

FACULTAD DE INGENIERIA

Carrera Ingeniería Industrial



“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EQUIPOS ROTATIVOS CRÍTICOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Yerson Rubén Miranda Salinas

Asesora:

MSc. Ing. María Liz Labán Salguero

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

A mi padre que en paz descansa, por haber sido mí apoyo y un guía a lo largo de mi vida. A mi esposa, hijos y personas especiales que me apoyaron en esta etapa de mi vida, aportando a mí desarrollo profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor y protección, por guiarme y cuidar mis pasos.

De igual manera agradecer a la Universidad Privada del Norte, que me abrió sus puertas brindándome conocimientos en el ámbito de la ingeniería industrial.

A mi Asesora Ing. María Liz Labná Salguero, por la orientación y ayuda que me brindo para la realización del trabajo presentado.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Antecedentes de la empresa.	10
1.2. Determinación del problema.	18
1.3. Justificación.....	19
1.4. Objetivos	20
1.5. Limitaciones	21
CAPITULO II. MARCO TEORICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación.	22
2.2. Bases teóricas	23
2.3. Glosario de términos	45
CAPITULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.	47
3.1. Diagnostico situacional.	47
3.1.1. Análisis y caracterización del proceso	47
3.1.2. Análisis de los indicadores.....	47
3.1.3. Descripción del evento	48
3.1.4. Descripción del evento	49
3.2. Determinación de la propuesta de solución.....	55
3.2.1. Planteamiento de propuesta de solución	55
3.2.2. Evaluación y selección de la propuesta de solución.....	56
3.2.3. Entrevistas a expertos.....	58
3.4. Planificación del proyecto de mejora	66
3.4.1. Cronograma de implementación	66
CAPITULO IV RESULTADOS	67
4.1. Desarrollo de la mejora.	67
4.1.1. Realización de las actividades de mejora-Plan de acción.	67
4.1.2. Costos de implementación	87
4.2 Evaluación de la implementación.....	89
4.2.1. Evaluación técnica de la mejora.....	89
4.2.2 Evaluación económica financiera.....	93
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	100
ANEXOS.....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Clientes regulados.....	17
Tabla N° 2. Clientes libres	17
Tabla N° 3. Unidades de generación antes del evento	48
Tabla N° 4. Secuencia cronológica del evento	48
Tabla N° 5. Unidades de generación antes del evento	49
Tabla N° 6. Secuencia cronológica del evento	50
Tabla N° 7. Central térmica	51
Tabla N° 8. Priorización por matriz de ponderación.....	53
Tabla N° 9. Pareto	54
Tabla N° 10. Alternativa de Solucion.....	57
Tabla N° 11. Resultado de alternativas de solución	58
Tabla N° 12. Perfil Jimmy Torres Salinas.....	59
Tabla N° 13. Perfil Milcar Perez Arango.....	63
Tabla N° 14. Cronograma de implementación	66
Tabla N° 15. Manual uso equipo analizador	68
Tabla N° 16. Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador.....	69
Tabla N° 17. Motor -Bomba Levante Sistema lubricación TV	73
Tabla N° 18. Evaluación de los equipos rotativos críticos de la central termoelectrica	74
Tabla N° 19. Motor – bomba Levante sistema Lubricación TV.....	75
Tabla N° 20. valores globales obtenidos de medición sobre el motor y sobre la bomba	77
Tabla N° 21. Toma de datos de vibración después de cambio de rodamientos.....	79
Tabla N° 22. Cuadro comparativo antes vs después	79
Tabla N° 23. Motor-reductor-bomba sistema de vacío	80
Tabla N° 24. Valores globales obtenidos de medición sobre el motor-reductor-bomba respectivamente.	82
Tabla N° 25. Después del alineamiento y cambio de componentes.....	84
Tabla N° 26. Cuadro comparativo antes vs después del cambio	85
Tabla N° 27. Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema Refrigeración	86
Tabla N° 28. Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor- Reductor-Bomba Sistema de Lubricación	86
Tabla N° 29. Recursos Necesarios	88
Tabla N° 30. Sin Proyecto	92
Tabla N° 31. Con Proyecto.....	92
Tabla N° 32. Antes vs después (2018-2019)	93
Tabla N° 33. Implementación del proyecto	94
Tabla N° 34. Flujo de Caja Incremental	95

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación geográfica Planta de generación eléctrica Santo Domingo de los Olleros .	10
Figura N° 2. Panorámica de la Planta de generación eléctrica Santo Domingo de los Olleros	12
Figura N° 3. Turbinas de generación eléctrica	12
Figura N° 4. Monitoreo gases en la chimenea de salida de gases de la turbina.	14
Figura N° 5. Organigrama Termochilca S.A 2020.....	15
Figura N° 6. Participación por empresa de la producción en el SEIN – año 2019	16
Figura N° 7. Mantenimiento, tipos de mantenimiento	24
Figura N° 8. Tipos de desalineamiento	27
Figura N° 9. Cámara termografía	30
Figura N° 10. Equipo Boroscopio	31
Figura N° 11. Prueba no destructiva líquidos penetrantes.....	33
Figura N° 12. Severidad de la vibración según la norma ISO 10816	35
Figura N° 13. Localización de puntos de Medición	37
Figura N° 14. Monitoreo de vibraciones Motor-Reductor-Ventilador	40
Figura N° 15. Vibrómetro de valor global	41
Figura N° 16. VIBXPERT II	42
Figura N° 17. FLUKE 805.....	43
Figura N° 18. Tendencia de disparo tv	49
Figura N° 19. Tendencia de Disparo tv	50
Figura N° 20. Diagrama de Ishikawa.....	52
Figura N° 21. Porcentaje - Pareto	54
Figura N° 22. Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones	70
Figura N° 23. Software Omnitrend	72
Figura N° 24. Motor – bomba Levante sistema Lubricación TV	75
Figura N° 25. Rangos de operación	76
Figura N° 26. Espectro en velocidad antes	76
Figura N° 27. Espectro en velocidad después	76
Figura N° 28. Cambio de rodamientos	78
Figura N° 29. Motor-reductor-bomba	80
Figura N° 30. Rangos de operación	81
Figura N° 31. Forma de onda antes	81
Figura N° 32. Forma de onda después	81
Figura N° 33. acoplamiento dentado.....	83

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Porcentaje de falla (2018)	89
Ecuación N° 2. Numero de fallas por hora de operación (2018)	90
Ecuación N° 3. Porcentaje de falla (2019)	90
Ecuación N° 4. Numero de fallas por hora de operación (2019)	91

RESUMEN

En los últimos años el rubro de la energía eléctrica ha crecido su demanda notoriamente creándose nuevas centrales de generación eléctrica en el Perú. Los requerimientos de confiabilidad de los equipos rotativos, en el mantenimiento predictivo se hacen cada vez más importantes. Para poder mantener una continuidad en los procesos de producción y poder evitar una falla catastrófica, en los equipos rotativos, en ese sentido en la Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros se va implementar el mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos, a través del análisis de vibraciones, siendo estos equipos seleccionados en un total de 10 equipos rotativos críticos. En el capítulo I, se desarrolló el diagnóstico situacional actual de los equipos rotativos críticos, enfocándose el esfuerzo en motores, bombas, ventiladores de lo cual se eligió 10 equipos rotativos siendo esto los más críticos. En el capítulo II, se trabajó las bases teóricas elaboradas de investigación de tesis y paper en la materia. En el capítulo III, se realizó el diagnóstico situacional y la selección de alternativa de solución, se consideró cuatro criterios para la selección de la alternativa: Seguridad, reducción de falla, tiempo de implementación, costo de implementación. En el capítulo IV, se ha desarrollado la propuesta de mejora en el cual se ha enfocado en dos capacitaciones y dos procedimientos. Capacitación al personal con los siguientes temas: Manual de uso de equipo analizador, Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador, Procedimientos operativos específicos con los siguientes temas: a) toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de refrigeración. b) Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de Lubricación. En el capítulo V, se ha llegado a la conclusión, que se logró una reducción de la parada de los equipos rotativos críticos de un 20% a un 10%, se logró una mejora en el tiempo de disponibilidad de los equipos rotativos, reducción de 2300 horas a 2450 horas entre fallas. Lo cual generó un ingreso adicional de S/. 8,635.776 mil soles en el periodo 2019 con respecto al 2018. Se realizó la evaluación financiera en el cual se obtuvo, los siguientes indicadores de rentabilidad VAN = S/ 681,312, TIR = 226% superior al WACC, B/C = S/ 7.73 y con un retorno de la inversión = 6.13 meses.

Palabras claves: Mantenimiento predictivo, Análisis de vibraciones, Equipo rotativo, Central Termoeléctrica

ABSTRACT

In recent years, the electricity sector has grown in demand notably, creating new power generation plants in Peru. The reliability requirements of rotating equipment in predictive maintenance are becoming increasingly important. In order to maintain continuity in the production processes and to avoid a catastrophic failure in rotating equipment, in that sense, the Santo Domingo de los Olleros Thermoelectric Plant will implement predictive maintenance by vibration analysis in critical rotating equipment, through vibration analysis, these teams being selected from a total of 10 critical rotating teams. In chapter I, the current situational diagnosis of critical rotating equipment was developed, focusing the effort on motors, pumps, fans, of which 10 rotating equipment was chosen, being these the most critical. In Chapter II, the theoretical bases developed for thesis and paper research on the subject were worked on. In chapter III, the situational diagnosis and the selection of alternative solution were carried out, four criteria were considered for the selection of the alternative: Safety, reduction of failure, implementation time, implementation cost In chapter IV, it has been developed the improvement proposal in which it has focused on two trainings and two procedures. Training of personnel with the following topics: Manual for the use of analyzer equipment, Guide for data collection in the field with the analyzer equipment, Specific operating procedures with the following topics: a) collection of vibration data from rotating equipment Motor-Pump refrigeration. b) Taking vibration data from rotating equipment. Motor-Pump Lubrication System. In Chapter V, the conclusion has been reached that a reduction in the stoppage of critical rotating equipment was achieved from 20% to 10%, an improvement in the availability time of rotating equipment was achieved, reduction of 2300 hours to 2450 hours between failures. Which generated an additional income of S / 8,635,776 thousand soles in the period 2019 compared to 2018. The financial evaluation was carried out in which the following profitability indicators $VAN = S / 681,312$, $IRR = 226\%$ higher than the WACC, $B / C = S / 7.73$ and with a return on investment = 6.13 months.

Keywords: Predictive maintenance, Vibration analysis, Rotating equipment, Thermoelectric plant.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes de la empresa.

La empresa Termo chilca S.A. fue constituida en Lima en el año 2007 para desarrollar, construir y operar proyectos energéticos, los propietarios de Termochilca son en su gran mayoría inversionistas especializados en el sector eléctrico. La Central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, que opera en ciclo combinado, se encuentra situado en la provincia de cañete, distrito de chilca a 62,5 kilómetros al sur de nuestra capital en un predio propio de 88,735.24 m², a 1,2 km del gasoducto de Camiseta. (Termochilca, 2018)

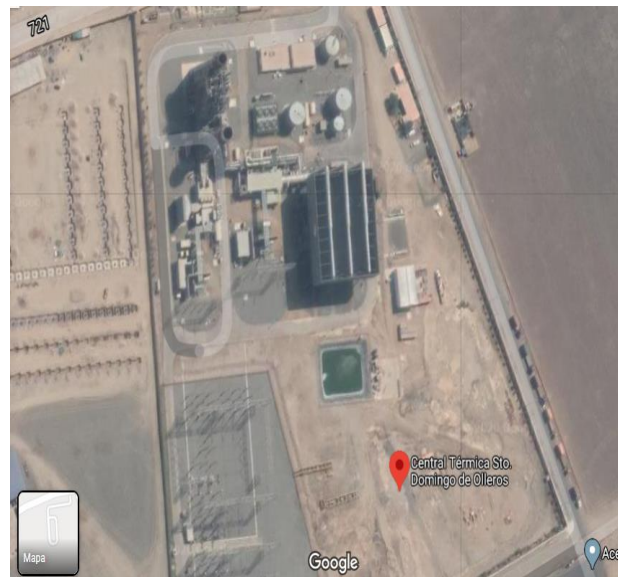


Figura N° 1. Ubicación geográfica Planta de generación eléctrica Santo Domingo de los Olleros

Fuente: Google Maps

La empresa es propietaria de la Central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, que se ubica estratégicamente en el distrito de Chilca, por encontrarse cerca al gaseoducto de Transportadora de Gas del Perú S.A. Y además a la Subestación Eléctrica Chilca 500 kB. Cuenta con 300 MW de potencia instalada, con una generación de energía eléctrica de 2476

GHZ/año de energía en ciclo combinado. Abastece el 3.5% del mercado eléctrico peruano mediante la utilización de una turbina a gas y una turbina a vapor, en ciclo combinado. (Osinergmin, 2018)

El 19 octubre del 2013, se dio inicio a la operación comercial en ciclo simple, generando energía de 200 MW de potencia instalada, con el funcionamiento de una turbina a gas. El 25 marzo del 2018, la Compañía inició operaciones en ciclo combinado por 100 MW de potencia instalada, lo que permitiría incrementar su capacidad de generación a 300 MW de potencia instalada.

El 25 de marzo de 2018, La central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros recibió la aprobación por parte del COES para la Operación Comercial de la turbina de vapor. Con el funcionamiento del ciclo combinado la central termoeléctrica es capaz de recuperar el calor contenido en los gases de escape que antes se eliminaba a través de la chimenea del ciclo abierto, cuando solo se generaba con la turbina a gas. Mediante este proceso el calor se produce ahora en vapor de agua que se utiliza para accionar la turbina de vapor generando 50% más de generación eléctrica sin utilizar gas adicional. (Temochilca, s.f.)

La Planta de generación eléctrica, Santo Domingo de los Olleros está formada principalmente por los siguientes componentes:

- Turbinas a Gas SGT6-5000F (4) modelo Siemens.
- Turbinas de Vapor SST-900 modelo Siemens.
- Recuperador de calor generador de vapor (HRSG), modelo DOOSAN.



Figura N° 2. Panorámica de la Planta de generación eléctrica Santo Domingo de los Olleros

Fuente: termochilca S.A



Figura N° 3. Turbinas de generación eléctrica

Fuente: termochilca S.A

Misión

Ser una empresa reconocida en el sector de generación eléctrica, dedicada a la generación de energía eléctrica con el compromiso continuo de mantener la seguridad en nuestras operaciones y el cuidado al medio ambiente, y contribuir con el logro de nuestros objetivos de manera eficaz y eficiente.

Visión

Ser una empresa de generación de energía eléctrica eficaz e innovadora, con los más altos estándares de seguridad, en armonía con el medio ambiente.

Valores:

- Integridad: Actuamos con ética, seriedad y confiabilidad.
- Desarrollo Integral: Compromiso con el aprendizaje, la seguridad y mejora de nuestra calidad de vida.
- Excelencia: Somos innovadores y mejoramos continuamente nuestro procesos, calidad y tecnología.
- Sostenibilidad: Responsabilidad al usar los recursos naturales con respeto al medio ambiente y las comunidades donde se ejecutan operaciones.
- La central termoeléctrica de ciclo combinado Santo Domingo de los olleros, cumple con la legislación nacional con las normas en medio ambiente, seguridad y salud ocupacional

- Se realiza monitoreo de combustión de gases, mide los niveles de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales.



Figura N° 4. Monitoreo gases en la chimenea de salida de gases de la turbina.
Fuente: Informe anual 2019 Termochilca S.A

Competidores:

Los principales competidores de Termo chilca S.A. son:

- ENEL
- ENGIE
- KALPA
- ELECTROPERU
- FENIX POWER
- ORAZUL
- CELEPSA.

Estructura Organizacional

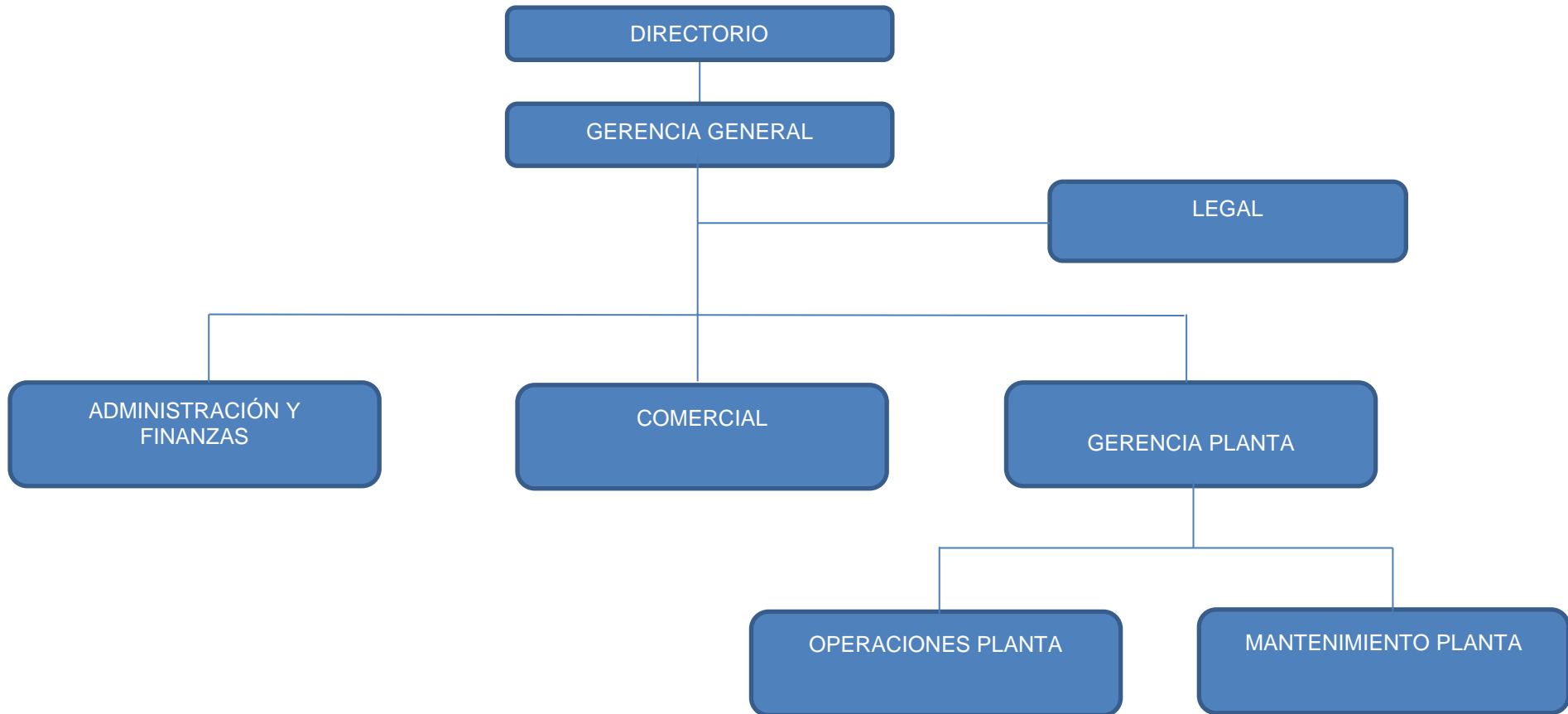


Figura N° 5. Organigrama Termochilca S.A 2020
Fuente: Informe anual 2020 Termochilca S.A

Producto.

