



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN PARA EL PUENTE GRÚA DEL
TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
ESPOCH MEDIANTE EL MÉTODO DE DIAGNÓSTICO
TÉCNICO”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTORES: FREDDY JAVIER ESCOBAR BAUTISTA
DAMIÁN ALEXANDER ZAMORA PAUCAR

DIRECTOR: Ing. EDUARDO SEGUNDO HERNÁNDEZ DÁVILA

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Freddy Javier Escobar Bautista; & Damian Alexander Zamora Paucar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Freddy Javier Escobar Bautista y Damian Alexander Zamora Paucar, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de diciembre del 2020



Freddy Javier Escobar Bautista

C.C. 080326523-7



Damian Alexander Zamora Paucar

C.C. 180479306-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Técnica, **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN PARA EL PUENTE GRÚA DEL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA ESPOCH MEDIANTE EL MÉTODO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO** , realizado por los señores: **FREDDY JAVIER ESCOBAR BAUTISTA** y **DAMIAN ALEXANDER ZAMORA PAUCAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Antonio Granizo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JOSE ANTONIO	2020/12/11
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: EDUARDO SEGUNDO HERNANDEZ DAVILA	2020/12/11
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos MIEMBRO DE TRIBUNAL	MARCO HERIBERTO SANTILLAN GALLEGOS  Firmado digitalmente por MARCO HERIBERTO SANTILLAN GALLEGOS Fecha: 2021.02.23 14:34:23 -05'00'	2020/12/11

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, Martha Bautista y Eduardo Escobar, a mi pareja sentimental Ana Zambrano y a mi hija Valery Escobar que han sido la inspiración y apoyo para mantenerme firme hasta el final, hermanos y amigos de que alguna forma contribuyeron directa o indirectamente en mi proceso de formación profesional.

Freddy

El presente trabajo de titulación, dedico especialmente a mis padres Milton Zamora y Maricela Paucar, que me han apoyado continuamente a lo largo de mi vida estudiantil, a mi hijo que es el lucero que guía mi vida para tener algo por quien luchar, a mis familiares y amigos que han estado a lo largo de mi vida viéndome crecer en mi formación profesional.

Damián

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser el dador de vida y permitir que esto sea posible; A la ESPOCH, templo del bien y del saber por a verme permitido forjar una carrera profesional, a mi querida e inolvidable escuela de Ingeniería en Mantenimiento, docentes y colaboradores de la misma por todos los conocimientos, valores y principios impartidos ; así mismo agradezco a los señores docentes: Ing. Eduardo Hernández e Ing. Marco Santillán, director y miembro respectivamente, por su acertada orientación en la realización del trabajo de titulación previo a la obtención de título como Ingeniero de Mantenimiento.

Freddy

Agradezco especialmente a mis padres ya que cada día con su esfuerzo y trabajo han sabido sacarme adelante para poder triunfar; A mis amigos por compartir todos estos años juntos dentro de los salones de clase; A la ESPOCH por abrirme las puertas y poder estudiar en esta prestigiosa institución, así mismo agradezco a los docentes de todos los semestres que me impartieron conocimiento en especial al Ing. Eduardo Hernández e Ing. Marco Santillán por su aporte en el trabajo de titulación.

Damián

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xx

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación y actualidad	1
1.3	Planteamiento del problema	2
1.4	Objetivos	3
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1	Descripción del puente grúa	4
2.2	Tipos de puentes grúas	4
2.2.1	<i>Puentes de accionamiento manual</i>	5
2.2.2	<i>Puentes grúas de accionamiento eléctrico</i>	5
2.2.2.1	<i>Puente grúa monoviga</i>	5
2.2.2.2	<i>Puente grúa de doble viga</i>	6
2.3	Sistemas que componen al puente grúa	7
2.3.1	<i>Sistema eléctrico</i>	7
2.3.2	<i>Sistema mecánico</i>	7
2.4	Técnicas para el análisis de la condición	7
2.4.1	<i>Inspección visual, acústica y al tacto de componentes</i>	7
2.4.2	<i>Termografía</i>	8
2.4.2.1	<i>Temperatura y calor</i>	8

2.4.2.2	<i>Espectro electromagnético</i>	9
2.4.2.3	<i>Emisividad</i>	10
2.4.2.4	<i>Cuerpo negro</i>	10
2.4.2.5	<i>Cuerpo gris</i>	10
2.4.2.6	<i>Cuerpos reales</i>	10
2.4.2.7	<i>Aplicación de la termografía</i>	11
2.4.2.8	<i>Sistemas mecánicos</i>	11
2.4.2.9	<i>Equipos termográficos</i>	12
2.4.2.10	<i>Termograma</i>	12
2.4.2.11	<i>Características para operar el equipo</i>	12
2.4.2.12	<i>Enfoque</i>	13
2.4.2.13	<i>Perspectiva y composición</i>	13
2.4.2.14	<i>Rango</i>	13
2.4.2.15	<i>Spam térmico</i>	13
2.4.2.16	<i>Nivel térmico</i>	13
2.4.2.17	<i>Ángulo de visión</i>	13
2.4.2.18	<i>Resolución</i>	14
2.4.2.19	<i>Resolución espacial</i>	14
2.4.2.20	<i>Campo de visión instantáneo (IFOV)</i>	14
2.4.2.21	<i>Resolución de medición</i>	14
2.4.2.22	<i>Distancia</i>	14
2.4.2.23	<i>Enfoque</i>	15
2.4.2.24	<i>Condiciones ambientales</i>	15
2.4.2.25	<i>Documento NETA MTS:2011</i>	15
2.4.3	<i>Análisis de vibraciones</i>	16
2.4.3.1	<i>Vibración simple</i>	17
2.4.3.2	<i>Vibración compuesta</i>	17
2.4.3.3	<i>Frecuencia</i>	17
2.4.3.4	<i>Frecuencia natural</i>	17
2.4.3.5	<i>Resonancia</i>	17
2.4.3.6	<i>Espectro</i>	17
2.4.3.7	<i>Desplazamiento</i>	18
2.4.3.8	<i>Velocidad</i>	18
2.4.3.9	<i>Aceleración</i>	18
2.4.3.10	<i>Amplitud</i>	18
2.4.3.11	<i>Niveles de vibración</i>	18

2.4.3.12	<i>Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración</i>	19
2.4.3.13	<i>Norma ISO 20186</i>	19
2.4.3.14	<i>Zonas de evaluación</i>	20
2.4.3.15	<i>Fallas de rodamientos</i>	21
2.4.4	<i>Alineación Laser de poleas</i>	23
2.4.4.1	<i>Alineador</i>	23
2.4.4.2	<i>Poleas</i>	24
2.4.4.3	<i>Bandas trapezoidales o V</i>	24
2.4.4.4	<i>Tipos de desalineación en poleas</i>	25
2.4.4.5	<i>Ventajas de una correcta alineación</i>	25
2.5	Seguridad.	26
2.5.1	<i>Norma ISO 45001</i>	26
2.5.1.1	<i>Trabajos en altura</i>	26
2.6	Elaboración de frecuencias para tareas según RCM	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1	Descripción del puente grúa	28
3.1.1	<i>Ubicación del Puente grúa</i>	28
3.1.2	<i>Características del puente grúa</i>	29
3.2	Identificación de equipos y componentes del puente grúa.	31
3.2.1	<i>Componentes mecánicos</i>	32
3.2.1.1	<i>Movimiento transversal</i>	32
3.2.1.2	<i>Movimiento horizontal</i>	32
3.2.2	<i>Componentes eléctricos</i>	33
3.2.2.1	<i>Motor-reductor movimiento transversal</i>	33
3.2.2.2	<i>Motor-reductor movimiento horizontal</i>	34
3.2.2.3	<i>Contactores</i>	35
3.2.2.4	<i>Finales de carrera</i>	36
3.2.2.5	<i>Conductores</i>	36
3.3	Selección de equipos y programación de softwares para diagnóstico técnico. 37	
3.3.1	<i>Análisis vibracional</i>	37
3.3.1.1	<i>Analizador de vibraciones VIBRA CHECK</i>	37
3.3.1.2	<i>Software MAINTraQ Predictive</i>	37
3.3.2	<i>Análisis termográfico</i>	38

3.3.2.1	<i>Cámara termográfica SATIR</i>	38
3.3.2.2	<i>Anemómetro EXTECH</i>	39
3.3.2.3	<i>Software para análisis termográfico SATIR Report</i>	39
3.3.3	<i>Alineador láser</i>	40
3.4	Análisis de la condición	41
3.4.1	<i>Componentes mecánicos</i>	41
3.4.1.1	<i>Análisis de la condición de la rueda conductora # 2</i>	41
3.4.1.2	<i>Análisis de la rueda conducida #2</i>	42
3.4.1.3	<i>Análisis de la condición del eje de transmisión de movimiento transversal</i>	43
3.4.1.4	<i>Análisis de condición del motor-reductor carro horizontal</i>	44
3.4.1.5	<i>Análisis de condición del motor-reductor del carro transversal</i>	46
3.4.1.6	<i>Análisis de la condición del sistema de transmisión carro horizontal</i>	54
3.4.1.7	<i>Análisis de la condición del sistema de transmisión carro transversal</i>	55
3.4.1.8	<i>Análisis de la condición de chumaceras</i>	56
3.4.2	<i>Sistema eléctrico</i>	57
3.4.2.1	<i>Análisis de la condición de la botonera</i>	57
3.4.2.2	<i>Análisis de la condición contactor #1 del motor-reductor carro horizontal</i>	58
3.4.2.3	<i>Análisis de la condición contactor #2 del motor-reductor carro horizontal</i>	60
3.4.2.4	<i>Análisis de la condición contactor #1 del motor-reductor carro transversal</i>	61
3.4.2.5	<i>Análisis de la condición contactor #2 del motor-reductor carro transversal</i>	63
3.4.2.6	<i>Análisis de la condición del gabinete de los contactores</i>	65
3.4.2.7	<i>Análisis de la condición del sistema de recogimiento de cables</i>	66
3.4.2.8	<i>Análisis de la condición de finales de carrera</i>	68
3.5	Análisis del estado general del puente grúa	69

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1	Talento humano	72
4.2	Cronograma	72
4.3	Presupuesto	74
4.4	Elaboración de frecuencias de inspección termográficas, vibracionales y alineador láser	76
4.4.1	<i>Elaboración de frecuencias</i>	76
4.4.1.1	<i>Precauciones</i>	77
	CONCLUSIONES	78

RECOMENDACIONES..... 79

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2.- Aplicación de la termografía en instalaciones eléctricas.	11
Tabla 2-2.- Acciones sugeridas basadas en el aumento de temperatura según NETA MTS:2011	16
Tabla 3-2.- Aplicación de la termografía en instalaciones mecánicas.	18
Tabla 4-2.- Rango de valores típicos para los límites de la zona A / B, B / C y C / D	19
Tabla 1-3.- Dimensiones del puente grúa.....	31
Tabla 2-3.- Dimensiones de los principales elementos constitutivos.....	31
Tabla 3-3.- Elementos eléctricos del puente grúa.	31
Tabla 4-3.- Parámetros eléctricos de los contactores.	36
Tabla 5-3.- Modos de falla de la Rueda Conductora #2.....	41
Tabla 6-3.- Descripción de los modos de falla de la Rueda Conductora #2.	42
Tabla 7-3.- Modos de falla de la Rueda Conducida #2.....	43
Tabla 8-3.- Descripción de los modos de falla de la rueda conducida #2.	43
Tabla 9-3.- Modos de falla del eje de transmisión de movimiento transversal.	44
Tabla 10-3.- Descripción de los modos de falla del eje de transmisión de movimiento transversal.	44
Tabla 11-3.- Modos de fallas de motor-reductor carro horizontal.	44
Tabla 12-3.- Descripción de los modos de fallas de motor-reductor carro horizontal.	45
Tabla 13-3.- Modos de fallas del motor-reductor carro transversal.	46
Tabla 14-3.- Análisis de vibraciones del rodamiento lado libre del motor – LV1	46
Tabla 15-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado libre del motor – LH1	47
Tabla 16-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado del acople del motor – LV2	48
Tabla 17-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del motor – LH2	49
Tabla 18-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del motor – LA2	50
Tabla 19-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor- LV3	51
Tabla 20-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor-LH3	52
Tabla 21-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor-LA3	53
Tabla 22-3.- Modos de fallas del sistema de transmisión carro horizontal.	55
Tabla 23-3.- Descripción de los modos de fallas del sistema de transmisión carro horizontal. .	55
Tabla 24-3.- Modos de fallas del sistema de transmisión carro transversal.	56
Tabla 25-3.- Descripción de los modos de fallas del sistema de transmisión carro transversal.	56
Tabla 26-3.- Modos de fallas de las chumaceras.....	57
Tabla 27-3.- Modos de fallas de la botonera.....	58

Tabla 28-3.- Descripción de los modos de fallas de la botonera.....	58
Tabla 29-3.- Modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.....	58
Tabla 30-3.- Descripción de modos de fallas del contactor #1 del carro horizontal.	59
Tabla 31-3.- Características del termograma contactor #1 del carro horizontal.	59
Tabla 32-3.- Modos de fallas del contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.....	60
Tabla 33-3.- Descripción de modos de fallos del contactor #2 del carro horizontal.....	60
Tabla 34-3.- Características del termograma del contactor #02 del motor de movimiento	61
Tabla 35-3.- Modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro transversal.	62
Tabla 36-3.- Descripción de modos de fallas del contactor #1 del carro transversal	62
Tabla 37-3.- Características del termograma del contactor #01 del motor de movimiento	63
Tabla 38-3.- Modos de fallas de contactor #2 del motor-reductor carro transversal.	64
Tabla 39-3.- Descripción de modos de fallas de contactor #2 del carro transversal.	64
Tabla 40-3.- Características del termograma del contactor #01 del motor de movimiento	65
Tabla 41-3.- Modos de fallas del gabinete de los contactores.....	66
Tabla 42-3.- Descripción de los modos de fallas del gabinete de los contactores	66
Tabla 43-3.- Modos de fallas de sistema de recogimiento de cables.	67
Tabla 44-3.- Descripción de los modos de fallas de sistema de recogimiento de cables.....	67
Tabla 45-3.- Modos de fallas de finales de carrera.	68
Tabla 46-3.- Descripción de los modos de fallas de finales de carrera.	69
Tabla 47-3.- Estado de equipos analizados.	70
Tabla 1-4.- Cronograma de actividades	73
Tabla 2-4.- Tabla de costos	74
Tabla 3-4.- Costos eléctricos.....	74
Tabla 4-4.- Costos mecánicos.	75
Tabla 56-4.- Costos de servicio.....	75
Tabla 57-4.- Frecuencia de inspección con equipos de diagnóstico técnico.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.- Puente grúa	4
Figura 2-2.- Puente grúa de accionamiento manual.....	5
Figura 3-2.- Puente grúa de mono viga.....	6
Figura 4-2.- Puente grúa de accionamiento eléctrico tipo birriel o doble viga.....	6
Figura 5-2.- Inspección Sensorial.....	8
Figura 6-2.- Inspección de un componente mecánico mediante termografía.....	8
Figura 7-2.- Espectro electromagnético.....	9
Figura 8-2.- Análisis Vibracional.....	16
Figura 9-2.- Criterios generalizados de evaluación para la vibración del eje.....	20
Figura 10-2.- Falla de pista interna.....	21
Figura 11-2.- Falla de pista externa.....	22
Figura 12-2.- Falla de elementos rodantes.....	22
Figura 13-2.- Falla en Jaula.....	23
Figura 14-2.- Alineador Laser.....	23
Figura 15-2.- Tipos de poleas.....	24
Figura 16-2.- Banda trapezoidal o V.....	24
Figura 17-2.- Banda trapezoidal o V.....	25
Figura 18-2.- Equipos de seguridad para trabajos en altura.....	26
Figura 1-3.- Localización de la ESPOCH, Facultad de Mecánica, Taller de Fundición.....	28
Figura 2-3.- Puente grúa.....	29
Figura 3-3.- Layout del puente grúa.....	30
Figura 4-3.- Componentes mecánicos del movimiento transversal.....	32
Figura 5-3.- Componentes mecánicos del movimiento horizontal.....	33
Figura 6-3.- Características del motor-reductor del movimiento transversal.....	33
Figura 7-3.- Circuito de mando y potencia del motor-reductor movimiento transversal.....	34
Figura 8-3.- Características del motor-reductor del movimiento horizontal.....	34
Figura 9-3.- Circuito de mando y potencia del motor-reductor movimiento transversal.....	35
Figura 10-3.- Contactores.....	35
Figura 11-3.- Final de carrera.....	36
Figura 12-3.- Analizador de vibraciones VIBRA CHECK.....	37
Figura 13-3.- Software MAINTraQ Predictive.....	38
Figura 14-3.- Cámara termográfica SATIR.....	39
Figura 15-3.- Anemómetro EXTECH.....	39

Figura 16-3.- Software SATIR Report.....	40
Figura 17-3.- Alineador láser Fag.....	40
Figura 18-3.- Rueda conductora #2.....	41
Figura 19-3.- Eje de transmisión de movimiento transversal	43
Figura 20-3.- Motor-reductor del carro horizontal.....	44
Figura 21-3.- Motor-reductor del movimiento transversal.	46
Figura 22-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LV1 del motor-reductor.....	47
Figura 23-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LH1 del motor-reductor	48
Figura 24-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LV2 del motor-reductor	49
Figura 25-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LH2 del motor-reductor	50
Figura 26-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LA2 del motor-reductor.....	51
Figura 27-3.- Espectro del rodamiento del reductor LV3 del motor-reductor	52
Figura 28-3.- Espectro del rodamiento del reductor LH3 del motor-reductor	53
Figura 29-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LV1 del motor-reductor	54
Figura 30-3.- Sistema de transmisión del carro de movimiento horizontal	54
Figura 31-3.- Sistema de transmisión del carro de movimiento transversal.	55
Figura 32-3.- Chumaceras.....	57
Figura 33-3.- Botonera.....	57
Figura 34-3.- Contactor #1 del motor-reductor carro horizontal	58
Figura 35-3.- Termograma contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.....	59
Figura 36-3.- Contactor #2 del motor-reductor carro horizontal	60
Figura 37-3.- Termograma contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.....	61
Figura 38-3.- contactor #1 del motor-reductor carro transversal.	62
Figura 39-3.- Termograma del contactor #1 del motor-reductor carro transversal.....	63
Figura 40-3.- Contactor #2 del motor-reductor carro transversal	64
Figura 41-3.- Termograma contactor #2 del motor-reductor de carro transversal.....	65
Figura 42-3.- Gabinete de protección de contactores.....	66
Figura 43-3.- Sistema de recogimiento de cables	67
Figura 44-3.- Finales de carrera	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROGRAMACIÓN SOFTWARE MAINTRAQ PREDICTIVE 2.1

ANEXO B: FICHA DE ESTADO TÉCNICO INICIAL DEL PUENTE GRÚA.

ANEXO C: FICHA DE ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL PUENTE GRÚA.

LISTA DE ABREVIATURAS

IFOV	Campo de visión instantáneo
BPFI	Frecuencia de la Pista Interna
BPFO	Frecuencia de la Pista Externa
BSF	Frecuencia de Giro de Bola / Rodillo
FTF	Frecuencia Fundamental de la Jaula.
ISO	Organismo Internacional de Normalización
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue realizar el análisis de la condición del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica ESPOCH mediante el método de diagnóstico técnico, revelando que el activo se encontraba en un estado de “deterioro”. Para el análisis y diagnóstico; fue necesario aplicar técnicas como: Análisis Termográfico, Análisis Vibracional, Alineación Laser, e inspecciones sensoriales en los sistemas eléctricos y mecánicos. Donde se evidenciaron fallas en los rodamientos del motor para el movimiento horizontal, rotura de los pernos de anclaje del estator, deterioro de la botonera, conductores del circuito de mando y de potencia, mal estado de las bandas de transmisión de los motor-reductores para los movimientos horizontal y transversal, esto a consecuencia de una pronunciada desalineación de las poleas de ambos motor-reductores. En la parte estructural las ruedas conductora y conducida presentaban inconvenientes de mal mecanizado en la parte cóncava de éstas, ausencia del riel guía y descentramiento de la rueda conducida del lado sur de puente, pérdida de la estructura de la chaveta y el chavetero del eje de transmisión del lado ya mencionado, produciéndose así, problemas como la falta de sincronismo entre el lado sur y el lado norte del puente grúa al moverse de forma transversal. Se concluye que el A través de la aplicación de las diferentes técnicas de mantenimiento basado en condición, como son el análisis termográfico, análisis vibracional, y alineación láser, y el uso de los sentidos, se logra diagnosticar el estado técnico de puente grúa el mismo que presentaba una condición de “Deterioro” una vez conocida esta condición se ejecuta un proyecto complementario al presente para la restauración y mejoramiento de éste. Realizar las actividades de mantenimiento propuestas en este trabajo es fundamental para evitar que el equipo se produzca el deterioro.

Palabras clave: <ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN>, <DIAGNÓSTICO TÉCNICO>, <ESTADO TÉCNICO>, <ANÁLISIS VIBRACIONAL>, <ANÁLISIS TERMOGRÁFICO>, <DIAGNÓSTICO SENSORIAL>, <MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN>, <PUENTE GRÚA>



Firmado electrónicamente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS**



27/01/2021

0582-DBRAI-UPT-2021

ABSTRACT

The objective of this research work was to analyze the condition of the bridge crane of the Foundry at Mechanics Faculty, ESPOCH using the technical diagnosis method, revealing that the asset was in a state of "decay". For analysis and diagnosis; It was necessary to apply techniques such as: Thermographic Analysis, Vibrational Analysis, Laser Alignment, and sensory inspections in electrical and mechanical systems. Failures were evidenced in the motor bearings for horizontal movement, breakage of the stator anchor bolts, deterioration of the control pendant, control and power circuit conductors, poor condition of the transmission belts of the motor-reducers for horizontal and transverse movements. As a result of a pronounced misalignment of the pulleys of both motor-reducers. In the structural part, the driving and driven wheels presented disadvantages of poor machining in the concave part of the wheels, absence of the guide rail and runout of the driven wheel on the south side of the bridge, loss of the structure of the key and the keyway of the axle shaft. transmission of the aforementioned side, thus producing problems such as lack of synchronism between the south side and the north side of the bridge crane when moving transversely. It is concluded that through the application of different maintenance techniques based on condition, such as thermographic analysis, vibrational analysis, and laser alignment, and the use of the senses, it is possible to diagnose the technical state of the bridge crane which presented a condition of "Decay". Once this condition is known, a complementary project to is executed for the restoration and improvement of it. Carrying out the maintenance activities proposed in this work is essential to prevent the equipment from deteriorating.

Keywords: <CONDITION ANALYSIS>, <TECHNICAL DIAGNOSIS>, <TECHNICAL STATUS>, <VIBRATIONAL ANALYSIS>, <THERMOGRAPHIC ANALYSIS>, <SENSORY DIAGNOSIS>, <CONDITION BASED MAINTENANCE>, <BRIDGE CRAN>

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico técnico es un método que está sustentado en la aplicación de técnicas de mantenimiento basado en la condición, como análisis termográfico, vibracional, alineación láser e inspecciones sensoriales en el caso de las tres primeras requieren del uso de equipos especiales para su utilidad de forma eficaz, y se hace prescindible tener el conocimiento necesario para la operación de estos equipos.

La característica principal de este tipo de método es que permite analizar el comportamiento de alertas tempranas emitidas a causa de fallas en los elementos o sistemas objetos del análisis a fin de poder tomar acción de forma oportuna.

Aplicar este método en el puente grúa de la Facultad de Mecánica tiene como objetivo principal diagnosticar el estado técnico de éste activo a fin de poder proponer las acciones más adecuadas para las fallas y modos de falla que se presentan, donde se hace necesario primero realizar análisis termográfico, vibracional e inspecciones sensoriales posterior a ello el análisis de los datos obtenidos para finalmente poder evaluar el estado del equipo. De forma complementaria se busca realizar un plan de mantenimiento basado en condición enfocado a mantener en óptimas condiciones el sistema eléctrico y mecánico del activo.

Mantener este equipo en óptimas condiciones facilitara a estudiantes de la Facultad de Mecánica y al personal encargado la realización de prácticas de fundición de materiales, éste equipo es utilizado para el izaje y movilidad de elementos pesados, materiales calentados a altas temperaturas.

La aplicación de técnicas como análisis termográfico en el sistema eléctrico, análisis vibracional en el sistema mecánico específicamente en rodamientos de los motor-reductores, alineación láser en poleas, inspeccionar la parte estructural del puente grúa usando los sentidos permitió detectar fallas significativas que dificultaban el funcionamiento del equipo, una vez recopilados todos los datos y analizados con el apoyo de softwares, evaluar finalmente el estado del activo es lo que permitió proponer las acciones más oportunas antes las fallas presentes en el mismo.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Se implementa el puente grúa para el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, a través de un trabajo de tesis, realizado por estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica en 1989 el mismo operó correctamente los siguientes años en el transporté de materiales, como parte de trabajos realizados por el personal encargado y estudiantes.

