

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“MONITOREO DE ZARANDA BANANA HONERT DE  
2200 TMH MEDIANTE TECNICAS DE MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO EN UNA PLANTA DE CHANCADO DE  
MINA DE COBRE”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**ALEX CORTEZ CHAVEZ**

**PROMOCION 2005 - II**

**LIMA-PERU**

**2010**

# **“MONITOREO DE ZARANDA BANANA HONERT DE ^200 TMH MEDIANTE TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN UNA PLANTA DE CHANCADO DE MINA DE COBRE”**

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 DESCRIPCION DE UNA ZARANDA Y SU INSTALACIÓN
- 3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO
- 4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PROPUESTO
- 5 COSTO DE MANTENIMIENTO PREDCITIVO
- 6 RESULTADOS OBTENIDOS
- 7 EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

ANEXOS

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Juan y Digna,  
mi esposa Candy y a mi hijo Mathias

Fuente de impulso de vida.

# INDICE

PROLOGO.....	1
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Importancia y actualidad del tema.....	4
1.4 Limitaciones.....	4
<b>2 DESCRIPCION DE LA ZARANDA Y SU INSTALACIÓN.....</b>	<b>5</b>
2.1 Descripción general.....	5
2.1.1 Clase de máquina y principio de funcionamiento.....	5
2.1.2 Características y componentes.....	9
2.1.3 Tipos.....	13
2.1.4 Proceso en el que utiliza.....	15
2.2 Zaranda del proyecto.....	16
2.2.1 Ubicación.....	16
2.2.2 Características.....	17
2.2.3 Especificaciones técnicas.....	17
2.3 Descripción de la instalación.....	21
2.4 Operación.....	22

<b>3</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO</b> .....	<b>25</b>
3.1	Programa de mantenimiento aplicado.....	25
3.1.1	Características del programa aplicado.....	25
3.2	Tipos de fallas producidas.....	30
3.2.1	Reparables.....	30
3.2.2	Catastróficas.....	30
3.3	Fallas producidas y costos.....	30
3.4	Consecuencias de las fallas.....	34
<b>4</b>	<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PROPUESTO</b> .....	<b>35</b>
4.1	Generalidades.....	35
4.2	Justificación del programa de mantenimiento predictivo.....	35
4.2.1	Criterios y ponderación para determinar el grado de criticidad.....	36
4.2.1.1	Importancia relacionada con la producción.....	36
4.2.1.2	Grado tecnológico.....	37
4.2.1.3	Probabilidad de falla.....	37
4.2.1.4	Valor económico.....	37
4.2.1.5	Tiempo de operatividad.....	37
4.2.1.6	Susceptibilidad a falla catastrófica.....	37
4.2.1.7	Ponderación de criterios.....	38
4.2.2	Grado de criticidad.....	38
4.3	Determinación de técnicas predictivas.....	38
4.3.1	Técnicas predictivas.....	39
4.3.1.1	Análisis vibracional.....	49
4.3.1.2	Termografía y mediciones de temperatura.....	40

4.3.1.3	Ensayos no destructivos.....	41
4.3.1.4	Análisis de aceites.....	42
4.4	Técnicas de Mantenimiento Predictivo Implementadas.....	42
4.4.1	Análisis Vibracional.....	42
4.4.1.2	Puntos de monitoreo.....	43
4.4.1.3	Niveles de alarma.....	43
4.4.1.4	Frecuencia de inspección.....	47
4.4.2	Para análisis de aceites.....	47
4.4.2.1	Puntos de inspección.....	47
4.4.2.2	Niveles de Alarma.....	48
4.4.2.3	Frecuencia de muestreo.....	50
5	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....</b>	<b>52</b>
5.1	Descripción del sistema de mantenimiento predictivo.....	52
5.2	Costo de inversión.....	53
5.3	Costo de operación.....	53
5.3.1	Costos de análisis vibracional.....	54
5.3.2	Costo de análisis de lubricantes.....	55
5.3.3	Otros gastos.....	55
5.3.4	Costo de operación anual.....	55
6	<b>RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>56</b>
6.1	Resultados de las mediciones.....	56
6.2	Reducción de las fallas.....	61
6.3	Reducción de los costo.....	62

<b>7 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....</b>	<b>63</b>
7.1 Beneficios.....	63
7.2 Costo.....	63
7.3 Indicadores económicos.....	64
Conclusiones.....	66
Bibliografía.....	68
Planos.....	69
Anexos.....	73

## PROLOGO

En el capítulo 1 se presentan los objetivos del informe, se hace un recuento de los antecedentes, y las razones por las que se decide aplicar el mantenimiento predictivo. Se establecen los alcances y limitaciones del trabajo.

En el capítulo 2 se dan las características del generales de las zarandas, se señalan sus principios de funcionamiento y sus características constructivas, también se describen las característica y especificaciones técnicas de la zaranda bajo estudio, se describe su instalación, su operación y los mantenimientos aplicados.

En el capítulo 3 se detalla el mantenimiento preventivo aplicado, sus características, el software de gestión utilizado, fallas que se producen al aplicar este mantenimiento así como sus consecuencias económicas.

En el capítulo 4 se describe el programa de mantenimiento predictivo propuesto. Se describen los aspectos generales del mantenimiento predictivo, luego se aplican al caso en estudio y se determina su grado de criticidad, se seleccionan las técnicas predictivas, el plan de inspección aplicado para el análisis vibracional y el análisis de aceites.

En el capítulo 5 se determinan los costos del mantenimiento predictivo aplicado, considerando el plan de monitoreo, los equipos y software requeridos para el análisis



vibracional y el análisis de aceites, así como el costo de aplicación del mantenimiento predictivo.

En el capítulo 6 se presentan los resultados de la implementación del programa de mantenimiento, mostrando casos típicos de mediciones y resultados de análisis de vibraciones, La reducción de las fallas y su correspondiente reducción de costos.

En el capítulo 7 se realiza la evaluación económica determinándose los beneficios y los costos resultantes de la implementación del mantenimiento predictivo así como la determinación de los indicadores económicos: Valor presente neto, relación beneficio/costo y tasa interna de retorno.

# CAPITULO I INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objetivos

Realizar un estudio técnico económico de la implementación de un programa de Mantenimiento predictivo de una zaranda seca de 2200 TMH de una línea del chancado secundario de una mina de cobre.

## 1.2 Antecedentes

La zaranda se instala el año 1996 y luego de un periodo de prueba en el cual se pusieron a punto todos sus sistemas se implantó un sistema de mantenimiento preventivo.

Las zarandas son máquinas de vibración forzada causada por un sistema que vibra debido a una excitación que puede ser constante o variable. En esto se diferencia de otras máquinas, de vibración libre, que están sujetas a vibraciones instantáneas. Las zarandas están sometidas a exigencias mecánicas vibratorias mucho más elevadas que la mayoría de máquinas en las que uno de los criterios de diseño es justamente evitar las vibraciones. Por este motivo la probabilidad de falla de las zarandas es mucho mayor.

De otro lado, el mantenimiento predictivo es una técnica desarrollada para pronosticar el punto futuro de falla de uno de los componentes de una maquina, de

modo que, de acuerdo a un plan preestablecido, ese componente se pueda reemplazar justo antes a la ocurrencia de una falla catastrófica.

La zaranda, materia de este estudio, presentó diversos tipos y números de fallas, con un alto número de fallas catastróficas que representaban pérdidas considerables. Por este motivo se decidió realizar un estudio técnico económico para implantar un programa de mantenimiento predictivo y luego evaluar sus resultados.

Cuando hablamos de mantenimiento predictivo mencionamos diversas técnicas entre las que se tienen el análisis de vibracional, técnicas de ultrasonido, el análisis de los aceites usados, de líquidos penetrantes, etc.

### **1.3 Importancia y actualidad del tema**

La importancia de la implementación del “Mantenimiento Predictivo” en cualquier proceso es la de dar solución a la gran cantidad de paradas imprevistas registradas en equipos. El objetivo principal es aumentar la disponibilidad de los equipos, eliminar daños secundarios o fallas catastróficas en los equipos y reducir tiempos de reparación en maquinarias o equipos.

### **1.4 Limitaciones**

La premura de tiempo por obtener resultados a corto plazo ha reducido los datos al mínimo indispensable para tener resultados estadísticos confiables.

## CAPITULO II DESCRIPCION DE LA ZARANDA Y SU INSTALACIÓN

### 2.1 Descripción general

#### 2.1.1 Clase de máquina y principio de funcionamiento.

La zaranda es una máquina vibratoria que se utiliza para separar partículas de tamaños predeterminados, menores de un tamaño máximo y mayores que un tamaño mínimo.

Tiene excitadores para producir la vibración de cribas o tamices ubicados uno sobre otro separados una cierta distancia. Estas cribas pueden estar instaladas inclinadas en cierto ángulo u horizontales y tienen agujeros de diversas formas y tamaños que permiten o impiden el paso de las partículas según sus tamaños a través de la criba.

Operan con un flujo de partículas, que cae a la zaranda por el lado de carga sobre la primera criba y lo separa clasificándolas por tamaños. Fig. 2.1

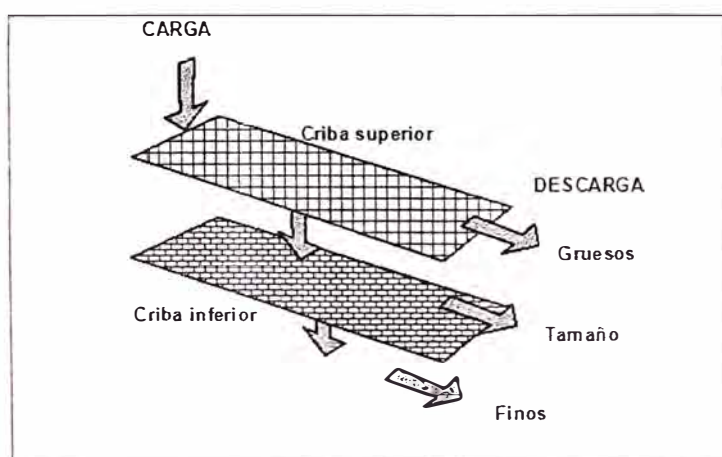


Fig. 2.1 Esquema de clasificación de partículas en una zaranda

Las partículas, se desplazan sobre los tamices y salen clasificadas por tamaños por el lado de descarga.

