicación: laboratorio de mediadas Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| | vertical | 1.4 | 1.4 | .014 |
| | axial | 0.6 | 0.6 | .006 |
| Punto 2 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 |
| | vertical | 0.5 | 0.5 | .005 |
| Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento | | | | |

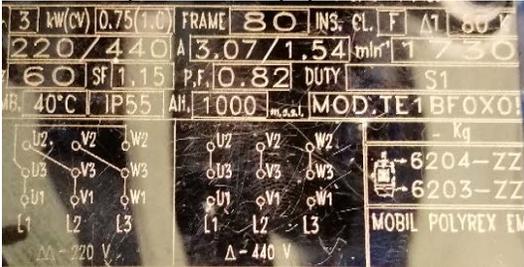
|  | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
|--|------------|---|-----------------|----------------|
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| Datos de placa del equipo:  | | Equipo: motor banco MED 2 Fecha: 01/04/2019 Ubicación: laboratorio de medidas eléctricas Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 |
| | vertical | 0.8 | 0.8 | .008 |
| | axial | 0.9 | 0.9 | .009 |
| Punto 2 | horizontal | 0.9 | 0.9 | .009 |
| | vertical | 0.7 | 0.7 | .007 |
| Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de mantenimiento | | | | |

| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|---------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|--|--|--|--|
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Datos de placa del equipo:</p> | | <p>Equipo: motor banco MED 3</p> <p>Fecha: 01/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de medidas de medias</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>punto</th> <th>Eje</th> <th>Aceleración(mm/S²)</th> <th>Velocidad(mm/s)</th> <th>Distancia (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Punto 1</td> <td>horizontal</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>.002</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>1.2</td> <td>1.2</td> <td>.012</td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>.009</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Punto 2</td> <td>horizontal</td> <td>1.2</td> <td>1.2</td> <td>.012</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.9</td> <td>0.9</td> <td>.009</td> </tr> </tbody> </table> | punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | Punto 1 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .002 | vertical | 1.2 | 1.2 | .012 | axial | 0.9 | 0.9 | .009 | Punto 2 | horizontal | 1.2 | 1.2 | .012 | vertical | 0.9 | 0.9 | .009 | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 1.2 | 1.2 | .012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | 0.9 | 0.9 | .009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | 1.2 | 1.2 | .012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.9 | 0.9 | .009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, se encontró restos de basura como: envolturas de dulces y restos de hojas de papel las los cuales posteriormente retirados.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--|---------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|--|--|--|--|
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Datos de placa del equipo: Motor eléctrico weg:</p> | | <p>Equipo: motor banco MED 4</p> <p>Fecha: 01/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de medidas eléctricas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>punto</th> <th>Eje</th> <th>Aceleración(mm/S²)</th> <th>Velocidad(mm/s)</th> <th>Distancia (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Punto 1</td> <td>horizontal</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>.011</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.4</td> <td>0.4</td> <td>.004</td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td>0.4</td> <td>0.4</td> <td>.004</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Punto 2</td> <td>horizontal</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>.008</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>.008</td> </tr> </tbody> </table> | punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | Punto 1 | horizontal | 1.1 | 1.1 | .011 | vertical | 0.4 | 0.4 | .004 | axial | 0.4 | 0.4 | .004 | Punto 2 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 | vertical | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | 1.1 | 1.1 | .011 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.4 | 0.4 | .004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | 0.4 | 0.4 | .004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--|---------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|--|--|--|--|
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Datos de placa del equipo:</p> | | <p>Equipo: motor banco MED 5</p> <p>Fecha: 01/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de medidas eléctricas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>punto</th> <th>Eje</th> <th>Aceleración(mm/S²)</th> <th>Velocidad(mm/s)</th> <th>Distancia (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Punto 1</td> <td>horizontal</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>.002</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.4</td> <td>0.3</td> <td>.004</td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>.003</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Punto 2</td> <td>horizontal</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>.003</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>.003</td> </tr> </tbody> </table> | punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | Punto 1 | horizontal | 0.2 | 0.2 | .002 | vertical | 0.4 | 0.3 | .004 | axial | 0.3 | 0.3 | .003 | Punto 2 | horizontal | 0.3 | 0.3 | .003 | vertical | 0.3 | 0.3 | .003 | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | 0.2 | 0.2 | .002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.4 | 0.3 | .004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | 0.3 | 0.3 | .003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | 0.3 | 0.3 | .003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.3 | 0.3 | .003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Laboratorio de accionamientos eléctricos

