



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“ANÁLISIS VIBRACIONAL Y ALINEAMIENTO LÁSER  
EN LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y  
APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  
CANTÓN SALCEDO”**

**JIMÉNEZ ARIAS NÉSTOR FERNANDO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2013**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-21

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**NÉSTOR FERNANDO JIMÉNEZ ARIAS**

---

Titulada:

**“ANÁLISIS VIBRACIONAL Y ALINEAMIENTO LÁSER EN LOS EQUIPOS  
DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS  
SÓLIDOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  
CANTÓN SALCEDO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Manuel Morocho  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Jorge Freire  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** NÉSTOR FERNANDO JIMÉNEZ ARIAS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ANÁLISIS VIBRACIONAL Y ALINEAMIENTO LÁSER EN LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN SALCEDO”

**Fecha de Examinación:** 2013-06-14

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Manuel Morocho (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Freire (ASESOR)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS D E AUTORÍA**

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Néstor Fernando Jiménez Arias

## **DEDICATORIA**

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A Myrian, Mauricio, Alexander y amigos.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A ti que me inspiraste de muchas formas y que a pesar de no verte siempre y muchas veces no saber nada de ti, mi corazón y mis pensamientos siempre te acompañan.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

**Néstor Fernando Jiménez Arias**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado y hacer realidad este sueño tan anhelado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Manuel Morocho y a mi asesor, Ing. Jorge Freire por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado que pueda terminar esta tesis con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera estudiantil porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Salcedo, por brindarme la acogida dentro de la Planta de Reciclaje y Aprovechamiento de Desechos Sólidos.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**Néstor Fernando Jiménez Arias**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Análisis vibracional en máquinas industriales	3
2.1.1 Vibración simple	3
2.1.2 Vibración compuesta	4
2.1.3 Frecuencia natural y resonancias	4
2.2 Selección de transductores	5
2.2.1 Transductores de proximidad	5
2.2.2 Transductores de velocidad	6
2.2.3 Acelerómetros	7
2.3 Análisis de los espectros FFT	8
2.4 Espectros tipo utilizados en el análisis vibracional	9
2.4.1 Desbalance	9
2.4.1.1 Desbalance estático	9
2.4.1.2 Desbalance dinámico	9
2.4.1.3 Rotor colgante	10
2.4.2 Desalineación	10
2.4.2.1 Desalineación angular	10
2.4.2.2 Desalineación paralela	11
2.4.2.3 Desalineación entre chumaceras	11
2.4.3 Holgura mecánica eje – agujero	12
2.4.4 Soltura estructural	13
2.4.5 Fallas en engranajes	13
2.4.5.1 Desgaste en los dientes	13
2.4.5.2 Excentricidad y/o backlash	14

2.4.5.3	Engranaje desalineado	14
2.4.6	Fallas en bandas y poleas	15
2.4.6.1	Distensión	15
2.4.6.2	Desalineación en poleas	15
2.4.6.3	Excentricidad de poleas	16
2.4.7	Fallas en rodamientos	16
2.4.7.1	Falla en la pista interna	16
2.4.7.2	Falla en la pista externa	17
2.4.7.3	Falla en los elementos rodantes	18
2.4.7.4	Deterioro de la jaula	18
2.5	Reglas para el análisis de espectros	19
2.6	Normas para la evaluación de los niveles de vibración	19
2.6.1	Tabla Rathbone	20
2.6.2	Norma ISO 2372	20
2.6.3	Normas comerciales DLI	21
2.6.4	Normas ISO 10816	22
2.7	Niveles aceptables de vibración	23
2.8	Categorización de equipos	23
2.8.1	Aspectos selectivos	24
2.8.2	Parámetros directivos	24
2.9	Determinación del estado técnico de los equipos	26
2.9.1	Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico	27
2.10	Mediciones triaxiales	27
2.10.1	Orientación del transductor	28
2.11	Analizador de vibraciones DLI Watchman® DCX Hammerhead	30
2.11.1	El software	31
2.11.2	El hardware	32
2.11.3	Ventajas estándares	32
2.11.4	Ventajas opcionales	33
2.11.5	Especificaciones	33
2.11.5.1	Procesamiento de señal digital	33
2.11.5.2	Análisis espectral	33
2.11.5.3	Análisis de tiempo dominante	34



2.11.5.4	Detección de fallas en el cable	34
2.11.5.5	Procesamiento de señal análoga	34
2.11.5.6	Activación	34
2.11.5.7	Física	34
2.11.5.8	Sistema de procesamiento de memoria	35
2.11.5.9	Video y pantalla	35
2.11.5.10	Almacenamiento en disco duro	35
2.11.5.11	Maletín de acarreo	35
2.11.5.12	BIOS & compatibilidad de software	36
2.11.5.13	Consumo de energía y duración de las baterías	36
2.11.5.14	Especificaciones ambientales	36
2.12	Desalineamiento en bandas y poleas	37
2.12.1	Vibración debida a las bandas de accionamiento	38
2.12.2	Poleas desgastadas o dañadas	39
2.12.3	La polea montada muy lejos del punto de apoyo	39
2.12.4	La condición de la polea	39
2.12.5	La tensión insuficiente	40
2.12.6	Estándares determinados para el alineamiento láser de bandas y poleas	40
2.12.7	Estándares determinados para el tensado de bandas y poleas	40
2.12.8	Reglas generales de tensión	41
2.13	Alineamiento láser	41
2.13.1	Características y ventajas	42
2.13.2	Características técnicas	43

### **3. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS**

3.1	Estado técnico de los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento	44
3.2	Plan de mantenimiento empleado actualmente	48
3.3	Programa de mantenimiento empleado actualmente	48
3.4	Documentación técnica empleada	48

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS</b>	
4.1	Categorización de equipos	49
4.2	Diagramas de ubicación de los puntos de medición de los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos	52
4.3	Configuración del sistema	68
4.3.1	Procedimiento para levantamiento de datos técnicos	68
4.3.1.1	Recopilación de la información	68
4.3.1.2	Ingreso de datos en el registro VTAG	68
4.3.2	Programación de los equipos en el sistema ExpertALERT™	68
4.4	Creación de las rutas de medición	70
4.5	Medición y análisis de los espectros obtenidos en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos	71
4.5.1	Medición vibracional de los equipos de la planta	71
4.5.2	Espectros obtenidos en la banda inclinada	74
4.5.2.1	Espectro del punto BI-M-001	74
4.5.2.2	Espectro del punto BI-RV-001	76
4.5.2.3	Espectro del punto BI-RV-002	78
4.5.2.4	Espectro del punto BI-RD-001	80
4.5.2.5	Espectro del punto BI-RD-002	82
4.5.3	Espectros obtenidos en la banda horizontal	84
4.5.3.1	Espectro del punto BH-M-001	84
4.5.3.2	Espectro del punto BH-RV-001	86
4.5.3.3	Espectro del punto BH-RV-002	88
4.5.3.4	Espectro del punto BH-RD-001	90
4.5.3.5	Espectro del punto BH-RD-002	92
4.5.4	Espectros obtenidos en la criba	94
4.5.4.1	Espectro del punto CB-M-001	94
4.5.4.2	Espectro del punto CB-RV-001	96
4.5.4.3	Espectro del punto CB-RD-001	98
4.5.4.4	Espectro del punto CB-RD-002	100
4.5.4.5	Espectro del punto CB-RD-003	102
4.5.5	Espectros obtenidos en la criba	104

4.5.5.1	Espectro del punto CP-M-001	104
<b>5.</b>	<b>ALINEAMIENTO LÁSER DE LOS EQUIPOS Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS</b>	
5.1	Determinación de los puntos de medición	107
5.2	Posicionamiento de las marcas de referencia	107
5.3	Alineación vertical	108
5.4	Alineación horizontal	108
5.5	Medición mediante la técnica láser	108
5.6	Programación del mantenimiento en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos	114
5.6.1	Tareas de mantenimiento en la banda inclinada	114
5.6.2	Tareas de mantenimiento en la banda horizontal	114
5.6.3	Tareas de mantenimiento en la criba	115
5.6.4	Tareas de mantenimiento en la compactadora	115
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones	116
6.2	Recomendaciones	117

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **LINKOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
1	Rathbone	18
2	Norma ISO 2372	19
3	Norma comercial DLI	19
4	Niveles aceptables de vibración	21
5	Eficiencia de los equipos	25
6	Datos técnicos del equipo	41
7	Estado técnico de la banda inclinada	42
8	Estado técnico de la banda horizontal	43
9	Estado técnico de la criba	44
10	Estado técnico de la compactadora	45
11	Aspectos selectivos de la banda inclinada y la banda horizontal	47
12	Parámetros directivos de la banda inclinada y la banda horizontal	47
13	Aspectos selectivos de la criba y la compactadora	48
14	Parámetros directivos de la criba y la compactadora	49
15	Datos y diagrama de ubicación del punto BI-M-001 de medición del motor de la banda inclinada	50
16	Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la banda inclinada	51
17	Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RV-002 de medición del reductor de velocidad de la banda inclinada	52
18	Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RD-001 de medición del elemento rodante de la banda inclinada	53
19	Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RD-002 de medición del elemento rodante de la banda inclinada	54
20	Datos y diagrama de ubicación del punto BH-M-001 de medición del motor de la banda horizontal	55

21	Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la banda horizontal	56
22	Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RV-002 de medición del reductor de velocidad de la banda horizontal	57
23	Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RD-001 de medición del elemento rodante de la banda horizontal	58
24	Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RD-002 de medición del elemento rodante de la banda horizontal	59
25	Datos y diagrama de ubicación del punto CB-M-001 de medición del motor de la criba	60
26	Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la criba	61
27	Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-001 de medición del elemento rodante de la criba	62
28	Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-002 de medición del elemento rodante de la criba	63
29	Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-003 de medición del elemento rodante de la criba	64
30	Datos y diagrama de ubicación del punto CP-M-001 de medición del motor de la compactadora	65
31	Programación del mantenimiento en la banda inclinada	112
32	Programación del mantenimiento en la banda horizontal	112
33	Programación del mantenimiento en la criba	113
34	Programación del mantenimiento en la compactadora	113

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
1	Sistema vibratorio masa – resorte	2
2	Vibración compuesta	2
3	Frecuencia natural y resonancia	3
4	Transductor de proximidad	4
5	Transductor de velocidad	5
6	Acelerómetro	6
7	Desbalance estático	7
8	Desbalance dinámico	8
9	Rotor colgante	8
10	Desalineación angular	9
11	Desalineación paralela	9
12	Desalineación entre chumacera	10
13	Holgura mecánica eje – agujero	10
14	Soltura estructural	11
15	Desgaste en los dientes	12
16	Excentricidad y/o backlash	12
17	Engrane desalineado	13
18	Distensión	13
19	Desalineación en poleas	14
20	Excentricidad de poleas	14
21	Falla en la pista interna	15
22	Falla en la pista externa	15
23	Falla en los elementos rodantes	16
24	Deterioro de la jaula	16

25	Norma DLI	20
26	Norma ISO 10816	20
27	Dirección de los puntos de medición radial, tangencial y axial	25
28	Combinación de posiciones del transductor	26
29	Orientaciones en máquinas horizontales	27
30	Orientaciones en máquinas verticales	27
31	Ejes ortogonales RAT en máquina horizontal	28
32	Analizador de vibraciones DLI Watchman DCX Hammerhead	29
33	Ventana para introducir datos con ExpertALERT	29
34	Estructura del equipo DCX	30
35	Aplicación del equipo DCX	35
36	Desalineamiento en bandas y poleas	36
37	FAG Top láser SMARTY 2	40
38	Principales datos a recopilar en un equipo	66
39	Jerarquización de la base de datos de planta	67
40	Toma de datos en el punto BI-RV-001	69
41	Toma de datos en el punto BI-RV-002	70
42	Toma de datos en el punto BH-RV-001	70
43	Toma de datos en el punto BH-RD-001	71
44	Toma de datos en el punto BH-RD-002	71
45	Toma de datos en el punto CB-RD-002	72
46	Espectro en el sentido axial del motor de la banda inclinada	72
47	Espectro en el sentido radial del motor de la banda inclinada	73
48	Espectro en el sentido tangencial del motor de la banda inclinada	73
49	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada	74

50	Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada	75
51	Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada	75
52	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada	76
53	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada	77
54	Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada	77
55	Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada	78
56	Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada	79
57	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada	79
58	Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada	80
59	Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada	81
60	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada	81
61	Espectro en el sentido axial del motor de la banda horizontal	82
62	Espectro en el sentido radial del motor de la banda horizontal	83
63	Espectro en el sentido tangencial del motor de la banda horizontal	83
64	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal	84
65	Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal	85



66	Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal	85
67	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal	86
68	Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal	87
69	Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal	87
70	Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal	88
71	Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal	89
72	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal	89
73	Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal	90
74	Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal	91
75	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal	91
76	Espectro en el sentido axial del motor de la criba	92
77	Espectro en el sentido radial del motor de la criba	93
78	Espectro en el sentido tangencial del motor de la criba	93
79	Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad de la criba	94
80	Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad de la criba	95
81	Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad de la criba	95
82	Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 1 de la criba	96
83	Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 1 de la	97

	criba	
84	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 1 de la criba	97
85	Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 2 de la criba	98
86	Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 2 de la criba	99
87	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 2 de la criba	99
88	Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 3 de la criba	100
89	Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 3 de la criba	101
90	Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 3 de la criba	101
91	Espectro en el sentido axial del motor de la compactadora	102
92	Espectro en el sentido radial del motor de la compactadora	103
93	Espectro en el sentido tangencial del motor de la compactadora	103
94	Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición horizontal de las poleas de la banda inclinada	107
95	Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda inclinada	107
96	Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición vertical de las poleas de la banda inclinada	108
97	Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda inclinada	108
98	Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición horizontal de las poleas de la banda horizontal	109
99	Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda horizontal	110

100	Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición vertical de las poleas de la banda horizontal	110
101	Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda horizontal	111

## LISTA DE ABREVIACIONES

Dsp	Procesador de señal digital
Fir	Respuesta finita al impulso
icp	Plasma de acoplamiento inductivo
RMS	Raíz media cuadrática
ISO 2372	Norma de análisis vibracional que se aplica en máquinas rotativas
MID	Codificación del equipo en el software
VTAG	Guía de pruebas de análisis vibracional
RAT	Radial axial tangencial
ATR	Axial tangencial radial
TRA	Tangencial radial axial
FFT	Transformada rápida de Fourier
TDF	Transformada discreta de Fourier
FN	Frecuencia natural
GMF	Frecuencia de engrane
HT	Fórmula de hunting
VdB	Decibeles de vibración
DLI	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la frecuencia de trabajo
ISO 10816	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la potencia de trabajo

## **LISTA DE ANEXOS**

- A            Imágenes de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos
  
- B            Tablas de resumen diagnóstico
  
- C            Reporte de análisis vibracional

## GLOSARIO

**Aceleración:** Razón de cambio de la velocidad respecto al tiempo.

**Acelerómetro:** Sensor y transductor cuya entrada es la amplitud de aceleración y tiene una salida de voltaje de baja impedancia.

**Alineación:** Posición en la cual las líneas centro de dos ejes deben ser lo más colineales posible, durante el tiempo de operación normal de la máquina.

**Amplitud:** Es el máximo valor que presenta una onda sinusoidal.

**Armónico:** Son frecuencias de vibración que son múltiples integrales de una frecuencia fundamental específica.

**Axial:** Posición del sensor que va en el sentido de la línea del eje.

**Backlash:** Juego que presentan dos elementos móviles conectados que han tenido mal montaje y presentan desgaste.

**Balanceo:** Procedimiento por medio del cual se trata de hacer coincidir el centro de masa de un rotor con su centro de rotación, de manera que se pueda eliminar el mayor número de fuerzas inerciales.

**Ciclo:** Es un rango de valores en los cuales un fenómeno periódico se repite.

**Decibel:** Unidad logarítmica de amplitud medida (muy usada en vibraciones y acústica).

**Desplazamiento:** Cambio de posición de un objeto o partícula de acuerdo a una sistema de referencia.

**Diagnóstico:** Proceso por medio del cual se juzga el estado de una máquina.

**Espectro:** Sinónimo de dominio de la frecuencia.

**Excentricidad:** Variación del centro de rotación del eje con respecto al centro geométrico del rotor.

**Factor de servicio:** Factor que corrige niveles normalizados, para máquinas que se encuentran a condiciones especiales de operación.

**Fase:** Es un retardo en el tiempo de dos señales, expresado en grados de rotación.

**Fatiga:** Tendencia de un material a romperse bajo deflexiones repetidas.

**Frecuencia:** Es el recíproco del período y significa número de oscilaciones completas por unidad de tiempo.

**Frecuencia de engrane (GMF):** Es la velocidad nominal del engranaje multiplicado por el número de dientes. La GMF es igual para piñón y engranaje.

**Frecuencia natural (Fn):** Es la frecuencia que presenta cada componente por su propia naturaleza y características. Esta frecuencia oscilará si es excitada por agente externo que opere a una frecuencia muy cercana.

**Horizontal:** Generalmente es la posición que se le da al sensor, que va perpendicular al sentido de la gravedad.

**Hz:** Unidad más común de la frecuencia. Equivale a ciclos por segundo.

**Período:** Es el tiempo necesario para que ocurra una oscilación o se complete un ciclo. Generalmente está dada en minutos y segundos.

**Pico:** Cada una de las líneas que componen el espectro.

**Radial:** Posición del sensor que va perpendicular a la línea del eje.

**Resonancia:** Se presenta cuando la frecuencia natural de un componente es excitada por un agente externo. La amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios a todos sus componentes.

**RPM:** Otra de las unidades de frecuencia. Equivale al número de ciclos por minuto que presenta la máquina.

**Ruido:** Es información de la señal que no representa alguna importancia. Representa contaminación de la señal.

**Sensor:** Es un dispositivo de medición que transforma una variable física en una señal eléctrica. En nuestro caso pasa de una señal física de vibración y la convierte en una señal eléctrica.

**Señal:** Es toda información de magnitud física variable que se convierte a magnitud eléctrica mediante un transductor.

**Subarmónicos:** Son frecuencias que se encuentran a una fracción fija de una frecuencia fundamental, como la velocidad nominal de la máquina.

**Transformada rápida de Fourier (FFT):** Es una técnica para calcular por medio de un computador la frecuencia de las series que conforman la onda en el dominio del tiempo.

**Velocidad:** Razón de cambio del desplazamiento respecto al tiempo.

**Velocidad nominal:** Velocidad de entrada de una máquina.

**Vertical:** Posición que se le da al sensor, que va en el sentido de la aceleración de la gravedad.

**Vibración:** Es un movimiento oscilatorio.

## **RESUMEN**

El presente trabajo investigativo trata del “Análisis Vibracional y Alineamiento Láser en los Equipos de la Planta de Reciclaje y Aprovechamiento de Desechos Sólidos del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Salcedo”, para conocer el estado técnico real en que se encuentran las máquinas y la gestión actual de mantenimiento, para lo cual se realiza el análisis de vibraciones y el alineamiento en bandas y poleas, considerando los diferentes espectros y utilizando las normas para la medición y la evaluación de los niveles aceptables de vibración.

Se procedió a realizar el diseño de fichas y la recolección de datos, que se utilizaron para establecer la categorización y criticidad de las maquinas utilizando los aspectos selectivos y parámetros directivos.

Se indican la estructura, los procedimientos y rutas de medición en los equipos críticos, para lo cual se utilizo el equipo de diagnóstico vibracional “DLI Watchman® DCX Hammerhead”; se determinaron los diferentes puntos de medición de las bandas inclinada y horizontal, la criba y la compactadora. Además, se detallan los diferentes resultados de las medidas obtenidas en las mediciones; y utilizando el equipo “top SMARTY 2” se verifico el estado de alineamiento existente entre las poleas tanto de la banda inclinada así como en la banda horizontal.

Se detecto la presencia de holgura rotativa en la compactadora para lo cual se realizo la recomendación requerida, también el monitoreo periódico de todos los equipos y la programación de tareas de mantenimiento, con el fin de contrarrestar los factores que ocasionaron las diferentes fallas en los equipos y las acciones que se deberían tomar para su corrección, y lograr evitar paralizaciones prolongadas y pérdidas de producción.



## **ABSTRACT**

This research deals with the "Vibrational Analysis and Laser Alignment on the Recycling Plant and Solid Scraps Utilization Equipments of Autonomous Government of the Salcedo canton" in order to know the actual technical state of the machines and the present maintenance management for what is done the vibration analysis and alignment in bands and pulleys by considering the diverse spectra and using the rules for both the measurement and evaluation of the acceptable vibration levels

It is proceeded both the data card design and data the collection that were employed to establish the categorization and criticism of the machines by using the selective aspects and management parameters.

Structure, procedures and measuring ways on the critique equipment are indicated for which the vibrational diagnosis equipment "DLI Watchman ® DCX Hammerhead" is used; the different measurement points of both the inclined and horizontal bands, the sieve and the compactor machine are determined. In addition, the different results of the measures obtained in the measurements are detailed and using the "top SMARTY 2" equipment the state of alignment existing among the pulleys and the horizontal one is verified.

For the presence of rolling roominess detected in the compactor machine the recommendation required is performed; also, the periodical monitoring of all the equipments and the programming of maintenance duties to counteract the factors producing the diverse failures on the equipments and the actions that should be undertaken for their repairing and so avoid long stops and production losses.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La planta de tratamiento de desechos sólidos en la ciudad de Salcedo, tiene como finalidad en su primera etapa aprovechar todos los desperdicios que se generan en las plazas, instituciones públicas y privadas, locales comerciales y en los hogares de la ciudad, cuyo propósito será solucionar una de las causas que generan un problema ambiental y sanitario por el exceso de basura que se produce diariamente y que no es tratada.

El proyecto se basa específicamente en el tratamiento de los desechos sólidos que son producidos en grandes cantidades y que ocasionan serios daños al medio ambiente.

### 1.2 Justificación

Actualmente en el ámbito industrial, la introducción de las tecnologías predictivas permite incrementar la productividad sin necesidad de incrementar el personal dedicado a la actividad del mantenimiento.

Para ello, la industria exige una mayor preparación de los técnicos encargados de llevar a buen término la aplicación de estas tecnologías.

Por lo cual se hace evidente la necesidad de asumir la responsabilidad de la recapitación del conocimiento, fundamentalmente en lo relacionado con el diagnóstico de la maquinaria industrial, base estratégica de la tecnología predictiva, la misma que permitirá evitar paros imprevistos muy perjudiciales a toda clase de empresa o institución.

Una de las herramientas fundamentales con que se cuenta en la actualidad para el mantenimiento predictivo de una planta o instalación es la medición y análisis de vibraciones y a la vez el respectivo análisis de alineamiento láser para evitar futuras fallas y averías, alcanzando en los equipos mayor disponibilidad y eficiente servicio a la sociedad en general.

En el presente trabajo se realizó una determinación de los diferentes problemas que se presentan en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos, para que mediante acciones correctivas se obtengan resultados positivos que lograrán disminuir considerablemente el tiempo improductivo de las máquinas junto con ello pérdidas productivas perjudiciales para la empresa.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Realizar el análisis vibracional y alineamiento láser en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos del gobierno autónomo descentralizado del cantón Salcedo

#### **1.3.2** *Objetivos específicos*

Analizar la situación actual de los equipos de la planta, sus características técnicas, régimen de producción y mantenimiento.

Elaborar fichas de datos y características de los equipos existentes en la fábrica.

Determinar los puntos de medición.

Efectuar las mediciones de vibración.

Interpretar los espectros vibracionales obtenidos.

Aplicar la técnica de alineación láser.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Análisis vibracional en maquinas industriales [1]

Una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características.

De acuerdo a esto, las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes.

Por tanto, una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes. Resulta de gran interés, puesto que la mayoría de máquinas están sometidas a algún tipo de vibración, y no resulta difícil, establecer relación medible e interpretable que permita establecer algún aspecto del estado del equipo.

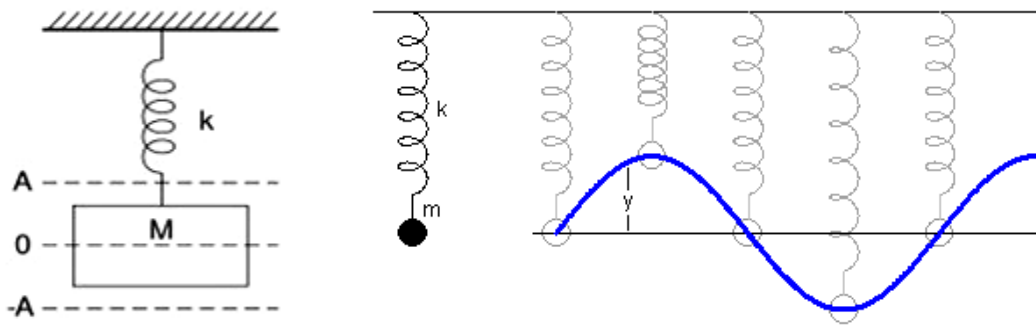
El hecho más significativo y de interés para evaluar el estado de un equipo sometido a una o varias actividades que dan lugar a vibraciones, es que procesos mecánicos diferentes de una máquina relacionados con aspectos a controlar, por ejemplo desbalanceo, desalineamiento, o fallos en rodamientos, producen energía a diferentes frecuencias.

Si esas frecuencias diferentes son separadas una de otra con el análisis espectral, entonces se puede identificar el fallo y consecuentemente tomar los correctivos necesarios a fin de evitar que estas vibraciones puedan dañar a los equipos.

Por lo tanto este tipo de técnicas son consideradas dentro del Mantenimiento Predictivo, debido a la industrialización ha experimentado grandes cambios y avances científicos – tecnológicos.

**2.1.1 Vibración simple.** La base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las sondas sinusoidales. Estas son las más simples y son la representación de las oscilaciones puras.

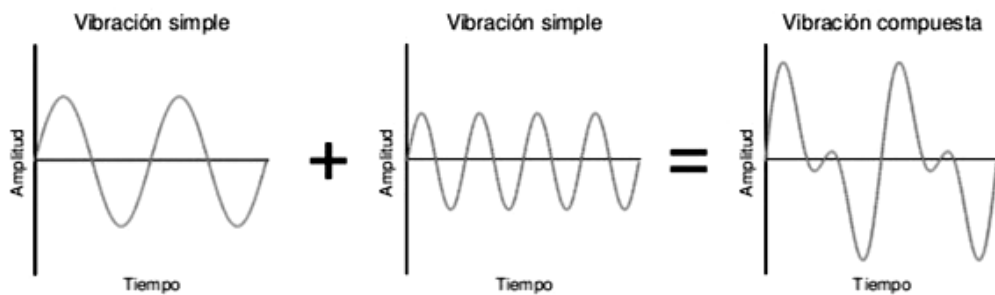
Figura 1. Sistema vibratorio masa – resorte



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador\\_arm%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador_arm%C3%B3nico)  
[http://www.sinais.es/fundamentos/vibracion\\_simple.html](http://www.sinais.es/fundamentos/vibracion_simple.html)

**2.1.2 Vibración compuesta.** Una señal compuesta es una sumatoria de varias señales sinusoidales que comprenden cada uno de los componentes que se encuentran en la máquina, más todos los golpeteos y vibraciones aleatorias.

Figura 2. Vibración compuesta



Fuente: [http://www.sinais.es/fundamentos/vibracion\\_compuesta.html](http://www.sinais.es/fundamentos/vibracion_compuesta.html)

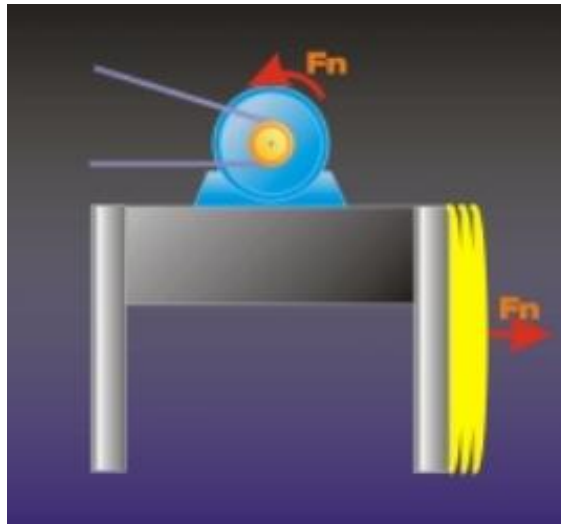
**2.1.3 Frecuencia natural y resonancias.** La frecuencia natural presenta un carácter muy diferente a las anteriormente nombradas, debido a que depende de las características estructurales de la máquina, tales como su masa, su rigidez y su amortiguación, incluyendo los soportes y tuberías adjuntas a ella. No depende de la operación de la máquina, a no ser que la rigidez sea función de la velocidad.

Si la frecuencia natural es excitada por un agente externo, la amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios que a corto o mediano plazo pueden llegar a ser catastróficos, esto es lo que se conoce con el nombre de resonancia.

Cuando una resonancia es detectada, es necesario conocer el agente externo que la está causando e inmediatamente debe aislarse o cambiar su velocidad de operación.

La figura 3 muestra un motor que gira a una velocidad similar a la frecuencia natural de su estructura de soporte. Lo que incrementa abruptamente los niveles de vibración de la máquina.

Figura 3. Frecuencia natural y resonancia



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

## 2.2 Selección de transductores [2]

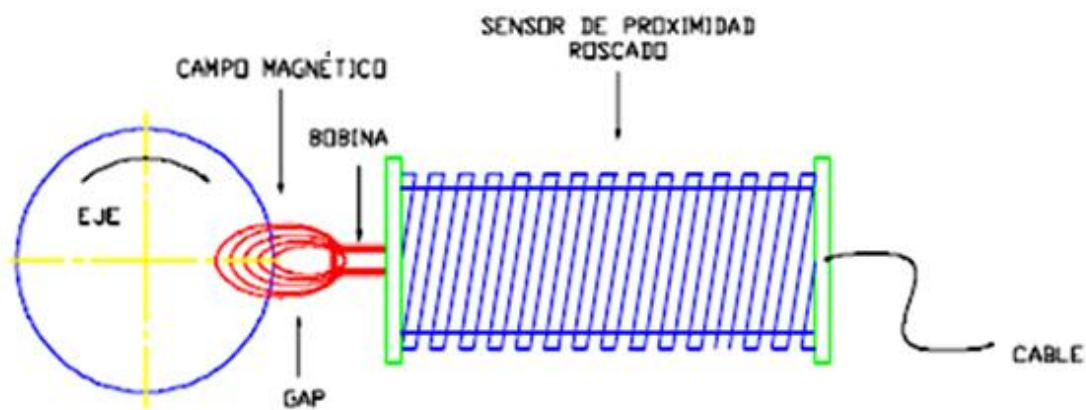
El transductor de vibraciones es un aparato que produce una señal eléctrica que es una réplica o análogo del movimiento vibratorio al cual está sujeto. Un buen transductor no debe agregar falsos componentes a la señal, y debería producir señales uniformes en todo el rango de frecuencias que nos interesa. Los diferentes tipos de transductores responden a parámetros diferentes de la fuente de vibración.

**2.2.1 Transductores de proximidad.** Los sensores de proximidad son también llamados sensores de no contacto. Consisten en una bobina alrededor de un núcleo ferroso que crea un campo magnético entre la punta del transductor y el eje, un cambio del espacio (gap) entre el transductor y el eje produce un cambio en el campo magnético por la generación de corrientes inducidas o parásitas de Eddy que modifican la señal

proporcionalmente al desplazamiento del objeto medido. El eje debe ser electromagnético. Este tipo de sensor posee una bobina en la punta del transductor. La fuente genera una señal AC de muy alta frecuencia (señal portadora). Esta señal hace que la bobina produzca un campo magnético en la punta del transductor.

Cuando una superficie metálica se acerca o se aleja del transductor, el campo magnético se verá afectado y se producirá un cambio en la señal portadora. Este cambio instantáneo de la señal portadora es detectado produciendo en el instrumento una señal de salida que es proporcional a la amplitud de vibración.

Figura 4. Transductor de proximidad

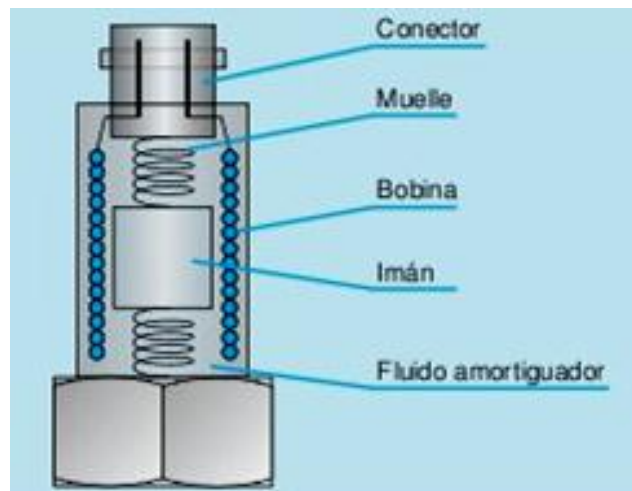


Fuente: <http://www.slideshare.net/hineli/tutorial-de-vibraciones-para-mantenimiento-Mecánico>.

Es comúnmente usado en cojinetes hidrodinámicos, de baja velocidad, la medición se realiza directamente sobre el eje. Requieren calibración y una fuente externa de energía para su funcionamiento. Tienen muy buena respuesta en baja frecuencia, de 0 a 400 Hz generalmente.

**2.2.2 Transductores de velocidad.** Son también llamados sensores sísmicos. Está compuesto de una bobina cilíndrica y un imán permanente suspendido en resortes en la mitad en un medio fluido. Al colocarse el transductor en los soportes de rodamientos (chumaceras), la vibración transmitida produce oscilación en el magneto que induce una corriente eléctrica y diferencia de potencial en la bobina que es proporcional a la amplitud de vibración.

Figura 5. Transductor de velocidad



Fuente: [http://www.sinais.es/sensores/transductores\\_velocidad.html](http://www.sinais.es/sensores/transductores_velocidad.html)

Su aplicación está especialmente en el rango de 2 Hz a 1 KHz, no es aplicable para altas frecuencias por su baja frecuencia natural. La masa del sistema es una bobina soportada por resortes. Estos transductores son diseñados para medir vibraciones preferentemente a frecuencias mayores a la frecuencia natural del sistema masa-resorte.

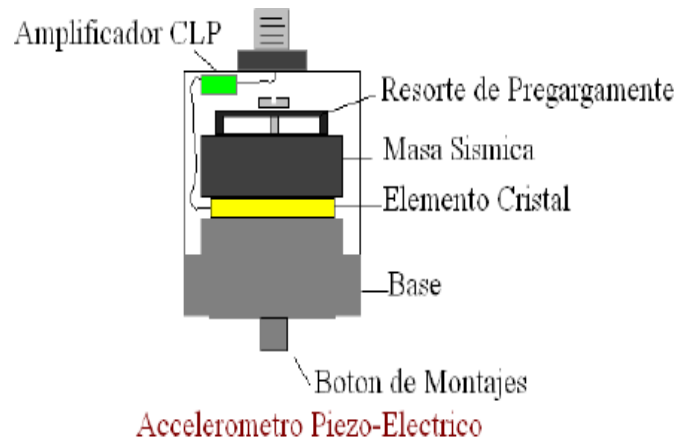
Un imán está firmemente unido a la carcasa del sensor y provee un campo magnético alrededor de la bobina suspendida. Cuando un conductor es movido a través de un campo magnético, o un campo magnético es movido a través de un conductor, se inducirá un voltaje en el conductor.

La cantidad de voltaje generado dependerá de la rapidez (velocidad) con la cual el conductor es desplazado en el campo magnético. Cuando la carcasa del sensor adherida a la superficie vibrante el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad de la parte vibrante. La señal de este sensor es bastante fuerte y puede ser transmitida típicamente, sin amplificación, hasta 30 metros.

**2.2.3 Acelerómetros.** Un acelerómetro es un instrumento auto generativo que produce una señal de salida proporcional a la aceleración de la vibración, consiste en un pedazo de cristal piezoeléctrico que se encuentra en contacto con una masa. Cuando se pone en contacto la armadura del sensor con el medio vibrante (chumaceras) la fuerza de excitación intenta de formar al cristal y este por sus propiedades piezoeléctricas genera una señal eléctrica como respuesta.



Figura 6. Acelerómetro



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

Son muy comunes, operan en una muy amplia gama de frecuencias, desde 0 hasta más de 400 KHz, son recomendables para maquinaria de alta velocidad y para detectar vibraciones de alta frecuencia en general.

El desarrollo tecnológico presenta ahora en el mercado transductores llamados acelerómetros triaxiales que tienen la capacidad de hacer mediciones en tres direcciones sin mover el transductor, con esto se logra ahorro de tiempo durante la medición.

### 2.3 Análisis de los espectros FFT [3]

El análisis de espectros se define como la transformación de una señal representada en el dominio del tiempo hacia la representación de la misma en el dominio de la frecuencia, tiene sus raíces a principio del siglo XIX, cuando varios matemáticos lo investigaron desde una base teórica. Pero él fue un hombre práctico, un ingeniero con una educación matemática, que desarrolló la teoría en que están basadas casi todas nuestras técnicas modernas de análisis de espectros.

Cada componente en una máquina produce una señal sinusoidal a una frecuencia diferente. La suma de estas señales en dominio del tiempo produce una señal compleja que es captada por el acelerómetro. La transformada rápida de Fourier se encarga de descomponer esta señal en sus componentes y las expresa en valor de frecuencia.

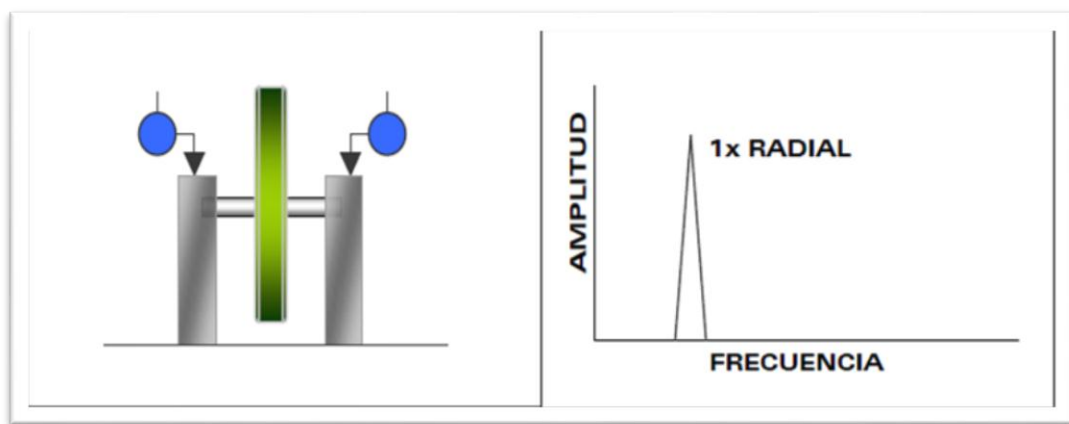
## 2.4 Espectros tipo utilizados en el análisis vibracional [4]

### 2.4.1 Desbalance

**2.4.1.1 Desbalance estático.** Producido generalmente por desgaste radial superficial no uniforme en rotores en los cuales su largo es despreciable en comparación con su diámetro. El espectro presenta vibración dominante con una frecuencia igual a 1 X RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en un sólo plano (en el centro de gravedad del rotor) con la masa adecuada y en la posición angular calculada común equipo de balanceo.

Figura 7. Desbalance estático



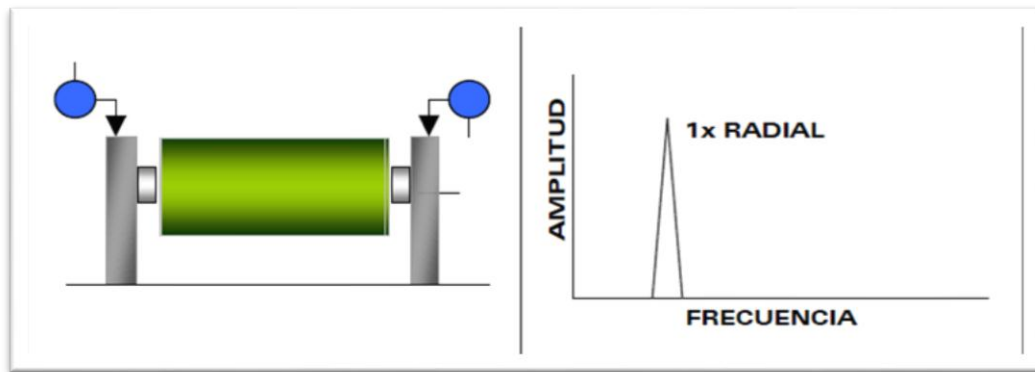
Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.1.2 Desbalance dinámico.** El desbalance dinámico ocurre en rotores medianos y largos. Es debido principalmente a desgastes radiales y axiales simultáneos en la superficie del rotor.

El espectro presenta vibración dominante y vaivén simultáneo a frecuencia igual a 1X RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en dos planos con las masas adecuadas y en las posiciones angulares calculadas con un equipo de balanceo dinámico.