La Central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, mediante dos turbinas una turbina a gas y una turbina a vapor del fabricante Siemens, que operan en ciclo combinado, fue diseñada para la generación eléctrica con una capacidad instalada de 300 MW que abastece el 3.5% del mercado eléctrico peruano.

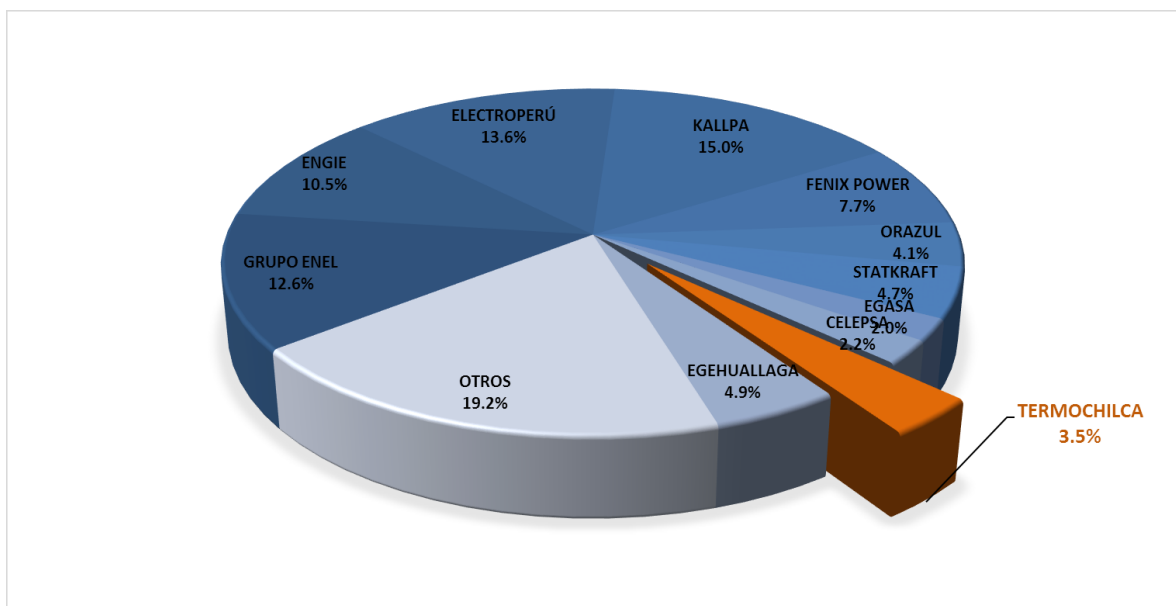


Figura N° 6. Participación por empresa de la producción en el SEIN – año 2019

Fuente: Informe de Evaluación Anual Coes 2019

Clientes

Alegre, C. (2019). Termochilca cuenta con una cartera diversificada de clientes a nivel nacional. Al mes de diciembre de 2019, la potencia contratada fue de 292.24 MW, de los cuales, 184.3MW corresponden a la potencia contratada con clientes regulados (siete empresas de distribución eléctrica y una empresa municipal) y 107.94 MW corresponden a la potencia contratada con clientes libres. A continuación, se muestra una lista de los contratos vigentes a diciembre de 2020.

Clientes regulados

Tabla N° 1. Clientes regulados

Cliente	Vencimiento	Potencia [MW]	Fija	Potencia Variable [MW]
Contratos derivados de la Licitación ED-01-2009-LP				
Enel Distribución	31/12/2021	69.9		14.0
Luz del Sur	31/12/2021	56.2		11.2
SEAL	31/12/2021	10.3		2.1
Electrosureste	31/12/2021	5.6		1.1
Electropuno	31/12/2021	6.1		1.2
Electrosureste	31/12/2021	3.8		0.8
Edecañete	31/12/2021	1.7		0.3
Total				184.3

Fuente: Informe anual 2020 Termochilca S.A

Clientes libres

Tabla N° 2. Clientes libres

Cliente	Inicio	Vencimiento	Potencia Contratada [MVV]
EXSA	01/11/2015	31/12/2022	1.5
Sociedad Minera Catalina Huanca	01/01/2016	31/12/2022	11
Ladrillera Maxx	01/02/2016	31/01/2021	1.2
Inversiones San Borja	01/02/2016	31/12/2022	6
Compañía Minera Raura	01/02/2016	31/12/2022	6
Prodac	01/04/2016	31/03/2026	4.6
Medifarma(HFP)	01/04/2016	31/03/2019	3.4
Agroempaques	01/07/2016	30/06/2026	1
Sociedad Agrícola Virú	01/09/2016	01/08/2022	1
Urbanizadora Jardín	01/11/2016	31/12/2022	1.5
Inmuebles Limatambo-Pardo y aliaga	01/11/2016	31/12/2022	1.25
Inmuebles Limatambo-Rambla	01/11/2016	31/12/2022	2
Provedora de Productos Marinos	01/05/2017	30/04/2020	1.3
Doe Run del Perú S.R.L. (HFP)	01/01/2017	31/12/2020	21
Mixercon S.A	01/03/2018	28/02/2023	3.1
Montana S.A	01/05/2018	30/04/2028	1.5
Inmuebles Limatambo	01/07/2018	31/12/2022	0.77

Inversiones San Borja S.A.	01/07/2018	31/12/2022	0.875
Urbanizadora Jardín S.A.	01/07/2018	31/12/2022	1.54
La Calera	01/01/2018	31/12/2021	1.643
Agroindustria Casablanca S.A.	01/10/2018	31/12/2021	1.9
La Portadora S.A.C.	01/10/2018	31/12/2021	1
Procesadora Laran S.A.C	01/06/2018	31/12/2021	1
Poder Panadero S.C.R.L.	01/11/2018	31/10/2021	1.5
Industrial Textil Acuario S.A.	01/03/2019	28/02/2022	0.6
HIDRANDINA-VIRU	01/05/2018	31/10/2022	6.5
Graña y Montero Petrolera	01/08/2018	31/12/2023	3
Corporación Turística Peruana	01/09/2018	31/08/2021	1.25
Algodonera Peruana	01/09/2018	31/08/2021	3.3
Artesco	01/04/2019	31/03/2022	2.41
Megacentro	01/01/2019	30/06/2026	1.5
HIDRANDINA-PODEROSA	01/10/2018	01/12/2019	10
CONTICOPLAS SAC (*)	01/12/2015	30/11/2025	1.8
Total			107.94

Fuente: Informe anual 2020 Termochilca S.A

1.2. Determinación del problema.

En la Central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros no se cuenta con un plan de mantenimiento predictivo de análisis de vibraciones para equipos rotativos. Si no se cuenta con esta información importante en el diagnóstico de estos equipos estamos propensos a reducir la vida útil, generar reparaciones o cambios prematuros, incrementar considerablemente el gasto de mantenimiento y a la vez tener paradas inesperadas en la planta. Todo ello conllevaría a exceso de gastos en el área de mantenimiento. La central térmica tiene que mantenerse disponible, sin embargo, hubo una parada de planta fortuita de ciclo combinado por la falla de un equipo rotativo del ciclo combinado esto se consideró como una indisponibilidad el cual causo costos y márgenes de penalidad por afectar a la generación del sistema interconectado nacional.

La Paradas intempestivas queda reportada en Osinerming el cual es un antecedente negativo para la empresa.

De acuerdo a lo explicado formulamos la pregunta de investigación.

Problema Principal

¿Será posible a través de la implementación del mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos, reducir las fallas potenciales de estos equipos en la planta termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros?

1.3. Justificación

Se está utilizando el método inductivo a través de la entrevista a los expertos y la recopilación de la información, de esta manera vamos a justificar el proyecto para que esta sea importante de ser implementado en la empresa. Santo Domingo de los Olleros.

Este trabajo también permitirá mostrar un nuevo método para hacer la cuantificación del tipo de mantenimiento en equipos rotativos por tanto aportaría a la investigación como una forma más moderna de hacer el mantenimiento predictivo en estos equipos rotativos tomando en cuenta el análisis de vibraciones.

Las reparaciones imprevistas de equipos rotativos como: motores, bombas, reductores generan grandes gastos económicos debido a lo especializado que es este tipo de reparaciones para estos equipos. Con la implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones de equipos rotativos del cual será aplicado a los equipos críticos dentro de la línea productiva permitirá realizar un control más eficiente para identificar que los equipos rotativos se encuentren operando dentro de los límites de control aceptables, identificando

rápidamente cuando esto no es así logrando así intervenir a tiempo para reducir las paradas e incrementar el rendimiento de la empresa y con ello mayores ganancias para la empresa.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Implementar el mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos para reducir las potenciales fallas de estos equipos en la planta termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

1.4.2. Objetivos específicos.

Objetivo Específico N° 1:

Realizar el diagnóstico situacional de los equipos rotativos críticos y su impacto técnico económico.

Objetivo Específico N° 2:

Diseñar el plan de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos en la planta termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

Objetivo Específico N° 3:

Realizar la implementación del mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos en la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

1.5. Limitaciones

Limitación N°1:

No hay mucha información Bibliográfica sobre análisis de vibraciones en equipos rotativos.

Limitación N°2:

La empresa tiene protocolos de privacidad muy altos la cual dificulta la recopilación de la información.

Limitación N°3:

No se encuentra muchas tesis de análisis de vibraciones en equipos rotativos específicamente en la industria de generación eléctrica.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

Como antecedente de la presente investigación tenemos tres tesis:

Según Rojas, H. (2018). llevo a cabo una investigación sobre la reducción de fallas en bombas centrífugas mediante técnicas predictivas - planta Gold mill – yanacocha, de la Universidad Cesar Vallejo en la ciudad de Trujillo. En la presente tesis se presenta el desarrollo de un Sistema de Detección de Fallas para Bombas Centrífugas, que se basarán en el método del análisis vibracional y el método de alineamiento de ejes. El sistema de Diagnostico de Fallas para la Bomba Centrifuga desarrollado, detecta de manera correcta, fallas de desalineamiento en las bombas centrífugas estudiadas. Se selecciona el equipo de análisis predictivo Easy Láser E720, no solo por su amigable uso, sino también por su precio. En el desarrollo de la presente tesis hemos mostrado la manera adecuada de dimensionar un sistema que nos permita detectar fallas en los equipos antes de que estas sucedan. La información de la tesis desarrollada por el autor Rojas Vásquez, Hemerson, apporto en el desarrollo de mi trabajo un sistema de diagnóstico de fallas de equipos rotativos en bombas centrífugas ya que en la planta Santo Domingo de los Olleros contamos con bombas de modelos similares.

Zapata, A. (2017). Procedimiento de diagnóstico de fallas por análisis vibracional en bombas y ventiladores, de la UNSA en la ciudad de Arequipa en una tesis para optar el título de ingeniero Mecanico. Esta Tesis consiste en la aplicación a la realidad de una empresa, de un procedimiento de diagnóstico de fallas utilizando el análisis de vibración en el dominio discreto de la frecuencia, y también de un procedimiento de equilibrio basado en el método de los coeficientes de influencia. Finalmente se analizará dos estudios de caso. Uno en el campo del

análisis de las vibraciones, y el otro conectado al procedimiento de equilibrio. También cabe señalar que el mantenimiento condicionado basado en la evaluación del estado de los equipos, evaluación que se puede hacer de varias maneras, siendo la más importante y versátil el análisis de las vibraciones en el dominio de la frecuencia.

La información de la tesis, apporto en el desarrollo de mi trabajo información relevante en el mantenimiento condicionado basado en la evaluación del estado de los equipos.

Barboza, A. (2013). Sistema de detección de fallas para una bomba Centrífuga, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la ciudad de lima, en una tesis para optar el título de ingeniero Electrónico, En la presente tesis se presenta el desarrollo de un Sistema de Detección de Fallas para una Bomba Centrífuga, que se basara en el método del análisis Vibracional. Los trabajos realizados incluyen el estudio de funcionamiento de la bomba centrífuga, la elección del método de detección de fallas y el diseño del Sistema de Diagnostico de Fallas que permita conocer el estado diseñado en la bomba centrífuga en la Planta Intercambiador de Calor, donde se realizan las pruebas. El sistema de Diagnostico de Fallas para la Bomba Centrífuga desarrollado, detecta de manera correcta, fallas de desalineamiento en las bombas centrifugas estudiadas.

La información de la tesis, apporto en el desarrollo de mi trabajo información relevante en Análisis espectral y técnicas de análisis de vibraciones.

2.2. Bases teóricas

Mantenimiento, tipos de mantenimiento quedan resumidos en la Figura 7

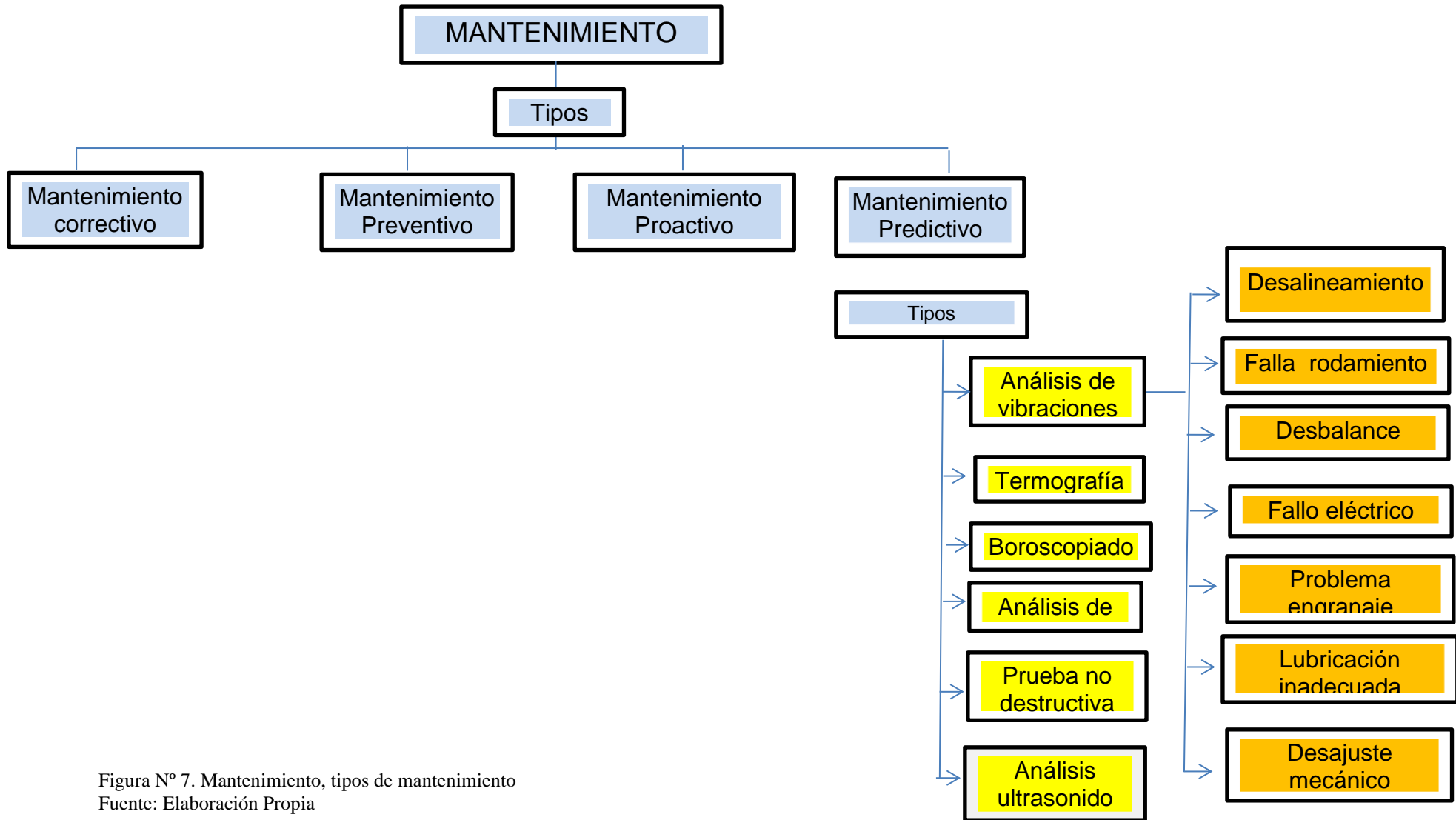


Figura N° 7. Mantenimiento, tipos de mantenimiento
 Fuente: Elaboración Propia

2.2.1. Mantenimiento

2.2.1.1. Definición

El concepto de mantenimiento es el acto que tiene como principal objetivo preservar un componente o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas, mediante estas acciones se compensan la degradación causada por el paso del tiempo, teniendo en cuenta este concepto, intentan asegurar cuatro objetivos básicos: disponibilidad, fiabilidad, vida útil y coste. (Patronos AEC, s.f.)

Entre los tipos de mantenimiento tenemos los siguientes:

2.1.1.2. Mantenimiento Correctivo

Esta actividad de mantenimiento correctivo se presenta de manera no programada, afectando en muchas ocasiones la producción de planta, se debe dar prioridad para solucionar lo más inmediato posible, se debe contar con personal especializado, repuestos, manuales de fabricante para poder corregir de manera correcta.

2.1.1.3. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es una actividad programada de inspección de máquinas, para determinar el estado de funcionamiento y contrarrestar de manera efectiva los fallos inesperados. La información para la rutina de inspección proviene de registros de la empresa, archivos de las máquinas, equipos y manuales de fabricante. (SENATI, 2007)

Realizando de manera oportuna el mantenimiento preventivo aumentaremos la disponibilidad de la máquina, conseguiremos resultados beneficiosos.

2.1.1.4. Mantenimiento Proactivo

El mantenimiento proactivo predice los fallos en los activos y evita las paradas, aumenta la utilización de los activos y extiende la vida útil, reduce los costes de operación y mantenimiento

2.1.1.5.1. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo son técnicas que se basan en la medición, seguimiento y monitorización de parámetros y condiciones de funcionamiento de un equipo o instalación que se aplican con el objetivo de localizar posibles fallas y deficiencia de equipos y maquinaria, para evitar que ocasionen paros inesperados. (RENOVEC, 2013)

El mantenimiento predictivo se clasifica de la siguiente forma:

2.2.2. Análisis de vibraciones

El mantenimiento predictivo mediante análisis de vibraciones es, hoy en día, uno de los métodos certeros en los que más se ha desarrollado dentro de las tecnologías de mantenimiento de actual generación. Su principio es relativamente sencillo: por muy buenas que sean las tuberías, máquinas, intercambiadores de calor, válvulas, entre otros, vibran en funcionamiento, y dentro de dicha vibración se guarda gran cantidad de información que puede ser útil para conocer el estado de las máquinas. El estado de una máquina se puede conocer con una rápida base de datos, un análisis de comparaciones tendencias con espectros de vibración patrones, para así, programar la intervención de los elementos en el momento en que realmente lo

necesite, es decir, cuando las condiciones de deterioro han pasado de un determinado punto y posterior de que se llegue a producir el daño (González, 2015).