|  | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|---------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|--|--|--|--|
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datos de placa del equipo:  | | Equipo: motor banco / 421160 Fecha: 02/042019 Ubicación: laboratorio de accionamientos Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>punto</th> <th>Eje</th> <th>Aceleración(mm/S²)</th> <th>Velocidad(mm/s)</th> <th>Distancia (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Punto 1</td> <td>horizontal</td> <td>3.5</td> <td>3.5</td> <td>.035</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>3.4</td> <td>3.4</td> <td>.034</td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td>0.6</td> <td>0.6</td> <td>.006</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Punto 2</td> <td>horizontal</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>.008</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> <td>.008</td> </tr> </tbody> </table> | punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | Punto 1 | horizontal | 3.5 | 3.5 | .035 | vertical | 3.4 | 3.4 | .034 | axial | 0.6 | 0.6 | .006 | Punto 2 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 | vertical | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | 3.5 | 3.5 | .035 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 3.4 | 3.4 | .034 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | 0.6 | 0.6 | .006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 0.8 | 0.8 | .008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> El motor se encuentra en aceptables condiciones de funcionamiento, los valores: 3.5 y 3.4 fueron los más elevados por efectos de estado del banco al cual pertenece el motor. El motor presento una elevación de temperatura considerable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|---------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|-----|------|---------|------------|-----|-----|------|----------|-----|-----|------|--|--|--|--|
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Datos de placa del equipo:</p> | | <p>Equipo: motor 421159</p> <p>Fecha: 02/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de accionamiento eléctricos</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>punto</th> <th>Eje</th> <th>Aceleración(mm/S²)</th> <th>Velocidad(mm/s)</th> <th>Distancia (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Punto 1</td> <td>horizontal</td> <td>0.6</td> <td>0.6</td> <td>.006</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>1.6</td> <td>1.6</td> <td>.016</td> </tr> <tr> <td>axial</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Punto 2</td> <td>horizontal</td> <td>1.3</td> <td>1.3</td> <td>.013</td> </tr> <tr> <td>vertical</td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> <td>.013</td> </tr> </tbody> </table> | punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | Punto 1 | horizontal | 0.6 | 0.6 | .006 | vertical | 1.6 | 1.6 | .016 | axial | 0.5 | 0.5 | .005 | Punto 2 | horizontal | 1.3 | 1.3 | .013 | vertical | 1.5 | 1.5 | .013 | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 1 | horizontal | 0.6 | 0.6 | .006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 1.6 | 1.6 | .016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | axial | 0.5 | 0.5 | .005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punto 2 | horizontal | 1.3 | 1.3 | .013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | vertical | 1.5 | 1.5 | .013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|------------|---|-----------------|----------------|
| | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| <p>Datos de placa del equipo:</p> | | <p>Equipo: motor 121162</p> <p>Fecha:02/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de accionamientos eléctricos</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.2 | 0.2 | .002 |
| | vertical | 0.9 | 0.9 | .009 |
| | axial | 0.7 | 0.7 | .007 |
| Punto 2 | horizontal | 1.2 | 1.2 | .012 |
| | vertical | 1.2 | 1.2 | .012 |
| Observaciones: el motor se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento | | | | |

Laboratorio de Maquinas eléctricas

|  | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
|---|------------|--|-----------------|----------------|
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| <p>Datos de placa del equipo: Generador de corriente continua Con excitación compuesta Posibilidad de funcionamiento también como motor.</p> <p>Características técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 0.75 kW • Voltaje: 220 V • Corriente: 3.4 A • Velocidad: 3450 rpm • Excitación: 160 V / 0.2 A | | <p>Equipo: generador Código:1301061.2</p> <p>Fecha:06/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de maquinas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 13.8 | 13.8 | 1.38 |
| | vertical | 4.8 | 4.8 | 0.48 |
| | axial | 13.2 | 13.2 | 1.32 |
| Punto 2 | horizontal | 21.7 | 21.7 | 2.17 |
| | vertical | 12.2 | 12.2 | 1.12 |
| Observaciones: el equipo se encuentra en malas condiciones de funcionamiento, presenta problemas en los rodamientos. | | | | |

