
DINÁMICA DE MAQUINAS LABORATORIO DE INERCIA

OBJETIVOS.

General:

- Determinar el estado de funcionamiento de una máquina a través de la medición del nivel total de vibración.

Específicos:

- Tomar medida de los niveles totales de vibración en los puntos más característicos de una máquina.
- Determinar el valor de RMS.
- Realizar comparación entre datos medidos y carta de severidad.

INTRODUCCIÓN.

Las vibraciones que ocurren en la maquinaria rotatoria y en las estructuras circundantes, es el resultado de defectos mecánicos de la maquinaria o de causas inherentes a la forma en que dicha maquinaria opera, pero también pueden proceder estas vibraciones de una fuente exterior.

El estudio basado en el análisis de vibraciones es importante porque permite detectar un problema en sus inicios, analizar su causa con certeza sin sacar de servicio el equipo rotativo, para tomar la acción correctiva.

Es natural que las máquinas vibren y hagan ruidos. Hasta las máquinas en el mejor estado operacional presentarán alguna vibración y ruidos debido a defectos de menor importancia. Si el ruido o vibración que produce una máquina aumenta o llega a ser excesivo, lo más probable es que se deba a algún defecto mecánico, puesto que los ruidos y vibraciones de maquinaria no aumentan sin una causa que los genere. Para realizar el estudio de las vibraciones se debe realizar una fase de detección previa, en la cual se miden los niveles de vibración, que serán utilizados en la fase de análisis

El desbalance en cualquier máquina puede producir grandes vibraciones las cuales puede crear distorsiones, ruidos, y hasta el rompimiento de piezas fundamentales en los diferentes mecanismos que componen el sistema mecánico.

FUNDAMENTO TEÓRICO.

La vibración es una oscilación mecánica de una partícula con respecto a una posición de referencia, cuyas características principales son la amplitud y frecuencia. En todos los sectores de la industria moderna pueden encontrarse máquinas, equipo y herramientas mecánicas que generan diversas vibraciones que pueden transmitirse a quienes las operan. Entonces, también se puede decir que la vibración es el resultado de la acción de fuerzas dinámicas en las máquinas que tienen partes en movimiento y la mayoría de las veces es causa de la ruptura de alguna parte interna, cuando el material llega a su punto de fatiga.

La realización de un buen estudio de vibración requiere un espectro de vibración que es una imagen de cálculo de datos que nos muestra los datos de frecuencia contra amplitud.

La frecuencia es el número de oscilaciones o ciclos por segundo de una vibración sonora; ésta ayuda a determinar el origen de dicha vibración. Se mide en Hertz o Hercio (1 ciclo por segundo = 1 Hz) o también en CPM (ciclos por minuto), mientras que la amplitud es el valor máximo que adquiere una variable en un fenómeno oscilatorio, la cual contribuye a la determinación del grado de severidad del problema. Se puede medir en microbar, Pascal o deciBelio. La amplitud está asociado con diversos parámetros como lo son: el desplazamiento medido en micrómetros, la velocidad en mm/seg y la aceleración.

Para llevar a cabo el estudio de las vibraciones del sistema en un plano específico teniéndose previamente valores de entrada de amplitud y frecuencia (siendo la frecuencia nuestra variable independiente) resulta conveniente obtener un valor característico del fenómeno de vibración, para ello calculamos el valor RMS (Root Mean Square) de los valores de amplitud. El RMS se puede obtener a través de la fórmula:

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Experiencia #1:

- Conectar el equipo captador de vibraciones IRD350 a la fuente.
- Conectar al equipo los dos captadores de datos (captador de imán, y captador de varilla).
- Encender el motor de levas.
- Establecer un valor de la velocidad angular del motor en cpm (ciclos por minuto) con la ayuda de un amperímetro (al variar el amperaje varía la velocidad del motor).
- Medir la velocidad angular del motor por medio de un tacómetro.
- Colocar el captador de imán en el plano vertical del punto A, que corresponde al motor, verificando la posición del “pick up” (“pick up 1” concierne al captador de imán y “pick up 2” al captador de varilla, o viceversa).
- Variar progresivamente los valores de frecuencia mediante el dial de frecuencia y tomar nota de los valores de amplitud registrados para cada valor de frecuencia (hasta abarcar todo el rango del equipo).
- Repetir los pasos 6 y 7, pero con el captador de imán en el plano horizontal.
- Repetir los pasos 6 y 7, pero con el captador de varilla en el plano axial.