En el año 2011 mediante un trabajo de tesis propuesto por estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento se realiza la primera intervención, con el afán de repotenciar el puente grúa y devolverle así características de buen funcionamiento, donde se realizó tareas de mantenimiento correctivo, preventivo y ubicación de señalética de seguridad.

Analizar el estado técnico de los sistemas, eléctrico y mecánico del puente grúa permitirá determinar soluciones a los distintos modos de fallas que se presenten y a su vez plantear frecuencias de inspección para el análisis de vibraciones y termografía, para brindar características de funcionamiento óptimo, requeridas en la realización de los trabajos de fundición de materiales.

1.2 Justificación y actualidad

Para el puente grúa ubicado en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, se considera la realización del análisis de la condición a fin de poder evaluar su estado técnico y así determinar soluciones a los modos de falla que se presentan.

El análisis de la condición del puente grúa, mediante el método de diagnóstico técnico utilizando técnicas como, análisis sensorial, análisis de vibraciones, termografía, alineación laser, permitirán determinar posibles modos de falla los mismos que serán analizados a fin de proponer soluciones.

El diagnóstico técnico está enfocado a sistemas eléctricos (tablero de control, líneas de alimentación del motor, breakers, etc.) y mecánicos (rodamientos, chumaceras, poleas, etc.)

A través del desarrollo del presente trabajo se podrá analizar, evaluar, y conocer el estado técnico del puente grúa, para mejorar el mantenimiento y buen funcionamiento del equipo, beneficiando la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, permitiéndole a los estudiantes realizar satisfactoriamente ensayos de fundición de materiales, los mismos que son parte complementaria de conocimientos obtenidos en clase, para un mejor desenvolvimiento en campo laboral de acuerdo al perfil de cada una de las carreras.

1.3 Planteamiento del problema

Las industrias en la actualidad deben realizar procesos cada vez más complicados debido al avance acelerado de la tecnología, uno de estos procesos es el transporte de materiales, equipos, etc. La misma tecnología proporciona los medios que resuelven los problemas de la industrialización. (Anilema, 2010).

El puente grúa cuenta con un sistema de elevación convencional sobre riel, que permite manejar la carga en las seis direcciones, arriba-abajo, izquierda-derecha, adelante-atrás. Este tipo de instalación se las puede realizar en tres sistemas. (Anilema, 2010):

- **Sistema completamente eléctrico:** todos los movimientos de la grúa se realizan mediante motores que sirven tanto para el desplazamiento lateral y transversal como para el izaje (motores de movimiento longitudinal, mandos del puente grúa, línea de alimentación eléctrica, líneas de suministro de energía) (Anilema, 2010).
- **Sistema completamente mecánico:** tanto del desplazamiento horizontal y vertical, así como el izaje se realiza de una forma manual-mecánica.(Viga de carga, Testeros, ganchos transmisión) (Anilema, 2010).
- **Sistema semi-eléctrico:** es la combinación entre los dos sistemas anteriores, en el cual varios de los movimientos se realizan de forma eléctrica y los demás de forma mecánica (polipasto, trole o carro), el suministro de energía a este tipo de equipos móviles debe contar con un sistema para la recolección del cableado que se mueve siempre paralelo a los movimientos horizontal y transversal del puente. (Anilema, 2010).

El problema que presenta el puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica es el mal funcionamiento en componentes eléctricos (tablero de control, líneas de alimentación del motor, breakers, etc.) y mecánicos (rodamientos del motor, chumaceras, poleas, ruedas etc) debido al uso y cumplimiento de su vida útil, derivando esto en el mal funcionamiento del puente grúa, lo que ha contribuido de forma gradual a que este equipo se use de manera limitada y poco satisfactoria, esto a falta de análisis de las condiciones, mantenimiento y desconocimiento en el personal encargado de actividades mantenimiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la condición del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH mediante el método de diagnóstico técnico.

1.4.2 Objetivos específicos

Establecer mediante diagnóstico el estado técnico actual del puente grúa.

Determinar modos de falla y soluciones

Desarrollar frecuencias de inspección para análisis de vibraciones.

Desarrollar frecuencias de inspección para análisis termográfico.

Aplicar técnicas de alineación laser.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Descripción del puente grúa

Los puentes-grúas son máquinas utilizadas como herramientas para construcción, transporte y elevación de carga, instalados sobre carriles elevados que, a través de sus elementos de suspensión y sus carros, permiten trasladarse de forma longitudinal, transversal y vertical. Los puentes grúas están constituidos por una estructura rígida, la misma que garantiza a las ruedas se mantengan paralelas para el desplazamiento óptimo. (Larrodé y Miravete, 1996,p.317).

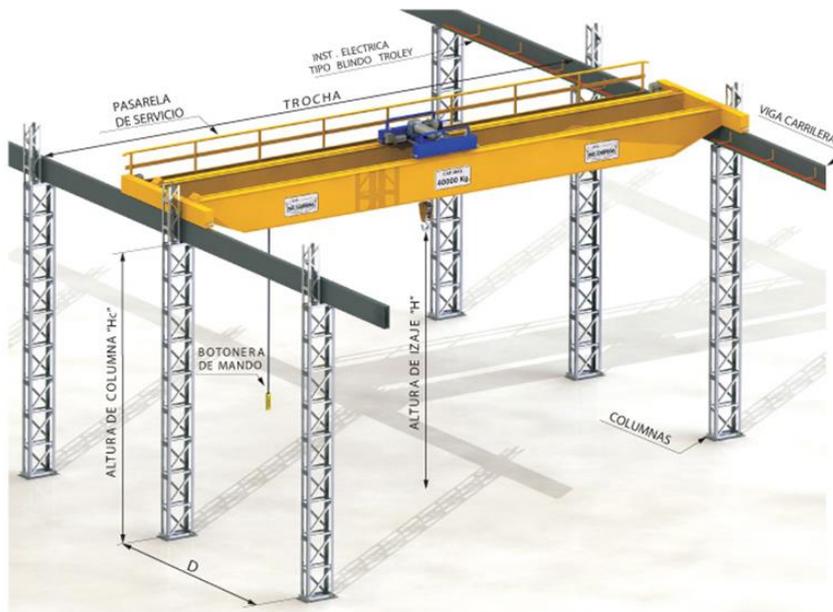


Figura 1-2.- Puente grúa

Fuente: Grane and Machine, 2020

2.2 Tipos de puentes grúas

Se torna complicado realizar una clasificación de todos los tipos de puentes grúas que puedan encontrarse, existiendo diferencias notables entre las que podemos citar: capacidad de carga, haz de luz, uso etc., son características que inciden en la selección de un tipo de puente con respecto a otro. Una de las clasificaciones con más importancia es la que hace referencia a la constitución de acuerdo con el número de vigas utilizadas en su parte estructural que puede ser de una o varias

vigas principales, la misma que está en función de la capacidad de carga y el requerimiento de éste. (Castro y Cevallos, 2014, p.2)

2.2.1 Puentes de accionamiento manual

Este tipo de grúas están construidas por vigas de forma en I. El carro se mueve de forma horizontal por la parte interior de la viga por medio de cuatro ruedas, soportando el sistema de elevación de cargas. Este tipo de grúa es movida por medio de cadenas que accionan piñones y engranajes permitiendo la traslación del puente. (Castro y Cevallos, 2014, p.2)

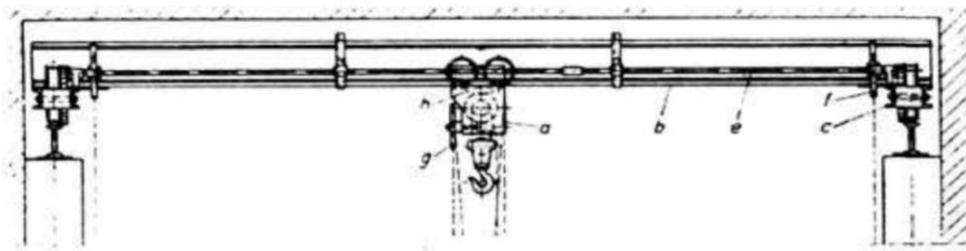


Figura 2-2.- Puente grúa de accionamiento manual

Fuente: Castro y Cevallos 2014

2.2.2 Puentes grúas de accionamiento eléctrico

Este tipo de puente a diferencia del mencionado anteriormente la mayoría de movimientos son realizados por motores eléctricos sincrónicos los mismos que varían su potencia de acuerdo con el requerimiento y capacidad del equipo, radicando aquí en las más relevante de sus diferencias al momento de seleccionar un puente de otro. En la actualidad es tipo de puentes son utilizados en la industria naval, automovilista, cementera, acero, fábricas de papel, para el izaje de materiales y equipos de gran tamaño para su almacenamiento, reparación y mantenimiento de máquinas, donde se hace de vital importancia tener estrictos protocolos de operación segura de este tipo de activos a fin de evitar accidentes. (Castro y Cevallos,2014, p.3)

2.2.2.1 Puente grúa monoviga

Este tipo de puentes poseen un carrito que se encuentra en la parte lateral de la viga y que a su vez llevan su respectivo elevador de cargas. Están diseñados para realizar trabajos de traslación, carga y almacenamiento con pesos que no sobrepasen las 5 toneladas. (Castro y Cevallos 2014, p.4).



Figura 3-2.- Puente grúa de mono viga.
Fuente: Castro y Cevallos 2014 .

2.2.2.2 Puente grúa de doble viga

Este tipo de puentes tienen dos vigas para soportar el carrito que a la vez se traslada por ambas para soportar una mayor carga. Las vigas soportan toda la estructura por medio de ruedas que sirven para la traslación transversal del mismo puente. (Castro y Cevallos, 2014, p.4).

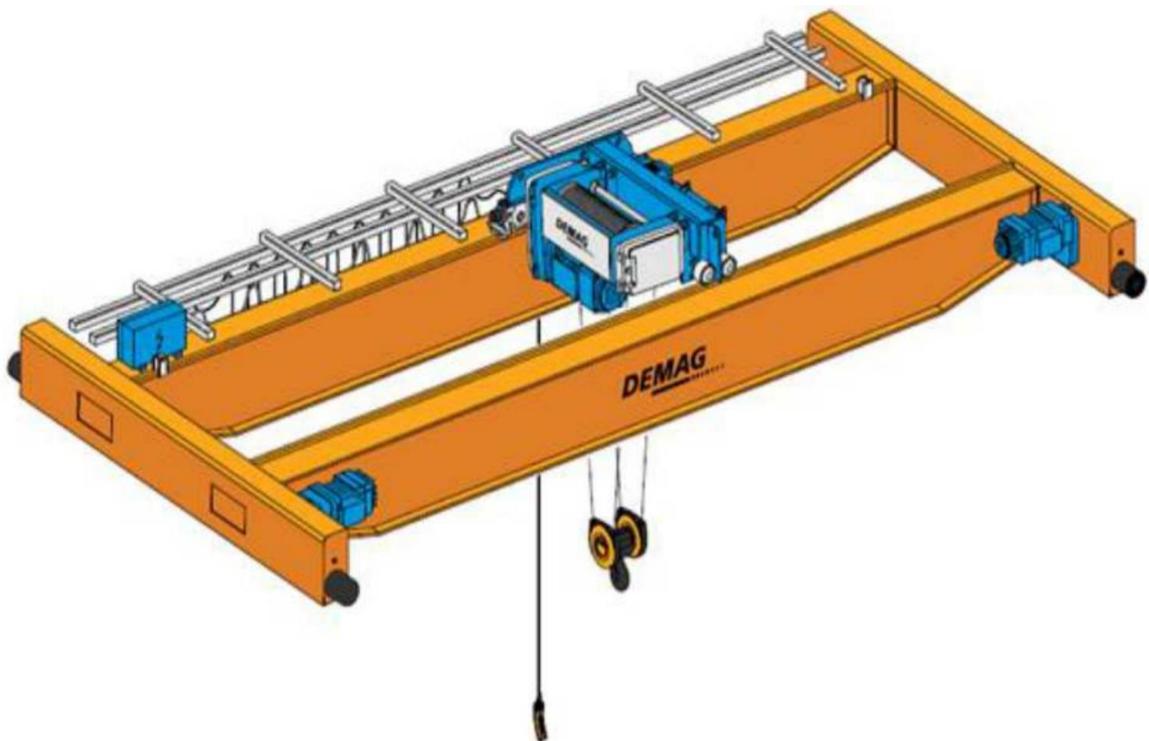


Figura 4-2.- Puente grúa de accionamiento eléctrico tipo birriel o doble viga.
Fuente: Castro y Cevallos 2014 .

2.3 Sistemas que componen al puente grúa

2.3.1 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está compuesto generalmente por tres motores eléctricos los mismos que proporcionan los movimientos horizontal, transversal y vertical del puente, además de contactores y relés que funcionan de forma simultánea para la activación y cambio de giro de los motores. (Anilema y López, 2010, p.28)

2.3.2 Sistema mecánico

El puente grúa está constituido por componentes mecánicos como: vigas principales, reductores de velocidad de los motores, eje que va acoplado a ruedas para la traslación del puente en forma transversal, además cuenta con un carrito donde va soportado el motor y a su vez el sistema de elevación de carga. (Anilema y López, 2010, p.28)

2.4 Técnicas para el análisis de la condición

Son exámenes realizados minuciosamente a un activo para determinar su estado, y extraer información que se analiza y evalúa, información que permite tomar decisiones de acuerdo con las condiciones observadas. (Mora, 2009, p.405)

Existen varias técnicas que se aplican en la industria para la determinación de modos fallos lo cual se detalla a continuación:

2.4.1 Inspección visual, acústica y al tacto de componentes

Es de mucha importancia la inspección sensorial ya que por medio de los sentidos se pueden detectar fallas o condiciones fuera de estándar. Se pueden hallar distintos tipos de fallas como desgaste y anomalías por medio del sentido de la vista, ruido fuera de lo común que podrían detectarse en un activo por el sentido del oído, percibir olores no comunes por medio del sentido del olfato, determinar incrementos de temperatura por medio del sentido del tacto, para lo que se debe tener un entrenamiento previo de los mismos. Es de mucha importancia tener en cuenta que no se debe exponer al cuerpo humano con mucha frecuencia a ciertos fenómenos ya que puede causar enfermedades profesionales. (Mora, 2009, p.405)

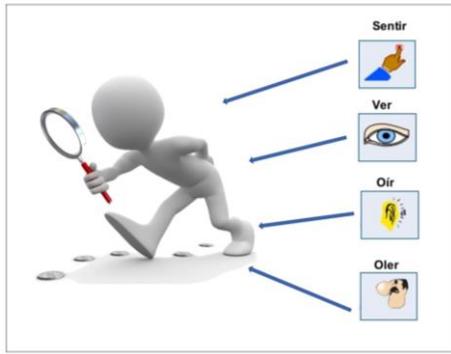


Figura 5-2.-Inspección Sensorial.
Fuente: www.slideshare.net

2.4.2 Termografía

La Termografía es una técnica que consiste en tomar una imagen de la disposición de la temperatura de un objeto a distancia sin necesidad de tener un contacto con el mismo. La termografía permite captar el espectro electromagnético mediante la radiación infrarroja, utilizando cámaras térmicas, pirómetros o de termovisión. (Mora, 2009, p.407)



Figura 6-2.-Inspección de un componente mecánico mediante termografía.
Fuente: www.eideoanalisis.com, 2017

2.4.2.1 Temperatura y calor

Temperatura. -La temperatura es una magnitud de la energía cinética o calor medible promedio de los átomos y moléculas medidas mediante un termómetro. En la física, se puntualiza como una medida escalar que se encuentra relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, determinada por el principio cero de la termodinámica. (Pérez, 2014, p.322)

Calor. - El calor es la energía cinética que se manifiesta como el aumento de temperatura total de todos los átomos o moléculas de una sustancia procedente de la transformación de otras energías.

El calor depende de la velocidad que se mueven las partículas, el número, el tamaño y su tipo. (Pérez, 2014, p.322)

2.4.2.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas, refiriéndose a un objeto se denomina espectro electromagnético a la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia. La radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga una huella dactilar. (Iglesias & Abarca, 2012, p.10)

Los espectros se pueden observar mediante equipos como espectroscopios y cámaras termográficas que, también permite observar el espectro, permiten realizar medidas sobre éste, como la frecuencia, la intensidad que produce la radiación y la longitud de onda. (Iglesias & Abarca, 2012,p.10)

Los tipos de radiación electromagnética son los siguientes: rayos X, ultravioleta, rayos gamma, ondas de radio, microondas, luz visible e infrarrojo. Estas ondas tienen longitud de ondas de mayor longitud de onda como las de radio hasta las de menor radio que son los rayos gamma. (Iglesias & Abarca, 2012, p. 10)

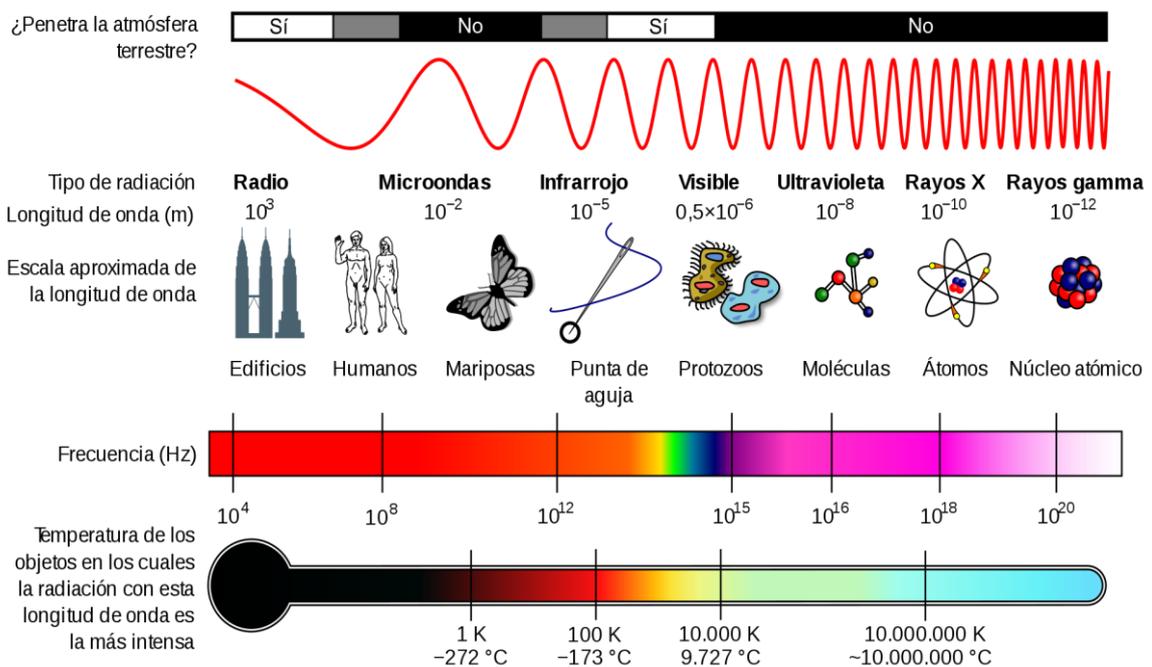


Figura 7-2.-Espectro electromagnético.

Fuente: www.astrofiscicayfisica.com, 2012

2.4.2.3 Emisividad

Es una propiedad del área de un objeto que emiten radiación térmica a comparación de otras, siendo la emisividad la relación que tiene la energía térmica que emite su superficie con la de un cuerpo negro comparados a la misma temperatura, por tanto, su valor estará entre un intervalo de 0 a 1. Si el valor de emisividad es más pequeño, mejor aislante por reflexión será dicha superficie, siendo 1 el valor máximo. En la siguiente ecuación se puede determinar el coeficiente de emisividad: (Iglesias & Abarca, 2012, p.11-12)

$$\varepsilon = \frac{\text{radiación emitida por una superficie}}{\text{radiación emitida si fuera un cuerpo negro}}$$

Es necesario considerar la emisividad a la hora de tomar mediciones termográficas ya que no se obtendrán mediciones exactas si la emisividad es de 0,7. (Iglesias & Abarca, 2012, p.12)

A continuación, se detallan los valores que poseen los distintos cuerpos:

- Cuerpo negro (emisividad = 1.)
- Cuerpo gris (emisividad < 1)

2.4.2.4 Cuerpo negro

Un cuerpo negro se lo considera como un objeto ideal que absorbe toda la luz y toda la energía que incide sobre él. El cuerpo negro no permite que se refleje o traspase la luz o energía. (Iglesias & Abarca, 2012, p.13)

2.4.2.5 Cuerpo gris

Un cuerpo gris es parecido a un cuerpo negro ya que su radiación emitida es idéntica, pero con menor amplitud, pero se diferencia en su emisividad que varía entre 0 y 1. (Iglesias & Abarca 2012, p.14)

2.4.2.6 Cuerpos reales

Los cuerpos reales tienen color gracias a la habilidad que estos tienen de absorber cierta cantidad de colores del espectro de luz y reflejar ciertos colores y transmitir la radiación infrarroja. (Iglesias y Abarca, 2012, p.14)

2.4.2.7 Aplicación de la termografía

La termografía es utilizada para obtener información sobre las temperaturas de la superficie de un objeto a distancia sin que éste se encuentre en contacto físico, a través de captar la radiación infrarroja para obtener una escala de grises o color del espectro electromagnético, mediante una cámara termográfica. (Iglesias & Abarca, 2012, p.17)

Sistemas eléctricos. -Las cámaras termográficas pueden ser utilizadas para determinar varios problemas en instalaciones eléctricas, pero estas se dividen según la cantidad de tensión que se utiliza en los sistemas. (Iglesias & Abarca, 2012 p.17)

Tabla 1-2.-Aplicación de la termografía en instalaciones eléctricas.

Instalaciones de alta tensión	Instalaciones de baja tensión
<ul style="list-style-type: none">• Inspecciones de subestaciones eléctricas• Oxidación de los seccionadores• Conexiones mal fijadas o recalentadas• Defectos de aislamiento• Conexiones sobrecalentadas o mal aseguradas• Inspección en líneas de alta tensión• Conexiones de alta tensión defectuosas• Inspecciones en interruptores de potencia• Verificación después de una reparación	<ul style="list-style-type: none">• Conexiones de cables sueltas• Inspecciones acometidas• Conexiones de alta resistencia• Inspección de tableros de control y fuerza de maquinaria en general• Inspección de motores eléctricos• Conexiones corroídas• Daños en internos en los fusibles• Mala conexión y daños internos• Fallos ruptores internos

Fuente: Iglesias y Abarca, 2012

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

2.4.2.8 Sistemas mecánicos

Las cámaras termográficas son utilizadas para la inspección de elementos y componentes mecánicos. (Iglesias & Abarca, 2012, p.18)

- Rodillos sobrecalentados
- Bombas sobrecargadas
- Motores recalentados
- Ejes de motor recalentados
- Rodamientos calientes
- Engranajes calientes

Las cámaras termográficas se utilizan para inspeccionar y encontrar fallos en bombas, tuberías, soldaduras, edificaciones, etc. (Iglesias & Abarca 2012, p.18)

2.4.2.9 *Equipos termográficos*

Para realizar mediciones de las diferencias de temperatura es necesario constar con equipos que puedan captar las ondas infrarrojas como las cámaras termográficas y personal adecuado que tome las medidas de seguridad correspondiente, realizar mediciones para luego analizarlas para encontrar modos de fallas de los componentes. Los equipos termográficos son de gran ayuda ya que éstos se pueden utilizar sin que el equipo se pare o deje de funcionar. (Iglesias & Abarca, 2012, p.28)

Cámara termográfica. -Es un equipo que muestra en su pantalla una representación gráfica de un termograma de la radiación calorífica que emite un cuerpo. La cámara termográfica tiene un sensor térmico que se denomina micro bolómetro que cambia de resistencia eléctrica cuando se calienta por la radiación infrarroja. El cambio de resistencia eléctrica se mide y se denota a una correspondiente temperatura, formando un color asignado formando una imagen coloreada denomina termograma. (Iglesias & Abarca, 2012, p.28)

Cámara infrarroja. Consta de varios componentes que permiten medir la variación de temperatura como: lentes, filtro, circuito de procesado de la imagen, detector o micro bolómetro, interfaz de usuario (memoria, pantalla, salida de video, etc.) para obtener el termograma. (Iglesias & Abarca, 2012, p.28)

2.4.2.10 *Termograma*

Un termograma es un gráfico obtenido de un objeto electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla por resultado de la termografía, representado en una gran gama de paletas de colores. Los termogramas son de mucha ayuda ya que en éstos se puede mostrar la diferencia de temperatura de los objetos o componentes medidos y por esta razón se pueden determinar los distintos modos de fallas que pueda presentar un activo por el aumento de la temperatura. (Iglesias & Abarca, 2012, p.29)

2.4.2.11 *Características para operar el equipo.*

Las características en que se va a operar el equipo son de mucha importancia a la hora de la elección de una cámara infrarroja como el lugar, el medio ambiente y el tipo de inspección por lo que la cámara debe cumplir ciertos requisitos a la hora de tomar una medición. (Iglesias & Abarca, 2012, p.30)

2.4.2.12 *Enfoque.*

La mayoría de las imágenes térmicas tiene problemas debido al desenfoque. Esto genera que disminuya la temperatura del objeto lo que hace que su análisis y la evaluación sea más difícil. (Iglesias & Abarca, 2012, p.30)

2.4.2.13 *Perspectiva y composición.*

Es importante mantener el objeto que se está midiendo lo más grande posible conforme a sus alrededores a fin de que se puedan captar las posibles fallas y modos de fallos existentes. (Iglesias & Abarca, 2012, p.31)

2.4.2.14 *Rango.*

Son intervalos de temperatura para que una cámara infrarroja pueda medir con precisión los objetos a tomar. Las cámaras termográficas deben tener su rango más elevado que el rango de temperatura según sea su aplicación. (Iglesias & Abarca, 2012, p.31)

2.4.2.15 *Spam térmico.*

Es la diferencia que existe entre el ajuste de temperatura alto y baja de un termograma. El control de “Spam” se puede ser ajustar de manera manual o automático. (Iglesias & Abarca, 2012, p.32)

2.4.2.16 *Nivel térmico*

Es el punto que se encuentra en medio del “Spam”. Las zonas calientes que trabajen a un nivel térmico medio o alto de los elementos o componentes corresponden a la pérdida de aislamiento, tanto interno como externos y zonas que se encuentren afectadas por la radiación. Esto constituye la información que se necesita para la reparación de las zonas afectadas de los componentes. (Iglesias & Abarca, 2012, p.33)

2.4.2.17 *Ángulo de visión*

Para tener una mayor precisión de la medición de termografía es importante mantener la cámara perpendicular con respecto al objeto a medir, las mediciones pueden verse afectadas debido a: (Iglesias & Abarca, 2012, p.33)

- Las temperaturas de los objetos curvos se presentan como estar a temperatura ambiente.
- Fluctuaciones del ángulo de visión
- Variación de forma de su objetivo.