| | | | | | |
|---|------------|--|-----------------|-----------|----------------|
| | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | | |
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | | |
| <p>Datos de placa del equipo: Motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla Motor de inducción con devanado en el estator trifásico y arrollamiento en jaula de ardilla en el rotor.</p> <p>Potencia: 1.1 kW Voltaje: 220/380 V D/Y Corriente: 4.3/2.5 A D/Y Velocidad: 2870 rpm, 50 Hz</p> | | <p>Equipo: motor asíncrono</p> <p>Fecha:06/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera meza</p> | | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones, la presente prueba primero se realizó con el motor sin carga, luego alineado al equipo con código: 1301061.2, este con el fin de observar los efectos que pueden ocurrir al trabajar con un equipo con problemas (rodamientos) de funcionamiento.</p> | | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Con carga | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 5.3 | 5.4 | 21.7 | 0.4 |
| | vertical | 5.1 | 5.1 | 70.4 | .051 |
| | axial | 0.5 | 0.5 | 5.8 | .005 |
| Punto 2 | horizontal | 2.1 | 2.1 | 25.4 | .021 |
| | vertical | 0.5 | 0.5 | 29.5 | .005 |
| <p>Observaciones:</p> <p>1)se encuentra en aceptables condiciones de funcionamiento.</p> <p>2)Al trabajar con un equipo en inaceptables condiciones de funcionamiento se pueden correr riesgos en los mismos equipos o afectar la seguridad de los ejecutantes.</p> | | | | | |

| | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
|--|------------|--|-----------------|----------------|
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| Datos de placa del equipo: Motor de corriente continua con excitación compuesta Posibilidad de funcionamiento también como generador. Características técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1.1 kW • Voltaje: 220 V / 6,5 A • Velocidad: 3600 rpm • Excitación: 160 V / 0.22 A | | Equipo: 13/01058.10 Fecha: 13/04/2018 Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.34 | 0,34 | .034 |
| | vertical | 0.38 | 0.38 | .038 |
| | axial | 0.36 | 0.36 | .036 |
| Punto 2 | horizontal | 0,28 | 0.28 | .028 |
| | vertical | 0,24 | 0.24 | .024 |
| Observaciones: el equipo se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento | | | | |

| | | | | |
|---|------------|--|-----------------|----------------|
| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | |
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | |
| <p>Datos de placa del equipo: Motor de corriente continua con excitación compuesta Posibilidad de funcionamiento también como generador. Características técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1.1 kW • Voltaje: 220 V / 6, 5 A • Velocidad: 3600 rpm • Excitación: 160 V / 0.22 A | | <p>Equipo: 13/01058.2</p> <p>Fecha: 13/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.38 | 0.38 | .038 |
| | vertical | 0.38 | 0.38 | .038 |
| | axial | 0.41 | 0.41 | .041 |
| Punto 2 | horizontal | 0.40 | 0.40 | .040 |
| | vertical | 0.33 | 0.33 | .033 |
| <p>Observaciones: el equipo se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento</p> | | | | |

| | | <p>Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones</p> | | |
|---|------------|--|-----------------|----------------|
| <p>Unidades tecnológicas de Santander</p> | | <p>Información general</p> | | |
| <p>Datos de placa del equipo:</p> <p>Motor de corriente continua con excitación compuesta Posibilidad de funcionamiento también como generador. Características técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1.1 kW • Voltaje: 220 V / 6,5^a • Velocidad: 3600 rpm • Excitación: 160 V / 0.22 A | | <p>Equipo: 13/0158.4</p> <p>Fecha:13/04/2019</p> <p>Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas</p> <p>Revisado por: Juan David Cabrera Meza</p> | | |
| <p>Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención.</p> | | <p>Instrumentos: Analizador de vibraciones</p> | | |
| <p>Pruebas: análisis de vibraciones</p> | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.32 | 0.32 | .032 |
| | vertical | 0.34 | 0.34 | .034 |
| | axial | 0.22 | 0.22 | .022 |
| Punto 2 | horizontal | 0.25 | 0.25 | .025 |
| | vertical | 0.23 | 0.23 | .023 |
| <p>Observaciones: en buen estado de funcionamiento</p> | | | | |

| | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
|--|------------|--|-----------------|----------------|
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| Datos de placa del equipo: Motor de corriente continua con excitación serie. | | Equipo: 13/01059.1 | | |
| Características técnicas: • Potencia: 1.1 kW • Voltaje: 220 V 7.0 A • Velocidad: 3400 rpm | | Fecha: 13/2019 Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0,35 | 0,35 | .035 |
| | vertical | 0.33 | 0.33 | .033 |
| | axial | 0.41 | 0.41 | .041 |
| Punto 2 | horizontal | 0.36 | 0.36 | .036 |
| | vertical | 0.3 | 0.3 | .033 |
| Observaciones: el equipo se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento. | | | | |