Su principio de funcionamiento es la separación mecánica por gravedad a través del tamiz por medio de tres fenómenos: Estratificación, separación y transporte de partículas.

La estratificación es el resultado de la vibración de la malla, que hace saltar violentamente las partículas del mineral y al caer las partículas más pequeñas se cuegan entre los intersticios de las más grandes, depositándose debajo de ellas. Se puede imaginar que las partículas de un tamaño actúan como una criba para las que son más pequeñas que ellas, de modo que siempre se depositan las pequeñas abajo y las grandes arriba. El resultado es un flujo de partículas ordenadas en capas de partículas de tamaño uniforme, con las más grandes en la capa superior y las más pequeñas en la capa inferior en contacto con la cara superior de la criba.

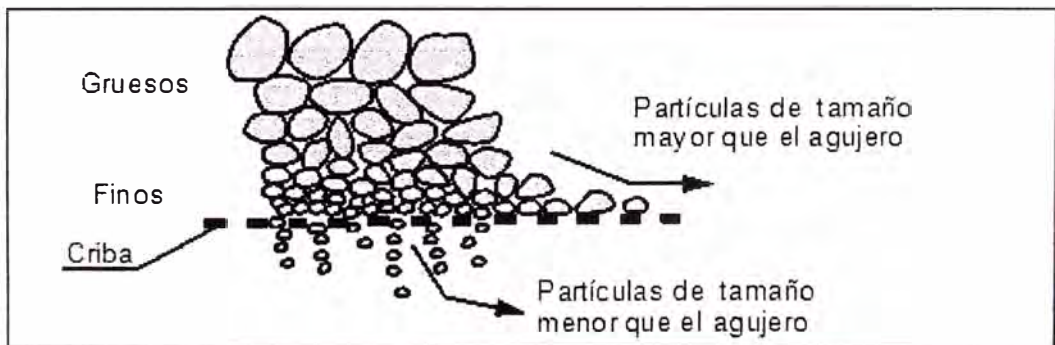


Fig. 2.2 Estratificación y separación de partículas

El proceso de estratificación del material depende de los siguientes factores:

- a) La pendiente de la criba
- b) Parámetros de la vibración:

Tipo de movimiento

Frecuencia

Amplitud

- c) Humedad de las partículas
- d) Tamaño (d) de la partícula

La separación se produce porque las partículas ubicadas sobre la criba caen a través de los agujeros de ella según el concepto pasa – no pasa, dependiendo de los tamaños del agujero y la partícula.

Este proceso de separación de partículas es probabilístico porque depende de un hecho aleatorio: que sobre un agujero de la criba se deposite una partícula de menor tamaño, que cae, o que lo haga una partícula de mayor tamaño, que no cae y pasa.

Los factores que influyen en la separación de las partículas son:

#### Del material

- 1) La cantidad de material procesado y su distribución granulométrica
- 2) Porcentaje de humedad del material.

#### De las características de la zaranda

- 3) Método de alimentación de la zaranda.
- 4) Ángulo de operación de la criba
- 5) El número de cribas
- 6) Frecuencia, amplitud y método de operación de la zaranda.

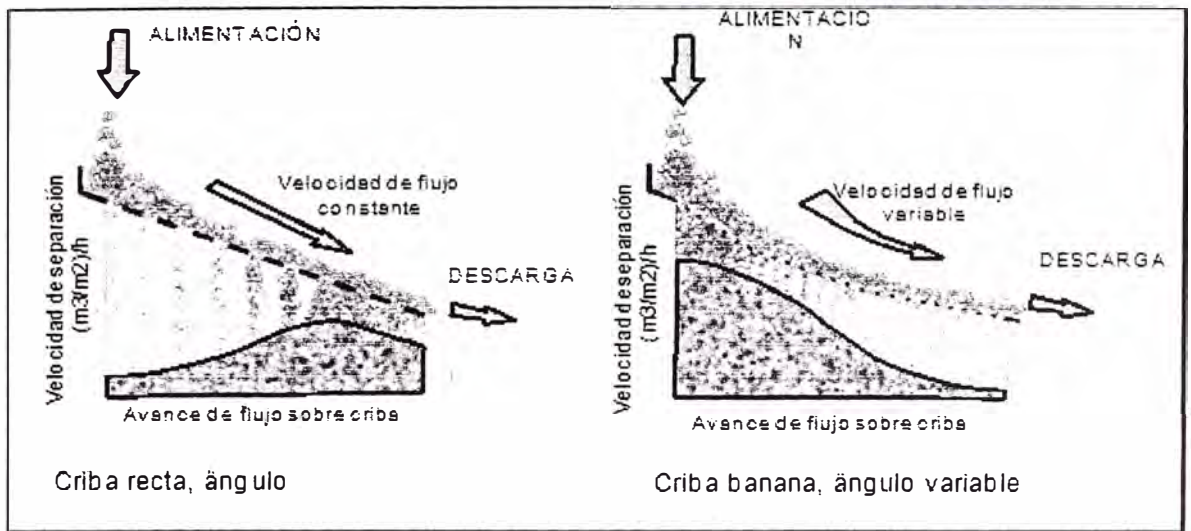


Fig. 2.3 Influencia del ángulo de la criba en la separación de partículas

#### De las cribas

- 7) Área total de la criba.
- 8) Área útil de las cribas y su patrón geométrico.
- 9) La forma de los agujeros

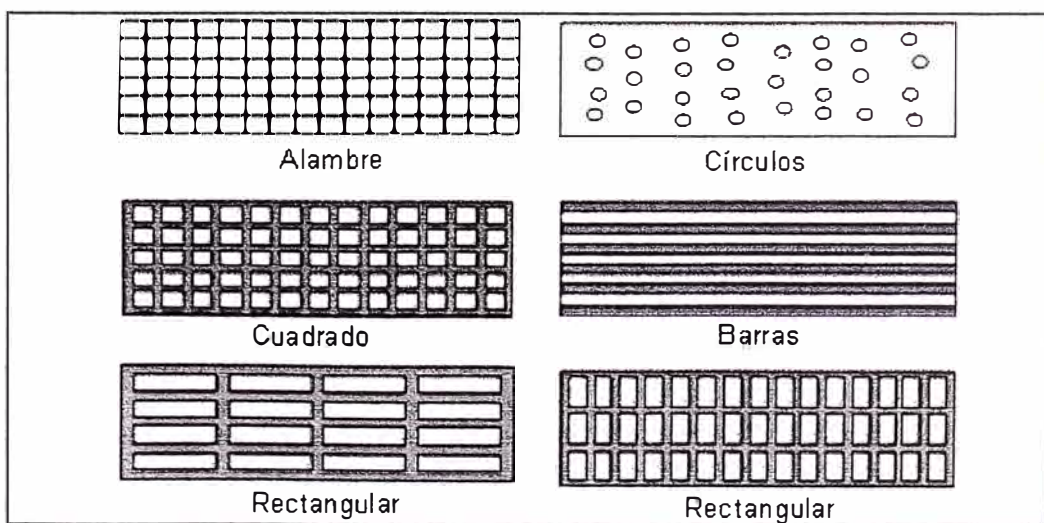


Fig. 2.4 Patrones geométricos de cribas



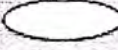

GEOMETRIA DEL AGUJERO	CARACTERISTICA O APLICACION
	Para trabajo estándar
	Zarandeo grueso, alarga vida
	Incrementa capacidad
	Mejora precisión y desague

Fig. 2.5 Formas de agujeros

Relación entre el tamaño de la partícula y el tamaño del agujero (A) y la dificultad de paso a través de los agujeros del tamiz son:

Relación de tamaño

Dificultad de paso

$$(d / A) < 0,5$$

Sin dificultad (pasa fácil)

$$0,5 < d / A < 1,5$$

Crítico

$$d > 1.5 A$$

Indiferente

### 2.1.2 Características y componentes.

Constructivamente la zaranda está constituida por una carcasa formada por dos paredes metálicas laterales que unidas rígidamente entre si por barras transversales, cross members, forman las caras laterales de un marco rígido de lados paralelos y sección rectangular en cuyo interior se ubican dos cribas, colocadas una sobre otra.



Tiene un sistema vibratorio, ubicado sobre una viga transversal de soporte en la que se apoya un vibrador formado por dos masas excéntricas accionadas por un motor eléctrico a través de un reductor de velocidad de poleas y fajas.