Figura 8. Desbalance dinámico

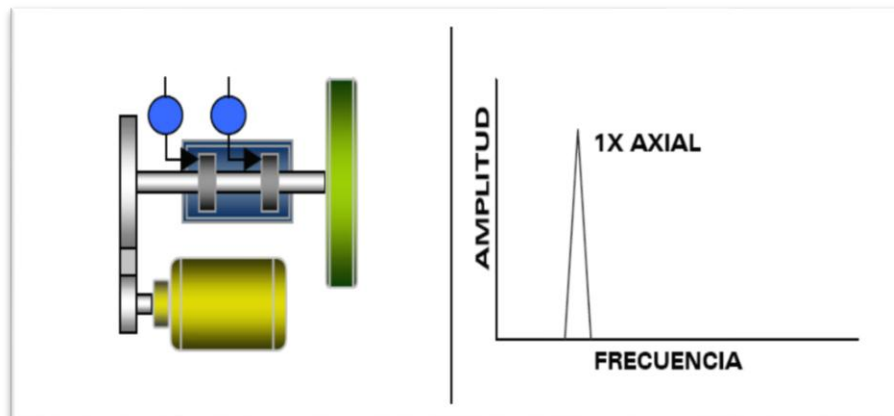


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.1.3 Rotor colgante.** Ocurre en rotores que se encuentran en el extremo de un eje. Es producido por desgaste en la superficie del rotor y doblamiento del eje. El espectro presenta vibración dominante a 1X RPM del rotor, muy notoria en dirección axial y radial.

Para corregir la falla, primero debe verificarse que el rotor no tenga excentricidad ni que el eje esté doblado. Luego debe realizarse el balanceo adecuado. El desbalance dinámico ocurre en rotores.

Figura 9. Rotor colgante



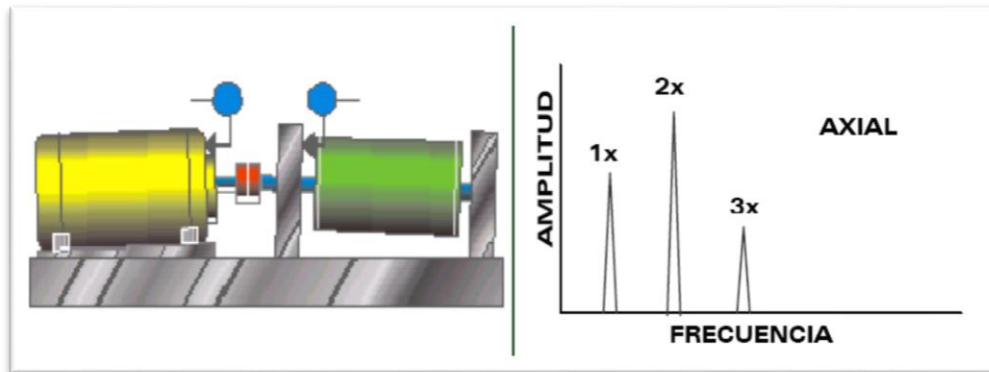
Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

## 2.4.2 Desalineación

**2.4.2.1 Desalineación angular.** Ocurre cuando el eje del motor y el eje conducido unidos en el acople, no son paralelos. Caracterizado por altas vibraciones axiales. 1X

RPM y 2X RPM son las más comunes, con desfase de 180 grados a través del acople. También se presenta 3X RPM. Estos síntomas también indican problemas en el acople.

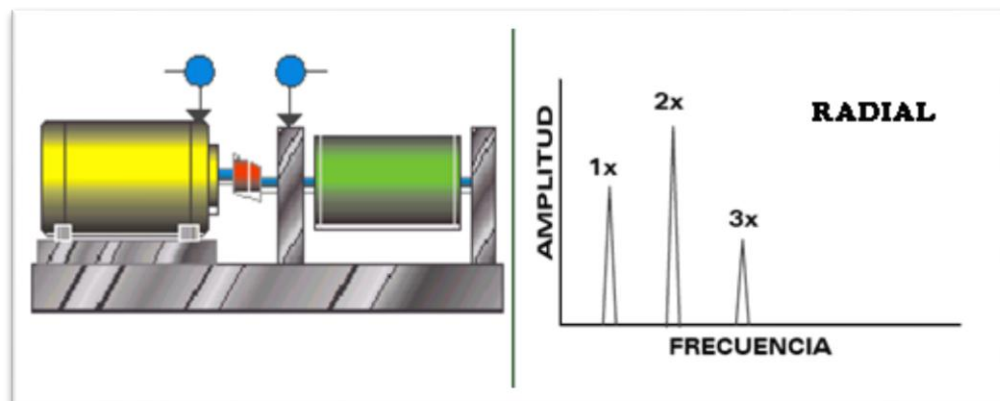
Figura 10. Desalineación angular



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.2.2 Desalineación paralela.** Los ejes del motor y del rotor conducido están paralelos, pero no son colineales. Se pueden detectar altas vibraciones radiales a 2X RPM, predominante, ya 1X RPM, con desfase de 180 grados a través del acople. Cuando aumenta la severidad, genera picos en armónicos superiores (4X, 8X).

Figura 11. Desalineación paralela

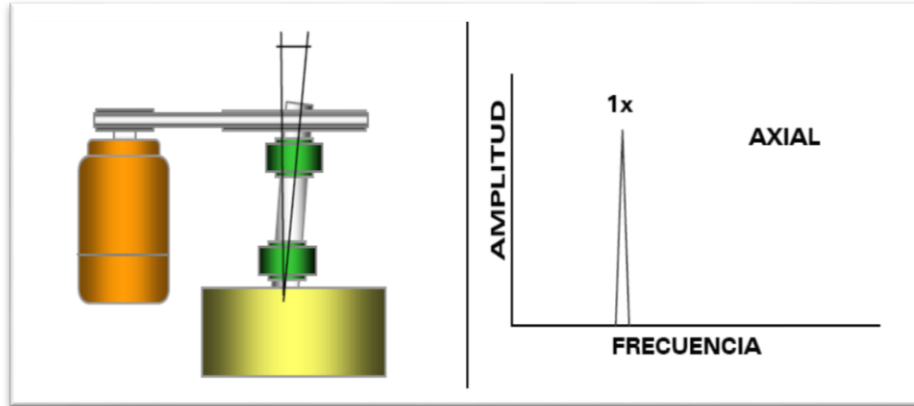


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.2.3 Desalineación entre chumaceras.** En una máquina con transmisión de poleas, la mala posición de las chumaceras puede evitar que el eje se acomode correctamente, lo cual genera vibraciones anormales en sentido axial y radial.

Excitación del pico representativo de la velocidad (1X RPM), especialmente en sentido axial. Es necesario hacer una verificación de que las chumaceras queden completamente paralelas entre sí.

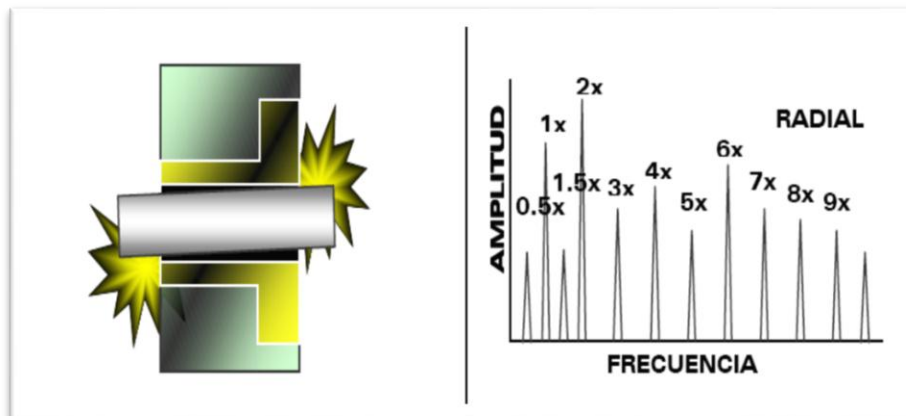
Figura 12. Desalineación entre chumacera



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.3 Holgura mecánica eje – agujero.** Aflojamiento de manguitos, tolerancias de manufactura inadecuadas (con juego), y holgura entre el impulsor y su eje en bombas. Causa un truncamiento en la forma de onda en el dominio del tiempo. La falla genera múltiples armónicos y sub armónicos de 1X RPM, destacándose los armónicos fraccionarios  $\frac{1}{2} X$ ,  $\frac{1}{3} X$ ,  $1.5 X$ ,  $2.5 X$ ,... Frecuentemente la fase es inestable y el nivel máximo tiende a una dirección notable realizando lecturas radiales espaciadas 30 grados entre sí.

Figura 13. Holgura mecánica eje – agujero

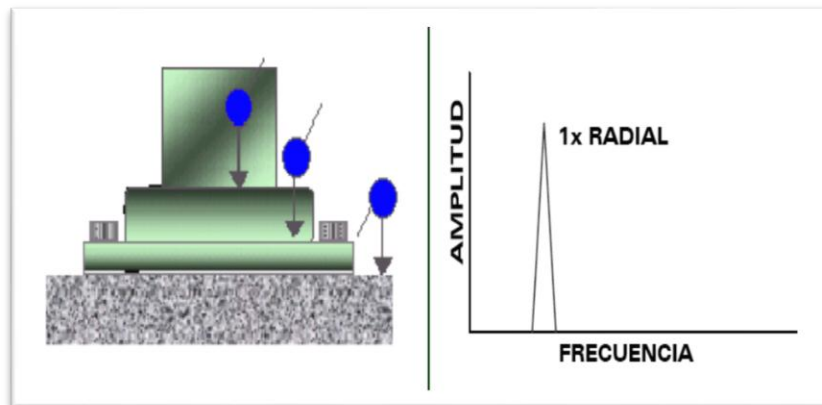


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.4 Soltura estructural.** Ablandamiento o desplazamiento del pié de la máquina, por holgura en los pernos de la base o por deterioro de los componentes de la sujeción. El espectro presenta vibración a 1X RPM en la base de la máquina con desfase a 180 grados entre los elementos sujetos en el anclaje. Altamente direccional en la dirección de la sujeción.

Se recomienda primero revisar el estado de fatiga del pié de máquina (rajaduras, corrosión). Luego debe verificarse el estado de los sujetadores y por último el estado de la cimentación.

Figura 14. Soltura estructural



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

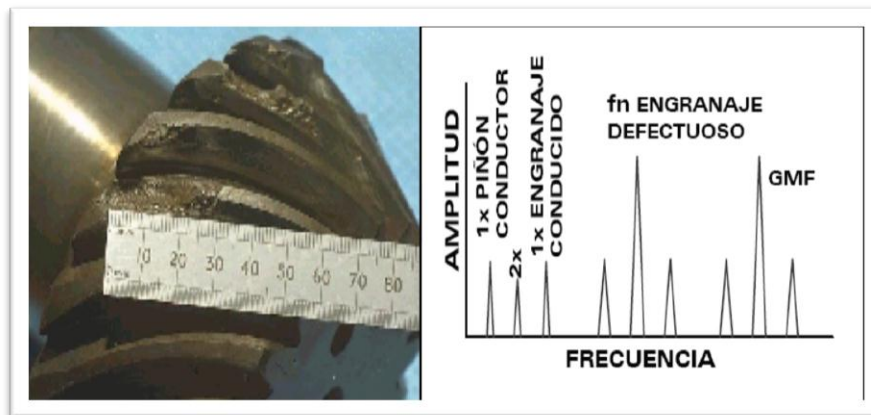
#### **2.4.5 Fallas en engranajes**

**2.4.5.1 Desgaste en los dientes.** Ocurre por operación más allá del tiempo de vida del engranaje, contaminación de la grasa lubricante, elementos extraños circulando en la caja del engrane o montaje erróneo.

Su espectro se caracteriza por la aparición de bandeamiento lateral alrededor de la frecuencia natural de vibración ( $f_n$ ) del engrane defectuoso. El espaciado de las bandas laterales es 1X RPM del engrane defectuoso. Si el desgaste es avanzado, hay sobreexcitación de la GMF.

Para solucionar el problema debe cambiar o rectificar el engranaje (sólo si este no está sometido a grandes cargas y la urgencia lo amerita). Si el desgaste es prematuro inspeccione desalineación en el eje o excentricidad en el engranaje.

Figura 15. Desgaste en los dientes

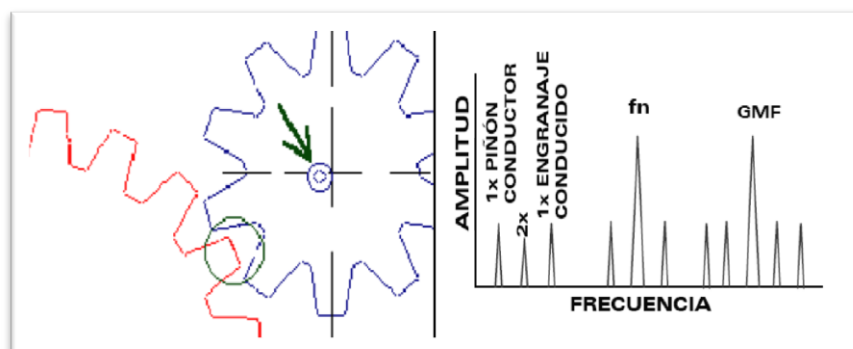


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.5.2** *Excentricidad y/o backlash.* La excentricidad ocurre cuando el centro de simetría no coincide con el centro de rotación. El backlash se produce cuando, al terminar el contacto entre dos dientes, los dos siguientes no entran inmediatamente en contacto. El espectro muestra aumento considerable de las bandas laterales.

El engranaje con problemas es indicado por el espaciado de las bandas laterales. Si el problema es backlash, la GMF debe disminuir con el aumento de la carga. Para corregir el problema, el engranaje debe ser reensamblado o reemplazado si se encuentran problemas de manufactura.

Figura 16. Excentricidad y/o backlash

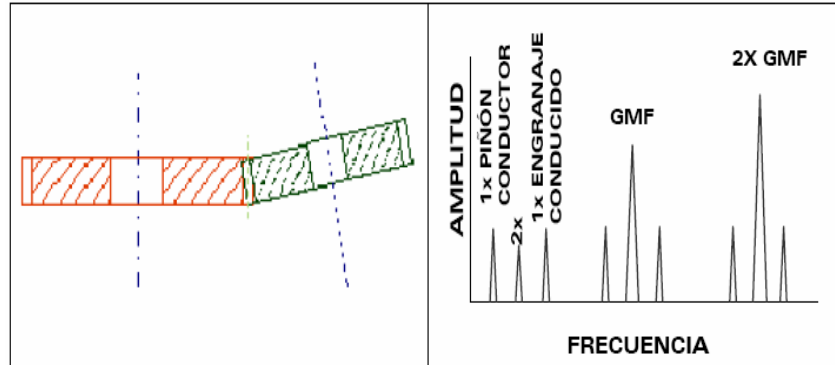


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.5.3** *Engranaje desalineado.* Se presenta cuando las ruedas dentadas fueron ensambladas con errores de alineación o cuando sus ejes no están paralelos. Casi

siempre se excitan los armónicos de 2do o mayor orden de la GMF, con bandeamientos laterales a la 1 XRPM del piñón o la rueda. 2 X GMF y 3 X GMF dominan el espectro. El conjunto debe ser alineado nuevamente.

Figura 17. Engrane desalineado



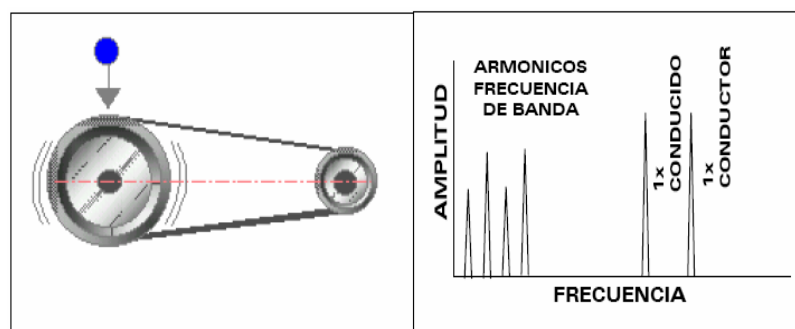
Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

#### 2.4.6 Fallas en bandas y poleas

**2.4.6.1 Distensión.** Ocurre por sobrepasar la vida útil de la banda, o por desgaste excesivo de la misma. Las frecuencias de bandas siempre están por debajo de la frecuencia del motor o máquina conducida.

Normalmente se encuentran cuatro picos y generalmente predomina el de 2X frecuencia de banda. Tienen amplitudes inestables. Para corregir el problema, si la banda no presenta demasiado desgaste intente tensionarla, de lo contrario reemplácela.

Figura 18. Distensión



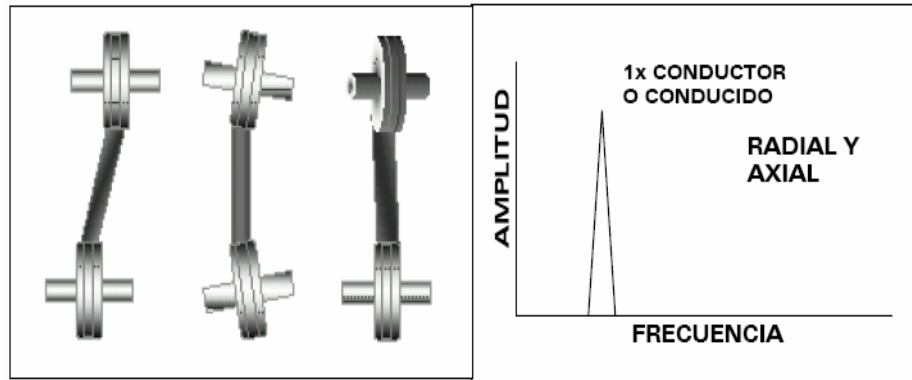
Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.6.2 Desalineación en poleas.** Puede ocurrir porque los ejes de las poleas no están alineados o porque las poleas no están paralelas. También pueden ocurrir ambos casos



simultáneamente. Produce alta vibración axial a 1x RPM de la conductora o la conducida, generalmente la conducida. La buena medida de las amplitudes de las vibraciones depende de donde sean tomados los datos. Para solucionar el problema deben alinearse las poleas tanto angular como paralelamente.

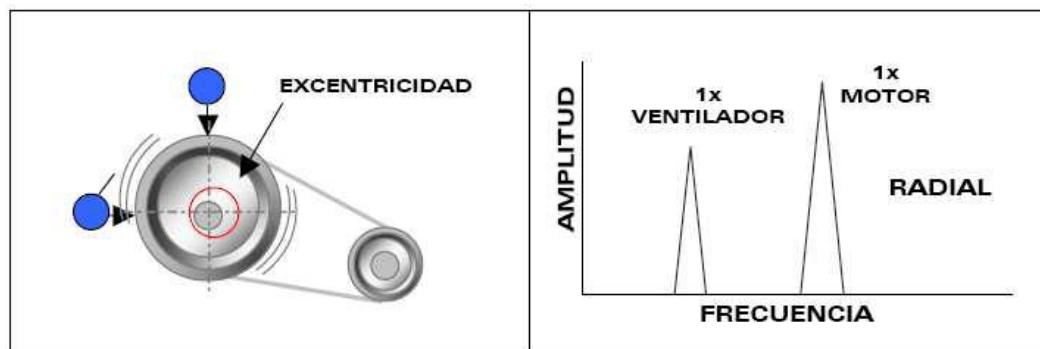
Figura 19. Desalineación en poleas



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.6.3 Excentricidad de poleas.** Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea. Produce alta vibración a 1x RPM de la polea excéntrica. Su amplitud está por encima de las amplitudes de las frecuencias de las bandas. Aunque es posible balancear poleas gracias a la adición de pesas.

Figura 20. Excentricidad de poleas



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

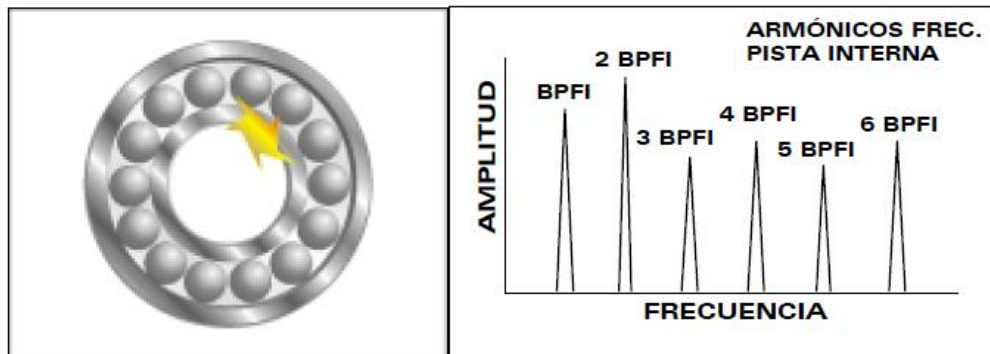
## 2.4.7 Fallas en rodamientos

**2.4.7.1 Falla en la pista interna.** Agrietamiento del material en la pista interna, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente. Se produce una serie de armónicos siendo los picos

predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de la pista interna, en dirección radial. Además el contacto metal - metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz. El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose.

Antes revise el estado de lubricación del rodamiento, generalmente la medida más confiable es en dirección de la carga.

Figura 21. Falla en la pista interna

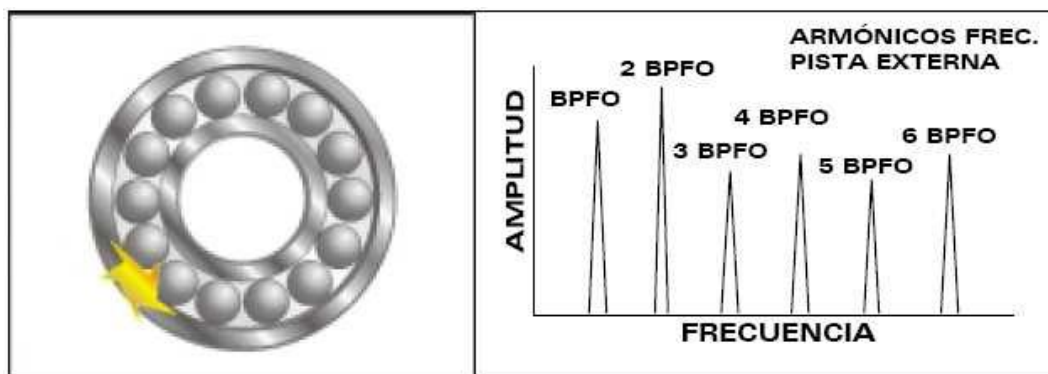


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.7.2 Falla en la pista externa.** Agrietamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, sobre esfuerzos, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista externa, en dirección radial.

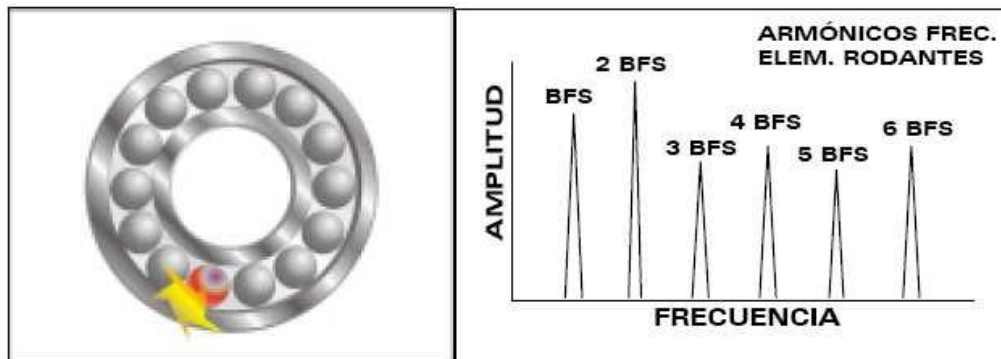
Figura 22. Falla en la pista externa



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.7.3 Falla en los elementos rodantes.** Agrietamiento del material en los elementos rodantes, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente. Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM la frecuencia de falla de los elementos rodantes, en dirección radial. Además el contacto metal – metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

Figura 23. Falla en los elementos rodantes

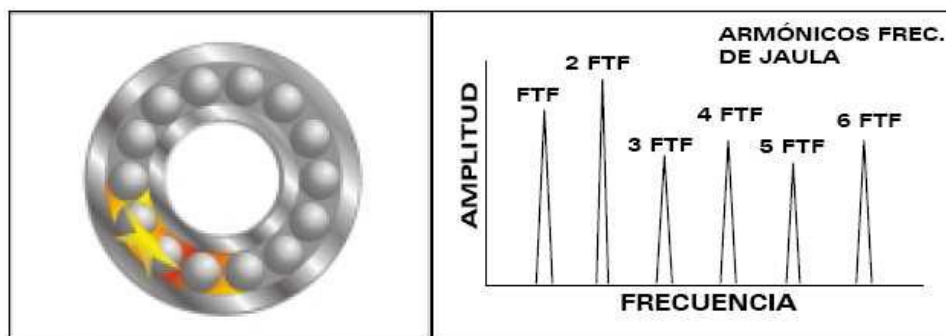


Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

**2.4.7.4 Deterioro de la jaula.** Deformación de la jaula, caja o cubierta que mantiene en su posición a los elementos rodantes. Se produce una serie de armónicos de la frecuencia de la jaula siendo los picos predominantes 1X y 2X RPM de la frecuencia de falla en jaula, en dirección radial o axial.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose. Revise la posible causa que está dando origen a la falla.

Figura 24. Deterioro de la jaula



Fuente: <http://www.a-maq.com/tutoriales/Tutorial%20Vibraciones%20para%20Mantenimiento%20Mecanico%20a-MAQ%202005.pdf>

## 2.5 Reglas para el análisis de espectros [5]

- Desbalance
  - Ejes soportados en ambos lados = 1XR y 1XT altos en ambos lados.
  - Eje en voladizo = 1XA mayor que 1XR o 1XT.
- Rodamiento desalineado
  - 2X mayor que 1X en cualquier lado
- Desalineamiento angular
  - 1XA mayor que 1XR o 1XT en ambos lados del motor.
- Desalineamiento paralelo
  - 2XR o 2XT mayor que 1XR o 1XT en cualquier lado del motor.
- Pie cojo
  - 1XR alto
- Flexibilidad transversal
  - 1XT mayor que 1XR en los dos lados del motor.
- Eje pandeado
  - 1XA alto en ambos lados del motor.
- Rozamientos
  - Picos menores a 1X altos.
- Fallas de acoples
  - Picos en 3X altos.
- Falla de rodamientos
  - Armónicos no síncronos.
  - Bandas laterales.
- Holgura mecánica
  - Picos altos desde 3X.
- Fase eléctrica
  - Pico alto a 120 Hz.

## 2.6 Normas para la evaluación de los niveles de vibración [6]

El estado de una máquina se determina mejor por una serie de mediciones de vibración hecho en un largo tiempo. Normas absolutas se pueden usar como guía sino hay datos históricos.

A través de los años, se hicieron varios intentos para establecer niveles de vibración absolutos, o normas de niveles para una operación aceptable en diferentes tipos de máquinas.

Los primeros de esos intentos fueron mediciones generales del desplazamiento de vibración. Las mediciones de velocidad fueron agregadas después. Todavía más tarde fue introducido el concepto de nivel de vibración como función de la frecuencia.

**2.6.1** *Tabla Rathbone.* La tabla Rathbone, inventada por T.C. Rathbone en 1939, compara la velocidad general de vibración con varios grados de suavidad de la máquina. Rathbone no hizo inferencias al contenido de frecuencias de la vibración o al tamaño de la máquina.

Tabla 1. Rathbone

Condición de operación de la máquina	Velocidad de vibración general
Muy ruda	0.628 pps pico
Ruda	0.314 pps pico
Ligeramente ruda	0.157 pps pico
Regular	0.0785 pps pico
Buena	0.0392 pps pico
Muy buena	0.0196 pps pico
Suave	0.0098 pps pico
Muy suave	0.0049 pps pico

Fuente: <http://www.azimadli.com/vibman-spanish/tablarathbone.htm>

**2.6.2** *Norma ISO 2372.* Proporciona guías para aceptación de la amplitud de vibración, para maquinaria rotativa operando desde 600 hasta 12000 RPM.

Específica niveles de velocidad general de vibración en lugar de niveles espectrales, y puede ser muy engañosa. ISO 2372 especifica los límites de la velocidad de vibración basándose en los caballos vapor de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz hasta 1000 Hz, debido al rango limitado de alta frecuencia, se puede fácilmente dejar pasar problemas de rodamientos con elementos rodantes.

Tabla 2. Norma ISO 2372

Level, VdB	Menos que 20 HP	20 a 100 HP	Más que 100 HP
125	No permisible	No permisible	No Permisible
121	No permisible	No permisible	Apenas tolerable
117	No permisible	Apenas tolerable	Apenas tolerable
113	Apenas tolerable	Apenas tolerable	Permisible
109	Apenas tolerable	Permisible	Permisible
105	Permisible	Permisible	Bueno
101	Permisible	Bueno	Bueno
97	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: <http://www.azimadli.com/vibman-spanish/normaiso2372.htm>

**2.6.3 Normas comerciales DLI.** La tabla que enseñamos aquí se puede aplicar a un gran número de máquinas rotativas con una confianza razonable.

Es una destilación de datos de un rango importante de maquinaria industrial, y se considera que está más al día y más útil que las normas mencionadas.

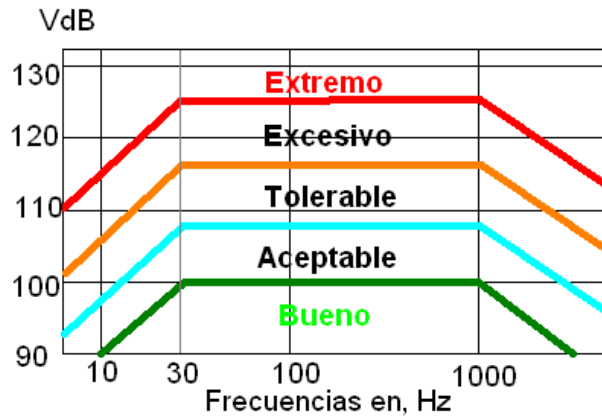
Tabla 3. Norma comercial DLI

Nivel de Vibración	< 30 Hz	30 Hz - 1000 Hz	> 1000 Hz
Extremo	10 mils p-p	125 VdBrms	11.2 G rms
Excesivo	4.2 mils p-p	117 VdBrms	4.46 G rms
Tolerable	1.5 mils p-p	108 VdBrms	1.58 G rms
Aceptable	0.6 mils p-p	100 VdBrms	0.630G rms

Fuente: <http://www.azimadli.com/vibman-spanish/normascomercialestablalidegravedaddevibracinemaquinaria.htm>

La misma información se encuentra en forma gráfica en la siguiente figura.

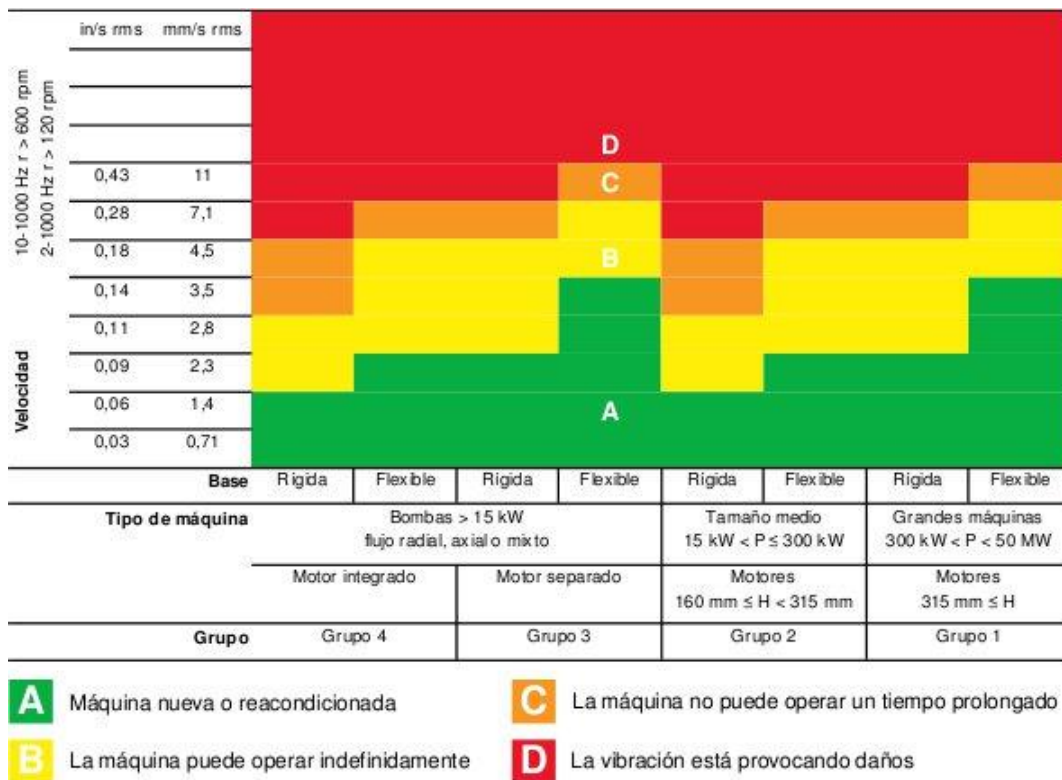
Figura 25. Norma DLI



Fuente: <http://www.azimadli.com/vibman-spanish/normascomercialestablalide-gravedaddevibracinemaquinaria.htm>

**2.6.4 Normas ISO 10816.** Norma internacional que clasifica a las máquinas en grupos de acuerdo a la potencia del motor. Mientras más grande es la máquina, mayor es su capacidad de soportar vibración. La norma ISO 10816 es aplicable para máquinas, con registros de vibración tomados en la carcasa.

Figura 26. Norma ISO 10816



Fuente: <http://www.sinais.es/normativa/iso10816.html>

## 2.7 Niveles aceptables de vibración [7]

Los niveles de vibración nos ayudarán a determinar la intensidad de vibración, puesto que nos permitirá comparar los datos obtenidos con el monitoreo al momento de medir e inmediatamente hacernos una idea de cómo se encontrarían los diferentes activos. Los diferentes tipos de activos tienen de acuerdo a las normas, diferentes valores admisibles de vibración.

Tabla 4. Niveles aceptables de vibración

MÁQUINAS Y ELEMENTOS	VALORES ADMISIBLES
<b>Turbinas de gas, de vapor o hidráulicas</b>	2.5 mm/s
<b>Motores eléctricos, bombas, ventiladores asentados en el piso (Equipos comunes)</b>	4.5 mm/s
<b>Ventiladores asentados en resortes</b>	7.1 mm/s
<b>Motores de combustión interna</b>	12.5 mm/s
<b>Llanta de un auto</b>	40 mm/s

Fuente: <http://www.azimadli.com/vibman-spanish/normascomercialestablalidegravedaddevibracinemaquinaria.htm>

## 2.8 Categorización de equipos [8]

La categorización de la maquinaria o equipos se determina tomando en consideración de 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos.

Las categorías pueden ser:

- Categoría A
- Categoría B
- Categoría C



### 2.8.1 Aspectos selectivos

#### INTERCAMBIABILIDAD

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Irreemplazable
B.	Reemplazable
C.	Irreemplazable

#### IMPORTANCIA PRODUCTIVA

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Imprescindible
B.	Limitante
C.	Intercambiable

#### RÉGIMEN DE OPERACIÓN

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Continua
B.	Seriada
C.	Alternada

#### NIVEL DE UTILIZACIÓN

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Muy utilizada
B.	Media utilización
C.	Poca utilización

### 2.8.2 Parámetros directivos

#### PARÁMETRO PRINCIPAL DE LA MAQUINA

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Alta
B.	Media
C.	Baja

## MANTENIBILIDAD

### CATEGORÍA

- A.
- B.
- C.

### CARACTERÍSTICAS

- Alta complejidad
- Media complejidad
- Simple complejidad

## CONSERVABILIDAD

### CATEGORÍA

- A.
- B.
- C.

### CARACTERÍSTICAS

- Condiciones especiales
- Máquina protegida
- Máquina normal en condiciones severas

## AUTOMATIZACIÓN

### CATEGORÍA

- A.
- B.
- C.

### CARACTERÍSTICAS

- Automática
- Semiautomática
- Totalmente mecánica

## VALOR DE LA MAQUINA

### CATEGORÍA

- A.
- B.
- C.

### CARACTERÍSTICAS

- Alto valor
- Medio valor
- Bajo valor

## FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO

### CATEGORÍA

- A.
- B.
- C.

### CARACTERÍSTICAS

- Mala
- Regular
- Buena

## SEGURIDAD OPERACIONAL

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A.	Peligrosa
B.	Peligrosidad media
C.	Poco peligrosa

### 2.9 Determinación del estado técnico de los equipos

Se define como las condiciones técnicas y funcionales que están presentes en un momento dado.

Un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto que se refleje en la mala calidad de la producción elaborada, en un bajo rendimiento, en el aumento de roturas imprevistas e incluso, en el aumento de los riesgos que para el obrero implicado en su operación.

De allí que es necesario mejorar de forma constante el estado técnico de los equipos mediante los servicios de mantenimiento, los que realizan con el fin de restituirles, en lo posible, sus características de diseño.

La inspección que se lleva a cabo para determinar el estado técnico de un equipo, deberá contemplar los aspectos siguientes:

- Consumo de energía.
- Funcionamiento del equipo motriz.
- Estado de la carcasa o cuerpo del equipo.
- Funcionamiento de los mecanismos de regulación y mando.
- Estado de las correas, cadena de transmisión, acoples, etc.
- Estado de conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.
- Nivel de ruido y vibraciones, etc.

**2.9.1 Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico.** Al evaluar un equipo o parte de él, su estado técnico se determinara por la eficacia que presente en relación con lo que originalmente tenia.

La eficacia de un equipo se traduce en producción realizada; si se tiene en cuenta que dicha eficiencia, el estado técnico se evalúa como:

Tabla 5. Eficiencia de los equipos

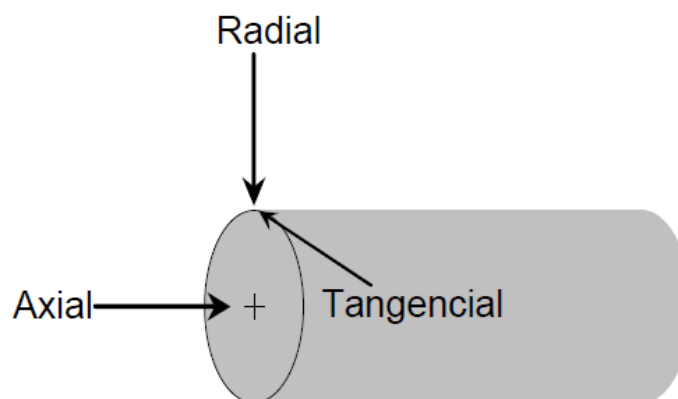
Bueno	90 – 100%
Regular	75 – 89%
Malo	50 – 74%
Muy malo	Menos de 50%

Fuente: MOROCHO, M. Administración del Mantenimiento: Riobamba - Ecuador:  
Docucentro, 2003. Pág. 17

## 2.10 Mediciones triaxiales [9]

Para ayudar en la determinación de problemas de máquinas es muy útil obtener datos de vibración de cada punto de medición en tres direcciones. Esas direcciones se llaman Axial, Radial, y Tangencial. Axial es la dirección paralela a la flecha, radial es la dirección desde el transductor hacia el centro de la flecha, y tangencial es 90 grados de radial, tangente a la flecha.

Figura 27. Dirección de los puntos de medición radial, tangencial y axial



Fuente: <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

Con los recopiladores de datos de vibración Azima DLI, se recopilan los datos con un acelerómetro triaxial a 3 canales. Realmente son tres transductores en un cárter y están orientados en las tres direcciones ortogonales llamadas radial, tangencial y axial.

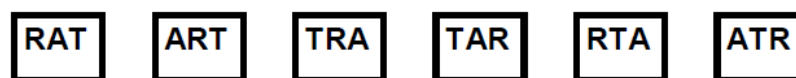
El transductor está montado por medio de un tornillo a casquillo en un cojín de montaje de bronce especialmente diseñado.

El diseño del cojín asegura que el sensor estará orientado en la misma dirección. Los canales 1, 2 y 3 del sensor pueden estar en diferentes ejes de medición con respecto a la máquina. Por ejemplo: Si el sensor está montado encima de un cárter de rodamiento de una flecha horizontal, el canal 1 sería orientado verticalmente, el canal 2 podría ser orientado horizontalmente a 90 grados al eje de la flecha, y el canal 3 podría ser orientado horizontalmente paralelo al eje de la flecha.

Esas direcciones se llaman Radial, Tangencial, y Axial, respectivamente. El archivo inicial de la máquina usa la abreviación RTA para este tipo de montaje. Si el sensor giraría 90 grados alrededor de su eje vertical, la orientación se llamaría RAT. Es muy importante que el programa conozca la orientación exacta del sensor.