| | | | | |
|---|------------|---|-----------------|----------------|
| | | Formato de mantenimiento preventivo por análisis de vibraciones | | |
| Unidades tecnológicas de Santander | | Información general | | |
| Datos de placa del equipo: Motor excitación compuesta posibilidad de funcionamiento también como generador. Características técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1.1 KW • Voltaje: 220 V / 6.5 A • Velocidad: 3600 rpm • Excitación: 180 V / 0.3 A | | Equipo: 12/02838.3 Fecha: 13/04/2019 Ubicación: laboratorio de máquinas eléctricas Revisado por: Juan David Cabrera Meza | | |
| Recomendaciones: previamente se hace una consulta con el personal encargado del laboratorio para obtener información acerca del funcionamiento actual de los equipos, posteriormente se procede con la intervención. | | Instrumentos: Analizador de vibraciones | | |
| Pruebas: análisis de vibraciones | | | | |
| punto | Eje | Aceleración(mm/S ²) | Velocidad(mm/s) | Distancia (mm) |
| Punto 1 | horizontal | 0.22 | 0.22 | .022 |
| | vertical | 0.22 | 0.22 | .022 |
| | axial | 0.13 | 0.13 | .013 |
| Punto 2 | horizontal | 0.2 | 0.2 | .020 |
| | vertical | 0,19 | 0,19 | .019 |
| Observaciones: el equipo se encuentra en buenas condiciones de mantenimiento | | | | |

3.4 Análisis de resultados, se realiza el diagnostico respectivo de los resultados de acuerdo a los objetivos del proyecto, con énfasis en un análisis cuantitativo.

Se analizan los datos recogidos teniendo en cuenta las normas ISO mostradas en el marco legal, normas como: ISO 10816.1, esto según la severidad de las vibraciones mecánicas y la potencia del equipo evaluado.

| VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816 | | | | | | |
|----------------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|----------------|
| Machine | | Class I small machines | Class II medium machines | Class III large rigid foundation | Class IV large soft foundation | |
| in/s | mm/s | | | | | |
| Vibration Velocity Vrms | 0.01 | 0.28 | | | | |
| | 0.02 | 0.45 | | | | |
| | 0.03 | 0.71 | | | | good |
| | 0.04 | 1.12 | | | | |
| | 0.07 | 1.80 | | | | |
| | 0.11 | 2.80 | | | | satisfactory |
| | 0.18 | 4.50 | | | | |
| | 0.28 | 7.10 | | | | unsatisfactory |
| | 0.44 | 11.2 | | | | |
| | 0.70 | 18.0 | | | | |
| | 0.71 | 28.0 | | | | unacceptable |
| 1.10 | 45.0 | | | | | |

3.5 Informe final, el informe final es la recopilación de todos los pasos antes mencionados, acompañados de las conclusiones en conjunto con los resultados esperados.

4. RESULTADOS

La siguiente tabla muestra un recopilado de todos los equipos evaluados comparando los valores tomados con los valores de rango de la tabla de severidad de vibración según norma ISO 10816.1. para maquinas pequeñas (M< 15kw)