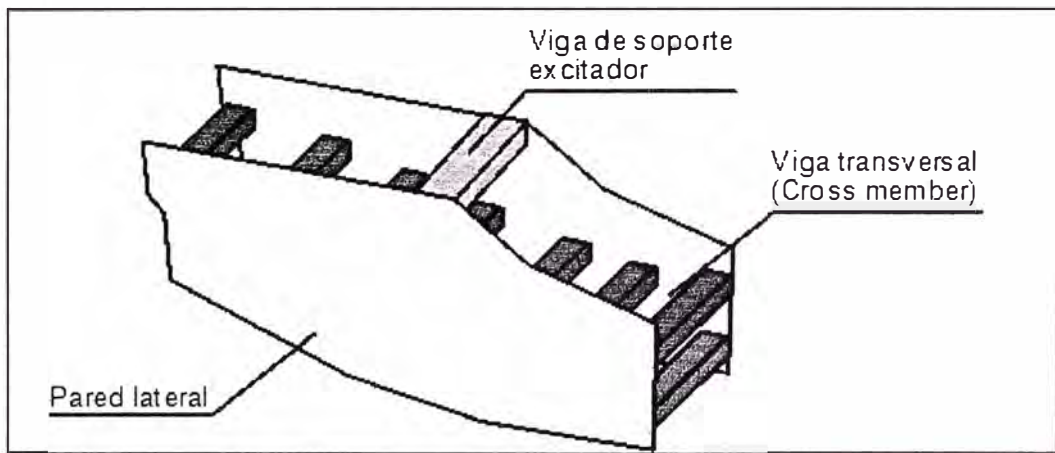


Fig. 2.6 Estructura de cuerpo de zaranda

Todo este conjunto se apoya sobre un marco rígido a través de cuatro conjuntos de resortes ubicados en los extremos de las caras laterales de mayor longitud, por el lado exterior de la carcasa. Los resortes, que por su extremo superior se unen al marco y por su extremo inferior se unen a la base fija de la zaranda están destinados a absorber las fuerzas dinámicas cuando la zaranda vibra y evitar que se transmitan a la base de la zaranda.

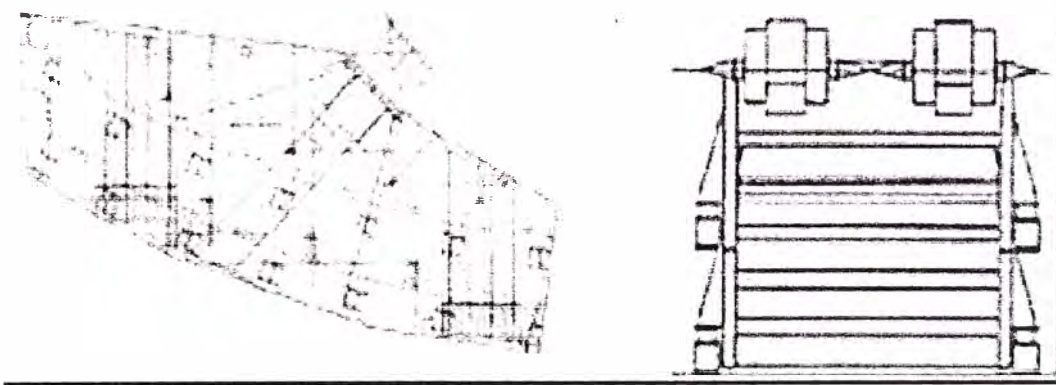


Fig.- 2.7 Zaranda banana

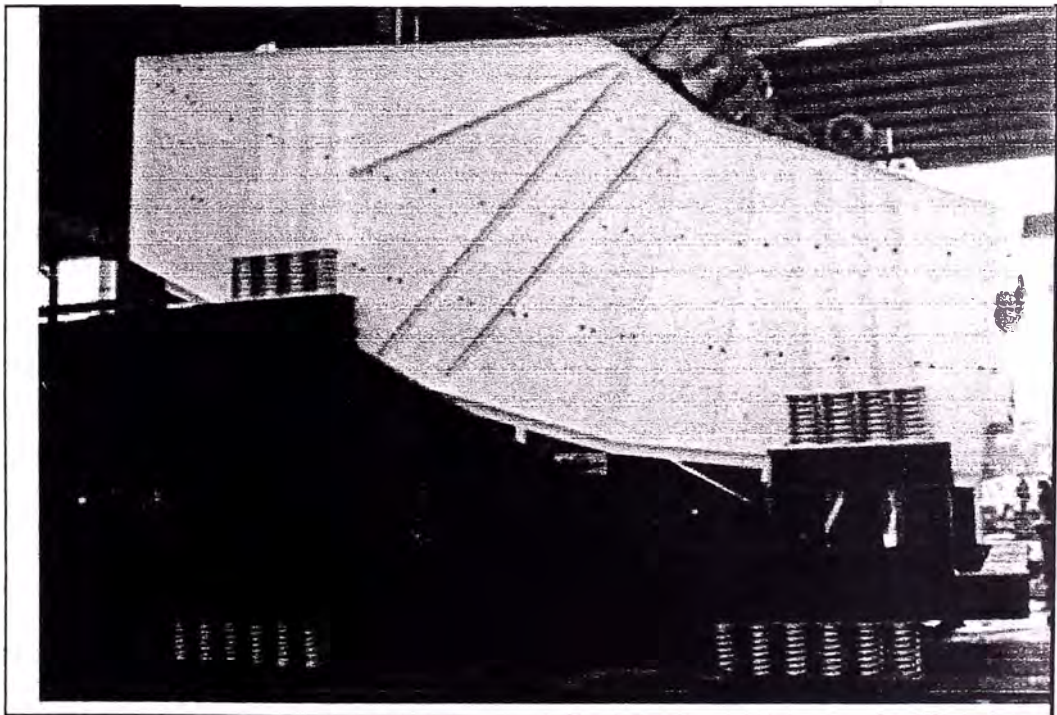


Fig. 2.8 Zaranda banana

En resumen los principales componentes son:

### Carcasa

- 1 Paredes laterales
- 2 Vigas transversales
- 3 Viga de soporte de sistema vibratorio (drive beam)

### Sistema de vibración

- 4 Eje central
- 5 Excitadores
- 6 Eje Cardán
- 7 Transmisión por poleas y fajas
- 8 Motor eléctrico
- 9 Resortes

### Paneles

- 10 Panel criba superior
- 11 Panel ciego inferior

### Base

- 12 Base fija de soporte

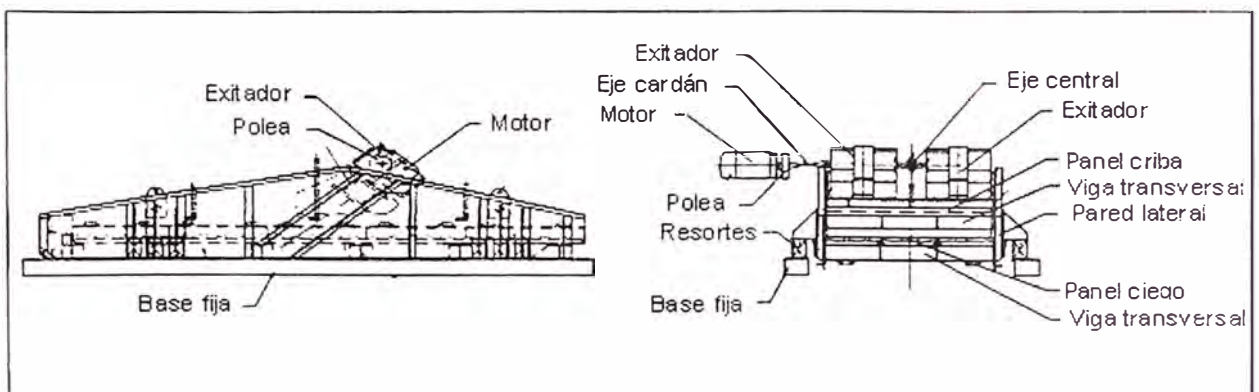


Fig. 2.9 Componentes principales de una zaranda

Al girar el motor eléctrico se produce un efecto vibratorio del marco que es amplificado por los resortes. El material cae a la zaranda por el extremo superior del marco sobre la primera criba, y por efecto de la vibración:

El material forma una capa que se desplaza sobre la criba y se estratifica formando sub capas de partículas del mismo tamaño, de modo que las grandes quedan en la parte superior y las de menor tamaño se ubica en la parte inferior. Las más pequeñas, que se desplazan sobre la criba, si son de menor tamaño que los agujeros de la criba caen al panel inferior y se separándose de las de mayor tamaño.

### **Movimientos**

Lineal

Elíptico

### **Eficiencia de una zaranda:**

Es una medida de exactitud con que una zaranda separa las partículas más pequeñas que el agujero de la criba de las más grandes, que ese agujero.

### **2.1.3 Tipos**

Las zarandas se clasifican teniendo en cuenta varios criterios.

Según el perfil de la malla son:

#### **- Convencionales**

- La malla es un marco rectangular plano que se puede instalar horizontal o inclinado con un determinado ángulo. Se caracterizan porque el material se desplaza sobre la malla con velocidad con constante.

- **Banana**

El panel está dividido en secciones cada una de las cuales tiene una pendiente menor a la anterior, Fig. 2.12 por lo que partículas se desplazan sobre la criba con velocidades diferentes- Fig. 2.13.