2.2.2.1. Vibración debida a Desalineamiento

La desalineación, ocurre debido a una mala alineación entre las partes correspondientes, como mitades de acoplamiento, embragues, ejes, poleas, etc. De una manera más técnica, la desalineación de ejes y acoplamientos se puede definir como la condición en la que la línea central geométrica de dos ejes acoplados no coincide a lo largo del eje de rotación.

Estas desviaciones se pueden presentar de tres maneras diferentes:

- Desalineación paralela o radial;
- Desalineación angular o axial;
- Desalineación combinada.

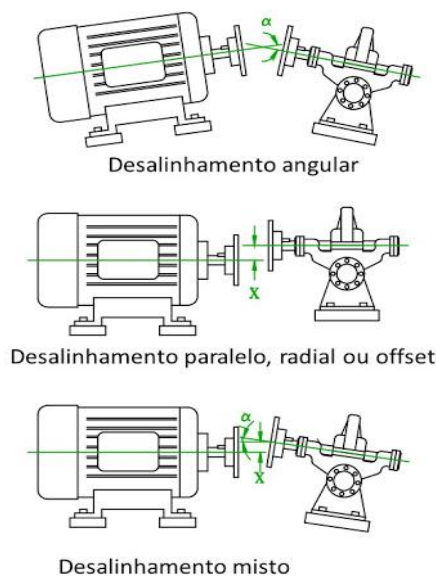


Figura N° 8. Tipos de desalineamiento
Fuente: motorspeed.com

2.2.2.2. Vibración por falla de Rodamientos

La vibración por fallos de rodamiento presenta componentes espectrales que relacionan la geometría del rodaje, el número de vías, la velocidad de rotación, la aplicación de la carga de trabajo, la velocidad con la que trabaja.

2.2.2.3 Vibración debida a Desbalance

Las causas más comunes de vibración en las maquinarias es el desbalance se presenta los siguientes resultad; 1x en la frecuencia rpm de pieza desbalanceada, amplitud en una cantidad proporcional de desbalance, amplitud es mayor a datos de medición horizontal, vertical, radial en equipos con ejes horizontales.

2.2.2.4. Vibración debida a Fallas Eléctricas

Las consecuencias de las vibraciones pueden causar en los motores problemas eléctricos mencionamos algunas; problemas de barra de rotor, fallas de exceso de carga, desbalance de voltaje, armónicos altos, el exceso de arranque y paradas deteriorarían la vida útil de los componentes.

2.2.2.5. Vibración por Problemas de Engranaje

Las vibraciones inherentes al funcionamiento de cualquier transmisión por engranajes son ocasionadas por el error de transmisión (ET), el cual se refiere a la diferencia de la posición angular del eje de salida entre una transmisión perfecta y una transmisión real. Las vibraciones producidas por el error de transmisión tienen tiempo determinado por la frecuencia con que los dientes ingresan sucesivamente en contacto, la que es llamada frecuencia de engrane. Selo

puede demostrar con las transmisiones de ejes fijos diferencia de transmisión planetaria (Parra, 2016)

2.2.2.6. Vibración por lubricación Inadecuada

Una inadecuada lubricación, incluyendo la falta de lubricación y el uso de lubricantes incorrectos, puede ocasionar consecuencias de vibración en un rodamiento de chumacera. En igualdad de casos, la lubricación inadecuada causa mayor fricción entre el eje rotante rodamiento estacionario, y dicha fricción produce vibración en el rodamiento y en las demás piezas relacionadas. Este tipo de vibración se llama "dry whip", o sea látigo seco, y es muy parecido al pasar sobre el cristal seco un dedo mojado (Alvarez, 2016)

2.2.2.7. Vibración por desajuste mecánico

El aflojamiento mecánico y la acción de golpeteo (machacado) resultante, producen vibración a una frecuencia que a menudo es $2x$, y también múltiplos muy elevados, de las rpm. La vibración pueden ser resultado de holgura excesiva en los rodamientos, de pernos de montaje sueltos, pedestal de soporte fisuras en la estructura, también la vibración seda aflojamiento mecánicos generada por alguna otra fuerza de excitación, como una falta de alineamiento o desbalance. Sin embargo, el aflojamiento mecánico agranda la situación, convirtiendo cantidades relativamente pequeñas de desbalance o falta de alineamiento en amplitudes de vibración bastantes altas. Corresponde por ende decir que el aflojamiento mecánico permite que se den grandes vibraciones de las que ocurrirían de por sí, ocasionadas por otros problemas (Gutiérrez & Serna, 2014)

2.2.3. Termografías

La definición de termografía, se realiza toma de parámetros de temperatura en las superficies, sin realizar ningún contacto, se utiliza la cámara termografía que mide la radiación infrarroja de onda larga en el campo de visión con ello se calcula la temperatura del objeto medido



Figura N° 9. Cámara termografía
Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Boroscopio

El boroscopio, se conoce también como videos copio, es un elemento que contiene un dispositivo largo en forma de varilla delgado flexible, en el interior de esta varilla se ubica un sistema telescópico con varias lentes que captan la imagen, está contiene una fuente de iluminación potente

El equipo de boroscopiado toma registro fotográfico y video para posteriormente poderlos analizar.



Figura N° 10. Equipo Boroscopio
Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Análisis de aceites

El estudio de análisis de aceite se encarga de detectar la cantidad de partículas dentro de un lubricante, los cuales son analizados en laboratorios por personal capacitado, expertos para que puedan analizar y determinar el estado del lubricante y a su vez las tendencias en el comportamiento de los equipos que usan los aceites.

2.2.6. Pruebas no destructivas

El mantenimiento predictivo uno de los tipos se encuentra las pruebas no destructivas son llamados también ensayos no destructivos, se basan en pruebas realizados a componentes para analizar su propiedades físicas, químicas y mecánicas. Cuando se culmina el ensayo el elemento analizado no sufre ningún cambio físico de ahí el concepto “no destructivo”

Existen distintos tipos de pruebas no destructivas:

2.2.6.1. Ensayos por ultrasonidos

Se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material”, esto quiere decir que se basa en el estudio de las ondas sonoras que produce la maquina cuando está en funcionamiento y que cuando están presentando alguna falla el sonido se vuelve de alta frecuencia (Sánchez, 2017).

2.2.6.2. Ensayos por partículas magnéticas

Se aplican a los materiales ferromagnéticos, debido a los componentes físicos que requieren Se disuelve un polvo llamado magnalux con agua y se aplica al componente metálico a analizar la acción se realiza en un campo magnético para identificar discontinuidades externas y sub-superficiales. Lo realiza personal capacitado. Se caracteriza Unos ensayos que se caracterizan por la rapidez de realización y de obtención de resultados.

2.2.6.3. Ensayos por líquidos penetrantes

Para realizar el ensayo de líquidos penetrantes se aplican líquidos especiales para poder comprobar si existen discontinuidades externas esto se aplica en trabajos como cordones de soldadura es un proceso que lo realiza personal capacitado bajo un procedimiento riguroso, al finalizar la actividad estos líquidos salen con gran facilidad de la pieza que fue aplicada.



Figura N° 11. Prueba no destructiva líquidos penetrantes
Fuente: Elaboración propia.

2.2.7. Mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibración.

El mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones realiza un diagnóstico del estado de la máquina, esta actividad se puede realizar con la planta en producción sin necesidad de detener el proceso de producción, es una de las tecnologías y paquetes informáticos que agilizan y facilitan el análisis de vibraciones ya sea en el dominio del tiempo o en la frecuencia para posteriormente emitir un diagnóstico certero.

2.2.7.1 Normas y Guías de Severidad de Vibraciones según Norma ISO 10816

Establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. El criterio

general de evaluación se basa tanto en la monitorización operacional como en pruebas de validación que han sido establecidas fundamentalmente con objeto de garantizar un funcionamiento fiable de la máquina a largo plazo. Esta norma reemplaza a las ISO 2372 e ISO 3945, que han sido objeto de revisión técnica. Este estándar consta de cinco partes:

- Parte 1: Indicaciones generales.
- Parte 2: Turbinas de vapor y generadores que superen los 50 MW con velocidades típicas de trabajo de 1500, 1800, 3000 y 3600 RPM.
- Parte 3: Maquinaria industrial con potencia nominal por encima de 15 kW y velocidades entre 120 y 15000 RPM.
- Parte 4: Conjuntos movidos por turbinas de gas excluyendo las empleadas en aeronáutica
- Parte 5: Conjuntos de máquinas en plantas de hidrogenación y bombeo (únicamente disponible en inglés).

Evaluación:

Zona A: Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas

Zona B: Máquinas que pueden funcionar indefinidamente sin restricciones

Zona C: La condición de la máquina no es adecuada para una operación continua, sino solamente para un período de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada

Zona D: Los valores de vibración son peligrosos, la máquina puede sufrir daños.

(<https://www.rodamientos.com>)

									Velocidad mm/s rms
				D				11	
								7.1	
				C				4.5	
								3.5	
				B				2.8	
								2.3	
				A				1.4	
								0.71	
Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	BASE	
Bombas > 15 kW Flujo Radial, Axial o Mixto				Máq. Medianas 15kW<P<300kW		Máq. Grandes 300kW<P<50Mw		TIPO DE MÁQUINA	
Mot. Integrado		Motor Separado		Motores 160mm≤H<315mm		Motores 315 mm ≤ H			
GRUPO 4		GRUPO 3		GRUPO 2		GRUPO 1		GRUPO	
A		Buena		C		Insatisfactoria			
B		Satisfactoria		D		Inaceptable			

Figura N° 12. Severidad de la vibración según la norma ISO 10816

Fuente: elaboración Propia

2.2.7.2. Vibración

La vibración severa es la medida de precipitación de vibración como medio para localizar la inestabilidad de las máquinas rotativas, siendo los recomendables acopiados de la norma ISO 10816-1, que se representan los niveles de vibración según el tipo de máquina: Grupo K: motores eléctricos hasta 15kW; Grupo M: motores eléctricos de 15 a 75kW; Grupo T: turbo máquinas, ejecutando la medida en el nivel de velocidad y en calidad RMS (Solar, 2014).

Los parámetros característicos de las vibraciones son:

- 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 velocidad con respecto al tiempo

2.2.7.3. Puntos a tomar datos de Vibraciones de diferentes equipos

Los puntos a tomar las vibraciones se deben realizar lo más próximo a los rodamientos o cojinetes, teniendo en cuenta ciertos criterios entre ellos la seguridad e integridad personal ya que esta toma se aplica a equipos en movimientos, se ubica el sensor de vibraciones a los puntos identificados. Para cada punto de medición se toman dos orientaciones radiales al eje de la máquina y una axial. En máquinas de eje horizontal las orientaciones son:

- Radial horizontal.
- Radial vertical.
- Axial

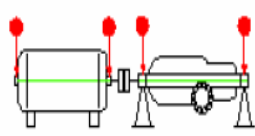
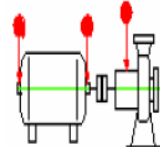
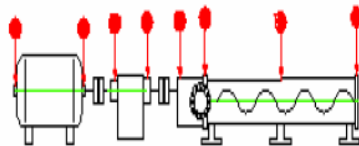
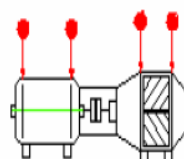
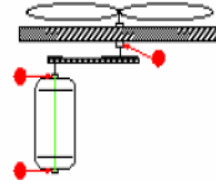
N°	TREN DE MÁQUINA	ESQUEMA
1	Motor eléctrico – bomba centrífuga multietapa	
2	Motor eléctrico – bomba centrífuga	
3	Motor eléctrico – reductor – Caja de rodamientos – Bomba de tornillo	
4	Motor eléctrico – Compresor	
5	Motor eléctrico – Ventilador / Radiador	

Figura N° 13. Localización de puntos de Medición
Fuente: Elaboración Propia

2.2.7.4. Monitoreo de condición por análisis de vibraciones

Esto se realiza ejecutando un seguimiento de los movimientos oscilatorios (vibraciones) de los equipos rotativos, para estudiar su comportamiento mediante un análisis de vibraciones. La figura n°14 muestra la toma de parámetros de vibración de un Motor-Reductor-Ventilador, utilizando un equipo portátil.

El diagnóstico espectral y tendencia facilita la información precoz de fallas en rodamientos, engranajes, motores, bombas, reductores compresores, ventiladores en equipos rotativos. Se realiza medición de frecuencia vs amplitud de vibración en los puntos horizontal, vertical, axial y en las siguientes unidades de:

Velocidad

Se define en mm/seg, analiza problemas de falla de rodamiento, desalineamiento, desbalance, soltura mecánica, mala lubricación, resonancia etc.

Aceleración (G's)

Se aplica para análisis con fallas a altas frecuencias daño de rodamiento, cajas reductoras, engranajes etc.

Enveloping (Ge)

Analiza fallas específicas en rodamientos, desajuste de bujes, detecta fallas como rozamiento mecánico, frecuencia de pista exterior rodamiento, pista interior rodamiento, bolas etc.

Onda en el tiempo

Se define en tiempo/seg analiza fallas con engranajes defectuosos, rodamiento en mal estado, piñones dañados etc.

2.2.7.5. Medición de las vibraciones e interpretación de sus resultados

Se busca poner el transductor de prueba lo más cerca posibles del cojinete, con metal sólido entre el cojinete y el sensor, evitando el empleo en las garras de cojinetes, ya que son de metal

estrecho y conducen muy poco la energía de vibración, impidiendo también cárteres de ventiladores y extremidades de motores y elegir los lugares donde no haya juntas entre metal y metal, entre el cojinete y el sensor (White, 2015).

Con los datos obtenidos de las mediciones, se realiza su interpretación usando técnicas de análisis que permitan conocer el estado de la máquina. Las técnicas más utilizadas son:

Análisis de frecuencia

Son aquellas que se elaboran en la máquina durante su trabajo general, se las asemeja como frecuencias obligadas o frecuencias de diagnóstico siendo las más específicas los desbalances, frecuencia de engranaje, paso de las paletas de una turbina y paso de unos elementos rotatorios en un cojinete de rodamiento (Marín, 2014).

Análisis de tiempo

Este análisis es un complemento al análisis de frecuencia puesto que sirve para confirmar diagnósticos en aquellas fallas que poseen espectros muy parecidos, estos problemas pueden ser, el desbalance, el desalineamiento y la holgura. También se utiliza cuando se presentan impactos, frotación y holgura, además de las máquinas de baja velocidad y cajas de cambio.



Figura N° 14. Monitoreo de vibraciones Motor-Reductor-Ventilador
Fuente: Elaboracion propia

2.2.7.6. Diferentes equipos de mediciones para análisis de vibraciones

Los equipos o instrumentos de mediciones de vibraciones tienen un sensor llamado transductor encargado de procesar y llevando el filtrado, obteniendo el RMS valor global de vibración en un rango de frecuencia que oscila entre 10-1.000HZ.

Mencionamos algunos modelos.

A4900 Vibrio

Este sistema fue diseñado para varias aplicaciones, es prácticamente igual en su concepción y la mayoría de información es dada en la sección anterior. Los cambios de este sistema son parecidos respecto al GSR18 con una resolución digital de 16 bits, con un rango de velocidades entre 0.0031 y 100 mm/s en 65536 divisiones, inferior capacidad de almacenamiento (guarda

aproximadamente 72 minutos registrando a 200 Hz), los algoritmos de detección de este sistema están dadas por nivel de señal, fecha, hora programada y continuo, sin GPS, contiene tres niveles de ganancia x1, x10 y x100, cuatro frecuencias de muestreo: 125, 250, 500 y 1000 Hz. (Studylib, 2014)

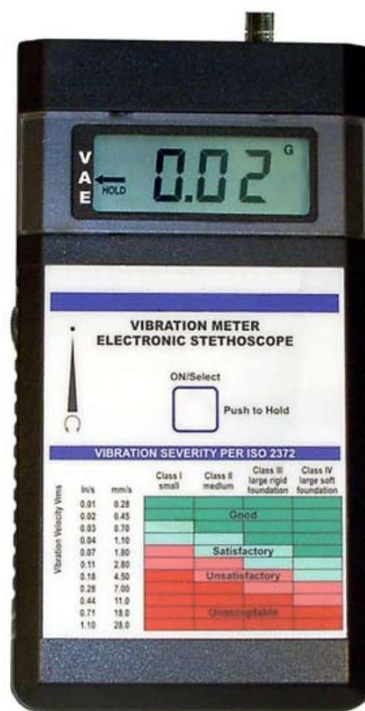


Figura N° 15. Vibrómetro de valor global
Fuente: Elaboración Propia

VIBXPERT II

El analizador de vibraciones es un dispositivo portátil de alto rendimiento con el que se pueden llevar a cabo registros y análisis fiables de los datos relativos a las condiciones de las máquinas.

En un periodo de tiempo muy corto te facilita los datos actuales sobre el equipo monitoreado, tiene como características pantalla a color, de peso liviano, accede a lugares dificultosos.



Figura N° 16. VIBXPert II
Fuente: Elaboración Propia

FLUKE 805

Los medidores de nivel global de vibración no son herramientas útiles para el desarrollo de programas de análisis de vibraciones debido a su falta de capacidad. Solo son posiblemente útiles en el seguimiento de elementos no críticos, ya que el nivel de vibración en ciertas frecuencias no puede ser medido por estos equipos. En este caso, los problemas mayoritariamente graves no pueden implementar un efecto sobre el nivel global, es decir, engranajes, desgaste en cojinetes, fisuras, entre otras fallas, no podrían ser detectadas con este método (Gutierrez & Serna, 2014).



Figura N° 17. FLUKE 805

2.2.7.7. Descripción de software máximo

El software máximo, optimiza el rendimiento, amplía los ciclos de vida de los activos y reduce el tiempo de parada y los costos operativos. Ahora, los líderes de OT y TI tienen las herramientas para operar activos físicos de alto valor con visibilidad y control en toda la empresa. Optimice sus operaciones globales, desde la adquisición hasta la gestión de contratos, y gestione los costos a través de un modelo basado en suscripciones. Mantenga todos los tipos de activos dónde residan, establezca nuevos activos rápidamente y actualice el software de gestión de activos empresariales (EAM) de forma automática para obtener tiempo de actividad sin escalas, reducción de costos y minimización de riesgos.