Experiencia #2:

1. Repetir los pasos 1 a 5 del procedimiento anterior.
2. Identificar los puntos de la máquina en los que se tomarán las mediciones (motor y apoyos) y establecer los planos en que se efectuarán dichas mediciones (horizontal, vertical y/o axial).
3. Adaptar el equipo tal que reciba una señal no filtrada.
4. Colocar el captador de imán en el plano vertical del punto A, que corresponde al motor, verificando la posición del “pick up” (“pick up 1” concierne al captador de imán y “pick up 2” al captador de varilla, o viceversa).
5. Tomar nota de los valores de amplitud y velocidad registrados.
6. Repetir los pasos 4 y 5 para cada uno de los planos pertenecientes a los puntos donde se realizarán las mediciones, tomando en cuenta que en los apoyos sólo se evalúan los planos horizontal y vertical (no es posible tomar datos en dirección axial), y utilizando el captador correspondiente.
7. Adaptar el equipo tal que reciba una señal filtrada.
8. Repetir los pasos 4, 5 y 6, manteniendo la misma velocidad angular del motor.
9. Variar la velocidad angular del motor, por medio del amperímetro, tal que se obtenga el doble de la velocidad con se realizaron las medidas anteriores.
10. Repetir los pasos 4, 5 y 6.

EQUIPOS Y INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

* Captador de Vibraciones. Equipo IRD350

Cubre frecuencias en un rango de 50 a 500000 ciclos por minuto (CPM); rango de desplazamiento en ocho rangos múltiplos de 10 y de 3; cuatro filtros de rangos sintonizables, lector de frecuencia.

* Motor de corriente continua tipo Shunt

Potencia: 33HP

Voltaje: 110V



* Tacómetro Fotoeléctrico

* Lámpara estetoscópica

* Control de motor de velocidad (TM2L)

* Captador de señal

- Inalámbrico

- De varilla

DATOS.

En el laboratorio se tomaron los siguientes datos:

TABLA 1

Desplazamiento			
Frecuencia	Horiz.	Vertical	Axial
50	11	22	6
51	10	20	6
52	10	20	7
53	10	22	9
54	10	21	8
55	10	21	7
56	10	21	6
57	11	21	8
58	11	21	6
59	11	21	7
60	11	21	8
61	11	21	9
62	10	21	9
63	10	21	7
64	10	21	4
65	10	21	5
66	10	21	5
67	10	21	5

68	10	21	5
69	10	21	6
70	10	21	5
71	10	21	6
72	10	21	6
73	10	21	6
74	10	21	6
75	10	21	6
76	10	21	5
77	10	21	5
78	10	21	5
79	10	21	5
80	10	21	6
81	10	21	6
82	10	21	6
83	10	21	8
84	10	21	4
85	10	21	5
86	10	21	4
87	10	21	4
88	10	21	4
89	10	21	4
90	12	21	4
91	12	21	4
92	12	21	4
93	12	21	4
94	12	21	4
95	12	21	4
96	12	21	4
97	12	21	4
98	12	21	4
99	12	21	4
100	12	21	4
101	12	21	4
102	12	21	4
103	12	21	4
104	12	21	4
105	12	21	4
106	12	21	4
107	12	21	4

108	12	21	4
109	12	21	4
110	12	21	4
111	12	21	4
112	12	21	4
113	12	21	4
114	12	21	4
115	12	21	4
116	12	21	4
117	12	21	4
118	12	21	4
119	12	21	4
120	12	21	4
121	12	21	4
122	12	21	4
123	12	21	4
124	12	21	4
125	12	21	4

TABLA 2

Punto	Plano	Señal sin filtro			Señal con filtro			
		CPM	Desplaz(μm)	Veloc (mm/s)	CPM	Veloc (mm/s)	CPM	Veloc (mm/s)
A Salida motor	V	128	24	1,5	128	0,3	256	0,36
	H	128	12	0,5	128	0,08	256	0,12
	A	128	5	0,6	128	0,14	256	0,08
B Apoyo	V	128	27	1,6	128	0,56	256	0,3
	H	128	12	0,74	128	0,09	256	0,1
C Apoyo	V	128	25	1,6	128	0,18	256	0,44
	H	128	13	0,64	128	0,1	256	0,28

CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Para determinar el valor RMS, recordemos la expresión del RMS:

$$RMS = \sqrt{\frac{\int_a^b [f(x)]^2 dx}{b-a}}$$

Estableciendo como limites de integración [50,125], elevando al cuadrado cada valor de de desplazamiento y realizando integración grafica obtendremos el valor de RMS.