2.4.2.18 *Resolución*

Es la medida de la capacidad de un detector respecto al objeto a medir. La resolución depende del lente, del detector o bolómetro y la trayectoria óptica. (Testo,2008, p.42)

- Resolución 640 x 480
- Resolución 320 x 240
- Resolución 120 x 160
- Resolución 320 x 240

2.4.2.19 *Resolución espacial*

Es el área mínima representada en milímetros cuadrados representados por cada píxel siendo éste el detalle más pequeño resuelto. La mayoría de las veces se especifica en radianes y se define como campo de visión instantáneo IFOV por sus siglas en inglés. (Iglesias & Abarca 2012, p.34)

2.4.2.20 *Campo de visión instantáneo (IFOV)*

Es el área más pequeña que la cámara puede captar la temperatura de forma más exacta. Éste debe ser al menos 2 o 3 veces mayor al objeto medible más pequeño. (Testo, 2008, p.42)

2.4.2.21 *Resolución de medición*

Se define como la precisión de medir a una cierta distancia las temperaturas a objetos pequeños, siendo la solución acercarse a una distancia donde se pueda medir con mayor exactitud su temperatura. (Iglesias & Abarca, 2012, p.35)

2.4.2.22 *Distancia*

Está ligada con la resolución espacial de la cámara y con la condición atmosférica. La distancia indicada para tomar medidas es de menor o mayor según el tamaño del objeto, la distancia debe

ser la apropiada para que las temperaturas sean medidas por el instrumento. (Neita & Peña, 2011, p.155)

2.4.2.23 *Enfoque*

Proceso por el cual se calibra el lente de la cámara termográfica para así obtener un termograma de mayor calidad. La temperatura se puede ver disminuida por el desenfoque por lo que el correcto enfoque del equipo es de suma importancia para obtener imágenes con una calidad aceptables y realizar una buena interpretación de los resultados obtenidos en éstas. (Iglesias & Abarca 2012, p.25)

El desenfoque en un objeto hace que la cámara se atenúe por lo que la emisividad se distorsiona y la temperatura tomada es errónea. (Iglesias & Abarca 2012, p.25)

2.4.2.24 *Condiciones ambientales*

Las condiciones ambientales son de suma importancia al realizar inspecciones y evaluar termogramas ya que éstas afectan las mediciones y a los resultados, provocando distorsión en las mediciones. (Iglesias & Abarca, 2012, p.36)

A continuación, se detallan las principales causas ambientales que afectan las mediciones termográficas son: la lluvia, la radiación, el sol, etc. (Iglesias & Abarca, 2012, p.36)

Radiación solar. La radiación solar al aire libre influye de dos diferentes formas a equipos y componentes. (Iglesias & Abarca, 2012,p.36)

- Reflexión solar. La superficie del componente puede reflejar radiación solar de una fuente de calor al detector de la cámara que afecte a la medición. (Iglesias & Abarca, 2012,p.36)
- Carga solar. Aumenta la temperatura de componentes dificultando la distinción de un componente defectuoso y uno normal. (Iglesias & Abarca, 2012,p.36)

2.4.2.25 *Documento NETA MTS:2011*

La norma NETA MTS:2011 es un documento que se utiliza para evaluar el funcionamiento de los equipos y sistemas de energía eléctrica de manera confiable y segura con los estándares y tolerancias de la industria y del fabricante. (NETA MST,2011,p.1)

El documento indica las sugerencias a seguir en caso de aumento de temperatura en equipos y sistemas eléctricos como se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2.- Acciones sugeridas basadas en el aumento de temperatura según NETA MTS:2011

ΔT entre componentes similares bajo cargas similares.	ΔT entre el componente y la temperatura ambiente.	Acción recomendada
1°C-3°C	1°C-10°C	Posible deficiencia. Ordene investigación.
4°C-15°C	11°C-20°C	Probable deficiencia. Reparar en la primera oportunidad
-----	21°C-40°C	Monitorear hasta que las medidas correctivas puedan ejecutarse.
>15°C	>40°C	Discrepancia mayor; Reparar inmediatamente.

Fuente: (NETA MST,2011,p.1)

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

2.4.3 Análisis de vibraciones

Todos los cuerpos muestran una señal de vibración única, por ende, las máquinas tienen su propia señal vibracional y en esta se encuentra la información de cada componente. La vibración de los componentes de es la suma vectorial capturada por la máquina. De acuerdo con estas vibraciones se puede determinar el estado de los componentes de dicha máquina por lo que, la técnica de análisis vibracional es un método muy factible a la hora de evaluar el estado de sus componentes. (Toapanta, 2012,pp. 8-9)

Algunos ejemplos que se pueden evaluar por este método son: desbalanceo, desalineamiento, fallas en rodamientos, etc, las frecuencias diferentes de cada componente son separadas una de otra con el análisis vibracional, entonces se puede determinar un fallo. (Toapanta, 2012, pp. 8-9)

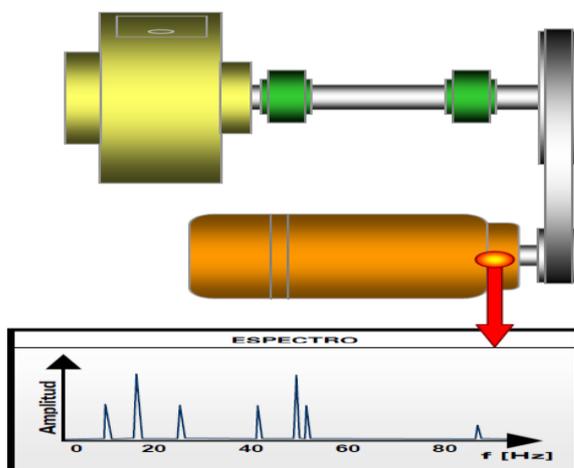


Figura 8-2.-Análisis Vibracional

Fuente: a-maq s.a,2005

2.4.3.1 *Vibración simple.*

Son representaciones de oscilaciones puras siendo la base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo como ondas sinusoidales. (Toapanta,2012, p. 9)

2.4.3.2 *Vibración compuesta.*

Es la sumatoria de muchas señales sinusoidales de cada uno de los componentes de la máquina conformada por golpeteos y vibraciones aleatorias producidas en su estado de funcionamiento. (Toapanta, 2012, p.10)

2.4.3.3 *Frecuencia.*

Es el tiempo que se demora a regresar a un punto denominado periodo de oscilación. La frecuencia es el número de oscilaciones por segundo y es el inverso del periodo. (Toapanta 2012,p.10)

2.4.3.4 *Frecuencia natural.*

Se denomina a la frecuencia que se produce por la vibración de un sólido que ha pasado de estado de reposo a un estado de excitación. La frecuencia natural depende de las características que componen a la máquina, pero ésta no depende de la operación de la máquina, a no ser que la dureza de la máquina sea función de la velocidad. (Toapanta, 2012, p.11)

2.4.3.5 *Resonancia*

Es un estado en el que una frecuencia de excitación se encuentra cerca o es igual a su frecuencia natural de la estructura de una máquina, es aquella frecuencia de un cuerpo o un sistema que alcanza el grado máximo de oscilaciones, un cuerpo tiene una, o varias, frecuencias que los caracteriza, cuando un cuerpo es excitado por otras frecuencias su vibración será la máxima posible. (White, 2010, p.28)

2.4.3.6 *Espectro*

Es la representación gráfica de una onda en dominio de una onda, la transformación de la información de una señal de dominio de tiempo a dominio de frecuencia se lo denomina análisis del espectro siendo ésta más compacta y fácil de interpretar. (White, 2010, p. 36)

2.4.3.7 *Desplazamiento*

Es la distancia existente entre la posición de un objeto con respecto a un punto de referencia. Se considera que un objeto que está vibrando y presente un desplazamiento variable también presentará velocidad y aceleración variable. (White ,2010, pp. 23-25)

2.4.3.8 *Velocidad*

Es considerada la variación de desplazamiento en un tiempo determinado, ésta se la puede medir en in/s y mm. (White ,2010, pp. 23-25)

2.4.3.9 *Aceleración*

Se considera la variación de velocidad en un tiempo determinado, ésta se puede medir en g (gravidades). (White ,2010, pp. 23-25)

2.4.3.10 *Amplitud*

Se define como la cantidad de movimiento que tiene una masa desde una posición neutral, siendo la intensidad de vibraciones la indicadora de la gravedad. (White ,2010, p. 19)

2.4.3.11 *Niveles de vibración*

Los niveles de vibración ayudan a establecer la intensidad que producen las vibraciones, ya que permite comparar datos obtenidos del monitoreo en equipos y determinar el estado de los mismos. (White ,2010, p. 75)

Los activos tienen de diferentes valores admisibles de amplitud de vibración según normas.

Tabla 3-2.-Aplicación de la termografía en instalaciones mecánicas.

Máquinas y elementos	Valores admisibles
Turbinas de gas, vapor o hidráulicas	2,5 mm/s
Motores eléctricos, bombas, ventiladores, asentados en el piso (equipos comunes)	4,5 mm/s
Ventiladores asentados en resortes	7,1 mm/s
Motores de combustión interna	12,5 mm/s
Llanta de un auto	40 mm/s

Fuente: a-maq s.a,2005

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

2.4.3.12 *Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración.*

Las normas se pueden utilizar cuando no se conoce datos históricos de las máquinas, las normas son utilizadas para comparar datos obtenidos por mediciones con valores ya establecidos para la toma de decisiones. (Internacional ,2017,p.1)

2.4.3.13 *Norma ISO 20186*

“Este documento establece las condiciones generales y procedimientos para la medición y evaluación de vibración utilizando mediciones realizadas en rotación, no giratorio y partes de máquinas completas no alternativo. Es aplicable a las mediciones tanto de la vibración del eje radial absoluta y relativa con respecto a la vigilancia de los juegos radiales, pero excluye axial eje de vibración. Los criterios generales de evaluación, que se presentan tanto en términos de magnitud de la vibración y el cambio de la vibración, se refieren tanto a las pruebas de supervisión y aceptación operativa. Se han proporcionado principalmente con respecto a asegurar un funcionamiento fiable, seguro, a largo plazo de la máquina mientras se minimizan los efectos adversos sobre el equipo asociado. También se presentan las directrices para el establecimiento de límites operativos”. (Internacional ,2017,p.1)

En la tabla 4-2 se puede observar los valores límites de las distintas zonas en piezas no giratorias.

Tabla 4-2.-Rango de valores típicos para los límites de la zona A / B, B / C y C / D para piezas no giratorias

0,28				0,28
0,45				0,45
0,71				0,71
1,12	Zone boundary A/B 0,71 to 4,5			1,12
1,8				1,8
2,8		Zone boundary B/C 1,8 to 9,3		2,8
4,5				4,5
7,1			Zone boundary C/D 4,5 to 14,7	7,1
9,3				9,3
11,2				11,2
14,7				14,7
18				18
28				28
45				45

Fuente: (Internacional ,2017)

2.4.3.14 Zonas de evaluación

Las zonas de evaluación tienen como objeto evaluar cualitativamente, las vibraciones de un equipo el mismo que su característica principal es estar estacionario y funcionando a velocidades normales, y así dar la pauta de acciones posibles a tomar. (Internacional ,2017, p.15)

Zona A: Normalmente dentro de la zona A caen, las vibraciones de máquinas recién puestas en marcha. (Internacional ,2017,p.16)

Zona B: Se consideran aceptables las vibraciones de los equipos que se encuentran en esta zona, sin tomar en cuenta ninguna limitación para plazos de funcionamiento prolongados. (Internacional ,2017,p.16)

Zona C: Los niveles de vibraciones en esta zona se consideran nada satisfactorio máquinas que funcionan periodos de tiempos largos. (Internacional ,2017,p.16)

Zona D: Dentro de esta zona las vibraciones se consideran de tal magnitud que generan daños severos al equipo. (Internacional ,2017,p.16)

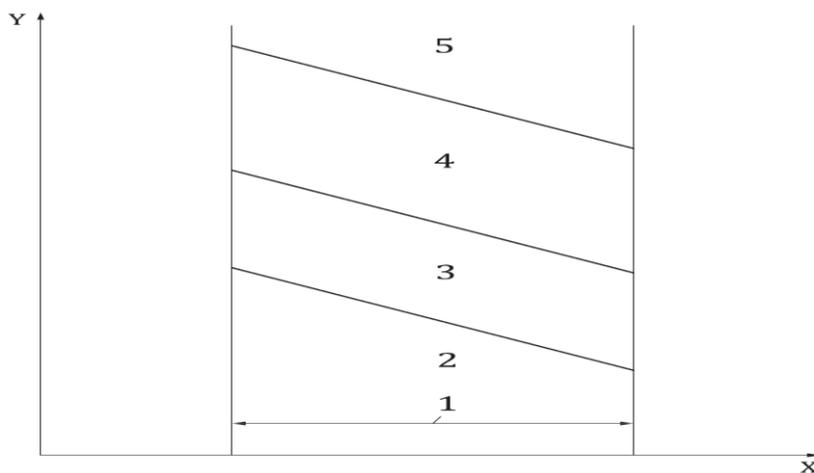


Figura 9-2.- Criterios generalizados de evaluación para la vibración del eje.

Fuente: (Internacional ,2017)

- X: Velocidad de rotación del eje.*
- Y: Vibración de eje de pico a pico.*
- 1: Rango de velocidad relevante.*
- 2: Zona A**
- 3: Zona B**
- 4: Zona C**
- 5: Zona D**

2.4.3.15 *Fallas de rodamientos*

El desprendimiento de material en un rodamiento está siempre ligado a un fallo, el mismo que puede ser ocasionado por diferentes causas (oxidación, corrosión, cambios de temperatura), poco significativa al principio pero que aumenta en función del tiempo de operación. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

Existen algunos tipos fallas en rodamientos como son: fallas en la pista interna, falla en la pista externa, falla en los elementos rodantes, deterioro de la jaula. Se pueden determinar las fallas de rodamientos realizando un análisis en los espectros. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

- **Falla en la pista interna:**

La pérdida de material en la pista interna puede ser ocasionada por un montaje inadecuado, corrosión, ingreso de partículas, falta y/o mala lubricación. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

Dominan el espectro amónico como 1X y 2X RPM en sentido radial, generando pulso que oscilan entre 1-10kHz en dominio del tiempo. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

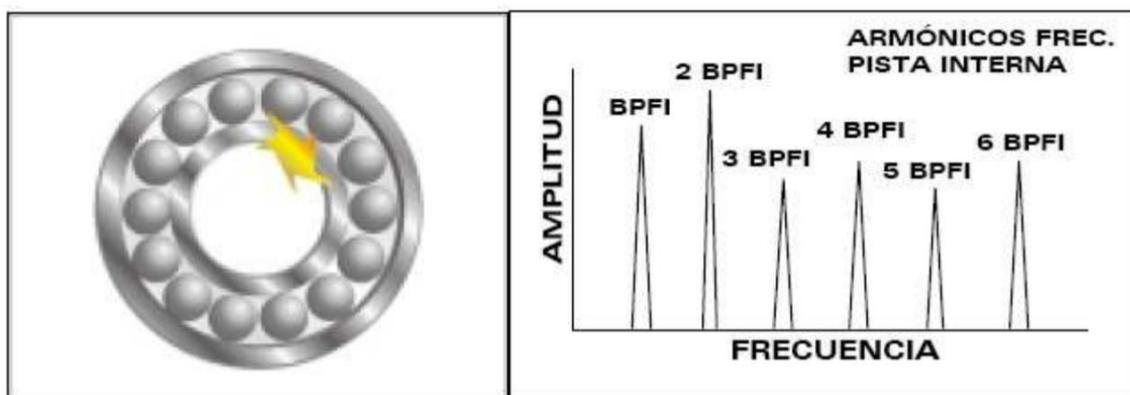


Figura 10-2.-Falla de pista interna.

Fuente: a-maq s.a,2005

- **Falla en la pista externa:**

La pérdida de material en la pista interna puede ser ocasionada por un montaje inadecuado, corrosión, ingreso de partículas, falta y/o mala lubricación. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

Dominan el espectro amónico como 1X y 2X RPM en sentido radial. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

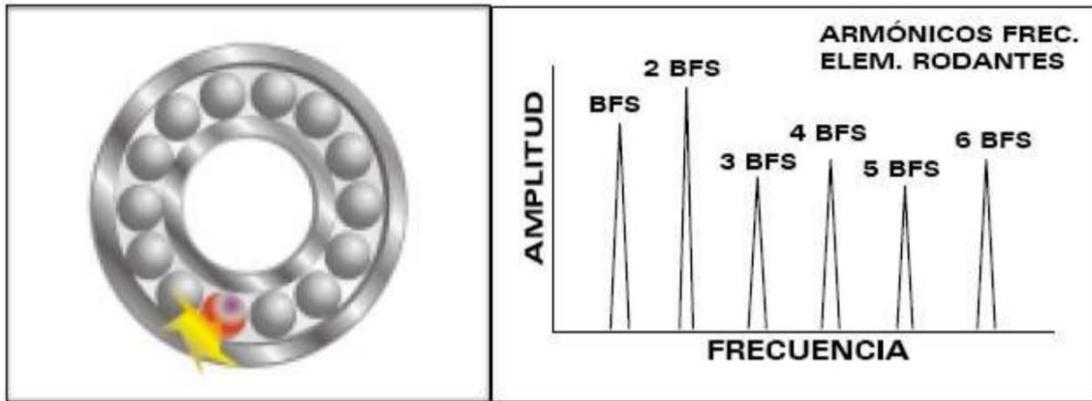


Figura 11-2.-Falla de pista externa

Fuente: a-maq s.a,2005

- **Falla de los elementos rodantes:**

El desprendimiento de material en los elementos rodantes se da a causa de montaje inadecuado, corrosión, ingreso de partículas, falta y/o mala lubricación. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

Generando armónicos 1x y 2X RPM dominando el espectro con una frecuencia de falla en el eje radial, las pistas producen pulsaciones que están entre 1-100kHz en el dominio del tiempo. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

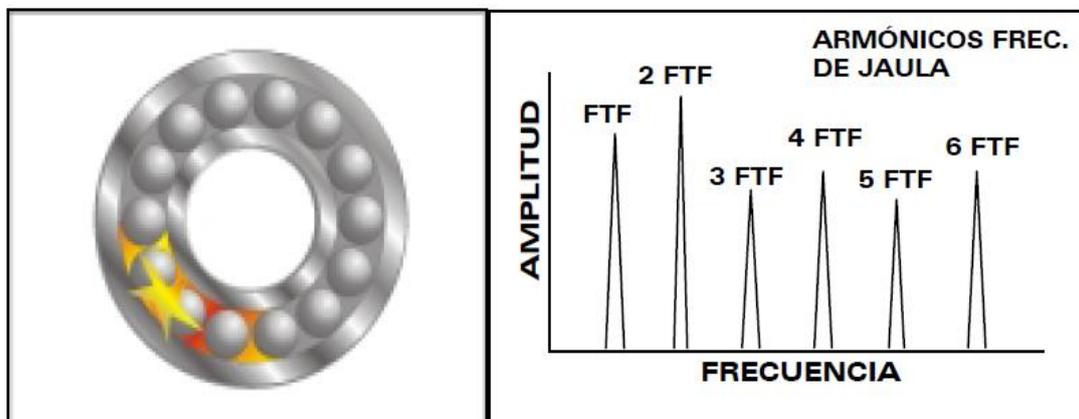


Figura 12-2.-Falla de elementos rodantes.

Fuente: a-maq s.a,2005

- **Deterioro de la Jaula:**

Debido a la degradación de este elemento se producen armónicos donde predominan 1X y 2X RPM en el eje radial y axial en frecuencia de falla. Detectándose este tipo de falla. (Toapanta, 2012, pp. 24-26)

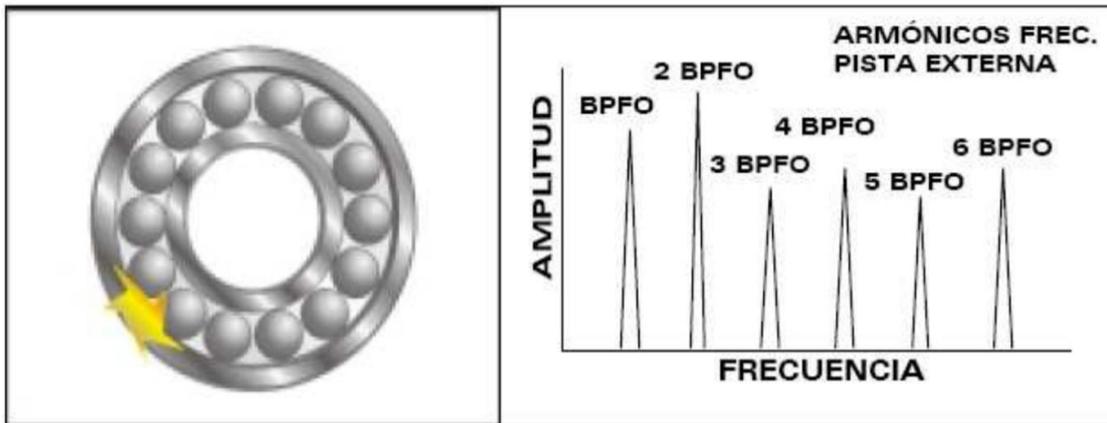


Figura 13-2.-Falla en Jaula.

Fuente: a-maq s.a,2005

2.4.4 Alineación Laser de poleas

2.4.4.1 Alineador

Es un equipo que permite alinear de forma más fácil, precisa, poleas y correas, al momento de realizar la alineación de poleas existen dos métodos que se clasifican en: métodos tradicionales (uso del sentido de la vista, uso de cuerdas o reglas y la combinación de los dos anteriores) y el método de aplicación de equipos especiales (uso del alineador laser), donde los métodos tradicionales tienen la ventaja de realizarse más rápidos y ser poco precisos, por el contrario, el segundo método su principal ventaja es que es más preciso. (Intriago & Machay, 2011,pp.19-22)

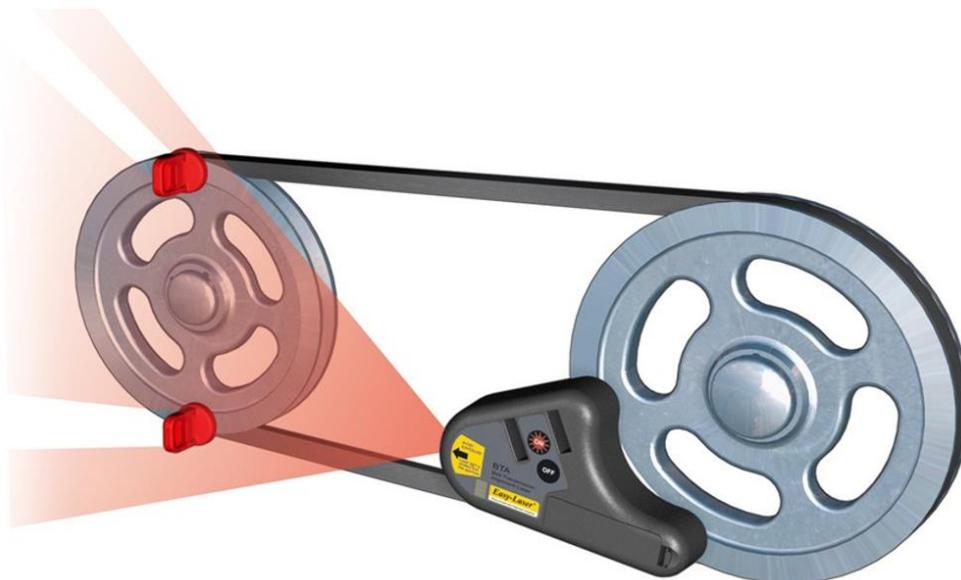


Figura 14-2.-Alineador Laser.