- Principales beneficios:
- Mejore las operaciones
- Gestione información e inventarios de activos

- Amplíe la vida útil de los activos
- Optimice los procesos de trabajo

2.2.7.8. Descripción Software Omnitrend

Omnitrend Center es el software centralizado de los instrumentos portátiles de medición de vibraciones y los sistemas de monitorización online de condiciones de Pruftechnik. ... Con su estructura en árbol para la gestión de instalaciones, usted puede orientarse rápidamente a través de las mediciones

2.3. Glosario de términos

- CTSDO: Central térmica Santo Domingo Olleros.
- COES: Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado
- DOP: Diagrama de operaciones del proceso.
- ET: Error de transmisión
- RX: Rayos X
- RG: Rayos gama
- MEM: Mercado de energía mayorista
- EIA: Evaluación impacto ambiental
- Osinerming: El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- HRSG: Recuperador de calor generador de vapor.
- END: Ensayos no destructivos.
- MW: Megavatio.
- EORS: Empresa Operadora de residuos.
- UNAS: Universidad Nacional San Agustín.
- ISO: Organización Internacional de Normalización.

- CS: Ciclo simple.
- GN: Gas natural.
- SIEE: Sistema de información Energética y económica.
- EE: Energía eléctrica.
- HI: Hidráulica.
- MR: Mercado regulado.
- SGI: Sistema gestión integrado.
- SIEC: Sistema de Información Eléctrico Comercial.
- MNR: Mercado no regulado.
- Ahorro de energía: Reducción de la cantidad de energía en los usos domésticos e industriales, para disminuir su utilización de forma innecesaria.
- Baja de contrato: Rescisión del contrato que vincula a la Empresa suministradora y al cliente para un suministro eléctrico o de gas concreto.
- Ciclo combinado: Se denomina ciclo combinado en la generación de energía a la coexistencia de dos ciclos termodinámicos en un mismo sistema
- Cogeneración: Procedimiento por el que se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil. Una mayor eficiencia energética, el ahorro de combustibles y la disminución de emisiones de CO₂ son algunas de sus ventajas.

CAPITULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.

3.1. Diagnostico situacional.

3.1.1. Análisis y caracterización del proceso

La empresa Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, cuenta con el software Máximo pero solo se realizaba el mantenimiento preventivo rutinario y mantenimiento correctivo, del cual el mayor porcentaje era mantenimiento correctivo colocando en gran riesgo los equipos rotativas críticas de la planta, se vio necesario poder realizar mejoras en mantenimiento ya que no era posible continuar con esta situación que era muy riesgosa para la planta de generación eléctrica.

3.1.2. Análisis de los indicadores

En los últimos meses se vienen generando paradas imprevistas de producción debido a fallas en los equipos rotativos críticos de la planta. La base de esta investigación se enfoca en las pérdidas de producción generadas, debido principalmente a paradas inesperadas por mal mantenimiento y mala operación.

Estamos logrando cumplir la meta de producción en la empresa, cono no lo logramos o tenemos que utilizar las máquinas en stand by, entonces eso hace que a pesar que lleguemos, pero como no tenemos máquinas en respaldo por lo tanto nuestros indicadores podrían estar en rojo.

En las siguientes figuras detallamos las paradas de planta fortuita.

3.1.3. Descripción del evento

El 08 marzo de 2018 a la 02:50 horas, cuando la unidad TG1 se encontraba generando 191.77 MW y la TV generaba 100.92 MW, ocurre disparo de la TV por cierre rápido del DIVERTER DAMPER de la TG1; al detectarse nivel “Bajo-Bajo” en el Tanque de Condensado. Por falla de un equipo rotativo bomba centrífuga.

Tabla N° 3. Unidades de generación antes del evento

N°	CENTRAL	UNIDAD	POTENCIA ACTIVA (MW)	POTENCIA REACTIVA (MVAR)
01	Santo Domingo de los Olleros	TG1	191.77	-14.73
02	Santo Domingo de los Olleros	TV	100.92	0.80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 4. Secuencia cronológica del evento

FECHA	HORA	DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS
08/03/2018	02:48	Unidad TG1 en 192 MW (Carga Base) y TV en 100 MW
08/03/2018	02:49	Sale alarma de nivel “Bajo – Bajo” del Tanque de Condensado.
08/03/2018	02:50	Comando de Cierre Rápido del DIVERTER DAMPER
08/03/2018	02:50	Disparo de la TV.
08/03/2018	03:25	Se coordina con el CC-COES (R. Ferro) parar la unidad TG1 para poder abrir el DIVERTER DAMPER.
08/03/2018	05:00	Se coordina con el CC-COES (A. Ticona) arrancar la TG1.
08/03/2018	05:22	La TG1 sincroniza con el SEIN.
08/03/2018	11:29	Se coordina con el CC-COES (H. Morales) arrancar la TV.
08/03/2018	11:46	La TV sincroniza con el SEIN.

Fuente: Elaboración Propia

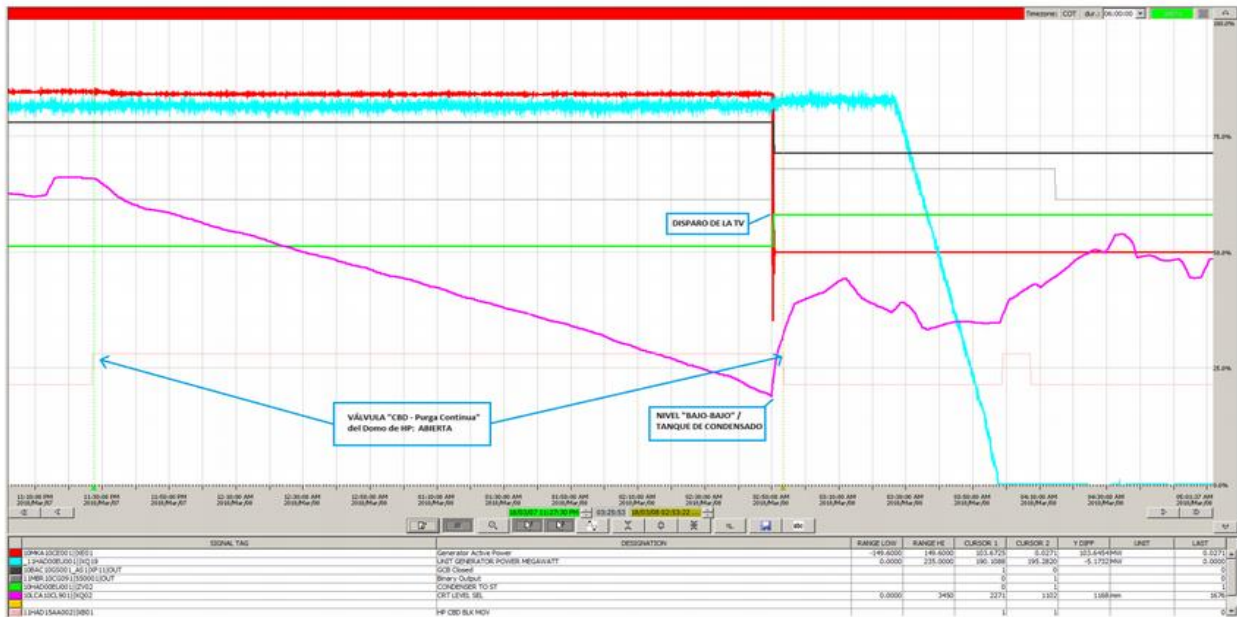


Figura N° 18. Tendencia de disparo tv

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4. Descripción del evento

El 30 de octubre 2018 a las 16:54 horas, cuando la central operaba a plena carga, en modo ciclo combinado, se produce el disparo de la turbina a vapor con una potencia de generación eléctrica de 102.36 MW en la unidad TV y 187.03 MW la TG, debido a un alto vacío en el condensador, el cual coincidió con unas fallas en los equipos rotativos (bombas de vacío.)

Tabla N° 5. Unidades de generación antes del evento

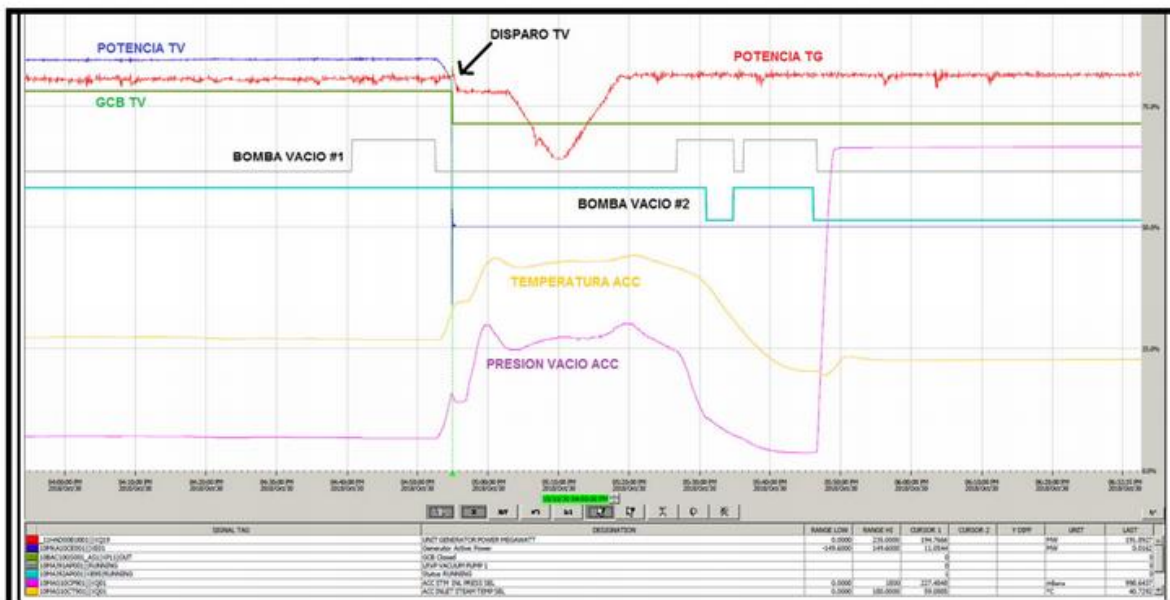
N°	CENTRAL	UNIDAD	POTENCIA ACTIVA (MW)	POTENCIA REACTIVA (MVAR)
01	Santo Domingo de los Olleros	TG1	187.03	25.88
02	Santo Domingo de los Olleros	TV	102.36	7.21

Tabla N° 6. Secuencia cronológica del evento

FECHA	HORA	DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS
30/10/2018	16:54	A las 16:54 horas, cuando las unidades TV y TG1 generaban 102.36 y 187.03 MW respectivamente, se produce la desconexión de la TV, debido a un alto vacío en el condensador, el cual coincidió con la parada de la bomba de vacío #1. Por razones de prueba, luego del mantenimiento preventivo de la bomba #1, el ciclo a vapor se encontraba con las 02 bombas de vacío en servicio, condición irrestricta de operación, sin embargo, al poner fuera de servicio la bomba #1, se produjo el aumento de la presión de vacío del aerocondensador, y posterior desconexión de la TV.

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 19. Tendencia de Disparo tv



Fuente: Elaboración Propia

La central térmica tiene que mantenerse disponible, sin embargo hubo paradas de planta fortuita de ciclo combinado por la falla de equipos rotativo. La Paradas intempestivas queda reportada en Osinerming el cual es un antecedente negativo para la empresa.

Durante las paradas de planta fortuitas se genera pérdidas económicas demostramos en el siguiente cuadro.

Tabla N° 7. Central térmica

Central	Tipo de central	CVNC [US\$/MWh]	CVC [US\$/MWh]	CV [US\$/MWh]
Central Térmica	Ciclo Combinado	3.45	10.04	13.49
Central Térmica	Ciclo Simple	2.30	25.24	27.54

Fuente: Elaboración Propia

Si dejamos de producir energía estaríamos perdiendo por hora no generada.

\$ 13.49 x 300MWh (Produce la planta en una hora)

\$13.49/MWh (precio variable)

Total, perderíamos \$ 4,047 dólares por hora no generada.

Se organizó mediante lluvia de ideas las posibles causas del problema, utilizando el diagrama Causa Efecto que mostramos en el siguiente cuadro.

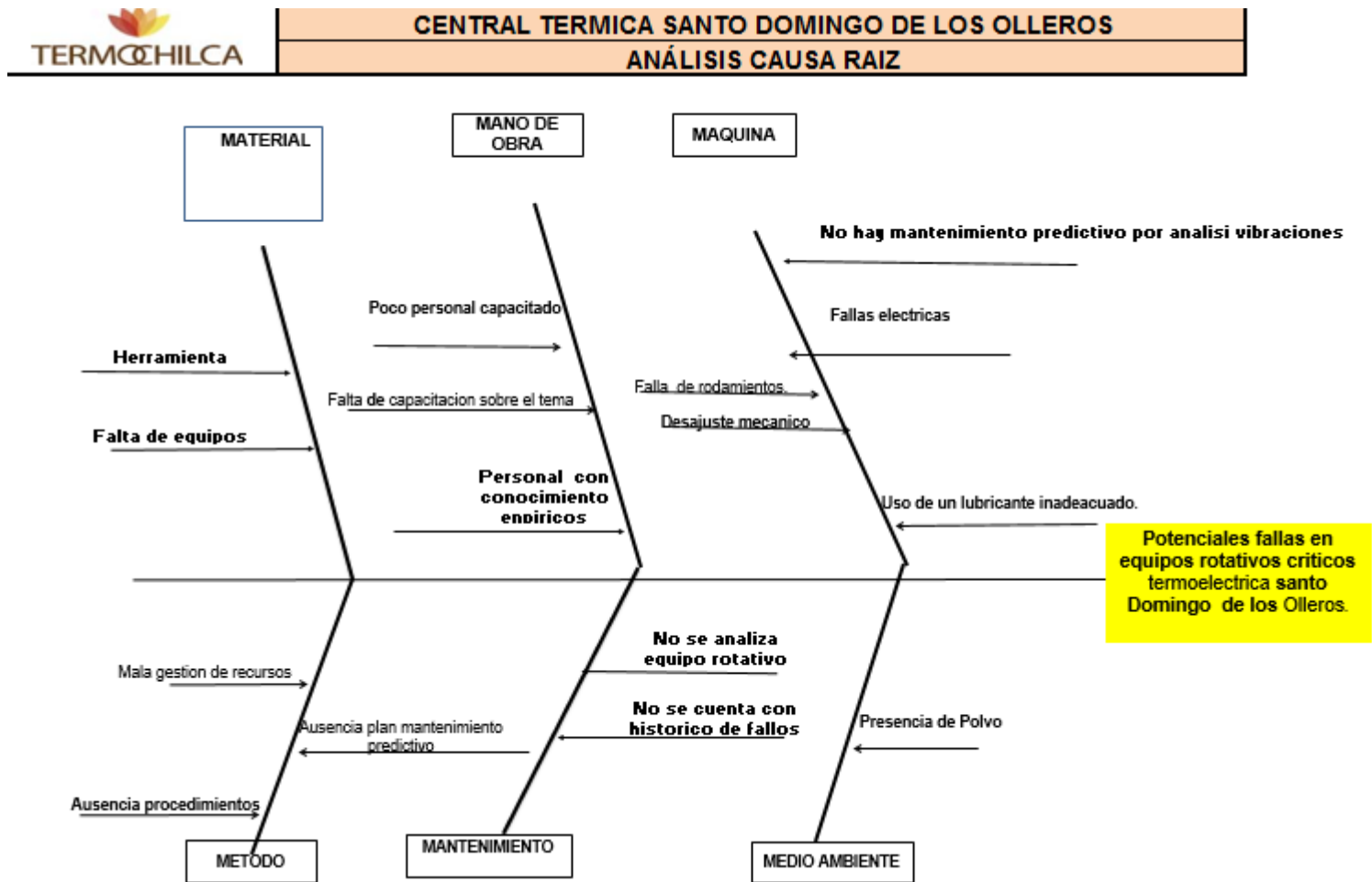


Figura N° 20. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8. Priorización por matriz de ponderación

PRIORIZACIÓN POR MATRIZ DE PONDERACIÓN

ESCALA	1 AL 5
	1 POCO
	3 REGULAR
	5 MUCHO

CAUSA RAICES (INDIVIDUAL /NO POR TIPO DE RECURSOS)	CRITERIOS			TOTAL	%	RANKING DE PRIORIZACIÓN
	IMPACTO EN PRODUCCIÓN	IMPACTO EN COSTOS	IMPACTO EN CALIDAD			
FALTA CAPACITACIÓN	2	3	2	7	27%	2
FALTA PROCEDIMIENTO	2	2	2	6	23%	3
NO SE CUENTA CON UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO (ANALISIS DE VIBRACIONES)	4	5	4	13	50%	1
TOTAL				26	100%	
PRIORIZADO						
77% DE LO PRIORIZADO						

Fuente: Elaboración Propia

Pareto

Tabla N° 9. Pareto

Causa Raíces (individual /no por tipo de recursos)	Porcentaje
no se cuenta con un plan de mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones)	50%
falta capacitación	27%
falta procedimiento	23%

Fuente: Elaboración Propia

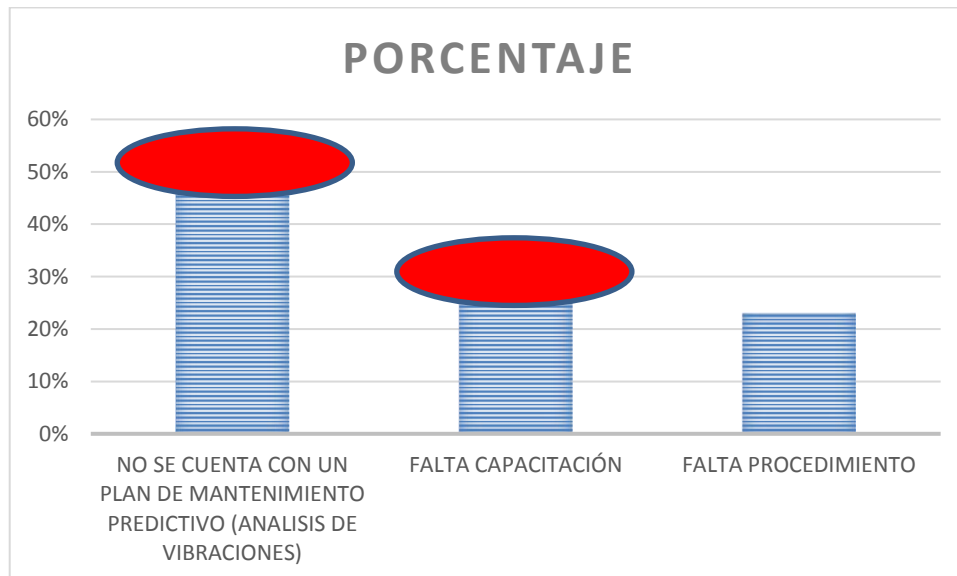


Figura N° 21. Porcentaje - Pareto

Fuente: Elaboración Propia

Causas raíces priorizadas %

Se va priorizar de las 03 causas raíces se tomará en cuenta las 02 causas raíces más significativas, debido a que ejecutando estas causas raíces priorizadas lograremos mejora del 77%.