Frecuencia	Horiz^2	Verti^2	Axial^2	Área Horiz	Área vert	Área axial
50	121	484	36			
51	100	400	36	110,5	442	36
52	100	400	49	100	400	42,5
53	100	484	81	100	442	65
54	100	441	64	100	462,5	72,5

55	100	441	49	100	441	56,5
56	100	441	36	100	441	42,5
57	121	441	64	110,5	441	50
58	121	441	36	121	441	50
59	121	441	49	121	441	42,5
60	121	441	64	121	441	56,5
61	121	441	81	121	441	72,5
62	100	441	81	110,5	441	81
63	100	441	49	100	441	65
64	100	441	16	100	441	32,5
65	100	441	25	100	441	20,5
66	100	441	25	100	441	25
67	100	441	25	100	441	25
68	100	441	25	100	441	25
69	100	441	36	100	441	30,5
70	100	441	25	100	441	30,5
71	100	441	36	100	441	30,5
72	100	441	36	100	441	36
73	100	441	36	100	441	36
74	100	441	36	100	441	36
75	100	441	36	100	441	36
76	100	441	25	100	441	30,5
77	100	441	25	100	441	25
78	100	441	25	100	441	25
79	100	441	25	100	441	25
80	100	441	36	100	441	30,5
81	100	441	36	100	441	36
82	100	441	36	100	441	36
83	100	441	64	100	441	50
84	100	441	16	100	441	40
85	100	441	25	100	441	20,5
86	100	441	16	100	441	20,5
87	100	441	16	100	441	16
88	100	441	16	100	441	16
89	100	441	16	100	441	16
90	144	441	16	122	441	16
91	144	441	16	144	441	16
92	144	441	16	144	441	16
93	144	441	16	144	441	16
94	144	441	16	144	441	16
95	144	441	16	144	441	16
96	144	441	16	144	441	16
97	144	441	16	144	441	16
98	144	441	16	144	441	16
99	144	441	16	144	441	16
100	144	441	16	144	441	16
101	144	441	16	144	441	16
102	144	441	16	144	441	16
103	144	441	16	144	441	16
104	144	441	16	144	441	16
105	144	441	16	144	441	16

106	144	441	16	144	441	16
107	144	441	16	144	441	16
108	144	441	16	144	441	16
109	144	441	16	144	441	16
110	144	441	16	144	441	16
111	144	441	16	144	441	16
112	144	441	16	144	441	16
113	144	441	16	144	441	16
114	144	441	16	144	441	16
115	144	441	16	144	441	16
116	144	441	16	144	441	16
117	144	441	16	144	441	16
118	144	441	16	144	441	16
119	144	441	16	144	441	16
120	144	441	16	144	441	16
121	144	441	16	144	441	16
122	144	441	16	144	441	16
123	144	441	16	144	441	16
124	144	441	16	144	441	16
125	144	441	16	144	441	16

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{n=51}^{125} (frec_n - frec_{n-1}) \cdot (despl_n^2 + displ_{n-1}^2)}{125 - 50}}$$

Para el cálculo de RMS horizontal:

$$RMS = \sqrt{\frac{(51-50) \cdot (121+100)}{125-50} + \frac{(52-51) \cdot (100+100)}{125-50} + \frac{(53-52) \cdot (100+100)}{125-50} + \dots + \frac{(125-124) \cdot (144+144)}{125-50}}$$