| Tabla de control de equipos | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| Equipo | Código/identificación | Valor máximo/EJE/punto | ISO 10816.1 / Diagnóstico | | Observaciones |
| Motor eléctrico trifásico | Banco Med.1 | 1.4/ vertical / 1 | 1.12 mm/s 1.80 mm/s | satisfactorio | Revisión general |
| Motor eléctrico trifásico | Banco Med.2 | 0.90/ axial | 0.71 mm/s 1.12 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor eléctrico trifásico | Banco Med.3 | 1.20/ vertical/1 | 1.12 mm/s 1.80 mm/s | satisfactorio | Revisión general. |
| Motor eléctrico trifásico | Banco Med.4 | 1.10/ axial | 0.71 mm/s 1.12 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor eléctrico trifásico | Banco Med.5 | 0.3 / vertical / 1 | 0.28 mm/s 0.45mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor eléctrico trifásico | 421160/Lab. Accionamientos | 3.5/ horizontal / 1 | 2.80 mm/s 4.50 mm/s | insatisfactorio | Aplicar un mantenimiento preventivo que incluya: revisión de resistencia, limpieza y revisión de las partes internas del motor. |
| Motor eléctrico trifásico | 421159/Lab. accionamientos | 1.6/ vertical / 1 | 1.12 mm/s 1.80 mm/s | satisfactorio | Revisión general |
| Motor eléctrico trifásico | 121162/Lab. Accionamientos | 1.2/ horizontal / 2 | 1.12 mm/s 1.80 mm/s | satisfactorio | Revisión general |
| Máquina de corriente continua, motor/generador | 1301061.2 | 21.7/horizontal / 2 | 18.0 mm/s 28.0 mm/s | Inaceptable | Revisión rodamientos y revisión general |
| Motor de inducción/jaula de ardilla | 13/01057.4 | 5.4/ horizontal / 1 | 4.50 mm/s 7.10 mm/s | insatisfactorio | Revisión rodamientos y Revisión general |

| | | | | | |
|--|-------------|---------------------|------------------------|-------|------------------|
| Motor de corriente continua con excitación compuesta | 13/01058.10 | 0.38 / vertical/ 1 | 0.28 mm/s 0.45 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor de corriente continua con excitación compuesta | 13/01058.2 | 0.38/ horizontal /1 | 0.28mm/s 0.45 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor de corriente continua excitación compuesta | 13/0158.4 | 0.34/ vertical / 1 | 0.28mm/s 0.45 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor de corriente continua con excitación serie. | 13/01059.1 | 0.41/ axial /1 | 0.28mm/s 0.45 mm/s | bueno | Revisión general |
| Motor corriente continua excitación compuesta | 12/02838.3 | 0.22/ horizontal /1 | 0.28 mm/s 0.45mm/s | bueno | Revisión general |

- ❖ **Los equipos en negrita indican prioridad**
- ❖ **Se revisaron un total de 15 equipos de los cuales solo 2 de ellos están en estado de prioridad. Lo cual da como resultado una valoración positiva de la maquinaria con la cual cuenta la institución actualmente, aunque siempre es importante una revisión periódica que permita prevenir fallas futuras.**

Recomendaciones:

Cuadro de revisión general:

Con el motor apagado:

- Limpieza exterior = cada dos semanas
- Comprobar vibración y calentamientos anormales = cada mes
- Comprobar estado de rodamientos = cada 4 meses
- Comprobar carga = cada 4 meses
- Comprobar roses de cadenas poleas y bandas = cada 4 meses
- Limpieza general (interior-exterior) = anual
- Comprobar conexiones = anual
- Observar si hay presencia de humedad, aceite o grasa = anual
- Probar resistencia de aislamientos y puesta a tierra = cada mes
- Comprobar carga en vacío y en trabajo = trimestral
- Comprobar lubricación y estado de rodamientos a detalle = anual
- Comprobar y equilibrar el rotor = cada dos años

- Comprobar estado de carcasa, amares, conexiones, tornillos y tuercas de sujeción.
=anual

Con el motor encendido:

- Comprobar la buena ventilación y calentamientos anormales. = cada mes
- Observar ruidos anormales, olor a quemado, vibraciones. =cada mes
- Comprobar si roce, cadena, bandas o correas, poleas sobre las protecciones. =4 meses
- comprobar influencia de los agentes exteriores tales como el polvo, agua, aceite, ácidos o gases. =6 meses