3.2. Determinación de la propuesta de solución

3.2.1. Planteamiento de propuesta de solución

De acuerdo al análisis de los problemas identificado en la empresa se ha decidido realizar dos alternativas de solución. Las alternativas son:

3.2.2. Alternativa 1

Implementación plan mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos en la central termoeléctrica santo domingo oллерos.

Mi persona en conjunto con la cuadrilla que está a mi cargo, se ha Implementado un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos de la central termoeléctrica santo domingo oллерos, será aplicada al área de equipos rotativos críticos dentro de la línea productiva que son 10 equipos rotativos críticos como; Motor – Bomba, Motor-reductor-Bomba, Motor- ventilador, Motor-reductor-ventilador, cuya finalidad es optimizar los tiempos de parada por defectos de falla de los equipos rotativos en base a las Normas ISO 10816.

3.2.3. Alternativa 2.

Servicio tercerización diagnostico situacional predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos.

Se contrataría a un servicio tercerización de diagnóstico situacional predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos, para que puedan realizar el análisis situacional quienes vendrían a la Termoeléctrica Santo Domingo de los Oллерos a levantar la información

y luego estarían elaborando los informes situacionales los cuales serían suministrados a la empresa par que la empresa pueda tomar las acciones correspondientes.

3.2.2. Evaluación y selección de la propuesta de solución

3.2.2.1. Criterios de selección

Para los siguientes trabajos se ha considerado los siguientes cuatro criterios de selección:

Seguridad, reducción de falla, tiempo de implementación, costo de implementación.

Seguridad

Consideramos que la seguridad es la prioridad más importante para llevar a cabo de forma segura nuestras operaciones en la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

Reducción de fallas

Al reducir fallas a los equipos críticos dentro de la línea productiva permitirá realizar un control más preciso y eficiente para identificar que los equipos se encuentren operando dentro de los límites de control aceptables, identificando rápidamente cuando esto no es así logrando así intervenir a tiempo para reducir las paradas e incrementar el rendimiento de la empresa

Tiempo de implementación

El tiempo implementación plan mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos central termoeléctrica santo domingo olleros, llevo tres meses con esta tecnología mejorará la fiabilidad de las máquinas, consiguiendo una mejor eficiencia de los equipos rotativos.

Costo de implementación

Los costos de estos equipos para el mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones, son caros

Se obtuvo un analizador de vibraciones de marca VIBXPERT II, que tuvo un costo de \$11000 dólares.

Para capacitación de personal se generó un gasto de \$3000 dólares, entre otros gastos se cuenta con horas hombre.

A continuación mostramos el resultado de la evaluación de las dos alternativas de solución.

Tabla N° 10. Alternativa de Solucion

CRITERIO	PESOS POR IMPORTANCIA DEL CRITERIO	IMPLEMENTACIÓN PLAN MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANALISIS DE VIBRACIONES EN EQUIPOS ROTATIVOS CENTRAL TERMoeLECTRICA SANTO DOMINGO OLLEROS		SERVICIO TERCERIZACION DIAGNOSTICO SITUACIONAL PREDICTIVO POR ANALISIS DE VIBRACIONES EN EQUIPOS ROTATIVOS CRITICOS	
		VALOR	PESO	VALOR	PESO
Seguridad	10 (29%)	8	80	7	70
Reducción de falla	9 (26%)	7	72	7	72
Tiempo de Implementación	8 (24%)	6	48	5	40
Costo implementación	7 (21%)	5	35	4	28
TOTALES	34 (100%)		235		210

Fuente: Elaboración propia.

El resultado final de evaluación es la siguiente.

Tabla N° 11. Resultado de alternativas de solución

POSICIÓN	ALTERNATIVA	PUNTAJE
1	Implementación plan mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos central termoeléctrica santo domingo de los olleros	235
2	Servicio tercerización diagnóstico predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos	210

Fuente: Elaboración propia.


Por lo tanto, de acuerdo al cuadro mostrado, se ha decidido elegir la alternativa número uno Implementación plan mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros.

3.2.3. Entrevistas a expertos

El principal objetivo de la entrevista a los expertos, es adquirir conocimiento para poder implementar este tipo de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos de la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, recurrimos a 02 expertos con amplia experiencia en el rubro de mantenimiento, a los cuales les hicimos llegar 10 preguntas a fin de que su contribución aporte a la implementación del proyecto.

Tabla N° 12. Perfil Jimmy Torres Salinas

Perfil	
Nombre:	Jimmy Torres Salinas
Cargo:	Supervisor de mantenimiento mecánico
Profesión:	MSc Ingeniero mecánico UNAC
Experiencia:	15 años



Fuente: Elaboración Propia

1. ¿Cómo aportaría una implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones a equipos rotativos en la planta?

La implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones y la toma de parámetros de vibración aportarían positivamente en la planta en una reducción de fallas en los equipos y los altos costos de mantenimiento no planeado, Considerables reducciones en inventario de partes de repuesto, debido a un mejor conocimiento sobre el estado de la maquinaria., reducción en las órdenes de trabajo de emergencia y tiempo extra.

2. ¿Cuáles son los principales problemas al implementar un plan de mantenimiento predictivo por análisis vibraciones?

El principal problema es no tener capacitación para poder hacer uso de los equipos de toma de vibraciones y realizar la correcta interpretación de las medidas de vibraciones en la maquinaria industrial.

3 ¿Qué equipos deben ser considerados dentro del plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones?

Se tomarán en cuenta solo equipos rotativos críticos que intervienen con la producción directa de energía eléctrica.

4. ¿Cómo definir las actividades de mantenimiento?

El departamento encargado de definir las tareas de mantenimiento es el de Confiabilidad.

Las tareas se deben definir a través de análisis y metodologías de identificación de modos de falla tales como AMEF (análisis de modos y efectos de falla) o ACR (análisis causa raíz). Las tareas de mantenimiento deben estar siempre direccionadas a un controlar o eliminar un modo de falla.

5. ¿Cómo definir las frecuencias de mantenimiento?

Para determinar la frecuencia de medición óptima para cada equipo se deben definir las siguientes definiciones. Fallas potenciales en el mantenimiento basado en la condición. Los modos de falla frecuentemente no tienen relación directa con la edad del equipo, muchos de estos dan alguna clase de aviso, cuando están en el proceso de ocurrir o están a punto de ocurrir. Si la evidencia de que alguna falla va o está en el proceso de ocurrir, es detectada puede ser posible tomar acciones para prevenir fallas y evitar las consecuencias.

6. ¿Qué software recomendaría para gestionar la base de datos?

En el mercado existe muchos softwares, el software que se recomendaría es el que trabaja con el equipo, ya que cada analizador de vibración viene con un software, estamos analizando la compra de un equipo de marca VIB XPERT II que trabaja con un software OMNITREND.

7. ¿Cómo controlar el sistema de gestión?

El área encargada de controlar el sistema de gestión de mantenimiento es principalmente Planeación, para tener mejor control se debe centralizar el control solo con un área; y manejar diferentes perfiles para el resto de los usuarios.

8. ¿Qué indicadores recomendaría para controlar el sistema de gestión?

Indicadores de Confiabilidad y Disponibilidad de Planta

- MTTR (Mean Time To Repair, tiempo medio de reparación)

Indicadores de Gestión de Órdenes de Trabajo (OT)

- Número de Órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado
- Número de Órdenes de trabajo terminadas o cumplidas
- Número de Órdenes de trabajo pendientes
- Índice de cumplimiento de la planificación
- Índices de Gestión de Almacenes y Compra
- Consumo de Materiales
- Tiempo Medio de Recepción de Pedidos

9. ¿Cuál debería ser el flujo de una orden de trabajo?

Un flujo resumido para órdenes de trabajo:


- Identificación del problema
- Creación de notificación
- Validación y priorización de notificación
- Programación de orden de trabajo
- Ejecución
- Monitoreo de efectividad
- Cierre de orden de trabajo

10. ¿Cada cuánto se deben actualizar los procedimientos y planes elaborados?

La mejora continua es parte del ciclo de implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), la reevaluación de estrategias se debe priorizar de acuerdo con la criticidad de equipos o cuando el equipo presente una desviación notoria en su funcionamiento. (Alto costo de mantenimiento o alta frecuencia de fallas)

Tabla N° 13. Perfil Milcar Perez Arango

PERFIL	
Nombre:	Milcar Perez Arango
Cargo:	Supervisor de mantenimiento de instrumentación
Profesión:	Ingeniero electricista
Experiencia:	8 años



Fuente: Elaboración Propia

1. ¿Cómo aportaría una implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones a equipos rotativos en la planta?

Muchas plantas aún funcionan con una estrategia de mantenimiento del tipo "hasta que deje de funcionar". La implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones aportaría para reducir las fallas en equipos rotativos y evitar los altos costos de mantenimiento.

2. ¿Cuáles son los principales problemas al implementar un plan de mantenimiento predictivo por análisis vibraciones?

Uno de los principales problemas es no tener claro el objetivo en la implementación o simplemente no tenerlo, otro Gran problema es la falta de capacitación a las personas que estarán involucrado en esta actividad.

3. ¿Qué equipos deben ser considerados dentro del plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones?

Solo equipos rotativos críticos que afecten la producción directamente de la planta.

4. ¿Cómo definir las actividades de mantenimiento?

Que deberán realizarla planificación supervisión de mantenimiento bajo cronogramas de las tareas ya se ha preventivo, correctivo, predictivo Las actividades de Mantenimiento deberán ser definidas en función a la programación.

5. ¿Cómo definir las frecuencias de mantenimiento?

Normalmente, los fabricantes o proveedores de equipos entregan una lista de tareas de mantenimiento e inspección y la frecuencia de aplicación la cual no corresponde con el contexto operacional actual, la vida/edad del activo y las consecuencias de la falla del activo en el negocio. Por tal razón, se recomienda diseñar los planes de mantenimiento haciendo uso de las metodologías desde la etapa temprana del ciclo de vida del activo tales como (RCM, FMECA, FMEA, RBI), para de esta manera adecuar el plan de cuidado del activo al contexto actual.

6. ¿Qué software recomendaría para gestionar la base de datos?

El software ideal sería el que viene conjuntamente con el equipo analizador de vibraciones, y el que se adecue económicamente a la empresa, por mi experiencia trabaje con un software OMNITREND, por el tiempo que trabaje con mencionado software lo recomendaría es muy eficiente.

7. ¿Cómo controlar el sistema de gestión?

El área encargada de controlar el sistema de gestión de mantenimiento es principalmente Planeación, para tener mejor control se debe centralizar el control solo

Con un área; y manejar diferentes perfiles para el resto de los usuarios.

8. ¿Qué indicadores recomendaría para controlar el sistema de gestión?

Indicadores de Gestión de Órdenes de Trabajo (OT)

- Número de Órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado
- Número de Órdenes de trabajo terminadas o cumplidas
- Número de Órdenes de trabajo pendientes
- Índice de cumplimiento de la planificación

9. ¿Cuál debería ser el flujo de una orden de trabajo?

Un flujo resumido para órdenes de trabajo:

- Identificación, planeación, programación, ejecución, retroalimentación y análisis de data. (Lo último a modo de poder cerrar el ciclo de mejora continua)

10. ¿Cada cuánto se deben actualizar los procedimientos y planes elaborados?

Los procedimientos se deben ir actualizando

Las actualizaciones de procedimientos como buena práctica se recomienda hacerlas anualmente, pero es recomendable después de cada actividad si hubiera alguna modificación actualizarla inmediatamente.

3.4. Planificación del proyecto de mejora

3.4.1. Cronograma de implementación

Se va trabajar el proyecto de mejora va contar tres líneas de acción las cuales se mencionan en el siguiente cuadro.

Tabla N° 14. Cronograma de implementación

Descripción	Inicio	Duración	Fin
Preparación del proyecto	16/04/2019	15	30/04/2019
Adquisición equipo analizador	01/05/2019	7	07/05/2019
Plan de capacitación de personal	08/05/2019	4	11/05/2019
Manual de Uso de equipo analizador	12/05/2019	4	15/05/2019
Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador	16/05/2019	16	31/05/2019
Plan de Procedimientos	01/06/2019	6	06/06/2019
Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de refrigeración	07/06/2019	3	09/06/2019
Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de Lubricación	10/06/2019	3	12/06/2019
Ejecución proyecto	13/06/2019	16	28/06/2019
Análisis e informe	29/06/2019	10	08/07/2019

Fuente: Elaboración Propia

Los Procedimientos Operativos se realizaron personal de mantenimiento de la termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros con la revisión y aprobación de jefatura de mantenimiento se realizaron procedimientos específicos relacionados a Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de refrigeración y Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de Lubricación, estos procedimientos ayudaran a realizar las actividades de una forma ordenada y sin improvisaciones

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Desarrollo de la mejora.

4.1.1. Realización de las actividades de mejora-Plan de acción.

A. Preparación del proyecto

Para el desarrollo de la preparación del proyecto se realizó un diagnóstico situacional, se realizó un informe inicial de línea base, esto fue presentado a la gerencia de mantenimiento, quien luego de realizar una evaluación exhaustiva fue llevado a un comité de la empresa se decidió implementar la mejora y con dicha aprobación se inició con la recolección de la data inicial para poder elaborar el anteproyecto de la propuesta de mejora, con dicho documento y aprobado por el gerente general de mantenimiento se procedió con el desarrollo del plan de implementación de la mejora.

B. Implementación del proyecto.

Se realiza tres planes de acción.

B.1. Adquisición del equipo analizador.

Se realizó una reunión el área de mantenimiento con gerencia de planta para analizar el proceso de compra para ver especificaciones técnicas del producto, se solicitó 3 cotizaciones a proveedores, que cubra con las especificaciones requeridas, se seleccionó al proveedor de la marca VIBER XPERT II, el precio de compra del equipo analizador fue de 32,000 mil soles.

B.2. Plan de capacitación de Personal.

El Plan de Capacitación del personal incluye a todos los colaboradores del área de mantenimiento mecánico, que son en su totalidad cuatro ya que la actividad de toma de parámetros de vibración lo realizara el área mecánica, se desarrolló los siguientes temas:

B.2.1. Manual de Uso de equipo analizador.

El plan de capacitación se realizó en las instalaciones de la central termoeléctrica Santo Domingo de los olleros por un especialista en análisis de vibraciones se desarrolló los siguientes temas que se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla N° 15. Manual uso equipo analizador

MANUAL USO EQUIPO ANALIZADOR			
DESCRIPCION DE LA CAPACITACION	COMIENZO	FIN	horas
Reconocimiento de partes y componentes del equipo VIBXPERT II	12/05/2019	12/05/2019	8horas
Registro de datos Y crear rutas de archivo	13/05/2019	13/05/2019	8horas
Toma de datos simulando con maqueta motor-bomba	14/05/2020	15/05/2019	16 horas

Fuente: Elaboración Propia

B.2.2. Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador

La capacitación se realizó en las instalaciones de la termoeléctrica Santo Domingo de los olleros por un especialista en análisis de vibraciones se desarrolló los siguiente temas que se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla N° 16. Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador

Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador			
Descripción de la capacitación	comienzo	fin	horas
crear ruta detrabajo	16/05/2019	20/05/2019	20 horas
reconocimientos puntos de medición	21/05/2019	24/05/2020	16 horas
toma de datos de vibración en equipos rotativos	25/05/2019	27/05/2019	12 horas
descargar información en el Software ommnitrend	28/05/2019	31/05/2019	16 horas

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un examen de conocimiento teorico.Como uso de equipo analizador y recolección de datos. Estamos seguros que las actividades de Capacitación programados en el presente cumplirán con los objetivos establecidos en el Plan.

B.3. Plan de procedimientos

Para realizar los procedimientos se toma en cuenta los siguientes parámetros.

En la figura n°18, se muestra el procedimiento de la “implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en máquinas rotativas críticas en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros” Se ha realizado las siguientes actividades;

- Toma de parámetros de vibración de equipos rotativos críticos.
- Diagnóstico de la información de análisis de vibraciones.
- Corrección de fallas de equipos rotativos.
- Reporte de análisis de equipos rotativos críticos.

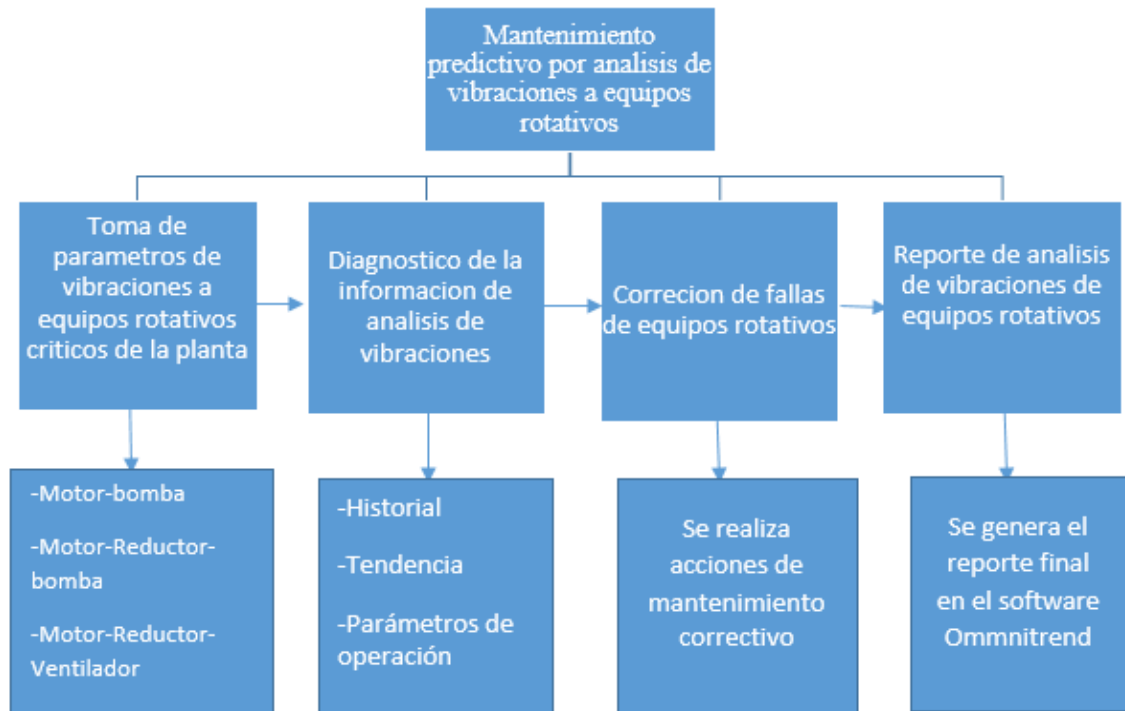


Figura N° 22. Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones
Fuente: Elaboración propia

Toma de parámetros de vibraciones a equipos rotativos críticos de la planta.

Una parte importante de las tareas de mantenimiento predictivo de la planta. Es el mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones. Se realiza toma de parámetros de vibración a equipos rotativos críticos, se realiza el análisis y si se encuentra algo anormal, o la evolución de un parámetro no es la adecuada, se actúa. En la planta contamos con los siguientes equipos:

Motor-bomba

Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover un fluido. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbo-

bombas”. ... Cuando la bomba recibe la energía a través de un motor acoplado (eléctrico, de gasóleo o gasolina), al conjunto se le llama moto-bomba.