**2.10.1 Orientación del transductor.** La orientación indica al colector de datos qué canal está midiendo qué eje. Existen seis posibles combinaciones de orientaciones:

Figura 28. Combinación de posiciones del transductor



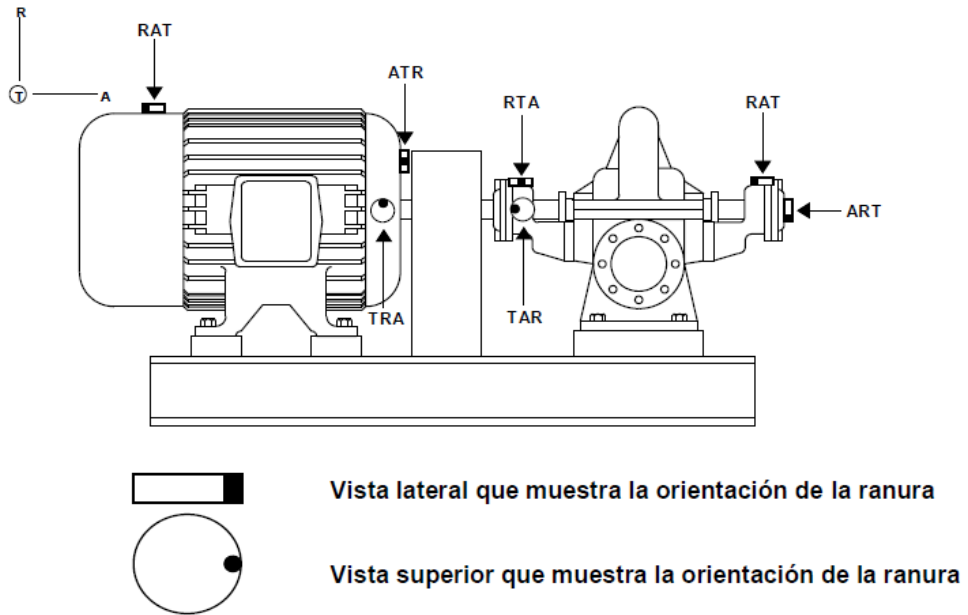
donde: A = AXIAL  
R = RADIAL  
T = TANGENCIAL

Fuente: <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

Los datos son tomados hacia el colector desde el canal uno hasta el canal tres del acelerómetro. El programa receptor y el sensor procesan los datos en el mismo orden.

Para máquinas horizontales, 'R' es considerada como vertical, 'T' es considerada como transversal y 'A' como paralela al eje:

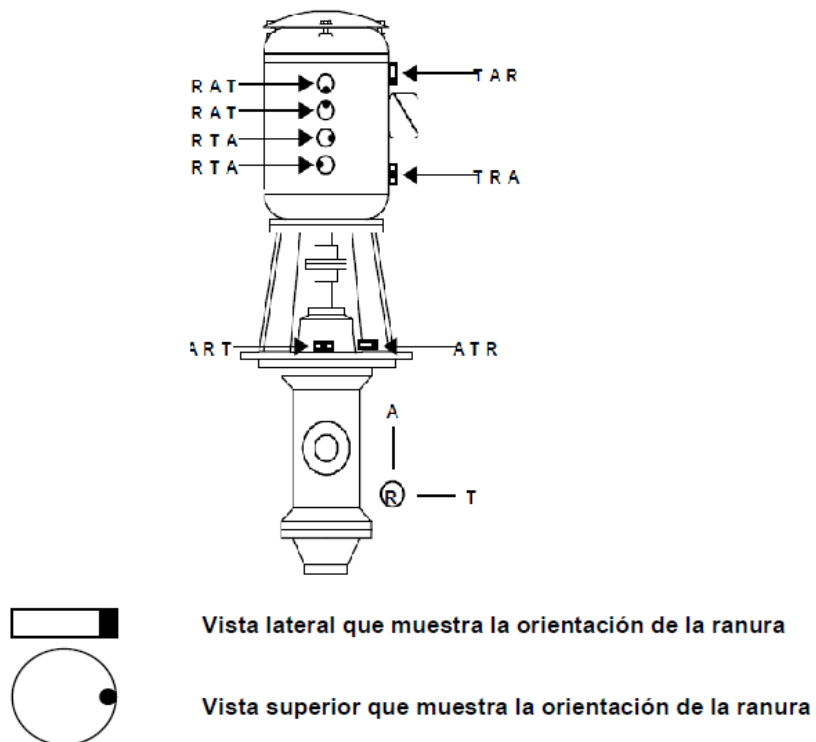
Figura 29. Orientaciones en máquinas horizontales



Fuente: <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

Para máquinas verticales, 'R' es Radial, 'T' es Tangencial y 'A' es vertical:

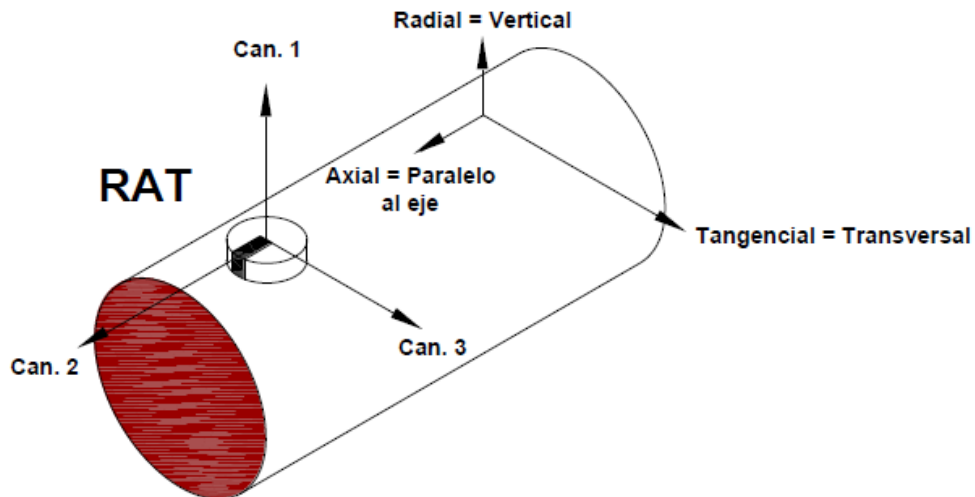
Figura 30. Orientaciones en máquinas verticales



Fuente: <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

Entonces, por ejemplo, "RAT" en una máquina horizontal indica que el Canal 1 del acelerómetro está orientado en la dirección vertical, el Canal 2 está orientado paralelo al eje y el Canal 3 está orientado en la dirección transversal, como se muestra:

Figura 31. Ejes ortogonales RAT en máquina horizontal



Fuente: <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

### 2.11 Analizador de vibraciones DLI Watchman® DCX Hammerhead[10]

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

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

Figura 32. Analizador de vibraciones DLI Watchman DCX Hammerhead

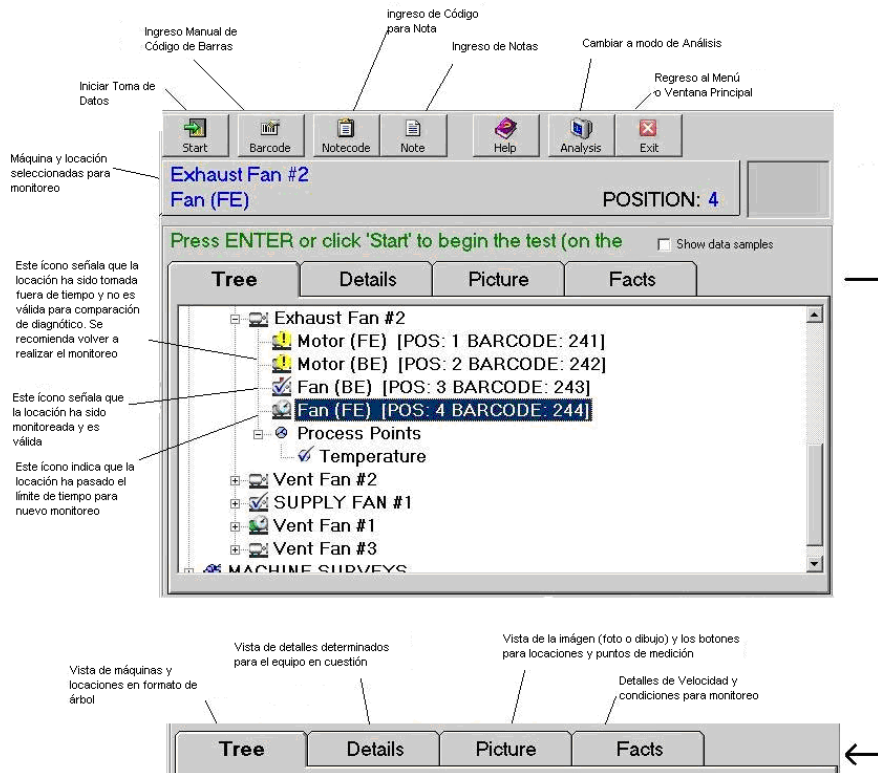


Fuente: <http://www.caeonline.com/listing/product/167763/azima-dli-dcx>

**2.11.1 El software.** Encapsulado en el DCX está el sistema operativo Windows® y el popular software para administración de datos de vibración y diagnóstico de maquinaria ExpertALERT™ de DLI.

Todos los tradicionales sistemas anfitriones están integrados en el DCX. Esto significa que al momento de la colección de datos, se puede contar con toda el historia de sus máquinas, datos de tendencias, herramientas de análisis y resultados de diagnóstico automático disponibles.

Figura 33. Ventana para introducir datos con ExpertALERT

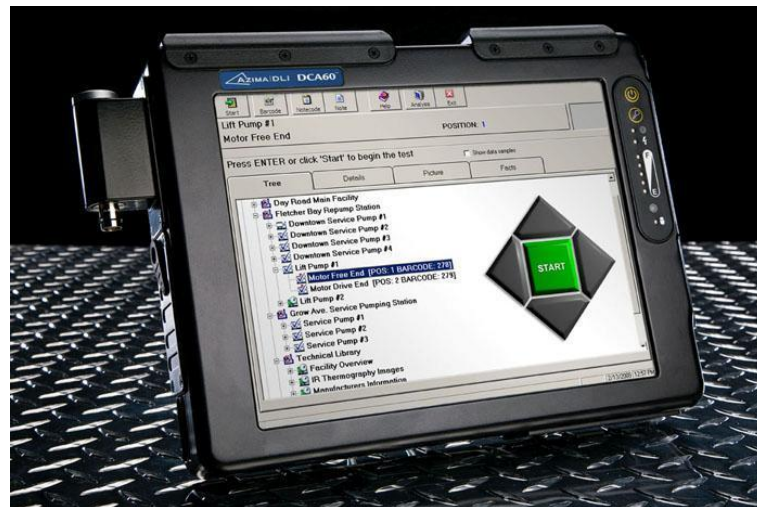


Fuente: <http://azimadli.com/vibman/default.htm>



**2.11.2 El hardware.** El equipo DCX utiliza una computadora con touch screen, tiene una carcasa de magnesio y puede utilizarse en las plantas con ambientes superiores a los 55°C. Está especificado IP-64 (sellado contra polvo y lluvia) con opción de IP-67 (sellado al vacío contra polvo y agua). La colección de los datos se desarrolla solo seleccionando la ubicación del equipo de prueba de un árbol jerárquico, o al presionar un botón gráfico en la imagen o dibujo de la máquina que despliega.

Figura 34. Estructura del equipo DCX



Fuente: <http://www.hellotrader.com/jl-griffin/dli-watchman-dcx.html>

### 2.11.3 Ventajas estándares

- Cuatro (4) Canales, adquisición simultánea de los datos
- Software ExpertALERT™
- Base de datos Setup Wizards
- Integra otras condiciones basadas en tecnologías usando nuestro único documento de enlace
- Análisis en tiempo real
- Demodulación envolvente para la detección de rodamientos
- Gráfica de bode para pruebas/ mediciones coast down
- Gráficas orbitales
- 128 megabytes RAM
- Disco duro interno de 10 gigabyte
- IP-64, Sellado contra polvo y lluvia

#### **2.11.4** *Ventajas opcionales*

- Actualización a ExpertALERT Enterprise™ para aplicaciones de red
- Balanceo en campo multi-plano
- IP-67, Sellado al vacío contra polvo y agua, sumergible en agua
- Análisis avanzado de canal cruzado con software de animación 3D
- Software online para adquisición de datos
- Réplica de base de datos

#### **2.11.5** *Especificaciones*

##### **2.11.5.1** *Procesamiento de señal digital*

- Procesador de señal Digital Texas Instruments TMS320C51 procesador de señal digital (DSP), con velocidad de 40 MHz
- Cuatro convertidores de 16 Bit delta-sigma A/D
- Muestreo simultáneo de las cuatro entradas superiores a 41 KHz
- Anti-aliasing vía un filtro análogo RC más un filtro digital FIR de orden 64
- Rango dinámico mayor que 85 dB
- Radio de señal de radio mayor que 76 dB
- Detección de amplitud general RMS de 10 Hz a 1 kHz ISO 2954-1975 (E)

##### **2.11.5.2** *Análisis espectral*

- Cuatro canales, análisis simultáneo de FFT de los canales análogos de entrada con duración superior a 16 kHz
- Resolución FFT de: 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800 y 25600 líneas
- Ventanas espectrales: Hanning, Hamming, Flat top, y uniformes
- Tipos de promedios: línea, exponencial, Peak-hold, y Peak-hold continuo
- Procesamiento de recubrimientos; recubrimientos seleccionables de 0%, 25%, 50%, y 75%.

### **2.11.5.3** *Análisis de tiempo dominante*

- Gran tiempo de grabación de captura superior a 50k demuestras por canal a cuatro canales simultáneamente
- Gráficas Orbitales
- Rango de Muestreo de 1 Hz a 41 kHz en entradas
- Cuatro entradas análogas asimétricas
- Fuentes de acelerómetro ICP seleccionable

### **2.11.5.4** *Detección de fallas en el cable*

- Detector de cortador de señal de entrada (amplitud máxima de la señal de entrada 25 Volts.)
- Entrada de nivel de tacómetro TTL

### **2.11.5.5** *Procesamiento de señal análoga*

- Acoplamiento DC seleccionable o filtro de alto paso análogo de 0.2 Hz o 10 Hz
- Selección de la integración análoga del estado simple
- No más de -76 dB de diafonía entre canales

### **2.11.5.6** *Activación*

- Interna
- Seleccionable desde cualquier canal de entrada análoga
- Nivel, pendiente, incremento o disminución del borde
- Gatillo TTL externo, incremento o disminución del borde
- Pre o Pos-activación: 0 a 100% de captura

### **2.11.5.7** *Física*

- Tamaño: 11.25" x 8" x 1.5"
- Peso: 4.6 lbs incluyendo la batería

- Fully machined from aircraft grade aluminum
- Sellado herméticamente y a prueba de polvo (probad oal vacío, IP-67)
- Pantalla con protección de vidrio químicamente reforzada
- Sistema único para ensamblar tarjetas de circuito para mejorar su durabilidad

#### **2.11.5.8** *Sistema de procesamiento de memoria*

- Procesador Intel Pentium III - 400 MHz
- 128 MB RAM (opcional 256 MB RAM)
- 256 KB L2 cache

#### **2.11.5.9** *Video y pantalla*

- Pantalla a color active matrix TFT 10.4" 800x600
- Gran saturación de colores y buen contraste aún directamente con la luz del sol.
- 32 bit completos de video local bus y controlador de panel plano de 1MB
- 2 MB de memoria de video
- Pantalla de vidrio de gran visibilidad

#### **2.11.5.10** *Almacenamiento en disco duro*

- Estándar disco duro de 10 GB
- Controladores usan interface ultra ATA con un rango de transferencia superior a 33.3 MB/seg
- Todos los controladores del disco duro están instalados para una máxima confiabilidad en campo.

#### **2.11.5.11** *Maletín de acarreo*

- Durable, con absorción de golpes, interior de hule-espuma moldeado
- Computadora totalmente manejable sin quitar el maletín
- Correa para hombro y mano
- Funda de acarreo resistente

- No absorbe líquidos, totalmente lavable

#### **2.11.5.12** *Consumo de energía y duración de las baterías*

- 2 1/4 horas continuas de colección de datos (tarjeta energizada para la adquisición de datos)
- Duración de las baterías de 4 - 5 horas con administración de energía (sin la tarjeta energizada para la adquisición de datos)
- Administrador de energía MS avanzado
- Foto sensor que automáticamente apaga la luz de fondo
- Acepta entrada directa de 12V DC de un vehículo
- Baterías de rápida carga total en 2 horas
- Uso de baterías de Litio de baja memoria
- Adaptador universal AC 110-250 volts, 50-60 Hz

#### **2.11.5.13** *BIOS & compatibilidad de software*

- Asegurada compatibilidad de software usando SystemSoft™ BIOS
- Fuente de los códigos mantenido por Walk About Computers
- Estándar con Windows(r) 98 y CIC HRS(r) 5.0
- Tecnología Digitizer
- Proximidad con detectores digitizer electromagnéticos de alta resolución
- No se pueden dañar las protecciones de la superficie o desgastarse con el uso.
- Más de 1000 dpi de resolución
- Proximidad con la pluma detectora con el botón del lado derecho del mouse.
- Vidrio templado de gran transmisibilidad para una vista superior
- Entradas con el dedo o con la pluma pasiva stylus

#### **2.11.5.14** *Especificaciones ambientales*

- Temperatura:
  - Operación 0°C a 55°C
  - Operación -20°C con calor LCD opcional
  - Almacenamiento -40°C a 70°C

- Choque: 100 G, 2 ms
- Tres ft. de caída con rotación del disco (en su caso)
- Vibración: 17 Grms (vibración aleatoria de 6 ejes)
- Protecciones (IP-64/67):
  - Sellado contra lluvia y polvo
  - Sumergible a 6 inch. por 5 min. (IP-67)
- Humedad: 0 a 100% humedad condensada

Figura 35. Aplicación del equipo DCX

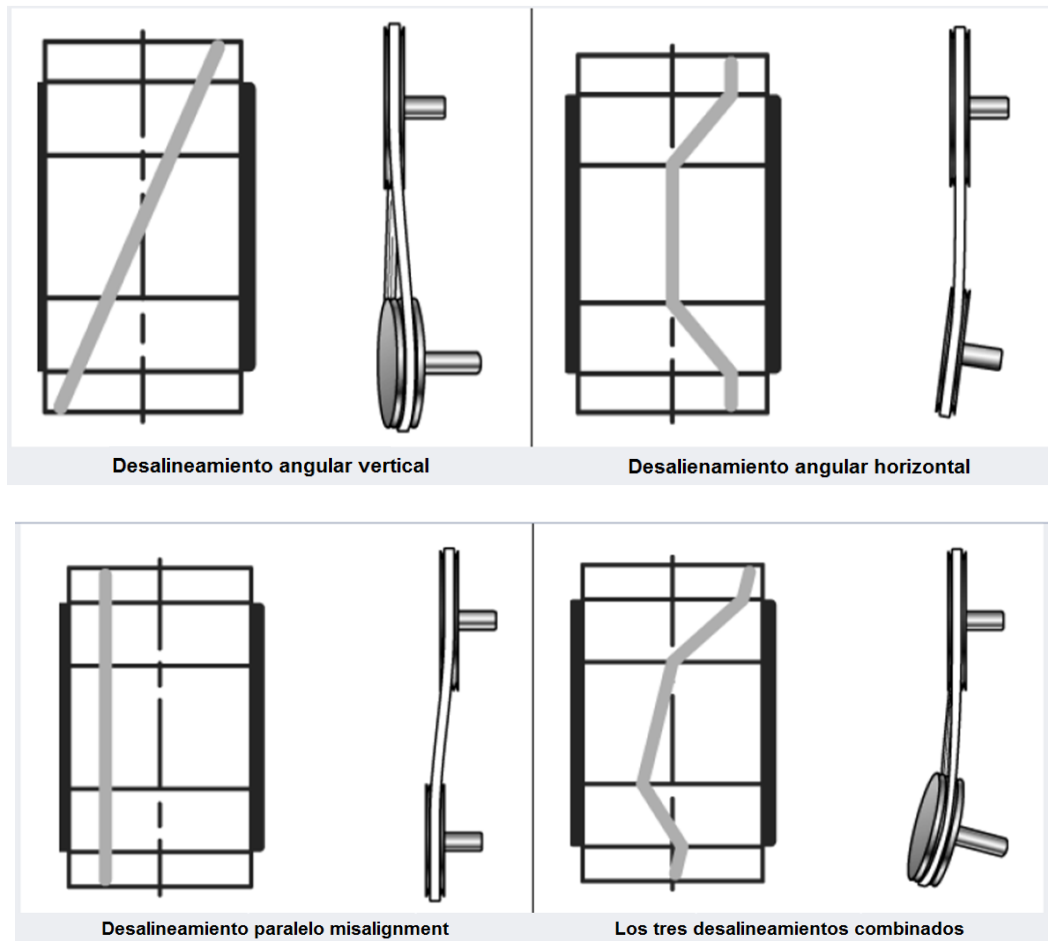


Fuente: <http://www.indiamart.com/airms/products.html>

## 2.12 Desalineamiento en bandas y poleas

Pueden causar el rápido desgaste en los bordes de las correas, disminuyendo considerablemente el tiempo de servicio de la polea y de la correa, el mal alineamiento también puede causar la separación de la “atadura de la correa”, o la repentina zafadura de correas individuales.

Figura 36. Desalineamiento en bandas y poleas.



Fuente: <http://www.mantenimientoplanificado.com/poleas.htm>

**2.12.1 Vibración debida a las bandas de accionamiento.** Las bandas de accionamiento del tipo en “V” gozan de mucha popularidad para la transmisión del movimiento puesto que tiene una alta capacidad de absorción de golpes, choques y vibraciones.

Los problemas de vibración asociados con las bandas en “V” son clasificados generalmente por:

- Reacción de la banda a otras fuerzas, originadas por el equipo presente, que causan alteraciones.
- Vibraciones creadas por problemas de la banda en sí.

Las bandas en “V” son consideradas a menudo como fuente de vibración porque es tan fácil ver que las bandas saltan y se sacuden entre poleas, por lo general, el reemplazo de las bandas es a menudo una de las primeras tentativas de corrección de los problemas de vibración.

Sin embargo es muy posible que la banda esté sencillamente reaccionando a otras fuerzas presentes en la máquina, en tales casos la banda es solamente un indicador de que hay problemas de vibración y no representan la causa misma.

**2.12.2** *Poleas desgastadas o dañadas.* Son eventualmente causantes de rápidos desgastes, deslizamientos y vibración, la polea desgastada puede causar sobretensión y perder rendimiento por resbalamiento, causando indirectamente sobrecalentamiento de punto de apoyo y daño en la polea.

Si la polea ha perdido piezas del reborde, resultará que los lados de la correa se dañarán, y el resultado será que el eje desbalanceado puede dañar puntos de apoyo y crear seguramente un riesgo.

Cuando solo alguna de las acanaladuras está dañada o más dañada que las otras, el efecto es que la correa aparece desigual, esto causa un “andar diferente”, cuando solo alguna de las correas lleva el peso entero del mando.

En el caso de correas en banda, la acanaladura gastada hace que la correa corra más lenta en las acanaladuras, así causa la rotura de la unión de la banda sobre el borde de la polea entre los acanalados. En muchos casos puede tener el mismo efecto de una hoja circular cortando la banda y separando las correas.

**2.12.3** *La polea montada muy lejos del punto de apoyo.* La polea montada muy lejos del punto de apoyo, causa excesiva resistencia de colgado y sobre calentamiento, esto puede causar también latigazo en el eje que puede romper la banda, las poleas deben ser montadas tan cerca del eje como sea posible.

**2.12.4** *La condición de la polea.* La condición de la polea y el desgaste normal puede llegar a ser la causa de sobrecalentamiento, más que la tensión de la correa, esto debe ser inspeccionado para poder dar una apropiada lubricación y que el desgaste sea acorde a las especificaciones del eje o del equipo original.

La condición de la polea debe ser también chequeada y reemplazada de ser necesario, así como las poleas curvadas pueden dañar el eje, correas y poleas, el balanceo de la polea puede ser causado por curvatura de ejes.



**2.12.5** *La tensión insuficiente.* La tensión insuficiente en la correa va de la mano con problemas de acanaladuras desgastadas de la polea lo cual provoca correas resbaladizas y otros problemas.

Esto es evidenciable a menudo por el desgaste de la correa, el modo más fácil y práctico de chequear personalmente la tensión de la correa es “MET”– Mire, Escuche, Toque.

**2.12.6** *Estándares determinados para el alineamiento láser de bandas y poleas*

- Previo a la alineación láser se debe tomar en cuenta dentro de todo el conjunto de la máquina cual va hacer el elemento móvil y el elemento fijo en donde van a ir ubicados las marcas de referencia y el equipo.
- El top láser sirve para la alineación de poleas y ruedas dentadas con un diámetro de más de 60 mm y hasta una distancia de medición de hasta 6 m.
- Asegurarse de que la maquina en la cual se va a realizar la medición este totalmente apagada hasta que se finalice con la alineación de las poleas.
- En el momento de realizar la medición láser siempre se debe colocar las marcas de referencia en forma vertical y horizontal para efectuar un correcto alineamiento.
- Para lograr un correcto alineamiento, el haz del láser del equipo siempre debe perderse en los centros de las marcas de referencia.
- Para logra un mejor visualización del rayo láser, la alineación de los equipos se los debe realizar en lugares cerrados.
- Las poleas siempre deben estar montadas tan cerca de los rodamientos como sea posible a fin de evitar cargas excesivas sobre los rodamientos y las flechas.

**2.12.7** *Estándares determinados para el tensado de bandas y poleas.* El correcto tensado de la correa tiene una importancia crucial para conseguir una transmisión de potencia sin problemas y la vida útil de la correa esperada, las correas poco o demasiado tensadas sufren con frecuencia un deterioro prematuro, además, una correa sobre tensada puede tener consecuencias negativas sobre los rodamientos de la máquina motriz o de la accionada.

La experiencia muestra que las instrucciones y especificaciones de tensado, por ejemplo, «usando la presión del pulgar» no es suficiente para asegurar un ajuste de tensión que permita a los accionamientos trabajar de forma óptima.

La correa deberá vigilarse regularmente durante las primeras horas de servicio, la experiencia demuestra que, después de aproximadamente, 30 minutos a 4 horas trabajando a plena carga deberá hacerse un retensado, con ello se compensará el alargamiento inicial de la correa.

Después de aproximadamente 24 horas de servicio resulta recomendable, especialmente cuando no se trabaje a plena carga, controlar el accionamiento y, si es necesario, retensar, después de esta fase, los intervalos de mantenimiento pueden ampliarse considerablemente.

Todas las transmisiones por bandas deben funcionar con la tensión adecuada a fin de generar la acción de sujeción de la banda contra la pared ranurada, debemos tener en cuenta la siguiente regla: la mejor tensión para una transmisión por bandas es la menor tensión a la que no se deslizará la transmisión en una situación de carga máxima, es recomendable utilizar un verificador de tensión para bandas a fin de determinar de manera adecuada la tensión de las bandas.

#### **2.12.8 Reglas generales de tensión.**

- La tensión ideal es la menor tensión a la que no se deslizará la transmisión en una situación de carga pico.
- Controle regularmente la tensión entre las 24 y las 48 horas de funcionamiento.
- La sobretensión disminuye la vida de la banda y del rodamiento.
- Evite que las bandas tengan materiales extraños que puedan causar deslizamientos.
- Realice la inspección de la transmisión en V periódicamente.

#### **2.13 Alineamiento láser [11]**

El top láser SMARTY2 es un aparato que puede montarse en unos segundos, este instrumento emite una línea láser que puede verse claramente en las referencias, las

bandas y poleas se encuentran correctamente alineadas cuando la línea está ajustada a los centros de referencia. Este instrumento pesa muy poco, por lo que el emisor y las referencias pueden colocarse en poleas no magnéticas con una cinta adhesiva de doble cara, fuerte.

El haz de láser emitido por el aparato está ajustado paralelo a las referencias magnéticas. Si se observa alguna desviación, el usuario puede comprobarlo en una superficie plana y ajustarlo si fuese necesario.

Se puede hacer su mantenimiento preventivo más fácil El alineado con el equipo significa “buenas vibraciones” ya que sus niveles son bajos y el desgaste sufrido por las correas, poleas, rodamientos y obturaciones es menor. Esto significa mayor vida y seguridad de máquinas, menor costo de energía y, resumiendo, mayor efectividad de costos.

Figura 37. FAG Top láser SMARTY 2 1



### 2.13.1 Características y ventajas

- Muestra la desalineación angular y paralela entre dos poleas.
- Trabaja considerablemente rápido y con más precisión que los métodos convencionales.
- Adecuado tanto para máquinas verticales como horizontales.
- El alineado puede efectuarlo un solo operario.
- El sistema también es adecuado para ruedas o poleas no magnéticas.

**2.13.2 Características técnicas.** A continuación se muestra una tabla donde se muestran las características técnicas del alineador láser (top láser SMARTY 2).

Tabla 6. Datos técnicos del equipo

Datos Técnicos	
Emisor Láser	
Diámetro de la polea	$\geq 60\text{mm}$
Haz de láser	$78^\circ$
Distancia medición	6 m
Baterías	1x AA R6 (1.5 V)
Duración de baterías	8 h (servicio continuo)
Láser, clase	2
Potencia de salida	$< 1 \text{ MW}$
Longitud de onda de láser	635 nm – 670 nm
Materiales de soportes	Plástico ABS, aluminio
Gama de temperaturas	$-10^\circ\text{C} - +50^\circ\text{C}$
Peso	270 g
Dimensiones (L×Al×An)	145×86×30 mm
Marcas de referencia ópticas	
Resolución indicada	Mm o pulgadas
Precisión de calibrado	Nivel de láser de referencia
Paralelismo	$< 0.1^\circ$
Valor de desplazamiento paralelo	$< 0.5 \text{ mm}$
Precaución	
No mirar el haz láser. No proyectar el haz láser a los ojos de las personas	

Fuente: [http://www.mybutic.com/bannister/vshop/catalog/list/dcx\\_xrt.17240](http://www.mybutic.com/bannister/vshop/catalog/list/dcx_xrt.17240)

### CAPITULO III

## 3. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS




### 3.1 Estado técnico de los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento

Tabla 7. Estado técnico de la banda inclinada

Conjunto: <i>Banda Inclinada</i>				
Fabricante: "AUSTRORIEGO" <i>Infraestructura Hidráulica</i>	Dirección: <i>Av. Cuxibamba s/n y Tulcán, Laureano Guerrero y Maximiliano Rodríguez</i> Teléfono: <i>(593) 7 2570185 - 2579189 - 0999325876</i>			
Motor: <i>SIEMENS</i>	Reductor de velocidad: -----	Chumaceras: <i>FBJ</i>		
V: <i>220 / 440</i> A: <i>15,8 / 7,9</i> Potencia: <i>5 HP</i> RPM: <i>1740</i> Hz: <i>60</i>	RPM salida: Ratio:	Modelo: <i>P211</i> Código: <i>UC211-32</i>		
Manuales: <i>No</i>	Planos: <i>No</i>	Repuestos: <i>No</i>		
				
Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Estado del anclaje			X	
Estado de la carcasa del motor				X
Estado de las conexiones eléctricas				X
Estado de las poleas			X	
Estado de la banda			X	
Estado de la carcasa del reductor			X	
Estado de los elementos rodantes			X	
Lubricación	X			
Estado técnico: <i>Regular</i>				

Fuente: Autor

Tabla 8. Estado técnico de la banda horizontal

Conjunto: <i>Banda Horizontal</i>				
Fabricante: <b>“AUSTRORIEGO”</b> <b>Infraestructura Hidráulica</b>		Dirección: <i>Av. Cuxibamba s/n y Tulcán, Laureano Guerrero y Maximiliano Rodríguez</i> Teléfono: (593) 7 2570185 - 2579189 - 0999325876		
Motor: <b>SIEMENS</b>		Reductor de velocidad: -----		Chumaceras: <b>FBJ</b>
V: <b>220 / 440</b> A: <b>15,8 / 7,9</b> Potencia: <b>5 HP</b> RPM: <b>1740</b> Hz: <b>60</b>		RPM salida: Ratio:		Modelo: <b>P211</b> Código: <b>UC211-32</b>
Manuales: <b>No</b>		Planos: <b>No</b>		Repuestos: <b>No</b>
				
Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Estado del anclaje			<b>X</b>	
Estado de la carcasa del motor				<b>X</b>
Estado de las conexiones eléctricas				<b>X</b>
Estado de las poleas			<b>X</b>	
Estado de la banda			<b>X</b>	
Estado de la carcasa del reductor			<b>X</b>	
Estado de los elementos rodantes			<b>X</b>	
Lubricación	<b>X</b>			
Estado técnico: <b>Regular</b>				


Fuente: Autor

Tabla 9. Estado técnico de la criba

Conjunto: <i>Criba</i>				
Fabricante: <b>“AUSTRORIEGO”</b> <b>Infraestructura Hidráulica</b>		Dirección: <b>Av. Cuxibamba s/n y Tulcán, Laureano Guerrero y Maximiliano Rodríguez</b> Teléfono: <b>(593) 7 2570185 - 2579189 - 0999325876</b>		
Motor: <b>Siemens</b>	Reductor de velocidad: <b>SITI</b>	Chumaceras: <b>FBJ</b>		
V: <b>220 / 440</b> A: <b>23,2 / 11,6</b> Potencia: <b>7,5 HP</b> RPM: <b>1740</b> Hz: <b>60</b>	RPM salida: Ratio: <b>8,76</b>	Modelo: <b>P211</b> Código: <b>UC211-32</b>		
Manuales: <b>No</b>	Planos: <b>No</b>	Repuestos: <b>No</b>		
				
Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Estado del anclaje		<b>X</b>		
Estado de la carcasa del motor				<b>X</b>
Estado de las conexiones eléctricas				<b>X</b>
Estado de los engranajes				<b>X</b>
Estado de la cadena				<b>X</b>
Estado de la carcasa del reductor			<b>X</b>	
Estado de los elementos rodantes		<b>X</b>		
Lubricación	<b>X</b>			
Estado técnico: <b>Regular</b>				

Fuente: Autor

Tabla 10. Estado técnico de la compactadora

Conjunto: <i>Compactadora</i>				
Fabricante: <b>“INDUMEI”</b>		Dirección: <i>Julio Zalumbide 1-56 y Borrero</i> Teléfono: <i>062643480 – 022403608</i> Web: <i>www.indumei.com</i>		
Artículo: <i>Compactadora de desechos sólidos recuperados</i>		Motor:  <i>Siemens</i>		
Modelo: <i>CDSR-15-1</i> Serie: <i>02072012</i>		V: <i>220 / 380 / 440</i> A: <i>39,2 / 22,7 / 19,6</i> Potencia: <i>15 HP</i> RPM: <i>1755</i> Hz: <i>60</i>		
Manuales: <i>No</i>	Planos: <i>No</i>	Repuestos: <i>No</i>		
				
Estado técnico	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Estado del anclaje			<b>X</b>	
Estado de la carcasa del motor			<b>X</b>	
Estado del matrimonio			<b>X</b>	
Estado de las conexiones eléctricas				<b>X</b>
Estado del tablero de control				<b>X</b>
Estado de los elementos rodantes			<b>X</b>	
Lubricación	<b>X</b>			
Estado técnico:	<b><i>Regular</i></b>			

Fuente: Autor



### **3.2 Plan de mantenimiento empleado actualmente**

Los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos no cuentan con un plan de mantenimiento a seguir y mucho menos con recomendaciones por parte de los fabricantes de las máquinas, ante la carencia de estos documentos, el mantenimiento que se realiza a los equipos de la planta se limita a la limpieza superficial de polvo y pequeñas basuras que pueden alojarse en los elementos rodantes, producto del trabajo al que se encuentran sometidos.

### **3.3 Programa de mantenimiento empleado actualmente**

Ante la falta de planes de mantenimiento así como las respectivas tareas a realizarse dentro de un calendario por el tiempo de uso, propio de los equipos, los trabajos son limitados a la limpieza de polvo y pequeñas basuras que llegan a salir de las bandas y la criba, así como el engrase de los elementos rodantes, que se lo realiza en forma empírica y sin ningún criterio técnico, produciéndose exceso de grasa en algunos casos.

### **3.4 Documentación técnica empleada**

Los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos no cuentan con manuales de operación y tampoco con documentación técnica acerca de su uso y sus cuidados.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS

#### 4.1. Categorización de equipos

Tabla 11. Aspectos selectivos de la banda inclinada y la banda horizontal

ASPECTOS SELECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS	
			Banda Inclinada	Banda Horizontal
INTERCAMBIABILIDAD	A	Irreemplazable	X	X
	B	Reemplazable		
	C	Intercambiable		
IMPORTANCIA PRODUCTIVA	A	Imprescindible	X	X
	B	Limitante		
	C	Convencional		
RÉGIMEN DE OPERACIÓN	A	Trabaja en un proceso continuo	X	X
	B	Trabaja en un proceso seriado		
	C	Trabaja en un proceso alternado		
NIVEL DE UTILIZACIÓN	A	Muy utilizada	X	X
	B	Media utilización		
	C	Poca utilización		

Fuente: Autor

Tabla 12. Parámetros directivos de la banda inclinada y la banda horizontal

PARÁMETROS DIRECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS	
			Banda Inclinada	Banda Horizontal
PRECISIÓN	A	Alta		
	B	Media	X	X
	C	Baja		
MANTENIBILIDAD	A	Alta complejidad		
	B	Media complejidad		
	C	Baja complejidad	X	X
CONSERVABILIDAD	A	Máquina con condiciones especiales		

	B	Máquina protegida	X	X	
	C	Máquina normal en condiciones severas			
AUTOMATIZACIÓN	A	Automática			
	B	Semiautomática	X	X	
	C	Máquina totalmente mecánica			
VALOR DE LA MÁQUINA	A	Alto valor	X	X	
	B	Medio valor			
	C	Bajo valor			
FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO	A	Mala	X	X	
	B	Regular			
	C	Buena			
SEGURIDAD OPERACIONAL	A	Máquina peligrosa			
	B	Máquina con peligrosidad media	X	X	
	C	Máquina poco peligrosa			
Resultados			A	6	6
			B	4	4
			C	1	1

Fuente: Autor

Tabla 13. Aspectos selectivos de la criba y la compactadora

ASPECTOS SELECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS	
			Criba	Compac_tadora
INTERCAMBIABILIDAD	A	Irreemplazable	X	X
	B	Reemplazable		
	C	Intercambiable		
IMPORTANCIA PRODUCTIVA	A	Imprescindible	X	
	B	Limitante		X
	C	Convencional		
RÉGIMEN DE OPERACIÓN	A	Trabaja en un proceso continuo	X	
	B	Trabaja en un proceso seriado		X
	C	Trabaja en un proceso alternado		
NIVEL DE UTILIZACIÓN	A	Muy utilizada	X	
	B	Media utilización		X
	C	Poca utilización		

Fuente: Autor

Tabla 14. Parámetros directivos de la criba y la compactadora

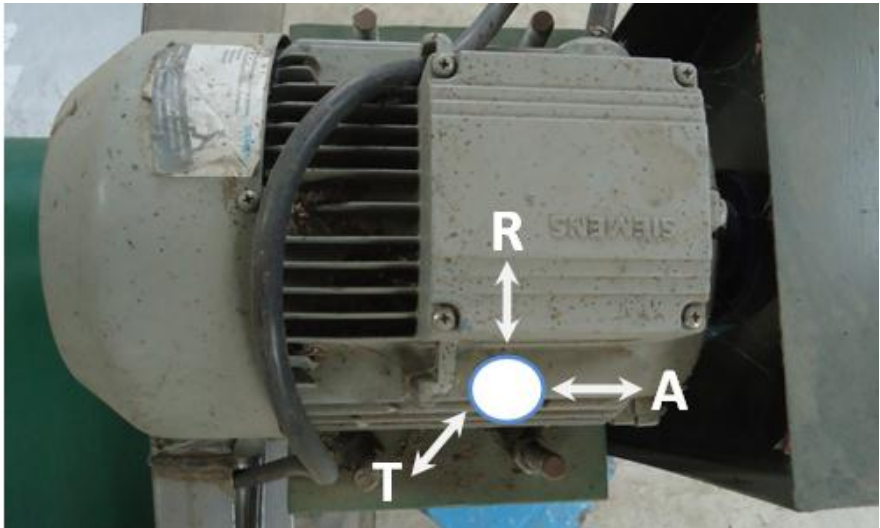
PARÁMETROS DIRECTIVOS	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS	
			Criba	Compactadora
PRECISIÓN	A	Alta		X
	B	Media	X	
	C	Baja		
MANTENIBILIDAD	A	Alta complejidad		
	B	Media complejidad		
	C	Baja complejidad	X	X
CONSERVABILIDAD	A	Máquina con condiciones especiales		
	B	Máquina protegida	X	X
	C	Máquina normal en condiciones severas		
AUTOMATIZACIÓN	A	Automática		
	B	Semiautomática	X	X
	C	Máquina totalmente mecánica		
VALOR DE LA MÁQUINA	A	Alto valor	X	X
	B	Medio valor		
	C	Bajo valor		
FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO	A	Mala	X	X
	B	Regular		
	C	Buena		
SEGURIDAD OPERACIONAL	A	Máquina peligrosa		
	B	Máquina con peligrosidad media	X	
	C	Máquina poco peligrosa		X
Resultados			6	4
			4	5
			1	2

Fuente: Autor

De la categorización de los equipos se puede concluir que estos se encuentran dentro de la categoría A lo cual quiere decir que son equipos cuya importancia es sumamente alta dentro del proceso productivo al no contar con equipos en stand by, ocasiona que en caso de fallar uno de estos equipos causa que la basura de reciclaje, en este caso del trabajo termine por acumularse afectando directamente a las personas que en esta planta laboran.