Para el RMS Horizontal:

$$RMS = 11,062 \mu m$$

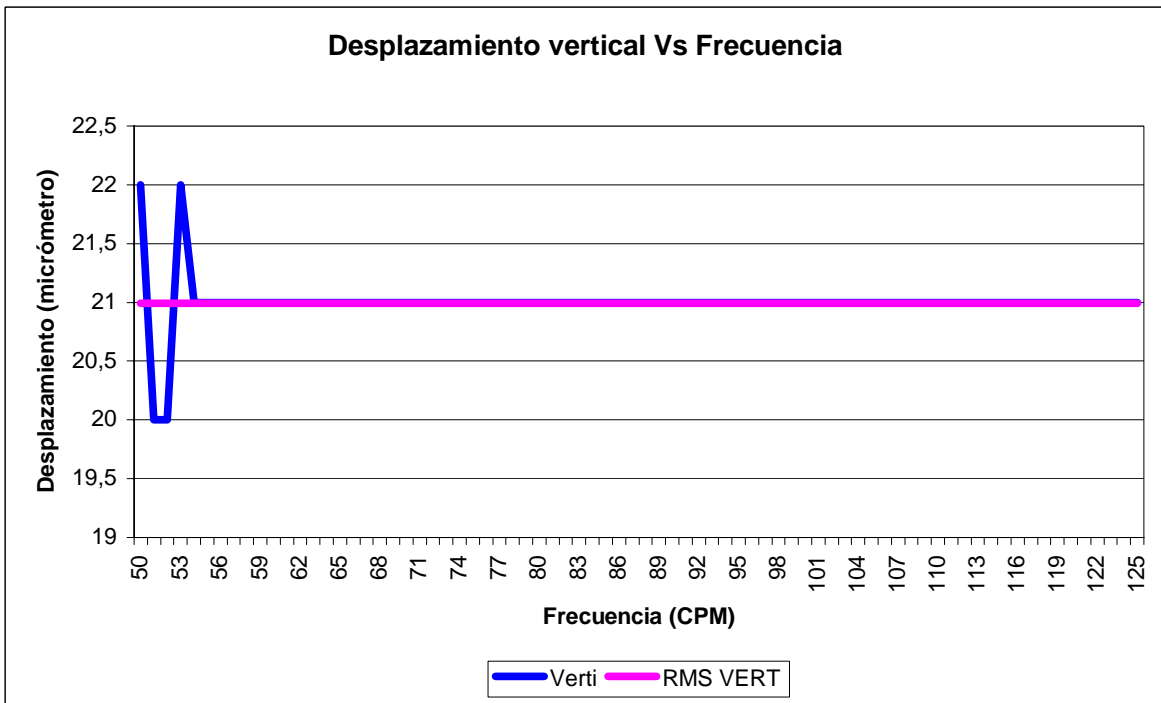
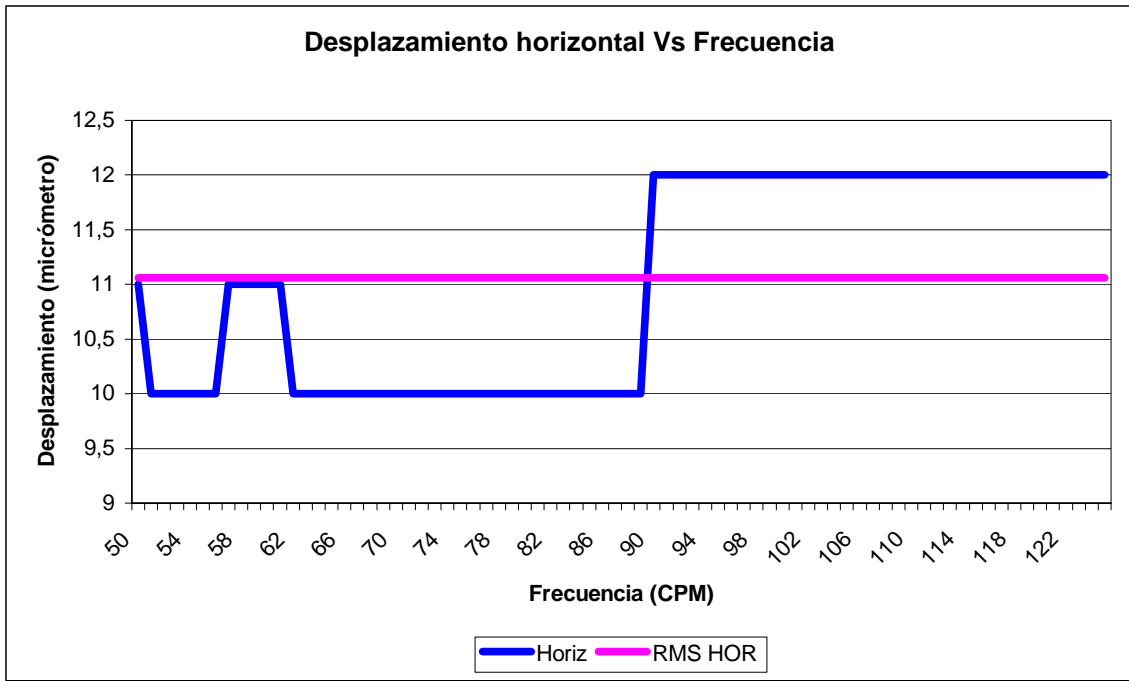
Para el RMS vertical:

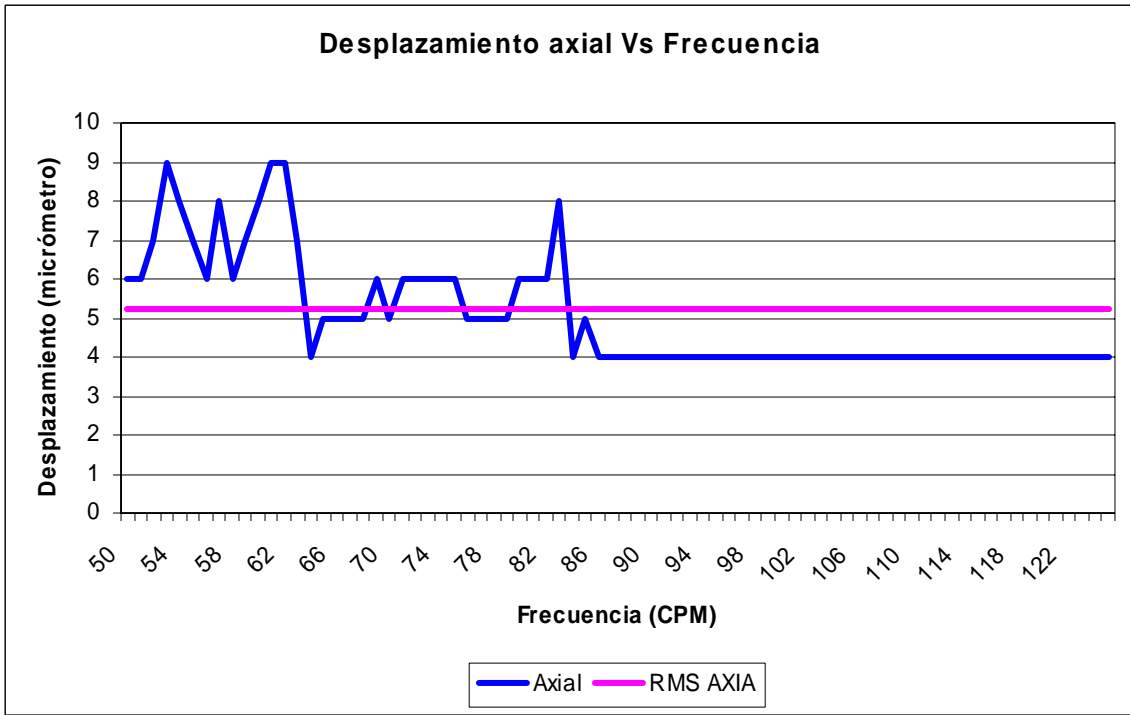
$$RMS = 20,994 \mu m$$

Para el RMS axial

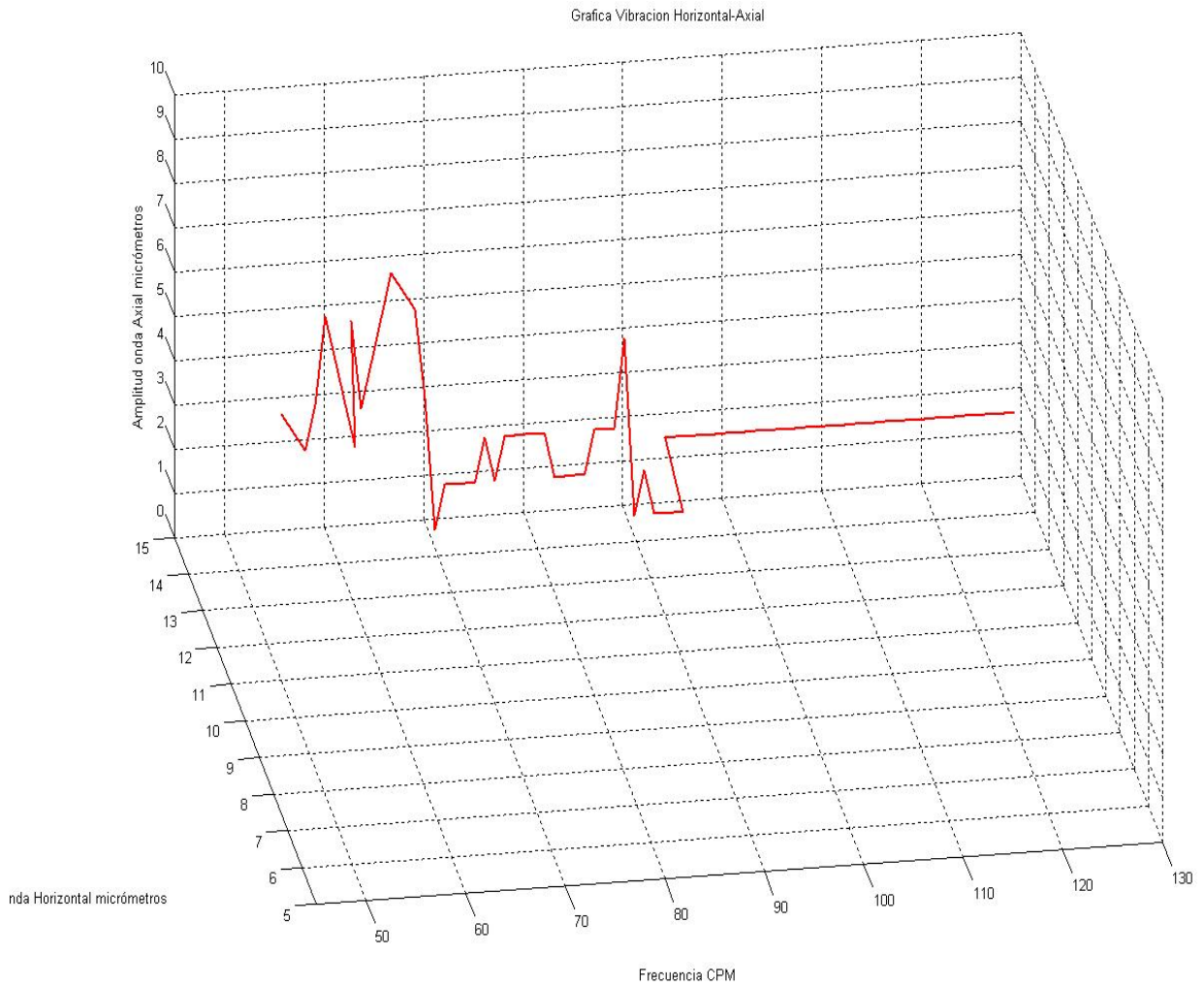
$$RMS = 5,240 \mu m$$

Visualicemos los desplazamientos en las siguientes gráficas:

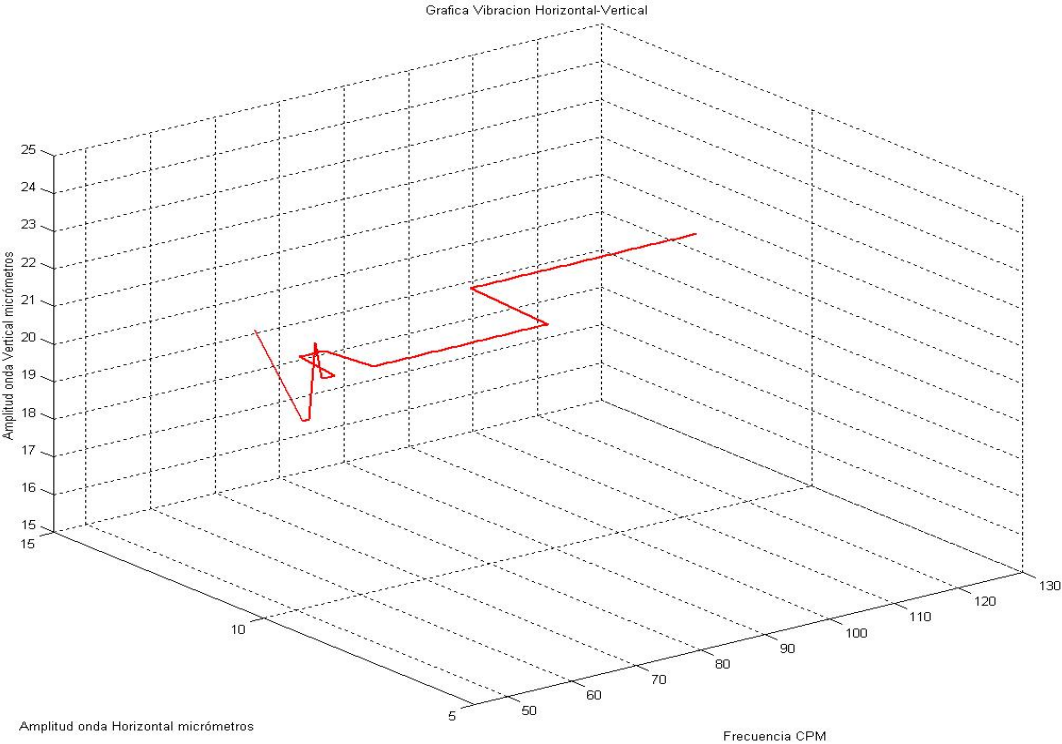




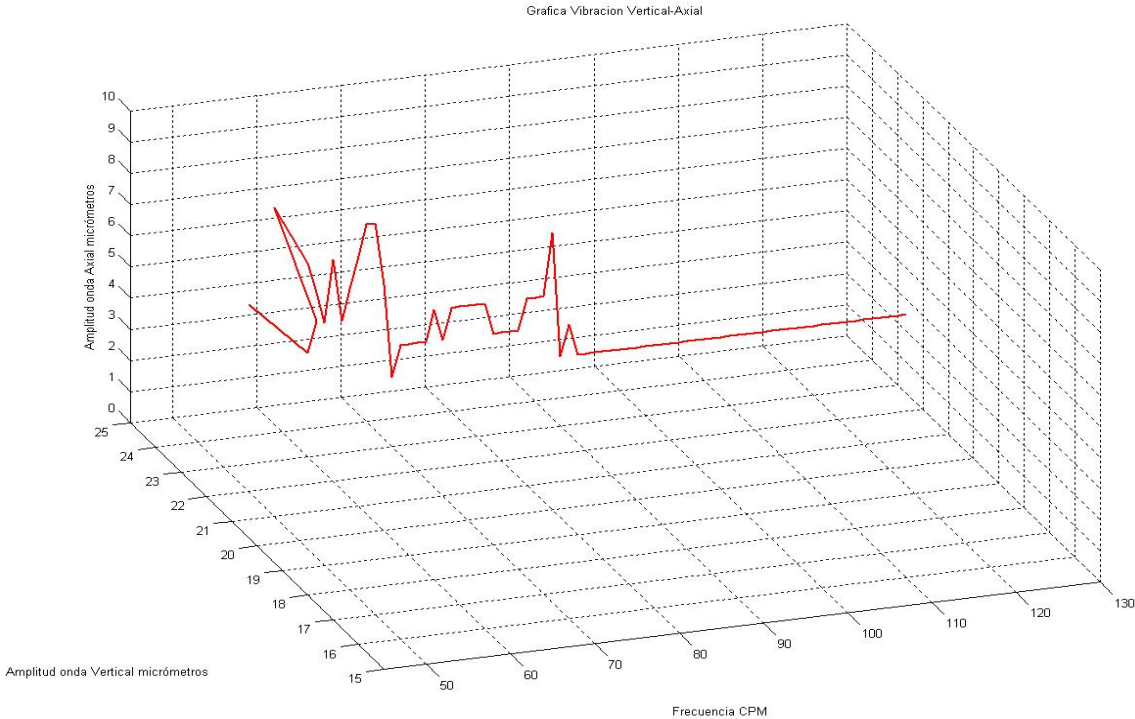
GRAFICA DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL - AXIAL