5. CONCLUSIONES

El mantenimiento con énfasis en análisis de vibraciones llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, debido a la importancia que tiene el evitar la aparición de un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- La gestión de un mantenimiento con técnicas de análisis vibratorio nos permite conocer lo antes posible la aparición de averías de manera que se pueda programar el paro de los equipos por mantenimiento, esto a nivel industrial representa valores económicos muy importantes.
- El contar con información sobre el programa y el historial de mantenimiento de un equipo es de vital importancia ya que conociendo su estado actual se pueden prevenir accidentes y pérdidas del mismo, aunque se advierte que el tener un plan de mantenimiento preventivo, no indica necesariamente que nunca vayan a fallar o se eliminen las paradas intempestivas en la maquinaria. El hecho de tener dicho plan, es de concientizar a la institución en conjunto con estudiantes y docentes de la importancia de mantener la maquinaria en buen estado y funcionando convenientemente, para que así presten el servicio por el cual son utilizadas.
- Seguridad, en términos de seguridad, se evidenció la importancia del conocer los conceptos básicos en temas de salud y seguridad en el trabajo como los son: higiene industrial, ergonomía y salud mental.
- Con respecto a la metodología, desde el punto de vista académico es muy importante para el estudiante ver reflejados los conocimientos teóricos adquiridos durante su etapa de formación anterior, si bien la formación académica y laboral es un constante día a día de aprendizaje y experiencias que nos aportan en la formación de un profesional integral.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una elaboración de un listado de la maquinaria y así tener una identificación específica y adecuada para los usuarios de estos equipos.
- Se recomiendan implementar políticas que faciliten la cultura de mantenimiento preventivo y no correctivo dentro de la institución, con charlas entre el personal docente y estudiantil.
- Se recomienda utilizar y actualizar por lo menos cada año todos los formatos utilizados en la aplicación del mantenimiento.
- Se recomienda que el operario encargado de mantenimiento, dé información precisa, de los tiempos, materiales utilizados y procedimientos seguidos en la práctica, para adoptar los correctivos necesarios y así poder acercar cada día más nuestro plan de mantenimiento a la realidad.
- se recomienda la revisión y la adecuación del plan de mantenimiento, especialmente si ocurre actualización de maquinaria.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Saavedra, P. N. (2011). La medición y análisis de las vibraciones como técnica de inspección de equipos y componentes, aplicaciones, normativas y certificación. *Facultad de Ingeniería-Universidad de Concepción, Chile*.

Criollo, J, & Matute, B. (2014). Diagnóstico de fallos en la combustión para motores de combustión interna alternativo diésel por análisis de vibraciones. Cuenca, Ecuador: universidad politécnica salesiana.

Dr. Evelio, P. (1997). La medición y el análisis de vibraciones en el diagnóstico de máquinas rotatorias. Cuba: centro de estudios innovación y mantenimiento.

Pedro, C & Steven, R. (2016) Detección de fallas incipientes a través del análisis de vibraciones mediante tiempos cortos en un motor de combustión interna Hyundai Sonata EF 2.0. Cuenca, Ecuador: universidad politécnica salesiana.

Mejía Morales, J. E. (2009). Análisis de vibraciones en motores eléctricos asíncronos trifásicos. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería.

Garrido, S. G. (2014). Ingeniería de mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Renovetec.

Valdés Atencio, J. L., San Martín Pacheco, E. A., & Fajardo, E. A. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

Procoen, proyectos de conservación de energía. (2010-2018). *Alineamiento de ejes, ¿una tarea del pasado?* Recuperado de: <https://procoen.com/alineamiento-de-ejes/>.

White, G. (2010). Introducción al análisis de vibraciones. *Woburn, MA, Estados Unidos: Ázima, 551*, 1990-2010.

Dumas, J & Vieyra, M. (1993). El mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones. Las nuevas tecnologías para el tratamiento de la señal. Barcelona: Tecni acústi

8. ANEXOS

Apéndice A. elaboración de un formato de mantenimiento

| HOJA DE VIDA DEL EQUIPO | | | | | No. |
|-------------------------|--|-------------|--|-----------|-----|
| NOMBRE DEL EQUIPO | | CODIGO | | SECCION | |
| FECHA DE ADQUISICION | | FACTURA No. | | GARANTIA | |
| MODELO | | SERIE | | UBICACIÓN | |
| DIMENSIONES | | PESO | | VALOR | |

| DATOS FABRICANTE | | | |
|------------------|--|---------------|--|
| NOMBRE | | REPRESENTANTE | |
| DIRECCION | | FAX | |
| E-MAIL | | TELEFONO | |

| CARACTERISTICAS TECNICAS | | | | |
|--------------------------|--|-------------------|--|-------|
| VOLTAJE | | RESISTENCIA | | AGUA |
| CONSUMO | | TIPO DE CONTROL | | AIRE |
| POTENCIA | | TIPO DE OPERACIÓN | | VAPOR |

| INTERVENCIONES REALIZADAS AL EQUIPO | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------|------------|--------|--------------|
| No. | FECHA | DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD | REPUESTOS | MATERIALES | TIEMPO | RESPONSABLE |
| 1 | ENTREGA EQUIPO | | | | | QUIEN RECIBE |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |

| ELABORADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|----------------|--------------|--------------|
| NOMBRES: _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ |

ntivo-31400469