Fuente:https://http2.mlstatic.com/alineador-de-poleas-easy-laser-continetal-contitech-D_NQ_NP_981221-MLM29418536183_022019-F.jpg

2.4.4.2 Poleas

Una polea es una máquina de composición simple la misma que consiste en disco generalmente macizo, que contiene uno o más canales de acuerdo a su aplicación ,por estos canales o gargantas pasa las bandas mismas que se utilizan con dos objetivos, transmitir el movimiento de un eje a otro y cambio de sentido de una fuerza. (Intriago & Machay, 2011,pp.23-24)

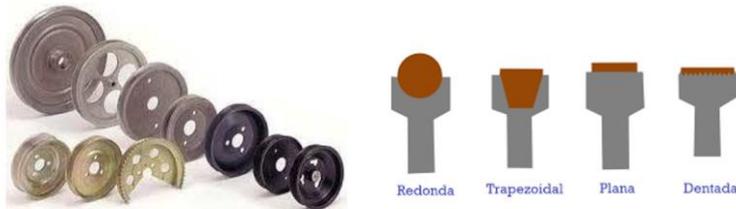


Figura 15-2.- Tipos de poleas.

Fuente:<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcR-mLGioAFALCW5T0OLAPqa1Scou4UZjD0B54m-VovO25TQ-9pQ&usqp=CAU>

2.4.4.3 Bandas trapezoidales o V

Conocidas como correas también, las bandas son elementos flexibles reforzadas con fibras de policarbonato, seguido por una envoltura de goma, y finalmente un tejido de envoltura resistente a la envoltura. (Intriago & Machay, 2011,pp.28-33)

Es tipo de bandas es más utilizada en la industria para la transmisión mecánica de alto rendimiento, la misma que tiene un porcentaje de posibilidad más bajo de patinar a diferencia de las bandas planas. (Intriago & Machay, 2011,pp.28-33)



Figura 16-2.- Banda trapezoidal o V.

Fuente: https://www.agricolacacharron.com/correa-en-v-spb-lisa-1860_pic215896ni0t0.jp

2.4.4.4 Tipos de desalineación en poleas

Es importante al momento de montar poleas se lo realice de forma correcta y a demás contar con un plan de manteniendo preventivo adecuado y acciones que evitan que las bandas sufran daños prematuros o que se acorte su vida útil. (Intriago & Machay, 2011,pp.28-33)

Los problemas más comunes en poleas se muestran a continuación:

- Desalienación angular vertical
- Desalineación angular horizontal
- Desalineación paralela
- Combinación de los tres anteriores

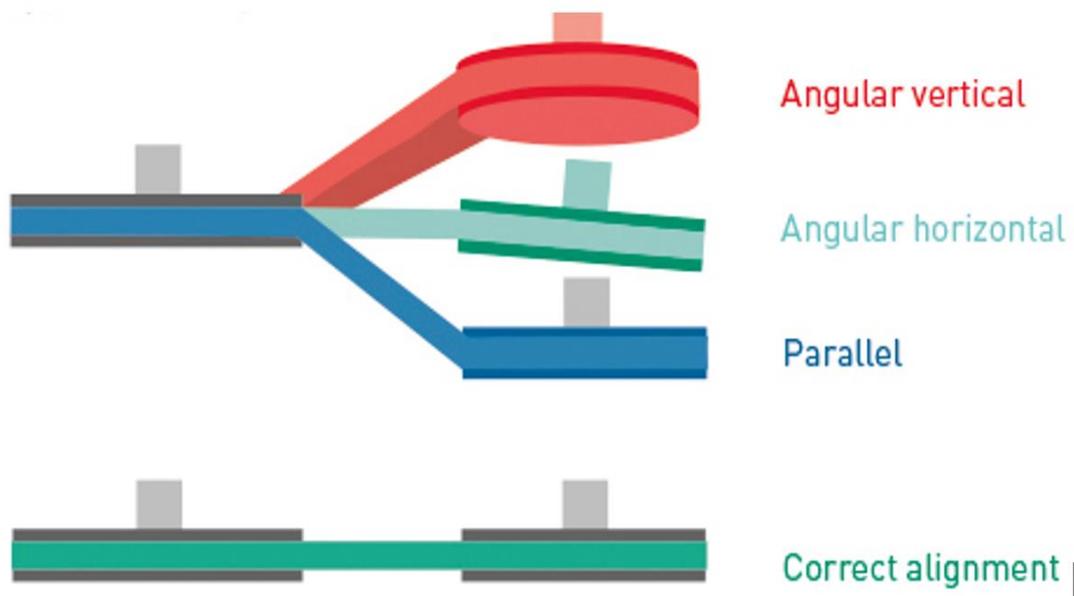


Figura 17-2.- Banda trapezoidal o V.

Fuente: https://www.nskeurope.es/content/dam/nskcmsr/images/european/CON_AIP-Plus_Misalignment_Graph.jpg

2.4.4.5 Ventajas de una correcta alineación.

- Aumenta la vida de los rodamientos.
- Aumenta el tiempo operativo, la efectividad y productividad de la máquina.
- Reducir desgaste en poleas y correas.
- Reducir la fricción y, por lo tanto, el consumo de energía.
- Reducir el ruido y las vibraciones.
- Reducir los cortos de sustitución de componentes y las paldas de la máquina.

2.5 Seguridad.

2.5.1 Norma ISO 45001

Es una norma que sirve para determinar un sistema de gestión de salud y seguridad de trabajo, se aplica para realizar trabajos seguros y disminuir riesgo, cumpliendo parámetros indicados en el documento (ISO 45001,2018,p.41)

2.5.1.1 Trabajos en altura

Para realizar trabajos en altura mayor a 1,8 m, según la ISO 45001 indica que se debe instalar una línea de vida y el uso obligatorio de arneses para evitar caídas que puedan perjudicar la salud de las personas. Además, se debe considerar equipos como casco para evitar accidentes por caída de objetos en la cabeza y zapatos de punta de acero. (ISO 45001,2018,p.41)



Figura 18-2.- Equipos de seguridad para trabajos en altura.

Fuente: <https://greenforest.com.co/wp-content/uploads/2018/03/30-arnes-seguridad-5-argollas.jpg>

2.6 Elaboración de frecuencias para tareas según RCM

Para determinar frecuencias de las tareas a realizar existen tres posibilidades según el RCM:

1.-Si se conocen datos históricos se pueden utilizar cualquier técnica estadística, se recomienda tener por lo mínimo cinco datos históricos, la frecuencia estará en función del costo del fallo y de los costos de las tareas de mantenimiento. (Moubray,2004,p.160)

2.-Si se dispone de funciones matemáticas se puede estimar frecuencias de dicha función, se debe aplicar para estimar la vida de algunas piezas. (Moubray,2004,p.160)

3.-Si no se conoce las informaciones anteriores la frecuencia se debe estimar en base a la opinión de expertos. (Moubray,2004,p.160)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

La actividad metodológica explica cómo se va a realizar la ejecución del proyecto para el análisis de la condición del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

El desarrollo de las actividades se las menciona a continuación:

- Descripción del puente grúa
- Identificación de equipos y componentes del puente grúa.
- Selección de equipos y programación de softwares de diagnóstico técnico.
- Análisis de fallos en componentes mecánicos y eléctricos.

3.1 Descripción del puente grúa.

3.1.1 Ubicación del Puente grúa

El puente grúa se encuentra ubicado en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica, la misma que pertenece a una de las siete facultades de la ESPOCH, localizada en la vía, Panamericana Sur, km. 1½ de la provincia de Chimborazo – Riobamba.



Figura 1-3.- Localización de la ESPOCH, Facultad de Mecánica, Taller de Fundición.
Fuente: Google Earth.

3.1.2 Características del puente grúa

Este equipo está constituido principalmente por: dos vigas transversales (hormigón armado) sobres las que se apoya toda la estructura metálica del puente, un carro transversal el mismo que cuenta con: dos vigas principales (horizontales), una viga auxiliar, un eje de transmisión seccionado en tres partes unidas por bridas, dos chumaceras de pared colocadas en los extremos del eje de transmisión, cuatro chumaceras de pedestal distribuidas de forma estratégica a lo largo del eje, cuatro ruedas macizas que tienen como objeto soportar el pesos del carro y desplazarlo de forma transversal, un motor-reductor Marca ASEA de 5.5 hp, el cual genera la potencia necesaria, para dar movimiento a esta parte de la estructura.

Sobre la estructura mencionada anteriormente se apoya el carro para el movimiento horizontal, el mismo que está conformado por, una estructura metálica de aproximada mente de 0.80 m x 0.80 m diseñada para enganchar un teclé de accionamiento manual utilizado como mecanismo de elevación, cuatro ruedas macizas de acero, cuatros chumaceras de pedestal, un motor-reductor marca ASEA de 2.0 hp mismo que genera la potencia para mover el carro de forma horizontal.

En la parte eléctrica el puente grúa cuenta principalmente con: cuatro contactores, cuatro finales de carrera los mismos que detienen el giro del motor-reductor del carro transversal de forma inmediata al ser accionados por las ruedas, una botonera de cuatro pulsadores para la operación de este equipo, una botonera de dos pulsadores que tiene como función abrir y cerrar el flujo de corriente que alimenta los contactores, líneas de alimentación trifásica para los motor-reductores, lámparas que indican la puesta en marcha o detención del puente grúa.



Figura 2-3.-Puente grúa.

Fuente: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

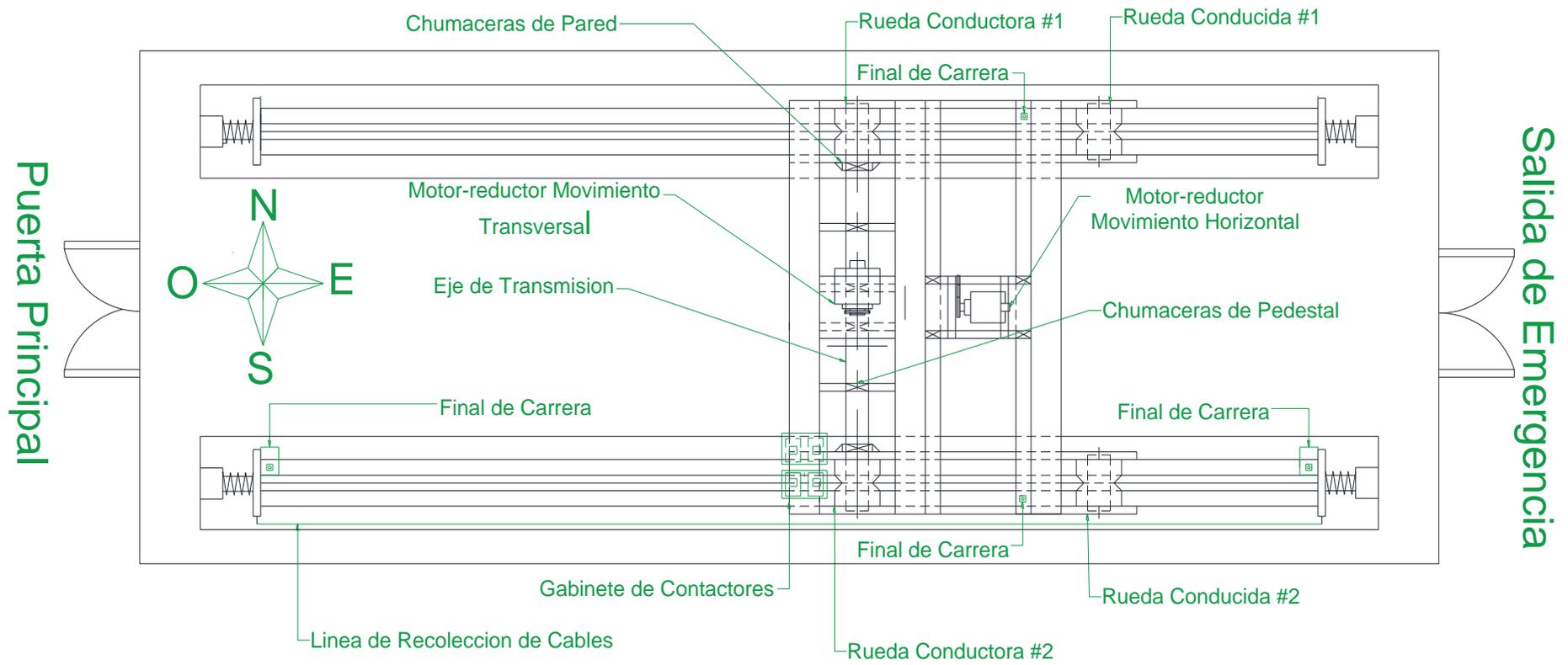


Figura 3-3.- Layout del puente grúa
 Realizado: Escobar, F; Zamora, D,2020

Tabla 1-3.- Dimensiones del puente grúa

Descripción	Unidad
Altura	4.5 m
Longitud	20 m
Ancho (luz)	10 m
Capacidad de traslación	2000 kg

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

En la tabla 2-3 se pueden observar las características de los componentes mecánicos del puente grúa

Tabla 2-3.- Dimensiones de los principales elementos constitutivos

Descripción	Cantidad	Longitud	Diámetro	Observación
Vigas Principales	2	10 m	----	Acero estructural
Vigas transversales	2	20 m	----	Concreto
Viga auxiliar	1	10 m		Acero estructural
Eje	1	10 m	8 cm	
Chumaceras de pedestal SKF-FY 511 M	4	----	8 cm(int)	Autoalineables
Chumaceras de pedestal SKF-FY 511 M	4	----	5 cm (int)	
Chumaceras de pared SKF-SY 511 M	2	----	8 cm (int)	----
Ruedas macizas	4	----	8 cm(int) 20 cm (ext)	Acero al carbono
Ruedas macizas	4	----	5 cm (int) 15 cm (ext)	Acero al Carbono
Polipastos M3-736	1	4.5 m	---	Capacidad de elevación 2000 kg

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

En la tabla 3-3 se puede observar las características de los componentes eléctricos del puente grúa.

Tabla 3-3.- Elementos eléctricos del puente grúa.

Descripción	Cantidad	Potencia	Fases
Motor-reductor ASEA 5.5 HP	1	5.5 hp	3
Motor-reductor ASEA 2.0 HP	1	2.0 hp	2
Contactores KASUGA E. W.	2	5.5 hp	----
Lámparas	3	120 w	2
Botoneras	2	----	2
Finales de Carrera Moujen MJ7101	4	----	2

Realizado: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2 Identificación de equipos y componentes del puente grúa.

Para identificar de una mejor manera a los equipos y componentes se los ha dividido en componentes mecánicos y eléctricos, estos componentes se los presenta a continuación:

3.2.1 Componentes mecánicos

3.2.1.1 Movimiento transversal

El puente grúa está constituido por elementos mecánicos como son: rieles colocados sobre las dos vigas principales que alcanzan los 20 metros, por donde se desplazan linealmente las 4 ruedas, dos conductoras y dos conducidas para dar movimiento a toda la estructura de forma transversal, estas ruedas son accionadas por un eje el mismo que transmite el movimiento desde un motor-reductor, conectado al eje transmisión por bandas.

El eje está soportado por medio de 6 chumaceras, 4 de pedestal y 2 de pared, permitiéndole a éste girar libremente como en la figura 4-3.

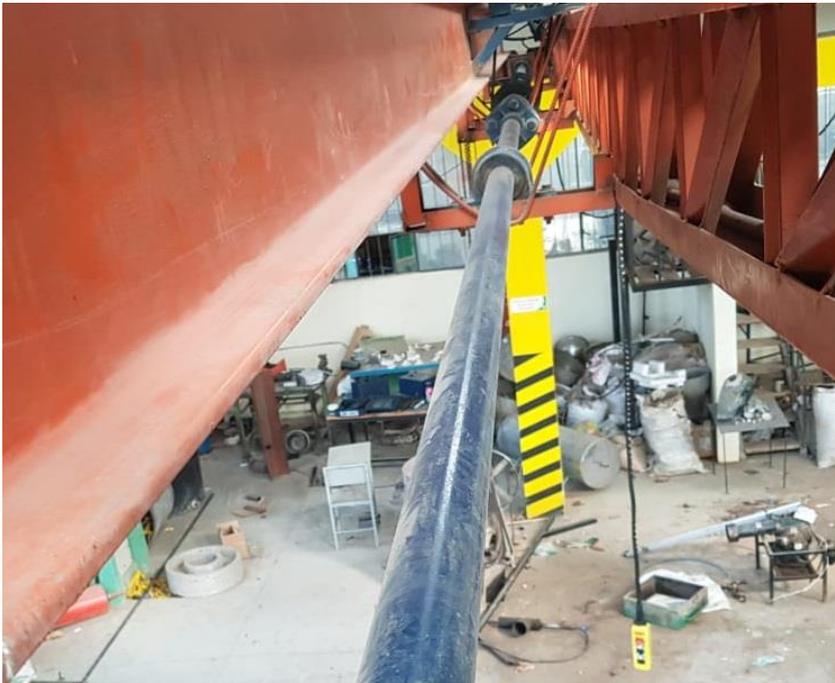


Figura 4-3.- Componentes mecánicos del movimiento transversal.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.1.2 Movimiento horizontal

El movimiento horizontal es generado por un carrito que se traslada a través de la estructura del puente grúa, el mismo que cuenta con 4 ruedas y 4 chumaceras de pedestal, este carrito es accionado por un motor-reductor el que transmite el movimiento por bandas conectadas a una polea doble incorporada al carrito.

El carrito además lleva consigo un tecele, que sirve para dar el movimiento vertical como se muestra en la figura 5-3.



Figura 5-3.- Componentes mecánicos del movimiento horizontal.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.2 Componentes eléctricos

3.2.2.1 Motor-reductor movimiento transversal

El motor-reductor se encuentra a mitad de la estructura del puente grúa y su función es accionar las 4 ruedas que soportan la estructura del puente grúa y éste se mueve de forma transversal.

El motor posee características eléctricas que se muestran en la figura 6-3.



Figura 6-3.-Características del motor-reductor del movimiento transversal

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

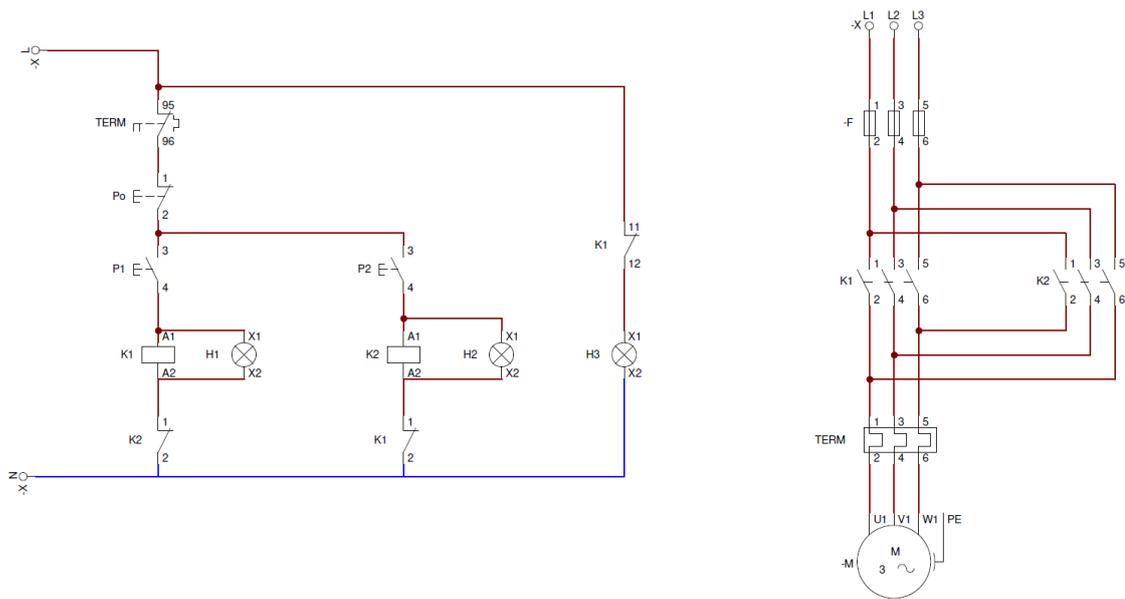


Figura 7-3.- Circuito de mando y potencia del motor-reductor movimiento transversal.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.2.2 Motor-reductor movimiento horizontal

El motor-reductor se encuentra ubicado sobre el carrito y permite el movimiento de éste. El motor permite la transmisión de movimiento hacia las ruedas. Las características eléctricas del motor-reductor se muestran en la figura 8-3.



Figura 8-3.- Características del motor-reductor del movimiento horizontal.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

El motor-reductor cuenta con tres rodamientos, en la parte lado acople, lado libre y el rodamiento del reductor.

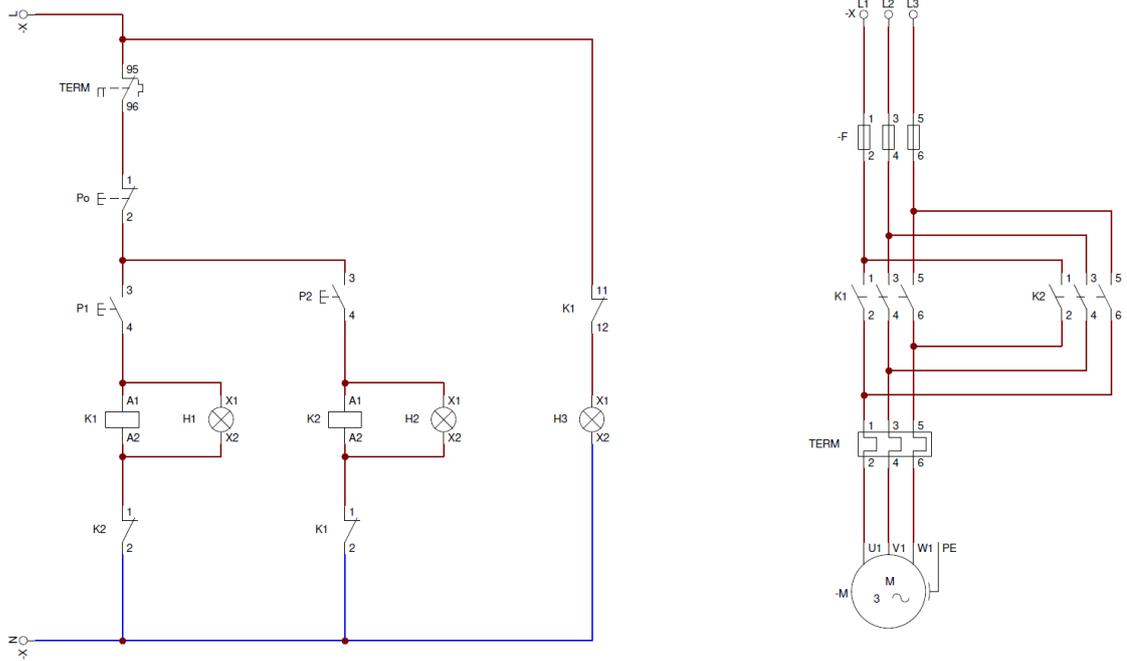


Figura 9-3.- Circuito de mando y potencia del motor-reductor movimiento transversal.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.2.3 Contactores

Para el accionamiento de los motores se utilizan cuatro contactores para el arranque y cambio de giro como se muestra en la figura 10-3.