GRAFICA DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL - VERTICAL



GRAFICA DESPLAZAMIENTO VERTICAL - AXIAL



Realizando la comparación con la carta de severidad obtenemos los siguientes resultados:

Punto	Plano	Señal sin filtro			Señal con filtro			
		CPM	Desplaz (μm)	Veloc (mm/s)	CPM	Veloc (mm/s)	CPM	Veloc (mm/s)
A Salida motor	V	128	Extremadamente Suave	Bueno	128	Suave	256	Suave
	H	128		Suave	128	Extremadamente suave	256	Extremadamente suave
	A	128		Muy bueno	128	Muy suave	256	Extremadamente suave
B Apoyo	V	128		Bueno	128	Muy bueno	256	Suave
	H	128		Muy bueno	128	Extremadamente suave	256	Extremadamente suave
C Apoyo	V	128		Bueno	128	Muy suave	256	Suave
	H	128		Bueno	128	Extremadamente suave	256	Suave

En la **TABLA 2** se observa que los mayores valores de desplazamiento (μm) y velocidad (mm/s) estan en el plano Vertical (o sentido radial) y al comparar con la tabla de Identificación de vibraciones para una frecuencia de 1 x RPM se tiene como causa de vibración el desbalance entre los elementos confortantes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el experimento realizado al motor de accionamiento de levas se obtuvieron valores relativamente bajos de vibración al realizarse la comparación con la carta de severidad. Esto en parte es debido a que realizamos el estudio a bajas velocidades angulares, pues al disminuir el valor de resistencia, permite una entrada mayor de intensidad de corriente, proporcional a una mayor potencia que accionaría el motor. Al haber una mayor potencia, esto aumentaría la velocidad angular del eje y causarían mayores vibraciones y un funcionamiento inestable del sistema. A la velocidad de 125rev/min., que aproximadamente fue la que trabajo el eje se obtuvieron resultados generalmente suaves, pero al realizar un aumento, por ejemplo, 250rev/min, la amplitud de la onda de vibración se hace mayor respecto a la frecuencia estudiada.

De los diferentes planos analizados hayamos que donde se produce mayor desorden o variación de onda es en el plano axial, especialmente en la primera parte del espectro de frecuencia (55-95 CPM), mientras que en la otra parte del espectro (95-125 CMP) las vibraciones tienden a estabilizarse. Este último fenómeno se repite igualmente para los otros planos de estudio vertical y horizontal.

CONCLUSIÓN.

En forma general se puede decir que éste informe arrojó resultados satisfactorios al determinar el estado de funcionamiento de la máquina en estudio, el cual se realizó a través de la medición del nivel total de vibración. Estos niveles totales de vibración, tomados en los puntos más característicos de la máquina de levas, fueron aceptables; ya que se observó que no hubo fluctuaciones considerables con respecto al RMS calculado, tomando en cuenta que estuvieron presentes muchas fuentes de errores durante el proceso de medición; haciendo énfasis en las mediciones tomadas con la varilla. Al realizar la comparación de los datos medidos y la carta de severidad se puede concluir que los problemas de vibraciones observados, son consecuencia inmediata del desbalanceo de la máquina, lo cual puede originar, a futuro, el desgaste de las piezas que la conforman y por ende una reducción de su vida útil, pero en forma general la máquina posee un funcionamiento óptimo.

FUENTES CONSULTADAS.

STEIN, Sherman y BARCELLOS, Anthony. CALCULO Y GEOMETRIA ANALITICA I. McGraw Hill. Quinta Edicion. 1995. Pagina 437

Enciclopedia Universal Clasica. ©Micrones 2001. Madrid.

LA SEÑAL ACÚSTICA, ELÉCTRICA Y SENSORIAL

<http://ar.geocities.com/clubelectronico/cursos/cur002-04.html>

Espectro de frecuencias

<http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/comun/jesus/node55.html>

Vibración, de Wikipedia, la enciclopedia libre.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Vibraci%F3n>

International Research And Dev 350

http://www.tucker.com/java/jsp/cust_prod_detail2.jsp?partNo=IRD350&invID=4992