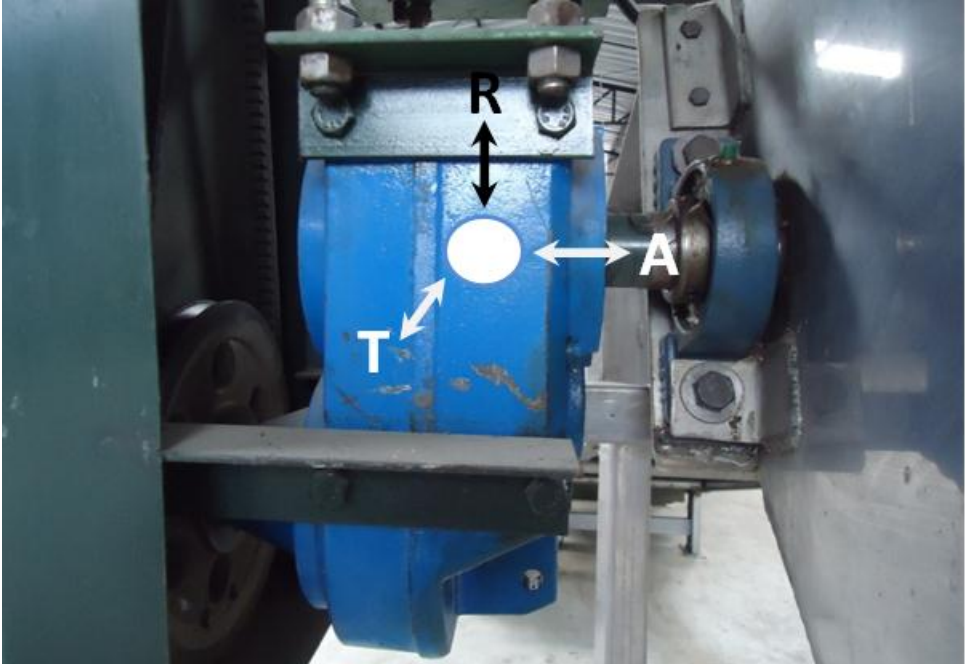
## 4.2 Diagramas de ubicación de los puntos de medición de los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos

Tabla 15. Datos y diagrama de ubicación del punto BI-M-001 de medición del motor de la banda inclinada

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Inclinada</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>238267</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL MOTOR</b>	
Marca: <i>Siemens</i>	Modelo: <i>1LA7 112-4YA60</i>
Tipo: <i>IEC 34</i>	Frecuencia: <i>60Hz</i>
Potencia: <i>5 HP</i>	RPM: <i>1740</i>
Voltaje: <i>220 V</i>	Amperaje: <i>15.8 A</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
 <p>La imagen muestra un motor industrial de color gris con un ventilador de enfriamiento. Se han marcado tres puntos de medición vibracional con círculos blancos y flechas que indican la dirección de medición: 'R' (vertical), 'A' (horizontal) y 'T' (diagonal).</p>	

Fuente: Autor

Tabla 16. Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la banda inclinada

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Inclinada</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>238267</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	
Marca: -----	Modelo: <i>FAS68-1/16.48M1</i>
Tipo: <i>Reductor por medio de engranes</i>	Frecuencia: -----
Potencia: -----	RPM: -----
Voltaje: -----	Amperaje: -----
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 17. Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RV-002 de medición del reductor de velocidad de la banda inclinada

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Inclinada</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>238267</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	
Marca: -----	Modelo: <i>FAS68-1/16.48MI</i>
Tipo: <i>Reductor por medio de engranes</i>	Frecuencia: -----
Potencia: -----	RPM: -----
Voltaje: -----	Amperaje: -----
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

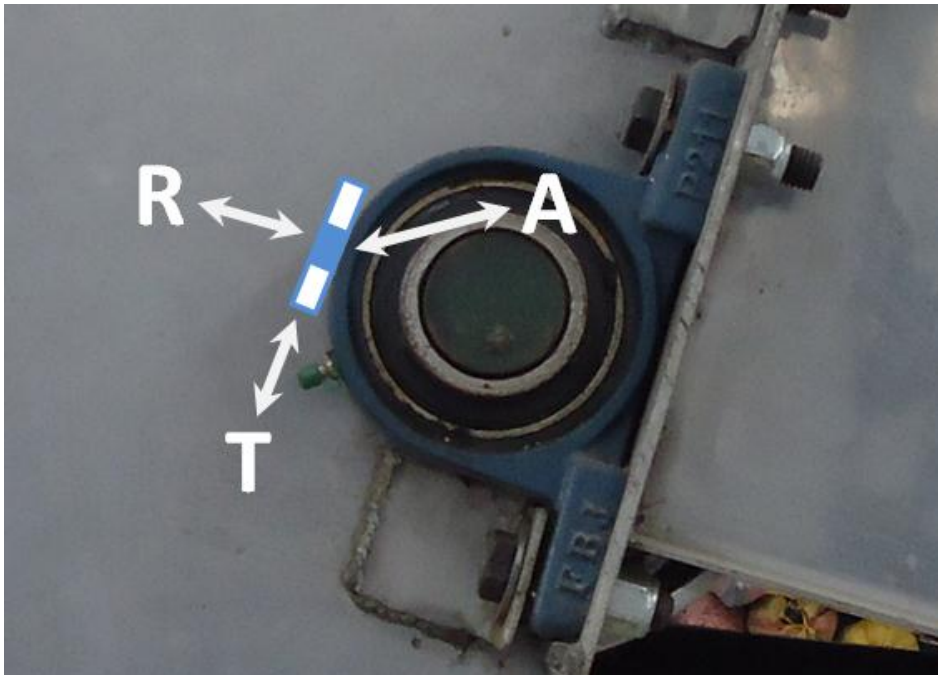
Tabla 18. Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RD-001 de medición del elemento rodante de la banda inclinada

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Inclinada</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>238267</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
 <p>The photograph shows a close-up of a blue metal roller assembly. A white circle highlights a specific point on the roller. Three white arrows with letters point to this point: 'R' points vertically upwards, 'A' points horizontally to the right, and 'T' points diagonally downwards and to the left. The roller is mounted on a blue frame, and a green component is visible on the left side.</p>	

Fuente: Autor

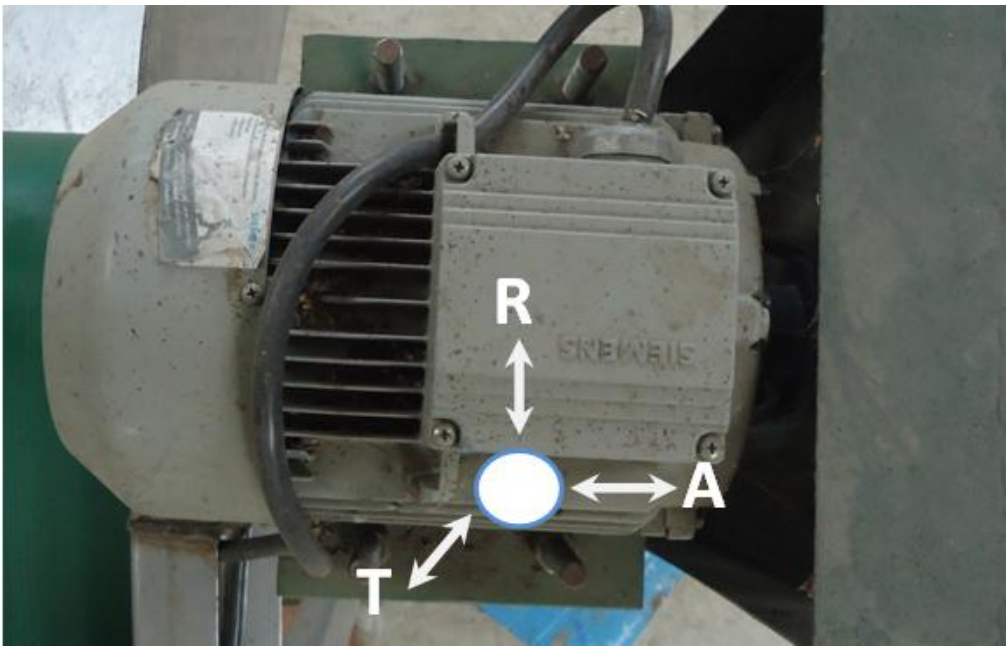


Tabla 19. Datos y diagrama de ubicación del punto BI-RD-002 de medición del elemento rodante de la banda inclinada

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Inclinada</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>238267</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 20. Datos y diagrama de ubicación del punto BH-M-001 de medición del motor de la banda horizontal

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Horizontal</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096357</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL MOTOR</b>	
Marca: <i>Siemens</i>	Modelo: <i>1LA7 112-4YA60</i>
Tipo: <i>IEC 34</i>	Frecuencia: <i>60Hz</i>
Potencia: <i>5 HP</i>	RPM: <i>1740</i>
Voltaje: <i>220 V</i>	Amperaje: <i>15.8 A</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 21. Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la banda horizontal

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Horizontal</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096357</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	
Marca: -----	Modelo: <i>FAS68-1/16.48M1</i>
Tipo: <i>Reductor por medio de engranes</i>	Frecuencia: -----
Potencia: -----	RPM: -----
Voltaje: -----	Amperaje: -----
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
 <p>La imagen muestra un reductor de velocidad industrial de color azul. En el centro del cuerpo del reductor hay un punto blanco circular que sirve como referencia para tres mediciones de vibración. Una flecha blanca apunta hacia arriba desde el punto, etiquetada con la letra 'R'. Otra flecha blanca apunta hacia la izquierda desde el punto, etiquetada con la letra 'A'. Una tercera flecha blanca apunta hacia abajo y a la izquierda desde el punto, etiquetada con la letra 'T'. El reductor está conectado a una banda transportadora, como se puede ver por la presencia de una polea y una correa negra a la izquierda.</p>	

Fuente: Autor

Tabla 22. Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RV-002 de medición del reductor de velocidad de la banda horizontal

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Horizontal</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096357</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	
Marca: -----	Modelo: <i>FAS68-1/16.48M1</i>
Tipo: <i>Reductor por medio de engranes</i>	Frecuencia: -----
Potencia: -----	RPM: -----
Voltaje: -----	Amperaje: -----
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 23. Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RD-001 de medición del elemento rodante de la banda horizontal

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Horizontal</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096357</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

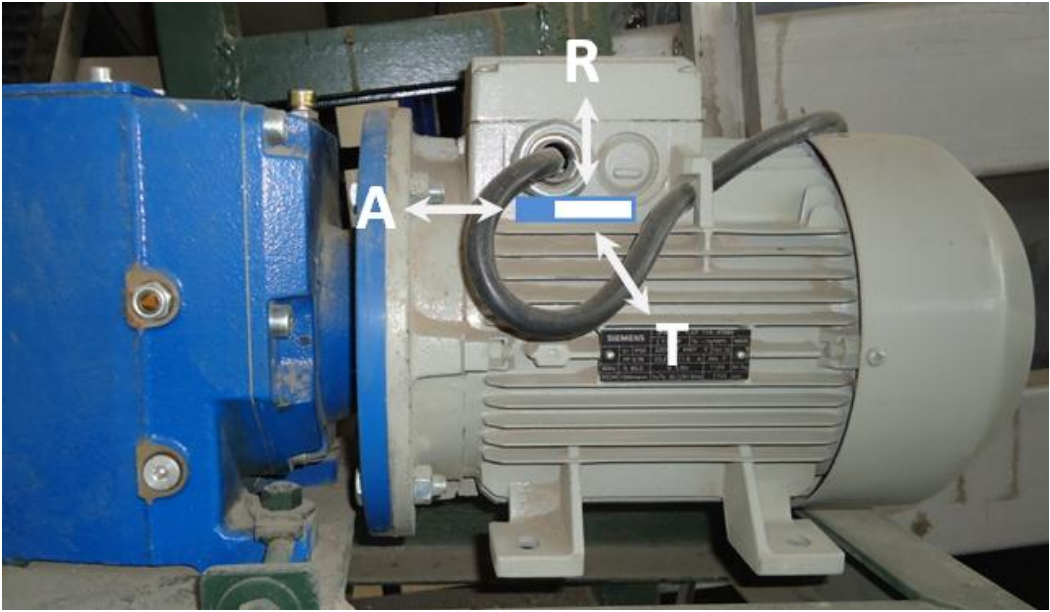
Fuente: Autor

Tabla 24. Datos y diagrama de ubicación del punto BH-RD-002 de medición del elemento rodante de la banda horizontal

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Banda Horizontal</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096357</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

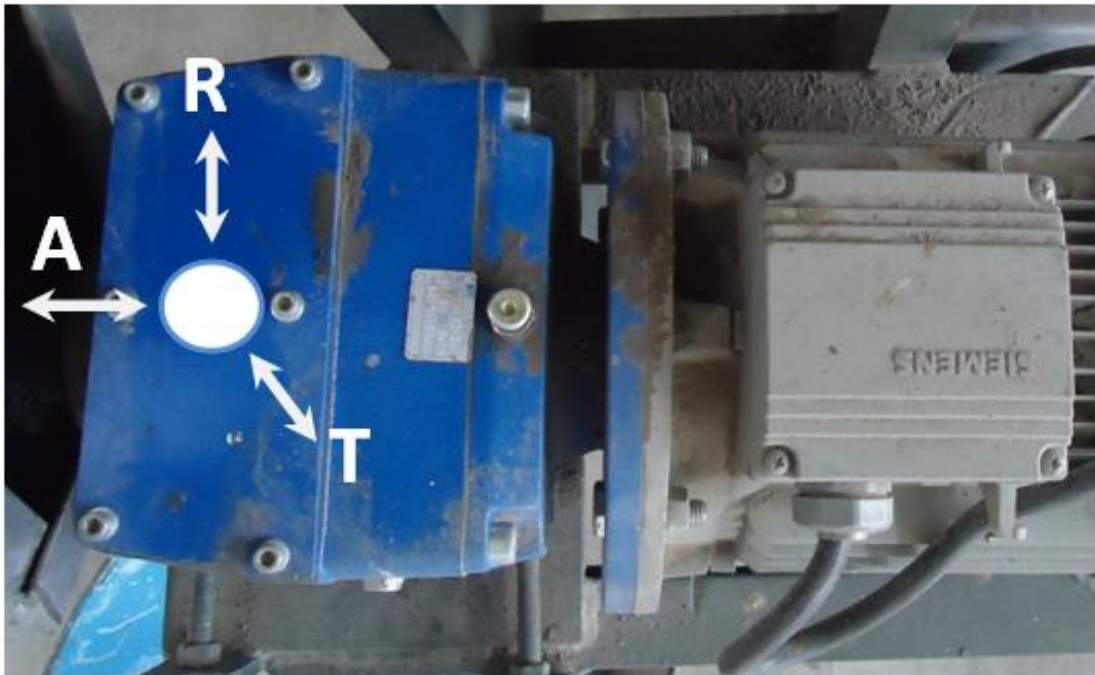
Fuente: Autor

Tabla 25. Datos y diagrama de ubicación del punto CB-M-001 de medición del motor de la criba

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Criba</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096503</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL MOTOR</b>	
Marca: <i>Siemens</i>	Modelo: <i>1LA7 114-4YA66</i>
Tipo: <i>IEC 34</i>	Frecuencia: <i>60Hz</i>
Potencia: <i>7,5 HP</i>	RPM: <i>1740</i>
Voltaje: <i>220 V</i>	Amperaje: <i>23,2 A</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

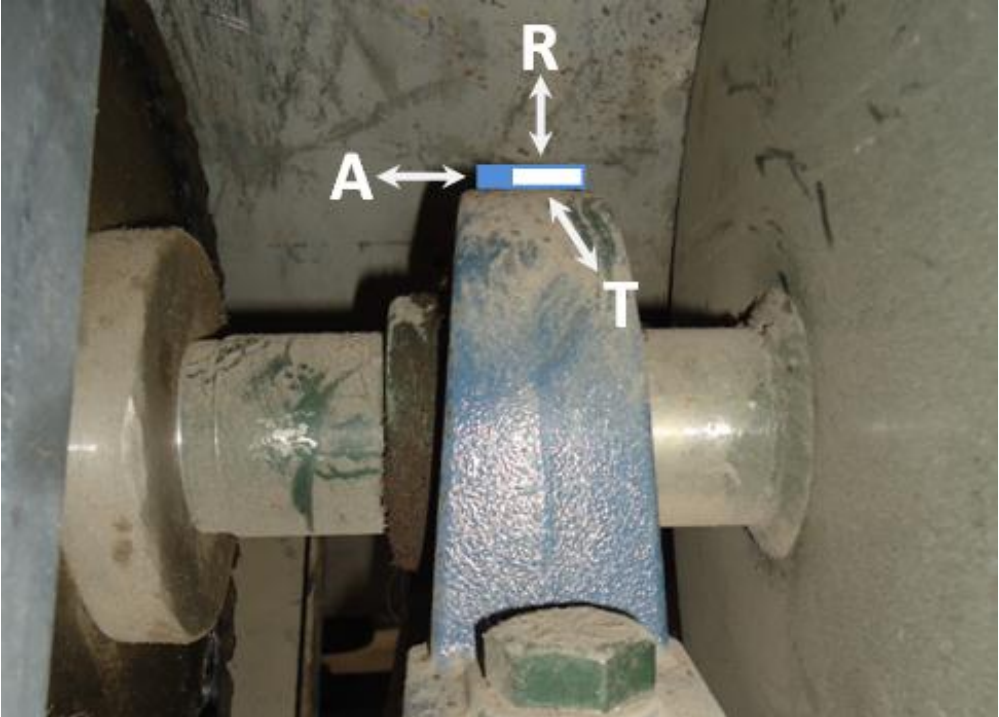
Tabla 26. Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RV-001 de medición del reductor de velocidad de la criba

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Criba</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096503</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	
Marca: <i>Siti</i>	Modelo: <i>MNHL30 / 2LI0</i>
Tipo: <i>Reductor por medio de engranes</i>	Código: <i>60101194</i>
Ratio: <i>8,76</i>	N°: <i>A / 28</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

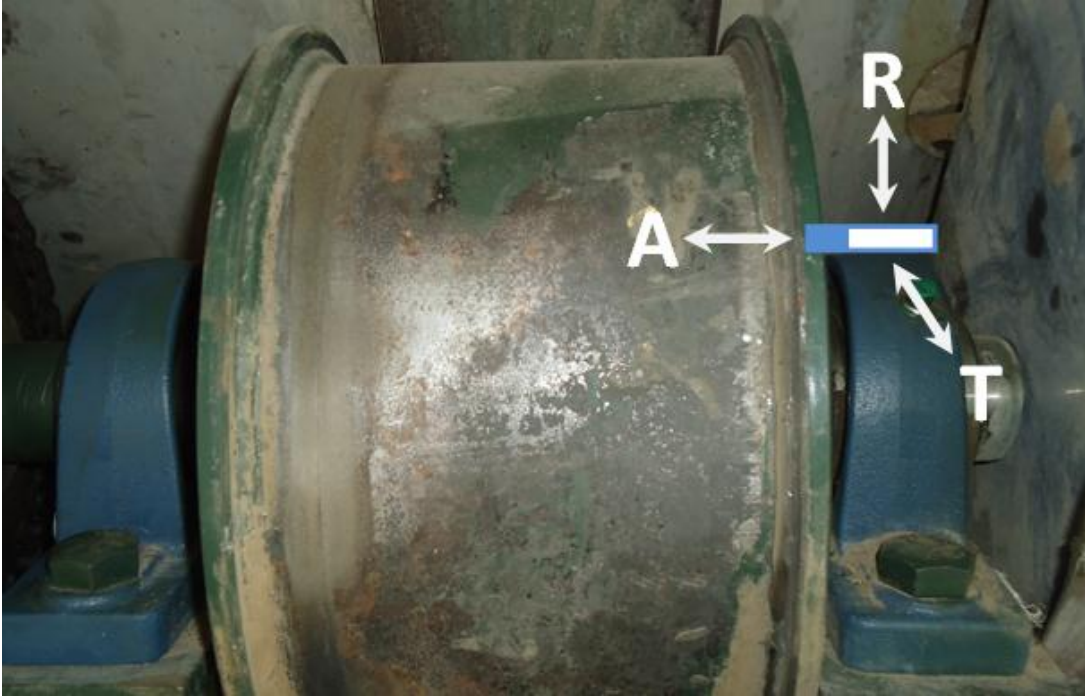


Tabla 27. Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-001 de medición del elemento rodante de la criba

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Criba</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096503</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

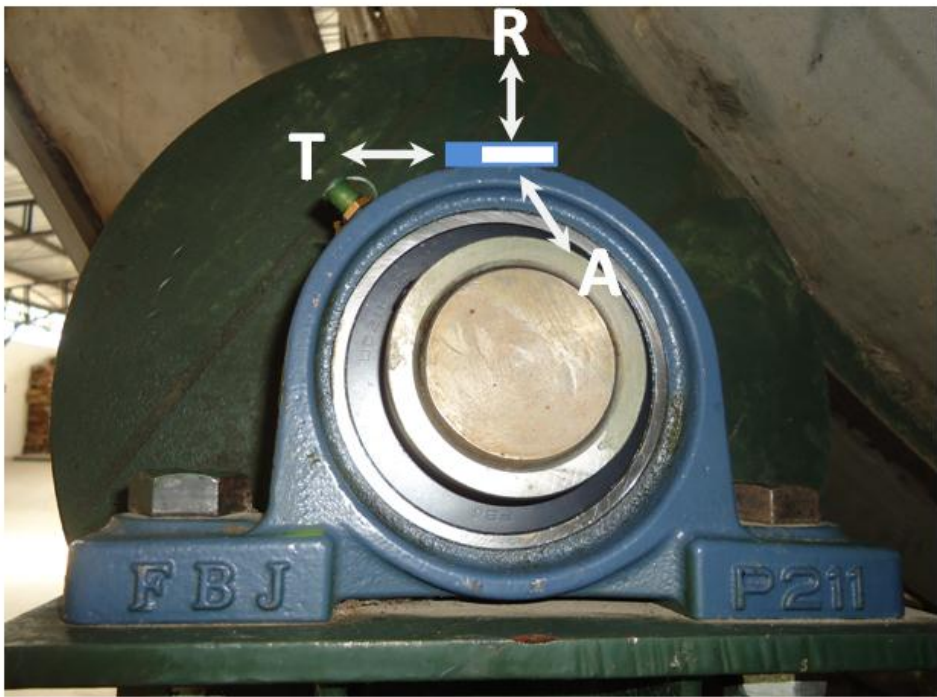
Fuente: Autor

Tabla 28. Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-002 de medición del elemento rodante de la criba

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Criba</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096503</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Nestor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 29. Datos y diagrama de ubicación del punto CB-RD-003 de medición del elemento rodante de la criba

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Criba</i>	Marca: <i>AUSTRORIEGO CIA. LTDA.</i>
N° de serie: <i>096503</i>	Año de adquisición: <i>2011</i>
<b>DATOS DEL ELEMENTO RODANTE</b>	
Marca: <i>FBJ</i>	Modelo: <i>P211</i>
Tipo: <i>Chumacera</i>	Unidad N°: <i>UCP 211 – 32</i>
Rodamiento: <i>UC 211 - 32</i>	RPM: <i>-----</i>
Voltaje: <i>-----</i>	Amperaje: <i>-----</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

Tabla 30. Datos y diagrama de ubicación del punto CP-M-001 de medición del motor de la compactadora

<b>DIAGRAMAS DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN VIBRACIONAL</b>	
Equipo: <i>Compactadora</i>	Marca: <i>INDUMEI</i>
N° de serie: <i>02072012</i>	Modelo: <i>CDSR-15-1</i>
<b>DATOS DEL MOTOR</b>	
Marca: <i>WEG</i>	Modelo: <i>21FE12 1014988482</i>
Tipo: <i>IEC 60034</i>	Frecuencia: <i>60Hz</i>
Potencia: <i>15 HP</i>	RPM: <i>1755</i>
Voltaje: <i>220 V</i>	Amperaje: <i>39,2 A</i>
<b>DATOS DE REFERENCIA VIBRACIONAL</b>	
Equipo de medición: <i>DLI Watchman® DCX™ Hammerhead</i>	
Tipo de transductor: <i>Triaxial</i>	Responsable: <i>Néstor Jiménez</i>
	

Fuente: Autor

### 4.3 Configuración del sistema

#### 4.3.1 Procedimiento para levantamiento de datos técnicos

**4.3.1.1 Recopilación de la información.** En la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos no contaban con algún documento técnico que respalde sus características así como su funcionamiento para lo cual se procedió a diseñar y elaborar dichas hojas, y proceder a la investigación de campo.

**4.3.1.2 Ingreso de datos en el registro VTAG.** El formato F-AT-010 fue utilizado para el registro VTAG de cada equipo. Donde la información requerida se la obtuvo de las hojas técnicas que se diseñó para cada equipo. Los datos necesarios son: alabes

Figura 38. Principales datos a recopilar en un equipo

Conductores	Motor Eléctrico		Turbina		MCI	
	RPM Nominales		RPM Nominales		RPM Nominales	
	Potencia		Potencia		Potencia	
	Nº Álabes Vent. de Enfriamiento (de ser TEFC <sup>21</sup> )		Nº de Etapas <sup>22</sup>		Nº de Cilindros	
	Tipo de Apoyo	Rodamientos Cojinetes	Tipo de Apoyo	Rodamientos Cojinetes	Tipo	2 Tiempos 4 Tiempos
				Tipo de Apoyo	Rodamientos Cojinetes	

Elementos Intermedios	Acople Flexible	Poleas y Bandas	Caja de Engranajes
	Marca	Ø Polea Conductora	Relación de Transmisión
	Nº de Elementos	Ø Polea Conducida	Nº de Dientes c/engranaje
		Distancia entre Centros	Nº de Etapas
	Nº de Bandas		

Conducidos	Bombas Centrifugas		Ventiladores		Compresores de Tornillo	
	RPM de Operación		Vent. en Cantilever? SI / NO		Potencia	
	Potencia		Nº de Álabes		Nº de Hileras c/tornillo	
	Nº de Álabes del Impeler		Tipo de Apoyo	Rodamientos	Tipo de Apoyo	Rodamientos
	Impulsor en Cantilever? SI / NO			Cojinetes		Cojinetes
	Tipo de Apoyo	Rodamientos Cojinetes				

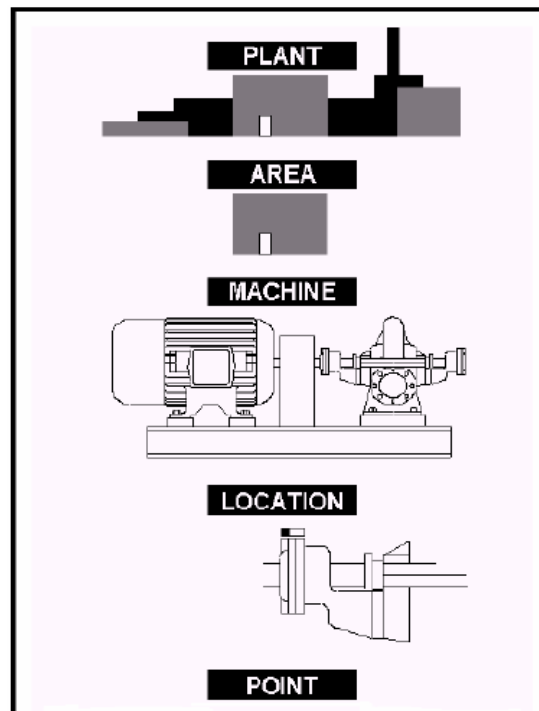
Fuente: Tranter, Jason, “Book II: Creation. Alert Analysis Systems”, DLI Engineering Corporation, v.3.0., 2005.

**4.3.2 Programación de los equipos en el sistema ExpertALERT™.** Al tener una base de datos técnicos de los equipos, el siguiente paso fue el ingreso de los mismos al

sistema ExpertALERT™, esto se utilizó como un “servidor” que recopilará toda la información de los equipos monitoreados. Para cada equipo se creó su correspondiente “Cédula de Identidad”, es decir, la configuración del mismo, las locaciones para medición, el nombre y datos técnicos adicionales en lo que se lo conoce como MID (Machine Identification Data). El ingreso de estos datos y la programación de la planta fueron validados por un especialista en el manejo del sistema mencionado.

El sistema ExpertALERT™ tiene una jerarquización determinada para programación y visualización de una planta y sus equipos.

Figura 39. Jerarquización de la Base de Datos de Planta



Fuente: Tranter, Jason, “Book II: Creation. Alert Analysis Systems”, DLI Engineering Corporation, v.3.0., 2005.

Cada uno de los componentes de la base de datos se describe brevemente a continuación, de acuerdo a conceptos de programación:

- Información de Soporte: Nivel Cero de Programación. Antes de la creación de plantas, áreas, máquinas y locaciones, se realizó las siguientes configuraciones:

- MID: Datos de Identificación de la Máquina. Se ingresaron todos los datos técnico y de configuración a través de la programación con el MID Wizard.
- Setups: Son las configuraciones que indican al colector cómo debe realizar las mediciones. Los rangos de frecuencia a utilizarse se determino por cada locación.
- Planta: Primer nivel de programación. Es el espacio físico en el cual una compañía realiza ciertas operaciones. Se ingreso el nombre de la planta, cabe señalar que se puede ingresar hasta 50 caracteres.
- Área: Segundo nivel de programación. Es el espacio físico dentro de la planta donde cada uno de los grupos realizan un trabajo determinado, esto se utilizo para agrupar las máquinas en un proceso específico y ser monitoreadas.
- Máquina: Tercer nivel de programación. En este nivel se agrupo todas las locaciones y puntos de medición, así como los datos técnicos que se utilizaron en la creación de MIDs. Para ello se considero a la máquina como un conjunto de componentes.
- Locación: Cuarto nivel de programación. Es el punto de medición en la máquina. Todas las mediciones de vibración se agruparon en la locación.

El MID es la clave de la programación de equipos en el ExpertALERT™. En él se detallo la siguiente información:

- Velocidad de operación del equipo y los cambios de la misma vía poleas y bandas, reductores y otro tipo de transmisiones.
- El número de componentes, su orden y naturaleza (motor, acople flexible, ventilador, etc.)
- Características específicas de cada componente (tipo de apoyos: cojinetes o rodamiento, etc.)
- Detalles de los elementos rotativos (número de álabes de ventilador.)
- El número de locaciones y puntos de toma de datos.

#### **4.4 Creación de las rutas de medición**

Para la creación de las rutas se tomo en cuenta algunos factores como:

- a. Reconocimiento del área.- Se recorrió el área de la planta donde se encuentran los equipos que fueron monitoreados, se determino la ubicación dentro de la planta, área

y equipo, objeto de estudio, se estableció los puntos de medición y la secuencia de las rutas, se tuvo en cuenta los aspectos de seguridad, accesibilidad, e identificación de riesgos a durante la toma de datos.

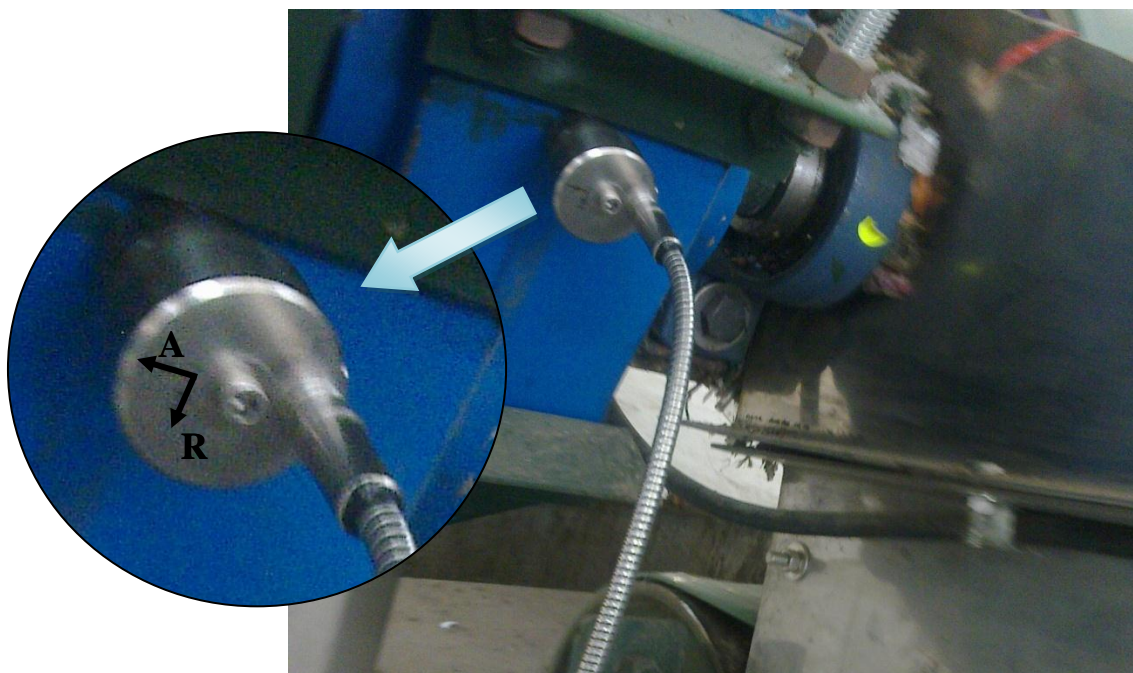
- b. Diseño de las planillas de datos.- Se determinan por medio de un análisis de criticidad, a los equipos que requerían ser intervenidos mediante el análisis vibracional, se recolectan datos y se registran en la plantilla para cada equipo estudiado.

Estas planillas proveen la información necesaria sobre cada elemento rotante y con esta información se identifican las frecuencias características, los puntos de medición y los datos de reparaciones.

#### **4.5 Medición y análisis de los espectros obtenidos en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos**

**4.5.1 Medición vibracional de los equipos de la planta.** Una vez establecido las rutas de medición, así como la criticidad de los equipos identificando los puntos que nos presentarían mayor información se procede a realizar las respectivas mediciones siguiendo las rutas establecidas y cumpliendo las normas que se requieren para la realización de una correcta recolección de espectros objeto del presente estudio.

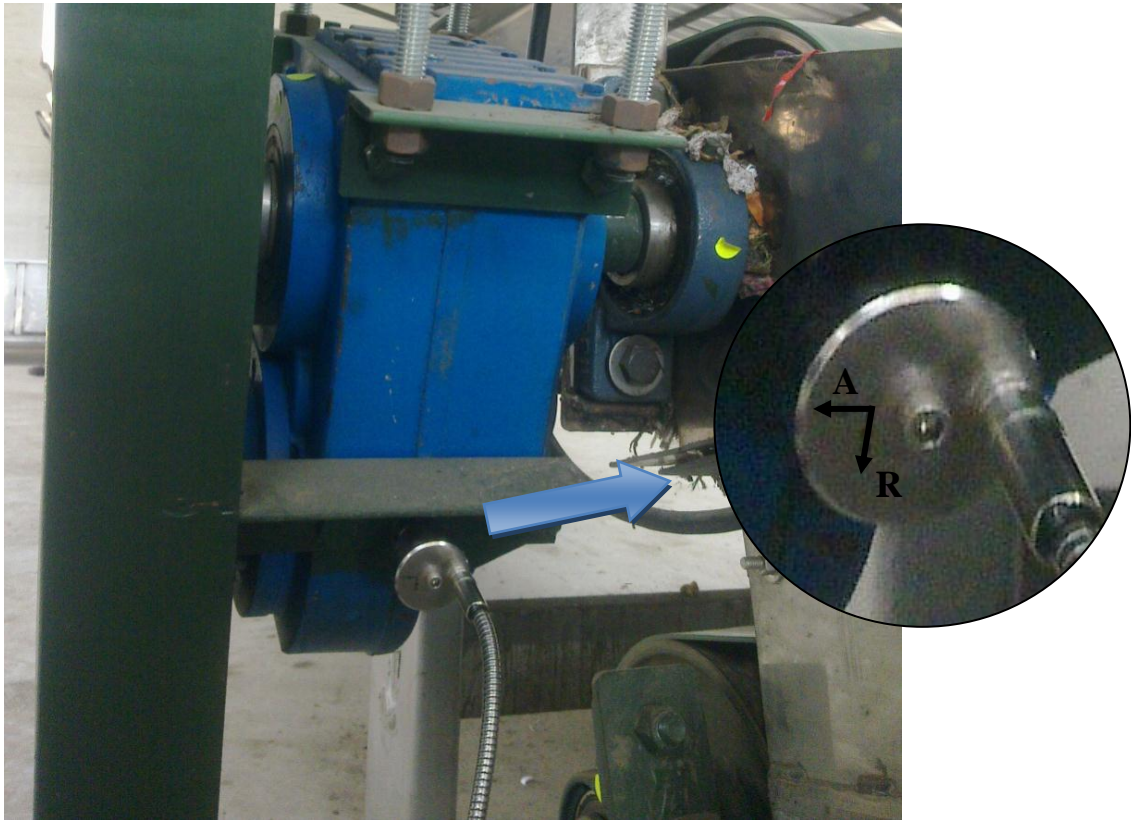
Figura 40. Toma de datos en el punto BI-RV-001