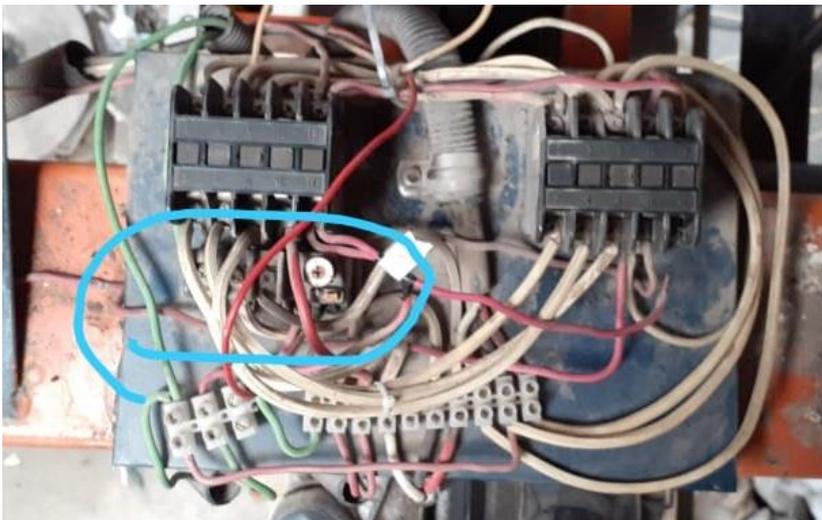


Figura 10-3.- Contactores

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

En la tabla 4-3 se muestran los parámetros de eléctricos de trabajo de los contactores:

Tabla 4-3.- Parámetros eléctricos de los contactores.

Marca	KASUGA E. W.
Potencia	5.5 hp
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Amperaje	27 A

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.2.4 *Finales de carrera*

Para frenar el movimiento transversal, lo que implica la estructura del puente, se utilizan dos finales de carrera ubicados en los extremos de la viga transversal derecha tomando como referencia el ingreso por la puerta principal, esto como medida de seguridad contra algún posible descarrilamiento

Así mismo se utilizan dos finales de carrera ubicados en los extremos de una de las vigas principales, los mismos que constan de un switch NC, que al momento de ser accionado hace que los motor-reductores detengan su movimiento de forma inmediata.



Figura 11-3.- Final de carrera

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.2.2.5 *Conductores*

Los conductores que forman parte de los circuitos de mando y de potencia, alimentación trifásica de los motor-reductores, para la operación del puente grúa también han sido objeto de análisis.

3.3 Selección de equipos y programación de softwares para diagnóstico técnico.

Para realizar análisis de la condición del puente grúa y determinar su estado técnico es necesario contar con los equipos y softwares adecuados para la toma de datos, los mismos que son posteriormente procesados y analizados, a fin de determinar los fallas y modos de fallas que puedan estar presentes en el activo.

3.3.1 *Análisis vibracional.*

Para la toma o recolección de datos del puente grúa, se ha seleccionado el analizador de vibraciones VIBRA CHECK y para realizar el análisis el software MAINTraq Predictive. Este equipo y software están complementados entre sí, en el software se realiza la programación necesaria una vez instalado en un PC para recibir los datos obtenidos y analizarlos.

3.3.1.1 *Analizador de vibraciones VIBRA CHECK*

El analizador de vibraciones VIBRA CHECK es un equipo que permite por medio de un acelerómetro recolectar datos de vibraciones y almacenarlos en su memoria para posterior a eso descargarlos al computador.

En la figura 12-3 se muestra a continuación el analizador de vibraciones VIBRA CHECK.



Figura 12-3.-Analizador de vibraciones VIBRA CHECK

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.3.1.2 *Software MAINTraq Predictive*

El software MAINTraq Predictive es un software que permite observar los espectros de los datos tomados para realizar análisis, comparando dichos espectros con las Cartas de Charlotte y de esa manera obtener fallos o modos de fallos que se puedan estar dando en este equipo.

En la figura 13-3 se muestra el software utilizado para el análisis de vibraciones.

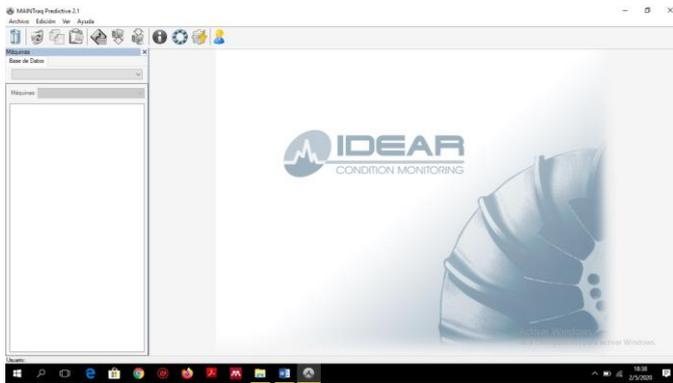


Figura 13-3.-Software MAINTraQ Predictive.

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Los pasos para programar el software y realizar el análisis de datos obtenidos, en los componentes del puente grúa se muestran en el anexo A.

3.3.2 *Análisis termográfico.*

Para la realización del análisis termográfico es factible contar con los equipos necesarios para la toma y análisis de datos. Para lo que se ha seleccionado una cámara termográfica de marca SATIR y complementario a ésta el software SATIR Report para el análisis de los termogramas, un anemómetro de marca EXTECH para medir la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento.

3.3.2.1 *Cámara termográfica SATIR*

La cámara termográfica SATIR es un equipo que permite tomar termogramas, para lo cual se debe introducir en su programación datos como la emisividad, temperatura ambiente, rango de temperatura y humedad relativa al momento de medir la temperatura del objeto.

Esta cámara posee una tarjeta de memoria SIM donde se almacenan los termogramas, la misma que puede ser extraída y con un adaptador se puede trasladar la información al computador, en donde se puede analizar los termogramas tomados.

En la figura 14-3 se puede apreciar la cámara SATIR seleccionada para la toma de termogramas.



Figura 14-3.- Cámara termográfica SATIR

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.3.2.2 Anemómetro EXTECH

El anemómetro EXTECH es un equipo que nos permite medir datos, como la humedad relativa y la temperatura ambiente datos necesarios para la programación de la cámara termográfica como en la figura 15-3.



Figura 15-3.- Anemómetro EXTECH

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.3.2.3 Software para análisis termográfico SATIR Report.

El software SATIR Report es un software que permite analizar los termogramas comparando temperaturas, mismo que asigna una temperatura a determinado color dependiendo de la paleta de colores escogida de esa manera se puede comparar los colores con una zona tomada del objeto con otra zona similar y determinar si existe o no un incremento de temperatura en dicha zona que pueda perjudicar al funcionamiento del equipo o sistema.

En la figura 16-3 se muestra el Software SATIR Report para el análisis de termogramas.

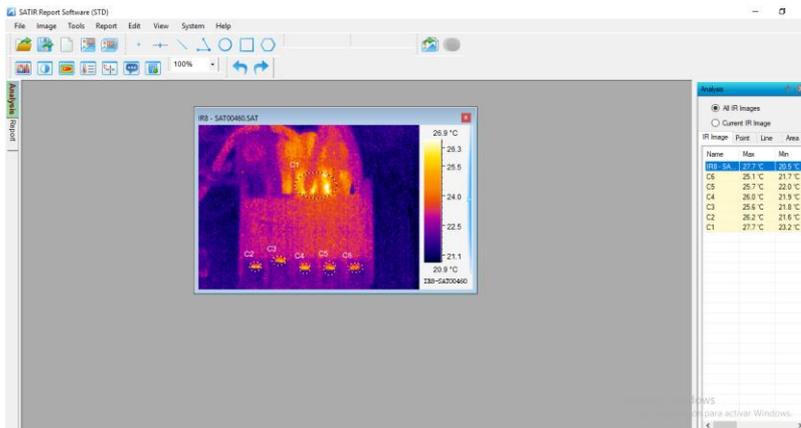


Figura 16-3.-Software SATIR Report

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.3.3 *Alineador láser.*

Para determinar la desalineación de poleas se ha escogido el alineador láser marca Fag, éste equipo permite encontrar fallos de desalineación, debido a un rayo láser proyectado desde el emisor al receptor.

Cuando el láser del emisor no coincide con el centro del receptor se puede decir que existe desalineación. En caso de existir desalineación se puede alinear con el siguiente procedimiento, haciendo coincidir el láser del emisor hacia el centro del receptor y si lo hace se podrá decir que se encuentra alineado.



Figura 17-3.- Alineador láser Fag.

Fuente: https://www.rodaunion.es/imagenes-articulo/05-Top-Laser_Smarty-2-Digital.jpg

3.4 Análisis de la condición

Para determinar las condiciones del puente grúa se ha dividido en componentes mecánicos y componentes eléctricos, los equipos que se muestran a continuación son aquellos que han presentado alguna falla, dejando de esta manera de cumplir su función.

A continuación, se muestran los equipos con sus respectivas fallas, modos de fallos y solución propuesta.

3.4.1 Componentes mecánicos

3.4.1.1 Análisis de la condición de la rueda conductora # 2

La rueda se localiza en la parte frontal de la esquina derecha de la estructura del carro transversal, el mismo que se apoya sobre las vigas transversales (concreto), tomando como referencia el ingreso por la puerta principal del taller.



Figura 18-3.- Rueda conductora #2

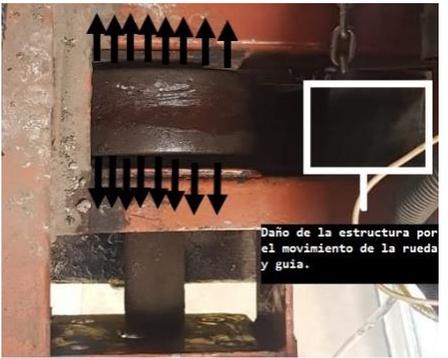
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 5-3.-Modos de falla de la Rueda Conductor #2.

Función	Fallas funcionales	Modos de falla
La función de la rueda es soportar el peso de la estructura, desplazarse de forma instantánea y, linealmente al recibir el movimiento transmitido desde el motor-reductor a través del eje, durante el arranque y su trayectoria.	No se desplaza instantáneamente al recibir el movimiento del motor-reductor	Chavetero de la rueda deteriorado.
	La rueda no se desplaza linealmente	Garganta de la rueda mal mecanizada.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 6-3.-Descripción de los modos de falla de la Rueda Conducidora #2.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Chavetero de la rueda deteriorado.</p> <p>Descripción de modo de falla: Se produce un retraso del movimiento esto con respecto a la rueda conductora # 1 al momento del arranque debido al mal mecanizado del chavetero, evento se puede observar en la figura.</p>	<p>Rectificar chavetero en la rueda.</p>
	<p>Modo de falla: La rueda no se desplaza linealmente</p> <p>Descripción de modo de falla: La rueda no sigue una trayectoria lineal, esto debido al mal mecanizado de la garganta de la rueda y ausencia del riel guía colocado sobre el canal metálico a lo largo de las vigas transversales.</p>	<p>Rectificar la garganta interna de la rueda.</p> <p>Colocar riel guía en el canal metálico ubicado a lo largo de la viga transversal, considerando los mismos lineamientos y materiales utilizados en el lado opuesto del puente grúa.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 202

3.4.1.2 Análisis de la rueda conducida #2

La rueda se localiza en la parte posterior de la esquina derecha de la estructura del carro transversal, mismo que se apoya sobre las vigas transversales (concreto), esto tomando como referencia el ingreso por la puerta principal del taller.



Figura 19-3.-Rueda conducida #2

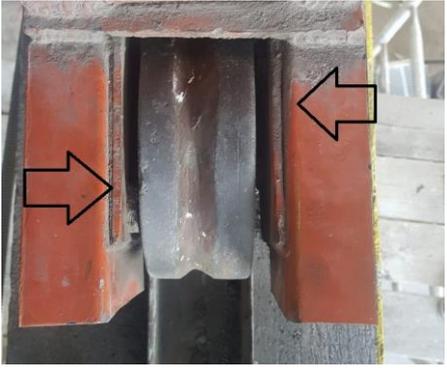
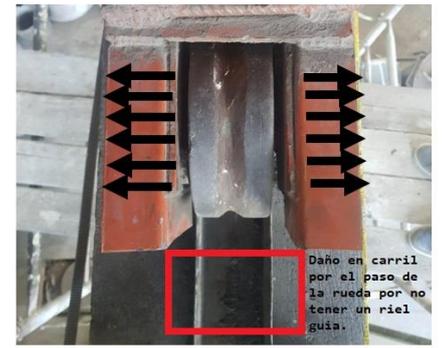
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 7-3.-Modos de falla de la Rueda Conducida #2.

Función	Fallas funcionales	Modos de falla
La función de la rueda es soportar el peso de la estructura y, desplazarse linealmente al recibir el movimiento de la rueda conductora durante el arranque y su trayectoria.	La rueda no se desplaza en ciertos lapsos de tiempo.	Mal dimensionamiento de rueda conducida #2
	La rueda no se desplaza linealmente	Garganta de la rueda conducida #2 mal mecanizada.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 8-3.-Descripción de los modos de falla de la rueda conducida #2.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: La rueda no se desplaza en ciertos lapsos de tiempo.</p> <p>Descripción de modo de falla: El mal dimensionamiento de la rueda provoca que ésta tienda a inclinarse horizontalmente, hasta llegar a tener contacto con las dos placas laterales resultando en repetidas ocasiones que se detenga causando el arrastre o empuje de la misma al momento del arranque del puente.</p>	<p>Se recomendó realizar el desbaste de 1,5 mm en ambas caras planas de rueda, debido a que la estructura no puede ser modificada</p> <p>Rectificar la garganta interna de la rueda.</p>
	<p>Modo de falla: La rueda no se desplaza linealmente.</p> <p>Descripción de modo de falla: El mal mecanizado de la garganta interna de la rueda provoca que ésta no siga una trayectoria, moviéndose de izquierda a derecha y a más de esto, no cuenta con el riel guía ubicado en un canal metálico a lo largo de la viga transversal.</p>	<p>Colocar el riel guía en el canal metálico ubicado a lo largo de la viga transversal, siguiendo los mismos lineamientos y materiales utilizados en el lado opuesto del puente grúa.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.1.3 Análisis de la condición del eje de transmisión de movimiento transversal.

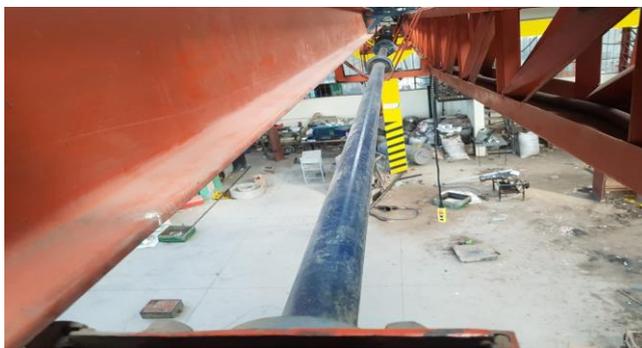


Figura 20-3.- Eje de transmisión de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 9-3.- Modos de falla del eje de transmisión de movimiento transversal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
La función del eje es transmitir el movimiento del motor a las ruedas al momento del arranque y su trayectoria por medio de las poleas y bandas.	No transmite movimiento al instante del arranque.	Chavetero y chaveta del eje deformado.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 10-3.- Descripción de los modos de falla del eje de transmisión de movimiento transversal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Chavetero y chaveta del eje deformado.</p> <p>Descripción de modo de falla: Mal mecanizado del chavetero, ha incurrido esto en el juego excesivo del conjunto rueda-eje, reduciendo notablemente la efectividad del torque al instante del arranque. El deterioro del chavetero se puede observar en la figura</p>	Rectificar chaveta y chavetero.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.1.4 *Análisis de condición del motor-reductor carro horizontal*



Figura 19-3.- Motor-reductor del carro horizontal

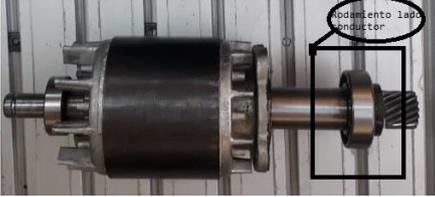
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 11-3.- Modos de fallas de motor-reductor carro horizontal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
La función del motor es proporcionar la potencia necesaria, para transmitir movimiento a las ruedas del carro del movimiento horizontal	El motor no transmite movimiento.	Líneas de alimentación trifásica del motor desconectados.
		Rodamiento lado libre del motor en mal estado
		Rodamiento lado acople del motor en mal estado
		Pernos de sujeción del estator rotos.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 12-3.- Descripción de los modos de fallas de motor-reductor carro horizontal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Líneas de alimentación trifásica del motor desconectados</p> <p>Descripción de modo de falla: Líneas de alimentación del motor sueltas, a causa del torque generado por el rotor al momento del arranque, esto debido a que los pernos que sujetan el rotor se encuentran rotos.</p>	<p>Reconectar líneas de alimentación trifásica del motor de acuerdo como indica la placa de este, una vez remplazado los pernos de sujeción del estator.</p>
	<p>Modo de falla: Rodamiento lado libre del motor en mal estado</p> <p>Descripción de modo de falla: Rodamiento del lado libre del rotor presentan picadura por corrosión en ambas pistas, tanto en la pista externa e interna.</p>	<p>Cambio de rodamiento.</p>
	<p>Modo de falla: Rodamiento lado acople del motor en mal estado</p> <p>Descripción de modo de falla: Rodamiento del lado acople del rotor presentan picadura por corrosión en ambas pistas, tanto externa como interna.</p>	<p>Cambio de rodamiento.</p>
	<p>Modo de falla: Pernos de sujeción del estator rotos</p> <p>Descripción de modo de falla: Pernos de sujeción del motor rotos debido al torque generado al momento del arranque.</p>	<p>Extraer los pernos rotos, rectificar las roscas y colocar pernos de un diámetro mayor a los existentes.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Nota: En el motor reductor de movimiento horizontal no se pudo realizar análisis vibracional ya que para que se pueda realizar, el equipo debe estar funcionando a plena carga, siendo lo contrario ya que el motor no se encontraba en funcionamiento al momento de la intervención por los distintos modos de fallas encontradas antes mencionados.

3.4.1.5 *Análisis de condición del motor-reductor del carro transversal.*

El motor-reductor se encuentra instalado en el centro de las vigas principales ubicado de forma horizontal como se muestra en la figura 21-3.



Figura 22-3.- Motor-reductor del movimiento transversal.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 5-3.- Modos de fallas del motor-reductor carro transversal.

Función	Fallas funcionales	Modos de falla
Proporcionar la potencia necesaria, a ser transmitida al eje a través de las bandas, para dar movimiento al carro transversal.	N/D	N/D

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis de vibraciones del motor-reductor para el movimiento transversal.

Tabla 13-3.- Analisis de vibraciones del rodamiento lado libre del motor – LV1

Figura: Lado vertical punto 1 del motor-reductor.	Descripción.
	<p>Para la toma de datos del lado vertical (libre) del rodamiento del motor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como se muestra en la imagen, se ubicó el acelerómetro en la parte superior del motor de forma vertical a 90 grados con respecto a la base.</p>

Análisis del espectro

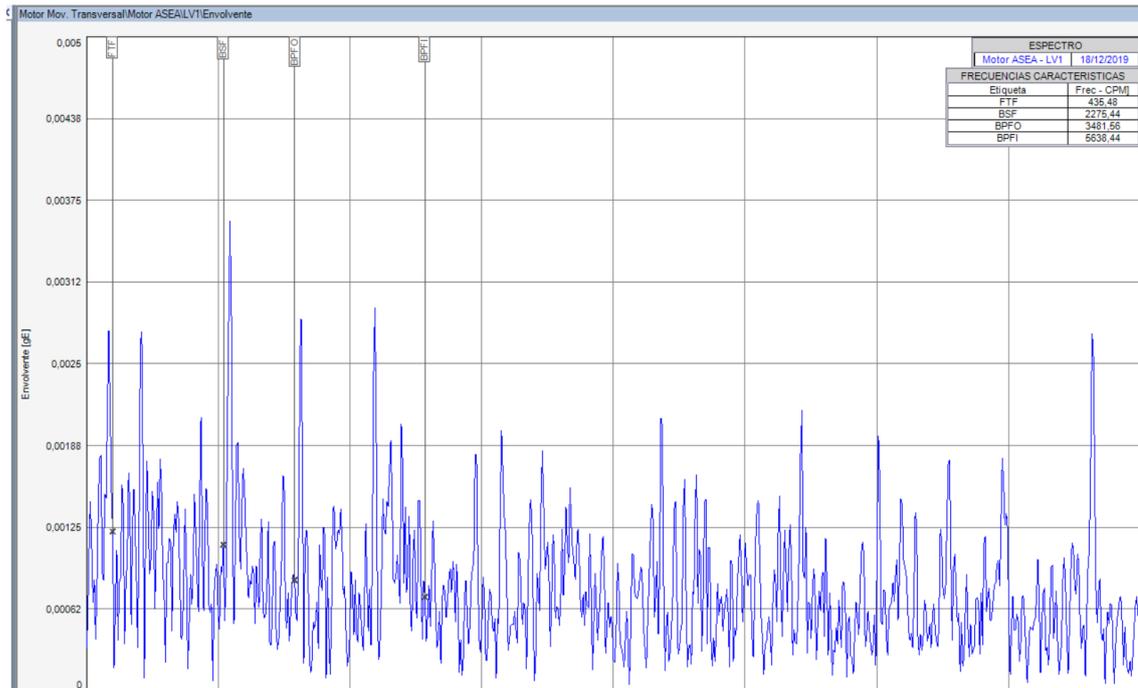


Figura 23-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LV1 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la imagen, del lado vertical se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 14-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado libre del motor – LH1

Figura: Lado horizontal punto 1 del motor-reductor.	Descripción.
	<p>Para la toma de datos del lado horizontal (libre) del rodamiento del motor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como se muestra en la figura, se colocó el acelerómetro en la parte lateral del motor de forma horizontal al motor formando un ángulo de 90° con respecto al lado vertical (libre).</p>

Análisis del espectro

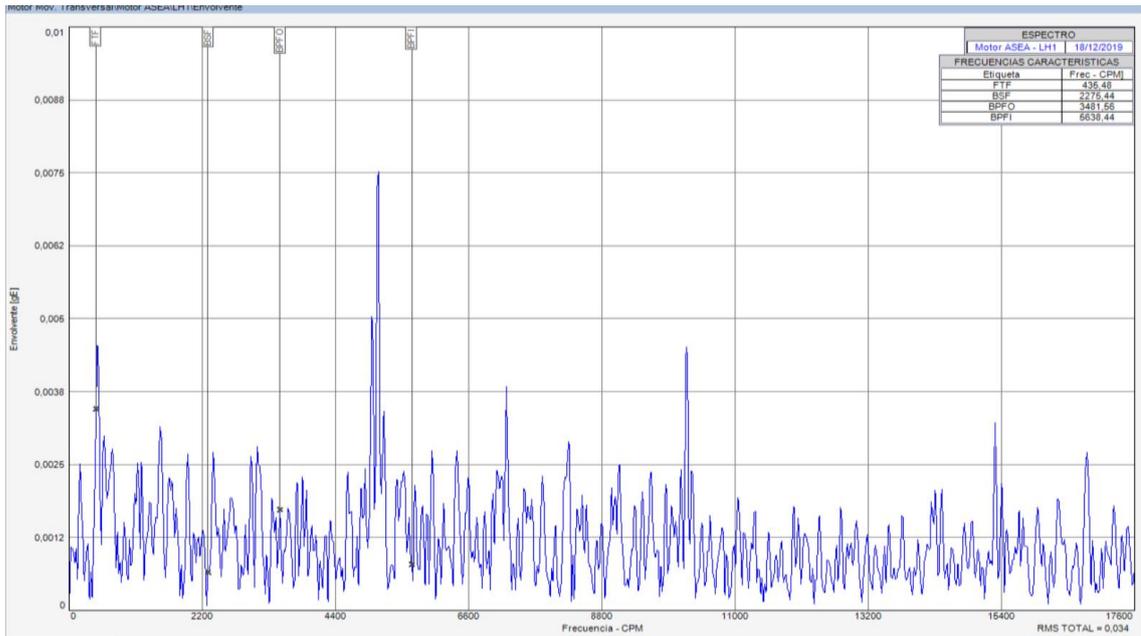


Figura 24-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LH1 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la figura 23-3, del lado horizontal se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes ni con sus múltiplos según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 15-3.-Análisis de vibración de rodamiento lado del acople del motor – LV2

Figura: Lado vertical punto 2 del motor-reductor	Descripción.
	<p>Para la toma de datos del lado vertical (acople) del rodamiento del motor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra en la imagen, se colocó el acelerómetro sobre un inserto en la parte superior del motor de forma vertical a 90° con respecto a la base del motor.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis del espectro