Motor-reductor –bomba.

Los reductores de velocidad con sistemas formados por engranajes que hacen que los motores eléctricos funcionen a distintas velocidades.

Motor-reductor-ventilador

Por lo tanto, un motor reductor es un método para reducir la velocidad de un motor eléctrico, este está cerrado y refrigerado por ventilador

Diagnóstico de la información de análisis de vibraciones.

- Corrección de fallas de equipos rotativos.

Se realiza la corrección de fallas que fueron encontradas en la toma de parámetro de vibración de equipos rotativos como puede ser desalineamiento de ejes, fallo eléctrico, desbalance, desajuste mecánico.

- Reporte de análisis de vibraciones de equipos rotativos

Cuando ya se realizó la toma de parámetros de vibración han sido descargados a la base datos del software Omnitrend, nos permitirá realizar el reporte final de análisis de vibraciones, como se aprecia en la figura N°23

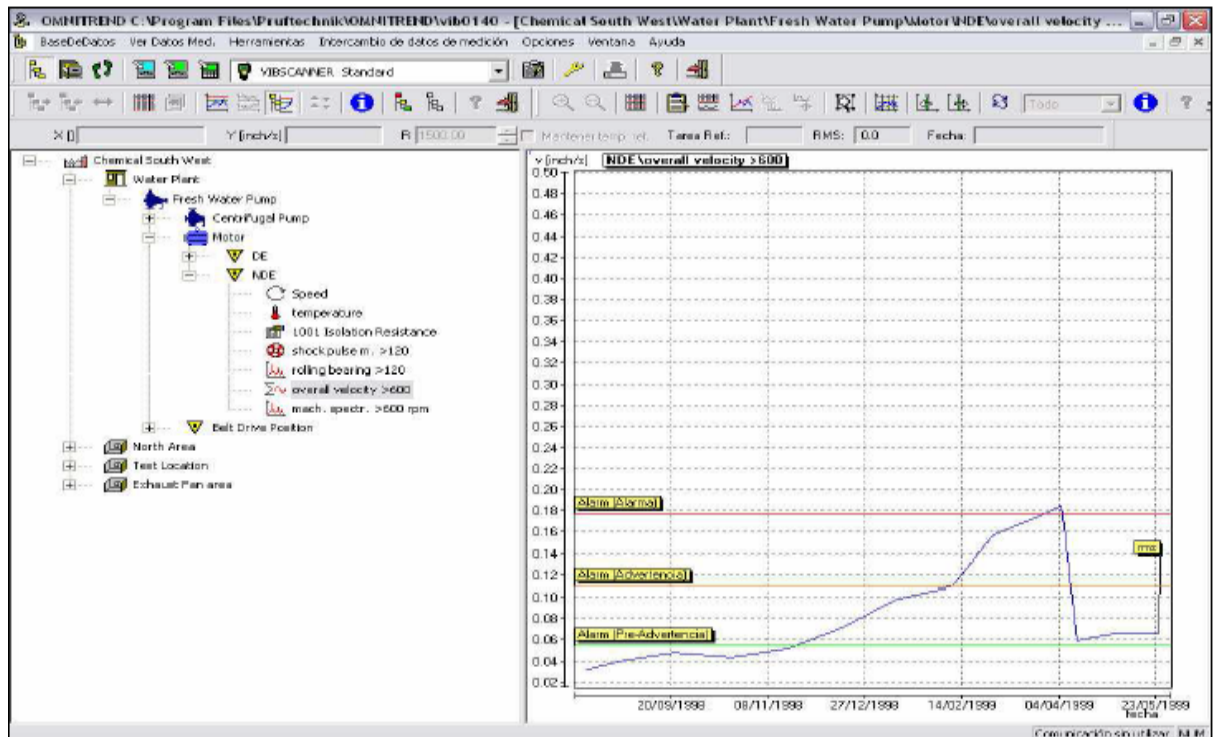


Figura N° 23. Software Omnitrend

Evaluación de equipos rotativos críticos a implementar el mantenimiento por análisis de vibraciones en la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

Todos estos equipos rotativos tienen su grado de criticidad de acuerdo a su funcionamiento, ubicación, back-up (equipos de replazo), repuestos, después de haber evaluado, se clasificara los equipos rotativos de acuerdo al a siguiente tabla.

Clasificación de equipos rotativos críticos

Se evaluó y clasifco por prioridades a los equipos rotativos que se aplicara al mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones se utilizara el método GUT. Corresponde a la sigla Gravedad, Urgencia y Tendencia.

El método GUT, evalúa los criterios del personal involucrado, mediante la calificación de tres Ítems (GUT) en una escala de valores del uno al cinco.

A manera de ejemplo se muestra en la figura la forma como se evaluó a un motor-bomba de levante del sistema de lubricación TV. Mediante el método GUT.

Evaluamos motor – bomba levante sistema lubricación por método GUT.

Tabla N° 17. Motor -Bomba Levante Sistema lubricación TV

Motor -Bomba Levante Sistema lubricación TV				
Evaluadores	G	U	T	GxUxT
Supervisor de mantenimiento	3	5	5	75
Planificador	3	4	4	48
Supervisor mecánico	4	5	4	80
Técnico mecánico	3	5	4	60
			Total	263

Fuente: Elaboración Propia

La evaluación mediante el método GUT, realizado a los equipos rotativos críticos de la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros que son programados dentro del mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones.

Luego de realizar la evaluación de los equipos rotativos críticos de la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, se obtiene la siguiente clasificación.

Tabla N° 18. Evaluación de los equipos rotativos críticos de la central termoeléctrica

N°	KKS	EQUIPO	Puntaje GUT
1	MAV12AA001	Motor-Bomba de levante - Sistema aceite lubricación TV. (x2)	263
2	MBV11AP001	Motor- bomba Sistema aceite lubricación TG.(x2)	258
3	MAV 10AP001	Motor- bomba Sistema aceite lubricación TV.(x2)	254
4	MBX02AA192	Motor- bomba Sistema aceite control TG(x2)	250
5	10LAC11AP001	Motor –Bomba de agua alimentación a las calderas TV.(x2)	248
6	10LCB11AP001	Bomba –motor suministro de condensado TV(x2)	246
7	11 LBC12AA001	Motor-reductor-Bomba Sistema de vacío(x2)	242
8	10MAG10AA001	Motor ventilador Sistema Fin Fan Cooler (x6)	240
9	12PGB11AP001	Motor-Bomba Sistema de refrigeración Circuito cerrado TV (x3)	238
10	10LAB10BR001	Motor-Bomba Sistema envío de agua Demi a	236

Fuente: Elaboración Propia: Total de equipos rotativos criticos

Realizamos la toma de datos y análisis de equipos rotativos críticos con el analizador de marca VIBXPRT II a los 10 equipos rotativos críticos de la central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

Se seleccionó los dos equipos más críticos de la planta Santo Domingo Olleros pertenecientes al sistema de refrigeración y sistema lubricación.

1. Motor – bomba Levante sistema Lubricación TV.

Tabla N° 19. Motor – bomba Levante sistema Lubricación TV

MOTOR ELECTRICO	
Marca	Westinghouse
Tipo	Eléctrico/ 3 fases
Potencia	1250 hp/932.13kw
V:	6.600
A:	95
N:	3560rpm
BOMBA CENTRIFUGA	
Marca	Sulzer Pumps
Tipo	Centrifuga
BHP	1100HP/820KW
Presión de descarga	1400 psi
rpm	3560
caudal	1170GPM

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 24. Motor – bomba Levante sistema Lubricación TV

Fuente: Elaboración Propia

Motor- Bomba

Equipo	Vibración operación RMS [inch/s]	Rango Preadvertencia RMS [inch/s]	Rango Advertencia RMS [inch/s]	Rango Alarma RMS [inch/s]
Bomba	0.01 – 0.06	0.06 – 0.11	0.11-0.18	> 0.19
Motor eléctrico	0.01 – 0.06	0.06 – 0.11	0.11-0.18	> 0.19

Figura N° 25. Rangos de operación

Fuente: Elaboración Propia

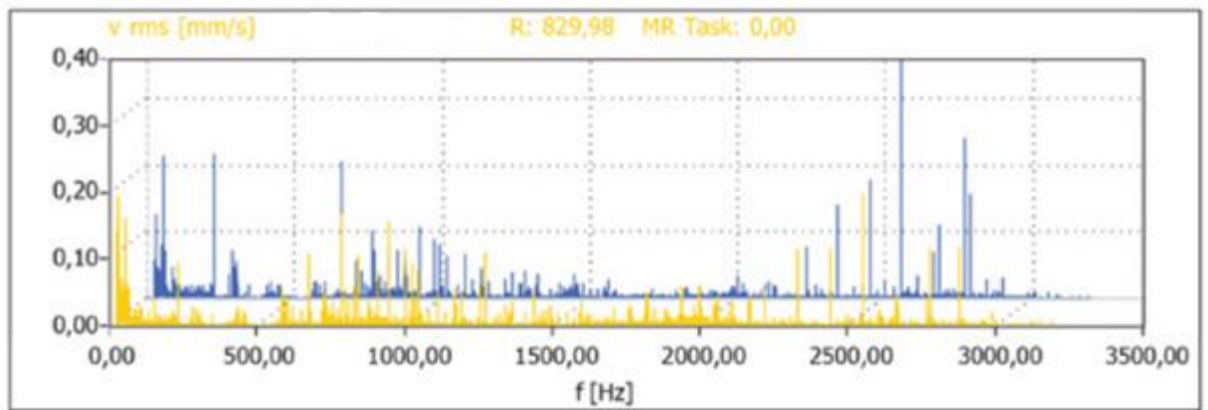


Figura N° 26. Espectro en velocidad antes

Fuente: Elaboración Propia

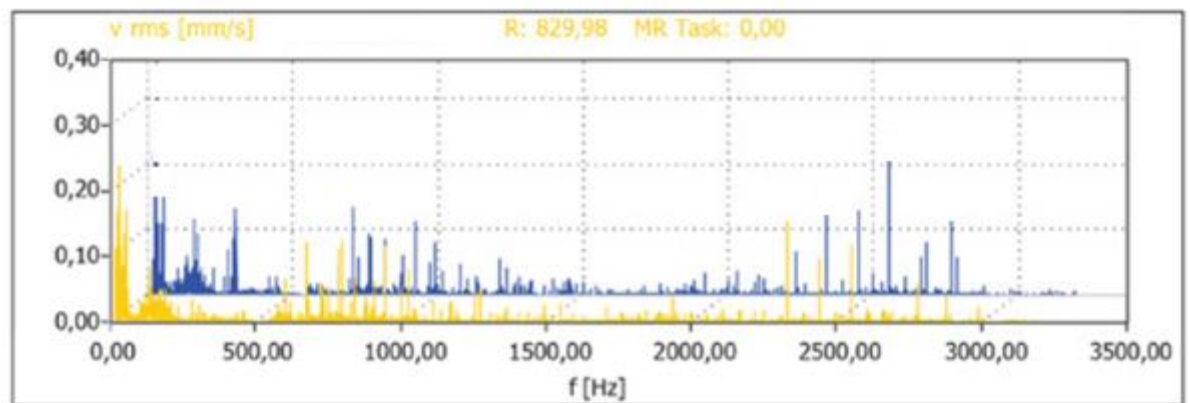


Figura N° 27. Espectro en velocidad después

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 20 se presentan los valores globales obtenidos de medición sobre el motor y sobre la bomba respectivamente.

Tabla N° 20. valores globales obtenidos de medición sobre el motor y sobre la bomba

PUNTOS DE MEDICION	VALOR GLOBAL RMS
1H	2,1
2V	2,4
2A	3.1
2H	8.0
2V	2.
2A	5.4
3H	2.1
3V	2.3
3A	3.1
4H	1.8
4V	3.7
4A	2.8

Fuente: Elaboración Propia

Motor

En dirección horizontal punto número 2 del lado acoplamiento en la envolvente se pueden ver golpes dominados por un ciclo de dos veces la velocidad de giro. Se trata de un problema del rodamiento motor lado acoplamiento., se debe cambiar el rodamiento del motor del lado de la transmisión

Bomba

El análisis espectral da como resultado una fricción, esto es resultado de una falta de lubricación o lubricación inadecuada el indicador rojo 311HZ, el desgaste de rodamiento provoca excentricidad en el eje, como resultado de la falla el rodamiento provocara un trabajar excéntrico del eje.

Como observación se recomienda realizar mantenimiento correctivo a los rodamientos y engrasar con la grasa indicada por el fabricante y cantidad indicada en la placa.



Figura N° 28. Cambio de rodamientos

Fuente: Elaboración propia

Toma de datos de vibración después de cambio de rodamientos

Tabla N° 21. Toma de datos de vibración después de cambio de rodamientos

PUNTOS DE MEDICION	VALOR GLOBAL RMS
1H	2,1
2V	2,0
2A	1.8
2H	1.8
2V	2.
2A	2.4
3H	2.1
3V	2.3
3A	3.1
4H	1.8
4V	2.7
4A	2.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 22. Cuadro comparativo antes vs después

PUNTOS DE MEDICION	VALOR GLOBAL RMS antes de cambio rodamiento	VALOR GLOBAL RMS después cambio rodamiento
1H	2,1	2,1
2V	2,4	2,0
2A	3.1	1.8
2H	8	1.8
2V	2	2
2A	5.4	2.4
3H	2.1	2
3V	2.3	2.1
3A	3.1	2.1
4H	1.8	1.8
4V	3.7	2.7
4A	2.8	2.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23. Motor-reductor-bomba sistema de vacío

Motor eléctrico	
Marca:	Reliance Electric
Tipo:	eléctrico / 3 Fases
Potencia:	50 HP / 37.29 kW
V:	230 / 460 V
A:	117 / 58.8 A
N:	1775 rpm
Reductor de velocidad	
Marca:	Dodge MAXUM
Serie:	DCR4
Input rpm:	1775
Output rpm:	424
Bomba horizontal	
Marca:	MOYNO Pumps.
Tipo:	Progressive Cavity Pump.
BHP:	200 HP / 150 kW
Presión Descarga	115 psi
Presión Succión:	5 psi
Caudal:	875 GPM

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 29. Motor-reductor-bomba

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Vibración operación RMS [inch/s]	Rango Preadvertencia RMS [inch/s]	Rango Advertencia RMS [inch/s]	Rango Alarma RMS [inch/s]
Bomba	0.01 – 0.06	0.06 – 0.11	0.11-0.18	> 0.19
Motor eléctrico	0.01 – 0.06	0.06 – 0.11	0.11-0.18	> 0.19
Reductor	0.01-0.06	0.01-0.06	0.11-0.18	0.19>

Figura N° 30. Rangos de operación

Fuente: Elaboración propia

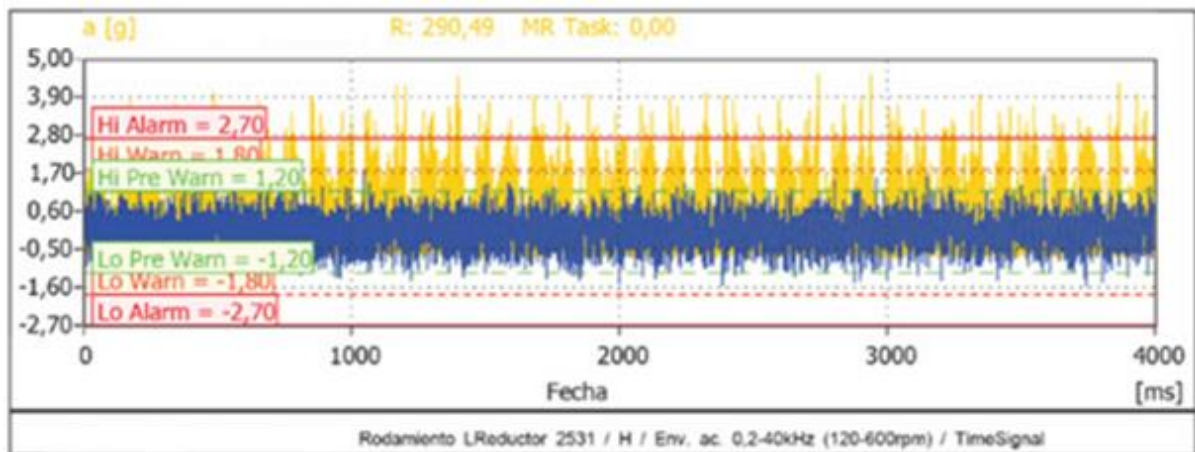


Figura N° 31. Forma de onda antes

Fuente: Elaboración propia

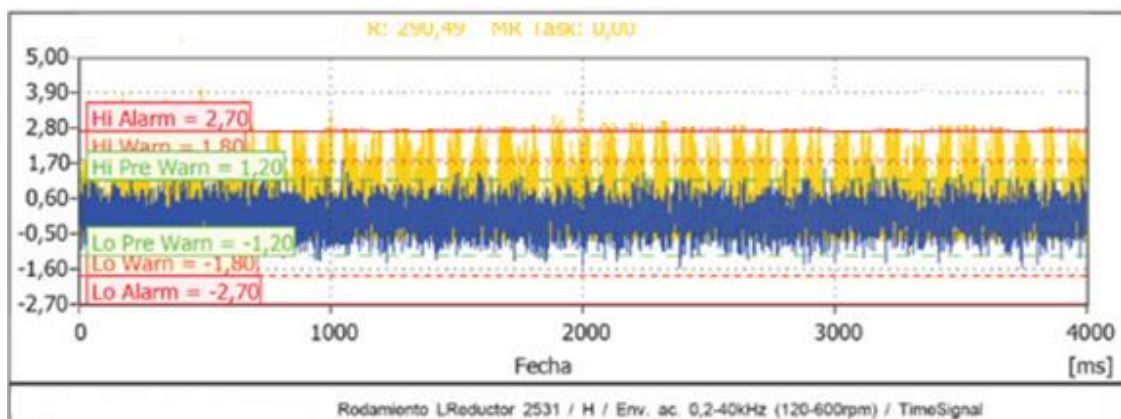


Figura N° 32. Forma de onda después

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 24 se presentan los valores globales obtenidos de medición sobre el motor-reductor-bomba respectivamente.

Tabla N° 24. Valores globales obtenidos de medición sobre el motor-reductor-bomba respectivamente.

PUNTOS DE MEDICION	VALOR GLOBAL RMS
1H	2,4
2V	2,2
2A	2.8
2H	2.6
2V	2.7
2A	3.1
3H	2.1
3V	5.3
3A	4.1
4H	7.8
4V	5.7
4A	3.2
5H	3.4
5V	3.2
5A	3.1
6H	2.9
6V	3.8
6A	4

Fuente: Elaboración propia

Se realizó cambio de acoplamiento dentado y se realizó alineamiento de equipo rotativo.