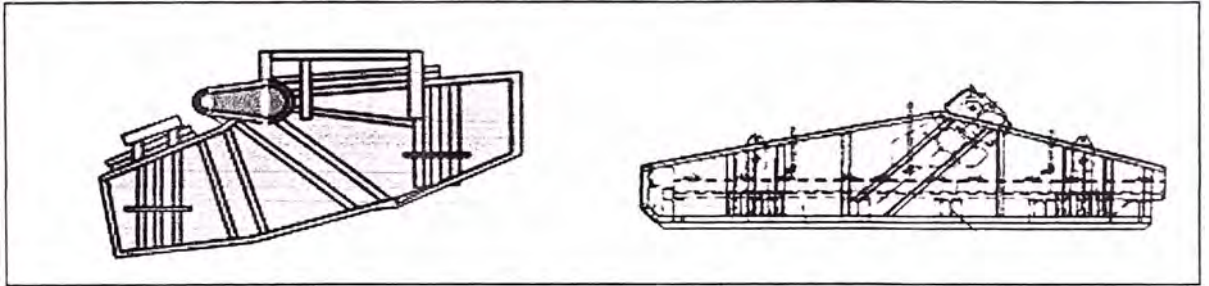


Fig. 2.10 Zaranda tipo Banana y zaranda convencional

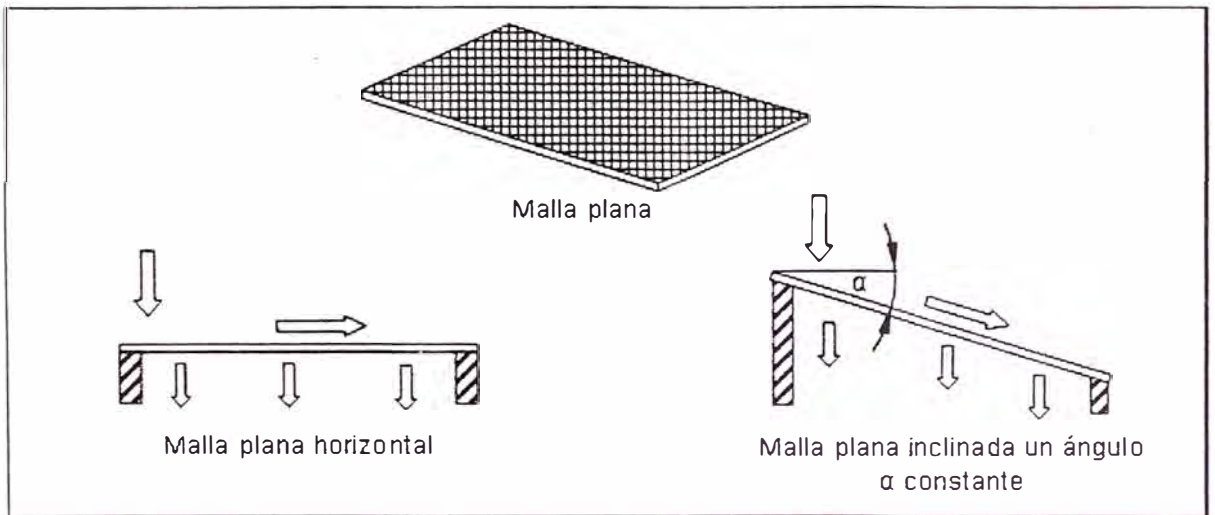


Fig. 2.11 Malla de una zaranda convencional

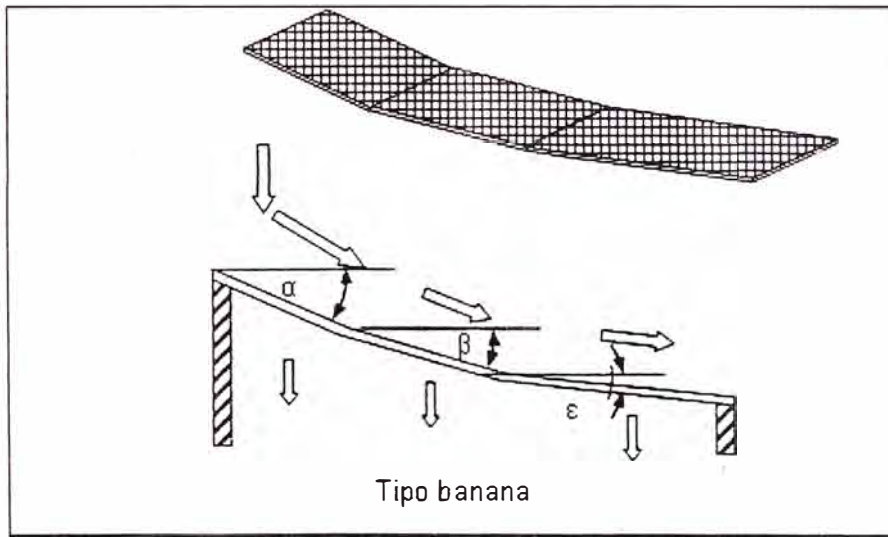


Fig. 2.12 Malla de una zaranda banana

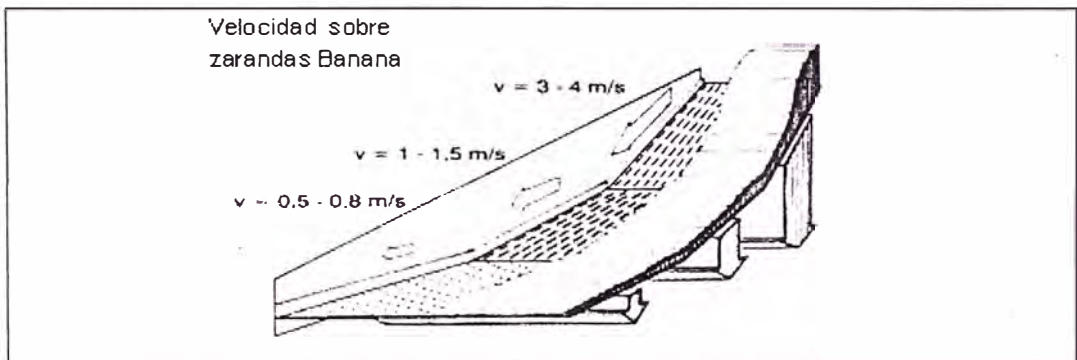


Fig. 2.13 Zaranda tipo Banana I

#### 2.1.4 Proceso en el que se utiliza

La zaranda se utiliza en las líneas de chancado y molienda, generalmente en zonas de la línea donde es necesario clasificar el mineral tales como antes de chancadoras primarias, secundarias, terciarias; antes de molinos de bolas, de molinos verticales, etc.

Las zarandas tienen perfiles típicos, según su aplicación en la líneas de chancado tal es el caso de la zaranda terciaria que se muestra en la figura 2.9.

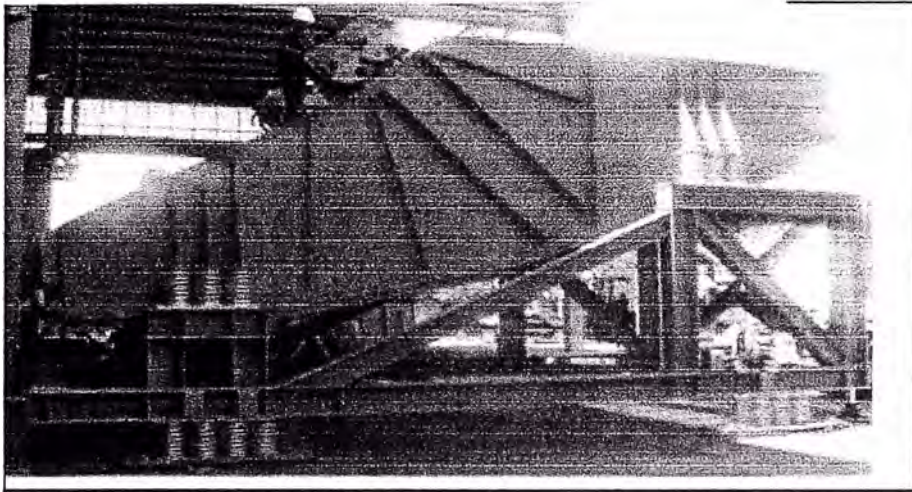


Fig. 2.14 Zaranda terciaria

## **2.2 Zaranda del proyecto**

### **2.2.1 Ubicación**

La zaranda se ubica en una línea de chancado secundario, alimentada por mineral desde el stock pile mediante alimentadores de cadenas y luego por fajas transportadoras. Dicha zaranda cumple la función de clasificar, enviando mediante fajas transportadoras al mineral fino hacia chancado terciario y al mineral grueso hacia las chancadoras secundarias, con el fin de reducir el tamaño de dicho mineral para luego pasar hacia el chancado terciario.

### 2.2.2 Características

Sus principales características son:

Tipo	Banana
Modelo	BRU-2-360/790-2xHE150LS,
Aplicación	Zaranda de Clasificación Secundaria
Peso Estático	33.700 Kg.

### 2.2.3 Especificaciones técnicas

#### Estructura

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Recubrimiento</u>
Paredes laterales	: Acero	
Vigas transversales	: Acero	Goma natural, capa de 10 mm
Largueros	: Acero	Wear resist, capa de 6 mm
Base se soporte	: Acero	

La estructura de soporte se caracteriza porque sus componentes están unidos por pernos, sin emplearse soldadura. Todos los elementos de la estructura están diseñados para soportar los esfuerzos que se producen durante, la operación pero la viga de soporte del sistema excitador se diseña para soportar los picos de esfuerzos que se producen por efecto de la vibración.