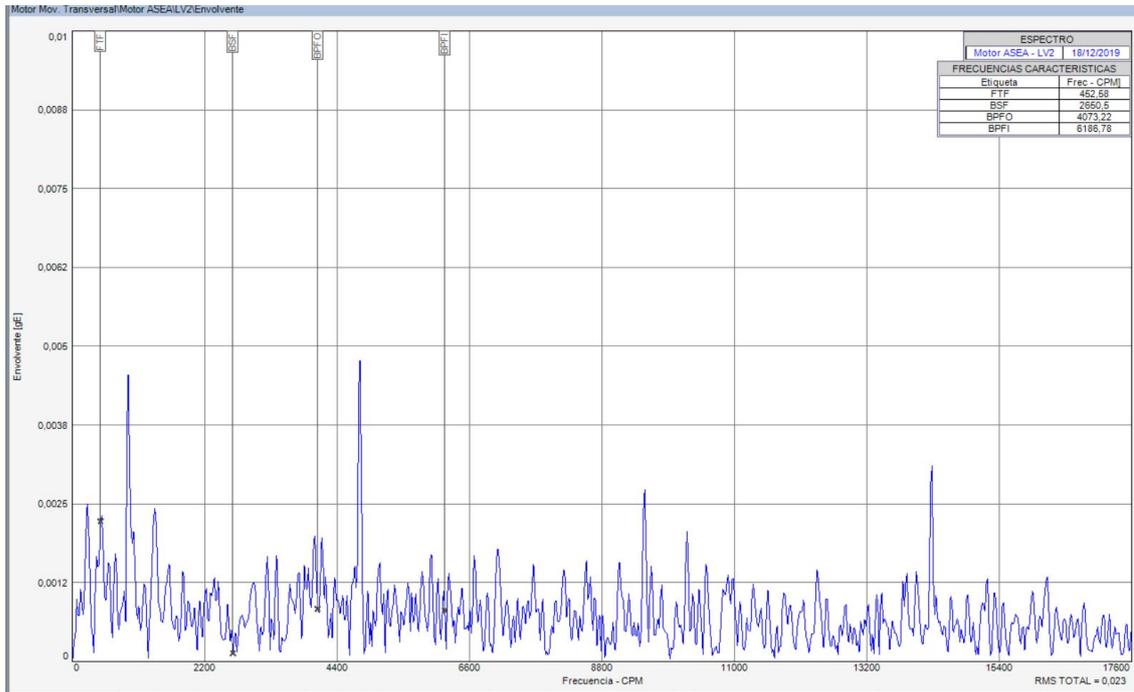


Figura 25-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LV2 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la imagen del lado vertical se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 16-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del motor – LH2

Figura: Lado horizontal punto 2 del motor-reductor	Descripción
<p>Figura:</p> 	<p>Para la toma de datos del lado horizontal (acople) del rodamiento del motor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra la flecha en la imagen, se ubicó el acelerómetro en la parte lateral del motor de forma horizontal formando un ángulo de 90° con respecto al lado vertical (acople).</p>

Analisis del espectro

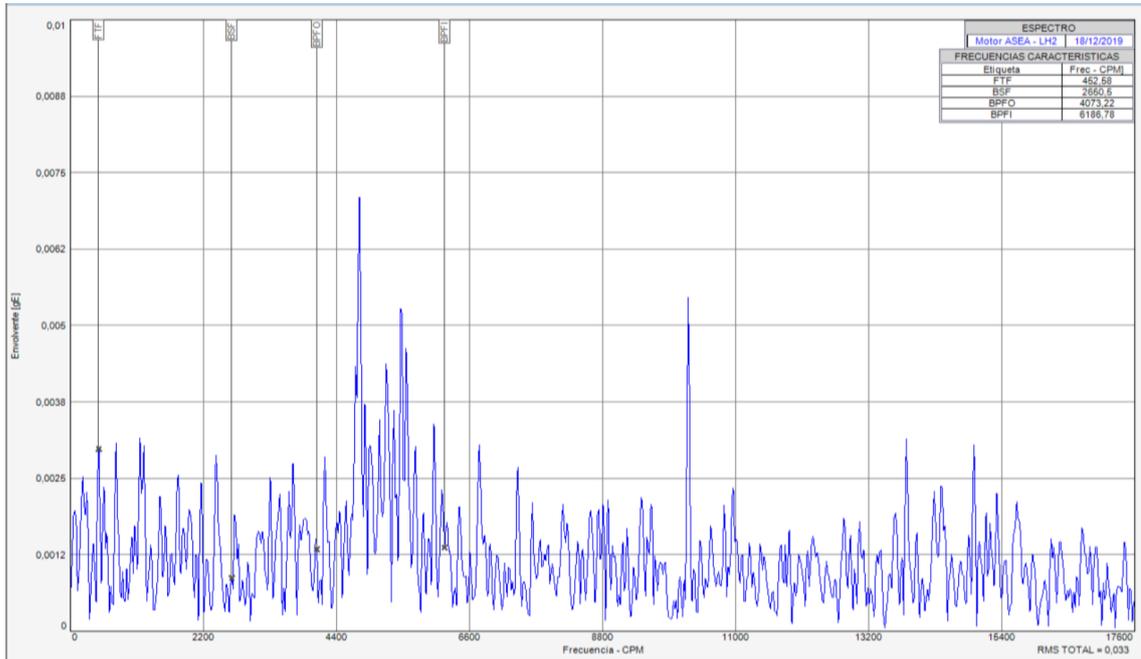


Figura 26-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LH2 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la figura 25-3, del lado horizontal se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes, ni con sus múltiplos según indica las Cartas de Charlotte

Tabla 17-3.-Análisis de vibración de rodamiento lado acople del motor – LA2

Figura: Lado axial punto 2 del motor-reductor	Descripción
	<p>Para la toma de datos del lado axial (acople) del rodamiento del motor se colocó una un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra en la imagen, se ubicó el acelerómetro para la toma de datos en la parte frontal del motor de forma horizontal formando un ángulo de 90° con respecto al lado horizontal (acople).</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Analisis del espectro

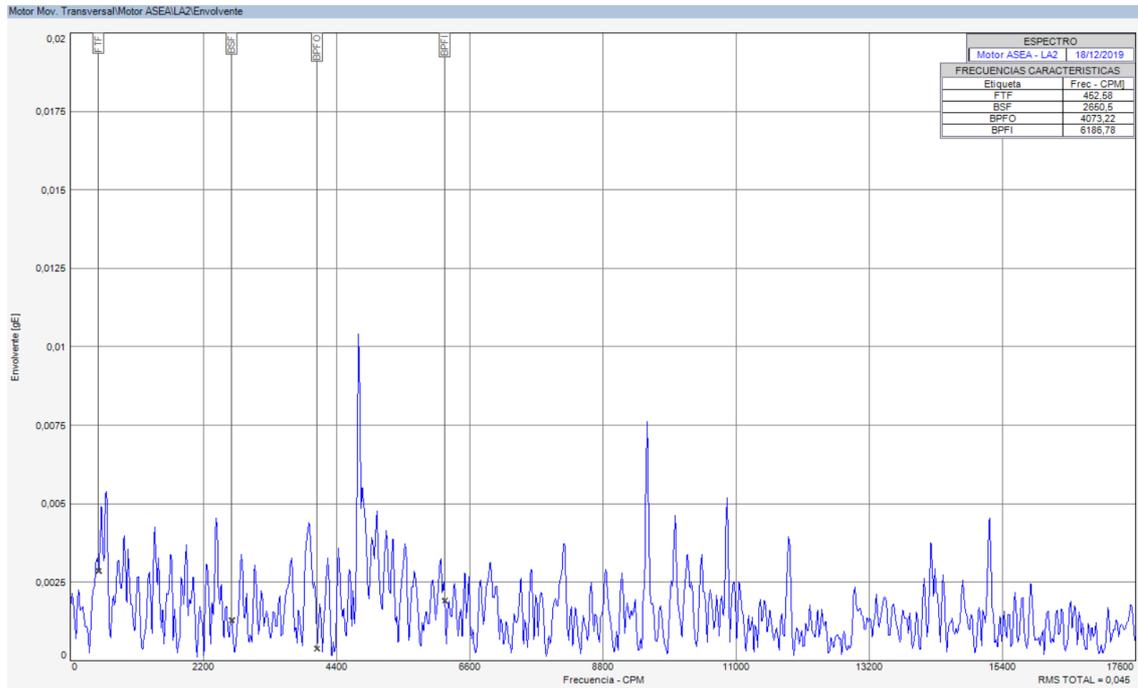


Figura 27-3.- Espectro del rodamiento del motor lado acople LA2 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la imagen del lado axial se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 18-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor- LV3

Figura: Lado vertical punto 3 del motor-reductor	Descripción
	<p>Para la toma de datos del lado vertical del reductor se colocó una inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra la flecha en la imagen, se ubicó el acelerómetro en la parte superior del reductor formando un ángulo de 90° con respecto a la base del motor.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis del espectro

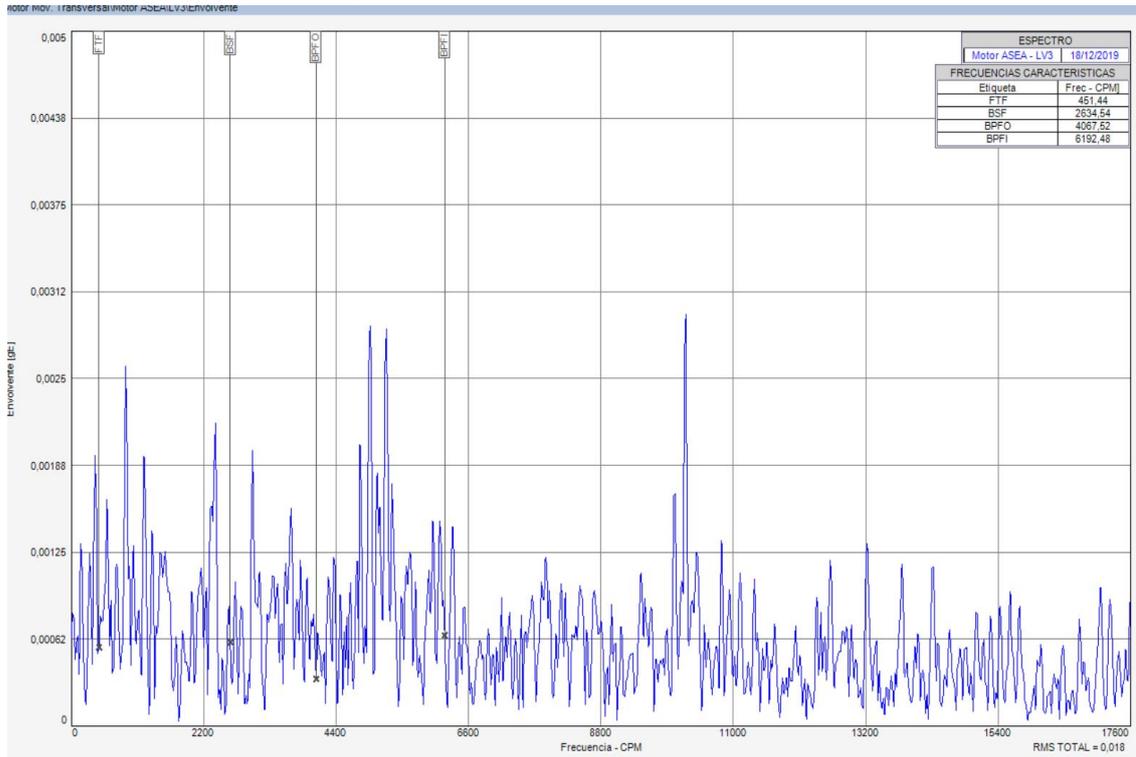


Figura 28-3.- Espectro del rodamiento del reductor LV3 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la figura, del lado vertical del reductor se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 19-3.-Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor-LH3

Figura : Lado horizontal punto 3 del motor-reductor	Descripción:
	<p>Para la toma de datos del lado horizontal del reductor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra la flecha en la imagen, se colocó el acelerómetro en la parte lateral del reductor formando un ángulo de 90° con respecto al lado vertical del motor-reductor.</p>

Análisis del espectro

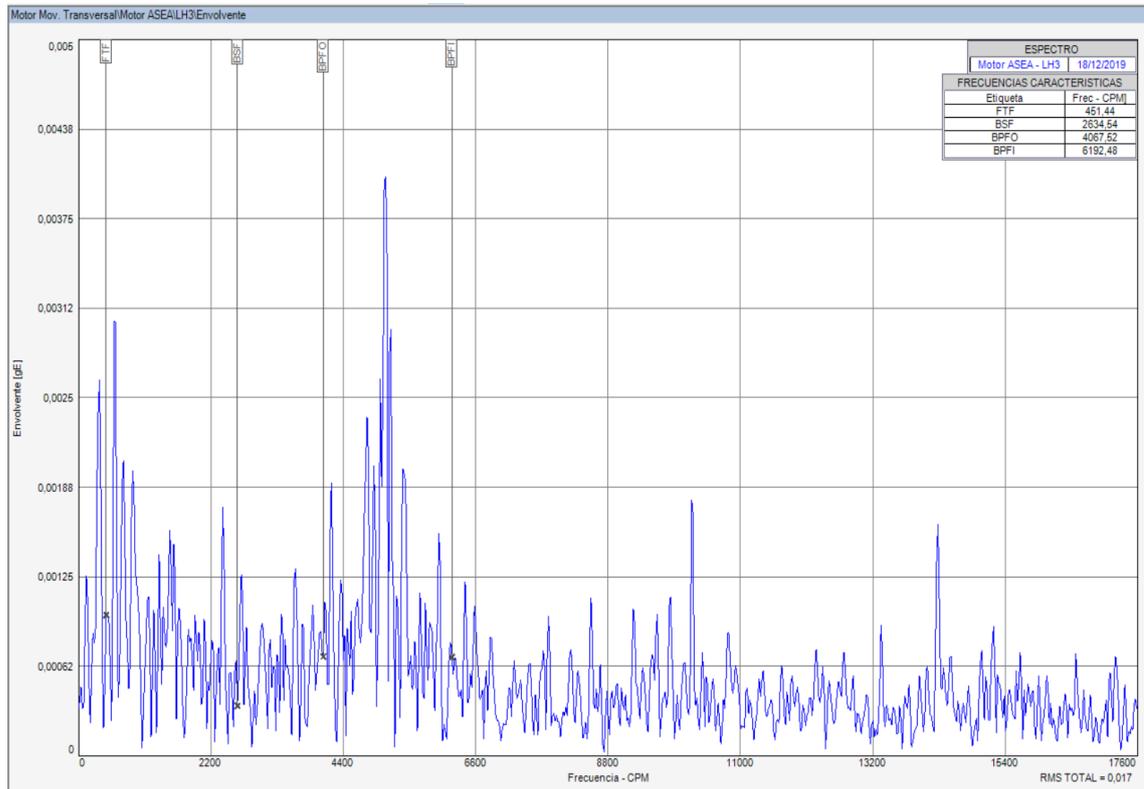


Figura 29-3.- Espectro del rodamiento del reductor LH3 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la imagen, del lado horizontal del reductor se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

Tabla 20-3.- Análisis de vibración de rodamiento lado acople del reductor-LA3

Figura: Lado axial.	Descripción
	<p>Para la toma de datos del lado axial del reductor se colocó un inserto para asentar el acelerómetro.</p> <p>Como muestra la en la imagen, se colocó el acelerómetro en la parte frontal del reductor formando un ángulo de 90° con respecto al horizontal del motor-reductor.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis del espectro

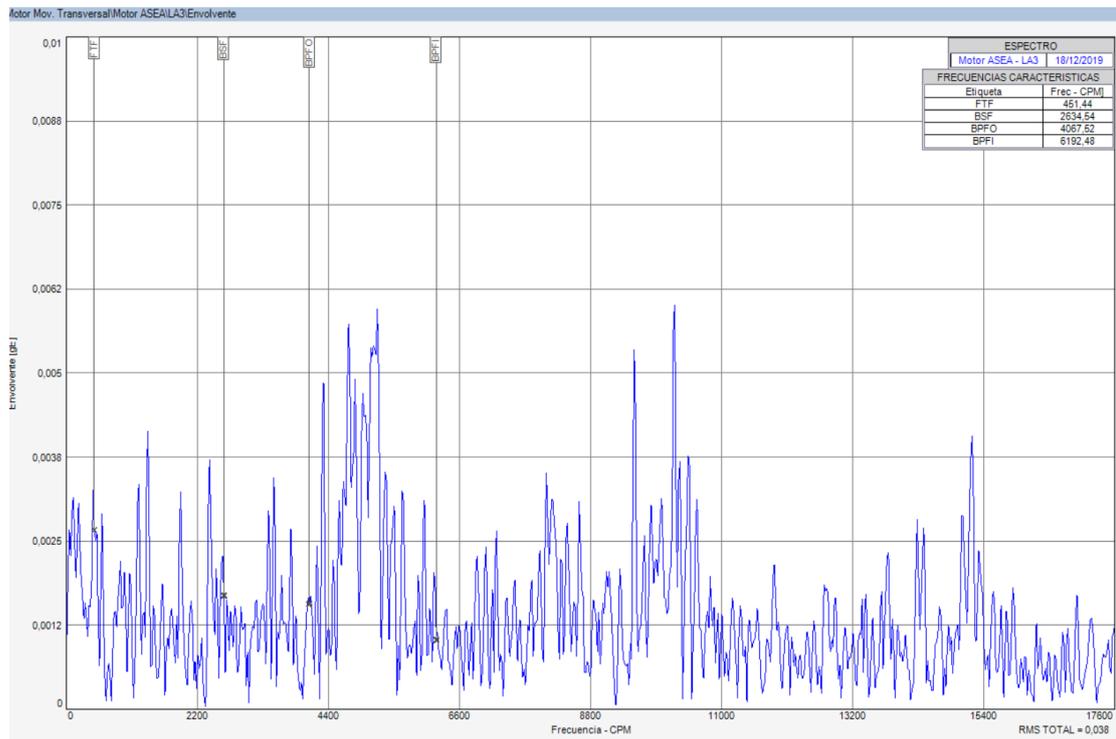


Figura 30-3.- Espectro del rodamiento del motor lado libre LV1 del motor-reductor de movimiento transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Análisis: Al realizar el análisis del espectro en la imagen 55-3 del lado axial del reductor se puede determinar que el rodamiento se encuentra en buen estado ya que tanto BPFI, BPFO, BSF Y FTF no coinciden con los picos predominantes según indica las Cartas de Charlotte.

3.4.1.6 Análisis de la condición del sistema de transmisión carro horizontal.



Figura 31-3.- Sistema de transmisión del carro de movimiento horizontal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 21-3.- Modos de fallas del sistema de transmisión carro horizontal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Transmitir el movimiento que genera el motor-reductor al eje del carro por medio de una polea doble poleas y dos bandas.	No transmite movimiento.	Deterioro de las bandas.
		Desalineación de poleas

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 22-3.- Descripción de los modos de fallas del sistema de transmisión carro horizontal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Deterioro de las bandas.</p> <p>Descripción de modo de falla: La desalineación de las poleas ha provocado que las bandas se deterioren. El deterioro de las bandas se ha determinado por medio de una inspección visual, se puede observar el mal estado de las bandas.</p>	Cambio de bandas.
	<p>Modo de falla: Desalineación de poleas.</p> <p>Descripción de modo de falla: Se ha determinado por medio de un alineador laser la desalineación de poleas, provocando que las bandas se deterioran y de esta manera dejar de transmitir movimiento hacia las ruedas. Las poleas se encuentran desalineadas 3cm con respecto a su posición original. La desalineación de las poleas se puede observar en la figura.</p>	Alineación de las poleas por medio de un alineador láser

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.1.7 Análisis de la condición del sistema de transmisión carro transversal.

El sistema de transmisión por banda se localiza en la parte frontal del motor-reductor del carro transversal.



Figura 32-3.- Sistema de transmisión del carro de movimiento transversal.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 23-3.- Modos de fallas del sistema de transmisión carro transversal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Transmitir el movimiento al eje por medio de poleas y bandas.	No transmite movimiento al eje.	Deterioro de las bandas.
		Desalineación de poleas.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 24-3.- Descripción de los modos de fallas del sistema de transmisión carro transversal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Deterioro de las bandas.</p> <p>Descripción de modo de falla: El deterioro de las bandas se ha producido por la desalineación de poleas, provocando que estas dejen de transmitir movimiento al eje. En la figura se puede observar la condición de las bandas.</p>	Cambio de bandas
	<p>Modo de falla: Desalineación de poleas.</p> <p>Descripción de modo de falla: Se ha determinado la desalineación de las poleas por medio del alineador láser, mismo que al proyectar el rayo del emisor no coincidía con el centro del receptor, por lo que se pudo comprobar la desalineación de poleas. Se pudo determinar la distancia de desalineación de 1,5 cm respecto a su posición original. La desalineación de las poleas se puede observar en la figura</p>	Alineación de las poleas por medio de alineador láser.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.1.8 Análisis de la condición de chumaceras.

Las chumaceras se ubican a lo largo del eje, dos chumaceras de pared que se ubican a los extremos del eje y cuatro chumaceras de pedestal, tipo auto alineable que se ubican estratégicamente a lo largo del eje.

Nota: No se realizó análisis vibracional a las chumaceras debido a la dificultad de accesibilidad a colocar los equipos ya que cuando se encuentra en funcionamiento el equipo se mueve pudiendo provocar un accidente o caída del equipo.



Figura 33-3.- Chumaceras

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 25-3.- Modos de fallas de las chumaceras.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Descansar y permitir el giro del eje.	N/D	N/D

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

En las chumaceras no se encontró fallas ya que sus características de auto alineación han encaminado que los rodamientos se mantengan en muy buen estado.

Observación: Lubricar las chumaceras, las mismas que suman una cantidad de 10, además se sugiere que para la selección de la grasa a ser utilizada se considere el contexto operacional

3.4.2 Sistema eléctrico

3.4.2.1 Análisis de la condición de la botonera.

La botonera se encuentra suspendida de un cable de 3 m de largo por debajo del motor-reductor de movimiento transversal. La botonera se muestra en la figura.



Figura 34-3.- Botonera

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 26-3.- Modos de fallas de la botonera.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Apertura y cierre del circuito eléctrico para el funcionamiento de los contactores.	No realiza la apertura y cierre del circuito eléctrico de forma correcta.	Contactos corroídos y pulsadores en mal estado

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 27-3.- Descripción de los modos de fallas de la botonera.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Contactos corroídos y pulsadores en mal estado.</p> <p>Descripción de modo de falla: La inspección visual permitió la identificación de sulfato y oxidación. La presencia de sulfato y corrosión en la botonera se muestra en la figura.</p>	Cambio de botonera

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.2.2 *Análisis de la condición contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.*

Se encuentra localizado en la parte superior derecha del carro transversal. El contactor se muestra al en la figura.



Figura 35-3.-Contactor #1 del motor-reductor carro horizontal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 28-3.-Modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.

Función	Fallas funcionales	Modos de falla
Cerrar y abrir el circuito eléctrico, del motor-reductor del carro horizontal al momento de presionar el botón de sentido horario y dejar de hacerlo respectivamente	Retardo a la conexión y desconexión, al momento de presionar el botón y dejar de hacerlo respectivamente, para el giro en sentido horario.	Núcleo del contactor sulfatado.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 29-3.-Descripción de modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Núcleo del contactor sulfatado.</p> <p>Descripción de modo de falla: El retardo a la conexión se da por la presencia de sulfato, y exceso de polvo en el núcleo.</p>	Limpiar la presencia de sulfato y polvo en el núcleo del contactor y en los contactos auxiliares.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Reporte termográfico.

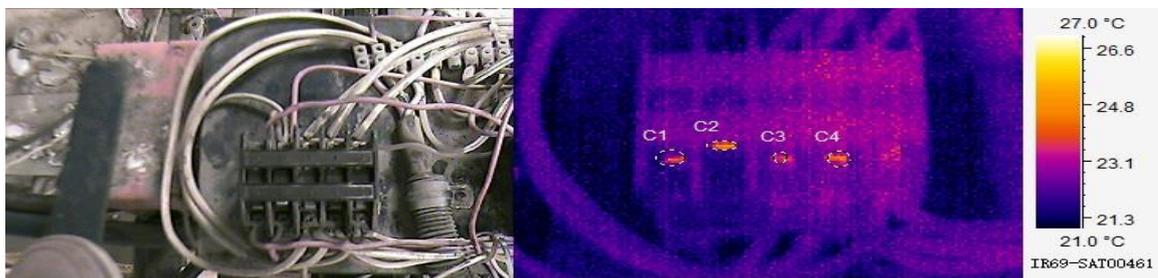


Figura 36-3.-Termograma contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 30-3.- Características del termograma contactor #1 del motor-reductor carro horizontal.

Descripción	Datos
TEMP. MÍNIMA	21,0 °C
EMISIVIDAD	0,95
HUMEDAD RELATIVA	0,41
C1:Max Temp	26,6 °C $\Delta T=1,0^{\circ}C$
C2:Max Temp	26,7 °C $\Delta T=1,1^{\circ}C$
C3:Max Temp	26,5 °C $\Delta T=0,9^{\circ}C$
C4:Max Temp	26,6 °C $\Delta T=1,0^{\circ}C$
TEMP. MÁXIMA	27,0 °C
DISTANCIA	1m
TEMP. AMBIENTE	25,6 °C

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Como el aumento de temperaturas para este contactor y la temperatura del ambiente en los cuatro puntos analizados varía entre 0,9°C y 1,1°C y según META MTS:2011, si la variación de temperatura entre el componente y la temperatura del medio ambiente se encuentra en un rango de 1°C a 10 °C se ordene una investigación por una posible deficiencia, por lo que se lo considera al componente como un problema leve.