Fuente: Autor



Figura 41. Toma de datos en el punto BI-RV-002



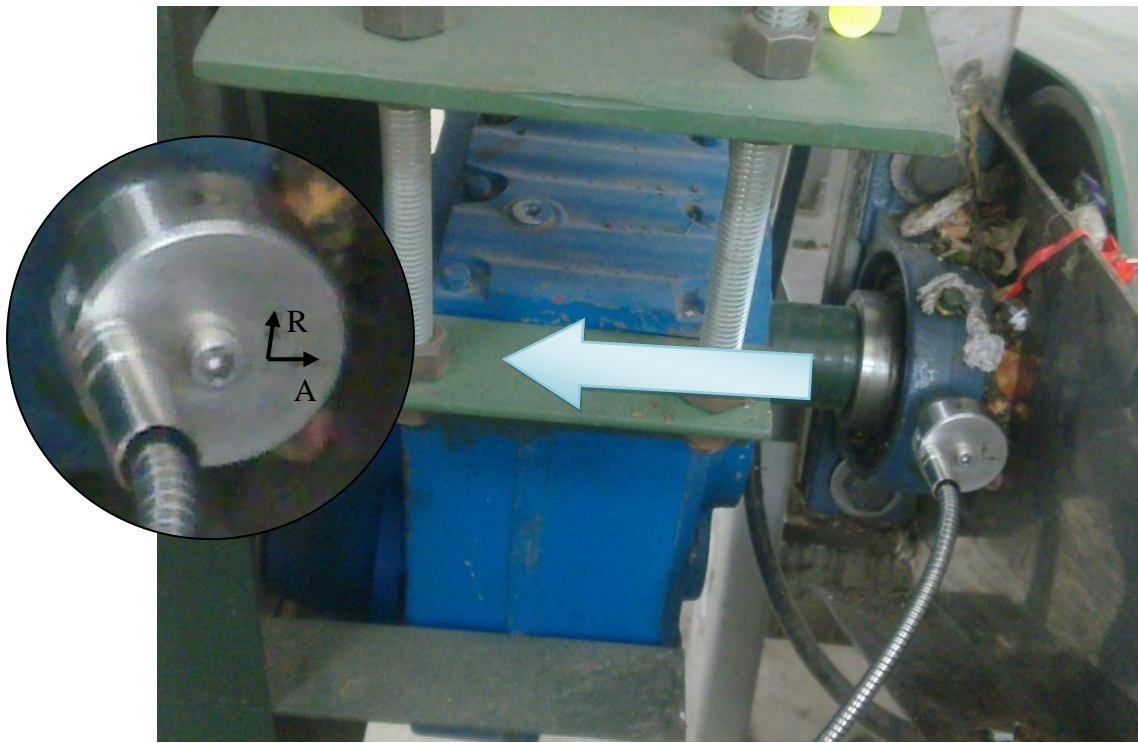
Fuente: Autor

Figura 42. Toma de datos en el punto BH-RV-001



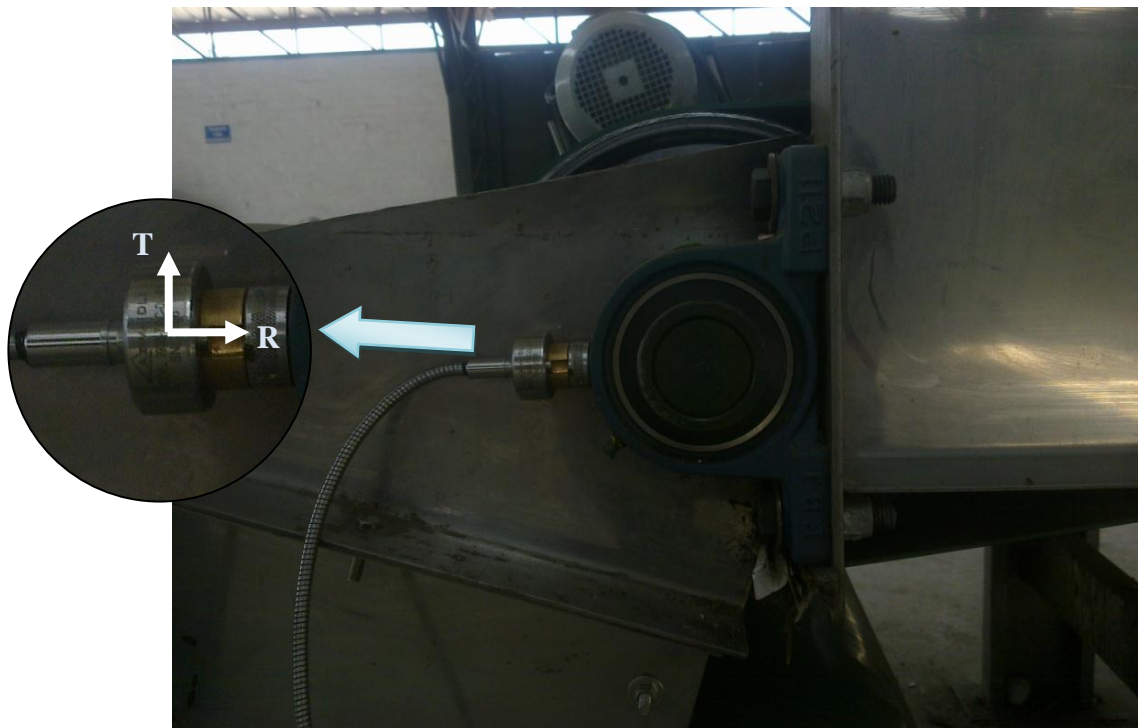
Fuente: Autor

Figura 43. Toma de datos en el punto BH-RD-001



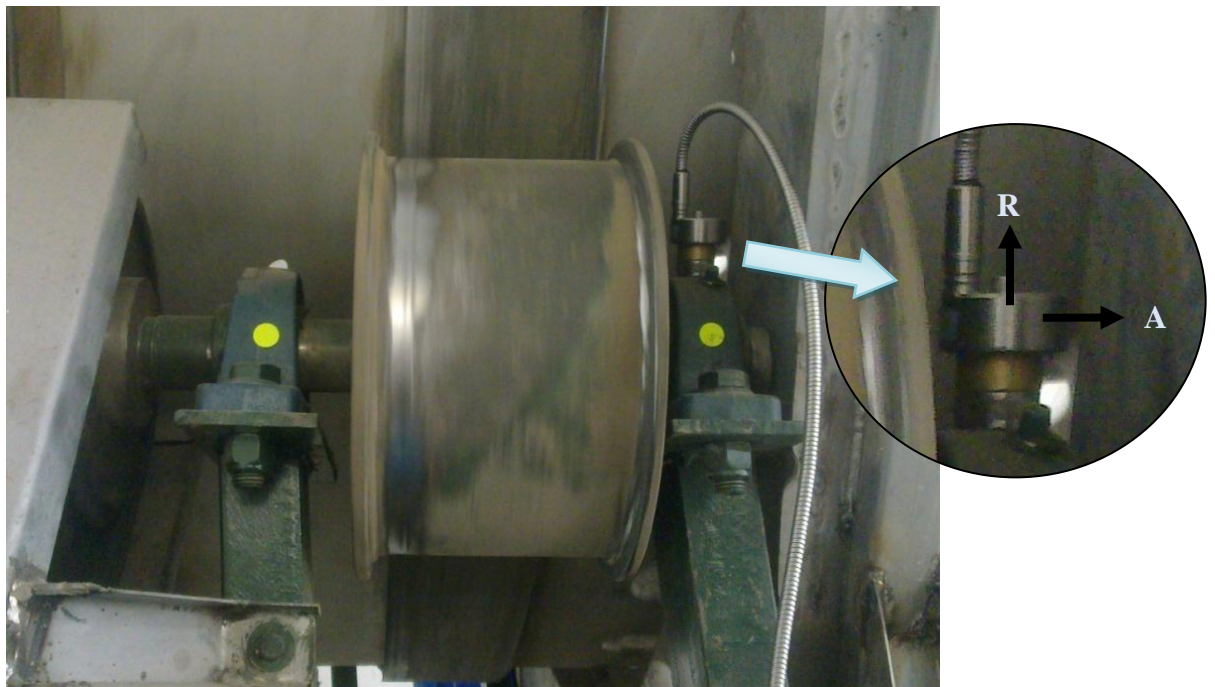
Fuente: Autor

Figura 44. Toma de datos en el punto BH-RD-002



Fuente: Autor

Figura 45. Toma de datos en el punto CB-RD-002

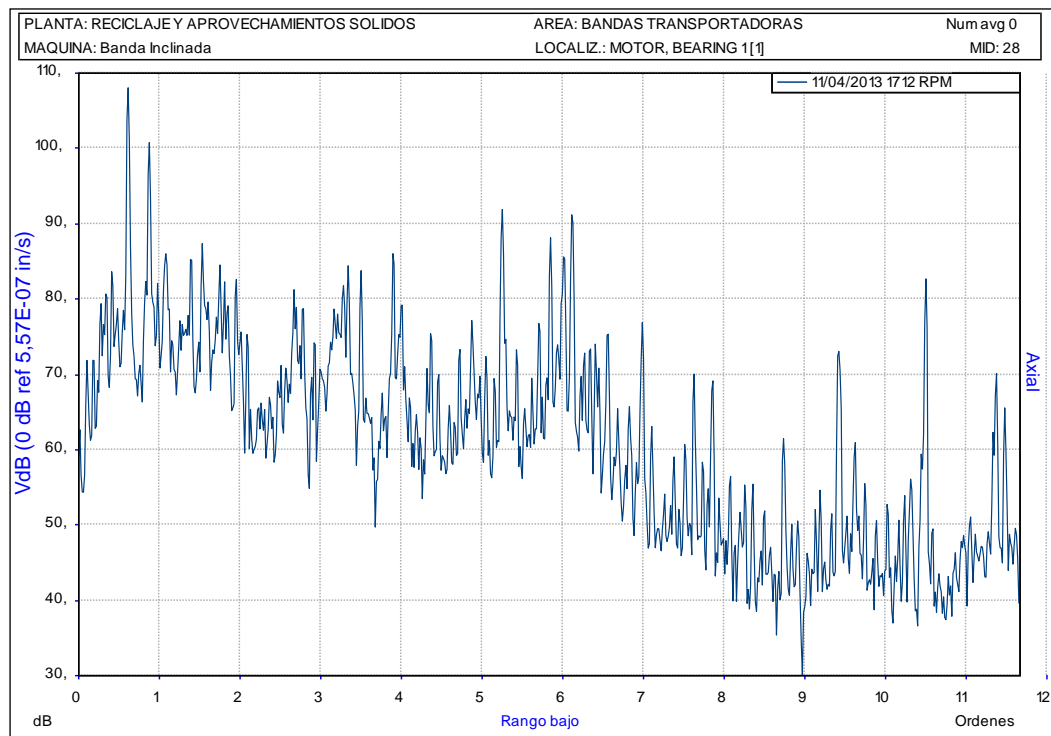


Fuente: Autor

#### 4.5.2 Espectros obtenidos en la Banda Inclinada

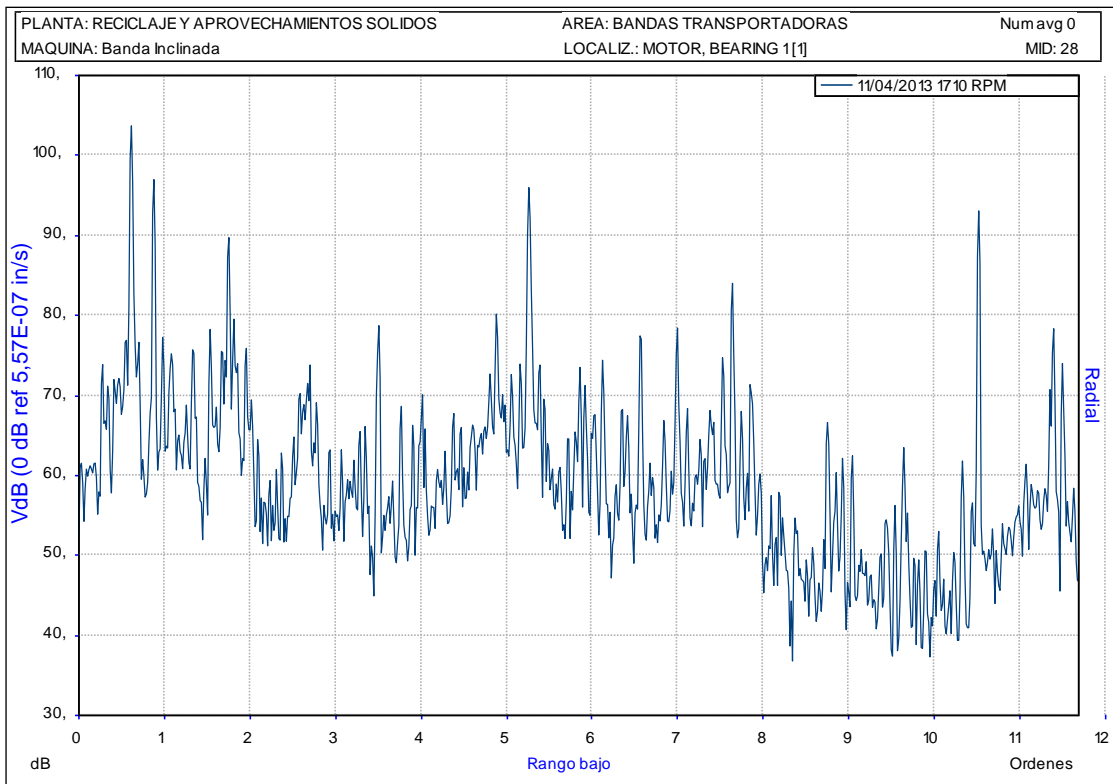
##### 4.5.2.1 Espectro del punto BI-M-001

Figura 46. Espectro en el sentido axial del motor de la banda inclinada.



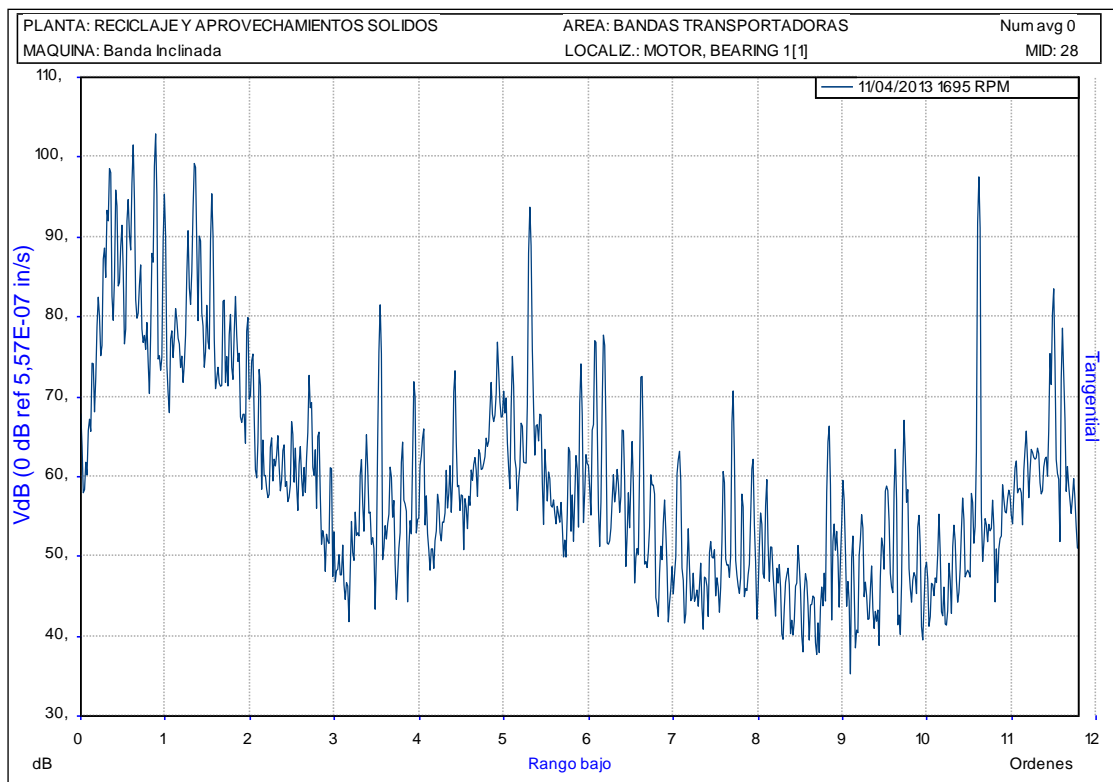
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 47. Espectro en el sentido radial del motor de la banda inclinada



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 48. Espectro en el sentido tangencial del motor de la banda inclinada



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 108 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

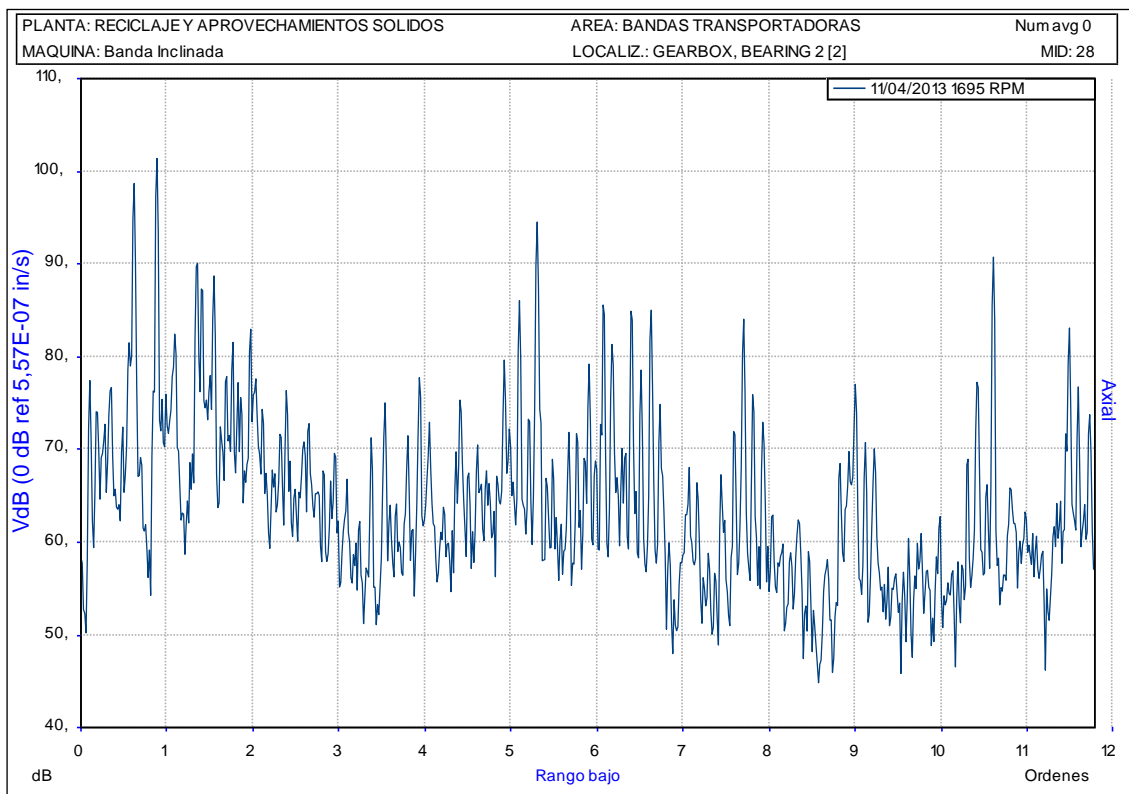
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación.

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

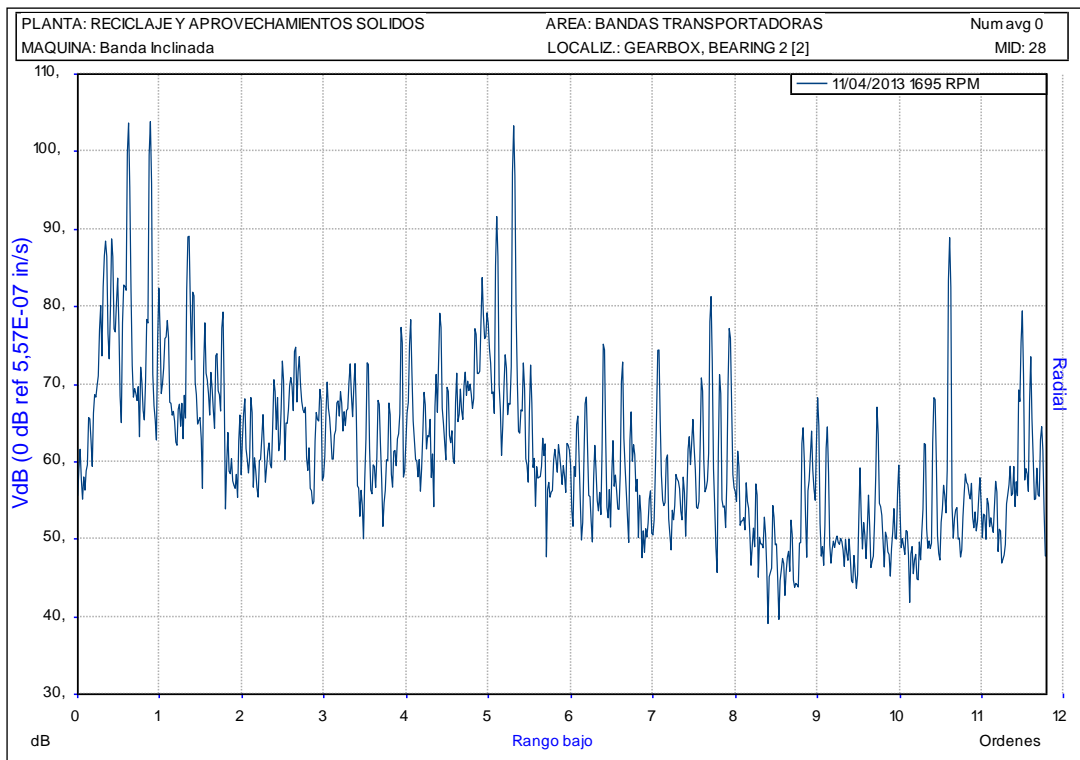
### 4.5.2.2 Espectro del punto BI-RV-001

Figura 49. Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada.



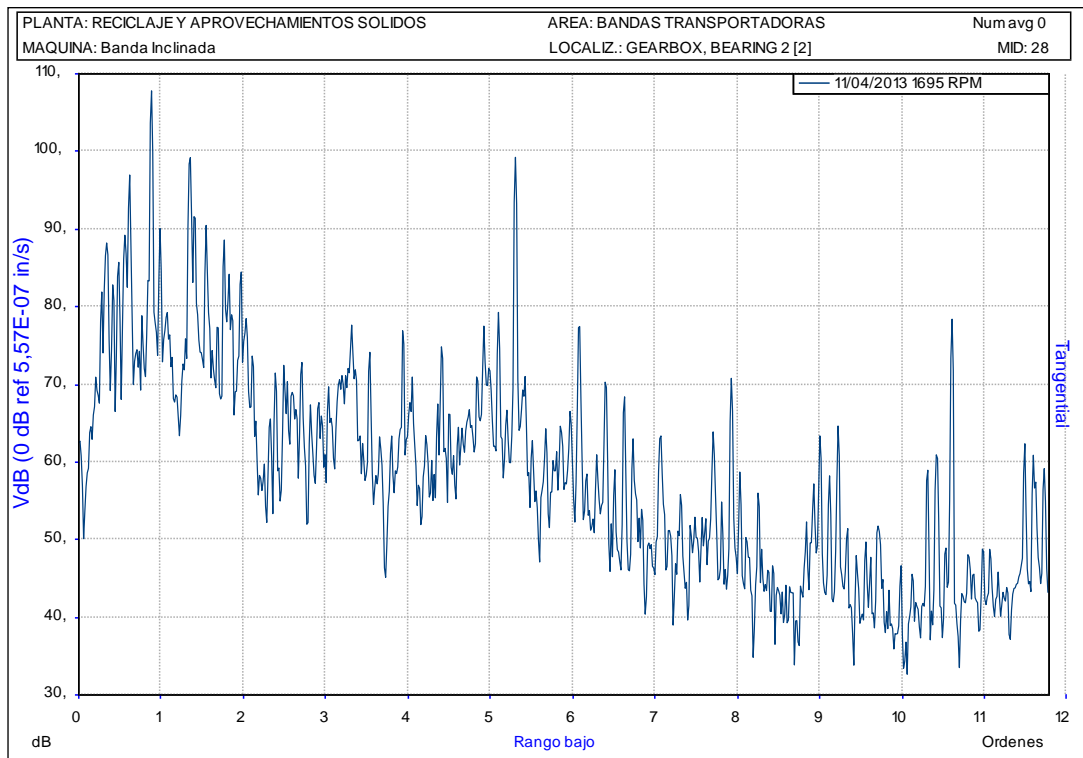
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 50. Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 51. Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 108 VdB en el sentido Tangencial.

## Diagnostico

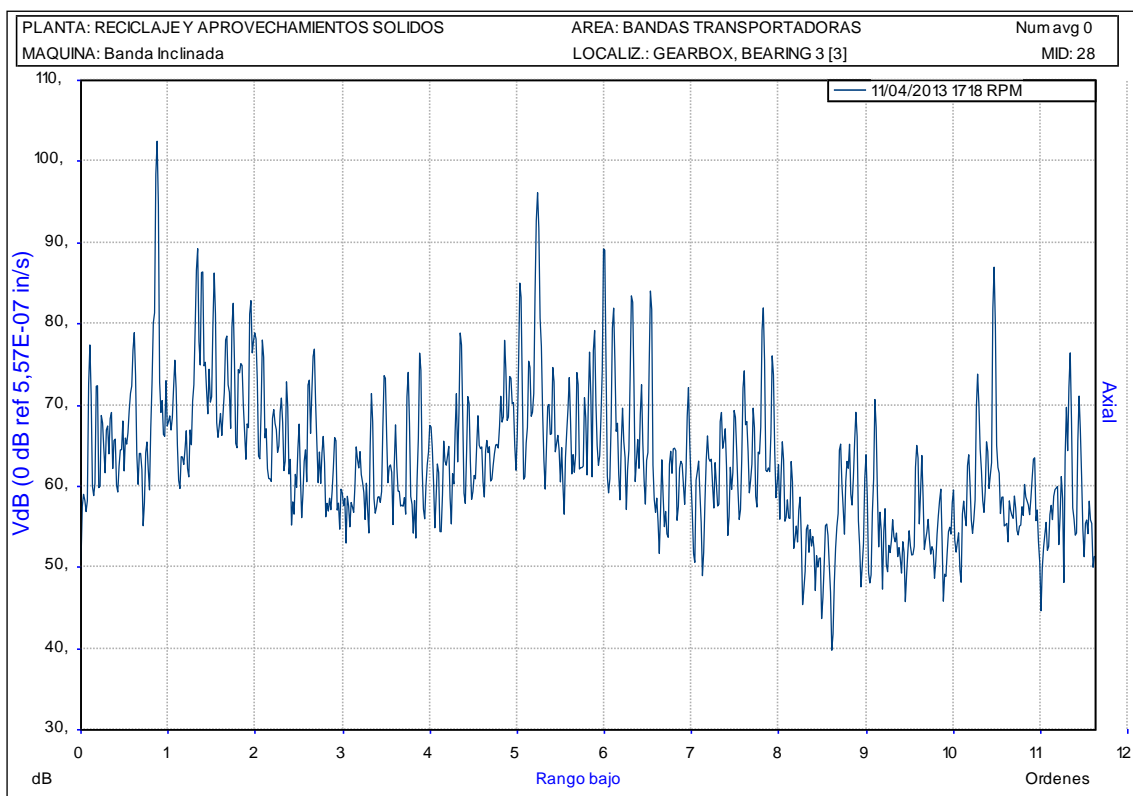
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

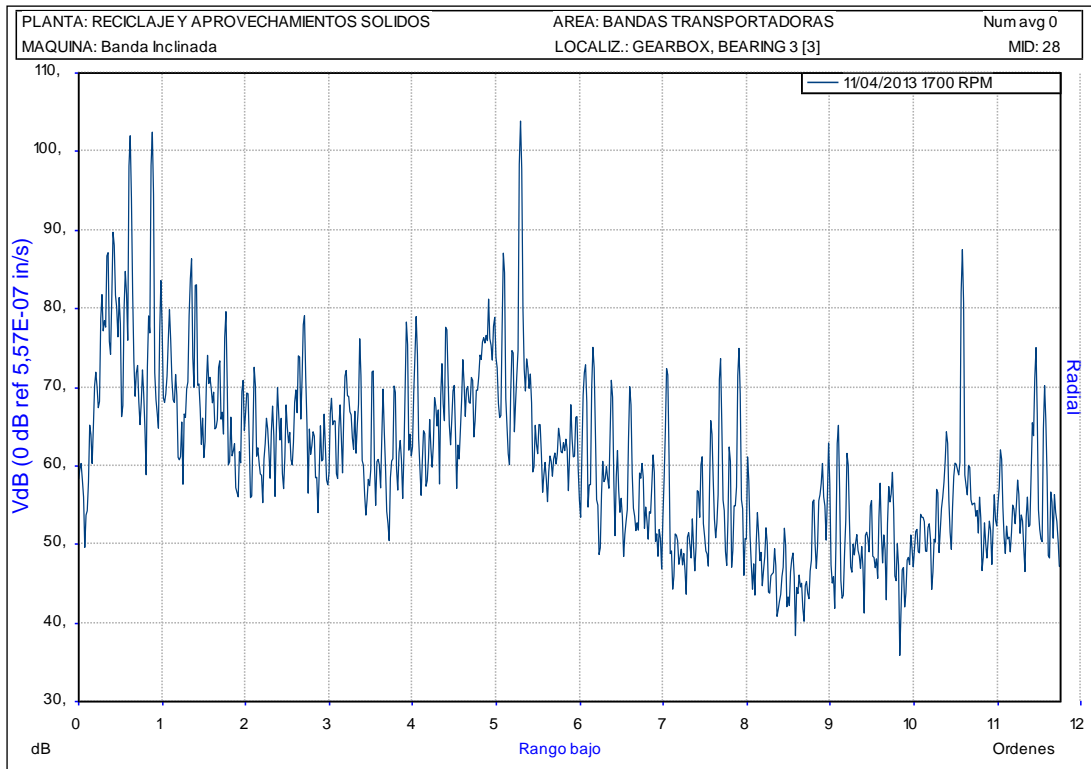
### 4.5.2.3 Espectro del punto BI-RV-002

Figura 52. Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada



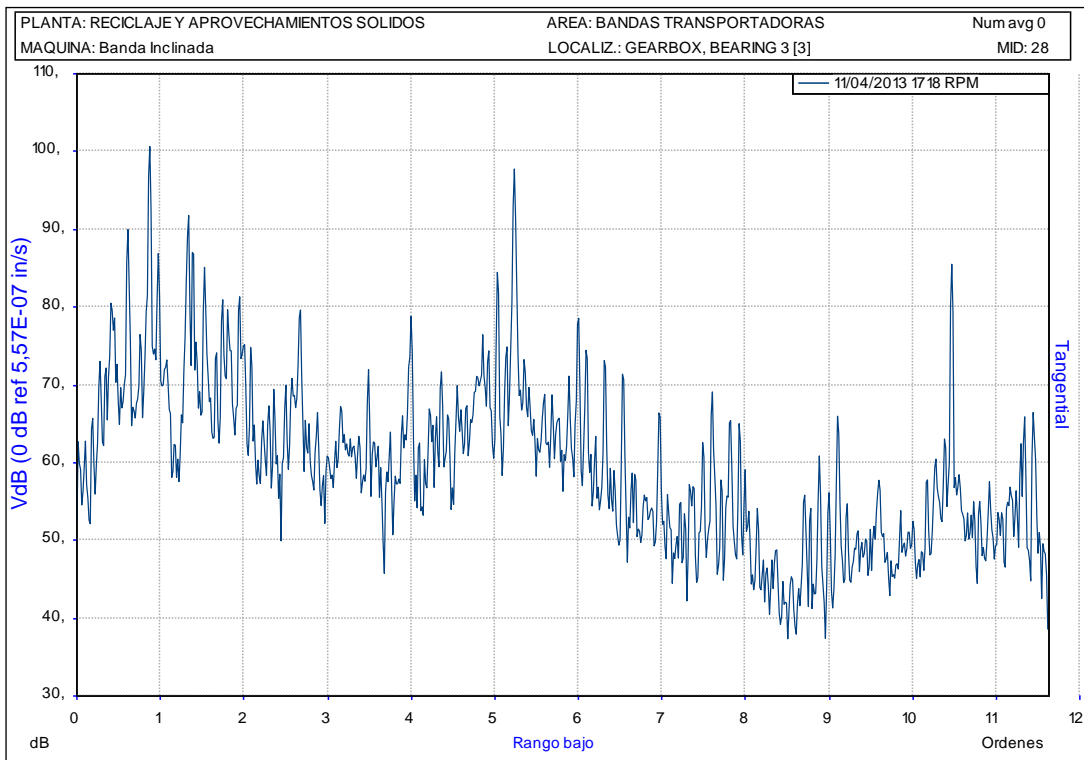
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 53. Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 54. Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead



## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 102 VdB en el sentido Axial y Radial.

## Diagnostico

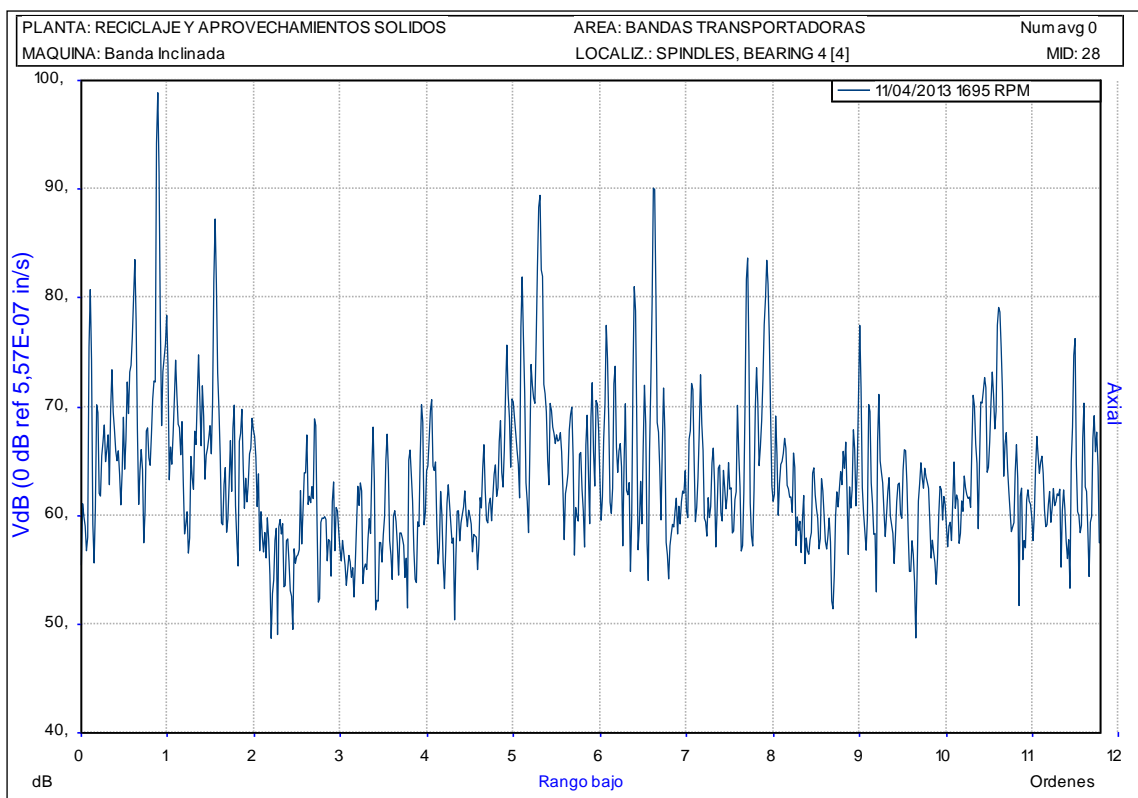
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

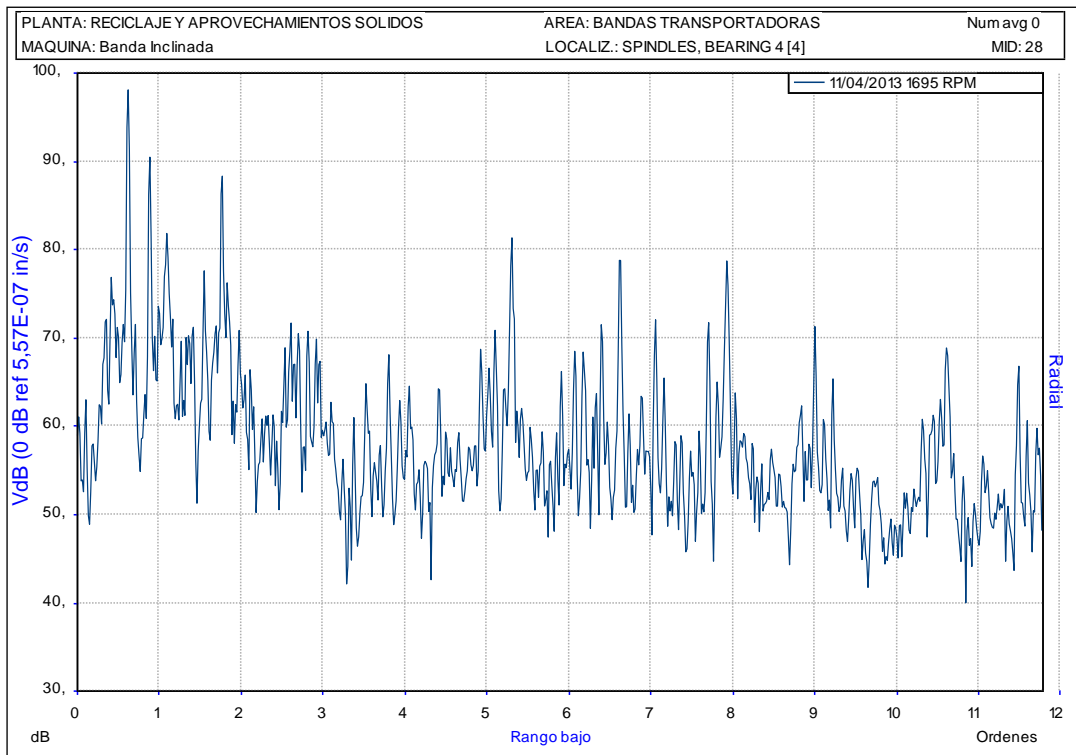
### 4.5.2.4 Espectro del punto BI-RD-001

Figura 55. Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada.



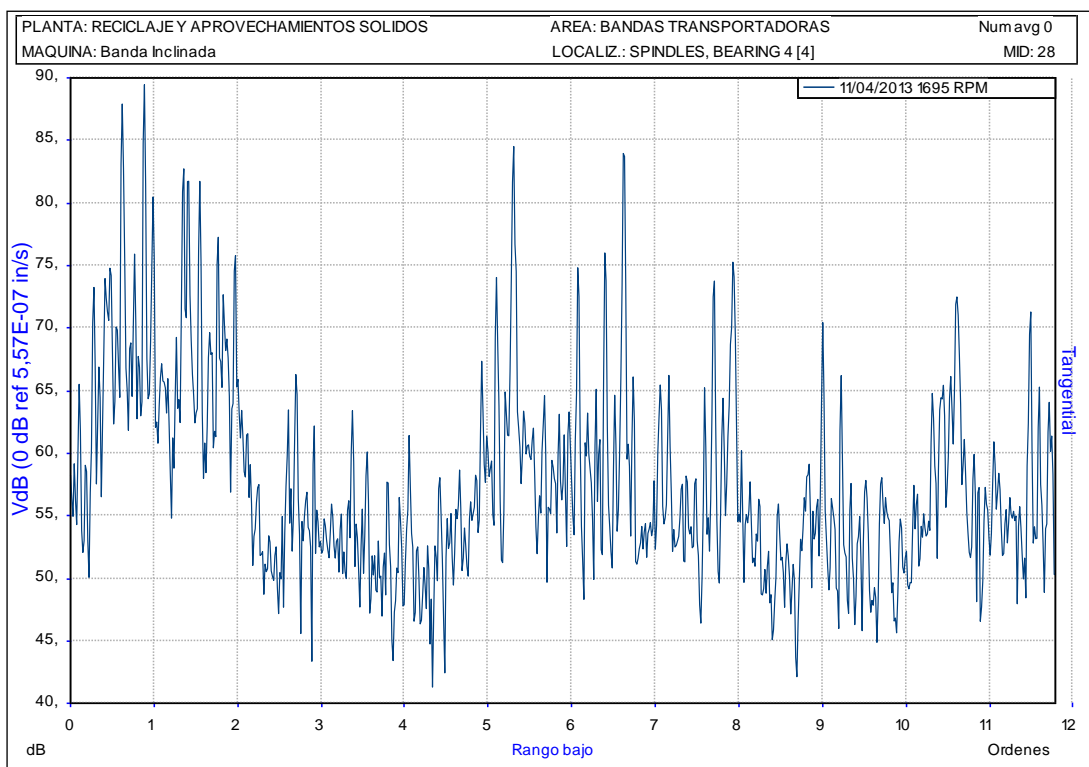
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 56. Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 57. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 1 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 99 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

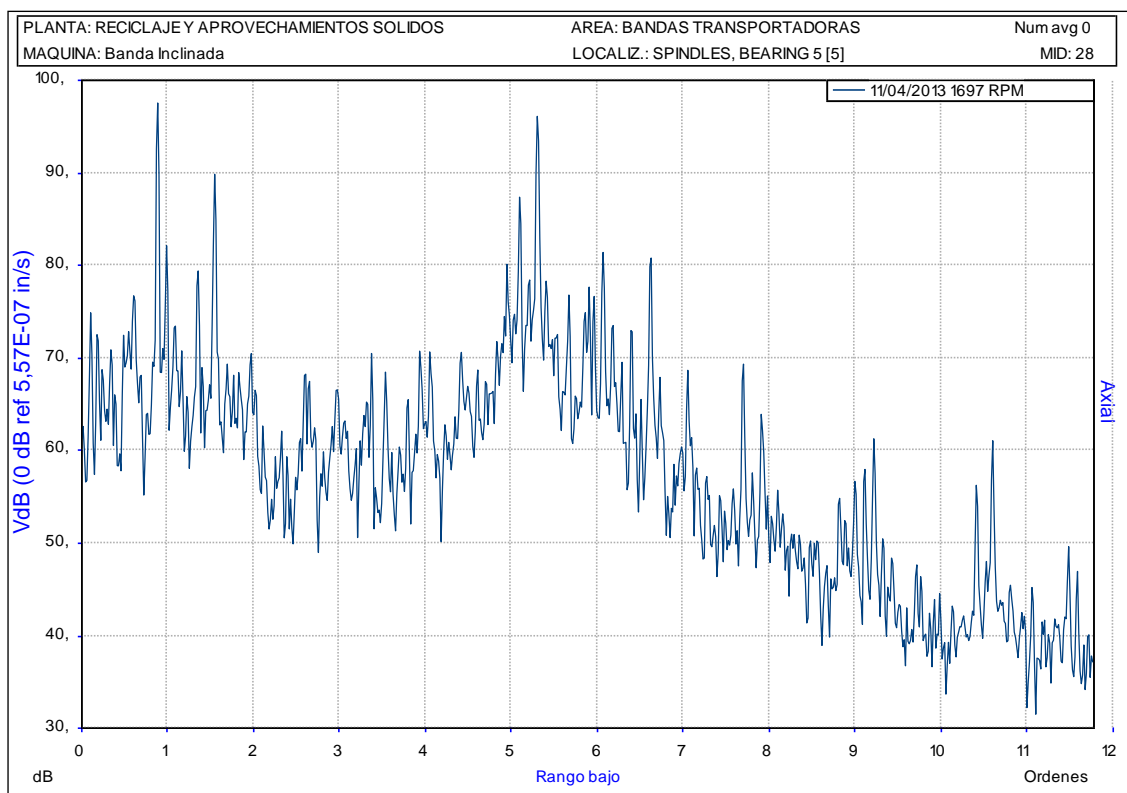
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

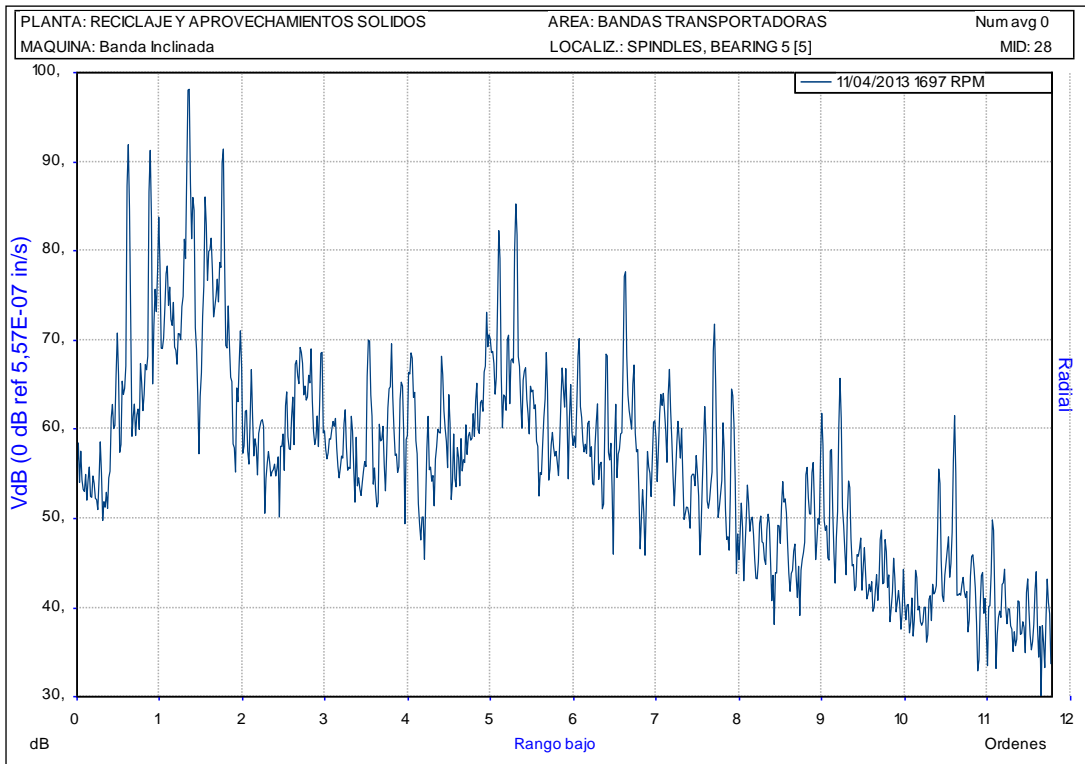
### 4.5.2.5 Espectro del punto BI-RD-002

Figura 58. Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada



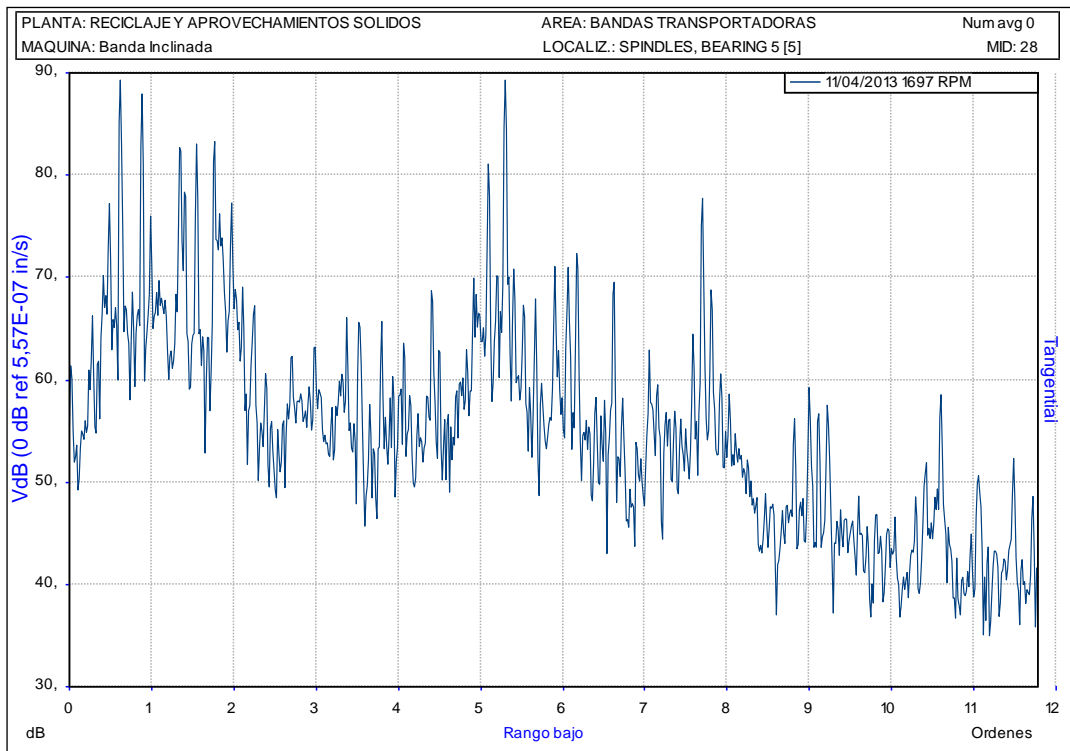
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 59. Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 60. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 2 de la banda inclinada.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 98 VdB en el sentido Axial y tangencial.