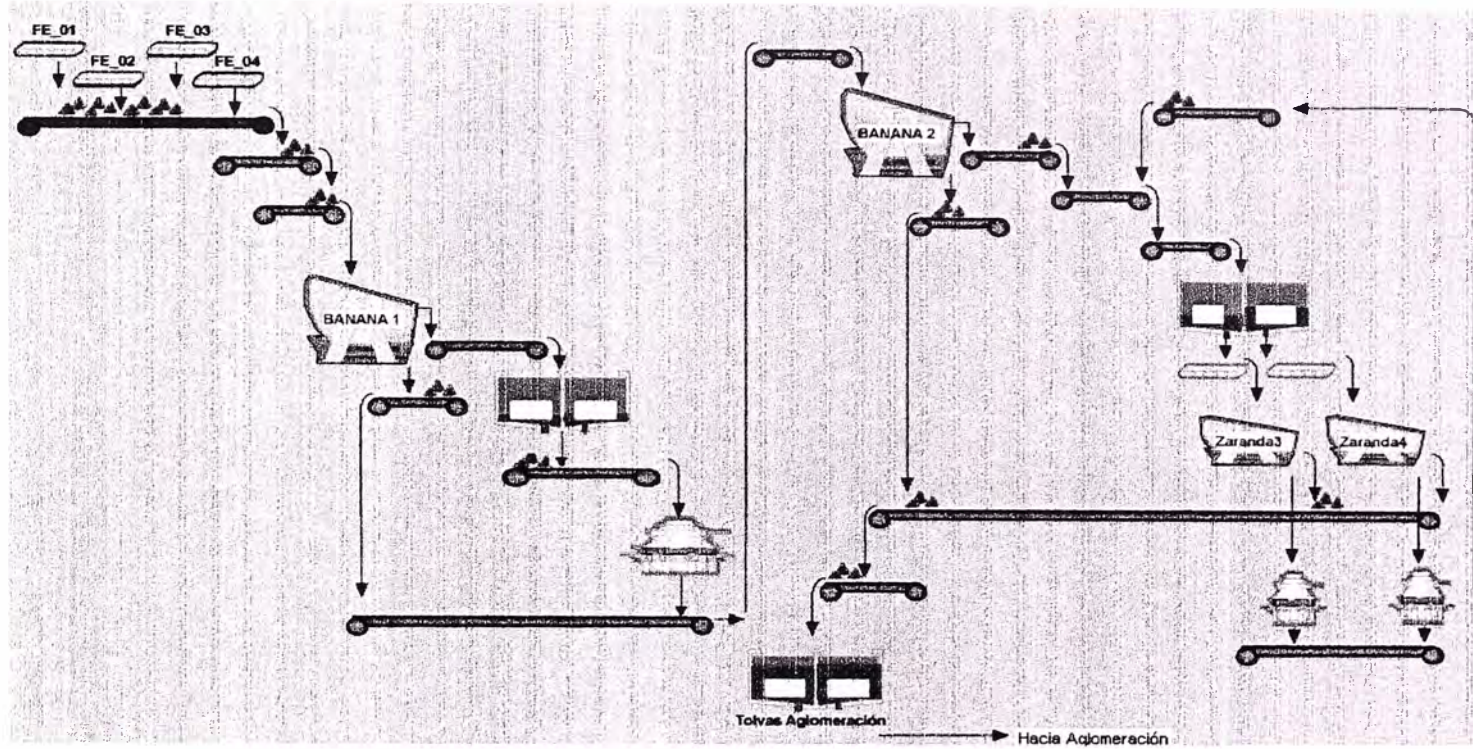


Fig. 2.15 Ubicación de la zaranda en la línea de chancado secundario.

**Paneles:****Panel superior:**

Material: Goma

Dimensiones:

Largo x ancho 606,6 x 606,6 mm (2'x2')

Altura 80mm

Aberturas 74mm

Accesorios: Suministrados con lifter central de fijación y guarderas laterales, paneles ciegos de descarga de 305mm longitud x 80mm de altura.

Aberturas en el tamiz en el centro del flujo,

74mm x 200mm 36

74mm x 125mm 24

79mm x 79mm 18

**Panel inferior**

Modulares de poliuretano de 2'x1' de 45mm altura. Paneles ciegos en el labio de descarga, barras de fijación, protecciones laterales y paneles ciegos

Aberturas en el tamiz en el centro del flujo,

38mm x 120mm 36

38mm x 80mm 48

38mm x 58mm 24

42mm x 42m 36

**Motor**

Marca	:	Toshiba
Tipo	:	Asíncrono
Potencia	:	93 kW
Carcasa (Frame)	:	444/5T
Polos	:	4
Tensión	:	460 V
Fases	:	3 PH,
Frecuencia	:	60 Hz

**Transmisión**

Reducción	:	1,88
Velocidades	:	1785/949 rpm
Poleas Ø	:	335 mm
	:	630 mm
Fajas		
Número	:	4
Tipo	:	8V

Un eje universal ensamblado a uno de los excitadores el que a su vez –vía un eje rígido con discos flexibles- se conecta al otro excitador. Velocidad de los excitadores: 949 rpm

**Excitadores:**

Tipo	:	Banana
Cantidad	:	2
Modelo	:	HE 150 LS
Tipo insertos	:	HE 150-10 ( 2 por volante )
Velocidad	:	949rpm
Torque	:	1472 Nm
Fuerza centrífuga	:	655 kN
Angulo	:	45°
Peso de Instalación	:	1 797Kg (excepto las protecciones)

**Resortes**

Material	:	Acero AISI 1085
Número	:	24
Amplitud de vibración:		8.1 mm @ 949 rpm

**2.3 Descripción de la instalación**

El mineral de menor tamaño, undersize, de 2" pasa hacia chancado terciario, mientras que las de mayor tamaño, oversize, no pasa, van a un proceso de reducción de tamaño (chancadoras). Para cumplir con este objetivo de clasificación se utiliza una zaranda de tipo banana, que opera en seco debido al proceso metalúrgico del que forma parte.

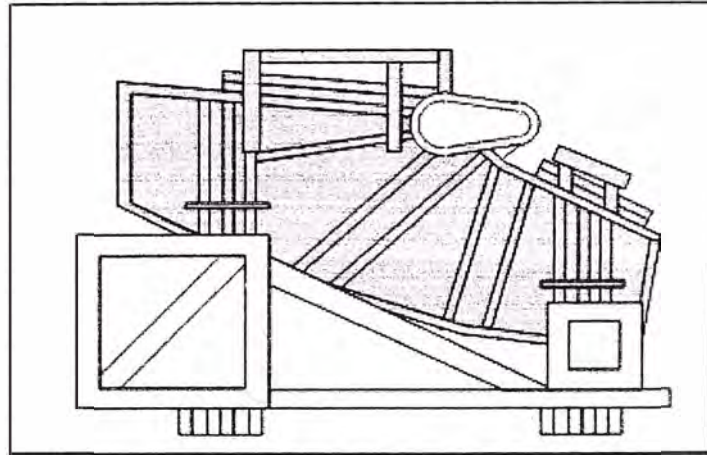


Fig. 2.16 Estructura de zaranda banana

#### 2.4 Operación

Para garantizar una adecuada operación de la zaranda se tienen en cuenta las siguientes instrucciones:

##### Durante el arranque

La zaranda debe estar separada de cualquier parte estructural para evitar choques, no debe existir contacto con estructura rígida alguna, esta debe estar apoyada únicamente de sus resortes.

Se deben realizar los chequeos previos a la entrada en operación para eliminar cualquier objeto potencialmente perjudicial para la zaranda.

El equipo debe estar libre de cualquier exceso de material que pueda haber quedado sobre las parrillas, materia fina y de cualquier otro material acumulado a fin de evitar el atorado en los chutes.

Al arrancar, la zaranda debe estar libre de carga, porque los esfuerzos iniciales son muy grandes y solo después de estar funcionando se debe iniciar la carga de operación.

### Movimiento transversal

La zaranda debe presentar movimiento elíptico transversal a la viga de soporte del excitador formando un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la horizontal, durante este movimiento la primera batería de resortes aísla el 96 % de las fuerzas dinámicas y sus frecuencias naturales están en el orden de 1 a 2 Hz que son muy pequeñas y distantes de las frecuencias de operación (949 rpm).

La segunda batería de resortes aísla el 96 % del 4 % de las fuerzas dinámicas remanentes de la acción de la primera batería de resortes, es decir el 3,84 %, con lo que se aíslan hasta el 99,84 % de las fuerzas dinámicas. Con este aislamiento, el marco se considera estático.

El peso del marco es importante pues si resulta muy liviano se producen vibraciones y si es muy pesado absorben vibraciones y reducen la eficiencia del sistema.

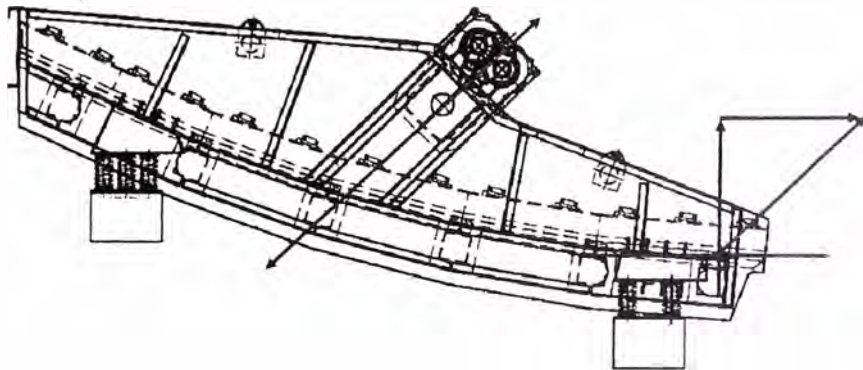


Fig. 2.17 Fuerzas en una zaranda

### Chequeos durante el funcionamiento

Se debe verificar el flujo de alimentación, la alimentación en contracorriente, uniforme y distribuida sobre todo el ancho de la malla.

Se debe verificar el ruido normal de operación de la zaranda pues una variación en ella indica una operación anormal

Toda falla o indicio de operación anormal debe ser considerada cuidadosamente para aplicar una acción correctiva porque puede producir una falla estructural.

### Parada

Para detener la zaranda en operación normal, funcionamiento anormal o parada de emergencia primero se corta la alimentación y luego se detiene el motor eléctrico de accionamiento.

## **CAPITULO III**

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO**

#### **3.1 Programa de mantenimiento aplicado**

Se aplico un programa de mantenimiento preventivo porque se consideró que podría cubrir los riesgos de falla de la zaranda de manera confiable y segura.

##### **3.1.1 Características del programa aplicado**

El programa de mantenimiento preventivo aplicado se planificó considerando realizar inspecciones a los componentes que podrían fallar, según los tipos de falla a los que estarían sometidos. El por lo que el programa comprende las siguientes actividades

##### **a) Revisiones diarias**

1 - Chequeo de las condiciones generales de la zaranda.