3.4.2.3 Análisis de la condición contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.

Se encuentra localizado en la parte superior derecha del carro transversal alado del contactor #2 del motor-reductor del carro horizontal.



Figura 37-3.-Contactor #2 del motor-reductor carro horizontal
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 31-3.- Modos de fallas del contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Abrir y cerrar el circuito eléctrico y el cambio de giro del motor-reductor del carro horizontal al momento de presionar el botón de giro anti horario y dejar de hacerlo respectivamente	Retardo a la desconexión, al momento de presionar el botón y dejar de hacerlo respectivamente, para el giro en sentido anti horario.	Núcleo del contactor sulfatado.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 32-3.- Descripción de modos de fallas del contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Núcleo del contactor sulfatado</p> <p>Descripción de modo de falla: El retardo a la desconexión da por la presencia de sulfato y excesos de polvo en el núcleo.</p>	Limpiar la presencia de sulfato y polvo en el núcleo del contactor y en los contactos auxiliares

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Para determinar el funcionamiento óptimo de los contactos del contactor se ha realizado análisis termográfico para determinar modos de fallas que se pudiesen presentar.

Reporte termográfico

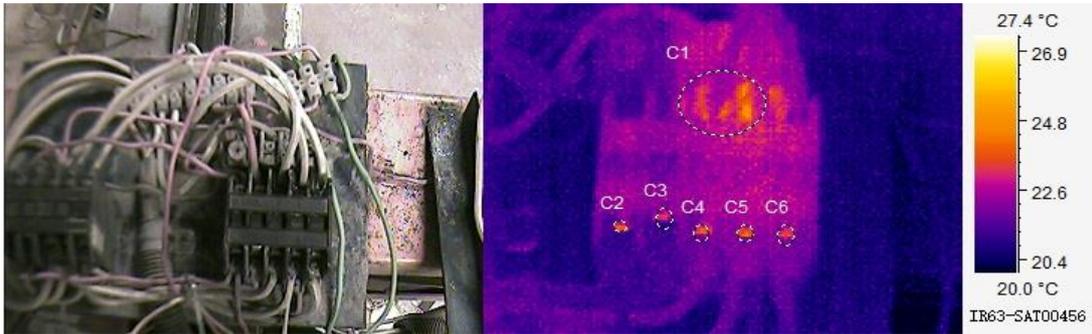


Figura 38-3.-Termograma contactor #2 del motor-reductor carro horizontal.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 33-3.-Características del termograma del contactor #02 del motor de movimiento horizontal.

Descripción	Datos
TEMP. MÍNIMA	20,0 °C
EMISIVIDAD	0,95
HUMEDAD RELATIVA	0,41
C1:Max Temp	26,9 °C $\Delta T=1,1^{\circ}C$
C2:Max Temp	26,9 °C $\Delta T=1,1^{\circ}C$
C3:Max Temp	26,8°C $\Delta T=1,0^{\circ}C$
C4:Max Temp	26,8°C $\Delta T=1,0^{\circ}C$
C5Max Temp	26,9°C $\Delta T=1,1^{\circ}C$
C6:Max Temp	26,9°C $\Delta T=1,1^{\circ}C$
TEMP. MÁXIMA	27,4°C
DISTANCIA	1m
TEMP. AMBIENTE	25,8°C

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Como el aumento de temperaturas para este contactor y la temperatura del ambiente en los seis puntos analizados varía entre $1,0^{\circ}C$ y $1,1^{\circ}C$ y según META MTS:2011, si la variación de temperatura entre el componente y la temperatura del medio ambiente se encuentra en un rango de $1^{\circ}C$ a $10^{\circ}C$ se ordene una investigación por una posible deficiencia, por lo que se considera al componente como un problema leve y mantenerlo en constante observación.

3.4.2.4 Análisis de la condición contactor #1 del motor-reductor carro transversal.

Se encuentra localizado en la parte superior derecha del carro transversal. El contactor se muestra al en la siguiente figura.



Figura 39-3.-contactor #1 del motor-reductor carro transversal.
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 34-3.- Modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro transversal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Abrir y cerrar el circuito eléctrico del motor-reductor del carro transversal al momento de presionar el botón de giro horario y dejar de hacerlo respectivamente.	Retardo a la conexión y desconexión, al momento de presionar el botón y dejar de hacerlo respectivamente para el giro en sentido horario.	Núcleo sulfatado

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 35-3.-Descripción de modos de fallas del contactor #1 del motor-reductor carro transversal

Figura	Detalle	Solución
	<p>El retardo a la conexión y desconexión se da por la presencia de sulfato y excesos de polvo en el núcleo y contactos auxiliares.</p> <p>Condición del núcleo se muestra en la figura</p>	<p>Limpiar la presencia de sulfato y polvo en el núcleo del contactor y en los contactos auxiliares.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Para determinar el funcionamiento óptimo de los contactos del contactor se ha realizado análisis termográfico para determinar si éste tiene modos de fallas. A continuación, se muestra el reporte termográfico.

Reporte termográfico

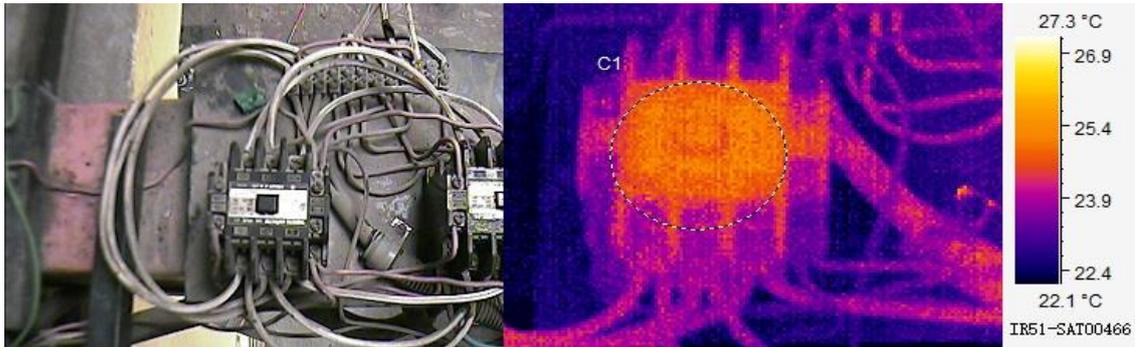


Figura 40-3.-Termograma del contactor #1 del motor-reductor carro transversal.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 36-3.-Características del termograma del contactor #01 del motor de movimiento transversal.

Descripción	Datos
TEMP. MÍNIMA	22,4 °C
EMISIVIDAD	0,95
HUMEDAD RELATIVA	0,41
C1:Max Temp	26,9 °C $\Delta T=0,7^{\circ}C$
TEMP. MÁXIMA	27,3°C
DISTANCIA	1m
TEMP. AMBIENTE	26,2°C

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Como el aumento de temperaturas para este contactor y la temperatura del ambiente en el punto analizado se encuentra en los $0,7^{\circ}C$ y según META MTS:2011, si la variación de temperatura entre el componente y la temperatura del medio ambiente se encuentra en un rango de $1^{\circ}C$ a $10^{\circ}C$ y como éste es menor a $1^{\circ}C$ se considera que el componente se encuentra en buen estado y no presenta problemas ni deficiencia.

3.4.2.5 Análisis de la condición contactor #2 del motor-reductor carro transversal.

Se encuentra localizado en la parte superior derecha del carro transversal. Este contactor se encuentra localizado dentro del gabinete de protección de contactores, alado del contactor #1 del motor-reductor del carro transversal.

Este contactor permite la activación del motor en sentido anti horario. En la figura 40-3 se puede observar al contactor.

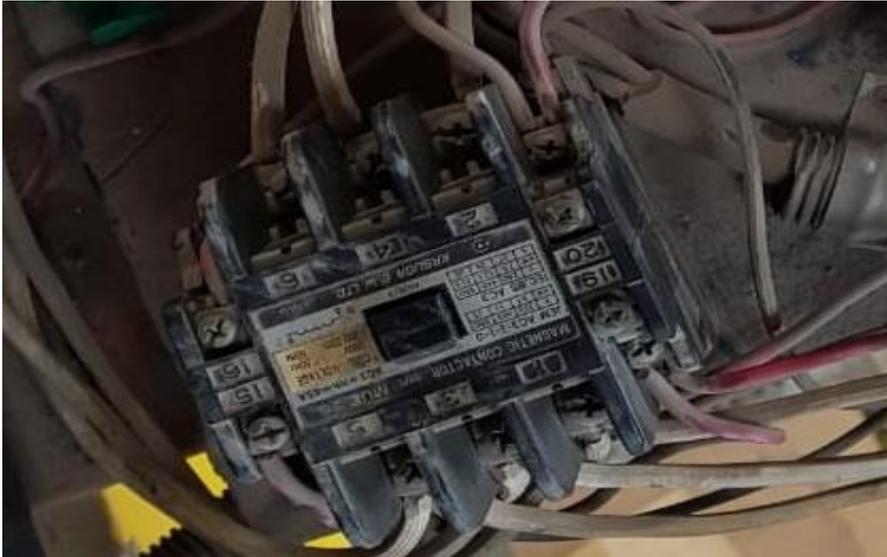


Figura 41-3.-Contactor #2 del motor-reductor carro transversal

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 37-3.- Modos de fallas de contactor #2 del motor-reductor carro transversal.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Abrir y cerrar el circuito eléctrico y el cambio de giro del motor-reductor del carro transversal al momento de presionar el botón de giro anti horario y dejar de hacerlo respectivamente	Retardo a la conexión y desconexión, al momento de presionar el botón y dejar de hacerlo respectivamente para el giro en sentido anti horario	Núcleo sulfatado

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 38-3.- Descripción de modos de fallas de contactor #2 del motor-reductor carro transversal.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Núcleo sulfatado</p> <p>Descripción de modo de falla: El retardo a la conexión y desconexión se da por la presencia de sulfato y excesos de polvo en el núcleo y contactos auxiliares. Condición del núcleo se muestra en la figura</p>	Limpiar la presencia de sulfato y polvo en el núcleo del contactor y en los contactos auxiliares

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Para determinar el funcionamiento óptimo de los contactos del contactor se ha realizado análisis termográfico para determinar si éste tiene modos de fallas. A continuación, se detalla el análisis termográfico.

Reporte termográfico

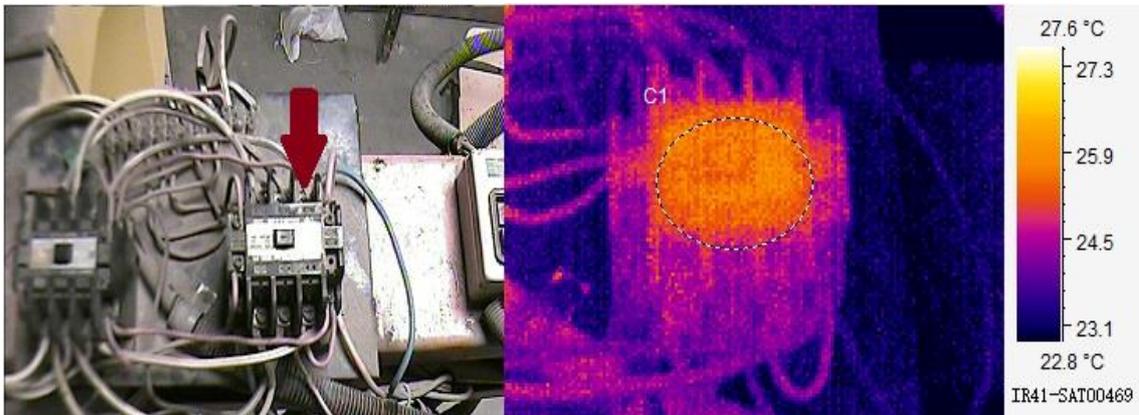


Figura 42-3.-Termograma contactor #2 del motor-reductor de carro transversal.
Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 39-3.-Características del termograma del contactor #01 del motor de movimiento transversal.

Descripción	Datos
TEMP. MÍNIMA	24,5 °C
EMISIVIDAD	0,95
HUMEDAD RELATIVA	0,41
C1:Max Temp	26,5 °C $\Delta T=0,3^{\circ}C$
TEMP. MÁXIMA	27,6
DISTANCIA	1m
TEMP. AMBIENTE	26,2

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Como el aumento de temperaturas para este contactor y la temperatura del ambiente en el punto analizado se encuentra en los $0,3^{\circ}C$ y según META MTS:2011, si la variación de temperatura entre el componente y la temperatura del medio ambiente se encuentra en un rango de $1^{\circ}C$ a $10^{\circ}C$ y como este es menor a $1^{\circ}C$ se considera que el componente se encuentra en buen estado por lo que se recomienda no intervenir en los contactos.

3.4.2.6 Análisis de la condición del gabinete de los contactores.

Se encuentra localizado en la parte superior derecha del carro transversal, protegiendo a los contactores del ingreso de polvo y humedad.

Se puede observar el gabinete de protección de contactores en la figura 43-3.

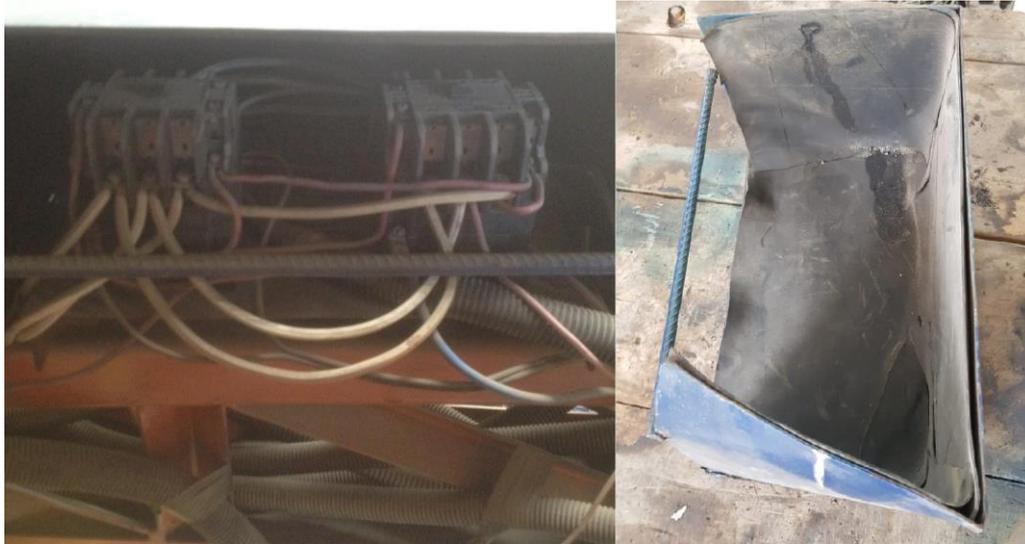


Figura 43-3.- Gabinete de protección de contactores.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 40-3.-Modos de fallas del gabinete de los contactores

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Proteger los contactores de contaminación como polvo y humedad.	.No protege el ingreso de polvo y humedad a los contactores.	Mal diseño del gabinete de protección de contactores.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 6-3.-Descripción de los modos de fallas del gabinete de los contactores

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Mal diseño del gabinete de protección de contactores.</p> <p>Descripción de modo de falla: El diseño del gabinete no es el adecuado, para la función que realiza, debió a que el entorno en que se encuentra el puente grúa está expuesto de forma constante al polvo y en ocasiones a la humedad.</p>	Cambio de gabinetes.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.2.7 *Análisis de la condición del sistema de recogimiento de cables.*

El sistema se ubica en la parte posterior de la viga transversal derecha teniendo como punto de referencia la entrada de la puerta principal del taller.

A continuación, se muestra el sistema de recogimiento de cableado en la figura.



Figura 44-3.- Sistema de recogimiento de cables

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 41-3.- Modos de fallas de sistema de recogimiento de cables.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
Recoger el cableado de la red trifásica, de los finales de carrera y los contactores por medio de un alambre suspendido que recorre toda la viga transversal derecha.	No recoge el cableado de la red trifásica, de finales de carrera y de los contactores.	Armellas rotas.
		Borneras en mal estado.

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 42-3.- Descripción de los modos de fallas de sistema de recogimiento de cables.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Armellas rotas.</p> <p>Descripción de modo de falla: Inspeccionar de forma visual, permitió determinar que algunas armellas se encontraban rotas por lo que dificulta el recogimiento de cables. También se ha determinado que las armellas son muy pequeñas a diferencia de las que se deberían utilizarse.</p> <p>En la figura se observa el sistema de recogimiento de cables.</p>	Cambiar armellas.

	<p>Modo de falla: Borneras en mal estado.</p> <p>Descripción de modo de falla: Inspeccionar de forma visual, ha permitido determinar que las borneras se encuentran en mal estado por la presencia de polvo y humedad provocando que se corroan los tornillos para la sujeción de los cables y se aíslen. La presencia de polvo y corrosión se puede observar en la figura</p>	<p>Cambiar regleta de borneras plásticas</p>
---	--	--

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.4.2.8 Análisis de la condición de finales de carrera.

Se encuentran ubicados en los extremos de las vigas transversales. Como se muestra en la figura 44-3.



Figura 45-3.- Finales de carrera

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 43-3.- Modos de fallas de finales de carrera.

Función	Fallas Funcionales	Modos de falla
<p>Apagar de forma inmediata los motor-reductores del carro transversal y horizontal, al momento de llegar a los extremos, esto como sistema de seguridad del puente grúa.</p>	<p>No apaga de forma inmediata a los motor-reductores del carro transversal y horizontal</p>	<p>Mal contacto de los finales de carrera.</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020.

Tabla 44-3.-Descripción de los modos de fallas de finales de carrera.

Figura	Detalle	Solución
	<p>Modo de falla: Mal contacto de los finales de carrera.</p> <p>Descripción de modo de falla: La presencia de polvo y humedad ha provocado que los contactos no función en correcta mente.</p> <p>Inspeccionar los finales de carrera empleando un multímetro se determinó que los finales de carrera se encuentran bien, debido al tiempo de uso de éstos se realiza la recomendación de cambiarlos</p>	<p>Cambio de los cuatro finales de carrera</p>

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

3.5 Análisis del estado general del puente grúa.

Para determinar el estado general del puente grúa se ha tomado en consideración a todos los equipos y componentes, para clasificarlos según el estado que estos se encuentran y de esta manera determinar de forma estadística el porcentaje de equipos que se encuentran cumpliendo su función requerida y quiénes no.

Para determinar el porcentaje de elementos que no cumplen la función requerida se ha determinado la siguiente ecuación.

$$Nf = \frac{\sum cf}{N} * 100\% \quad (1)$$

Donde:

Nf = Porcentaje de elementos que cumplen la función requerida.

\overline{Nf} = Porcentaje de elementos que no cumplen la función requerida.

Cf = Número equipos que se encuentran cumpliendo su función requerida.

\overline{Cf} = Número de equipos que no cumplen la función requerida.

N = Número total de equipos analizados.

Para determinar el porcentaje de equipos que no cumple la función requerida o presenten fallos se ha determinado la siguiente ecuación.

$$\overline{Nf} = \frac{\sum Cf}{N} * 100\% \quad (2)$$

En la siguiente tabla se establecen la cantidad de equipos analizados con sus respectivos estados.

Tabla 45-3.- Estado de equipos analizados.

Equipo analizado	Equipo que cumple su función requerida.	Equipo que no cumple su función requerida o presente fallos.
Rueda conductora #1	x	
Rueda conductora #2		x
Rueda conducida #1	x	
Rueda conducida #2		x
Motor-reductor de movimiento horizontal		x
Motor-reductor de movimiento transversal.	x	
Eje de transmisión de movimiento transversal.		x
Sistema de transmisión del movimiento horizontal		x
Sistema de transmisión del movimiento transversal		x
Carro de movimiento transversal	x	
Carro de movimiento horizontal	x	
Rodamientos del eje de movimiento transversal	x	
Rodamientos del carro de movimiento horizontal.	x	
Sistema de recogimiento de cables.		x
Botonera		x
Contactador #1 del motor-reductor carro horizontal.		x
Contactador #2 del motor-reductor carro horizontal.		x
Contactador #1 del motor-reductor carro transversal.		x
Contactador #2 del motor-reductor carro transversal.		x
Gabinete de protección de contactores		x
Breaker eléctrico	x	
Finales de carrera		x
Amortiguadores de impacto.	x	
Estructura de concreto	x	
Luces piloto	x	
Borneras.		x
Total:	11	15

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Con los datos de la tabla 55-3 se puede remplazar en la primera ecuación mencionada anteriormente.

$$Nf = \frac{\sum cf}{N} * 100\% \quad (3)$$

$$Nf = \frac{11}{26} 100\% \quad (4)$$

$$Nf = 42,30 \% \quad (5)$$

Según la primera ecuación se puede determinar que el 42,30% de los equipos analizados se encuentran realizando su función requerida.

Reemplazando los datos de la tabla en la segunda ecuación se obtiene:

$$\overline{Nf} = \frac{\sum \overline{Cf}}{N} * 100\% \quad (6)$$

$$\overline{Nf} = \frac{15}{26} * 100\% \quad (7)$$

$$\overline{Nf} = 57,7\% \quad (8)$$

De acuerdo con la segunda ecuación se puede determinar que el 57,7% de los equipos analizados no se encuentran realizando su función requerida, es decir que estos equipos presentan fallas.

De acuerdo con los datos obtenidos se puede decir que más de la mitad de los equipos analizados no cumplen su función requerida por lo que debe realizar una intervención inmediata en estos, para que estos puedan volver a funcionar correctamente y de esta manera el puente grúa pueda volver a presentar las características adecuadas para que cumpla su función dentro del taller de fundición.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

La gestión del proyecto explica los recursos humanos y financieros requeridos para la ejecución del proyecto para el análisis de la condición del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. También se considera las frecuencias de inspección con los equipos de diagnóstico técnico con sus respectivos cuidados al momento de realizar las tareas dichas el encargado del taller.

4.1 Talento humano

- Director de trabajo de integración curricular.
- Miembro de trabajo de integración curricular.
- Postulantes

4.2 Cronograma

Un cronograma es una herramienta de muy fácil de interpretar y brinda la ventaja de poder fijar tiempos de para la realización de actividades ,para proyectos de investigación, etc, en este caso la realización del presente trabajo de titulación

Éstos son realizados en la fase de planificación del proyecto una vez definidos los recursos necesarios para la ejecución del proyecto

Cabe indicar que el cumplimiento del cronograma no es de forma estricta en muchos de los casos no se da ,pero si tienen cumplen el papel de ser guía en las proyecciones de planteadas en éste, proyecciones que están planteadas de acuerdo a los objetivos que se desea alcanzar.

Se considera dentro del cronograma desde la formulación del tema del trabajo de titulación, la ejecución propiamente dicha del proyecto, la finalización y defensa del mismo.

En la tabla 1-4 se detallan las actividades realizas para el desarrollo de este trabajo de titulación

4.3 Presupuesto

En la tabla 61-4 se describen los costos directos e indirectos y costo total correspondiente al trabajo de titulación, además en la tabla 62-4, 63-4, 62-5 se establece el detalle de los componentes electrónicos, mecánicos y los costos de servicio respectivamente.

Tabla 2-4.- Tabla de costos

Costos directos [USD]	Costos eléctricos	170,11
	Costos mecánicos	126,52
	Costos por servicios	230,00
Costos indirectos [USD]	Copias	60,00
	Empastado	40,00
	Gastos Transporte	30,00
	Gastos varios	30,00
Costos totales [USD]	686,63	

Fuente: Autores

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 3-4.- Costos eléctricos

COSTOS ELÉCTRICOS						
Id	Unidades	Descripción	V.Unit [USD]	V.Total [USD]	TOTAL [USD]	TOTAL + IVA [USD]
2	mtrs	Cable solido #10	0,50	1,07	2,86	3,20
1	unidad	Bornera grandes barras	1,79	1,79		
10	mtrs	Cable solido #10	0,54	5,36	5,36	6,00
30	mtrs	Cinta espiral DEX NE 19mm(3/4)x1m 12-40 cables 16-W	0,72	21,60	\$ 69,93	78,32
20	mtrs	Cinta espiral DEX NE 6mm(1/4)x1m 2-5 cables 16-AWG	0,23	4,60		
2	unidad	Gabinete metálico liviano BEAUC 300X200X150 mm	18,92	37,85		
1	unidad	Limpiador de contactos ABRO EC533	3,19	3,19		
100	unidad	Amarra DEX T6 negro (15 cm X 3,2 mm) 1U TP	0,02	2,60		
30	unidad	Amarra 15 cm T6 blanca DEXSON	0,089	2,68	2,68	3,00
12	unidad	Armella #4	0,29	3,47	3,47	3,89
1	unidad	Botonera colgante amarilla 4 pulsadores C-A4813	38,93	38,93	38,93	43,60
2	unidad	Finales de carrera SERIE LL-D	14,12	28,25	28,25	32,10
TOTAL [USD]						170,11

Fuente: Autor

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 4-4.- Costos mecánicos.