## Diagnostico

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

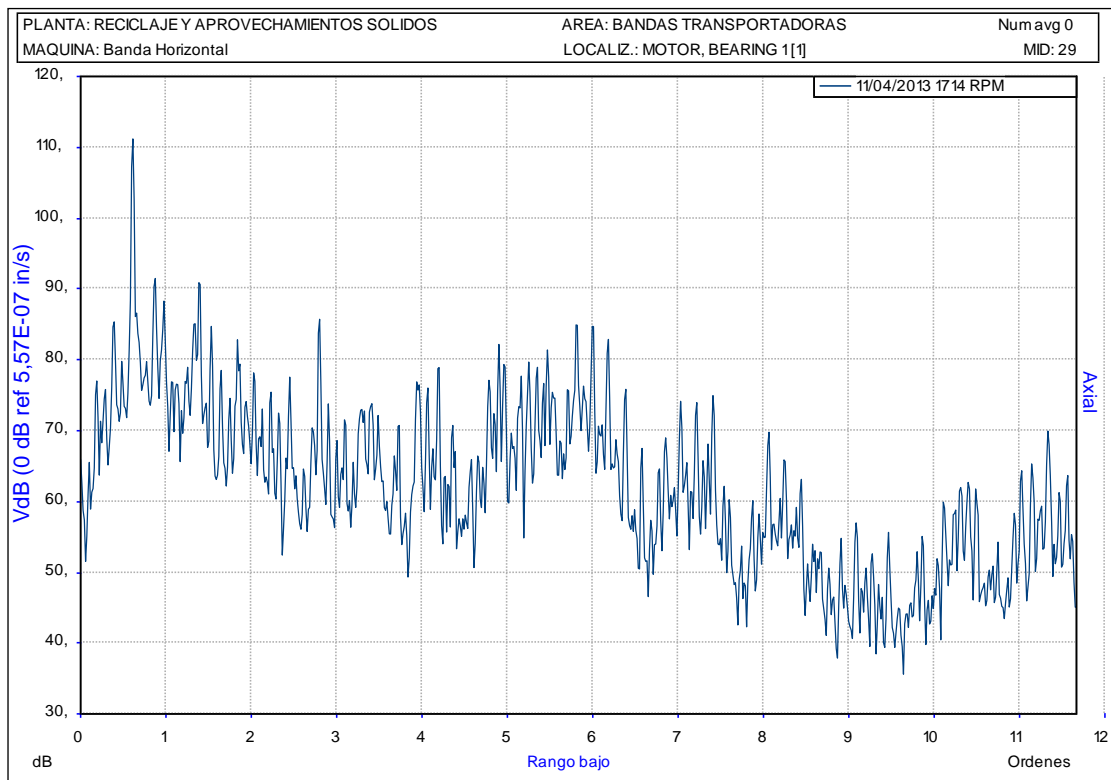
## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

### 4.5.3 Espectros obtenidos en la banda horizontal.

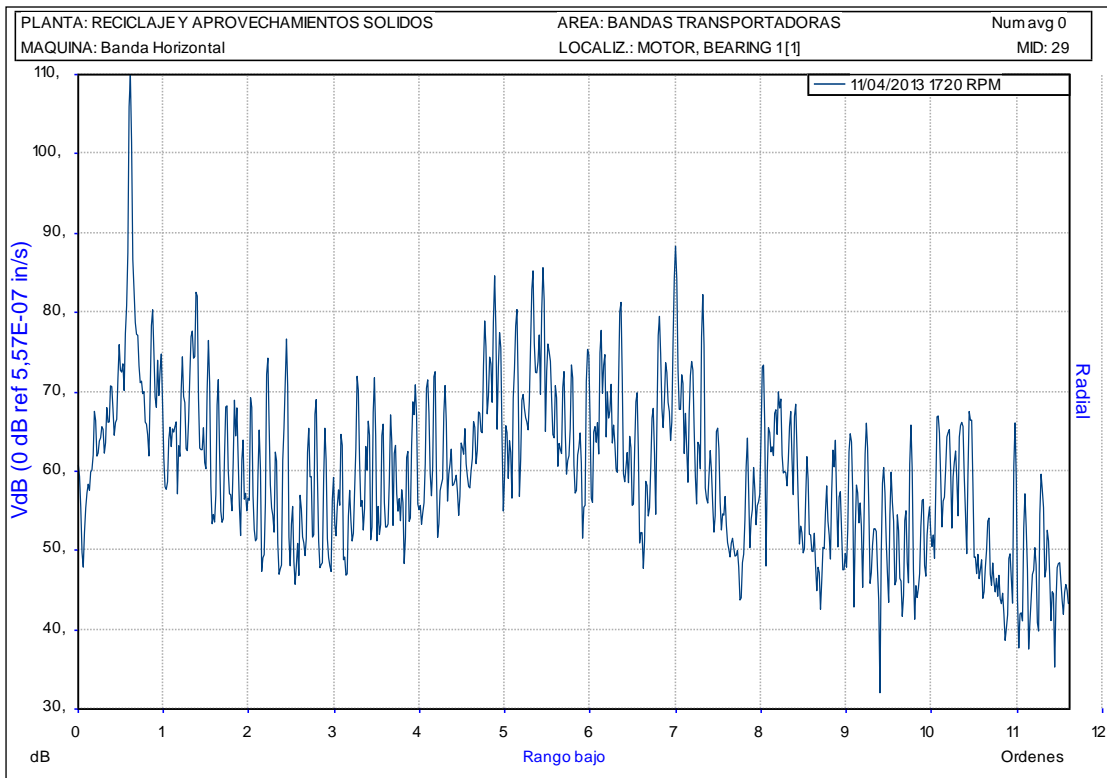
#### 4.5.3.1 Espectro del punto BH-M-001

Figura 61. Espectro en el sentido axial del motor de la banda horizontal



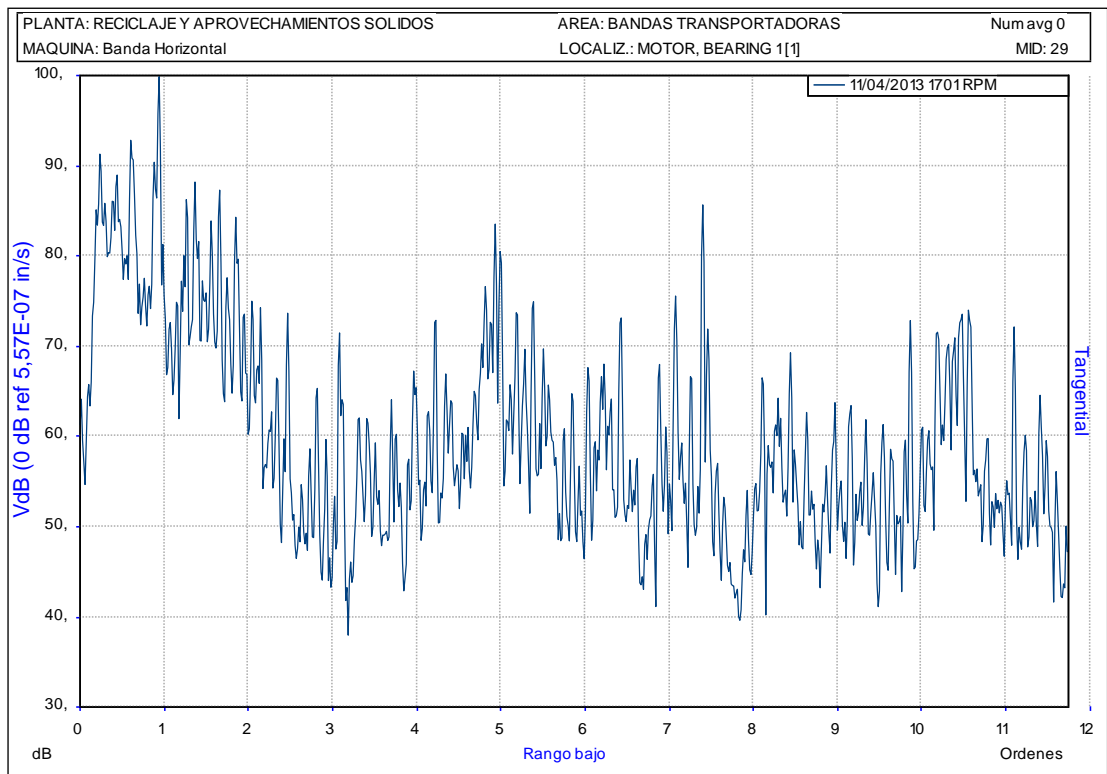
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 62. Espectro en el sentido radial del motor de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 63. Espectro en el sentido tangencial del motor de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 110 VdB en el sentido Radial.

## Diagnostico

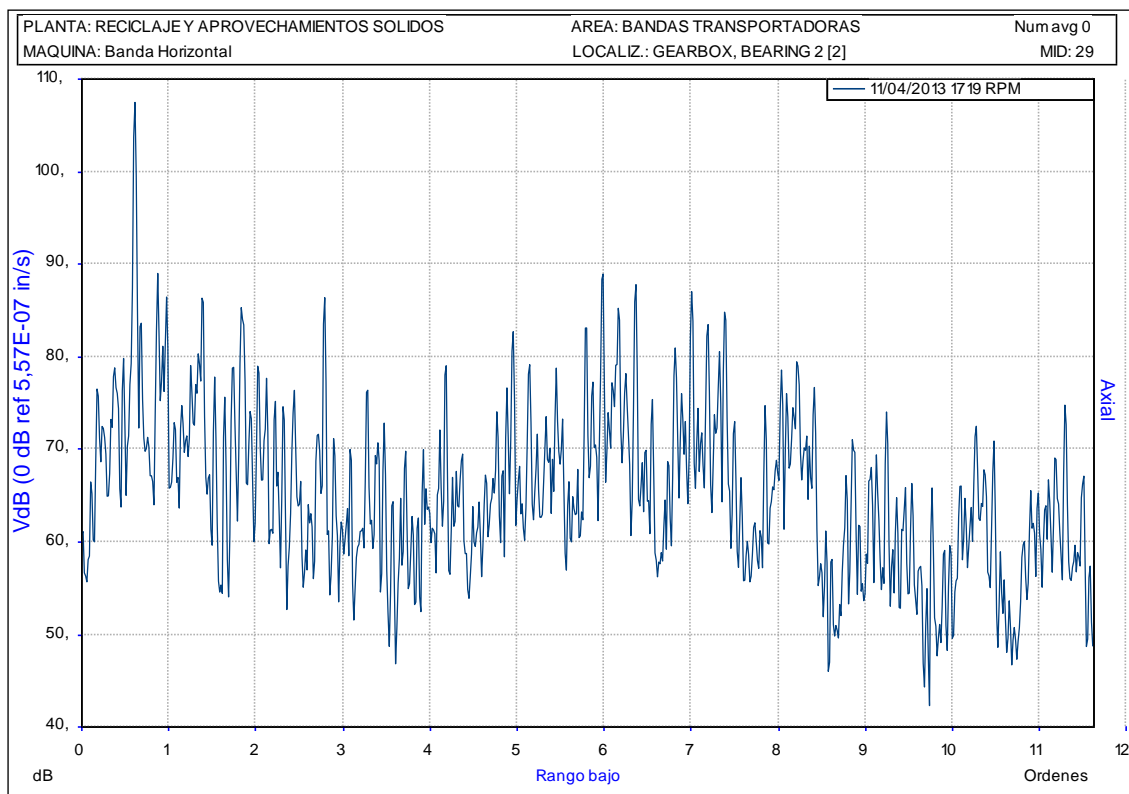
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

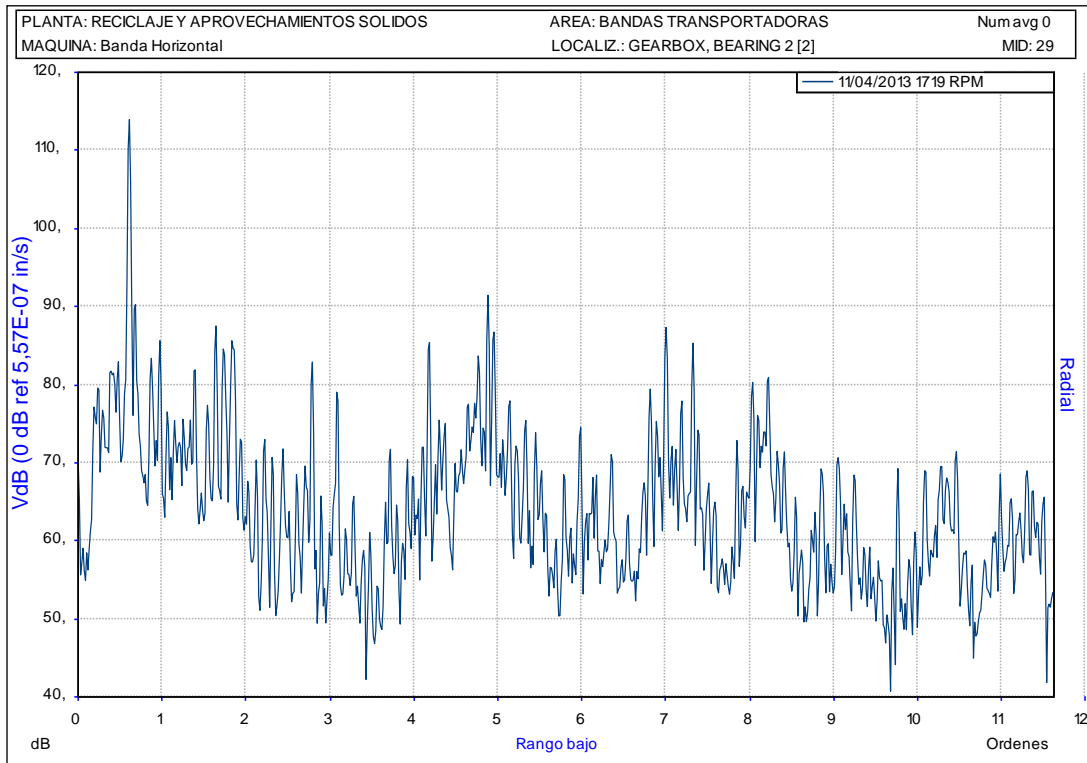
### 4.5.3.2 Espectro del punto BH-RV-001

Figura 64. Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal



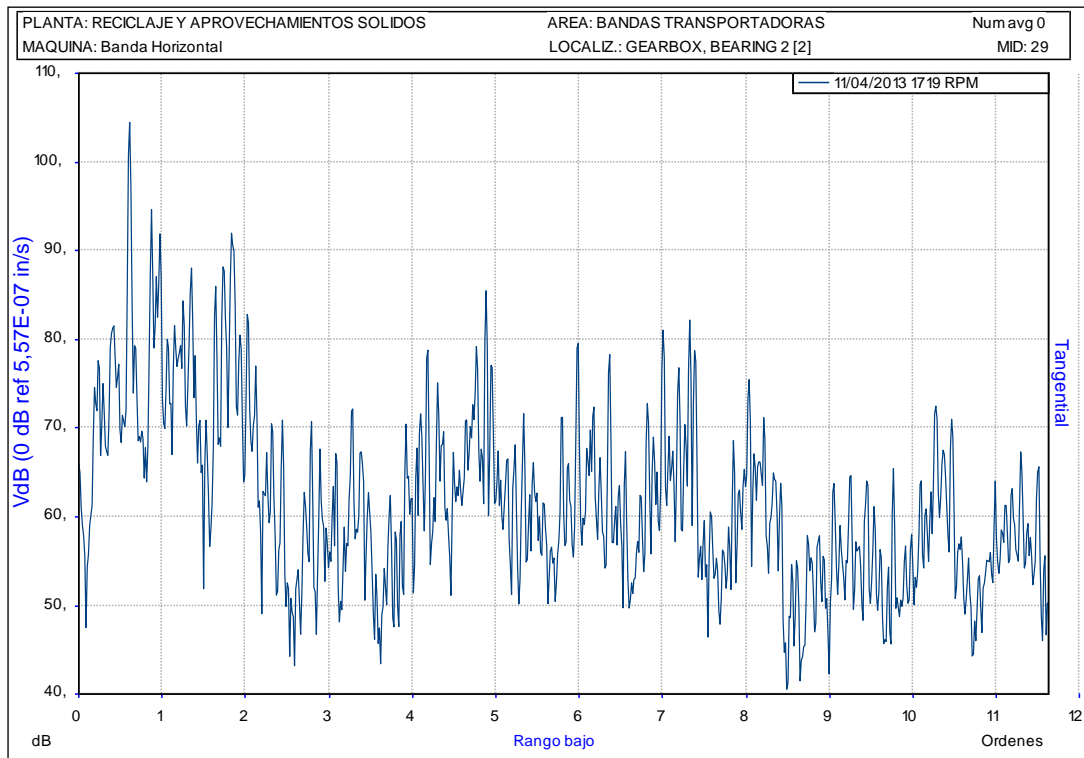
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 65. Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 66. Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 1 de la banda horizontal



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead



## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 114 VdB en el sentido Radial.

## Diagnostico

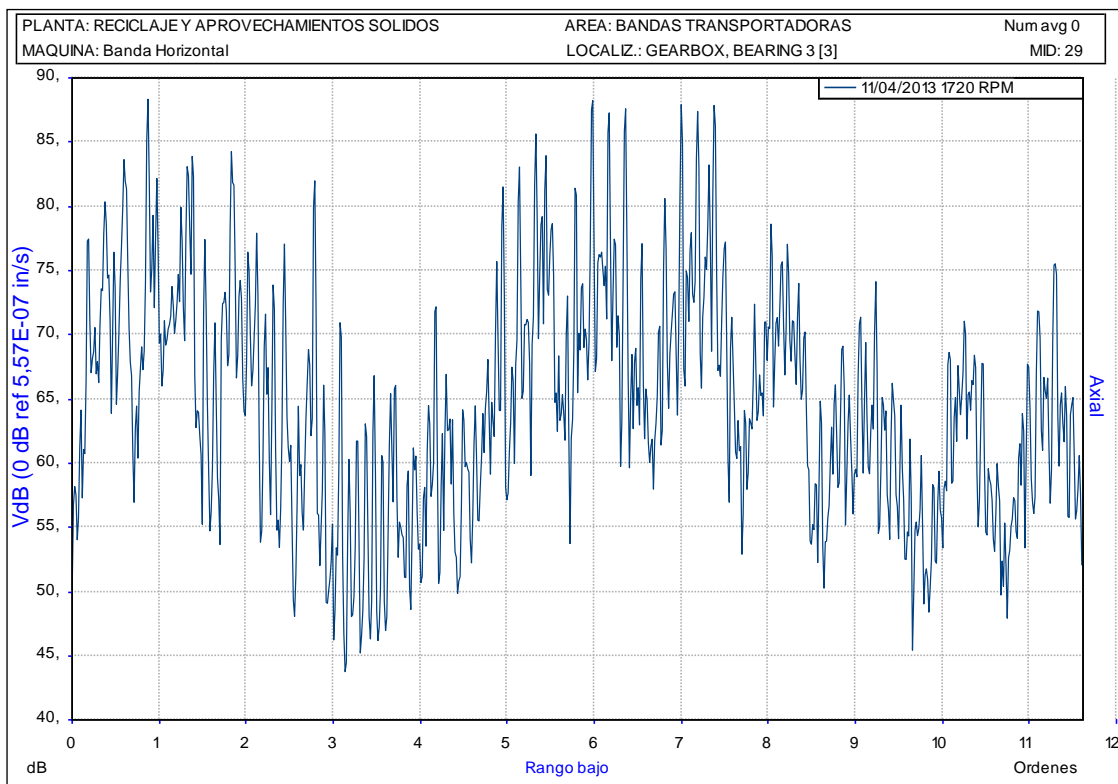
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

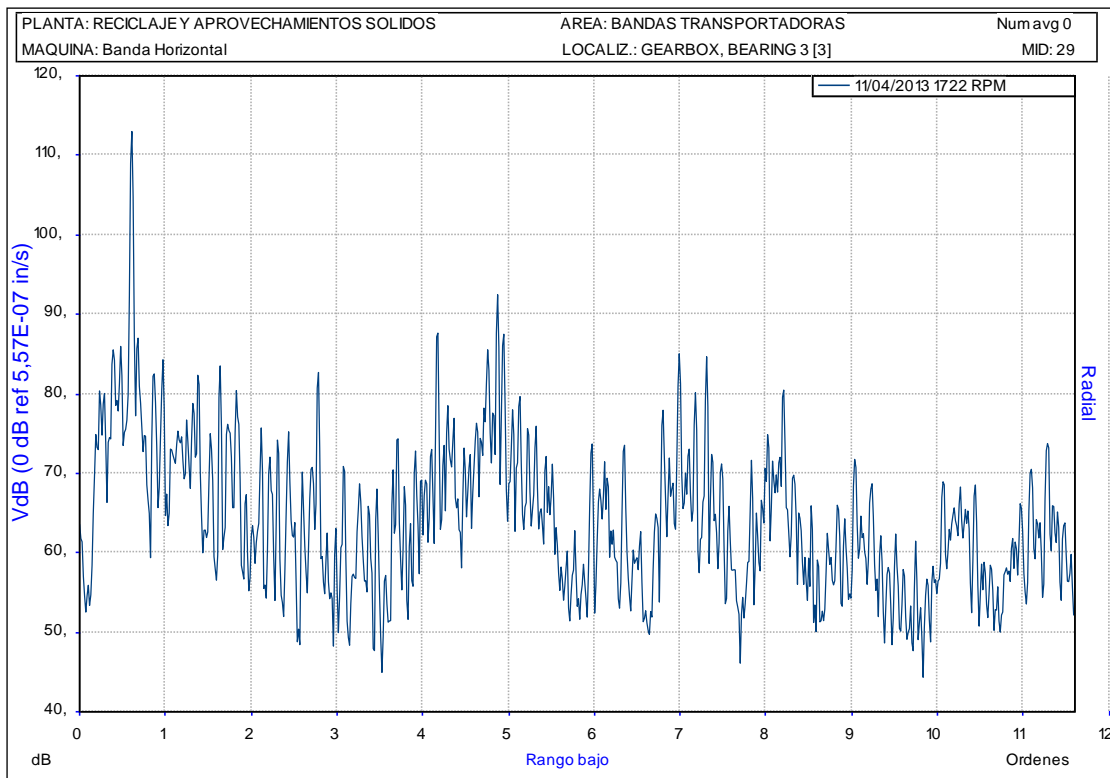
### 4.5.3.3 Espectro del punto BH-RV-002

Figura 67. Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal



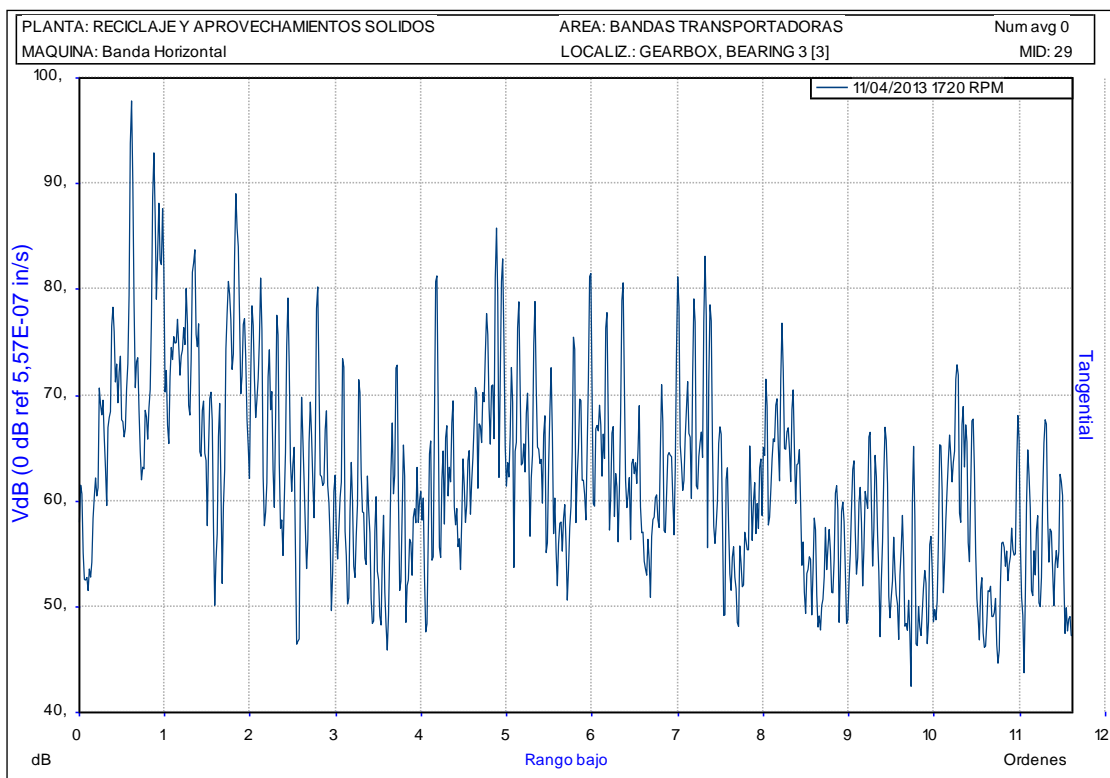
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 68. Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 69. Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad del punto 2 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 112 VdB en el sentido Radial.

## Diagnostico

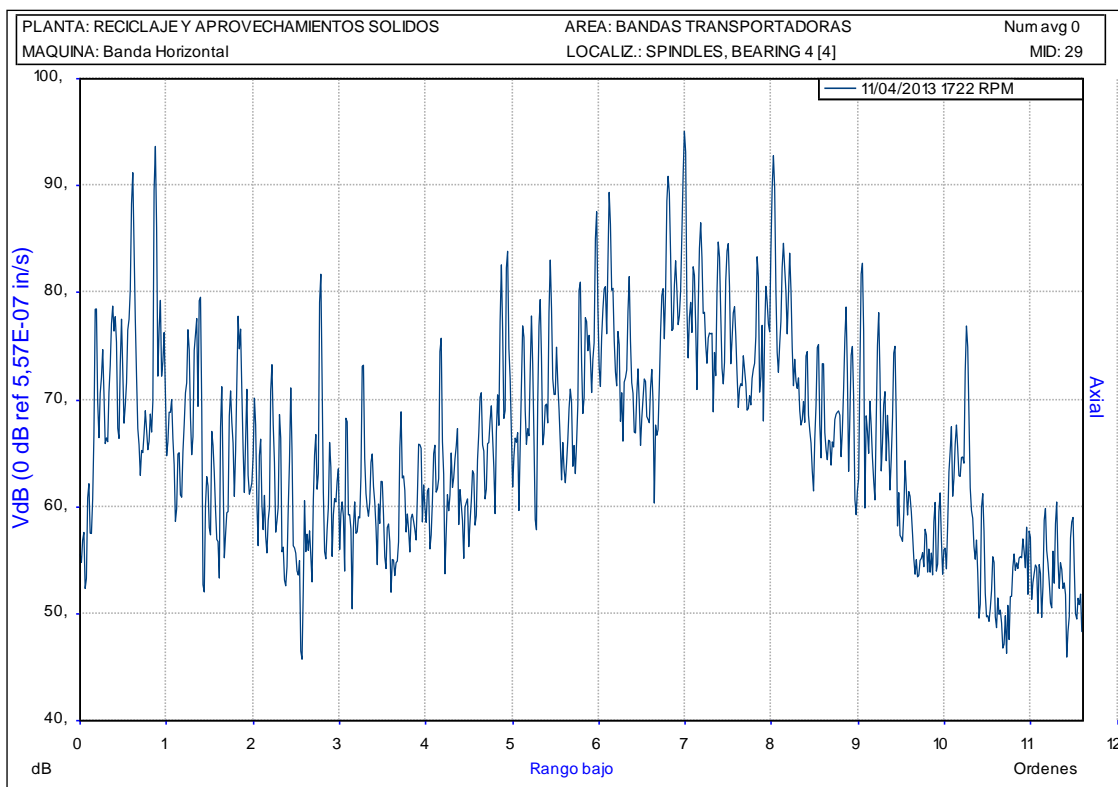
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

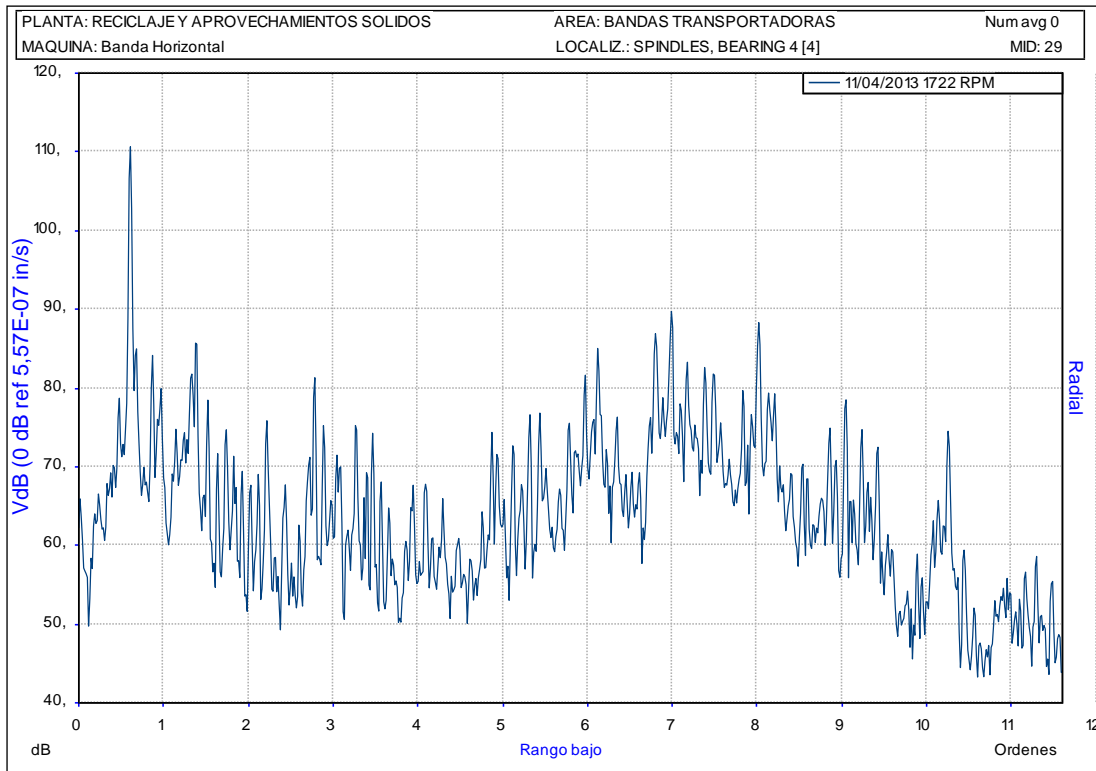
### 4.5.3.4 Espectro del punto BH-RD-001

Figura 70. Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal



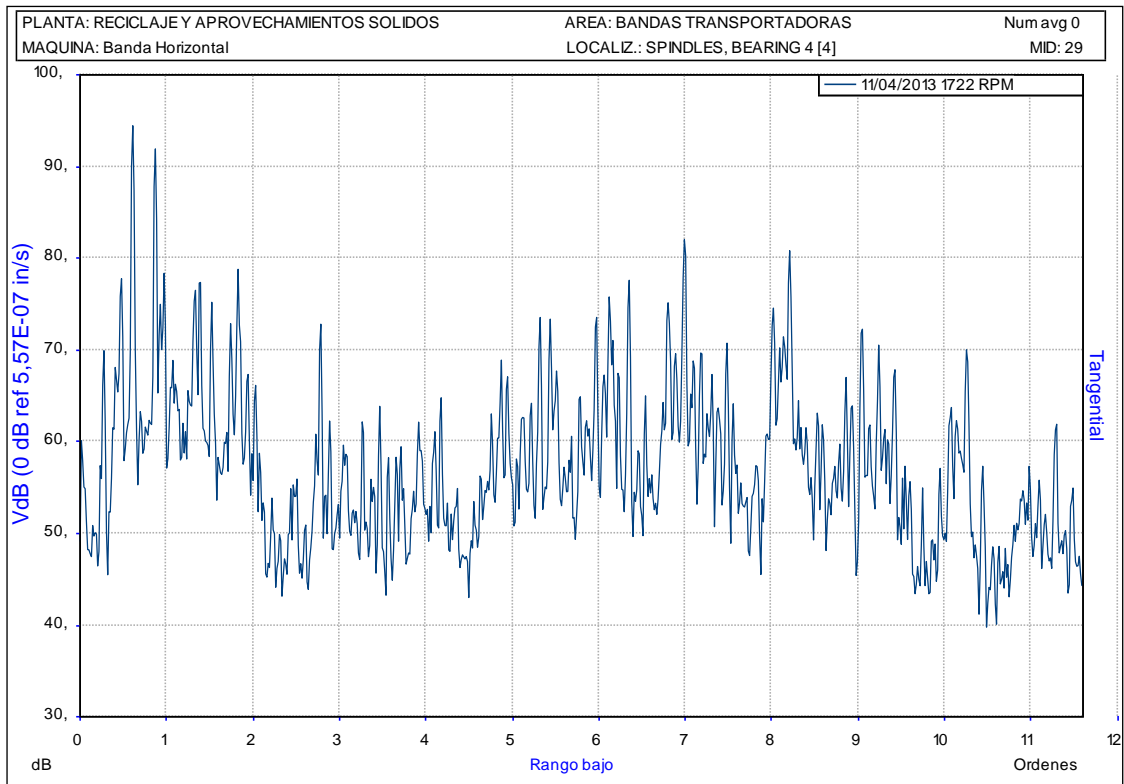
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 71. Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 72. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 1 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 110,5 VdB en el sentido Radial.