2 - Revisión de las superficies de la mallas y verificar:

Desgaste superficial de coberturas.

Aflojamiento de sujeciones.

Daños.

Obstrucciones de mallas.

3 - Detección de ruidos anormales en motores, transmisión y excitadores



**b) Revisiones Semanales**

Se realizan al final de la semana o cada 150 horas de operación de la zaranda

Revisión de las paredes laterales, y verificar si hay desgaste.

Revisión de soportes de la mallas para verificar que no existe desgaste o se presentan fisuras o quebraduras

Revisión de todos los pernos y verificar que estén debidamente apretados y estén dañados o rotos, comenzando por los pernos de anclaje del motor y los de sujeción de los excitadores, los de las bases de soportes, los de sujeción de los resortes, y todos los demás.

**c) Inspecciones preventivas**

Las inspecciones preventivas, programadas con determinada frecuencia, en las que se revisa y evalúa el estado de un componente de la zaranda de acuerdo a un procedimiento pre establecido como se detalla en la tabla 3.1.

**d) Programa de lubricantes**

El programa de lubricantes, donde se establecen los puntos de inspección, la frecuencia de inspección y los detalles sobre el tipo y cantidad de lubricantes se presenta en la tabla 3.2.

**e) Motor y transmisión**

Los problemas que se pueden encontrar en el motor y sistema de transmisión, sus causas más probables determinadas por la experiencia y las posibles acciones correctivas consideradas en el programa se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.1 Inspecciones de mantenimiento preventivo

INTERVALO	ITEM	PROCEDIMIENTOS Y CRITERIO
<b>En las primeras 24 horas</b>	Parrilla de zaranda	Chequear aflojamiento y roturas.
<b>Inspecciones Semanales</b>	Estructura de Zaranda	La primera semana, chequear el nivel de aceite, y añadir si es necesario.
		Inspeccionar las placas laterales para verificar desgaste o trizaduras.
		Inspeccionar los soportes de las parrillas para verificar desgaste, trizaduras o quebraduras
		Chequear todos los pernos, especialmente los pernos de anclaje de los Excitadores, para verificar
		Remover acumulación de materiales si lo hubiera en los chutes y buzones.
		Chequear el flujo del mineral sobre la parrilla sea el ancho del hamero.
		Verificar que la zaranda esté bien separada de cualquier elemento estructural y chutes.
<b>Después de las primeras 100 horas</b>	Excitadores	Cambiar el aceite. Cada 500 horas
		Chequear el nivel de aceite, refiérase el ítem Lubricación.
		Chequear la temperatura de los rodamientos usando un termómetro infrarrojo. Máxima temperatura permisible = 60°C, sobre la temperatura ambiente.
		Engrasar todos los elementos.
		Chequear pernos para su apriete, si es necesario.

*Tabla 3.1 Inspecciones de mantenimiento preventivo (Continuación)*

<b>INTERVALO</b>	<b>ITEM</b>	<b>PROCEDIMIENTOS Y CRITERIO</b>
<b>Después de las primeras 150 horas</b>	Cuerpo de zaranda	Chequear los soportes de las parrillas, placas laterales y largueros, para verificar oxidación o daños.
	Resortes	Chequear posible oxidación o daños.
	Pernos y Remaches Huck	Inspeccionar todos los pernos y remaches (especialmente los pernos de anclaje del motor), para su ajuste y posibles daños.
	Correas en V	Chequear su desgaste y tensión. Refiérase a las especificaciones de Correas en el Apéndice de Fenner.
<b>250 horas</b>	Eje Universal o Cardánico	Engrase las cruzetas y rodamientos.
		Lubricante: SHELL Albida EP2.
<b>500 horas</b>	Excitadores	Cambie el aceite. Refiérase al ítem Lubricación.
<b>2.000 horas</b>	Motor de Transmisión	Engrase de los rodamientos. Refiérase al Manual.
<b>4.000 horas</b>	Eje Intermedio	Chequear el desgaste y alineamiento.

*Tabla 3.2 Puntos de lubricación y frecuencia de inspección preventiva*

COMPONENTE	LUBRICANTE	TIPO	CANTIDAD	FRECUENCIA
EXCITADOR	ACEITE	OPTIMOL OPTIGEAR BM 150, Grado ISO 150	8 LITROS C/U (Total 16 Litros)	500 HRS.
DESCANSO EXCITADOR	GRASA	ALBIDA EP-2 (3)	SEGÚN REQUERIMIENTO (80 GRS)	250 HRS.
CARDAN SHAFT	GRASA	ALBIDA EP-2 (3)	SEGÚN REQUERIMIENTO (120 GRS)	250 HRS.
LAY SHAFT	GRASA	ALBIDA EP- (3)	430 GR TOTAL / 40 GRS.	250 HRS.
MOTOR WEG	GRASA	ALBANIA Nº 2	30 GRS.	9 MESES

*Tabla 3.3 Inspección en motor y excitador*

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN
Motor zumba pero no parte.	Los rodamientos del excitador están fallados.	Reemplace los rodamientos
	Motor fallado	Consulte el manual del proveedor
El excitador se recalienta.	Grado de aceite incorrecto.	Reemplace con aceite de grado correcto.
	Nivel de aceite incorrecto.	Corrija el nivel de aceite.
	Rodamientos dañados.	Reemplace los rodamientos
	Rozamiento en el sello del laberinto.	Revise el sello de laberinto para ver si hay acumulación de material fino
Exceso de vibración en la estructura de soporte.	Espacio insuficiente entre el hamero y las estructuras de acero fijas.	Provea el espacio suficiente.
	Acumulación de material en chutes etc.	Retire el material
	Resortes dañados (el síntoma común es un ruido de cascabeleo)	Reemplace resortes.
	La frecuencia natural se encuentra demasiado cercana a la frecuencia del hamero.	Aumente el peso y la rigidez de la estructura.

### **3.2 Tipos de fallas producidas**

En la zaranda se producen fallas que causan daños a los componentes de diversas magnitudes y consecuencias. Estas fallas se consideran de dos tipos:

#### **3.2.1 Reparables**

Cuando el elemento dañado se puede reparar o reemplazar con relativa facilidad y en plazos relativamente cortos y a precios relativamente bajos.

#### **3.2.2 Catastróficas**

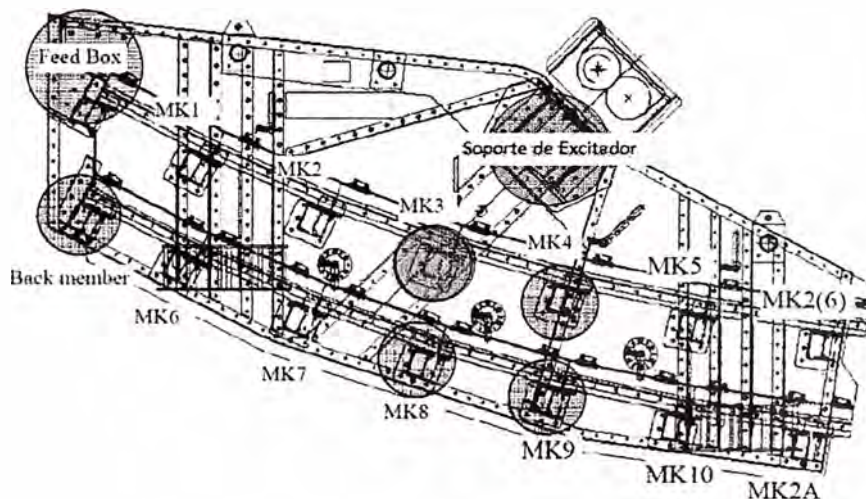
Cuando el elemento dañado no se puede reparar y este es un componente tan importante que obliga al reemplazo de la zaranda o a paralizaciones muy prolongadas de la zaranda. Estos componentes corresponden a elementos estructurales del cuerpo de la zaranda como las vigas transversales, cross members, o vigas de soporte. En estos casos se recuperan algunos de los componentes no afectados que pueden ser utilizados como repuestos.

### **3.3 Fallas producidas y costos**

En la tabla 3.2 se presenta una lista de componentes fallados que no se pueden reparar, es decir reparación no aplicable, N/A, y el costo del componente nuevo de reemplazo. En la Fig. 3.1 se muestra la ubicación de las vigas transversales, dirve y cross members fallados.

Tabla 3.4 Fallas de no reparables de componentes de zarandas.