COSTOS EN ELEMENTOS MECÁNICOS						
Id	Unidades	Descripción	V.Unit [USD]	V.Total [USD]	TOTAL, [USD]	TOTAL +IVA [USD]
2	unidad	Banda B-76 ZSG	7,14	14,29	14,29	16,00
2	unidad	Banda B-96 ZSG	9,30	18,60	20,76	23,60
1	unidad	Grasa Base litio de alto rendimiento	2,16	2,16		
1	unidad	Papel victoria (empaquetado)	2,00	2,00	5,36	6,00
1	unidad	Silicona Gris	3,36	3,36		
1	juego	Extractores	5,20	5,20	7,57	8,48
1	unidad	Broca pro 1/8 X 2	2,37	2,37		
22	mtrs	Cabo	0,51	11,26	11,26	12,80
1	unidad	Rodamiento rígido de bola 6203 ZZC3	3,13	3,13	3,13	3,51
1	unidad	Banda B-44 ZSG	4,02	4,02	4,02	4,50
3	mtrs	Alambre galvanizado #10	1,25	3,75	3,75	4,20
2	unidad	Pintura ECON SPRAY	2,50	5,00	5,00	5,60
18	unidad	Armella #4	0,29	5,20	5,20	5,83
4	unidad	Pernos 5/8 x 8"	2,20	8,80	8,80	10,00
4	unidad	Tacos de madera para alza de la estructura	1,32	5,28	5,28	6,00
4	unidad	Compra de ángulo riel 5/8 x 1 .1/4	4,40	17,60	17,60	20,00
TOTAL [USD]						126,52

Fuente: Autor

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

Tabla 5-4.- Costos de servicio

COSTOS DE SERVICIOS		
Id	Descripción	TOTAL, X FACTURA
1	Cambio y adaptación de rodamientos en rotor	70,00
2	Rectificado de polea y eje	50,00
3	Mecanizado de chaveta y chavetero	30,00
4	Transporte del eje a mecánica (ida y vuelta)	20,00
5	Alquiler de retroexcavadora (bajar motor)	24,00
6	Extracción pernos rotos y rectificación de roca	15,00
7	Alquiler de andamios para sacar ruedas	9,00
8	Alquiler de andamios para instalar ruedas	12,00
TOTAL		230,00

Fuente: Autor

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

En las tablas detalladas anteriormente se describe los costos para realizar el trabajo de titulación y costos para necesarios para ejecutar el proyecto de mantenimiento Mejorado y reparación, siendo todas y cada una de las actividades realizadas bajo observación de los señores tutores.

4.4 Elaboración de frecuencias de inspección termográficas, vibracionales y alineador láser.

4.4.1 Elaboración de frecuencias.

De acuerdo con el RCM para determinar frecuencias de tareas de mantenimiento indica que, si no se cuenta con datos históricos, modelos o funciones matemáticos se debe determinar las frecuencias por mediante la opinión de un experto. Como el puente grúa no consta con datos históricos y funciones matemáticas se ha considerado tomar datos para la inspección termográficas, vibracionales y de alineación laser a criterio de manuales (Moubray,2004,p.46).

Para determinar las frecuencias de las tareas a realizar se ha tomado en cuenta el tiempo de operación del puente grúa. El puente grúa trabaja muy poco tiempo ya que solo se utiliza para trasladar objetos pesados de un lugar a otro haciendo que su tiempo de operación sea muy poco por día (Moubray,2004,p.46).

El puente grúa al trabajar muy poco tiempo provoca que sus componentes no fallen con mucha frecuencia, pero como se encuentra en un ambiente de polvo sus componentes se llenan con este material por lo que es necesario realizar las tareas detalladas en la tabla 6-4 (Moubray,2004,p.46).

Tabla 6-4.- Frecuencia de inspección con equipos de diagnóstico técnico.

Frecuencias de inspección con equipos de diagnóstico técnico.			
Nº	Tareas	Frecuencia	Observaciones
1	Termografía a contactor #01 del motor de movimiento horizontal	Anual	
2	Termografía a contactor #02 del motor de movimiento horizontal	Anual	
3	Termografía a contactor #01 del motor de movimiento transversal	Anual	
4	Termografía a contactor #01 del motor de movimiento transversal	Anual	
5	Análisis de vibraciones al motor de movimiento transversal.	Anual	Para realizar la inspección se debe tomar datos en los tres rodamientos del motor como son: rodamiento lado conducido, lado conductor y del reductor y cada uno en sus tres puntos tanto vertical, horizontal y axial.
6	Análisis de vibraciones al motor de movimiento horizontal.	Anual	Para realizar la inspección se debe tomar datos en los tres rodamientos del motor como son: rodamiento lado conducido, lado conductor y del reductor y cada uno en sus tres puntos

			tanto vertical, horizontal y axial.
7	Verificar la alineación de poleas por medio del alineador laser a sistema de transmisión de poleas del motor de movimiento horizontal.	Anual	
8	Verificar la alineación de poleas por medio del alineador laser a sistema de transmisión de poleas del motor de movimiento transversal.	Anual	

Realizado por: Escobar, F; Zamora, D, 2020

4.4.1.1 Precauciones.

Para realizar los trabajos de toma de datos con los equipos, es necesario tener cuidado a la hora de subir los equipos ya que estos se pueden caer y se pueden dañar.

También es importante tener en cuenta a la hora de tomar datos con los acelerómetros se los debe colocar de manera paralela al punto de toma de datos para luego realizar un ángulo de 90° con un movimiento suave y de esta manera evitar que estos se dañen.

En el caso de tomar termografía es importante tener en cuenta la emisividad, además de tomar los datos adecuados con el anemómetro e introducirlo a la cámara termográfica para de esta manera obtener datos más precisos.

CONCLUSIONES

Se logró diagnosticar el estado técnico de puente grúa a través de la aplicación de técnicas de mantenimiento basado en condición el mismo que presentaba un estado de “Deterioro”.

Se pudo identificar fallas en los rodamientos del motor-reductor de movimiento horizontal, utilizando los sentidos como técnica de análisis

Se pudo constatar que el motor-reductor, de movimiento transversal del puente grúa este presentaba buenas condiciones de funcionamiento, las mismas que fueron analizadas aplicando análisis vibracional, para lo que se ha planteado un plan de mantenimiento basado en condición, el mismo que está enfocado a monitorea estas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de éste, y del motor-reductor utilizado para el movimiento horizontal del puente grúa.

Se hizo posible identificar problemas como líneas flojas y mal cierre en los contactos principales de los contactores empelados en los circuitos de mando y de potencia de ambos motor-reductores, al aplicar análisis termográfico en el sistema eléctrico del puente grúa.

RECOMENDACIONES

Al utilizar el puente grúa, el personal encargado y los estudiantes deben realizar las actividades de mantenimiento autónomo como limpieza y lubricación y las de mantenimiento basado en condición planteadas en este trabajo de titulación y socializadas con el personal en cargo del activo.

Realizar, en un periodo no mayor a 18 meses, el cambio de aceite del motor-reductor utilizado para generar el movimiento transversal del puente grúa.

Realizar actividades de eliminación de polvo al menos una vez por semana, debido a que el equipo se encuentra en un espacio físico con alta presencia de éste.

Accionar el puente grúa en los periodos de inicio de clases y de exámenes al menos una vez por semana para lubricar el sistema de transmisión de fuerza interno de los motor-reductores.

GLOSARIO

Termograma: Un termograma es un gráfico obtenido de un objeto electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla por resultado de la termografía, representado en una gran gama de paletas de colores.(Iglesias & Abarca, 2012,p.29)

Resonancia: Es un estado en el que una frecuencia de excitación se encuentra cerca o es igual a su frecuencia natural de la estructura de una máquina, es aquella frecuencia de un cuerpo o un sistema que alcanza el grado máximo de oscilaciones.(White, 2010,p.28)

Espectro: Es la representación gráfica de una onda en dominio de una onda, la transformación de la información de una señal de dominio de tiempo a dominio de frecuencia se lo denomina análisis del espectro siendo ésta más compacta y fácil de interpretar. .(White, 2010,p.36)

Emisividad: Es una propiedad del área de un objeto que emiten radiación térmica a comparación de otras, siendo la emisividad la relación que tiene la energía térmica que emite su superficie con la de un cuerpo negro comparados a la misma temperatura, por tanto, su valor estará entre un intervalo de 0 a 1. (Iglesias & Abarca, 2012,p.11)

Spam: Es la diferencia que existe entre el ajuste de temperatura alto y baja de un termograma. El control de “Spam” se puede ser ajustar de manera manual o automático. (Iglesias & Abarca, 2012, p.32)

IFOV: Es el área más pequeña que la cámara puede captar la temperatura de forma más exacta. Éste debe ser al menos 2 o 3 veces mayor al objeto medible más pequeño. (Testo, 2008, p.42)

BIBLIOGRAFÍA

ANILEMA, R. & LÓPEZ,. *Análisis y diseño de una viga contruida con palancas para un puente grúa.* 2010 [en línea]. S.l.: [Consulta: 3 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/719/1/ti848.pdf>.

CASTRO, J. & CEVALLOS, J., *Cálculo, diseño y construcción de un puente grúa de una tonelada para el taller de la carrera de mecánica naval.* 2014. [en línea]. S.l.: [Consulta: 3 marzo 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1028/1/ULEAM-IMN-0002.pdf>.

IGLESIAS VASCO, F.J. & ABARCA SIGCHO, D.F., *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo Mediante la Aplicación de Termografía Industrial en los Motores Eléctricos de la Planta de Eurolit en la Empresa Tubasec C.A, Riobamaba.* 2012. , pp. 47.

INTERNACIONAL, N., *Iso 20816-1.* 2017. , vol. 2016.

ISO 45001, 2018. *Sistemas de gestion de la seguridad y salud en el trabajo. ISO 45001:2018. Secretaría Central del ISO en Ginebra, Suiza,* vol. 1, pp. 1-60.

LARRODÉ, E. & MIRAVETE, A.,. *Grúas* [en línea]. Primera ed. Zaragoza: s.n. 1996 [Consulta: 28 febrero 2020]. ISBN 84-605-4663-2. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=KkOd6imveKYC&pg=PA317&dq=puente+grua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiiqM_Q-fTnAhVIU98KHc6sAIoQ6AEIKDAA#v=onepage&q=puente+grua&f=false.

MOUBRAY, J., *Rcm II Traducido a español.* , 2004. pp. 446.

NEITA, L. & PEÑA, E., *PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO.* [en línea]. Floridablanca, 2011.: [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/HP 7TH GEN/Downloads/Termografía Guía de bolsillo.pdf](file:///C:/Users/HP%207TH%20GEN/Downloads/Termografía%20Guía%20de%20bolsillo.pdf).

NETA MST. *Diagnóstico Termográfico.* , pp 1-34. 2011.

PÉREZ, M., *Física general* [en línea]. Cuartab ed. Mexico: Patria. 2014. [Consulta: 3 marzo 2020]. ISBN 978-607-744-063-5. Disponible en: <https://doku.pub/documents/fisica-general-4ta-edicion-h-perez-montiel-completo-z0xj8n4wpoln>.

TESTO,. *Termografía, guía de bolsillo Teoría – Aplicación Práctica – Consejos y Trucos.* , vol.

1, 2008, pp. 56.

TOAPANTA, A., *DETERMINACIÓN DE FALLAS MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE ENVASADO, PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN DE LA EMPRESA PROLAC.* [en línea]. 2012. S.l.: [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2400/1/25T00178.pdf>.

WHITE, G., *Introducción al análisis de vibraciones*, 2010 [en línea], 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.academia.edu/19239386/290210174-Glen-White-Analisis-de-Vibraciones>.

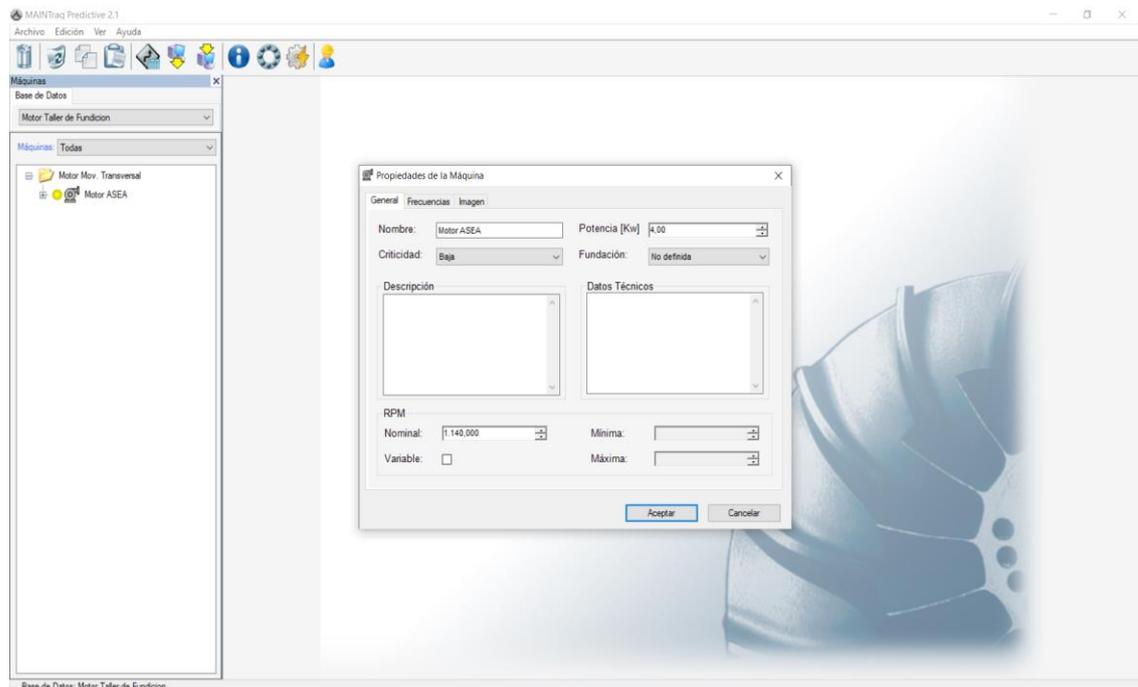
ANEXOS

ANEXO A. PROGRAMACIÓN SOFTWARE MAINTRAQ PREDICTIVE 2.1 PARA EL ANÁLISIS VIBRACIONAL.

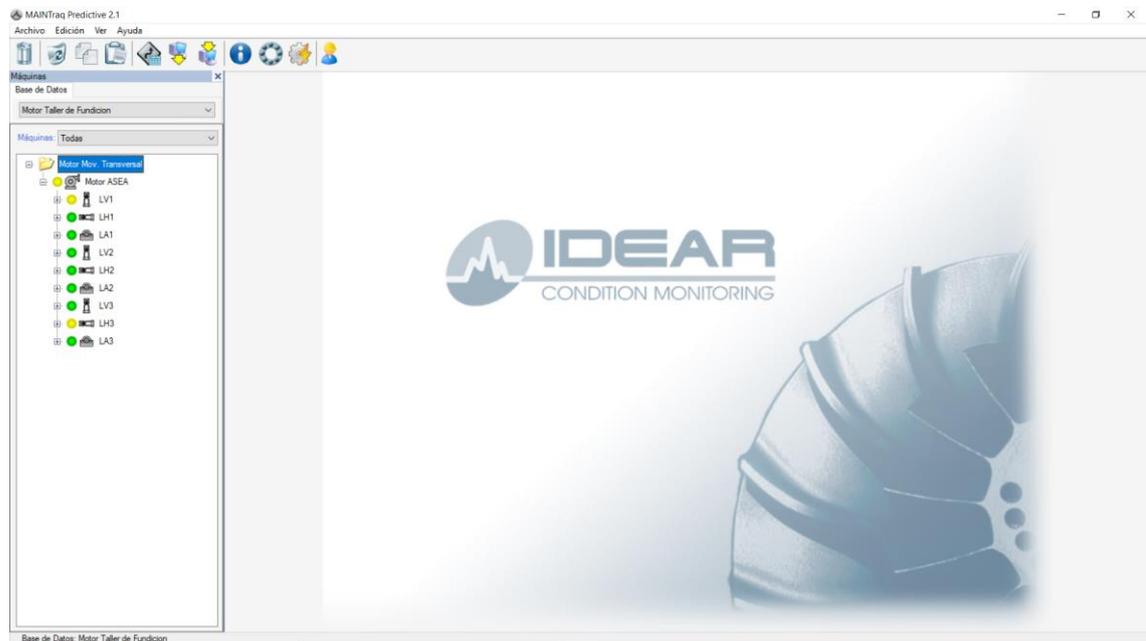
1. Crear una carpeta para el activo en la base de datos del software



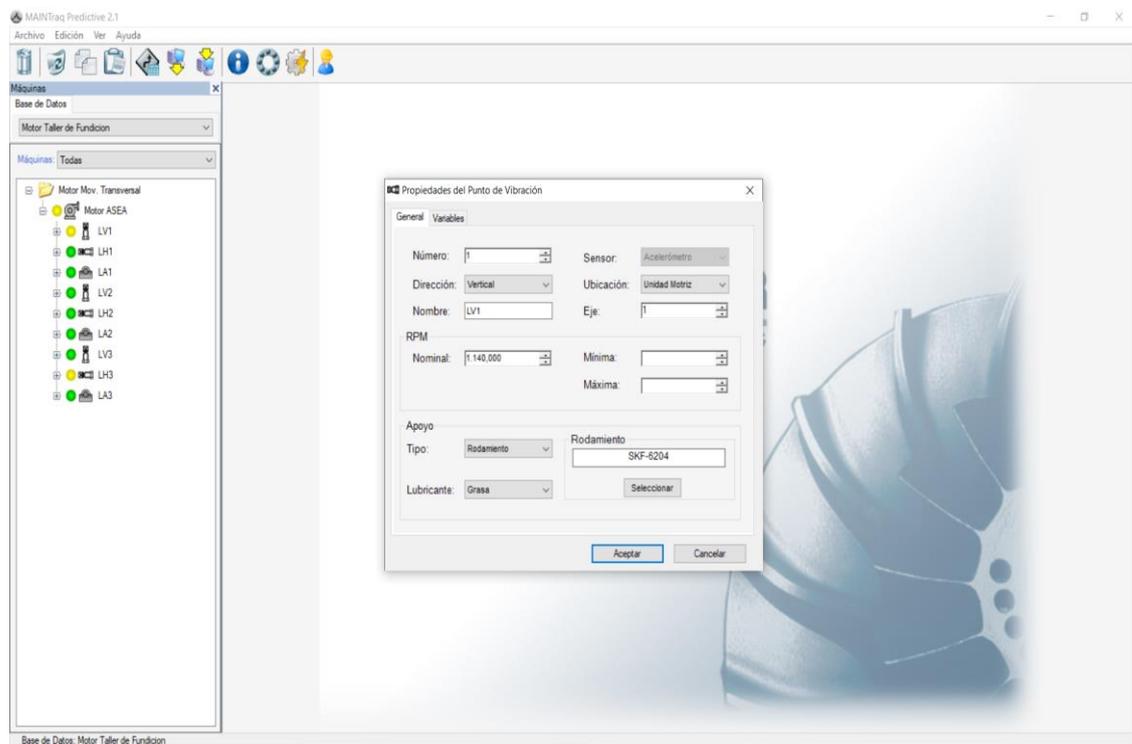
2. Ingresar propiedades de la máquina.



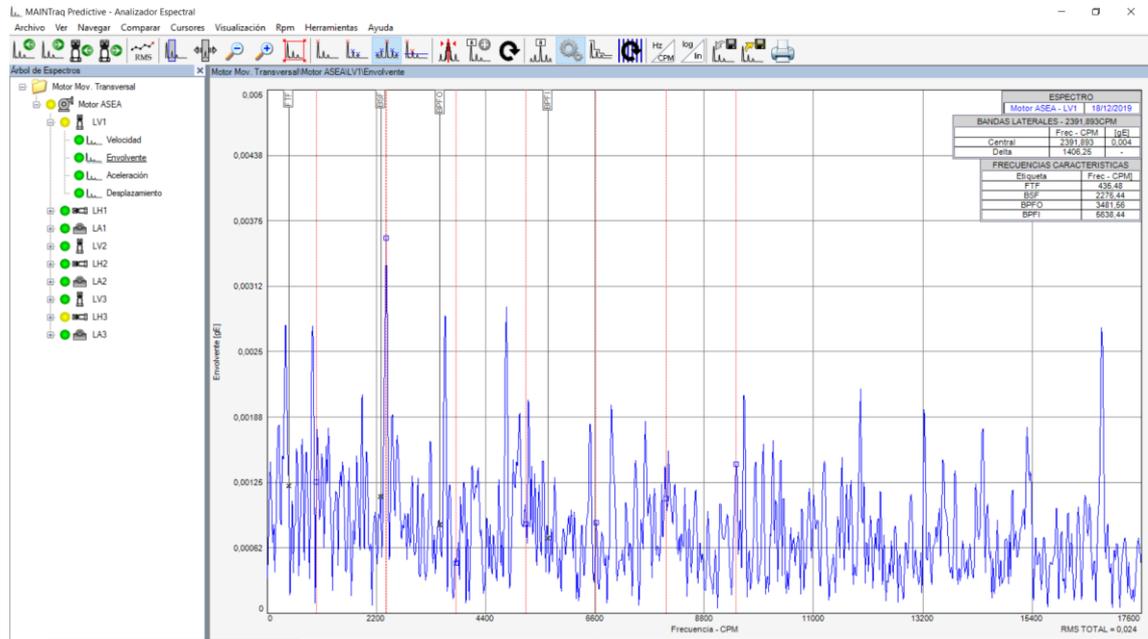
3. Crear puntos de análisis.



4. Ingresar propiedades de los puntos de análisis.



5. Análisis de datos



ANEXO B. FICHA DE ESTADO TÉCNICO INICIAL DEL PUENTE GRÚA.

MÁQUINA :PUENTE GRÚA			
MARCA:	Responsable del mantenimiento :		
Código técnico:	Significado:		
Código de activo fijo:	Significado:		
Manuales : SI NO...X.....	Planos : SI NO...X.....	Repuestos : SI NO...X.....	
Código:	Código:	Código:	
Significado:	Significado:	Significado:	
<p>Datos del puente grúa:</p> <p>CAPACIDAD: 2000 KG</p> <p>MODELO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN : M3-736</p> <p>PESO DE TRASLACIÓN: 2000 kg</p> <p>ALTURA: 4.5 m</p> <p>LUZ DEL PUENTE: 10 m</p> <p>VIGAS PRINCIPALES : 2</p> <p>VIGAS AUXILIARES : 1</p> <p>VIGAS TRANSVERSALES : 2</p>			
Estado técnico :	Malo	Regular	Bueno
Estado de la Estructura	.....	.....	.....X.....
Estado del sistema eléctrico	...X.....	.....	.....
Estado del sistema mecánico	.....X....	.....	.....
Estado de señalética de seguridad	.....	.....X.....	.....
CONCLUSIÓN: MALO			

ANEXO C. FICHA DE ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL PUENTE GRÚA.

MÁQUINA :PUENTE GRÚA			
MARCA:	Responsable del mantenimiento :		
Código técnico:	Significado:		
Código de activo fijo:	Significado:		
Manuales : SI NO...X.....	Planos : SI NO...X.....	Repuestos : SI NO...X.....	
Código:	Código:	Código:	
Significado:	Significado:	Significado:	
<p>Datos del puente grúa:</p> <p>CAPACIDAD: 2000 kg</p> <p>MODELO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN : M3-736</p> <p>PESO DE TRASLACIÓN: 2000 kg</p> <p>ALTURA: 4.5 m</p> <p>LUZ DEL PUENTE: 10 m</p> <p>VIGAS PRINCIPALES : 2</p> <p>VIGAS AUXILIARES : 1</p> <p>VIGAS TRANSVERSALES : 2</p>			
Estado técnico :	Malo	Regular	Bueno
Estado de la Estructura	.....	.....	.....X.....
Estado del sistema eléctrico	.....	.....	.....X.....
Estado del sistema mecánico	.....	.....	.....X.....
Estado de señalética de seguridad	.....	.....X.....	.....
CONCLUSIÓN : BUENO			

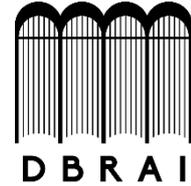
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega:

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos:
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Facultad de Mecánica
Carrera: Ingeniería de Mantenimiento
Título a optar: Ingeniero de Mantenimiento
f. Analista de bibliotecas responsable: Ing.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 03 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Freddy Javier Escobar Bautista Damián Alexander Zamora Paucar
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería de Mantenimiento
Título a optar: Ingeniero de Mantenimiento
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA. <div style="text-align: center;"><p>Firmado electrónicamente por: JHONATAN RODRIGO PARREÑO UQUILLAS</p></div> <p style="text-align: right;">1-03-2021 0582-DBRAI-UPT-2021</p>