## Diagnostico

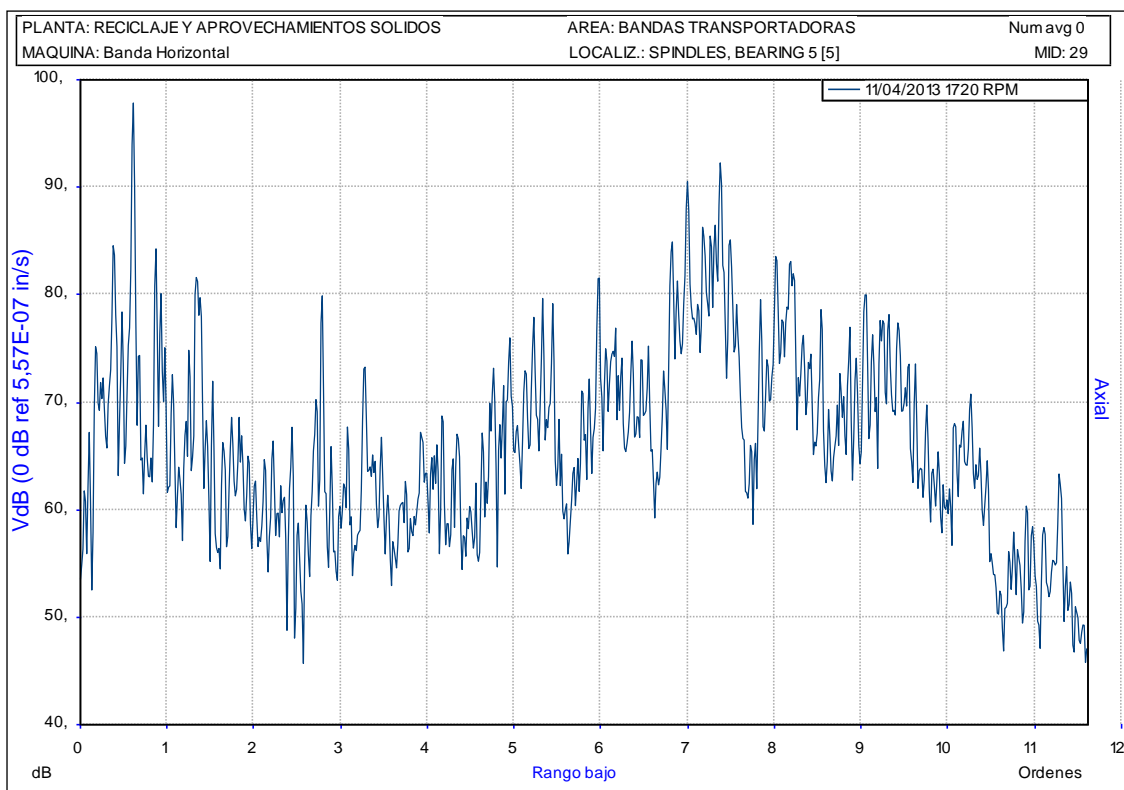
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

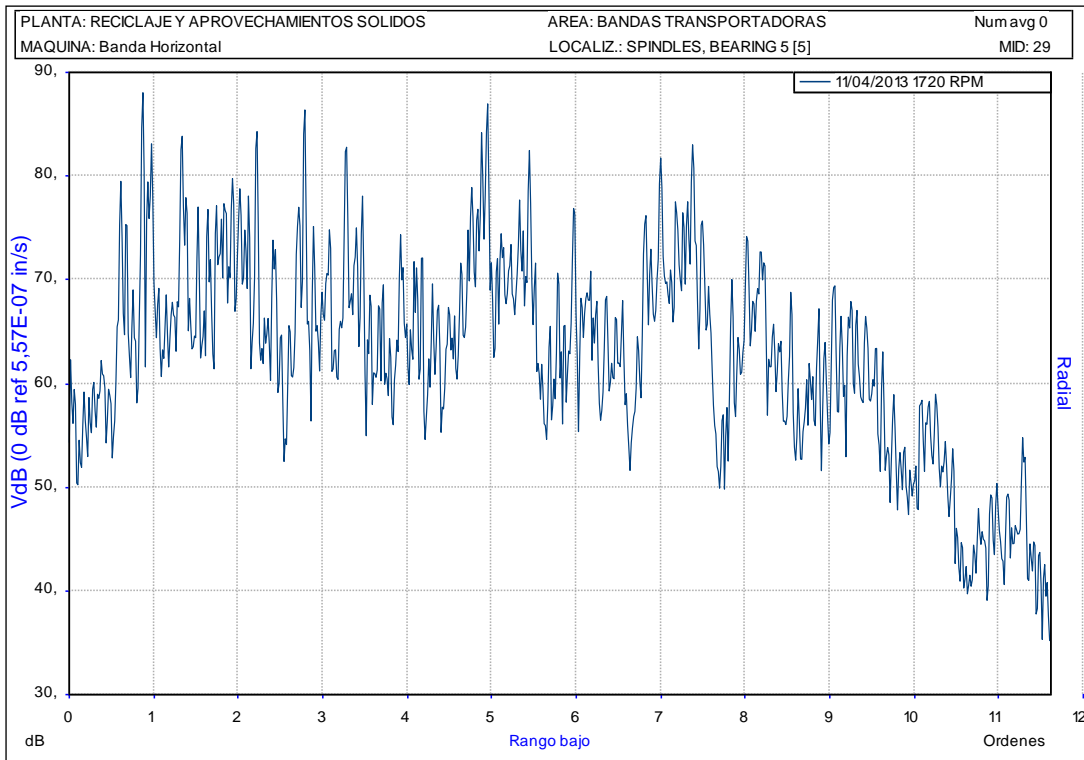
### 4.5.3.5 Espectro del punto BH-RD-002

Figura 73. Espectro en el sentido axial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal



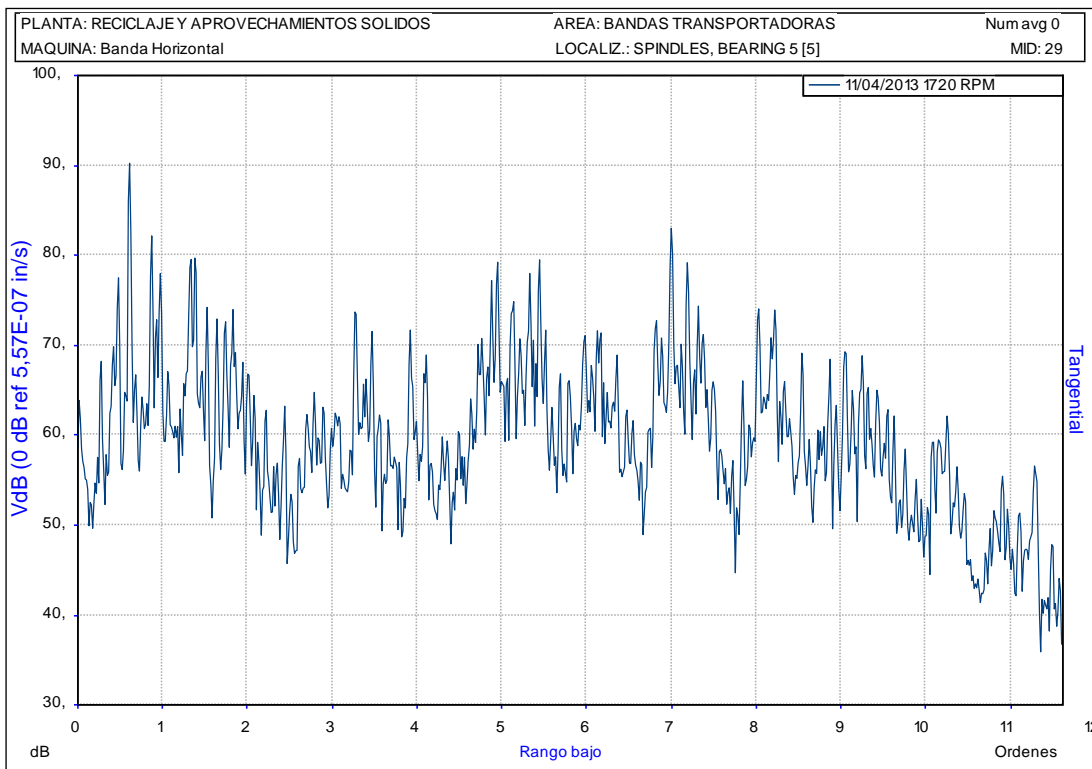
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 74. Espectro en el sentido radial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 75. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante del punto 2 de la banda horizontal.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 98 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

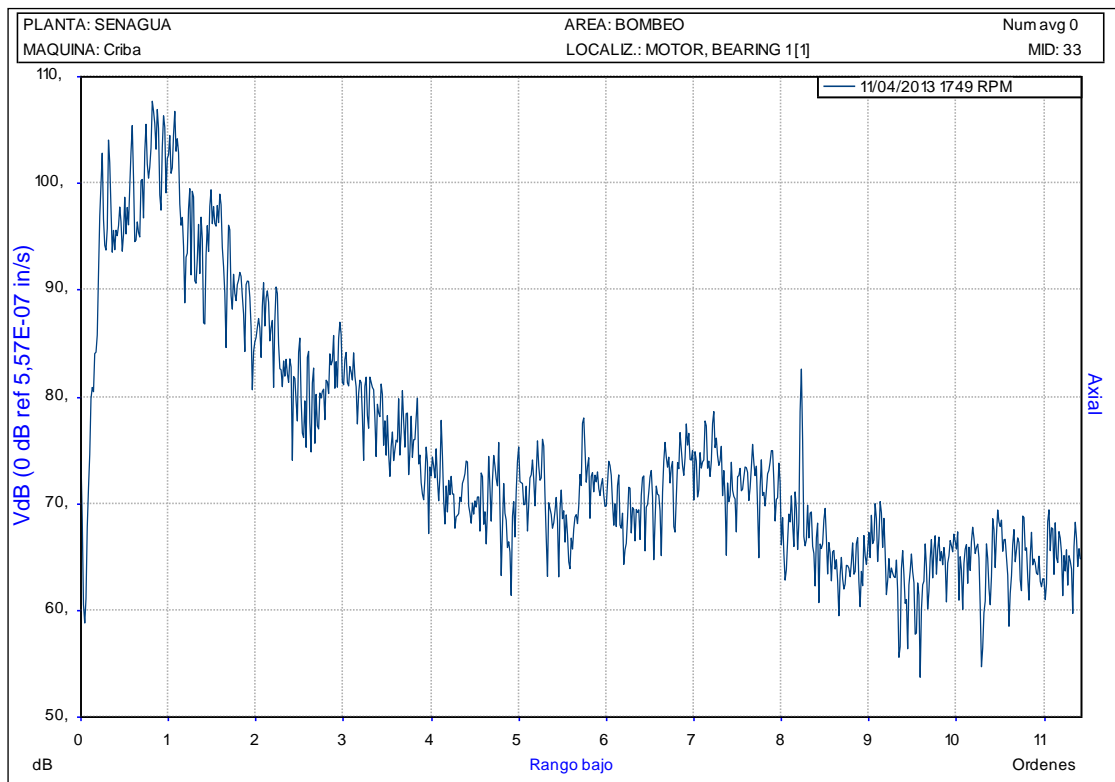
## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

### 4.5.4 Espectros obtenidos en la criba.

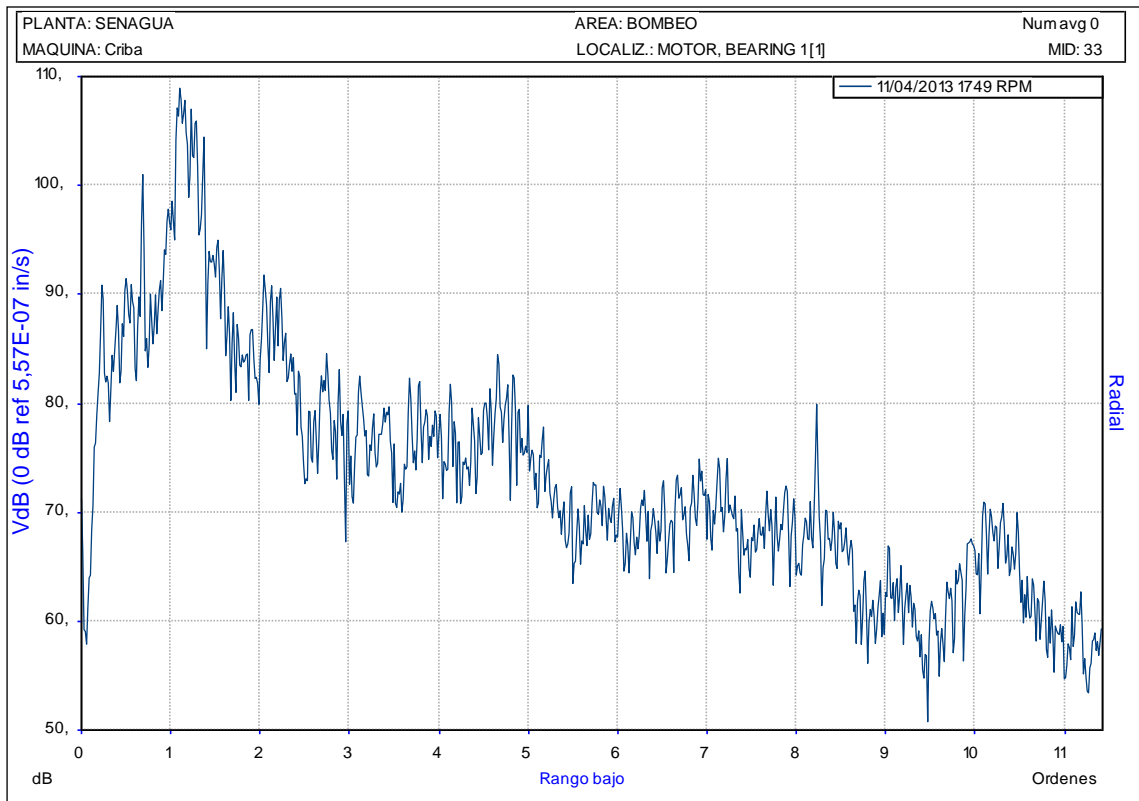
#### 4.5.4.1 Espectro del punto CB-M-001

Figura 76. Espectro en el sentido axial del motor de la criba



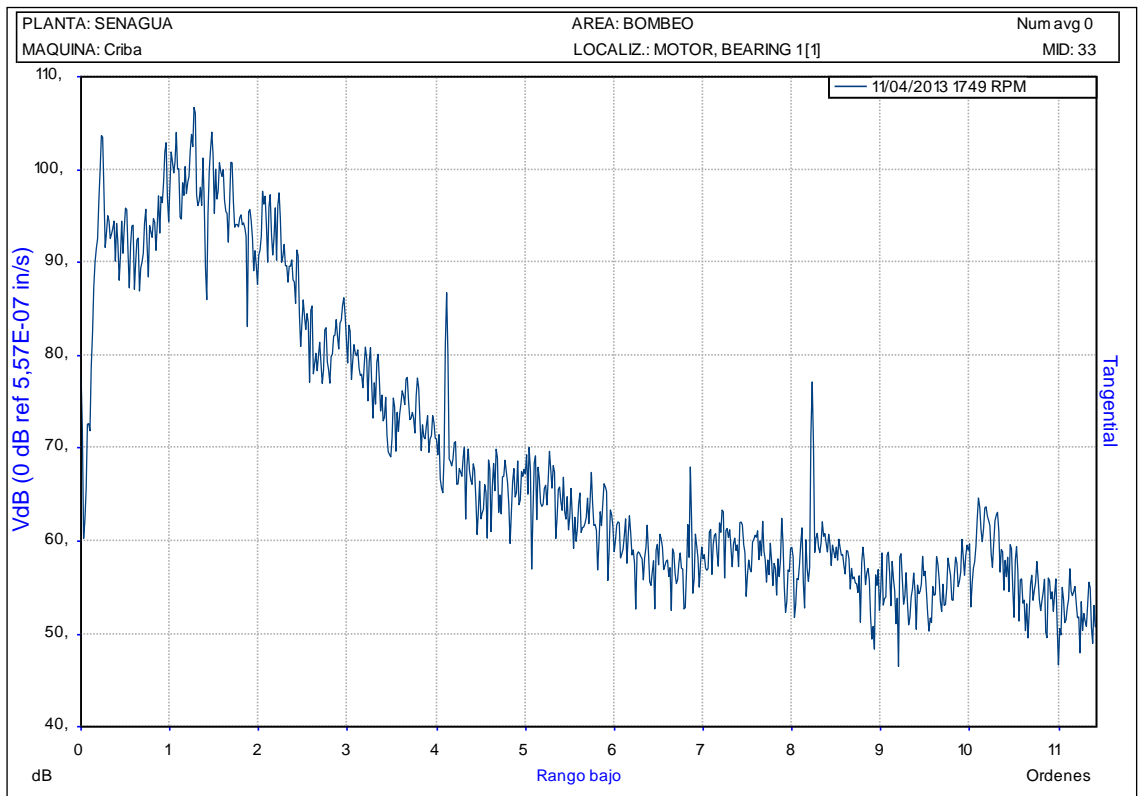
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 77. Espectro en el sentido radial del motor de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 78. Espectro en el sentido tangencial del motor de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead



## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 109 VdB en el sentido Radial.

## Diagnostico

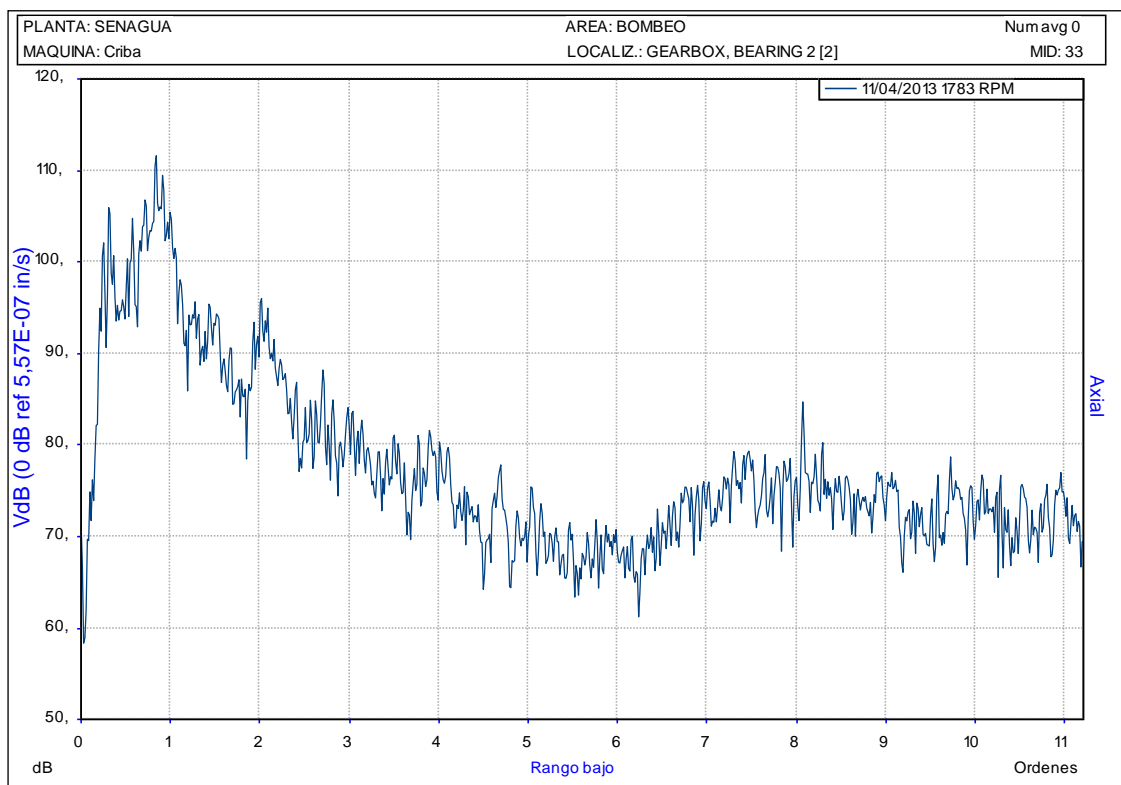
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

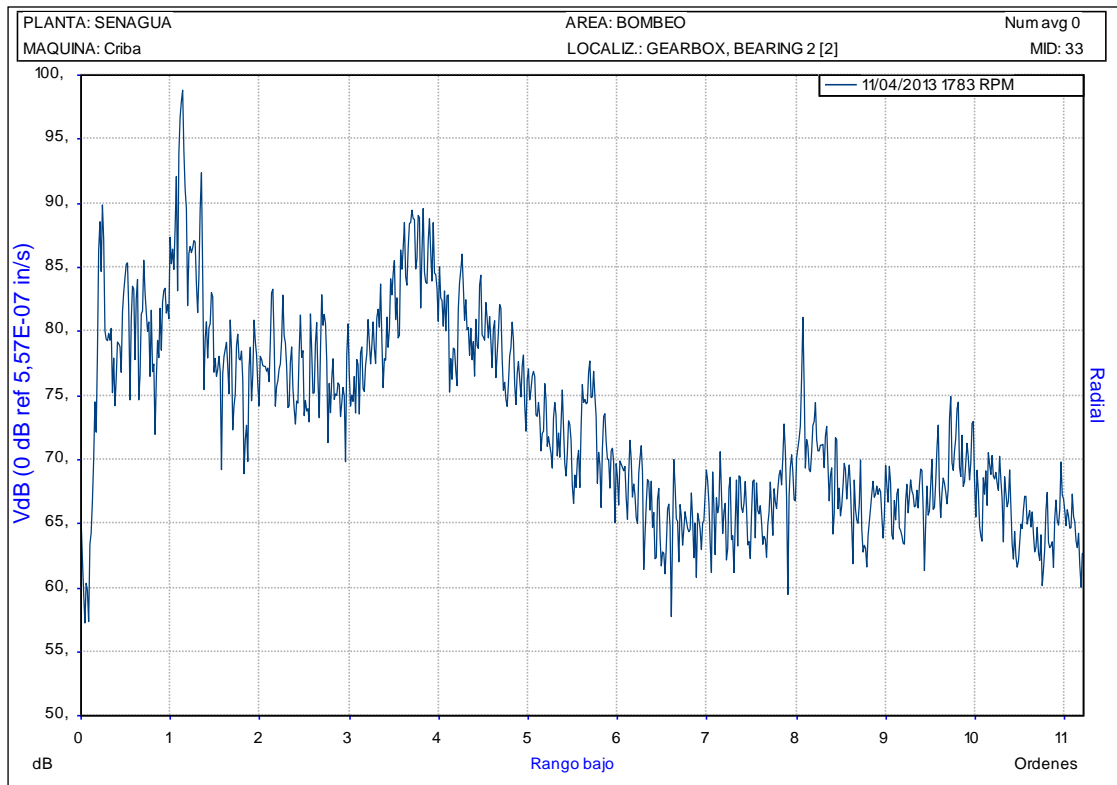
### 4.5.4.2 Espectro del punto CB-RV-001

Figura 79. Espectro en el sentido axial del reductor de velocidad de la criba.



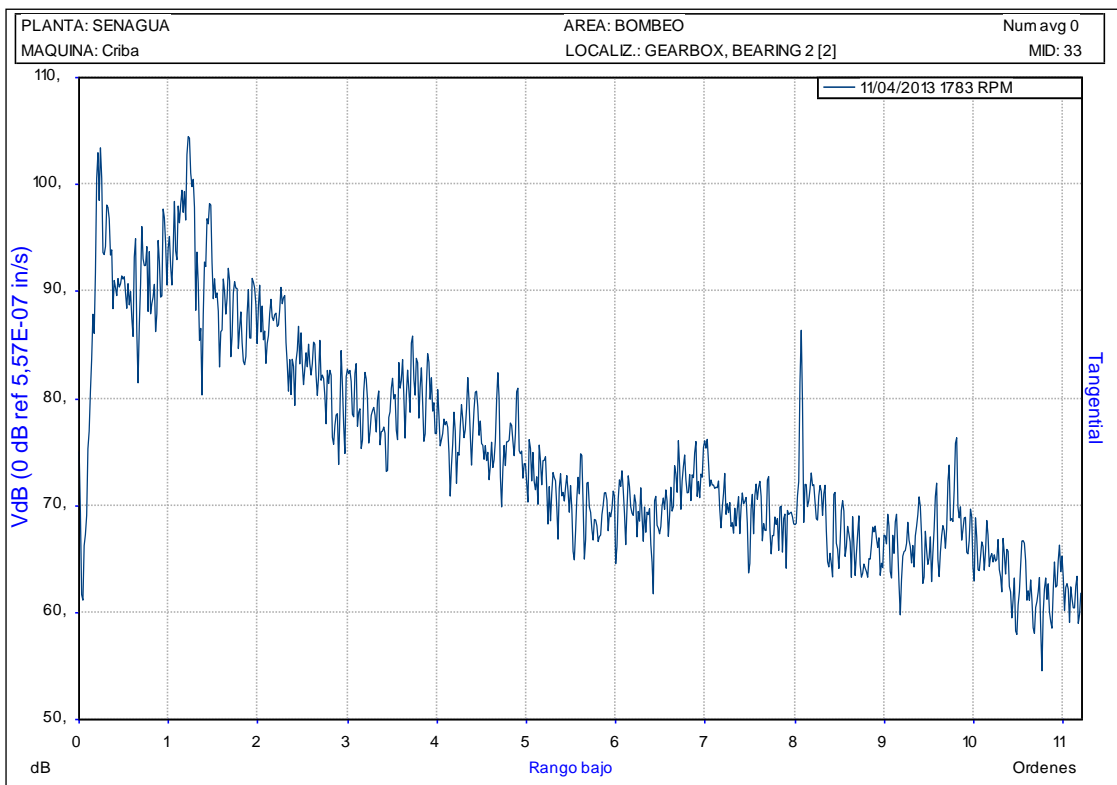
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 80. Espectro en el sentido radial del reductor de velocidad de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 81. Espectro en el sentido tangencial del reductor de velocidad de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 112 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

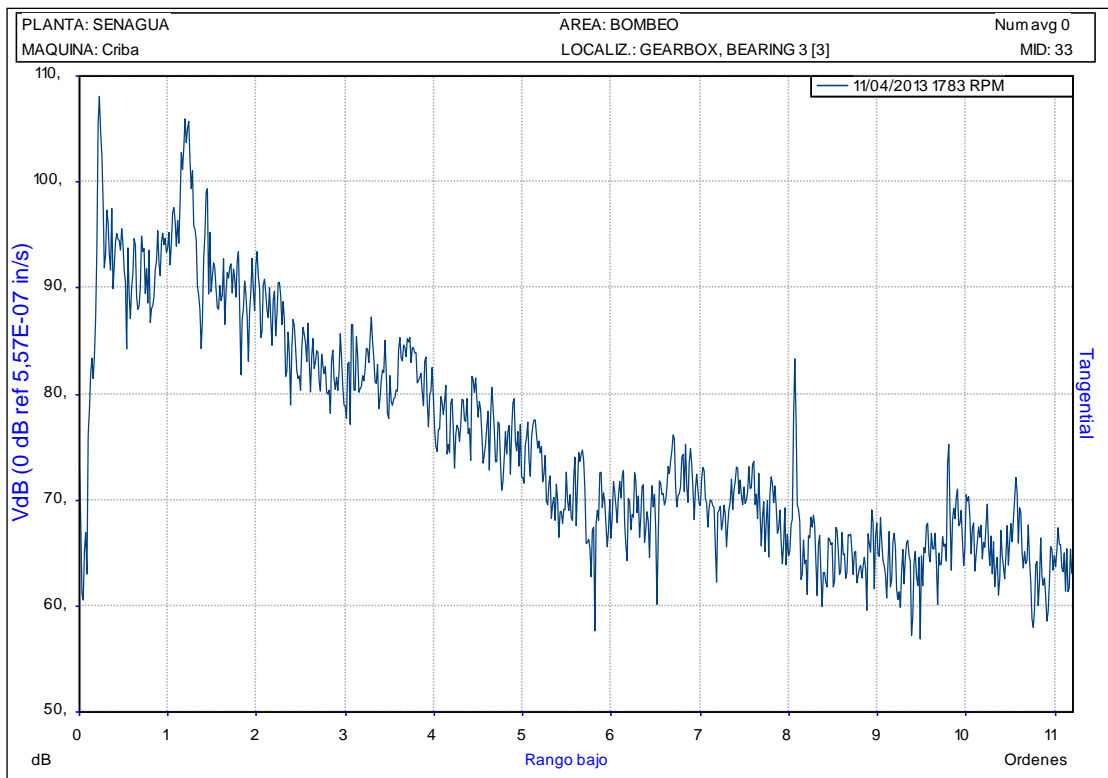
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

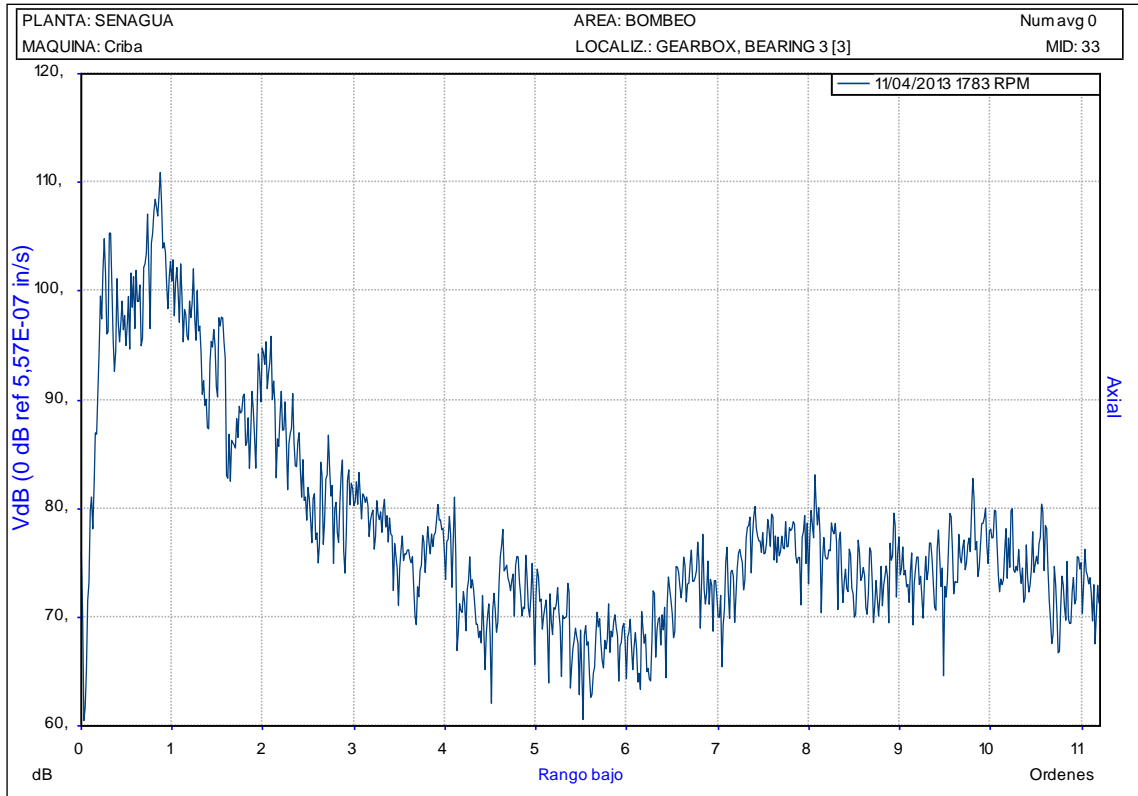
### 4.5.4.3 Espectro del punto CB-RD-001

Figura 82. Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 1 de la criba.



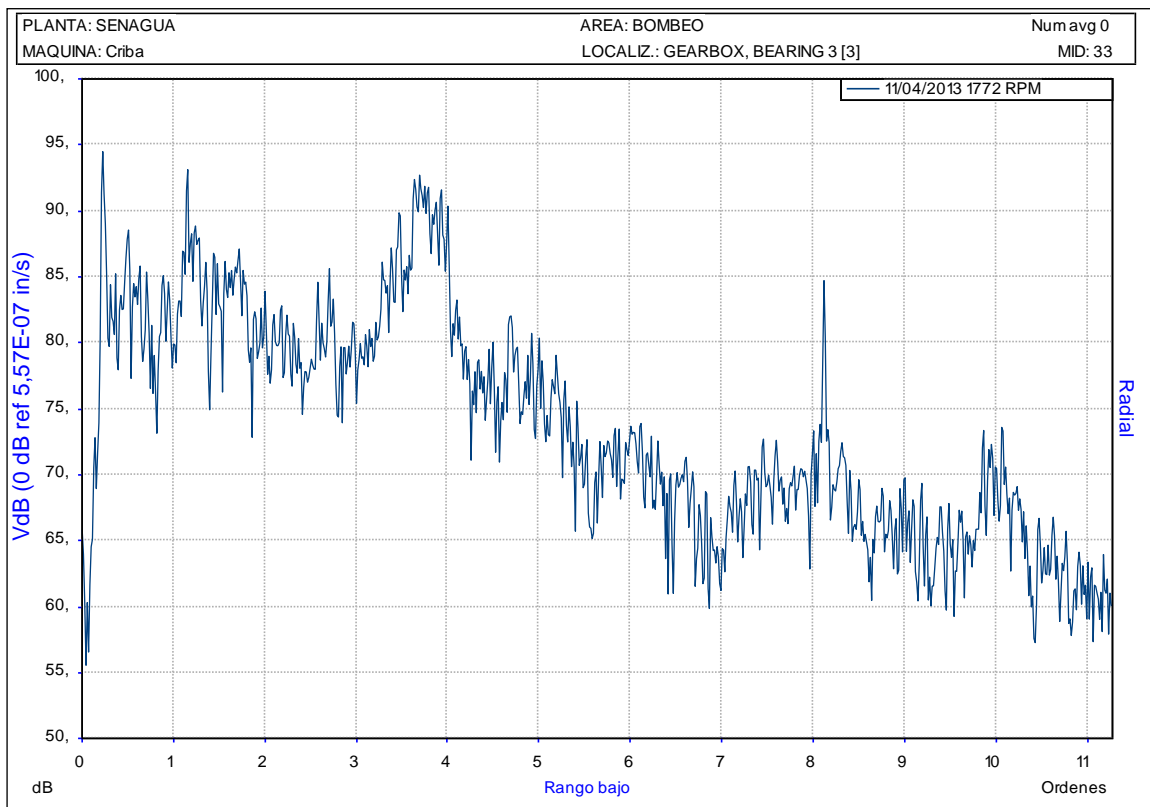
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 83. Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 1 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 84. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 1 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 111 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

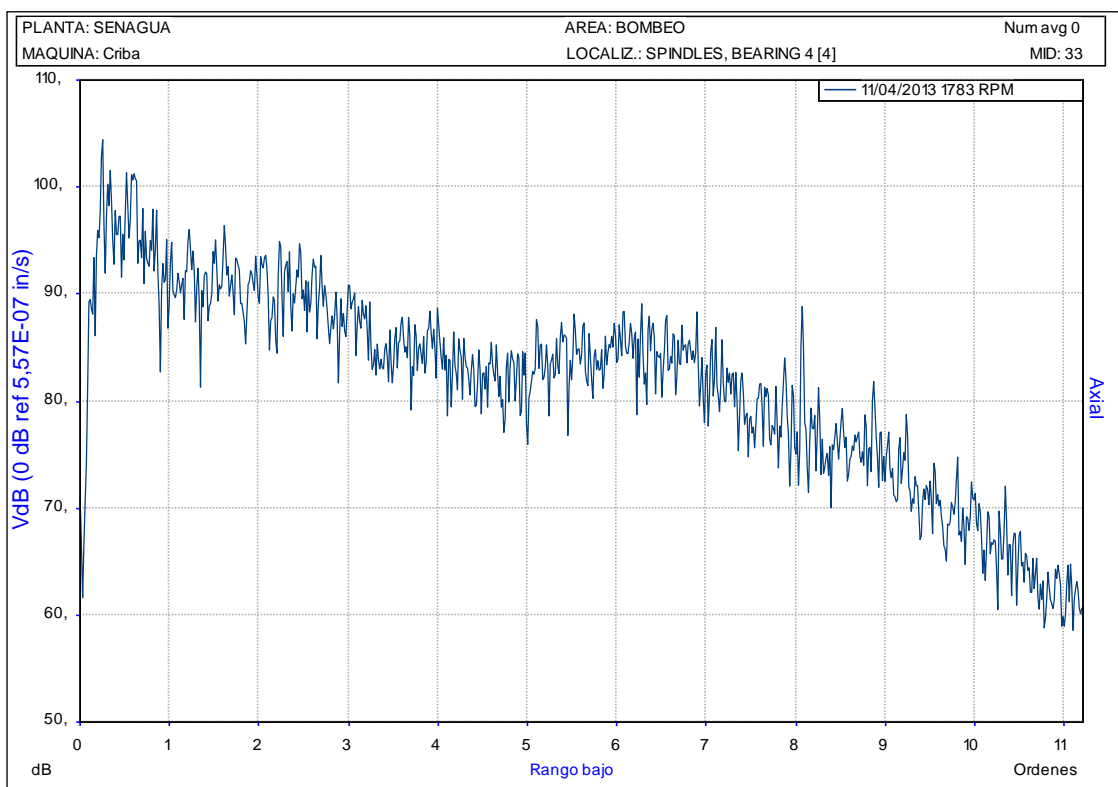
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

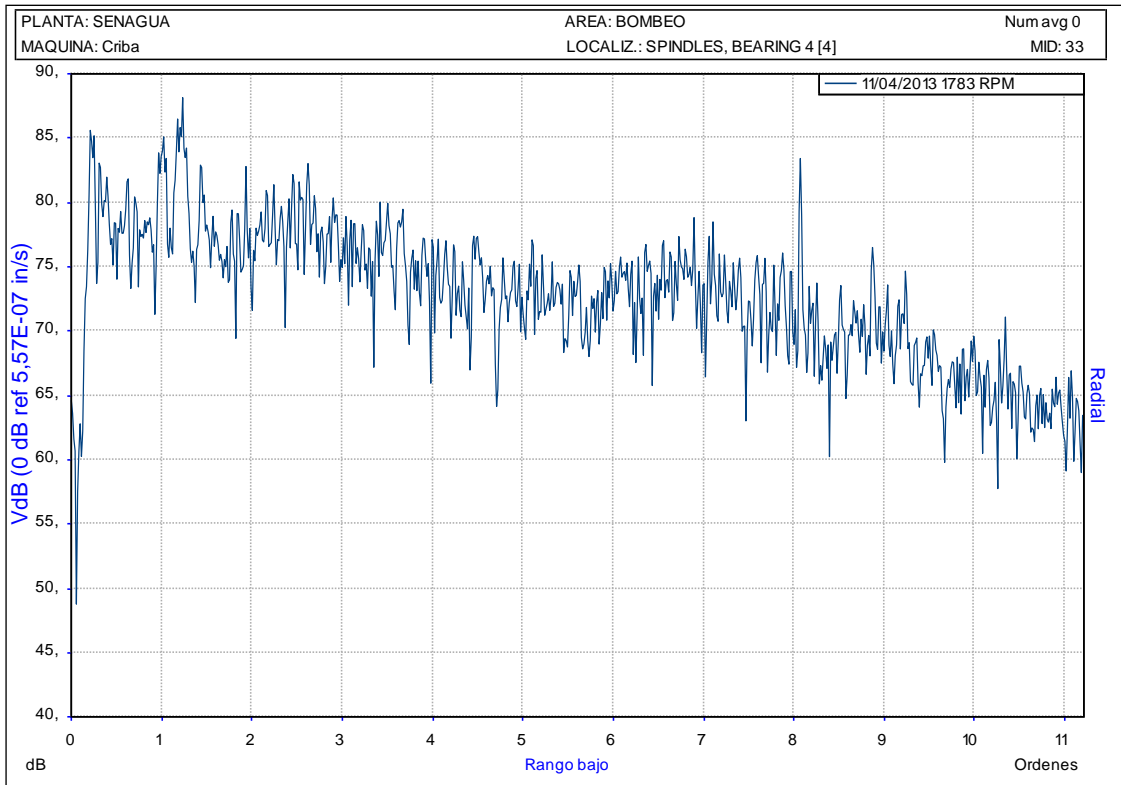
### 4.5.4.4 Espectro del punto CB-RD-002

Figura 85. Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 2 de la criba



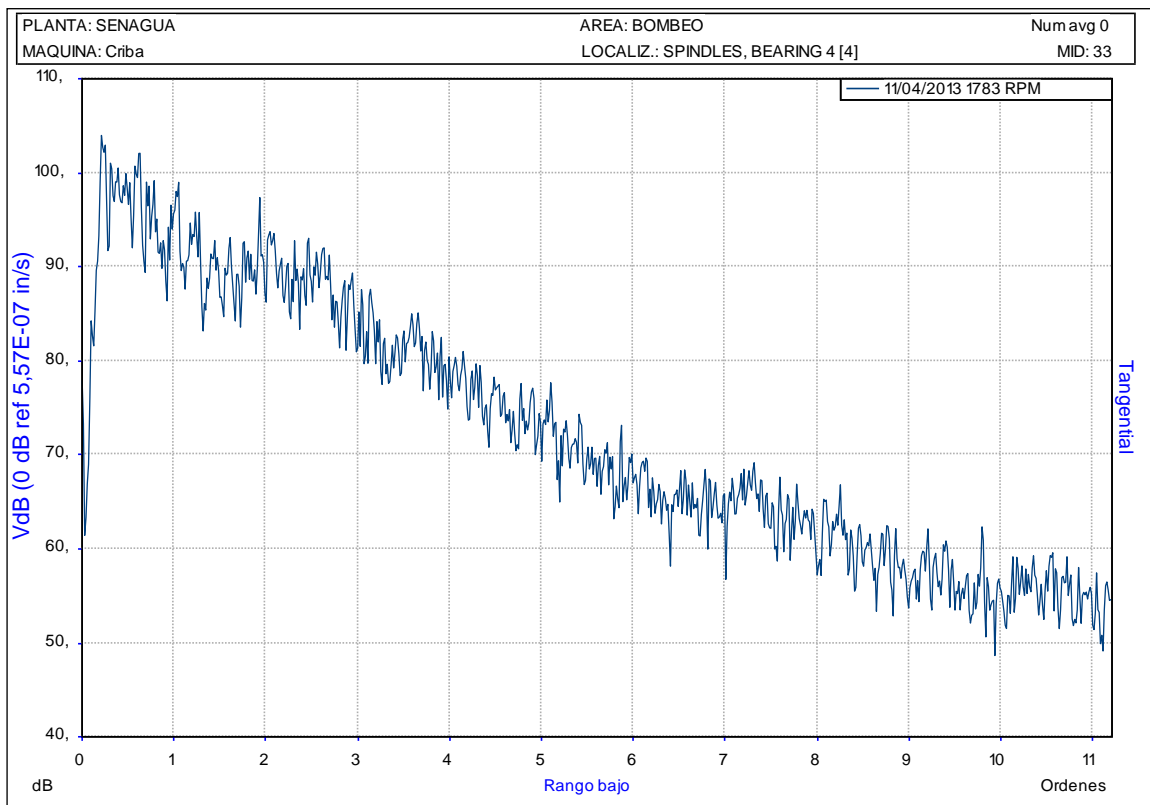
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 86. Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 2 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 87. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 2 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 104 VdB en el sentido Axial.