COMPONENTE	Nuevo US\$	Reparación
Fisura de Lay Shaft	5120	N/A
Fisura de Cross Member	4186	N/A
Fisura de back member	6065	N/A
Fisura de drive beam	31717	N/A
Fisura side plate	33623	N/A
INTERMEDIATE STRINGER BRACKET ;	21732.48	N/A
CROSS MEMBER MK 1 ;	6312	N/A
CROSS MEMBER MK 3 ;	6312	N/A
CROSS MEMBER MK 6 ;	6312	N/A
CROSS MEMBER MK 4 ;	6312	N/A
CROSS MEMBER MK 2 ;	6312	N/A
CROSS MEMBER MK 4A ;	3598.62	N/A
CROSS MEMBER MK 4B ;	3598.62	N/A
CROSS MEMBER MK 8 ;	3598.62	N/A
CROSS MEMBER MK 7 ;	3598.62	N/A
CROSS MEMBER MK 5 ;	5134.82	N/A
LIFTING BEAM - TYPE A	2977	N/A
LIFTING BEAM - TYPE B	2977	N/A
Resorte roto c/u	367	N/A
Rotura de Correas	439	N/A
Falla de Rodamientos de Chumaceras	665	N/A
Falla de Excitadores	46148	11845
Motor	8328 (nuevo)	1517(cambio)
<b>COSTO TOTAL US\$</b>	<b>215566</b>	



⊗ Elementos fracturados: Feed box, Back member, MK4, MK8 y MK9

Fig. 3.1 Fallas producidas con aplicación de mantenimiento preventivo

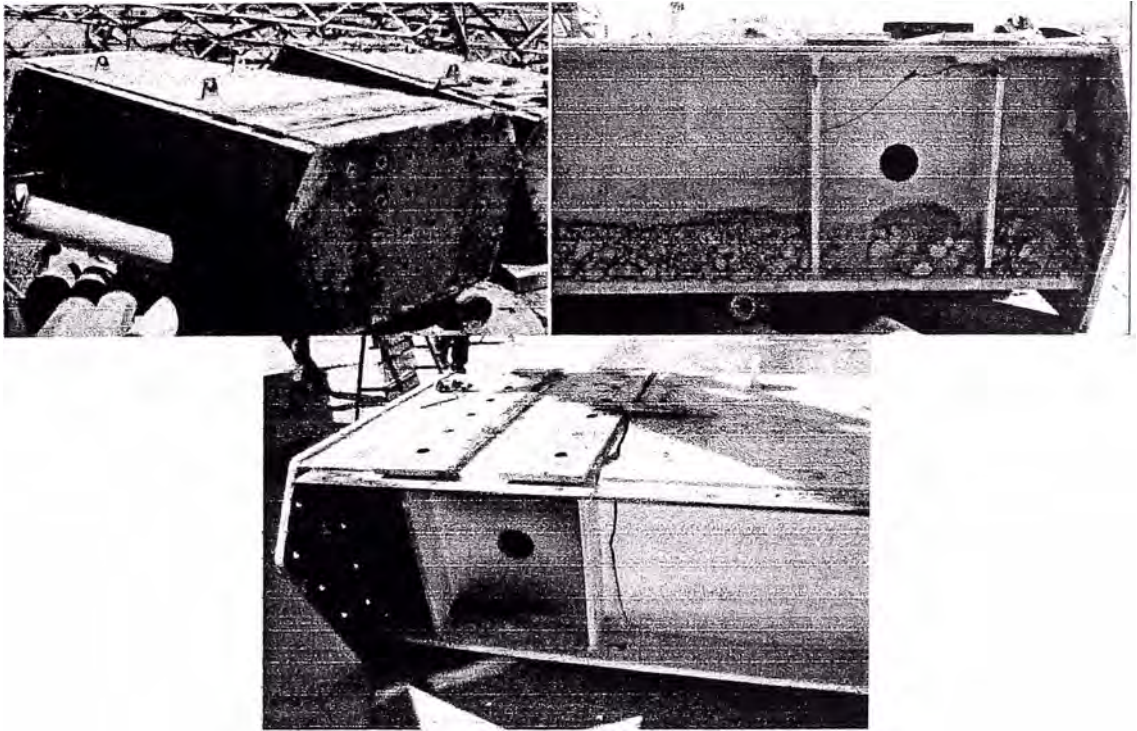
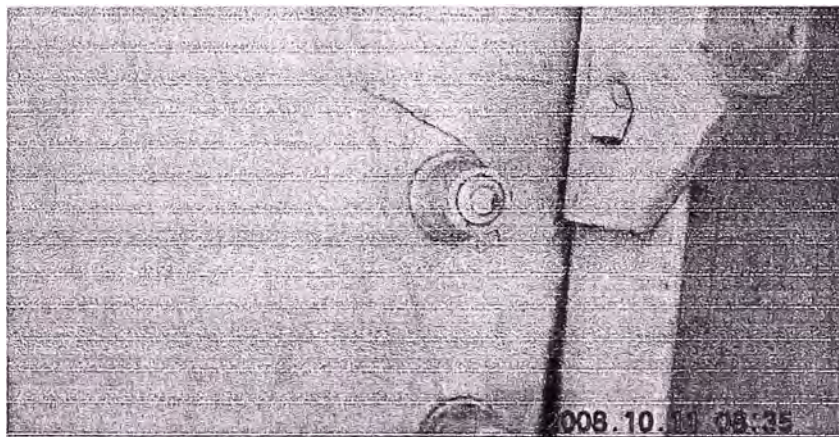


Fig. 3.2 Rotura de Viga Soporte de Excitador (Drive Beam)



Side plate rajado zona del MK2A

Fig. 3.3 Fisuras en Placas Laterales (Side Plate)



Fig. 3.4 Fisura en Bastidores (Cross Members)

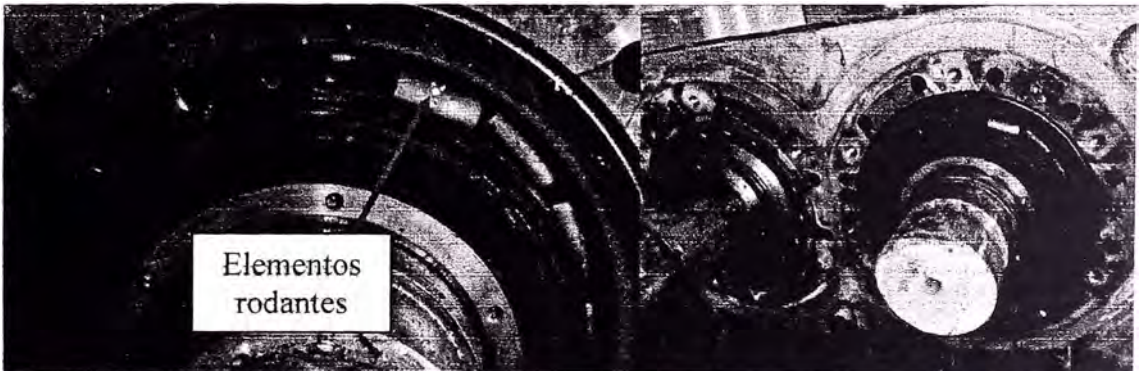


Fig. 3.5 Falla de rodamiento de excitadores



### **3.4 Consecuencias de las fallas**

Las consecuencias de las fallas son de dos tipos, por un lado pérdidas por reducción de la producción y por el otro el costo de reemplazo de los componentes.

Considerando la situación menos crítica, es decir teniendo en cuenta solo los costos de reemplazo de los componentes fallados, en la tabla 3.4 se muestra que es costo total de estos reemplazos es de US\$ 215 566.

Si se tiene en cuenta que el costo de una zaranda nueva es de US\$ 350 000 se resulta que el costo anual de estas reparaciones representan el 71,43 % del costo de una zaranda nueva.

En conclusión la aplicación del mantenimiento preventivo tiene como consecuencia un costo anual de reparaciones muy elevado por lo que se requiere un programa de mantenimiento mas económico y eficiente.

## **CAPITULO IV**

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PROPUESTO**

#### **4.1 Generalidades**

El programa de mantenimiento predictivo lo constituyen el conjunto de técnicas de detección de señales de advertencia de ocurrencia de fallas que dan las máquinas o equipos antes de ocasionar fallas catastróficas.

La implantación del programa de monitoreo de estas señales de advertencia requiere contar con equipos e instrumentos especializados, así como de la capacitación del personal, que implican realizar inversiones, por lo que se requiere justificar su implantación.

#### **4.2 Justificación del programa de mantenimiento predictivo**

La implementación del mantenimiento predictivo se justifica realizando un análisis de criticidad en el cual se evalúan y ponderan diversos criterios que permiten determinar si un equipo es crítico para la producción de la planta.

Los criterios son situaciones relacionadas el estado de la máquina, su condición operativa o la importancia que tiene para la producción.

Primero se determina si tiene el criterio, y en este caso se pondera su importancia y se le asigna un valor de 0 a 20 considerando que:

<u>Estado, condición o importancia</u>	<u>Puntaje</u>
Muy mala, muy importante	18 a 20
Mala	14 a 17
Regular	10 a 13
Mala	5 a 10
Muy mala, poca importancia	0 a 5

Los puntajes se asignan de modo que los mayores puntajes corresponden con la situación que afecta de mayor manera al equipo, a su operación o a la producción.

### Valoración.

El equipo se considera crítico si tiene al menos tres de los seis criterios.

El grado de criticidad se determina según el puntaje alcanzado por los equipos.

Se consideran supercríticos o de mayor grado de criticidad a los de mayor puntaje.

## **4.2.1 Criterios y ponderación para determinar el grado de criticidad**

### **4.2.1.1 Importancia relacionada con la producción**

La zaranda es muy importante para la producción, debido a que de su operación correcta depende la eficiencia del chancado. Si la clasificación del mineral es inadecuado por sobretamaño la molienda toma más tiempo, y la cubierta interior del molino tiene mayor desgaste. Como es muy importante, se considera que tiene el criterio y se le asignan 20 puntos.

#### **4.2.1.2 Grado tecnológico**

Por las condiciones de potencia, tensión y velocidad está dentro de los parámetros normales en plantas de chancado. La diferencia deriva de su característica de ser una máquina vibrante. Se considera que tiene el criterio y se le asignan 18 puntos.

#### **4.2.1.3 Probabilidad de falla**

Los registros de fallas muestran que la zaranda ha tenido numerosas fallas en diversos componentes por lo que se considera que tiene una regular probabilidad de falla. Tiene el criterio y se le asignan 13 puntos.

#### **4.2.1.4 Valor económico.**

Su valor económico de la zaranda es de US\$ 350 000, que es inferior al mínimo de 700 000 US\$ para ser crítico, por lo que no cumple con el criterio.

#### **4.2.1.5 Tiempo de operatividad**

La zaranda opera en forma continua, por lo que cumple con el criterio de tiempo de operatividad por lo que se le asignan 20 puntos.