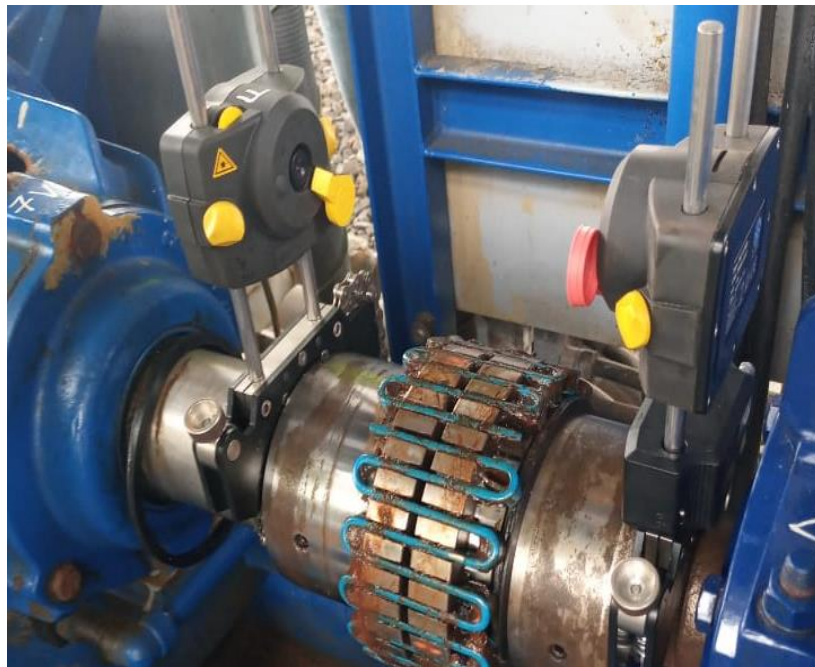
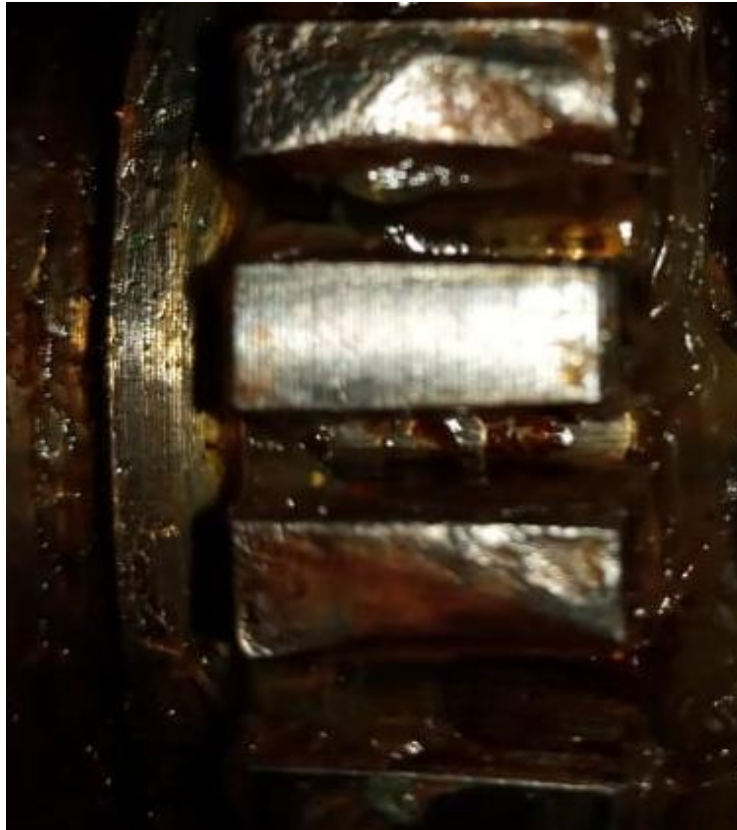


Figura N° 33. acoplamiento dentado

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25. Después del alineamiento y cambio de componentes

Puntos De Medición	Valor global rms
1H	2,4
2V	2,2
2A	2.8
2H	2.6
2V	2.7
2A	3.1
3H	2.1
3V	4.3
3A	4.1
4H	2.2
4V	2.8
4A	3.2
5H	3.4
5V	3.7
5A	3.1
6H	2.9
6V	3.2
6A	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26. Cuadro comparativo antes vs después del cambio

PUNTOS DE MEDICION	VALOR GLOBAL RMS ANTES DEL CAMBIO	VALOR GLOBAL RMS DESPUES DEL CAMBIO
1H	2,4	2,4
2V	2,2	2,2
2A	2.8	2.8
2H	2.6	2.6
2V	2.7	2.7
2A	3.1	3.1
3H	2.1	2.1
3V	5.3	4.3
3A	4.1	4.1
4H	7.8	2.2
4V	5.7	2.8
4A	3.2	3.2
5H	3.4	3.4
5V	3.2	3.7
5A	3.1	3.1
6H	2.9	2.9
6V	3.8	3.2
6A	4	4

Fuente: Elaboración propia

La figura nos muestra la tendencia de vibración en el reductor lado salida a la bomba con incremento en el lado horizontal fuera de los rangos establecidos por las normas ISO, es importante mencionar que este aumento de nivel de vibración incremento el ruido de operación del equipo, es otro índice de que el equipo estaría a punto de colapsar.

B.3.1. Procedimientos

Los Procedimientos Operativos se realizaron personal de mantenimiento del termoeléctrico Santo Domingo de los Olleros con la revisión y aprobación de jefatura de mantenimiento se realizaron procedimientos específicos teniendo en cuenta lo crítico que son estos dos sistemas que se muestran en el cuadro.

Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de refrigeración

Tabla N° 27. Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema Refrigeración

Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor- Bomba Sistema Refrigeración			
DESCRIPCION DE LA Actividad	COMIENZO	FIN	horas
Coordinación con gerencia de mantenimiento	07/06/2019	07/06/2019	4 horas
Levantamiento de información en campo	07/06/2019	07/06/2019	10 horas
Descripción actividad	08/06/2019	08/06/2019	10 horas
Revisión y aprobación por gerencia de mantenimiento y gerencia de planta	09/06/2019	09/06/2019	8 horas

Fuente: Elaboración propia

Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Reductor-Bomba Sistema de lubricación.

Tabla N° 28. Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor- Reductor-Bomba Sistema de Lubricación

Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor- Reductor-Bomba Sistema de Lubricación			
DESCRIPCION DE LA Actividad	COMIENZO	FIN	horas
Coordinación con gerencia de mantenimiento	10/06/2019	10/06/2019	4 horas
Levantamiento de información en campo	10/06/2019	11/06/2019	10 horas
Descripción actividad	12/06/2019	12/06/2019	10 horas
Revisión y aprobación por gerencia de mantenimiento y gerencia de planta	13/06/2019	13/06/2019	8 horas

Fuente: Elaboración propia

La implementación de los procedimientos contribuirá en desarrollar un trabajo más ordenado y sin improvisaciones.

Ejecución del proyecto

Se aplica el desarrollo Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en máquinas rotativas en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros

Análisis e informe

Se realiza el análisis de la toma de datos de equipo rotativo y se redacta en el software omnitrend y el software máximo.

4.1.2. Costos de implementación

Para la ejecución de Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativas en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros”

El costo de implementación asciende a S/.78000 nuevos soles. El tiempo de planificación y ejecución fueron tres meses.

En el cuadro se muestra el detalle los costos de implementación del proyecto.

Tabla N° 29. Recursos Necesarios

Descripción	Recursos necesarios								
	Equipos	Costo	Materiales	costo	Personal	Costo	Otros gastos	Costo	Costo total
Preparación del proyecto					Operario mantenimiento	7500			7500
Adquisición equipo analizador	Equipo analizador VIBXPERT II	32000	Pizarra, lapicero, plumones	50	Operario mantenimiento, Jefe de mantenimiento, gerencia general	4000	Transporte	150	36200
Plan de capacitación	Laptop, proyector	500	Pizarra, plumones, lapicero, Cuaderno.	50	Profesional Especializado	6000	Transporte	600	7150
Manual de Uso de equipo analizador	Laptop, proyector	500	Lapicero, plumones, pizarra, cuaderno	50	Profesional Especializado	6000	Transporte	600	7150
Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador	Laptop, proyector	500	Lapicero, plumones, pizarra, cuaderno	50	Profesional Especializado	6000	Transporte	600	7150
Plan de Procedimientos	PC, impresora,	500	Lapicero, plumones, pizarra, cuaderno	50	Operario mantenimiento, Jefe de mantenimiento, gerencia de planta	3000	viáticos	50	3600
Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor Bomba Sistema de refrigeración	PC, impresora,	50	Lapicero, plumones, hoja bond, cuaderno	50	Operario mantenimiento, Jefe de mantenimiento, gerencia de planta	3000	viáticos	50	3600
Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor Bomba Sistema de Lubricación	PC, impresora,	50	Lapicero, plumones, hoja bond, cuaderno	50	Operario mantenimiento, Jefe de mantenimiento, gerencia de planta	3000	viáticos	50	3600
Ejecución proyecto									
Análisis de informe	PC, impresora,	50			Operario mantenimiento, Jefe mantenimiento, gerencia planta	2000			2050

Fuente: Elaboración propia

4.2 Evaluación de la implementación.

4.2.1. Evaluación técnica de la mejora.

- Indicadores de fiabilidad de equipos rotativos

Se presenta un cuadro comparativo. Antes del proyecto en el periodo 2018 y después de la implementación del proyecto en el periodo 2019. Se monitorearon 10 equipos rotativos críticos durante 500 horas y se muestra el detalle en los siguientes cuadros:

Periodo 2018. Antes Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en máquinas rotativas en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros.

El primer equipo rotativo fallo después de 200 horas
El Segundo equipo rotativo fallo después de 400 horas
Los otro ocho equipos rotativos sin anomalías durante 500 horas de trabajo

Porcentaje de falla:

Ecuación N° 1. Porcentaje de falla (2018)

$$FR = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100$$

$$FR = 2/10 \times 100$$

$$FR = 20\%$$

Ecuación N° 2. Numero de fallas por hora de operación (2018)

Número de fallas por hora de operación:

$$FR = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Tiempo de operación}} \times 100$$

Número de falla de equipos rotativos	2 fallas
Número monitoreado de equipos rotativos	10 equipos
Tiempo que duro la prueba	500 horas
Falla del primer equipo rotativo a las	200 horas
Falla del segundo equipo rotativo a las	400 horas
Tiempo de operación	5000h (500h x 10)
FR(Failure Ratio) Indice falla	0.0004348
TMEF(tiempo medio entre fallas)	2300h/falla

Periodo 2019. Después de la Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en máquinas rotativas en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros.

El primer equipo rotativo fallo después de 400 horas
Los otro Nueve sin anomalías durante 500 horas de trabajo

Porcentaje de falla:

Ecuación N° 3. Porcentaje de falla (2019)

$$FR = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100$$

$$FR = 1/10 \times 100$$

$$FR = 10\%$$

Número de fallas por hora de operación:

Ecuación N° 4. Numero de fallas por hora de operación (2019)

FR=	Numero de fallas	x 100
	Tiempo de operación	

Número de falla de equipos rotativos	1 falla
Número monitoreado de equipos rotativos	10 equipos
Tiempo que duro la prueba	500 horas
Falla de primer equipo rotativo alas	400 horas
Tiempo de operación	5000 horas
FR(Failure Ratio)	0.0004081
TMEF(tiempo medio entre fallas)	2450 h/falla

Se monitorearon 10 equipos rotativos críticos durante 500 horas y se demuestra que hay menos paradas de planta, se ha reducido el porcentaje de falla de equipos rotativos en el periodo 2018 se obtuvo un 20% de fallas en equipos rotativos, después de la implementación del proyecto en el 2019, aplicando el análisis de vibraciones a equipos rotativos se ha reducido al 10% de falla, esperando reducir a una menor cifra en el periodo 2020, ha incrementado las horas de falla de los equipos rotativos de 2300 horas a 2450 horas el proyecto ha incrementado la fiabilidad de los equipos rotativos críticos de la central termoeléctrica Santo Domingo de los olleros.

Al incrementar la fiabilidad de los equipos, aplicando el mantenimiento Predictivo por análisis de vibraciones a equipos rotativos, la planta aumentaría su producción y por consecuente mejoraría el ingreso económico, que se demuestra en el siguiente cuadro.

Sin Proyecto

Tabla N° 30. Sin Proyecto

Enero-Diciembre 2018	Energía producida (Mwh) antes de la implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones equipos rotativos	Total en soles por MW.
Enero	47,092	2,260,416
Febrero	60,448	2,901,504
Marzo	92,815	4,455,120
Abril	36,312	1,742,976
Mayo	112,423	5,396,304
Junio	151,834	7,288,032
Julio	157,697	7,569,456
Agosto	140,225	6,730,800
Septiembre	144,395	6,930,960
Octubre	121,443	5,829,264
Noviembre	150,677	7,232,496
Diciembre	120,433	5,780,784
Total 2018	1,335,794	64,118,112

Fuente: Elaboración Propia

CON PROYECTO

Tabla N° 31. Con Proyecto

Enero-Diciembre 2019	Energía producida (MWh) antes de la implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones equipos rotativos	Total en soles por MW.
Enero	67,092	3,220,416
Febrero	70,448	3,381,504
Marzo	98,402	4,723,296
Abril	94,304	4,526,592
Mayo	116,428	5,588,544
Junio	156,632	7,518,336
Julio	162,420	7,796,160
Agosto	164,270	7,884,960
Septiembre	152,394	7,314,912
Octubre	138,344	6,640,512
Noviembre	170,771	8,197,008
Diciembre	124,201	5,961,648
Total 2019	1,515,706	72,753,888

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 32. Antes vs después (2018-2019)

Antes VS Después de la implementación	Total de Energía eléctrica producida MW. Enero diciembre 2018-2019	Total en S/ soles por MW. Enero - Diciembre
Antes de la implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones equipos rotativos 2018	1,335,794	S/ 64,118,112
Después de la implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones equipos rotativos 2019	1,515,706	S/ 72,753,888
Total	179,912.00	S/ 8,635.776

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos visualizar en los cuadros mostrados se puede apreciar que en el año 2019 después de la implementación de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos, en la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros, mejoró la producción de energía eléctrica en 179,912 MW. Y un incremento de S/ 8,635.776 soles.

4.2.2 Evaluación económica financiera.

En este capítulo se analiza desde el punto de vista económico la viabilidad de la implementación del proyecto.

Para poder determinar los ahorros a generarse con la implementación del proyecto.

Tabla N° 33. Implementación del proyecto

A) INGRESOS ADICIONALES CON EL PROYECTO		Costo soles
AHORROS GENERADOS		
Multas por entidad estado OEFA(1 UIT normativo ambiental)		4,300
Penalidad por dejar de generar electricidad por entidad Osinerming 10 UIT		43,000
Cambio de equipo rotativo y/o repuestos		20,000
Menor costo de mantenimiento(Mano de obra)		4,000
Menor uso de materiales y/o insumos		400
Perdidas de producción por dejar de generar electricidad por 1 hora S/.48.0 (precio variable) planta genera 300 MW Xh		14,400
SUMA TOTAL SOLES AHORROS GENERADOS		86,100
INCREMENTO DE PRODUCCION		
Mayor oportunidad de contrato con clientes libres 10.94 MW/H		12,602
Mayor producción electricidad 600 MW en un mes		28,800
SUMA TOTAL SOLES AHORROS GENERADOS		41,402
TOTAL		127,502

COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES		Costo soles
SIN PROYECTO		
Costo materia prima		90,000
Costo mano obra (servicio especializado)		12,000
Gastos generales		2000
Costo de producción		202,000
Administración y ventas		70,000
COSTO TOTAL		376,000
CON PROYECTO		
Costo materia prima(Gas)		50,000
Costo mano obra directa		4000
Gastos generales		2000
Costo de producción		202,000
Administración y ventas		70,000
COSTO TOTAL		328,000
INCREMENTAL (SIN PROYECTO- CON PROYECTO)		-48,000

INVERSION	COSTO
PREPARACION E INPLEMENTACION DEL PROYECTO	s/.78000

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el cuadro de flujo de Caja Incremental.

Tabla N° 34. Flujo de Caja Incremental

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS ADICIONALES		127,502	130,052	132,653	135,306	138,012
EGRESOS OPERACIONALES(INCREMENTAL)		-48,000	-48,000	-48,000	-48,000	-48,000
INVERSION	S/. 78,000					
FLUJO DE CAJA INCREMENTAL	-78,000	175,502	178,052	180,653	183,306	186,012

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra los indicadores de rentabilidad el cual se trabajó con un 15% de WACC.

VAN 15% WACC	681,312
TIR	226%

B/C	BENEFICIO	S/ 603,312	
	COSTO	78,000	
B/C		S/ 7.73	7.73 Ingresos por 1.0 de inversión

PB

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FLUJO CAJA ACTUALIZADA(TRAER TODO AL AÑO 0)	-78,000	152,610	134,633	118,782	104,806	140,652
FLUJO ACUMULADO		74,610.43				

EN 12 MESES	152,610.43
EN X MESES	78,000
X	6.13

PB

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION 6.13 MESES

Como podemos observar los indicadores de rentabilidad son números bastante alentadores con un VAN = S/ 681,312, TIR = 226% superior al WACC, B/C= S/ 7.73 y con un retorno de la inversión= 6.13 meses., los cuales generan grandes expectativas para la empresa. En ese sentido se recomienda el proyecto por tener una gran rentabilidad.

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general, se ha logrado una reducción de la parada de los equipos rotativos críticos de un 20% a un 10%, se ha logrado una mejora en el tiempo de disponibilidad de los equipos rotativos, esta mejora se puede constatar teniendo en cuenta el tiempo medio de falla que tenemos actualmente luego de la mejora pasando de 2300 horas a 2450 horas entre fallas. Lo cual generó un ingreso de S/ 8,635.776 mil soles en el periodo 2019 con respecto al periodo 2018. Se logró disminuir las potenciales fallas en equipos rotativos críticos en la Central Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.

Del primer objetivo específico. Realizar el diagnóstico situacional de los equipos rotativos críticos y su impacto técnico económico. Se realizó un levantamiento de la situación actual de los equipos rotativos críticos, enfocándose el esfuerzo en motores, bombas, ventiladores de lo cual se eligió 10 equipos rotativos siendo esto los más críticos.

Del segundo objetivo específico. Diseñar el plan de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos en la planta termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros. Se realizó dos planes de capacitación y un plan de procedimiento personal.

Se realizó dos capacitaciones con los siguientes temas:

Manual de uso de equipo analizador

- Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador.

Se elaboró dos procedimientos operativos específicos relacionados a:

- Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de refrigeración.

- Toma de datos de vibración de equipos rotativos Motor-Bomba Sistema de Lubricación.

Del tercer objetivo específico. Realizar la implementación del mantenimiento predictivo basado en análisis vibraciones en equipos rotativos críticos en la central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros. Se logró un reducción de la parada de los equipos rotativos criticos de un 20% a un 10%. Los indicadores de rentabilidad son alentadores con un VAN = S/ 681,312, TIR = 226% superior al WACC, B/C= S/ 7.73 y con un retorno de la inversión= 6.13 meses.