## Diagnostico

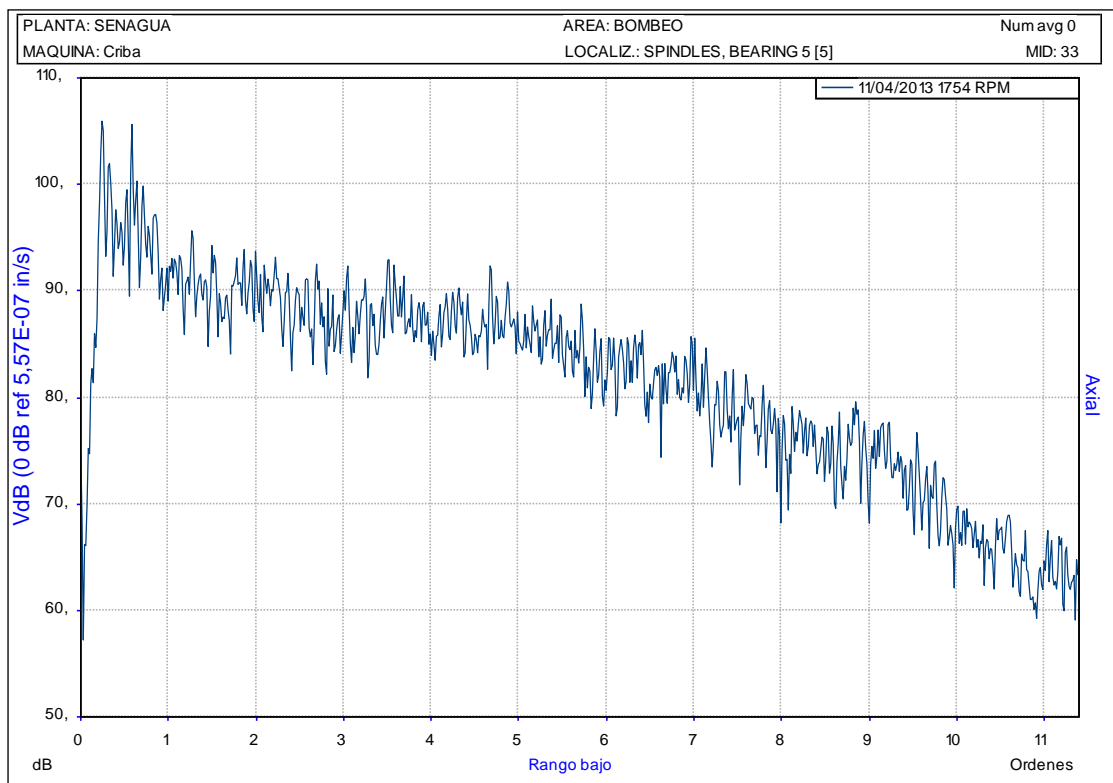
No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

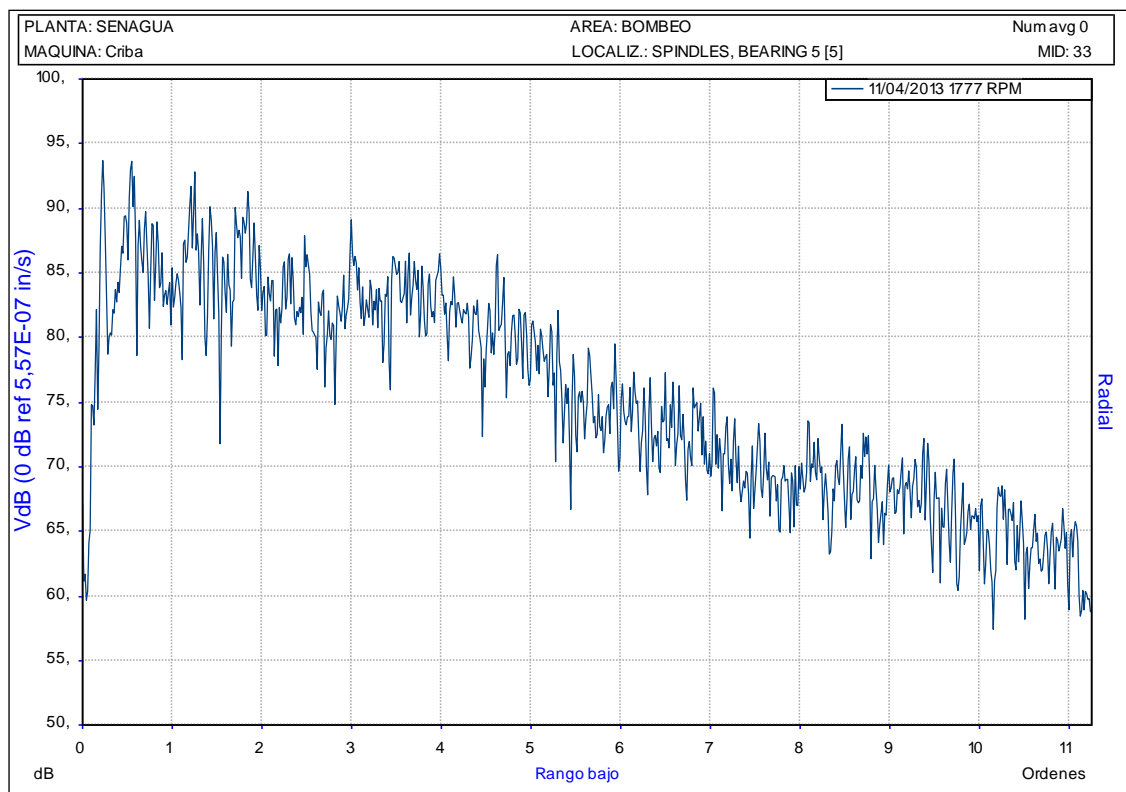
### 4.5.4.5 Espectro del punto CB-RD-003

Figura 88. Espectro en el sentido axial del elemento rodante en el punto 3 de la criba



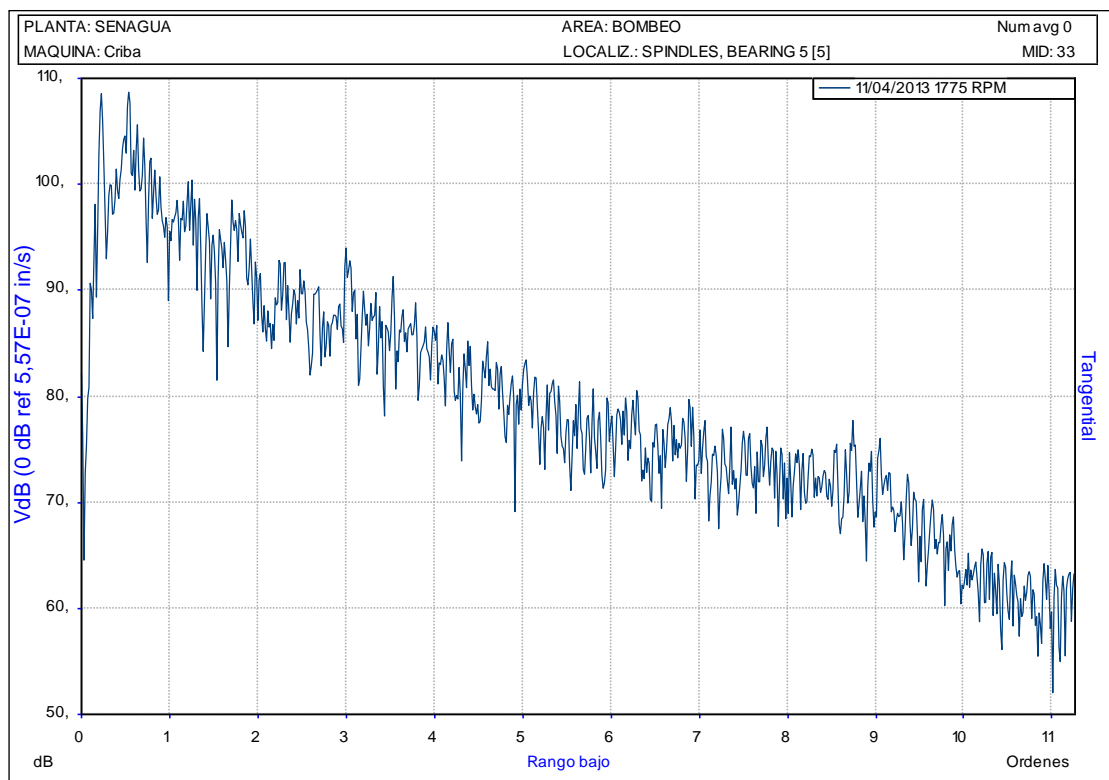
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 89. Espectro en el sentido radial del elemento rodante en el punto 3 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 90. Espectro en el sentido tangencial del elemento rodante en el punto 3 de la criba.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead



## Análisis

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que no presenta valores altos o que requieran de una rápida intervención ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 109 VdB en el sentido Tangencial.

## Diagnostico

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores se encuentran dentro del rango admisible.

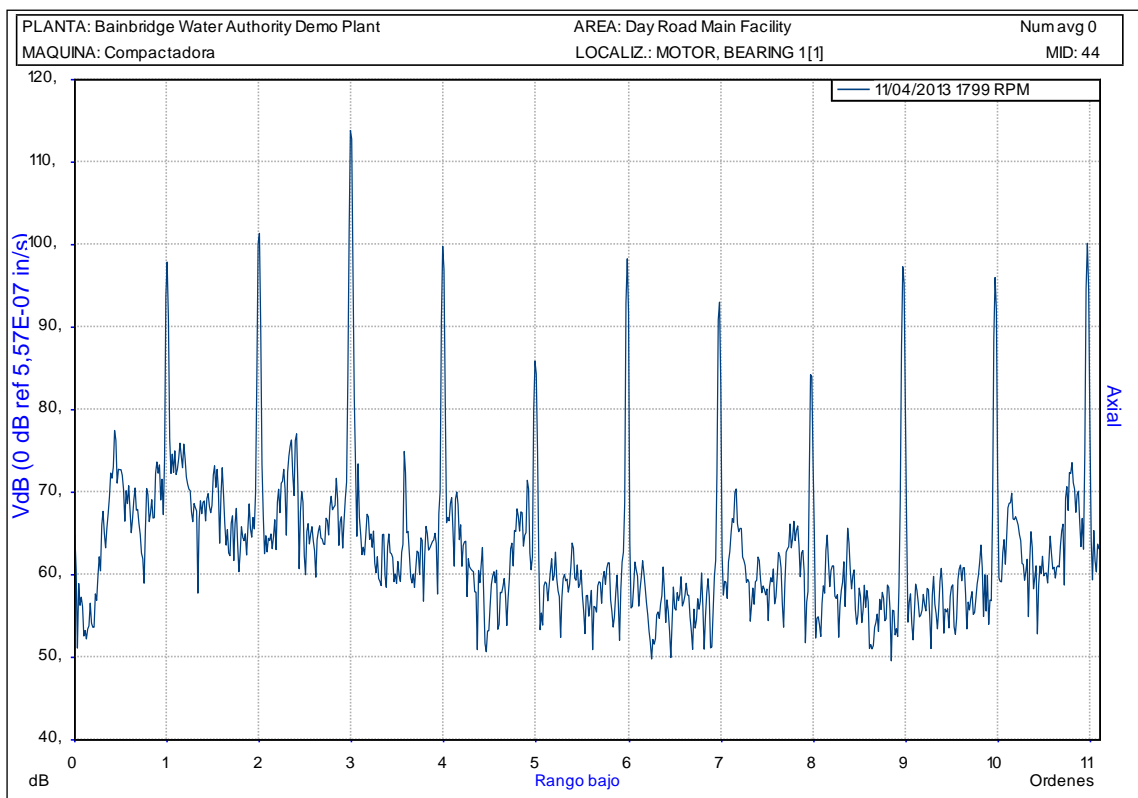
## Recomendación

Realizar el monitoreo adecuado, para mantener los resultados actuales.

### 4.5.5 Espectros obtenidos en la criba

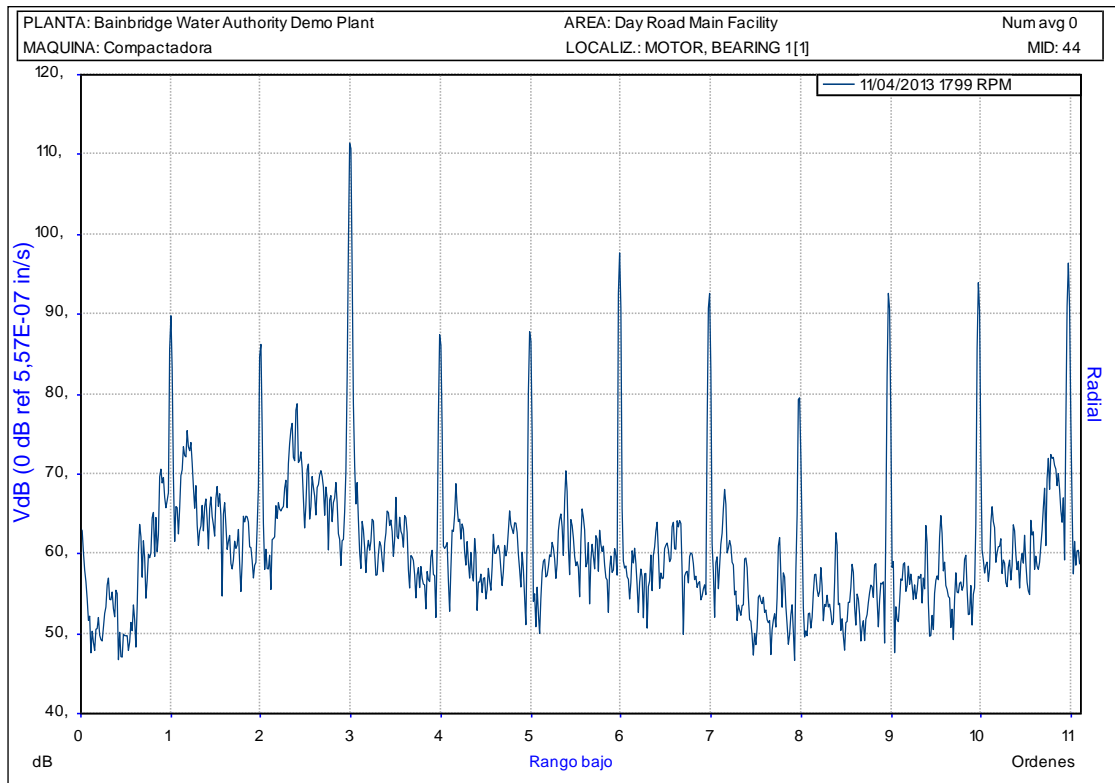
#### 4.5.5.1 Espectro del punto CP-M-001

Figura 91. Espectro en el sentido axial del motor de la compactadora



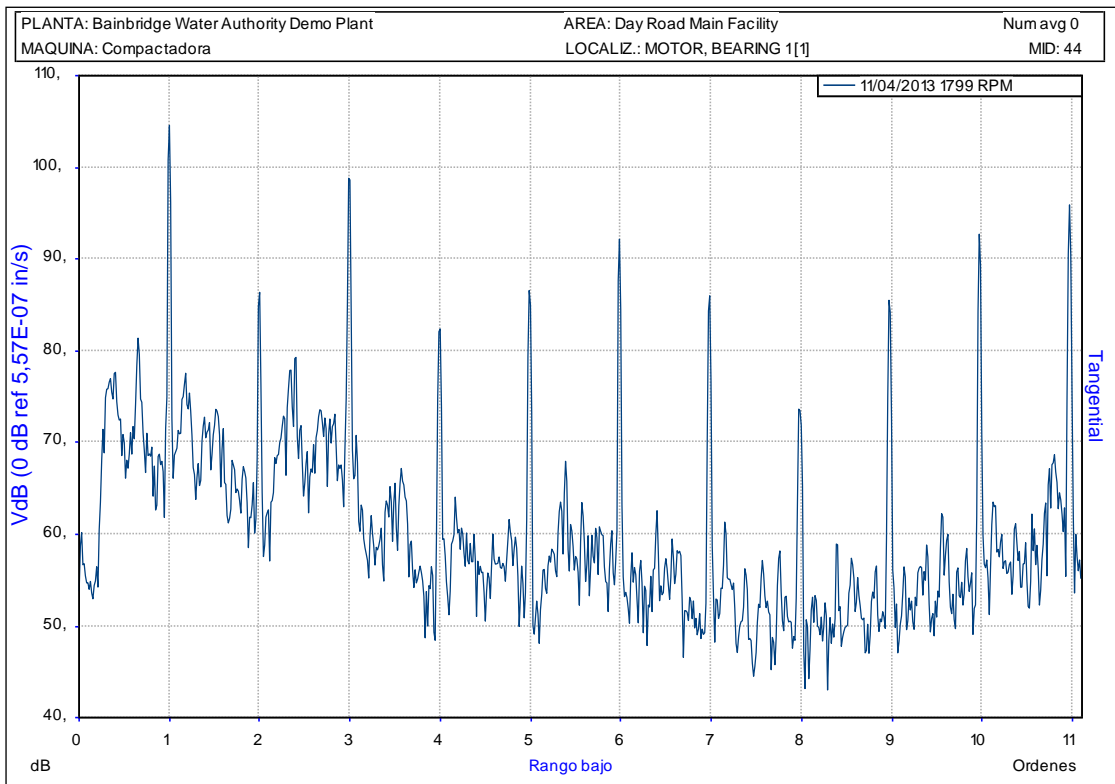
Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 92. Espectro en el sentido radial del motor de la compactadora



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

Figura 93. Espectro en el sentido tangencial del motor de la compactadora.



Fuente: Analizador vibracional DLI Watchman® DCX™ Hammerhead

## **Análisis**

Como se puede observar en las figuras anteriores los espectros detectados por el analizador muestran la presencia de ruido el mismo que presenta el inicio de una anomalía en el funcionamiento de los rodamientos ya que su pico más alto se encuentra en un valor de 116 VdB en el sentido Axial debiendo ser considerados como una alarma latente a partir de 125 VdB.

## **Diagnostico**

Dado que el valor del pico presento una pre-alarma debido al desgaste de los rodamientos, producto de ello hay la presencia de holgura.

## **Recomendación.**

Seguir realizando el monitoreo adecuado y hacer un seguimiento a la holgura rotativa que se presenta en los cubos de los rodamientos, para lo cual es necesario realizar las siguientes actividades:

- Realizar un monitoreo planificado del equipo.
- Programar una parada del equipo.
- Proceder al cambio de los rodamientos respectivos.

## CAPITULO V

### 5. ALINEAMIENTO LÁSER DE LOS EQUIPOS Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

#### 5.1 Determinación de los puntos de medición

En primer lugar se debe retirar la placa de protección magnética. Se debe fijar el equipo de medición en las marcas de referencia ópticas fijas de la sección ajustable de la máquina. Si las piezas a alinear no son magnéticas el equipo de medición y las marcas de referencia ópticas pueden colocarse también con cinta adhesiva doble, para lo cual se debe limpiar las superficies de adhesión antes de colocar la misma.

Las zonas magnéticas del equipo de medición deben estar completamente en contacto con la polea a alinear.

#### 5.2 Posicionamiento de las marcas de referencia

Se debe colocar diagonalmente las marcas de referencia ópticas, tomando en cuenta que los lados anchos deben estar en dirección al equipo de medición.

Conectar el equipo de medición y controlar el rayo láser que el mismo sea visible sobre las marcas de referencia, si este desaparece en las ranuras de las marcas de referencia horizontal y vertical entonces la polea está correctamente alineada.

Si los discos de las poleas son de anchuras diferentes, las ranuras de marcación de las marcas de referencia se pueden ajustar para ello en pasos milimétricos de la siguiente manera:

- Si la polea donde se encuentran las marcas de referencia es menos ancha que la polea en donde se encuentra el equipo de alineación laser top SMARTY 2 entonces se debe ubicar en la parte superior las ranuras de marcación para lograr una correcta alineación.
- Si la polea donde se encuentran las marcas de referencia es más ancha que la polea en donde se encuentra el equipo de alineación laser top SMARTY 2 entonces se

debe ubicar en la parte inferior las ranuras de marcación, para lograr una correcta alineación.

### **5.3 Alineación vertical**

En este tipo de alineación se debe realizar lo siguiente, se debe colocar las marcas de referencia verticalmente sobre la polea ajustable, se debe corregir el error de alineación con placas de ajuste, si las poleas no llegan a alinearse (desalineación paralela), se debe alinear la maquina con los tornillos de ajuste o desplazar axialmente la polea sobre el eje dentro de la tolerancia permitida hasta que el rayo láser se encuentre en el centro de ambas marcas de referencia.

### **5.4 Alineación horizontal.**

En este tipo de alineación se debe realizar lo siguiente, se debe colocar las marcas de referencia a un mismo nivel una detrás de otra, se debe alinear la sección ajustable de la maquina con las placas de ajuste de tal manera que el rayo láser se encuentre en los centros de ambas marcas de referencia.

### **5.5 Medición mediante la técnica láser**

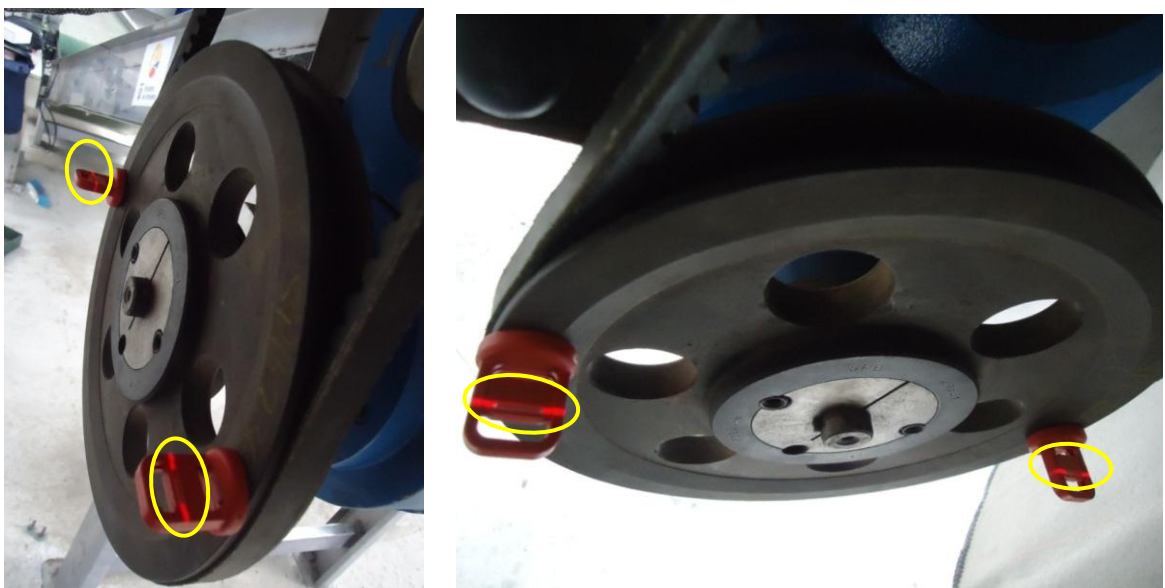
Con el equipo de propiedad de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, el alineador láser de bandas y poleas, top-láser SMARTY 2 se procedió a realizar las diversas mediciones en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos, como son: Banda Inclinada y Banda Horizontal, en las siguientes figuras se muestran los puntos de medición con la correcta posición del alineador y los receptores, así como el resultado de la medición láser.

Figura 94. Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición horizontal de las poleas de la banda inclinada.



Fuente: Autor.

Figura 95. Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda inclinada



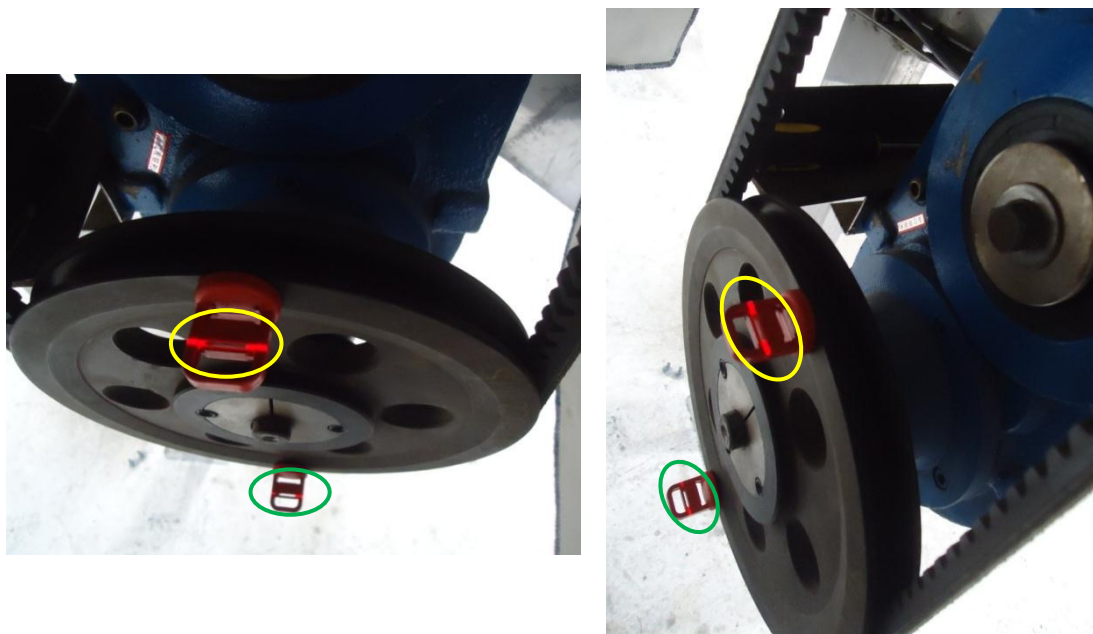
Fuente: Autor.

Figura 96. Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición vertical de las poleas de la banda inclinada



Fuente: Autor.

Figura 97. Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda inclinada



Fuente: Autor.

## Análisis

En el conjunto motor-reductor de la banda inclinada se procedió a colocar el equipo para realizar la alineación de las bandas y poleas, como se ilustra en las figuras anteriores.

Una vez colocado el equipo top láser SMARTY 2 en la polea fija y las marcas de referencia en la polea móvil se observó que el rayo láser atraviesa el centro de las referencias tanto en posición horizontal como vertical.

Por lo que se pudo comprobar que este equipo no presenta ninguna desalineación angular, paralela o combinada.

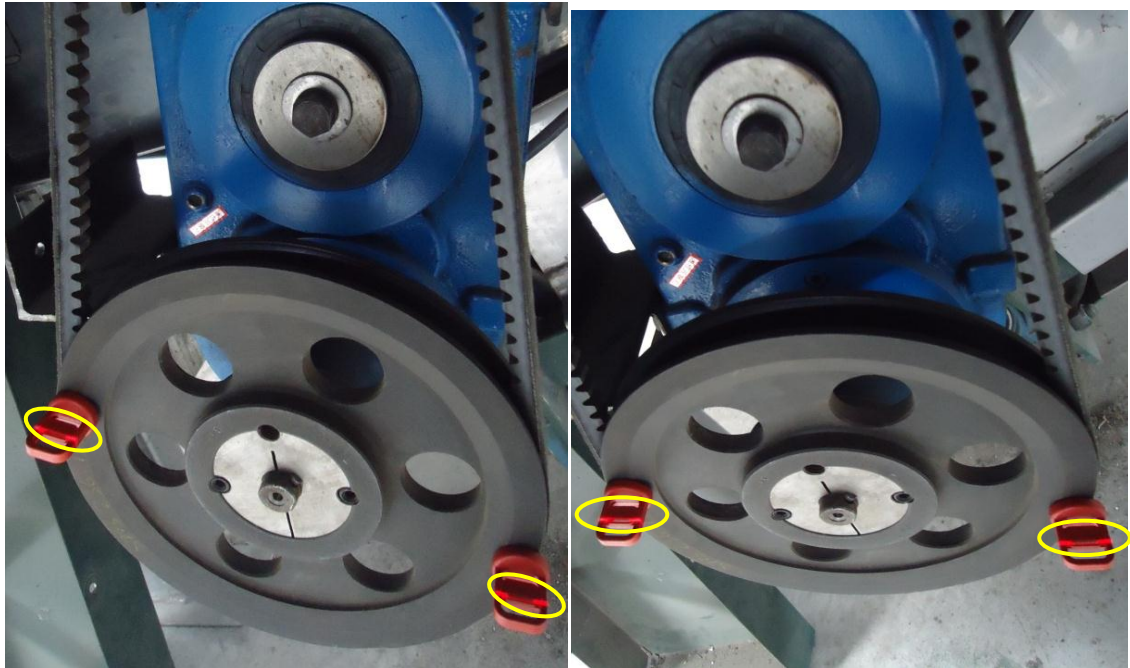
Figura 98. Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición horizontal de las poleas de la banda horizontal



Fuente: Autor.



Figura 99. Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda horizontal



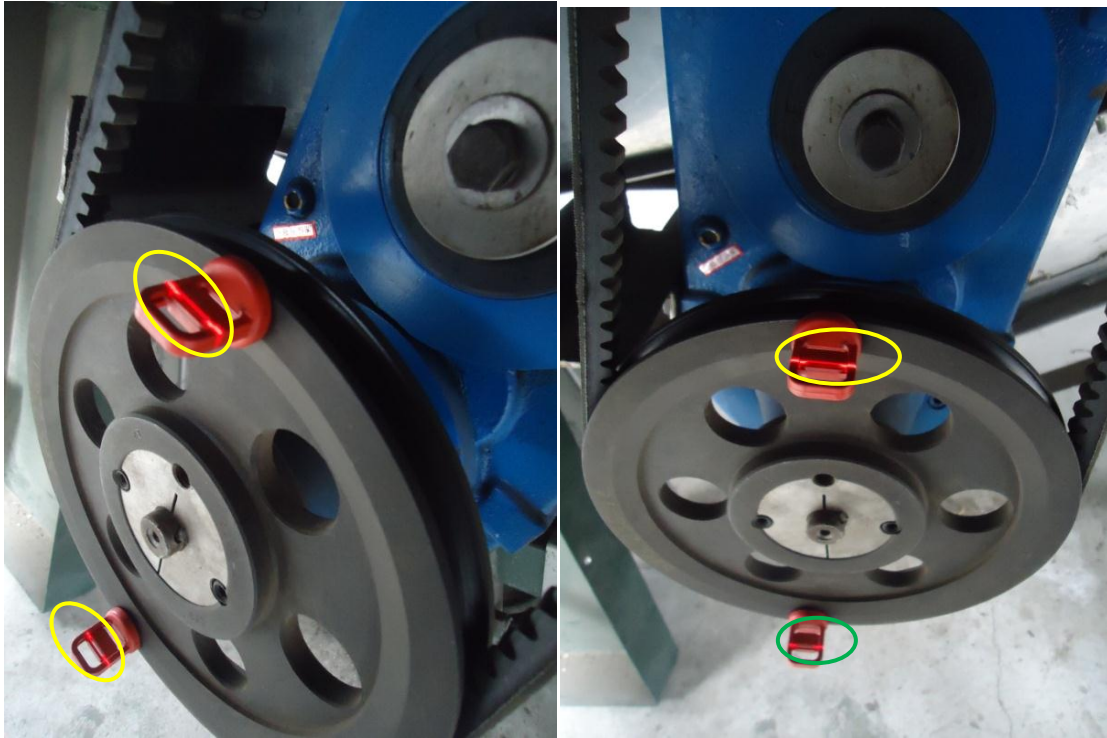
Fuente: Autor.

Figura 100. Colocación del equipo Top-láser SMARTY 2 en la posición vertical de las poleas de la banda horizontal.



Fuente: Autor.

Figura 101. Verificación del estado de alineamiento de las poleas de la banda horizontal



Fuente: Autor

### **Análisis.**

En el conjunto motor-reductor de la banda horizontal se procedió a colocar el equipo para realizar la alineación de las bandas y poleas, como se ilustra en las figuras anteriores.

Una vez colocado el equipo top láser SMARTY 2 en la polea fija y las marcas de referencia en la polea móvil se observó que el rayo láser atraviesa el centro de las referencias tanto en posición horizontal como vertical.

Por lo que se pudo comprobar que este equipo no presenta ninguna desalineación angular, paralela o combinada.

## 5.6 Programación del mantenimiento en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos

### 5.6.1 Tareas de mantenimiento en la banda inclinada

Tabla 31. Programación del mantenimiento en la banda inclinada

Banco de tarea	Programación de tareas							
	Frec.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Inspección del anclaje y estado mecánico del equipo.	1000	7				18		
Revisión de las conexiones y sistema eléctrico.	1500	3						23
Limpieza general del equipo.	Diaria							
Medición de vibraciones.	Trimestral		15			14		
Lubricación de las partes móviles y elementos rodantes.	1500	10						30
Verificación de la tensión de la banda.	3000			13				
Verificación de incrustaciones entre el rodillo y la banda	Diaria							

Fuente: Autor

### 5.6.2 Tareas de mantenimiento en la banda horizontal

Tabla 32. Programación del mantenimiento en la banda horizontal

Banco de tarea	Programación de tareas							
	Frec.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Inspección del anclaje y estado mecánico del equipo.	1000		1				11	
Revisión de las conexiones y sistema eléctrico.	1500	5						27
Limpieza general del equipo.	Diaria							
Medición de vibraciones.	Trimestral		15			14		
Lubricación de las partes móviles y elementos rodantes.	1500	5						24
Verificación de la tensión de la banda.	3000			21				
Verificación de incrustaciones entre el rodillo y la banda	Diaria							

Fuente: Autor

### 5.6.3 Tareas de mantenimiento en la criba

Tabla 33. Programación del mantenimiento en la criba

Banco de tarea	Programación de tareas							
	Frec	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Inspección del anclaje y estado mecánico del equipo.	1000		8				18	
Revisión de las conexiones y sistema eléctrico.	1500	7						29
Limpieza general del equipo.	Diaria							
Medición de vibraciones.	Trimestral		15			14		
Lubricación de las partes móviles y elementos rodantes.	1500	4						23
Verificación del estado de la cadena y ruedas dentadas.	3000			15				

Fuente: Autor

### 5.6.4 Tareas de mantenimiento en la compactadora

Tabla 34. Programación del mantenimiento en la compactadora

Banco de tarea	Programación de tareas							
	Frec	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Inspección del anclaje y estado mecánico del equipo.	1000 h		3				13	
Revisión de las conexiones y sistema eléctrico.	1500 h	6						28
Limpieza general del equipo.	Diaria							
Cambio de rodamientos del motor.	13000 h			13				
Medición de vibraciones.	Trimestral		15			14		
Lubricación de las partes móviles y elementos rodantes.	1500 h	4						23
Verificación del nivel de aceite en el depósito.	1500 h	24						

Fuente: Autor

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se pudo evidenciar que al no contar con un correcto plan de mantenimiento hay equipos que si bien no presentan algún problema, es cuestión de tiempo para que se presenten, como lo es el caso de excesiva lubricación en algunas chumaceras producto de ello fue el desbordamiento de la grasa a través de los sellos propios de los rodamientos, también la falta de limpieza en estos elementos así como entre los cilindros y las bandas.

Se diseñó y elaboró las fichas de estado técnico de cada uno de los equipos, su criticidad y los diagramas de ubicación de los puntos de medición en donde se detallan los datos y características de cada equipo.

Se efectuó las mediciones de vibración en las máquinas cuya criticidad es muy alta y la paralización de alguna de estas afecta directamente en la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos, lo que nos permitió conocer el estado real en que se encuentran los equipos, para ello se conto con el equipo de vibración DLI Watchman® DCX Hammerhead, cuya confiabilidad es muy alta y sus resultados muy precisos lo que permite obtener resultados confiables.

Se efectuó el análisis vibracional, lo que nos permitió conocer el estado real en que se encuentran los equipos, además con la interpretación de los espectros se determinó que casi todos los equipos se encuentran en buenas condiciones, a excepción del motor de la compactadora en el cual se pudo detectar la presencia de picos altos por arriba de los 115 VdB. Lo que demostraba la presencia de holgura en los rodamientos, la misma que será corregida según la respectiva programación del mantenimiento.

La aplicación de la técnica de alineación láser en los equipos de la planta de reciclaje y aprovechamiento de desechos sólidos, nos permitió saber en qué condiciones se

encontraban los equipos, producto de esta técnica se demostró que los equipos objeto se encuentran alineados tanto en el sentido horizontal como vertical, lo cual contribuye en gran medida al correcto funcionamiento de estos equipos.

## **6.2 Recomendaciones**

Realizar un control de mantenimiento adecuado en los equipos para que los mismos cumplan con el rendimiento requerido, para lo cual se recomienda implementar documentos de trabajo ya que los mismos son utilizados para evaluar la gestión del mantenimiento, y así como utilizar las diferentes frecuencias de monitoreo en los equipos, y de esta forma se podrá predecir y evitar daños.

Llevar un registro detallado de cada uno de los equipos y a su vez implementar otros documentos, los mismos que permitirán conocer en detalle el estado real de cada equipo y de esta manera poder tomar los correctivos apropiadamente antes de que se presente alguna anomalía dentro de los mismos.

Desarrollar un programa de inspecciones periódicas en los equipos lo que permitirá conocer en detalle su estado y saber si es necesaria alguna intervención, antes que el problema se manifieste.

Planificar una parada de la compactadora, que permita corregir la holgura existente en los rodamientos y programación de tareas, a la vez implementar un Departamento de Mantenimiento, ya que con la creación del mismo se logrará optimizar los diferentes trabajos a la vez conseguir el máximo rendimiento y disponibilidad a realizarse en los equipos.

Realizar inspecciones periódicas a fin de verificar el estado real de los equipos y con ello comprobar su funcionamiento y corregir alguna anomalía si es el caso, antes que se presente la falla de los equipos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CUATRECASAS, L. Total Productive Maintenance. España: GESTION, 2000.  
Pág.194
- [2] GLEN, W. Introducción al Análisis de Vibraciones U.S.A. Azima DLI, 2010. Pág.  
53
- [3] RODA, V. Mantenimiento Predictivo como Mejora en la Productividad. Cuba:  
Simej, 2002. Pág. 51.
- [4] A-MAQ S.A. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. 3ra.ed.  
México: A – Maq S.A., 2005. Pág. 17.
- [5] REYNA, A. Curso de Análisis Vibracional I y II. Guayaquil – Ecuador; 2006. (doc).  
Pág. 55.
- [6] GLEN, W. Introducción al Análisis de Vibraciones U.S.A. Azima DLI, 2010. Pág  
141.
- [7] BRUEL & KJAER. La Medida de las Vibraciones. 2da.ed. Dinamarca: Adenti,  
2003. Pág. 94.
- [8] MOROCHO, M. Administración del Mantenimiento: Riobamba - Ecuador:  
Docucentro, 2003. Págs. 8 – 11, 15 – 18
- [9] <http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm> (23-03-2013)
- [10] [www.dliengineering.com](http://www.dliengineering.com) (11-04-2013)
- [11] IVAN BOHMAN. Catálogo de Alineadores Láser. Quito, Ecuador. Mc Graw Hill,  
2007. Pág. 5 - 30

## BIBLIOGRAFÍA

A–MAQ S.A. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. México: A–Maq S.A., 2005.

BRUEL & KJAER. La Medida de las Vibraciones. 2da.ed. Dinamarca: Adenti, 2003.

CUATRECASAS, L. Total Productive Maintenance. España: GESTION, 2000.

GLEN, W. Introducción al Análisis de Vibraciones U.S.A.: Azima DLI, 2010

IVAN BOHMAN. Catálogo de Alineadores Láser. Quito, Ecuador. Catalogo Editorial, 2007

MOROCHO, M. Administración del Mantenimiento. Riobamba - Ecuador: Docucentro, 2003. (doc).

MOROCHO, M. Análisis Vibracional y Alineamiento Láser. Riobamba - Ecuador: Docucentro, 2003. (doc).

REYNA, A. Curso de Análisis Vibracional I y II. Guayaquil – Ecuador; 2006. (doc).

RODA, V. Mantenimiento Predictivo como Mejora en la Productividad. Cuba: Simei, 2002.

SCHENCK, C. Diagnóstico de Máquinas. 3ra. ed. Dinamarca: Schenck, 2004.



## **LINKOGRAFÍA**

### **MEDICIÓN DE VIBRACIONES CON TRANSDUCTORES TRIAXIALES**

<http://azimadli.com/vibman-spanish/medicionestriaxiales.htm>

2013-03-23

### **CATÁLOGO DE MOTORES DE LAS BANDAS Y CRIBA**

[http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)

2013-03-06

### **REDUCTOR DE VELOCIDAD DE LA CRIBA**

[http://www.gaessa.com/documentos/Coaxial\\_MNHL.pdf](http://www.gaessa.com/documentos/Coaxial_MNHL.pdf)

<http://www.sitiriduttori.it/wp-content/uploads/NHL-MNHL.pdf>

2013-03-06

### **MOTOR DE LA COMPACTADORA**

<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf>

2013-03-06

### **CATÁLOGO DE CHUMACERAS**

<http://www.praktikloziska.cz/admin/uploaded/pdf/fbj/FBJCatalogA.pdf>

2013-03-07

### **ANALIZADOR DE VIBRACIONES**

[http://www.mybutic.com/bannister/vshop/catalog/list/dcx\\_xrt.17240](http://www.mybutic.com/bannister/vshop/catalog/list/dcx_xrt.17240)

<http://www.mybutic.com/bannister/vshop/catalog/list/expertalert.17242>

2013-05-09