RECOMENDACIONES

1. Así como se trabaja en el mantenimiento predictivo a los equipos rotativos críticos por análisis de vibraciones, se recomienda una siguiente investigación al mantenimiento predictivo por termografía, ya que estos complementan al mantenimiento predictivo de equipos rotativos por análisis de vibraciones las cuales son una parte muy crítica en el desarrollo del proceso para la planta Termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros.
2. Se recomienda elaborar y cumplir el mantenimiento preventivo en especial el registro absoluto de todas las anomalías de los equipos rotativos críticos para poder llevar correctamente el estado de los equipos y proyectar de manera óptima las intervenciones del personal de mantenimiento.
3. Es muy importante la aplicación de las recomendaciones de la Normas Iso 10816 en las tareas del personal de mantenimiento por ello se recomienda seguir la guía de indicaciones que esta norma establece, por eso se recomienda que en la empresa Santo Domingo de los Olleros se cumpla y se siga los lineamientos que la norma establece.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alegre, C. (2019). Memoria Anual Termochilca 2018. Consultado el 17 de octubre del 2020.

Disponible en:

<http://mail.bursen.com.pe/eeff/L00443/20190401120902/MEL004432018AIA01.PDF>

Álvarez, E. (2006). Problemática de las mediciones de vibraciones a bordo. Consultado el 17 de octubre del 2020.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmficia473p/doc/bmficia473p.pdf>.

AVALLONE E.; T.BAUMMEISSTER. Manual del ingeniero mecanico-MMARKSS.Novena edición.Mc GrawHill. México DF, México 1995.

Barboza, A. (2013). Sistema de detección de fallas para una bomba centrifuga. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4783/BARBOZA_ANDERSON_SISTEMA_FALLAS_BOMBA_CENTRIFUGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

en transmisiones planetarias. Consultado el 17 de octubre del 2020.

http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2172/3/Tesis_Caracterizacion_de_sintomas.pdf

Gonzalez, R. (2015). “Implementación del mantenimiento predictivo basado en análisis de vibracion. Consultado el 17 de octubre del 2020.

<http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/4345/2/TESIS.IM009G36.pdf>

Gutiérrez, D., & Serna, E. (2014). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de. obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: Consultado el 17 de octubre del 2020.

Disponible en:

- <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5624/621317G984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- JAIRALA, D. (2015). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5155/1/T-UCE-0011-78.pdf>.
- Marín, E. P. (2014). La medición y el análisis de vibraciones en el diagnóstico de máquinas rotatorias. Cuba: CEIM - Innovación y Mantenimiento.
- MEM. (18 de 12 de 2018). Vibraciones en máquinas. Mantenimiento predictivo. Obtenido de IMEM: http://www.imem.unavarra.es/EMyV/pdfdoc/vib/vib_predictivo.pdf
- Montero, D., & Narváez, J. (5 de enero de 2015). “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA. Obtenido de tesis Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4205/1/25T00258.pdf>
- Moreno - García et al. (2014). Diseño de un sistema de análisis temporal y espectral para detectar fallas por vibración en motores eléctricos. Santander: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Osinermin. (2018). Central termoeléctrica santo domingo de los olleros. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en: https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.4.3.pdf
- Parra, J. (2016). Caracterización de síntomas vibratorios producidos por fallas
- Patronos AEC. (s.f.). Impulsamos una calidad abierta, transformadora y líder. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- PRUFTECHNIK. Gelding Started Omnitrend Alemania2008.

RENOVEc. (2013). Mantenimiento predictivo. Consultado el 17 de octubre del 2020.

Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/19-mantenimiento-predictivo>

Rojas, H. (2018). Reducción de fallas en bombas centrífugas mediante técnicas predictivas -

Planta Gold Mill – Yanacocha. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25926/Rojas_VHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, A. (2017). Técnicas de mantenimiento predictivo. metodología de aplicación en las

organizaciones. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/T%C3%89CNICAS%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREDICTIVO.%20METODOLOGIA%20DE%20APLICACION%20EN%20LAS%20ORGANIZACIONES.pdf>

SENATI. (2007). Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Consultado el 17 de

octubre del 2020. Disponible en:

http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad02/CONTENIDO_TEMATICO_U2_PLATAFORMA_M2.pdf

SOFWARE. Guía del usuario MAXIMO.U.S.A 2018.

Solar, G. (2014). Análisis de vibraciones para el mantenimiento predictivo. Consultado el 17

de octubre del 2020. Disponible en: [http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1481-](http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1481-analisis-vibraciones-mantenimiento-predictivo.aspx)

[analisis-vibraciones-mantenimiento-predictivo.aspx](http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1481-analisis-vibraciones-mantenimiento-predictivo.aspx)

Studylib. (2014). Medición, instrumentación y sitios de medición. Consultado el 17 de octubre

del 2020. Disponible en: [https://studylib.es/doc/8011314/medici%C3%B3n--](https://studylib.es/doc/8011314/medici%C3%B3n--instrumentaci%C3%B3n-y-sitios-de-medici%C3%B3n)

[instrumentaci%C3%B3n-y-sitios-de-medici%C3%B3n](https://studylib.es/doc/8011314/medici%C3%B3n--instrumentaci%C3%B3n-y-sitios-de-medici%C3%B3n)

TAVARES, L. Administración Moderna de mantenimiento. Edit:NAT.1999.

Termochilca. (s.f.). CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS - CICLO

SIMPLE. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible en:

<http://www.termochilca.com/la-planta/>

Termochilca, (2018). FUNDAMENTO DE CLASIFICACIÓN DE RIESGO. Consultado el 17

de octubre del 2020. Disponible en: <http://www.classrating.com/informes/termo2.pdf>

White, G. (2015). Introducción al Análisis de Vibraciones. 300 TradeCenter, Suite 4610,

Woburn, MA 01801 U.S.A: AzimaDLI.

Zapata, A. (2017). Proyecto de un procedimiento de diagnóstico de fallas por análisis

vibracional en bombas y ventiladores. Consultado el 17 de octubre del 2020. Disponible

en

[http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6355/MCzaf1ba.pdf?sequence=](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6355/MCzaf1ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[1&isAllowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6355/MCzaf1ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Nombre y apellidos del experto:

Jimmy Oscar Salinas Torres

1.2 Cargo e institución donde labora el experto:

Supervisor Mantenimiento Mecánico (Empresa Termochilca SA)

1.3 Título / grados: Licenciado () Ingeniero () Magíster (X) Doctor () Ph.D. ()

1.4 Nombre del instrumento: Documento acompañamiento Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos rotativos críticos en la central termoeléctrica santo domingo de los olleros.

-Plan de capacitación

-Plan de Procedimiento

1.5 Autor del instrumento: Yerson Ruben Miranda Salinas

1.6 Especialidad: Ingeniero mecánico

1.7. Años de experiencia: 15 años

1.8 Título de la Tesis: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN MAQUINAS ROTATIVAS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS**”

1.9. El instrumento de medición pertenece a la variable: Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en máquinas rotativas

II. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN.

N°	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El Indicador de medición y/o Instrumento de recopilación de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		

6	¿La redacción de los ítems tiene un sentido coherente?	X		
7	¿Cada uno de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles los ítems del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?			
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Total				

III. SUGERENCIAS.


.....

.....

.....

Fecha: ...23 Septiembre del 2020

Firma del experto:



JIMMY OSCAR TORRES
SALINAS
2020.10.18 12:38:50
-05'00'

Lic./Ing./Mag./Dr./Ph.D.

PLAN DE CAPACITACION

Manual de Uso de equipo analizador

El plan de capacitación se realizó en las instalaciones de la central termoeléctrica Santo Domingo de los olleros por un especialista en análisis de vibraciones se desarrolló los siguiente temas que se muestra en el siguiente cuadro.

MANUAL USO EQUIPO ANALIZADOR			
DESCRIPCION DE LA CAPACITACION	COMIENZO	FIN	horas
Reconocimiento de partes y componentes del equipo VIBXPERT II	12/05/2019	12/05/2019	8horas
Registro de datos Y crear rutas de archivo	13/05/2019	13/05/2019	8horas
Toma de datos simulando con maqueta motor-bomba	14/05/2020	15/05/2019	16 horas

Guía de toma de datos en campo con el equipo analizador

La capacitación se realizó en las instalaciones de la termoeléctrica Santo Domingo de los olleros por un especialista en análisis de vibraciones se desarrolló los siguiente temas que se muestra en el siguiente cuadro.


GUIA DE TOMA DE DATOS EN CAMPO CON EL EQUIPO ANALIZADOR			
DESCRIPCION DE LA CAPACITACION	COMIENZO	FIN	horas
CREAR RUTA DETRABAJO	16/05/2019	20/05/2019	20 horas
RECONOCIMIENTOS PUNTOS DE MEDICION	21/05/2019	24/05/2020	16 horas
TOMA DE DATOS DE VIBRACION EN EQUIPOS ROTATIVOS	25/05/2019	27/05/2019	12 horas
DESCARGAR INFORMMACION EN EL SOFWARE OMMNITREND	28/05/2019	31/05/2019	16 horas

Se realizó un examen de conocimiento teórico. Como uso de equipo analizador y recolección de datos. Estamos seguros que las actividades de Capacitación programados en el presente cumplirán con los objetivos establecidos en el Plan.

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 1 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema refrigeración.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

**TOMA DE DATOS DE VIBRACIÓN DE EQUIPOS
ROTATIVOS MOTOR-BOMBA SISTEMA DE
REFRIGERACION.**

ELABORADO POR: Yerson Miranda Salinas

Fecha de aprobación:	Revisado por: Ing. de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Mantenimiento
22 / 04 / 2019	Jimmy Torres 	Javier Sosa.

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 2 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema refrigeración.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

1. OBJETIVO

El objetivo del presente procedimiento es presentar la forma de determinar y evaluar el nivel de vibración de Motor-Bomba de sistema refrigeración de diversos componentes de la turbina. Ya que son equipos rotativos críticos si no se le da la atención adecuada podría sacar fuera de servicio la planta de generación eléctrica. Las vibraciones existentes en un equipo rotativo nos permitan tener los criterios necesarios para realizar un diagnóstico del problema, y en base a él tomar las acciones correctivas del caso.

2. ALCANCE

Este control es aplicable a equipos rotativos de la Central Termoeléctrica Santo Domingo de los olleros

3. RESPONSABILIDAD

- La ejecución del trabajo estará a cargo del técnico encargado realizar la toma de parámetros de vibración en la Central termoeléctrica.
- La evaluación de resultados y la comunicación al Área de Mantenimiento, será responsabilidad del Supervisor de mantenimiento, quien deberá coordinar con jefatura por si se encuentra alguna observación para poder programar un mantenimiento correctivo.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Personal, materiales e instrumentos

4.1.1. Personal


- 01 mantenedor Mecanico de la Central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros con experiencia en estos controles.

4.1.2. Equipos y herramientas

- Instrumento Vibxpert II

4.1.3. Materiales y repuestos

- 1/2 Kg de trapo industrial.

Fecha de aprobación:	Revisado por: Ing. de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Mantenimiento
22 / 04 / 2019	Jimmy Torres 	Javier Sosa.

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 3 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema refrigeración.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

4.2. Condiciones técnicas, seguridad y medio ambiente


- Trabajar con permiso de trabajo y llenar hoja de ATS.
- La persona que realiza la medición debe tomar las precauciones necesarias para que se encuentre con buena estabilidad en el momento de ubicar el instrumento sobre la máquina. Puede suceder que resbale o se ladee haciendo contacto con el eje que está girando

4.2.1. Pruebas y resultados

- Los valores medidos quedan registrados en el equipo vibxpert II para su posterior análisis, donde también figuran los niveles de alarma y peligro establecidos en base a los antecedentes históricos de los cojinetes.

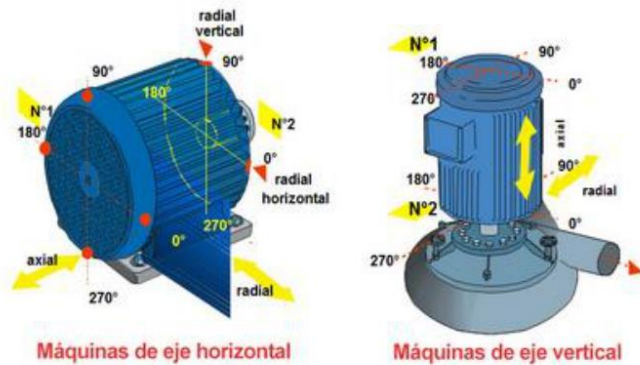
Nota:

- Es muy importante la aplicación de las recomendaciones de la Normas Iso 10816 en las tareas del personal de mantenimiento por ello se recomienda seguir la guía de indicaciones que esta norma establece, por eso se recomienda que en la empresa Santo Domingo de los Olleros se cumpla y se siga los lineamientos que la norma establece.
- Guardar todos los registros de toma de parámetros de vibración en carpeta correspondiente para su posterior análisis.
 - Evaluar el resultado con los siguientes criterios:
 - Si el valor de vibración está por debajo del nivel de alarma, no hay problema.
 - Si el valor de vibración supera el nivel de alarma y se ha incrementado en forma brusca respecto a los controles anteriores, se debe hacer un seguimiento permanente a la vibración.
 - Si la vibración supera el nivel de alarma pero ha llegado a él en forma gradual, hay que apoyarse en un análisis vibracional para determinar la causa y tomar las acciones correspondientes en el momento oportuno, antes de llegar al nivel de peligro.


Fecha de aprobación:	Revisado por: Ing. de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Mantenimiento
22 / 04 / 2019	Jimmy Torres 	Javier Sosa.

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 4 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema refrigeración.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

4.5 Registro fotográfico



Puntos de medida de vibración Motor-Bomba


Fecha de aprobación:	Revisado por: Ing. de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Mantenimiento
22 / 04 / 2019	Jimmy Torres 	Javier Sosa.

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS THERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 1 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema Lubricacion.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

**TOMA DE DATOS DE VIBRACIÓN DE EQUIPOS
ROTATIVOS MOTOR-BOMBA SISTEMA DE
LUBRICACION.**

ELABORADO POR: Yerson Miranda Salinas

Fecha de aprobación:	Revisado por: Jefe de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Planta
22 / 04 / 2019	Javier Sosa.	Eduardo Sanes

 TERMOCILCA	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 2 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema Lubricacion.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

1. OBJETIVO

El objetivo del presente procedimiento es presentar la forma de determinar y evaluar el nivel de vibración de Motor-Bomba de sistema refrigeración de diversos componentes de la turbina. Ya que son equipos rotativos críticos si no se le da la atención adecuada podría sacar fuera de servicio la planta de generación eléctrica. Las vibraciones existentes en un equipo rotativo nos permitan tener los criterios necesarios para realizar un diagnóstico del problema, y en base a él tomar las acciones correctivas del caso.

2. ALCANCE

Este control es aplicable a equipos rotativos de la Central Termoeléctrica Santo Domingo de los olleros

3. RESPONSABILIDAD

- La ejecución del trabajo estará a cargo del técnico encargado realizar la toma de parámetros de vibración en la Central termoeléctrica.
- La evaluación de resultados y la comunicación al Área de Mantenimiento, será responsabilidad del Supervisor de mantenimiento, quien deberá coordinar con jefatura por si se encuentra alguna observación para poder programar un mantenimiento correctivo.

4. PROCEDIMIENTO


4.1. Personal, materiales e instrumentos

4.1.1. Personal

- 01 mantenedor Mecanico de la Central termoeléctrica Santo Domingo de los Olleros con experiencia en estos controles.

4.1.2. Equipos y herramientas

Fecha de aprobación:	Revisado por: Jefe de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Planta
22 / 04 / 2019	Javier Sosa.	Eduardo Sanes

 TERCOCILCA	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 3 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema Lubricacion.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

4.2. Condiciones técnicas, seguridad y medio ambiente

- Trabajar con permiso de trabajo y llenar hoja de ATS.
- La persona que realiza la medición debe tomar las precauciones necesarias para que se encuentre con buena estabilidad en el momento de ubicar el instrumento sobre la máquina. Puede suceder que resbale o se ladee haciendo contacto con el eje que está girando


4.2.1. Pruebas y resultados

- Los valores medidos quedan registrados en el equipo vibxpert II para su posterior análisis, donde también figuran los niveles de alarma y peligro establecidos en base a los antecedentes históricos de los cojinetes.

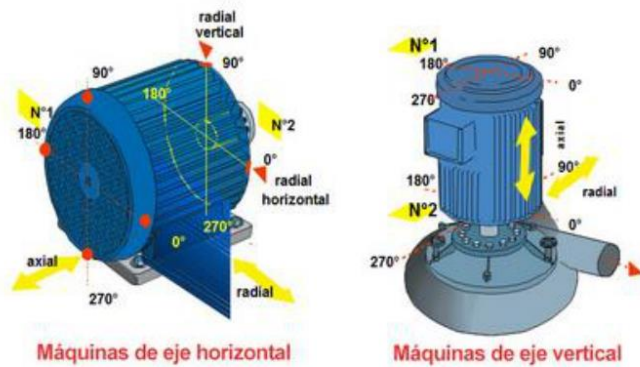
Nota:

- Es muy importante la aplicación de las recomendaciones de la Normas Iso 10816 en las tareas del personal de mantenimiento por ello se recomienda seguir la guía de indicaciones que esta norma establece, por eso se recomienda que en la empresa Santo Domingo de los Olleros se cumpla y se siga los lineamientos que la norma establece.
- Guardar todos los registros de toma de parámetros de vibración en carpeta correspondiente para su posterior análisis.
 - Evaluar el resultado con los siguientes criterios:
 - Si el valor de vibración está por debajo del nivel de alarma, no hay problema.
 - Si el valor de vibración supera el nivel de alarma y se ha incrementado en forma brusca respecto a los controles anteriores, se debe hacer un seguimiento permanente a la vibración.
 - Si la vibración supera el nivel de alarma pero ha llegado a él en forma gradual, hay que apoyarse en un análisis vibracional para determinar la causa y tomar las acciones correspondientes en el momento oportuno, antes de llegar al nivel de peligro.

Fecha de aprobación:	Revisado por: Jefe de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Planta
22 / 04 / 2019	Javier Sosa.	Eduardo Sanes

	CENTRAL TÉRMICA SANTO DOMINGO DE OLLEROS TERMOCHILCA	Revisión:	00
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Página 4 de 4	
	Toma de datos de vibración de equipos rotativos críticos motor-bomba sistema Lubricacion.	Elaborado:	Y.MIRANDA
		P.TCH.MEC-C.C – 001	

4.5 Registro fotográfico



Puntos de medida de vibración Motor-Bomba

Fecha de aprobación:	Revisado por: Jefe de Mantenimiento	Aprobado por: Jefe de Planta
22 / 04 / 2019	Javier Sosa.	Eduardo Sanes