#### **4.2.1.6 Susceptibilidad a falla catastrófica**

En el registro de fallas se tienen registrada al menos una falla catastrófica anual. Por lo tanto cumple con el criterio y se le asignan 20 puntos.

#### 4.2.1.7 Ponderación de criterios

En la ponderación de criterios se determina se cumple el criterio de criticidad. Si no se cumple se le asigna un puntaje de cero. Si se cumple, entonces se le asigna un valor. En la Tabla 4.1 se presenta la ponderación de los criterios.

Tabla 4.1 Ponderación de criterios de criticidad

Criterios de Selección		Cumple		Puntaje
A	Importancia relacionada con la producción	SI	1	20
B	Grado tecnológico	SI	1	18
C	Probabilidad de falla	SI	1	13
D	Valor económico	NO	0	0
E	Tiempo de operatividad	SI	1	20
F	Susceptibilidad a falla catastrófica.	SI	1	20
Total			5	91

#### 4.2.2 Grado de criticidad

La zaranda cumple con 5 criterios, mayor que el número mínimo número de 3 criterios para ser un equipo crítico. Por tanto la zaranda es un equipo crítico. Como tiene 96 puntos y es el único equipo en evaluación se le considera un equipo supercrítico.

#### 4.3 Determinación de técnicas predictivas

Establecido que la zaranda es un equipo crítico se determinan las técnicas predictivas que se utilizarán.

### 4.3.1 Técnicas predictivas

La zaranda tiene diversos componentes, como se señaló en el párrafo 2.1.2. Se identifican los tipos de fallas que se pueden producir en esos componentes de la zaranda y se comparan los tiempos estimados para la de detección de advertencias de falla para tres técnicas predictivas: Análisis de aceites, análisis vibracional y termografía, como se presentan en la tabla 4.2 que se muestra a continuación:

*Tabla.4.2 Tiempo de detección de fallas según técnicas predictivas*

Tipo de falla	Técnica predictiva		
	Análisis de aceite	Análisis Vibracional	Termografía
	Detección de advertencias de falla *		
Inicio de falla en rodamiento	Tardía	Temprana 1	Tardía
Desbalance	Tardía	Temprana 1	Tardía
Presencia de agua en aceite	Temprana	NSA	NSA
Rotura de ejes	NSA	Temprana 1	NSA
Rodamientos engrasados	NSA	Temprana 1	Temprana 2
Desalineamientos	NSA	Temprana 1	Temprana 2
Resonancia	NSA	Temprana 1	NSA
Oxidación de aceite	Temprana 1	NSA	NSA
Uso de aceite equivocado	Temprana 1	NSA	NSA
Notas (*)			
Temprana 1 : Se detecta advertencia de falla con buena anticipación			
Temprana 2 : Se detecta advertencia de falla con menor anticipación			
Tardía : Se detecta la advertencia de falla con muy poca anticipación			
NSA : No se aplica la técnica predictiva			

En la tabla se observa que las técnicas que permiten detectar las advertencias de falla con buena anticipación, y permiten planificar adecuadamente las acciones correctivas son el análisis vibracional y análisis de aceites.

#### 4.3.1.1 Análisis vibracional

Se define la vibración como la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio, que es aquella posición a la que se

llega cuando la fuerza que actúa sobre el objeto es cero. Este tipo de vibración se llama vibración de cuerpo entero, porque todas las partes del cuerpo se mueven juntas en la misma dirección en cualquier momento.

La vibración de un objeto es causada por una fuerza de excitación. La proporción (frecuencia) y la magnitud de la vibración de un objeto dado, están completamente determinadas por la fuerza de excitación, su dirección y frecuencia. Esa es la razón porque un análisis de vibración puede determinar las fuerzas de excitación actuando en una máquina. Esas fuerzas dependen del estado de la máquina, y el conocimiento de sus características e interacciones permite de diagnosticar un problema de la máquina.

Debido a la facilidad de adquisición de datos, y las notables ventajas que posee en evaluación de movimientos, fuentes de vibración y en la detección temprana de fallas es importante aplicar esta técnica en el estudio del movimiento de las zarandas.

#### **4.3.1.2 Termografía y medición de temperaturas**

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Con cámaras termográficas o de termovisión se capta la radiación infrarroja del espectro electromagnético y se convierte la energía radiada en información sobre temperatura.

Esta técnica aplicada a elementos mecánicos como rodamientos, engranajes, etc provee información de fallas en su última etapa, así como también no provee información de la fuente causante de la falla, por tal motivo no se considera en el presente monitoreo.

### 4.3.1.3 Ensayos no destructivos

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de non destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo.

Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: PND; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

Cuando se mide el estado de la variable de una pieza, generalmente los ensayos destructivos proveen datos más exactos que los ensayos no destructivos. Sin embargo, estos suelen ser más baratos para el propietario de la pieza examinada, ya que no implican su destrucción. En ocasiones los ensayos no destructivos solo buscan verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos obtenidos en ensayos destructivos.

Los ensayos aplicables a la zaranda son el análisis por ultrasonido, análisis por partículas magnéticas y líquidos penetrantes. Para aplicar estos ensayos es necesario tener el equipo parado, es decir, sin estar bajo la acción de la fuente de excitación de la falla. Estas técnicas no se consideran en el presente monitoreo.



#### **4.3.1.4 Análisis de aceites**

El Análisis de Aceite es una de las técnicas simples que proporciona mayor información sobre las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación, desgaste y vida útil.

El objetivo primordial del análisis de aceites usados, es suministrar información para adelantarse a tomar acciones y buscar la reducción de los costos de operación y mantenimiento a través de la preservación de las máquinas y la extracción de la mejor vida de los lubricantes.

Considerando que el aceite presente en los excitadores cumplen una función importante para el ciclo de vida de los mismos, se realiza el estudio de los datos de diversos parámetros y elementos presentes en los aceites usados, ya que estos son capaces de informar acerca de la fuente de falla, presencia de elementos extraños además de monitorear las condiciones del lubricante.

#### **4.4 Técnicas de Mantenimiento Predictivo Implementadas**

Las técnicas de mantenimiento predictivo implementadas son el análisis vibracional y el análisis de aceites:

##### **4.4.1 Análisis Vibracional**

Mediante el análisis vibracional se pueden detectar diversos tipos de fallas ya sea en los elementos estructurales como en los componentes motrices de la zaranda.

A continuación se detallan los puntos de monitoreo de la zaranda mediante esta técnica.

#### 4.4.1.2 Puntos de monitoreo.

- **Motor:** Se recolectan datos de vibración en los puntos de apoyo del motor (Fig. 4.3, AV1 y AV2) con el fin de detectar fallas en los rodamientos, fallas eléctricas como roturas de barras en el rotor, soltura de elementos de anclaje del motor, desalineamiento de poleas y fisuras en las base del motor.
- **Chumaceras motrices:** Se recolectan datos en las chumaceras motrices Fig. 4.3: AV3 y AV4) con el objetivo de detectar fallas en los rodamientos, soltura de elementos de anclaje de las chumaceras, desalineamiento de poleas y fisuras en las base de las chumaceras.
- **Excitadores:** Se recolectan datos en los excitadores (Fig. 4.3: AV5-AV12, rodamientos) mediante sensores permanentes con el objetivo de detectar fallas en los rodamientos, problemas en los engranajes, problemas en el cardan motriz y en el eje de transmisión.
- **Estructura de Zaranda:** Se monitorean los puntos de apoyo y el centro de la zaranda (Fig. 4.3: AV13-AV18) para verificar el correcto funcionamiento de la misma, evitar movimientos irregulares (mediante fases), verificar que no exista movimiento axial. Adicionalmente se monitorea frecuencias resonantes en la misma

#### 4.4.1.3 Niveles de Alarma.

- **Motor:** Se tiene en consideración la norma ISO 2372 para los niveles de alarma de vibración en velocidad además de 1G en advertencia y 3 Gs en alarma en aceleración de peakvue.

- **Chumaceras:** Se tiene en consideración la norma ISO 2372 para los niveles de alarma de vibración en velocidad además de 1G en advertencia y 3 Gs en alarma en aceleración de peakvue.

Velocidad (m/m.s. rms)	Tipos de máquinas			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0,18 a 0,28	A	B	C	D
0,28 a 0,45				
0,45 a 0,71				
0,71 a 1,12				
1,12 a 1,8	C	D	E	F
1,8 a 2,8				
2,8 a 4,5	D	E	F	G
4,5 a 7,1				
7,1 a 11,2				
11,2 a 18				
18 a 28	E	F	G	H





 Buena       Satisfactoria  
 Inatisfactoria       Inaceptable

Tabla 4 Severidad de la vibración en ISO 2372.

Clase	Descripción
Clase I	Equipos pequeños hasta 15 kW
Clase II	Equipos medios, de 15 a 75 kW o hasta 300 kW con cimentación especial
Clase III	Equipos grandes por encima de 75 kW con cimentación rígida o de 300 kW con cimentación especial
Clase IV	Turbomaquinaria (equipos con RPM > velocidad crítica).

Tabla 3 Clasificación de equipos en ISO 2372

Fig.4.1 Velocidad y severidad de vibración según norma ISO 2372

Fuente: <http://www.sinais.es/normativa/iso2372.html>

- **Excitadores:** Teniendo en cuenta que este componente se encuentra sometido a vibración, no se aplica la norma 2372 para establecer límites de alarma. Solo se consideran como límites prácticos 3Gs de vibración en aceleración y 1G en advertencia y 3 Gs en alarma en aceleración de peakvue.

➤ **Estructura de Zaranda:** Para el monitoreo de la estructura de la zaranda se tienen los siguientes límites:

- **Frecuencias Resonantes:**

Teniendo en consideración una velocidad de 949 RPM en el excitador los límites para la frecuencias resonantes son 949 CPM +/- 15%

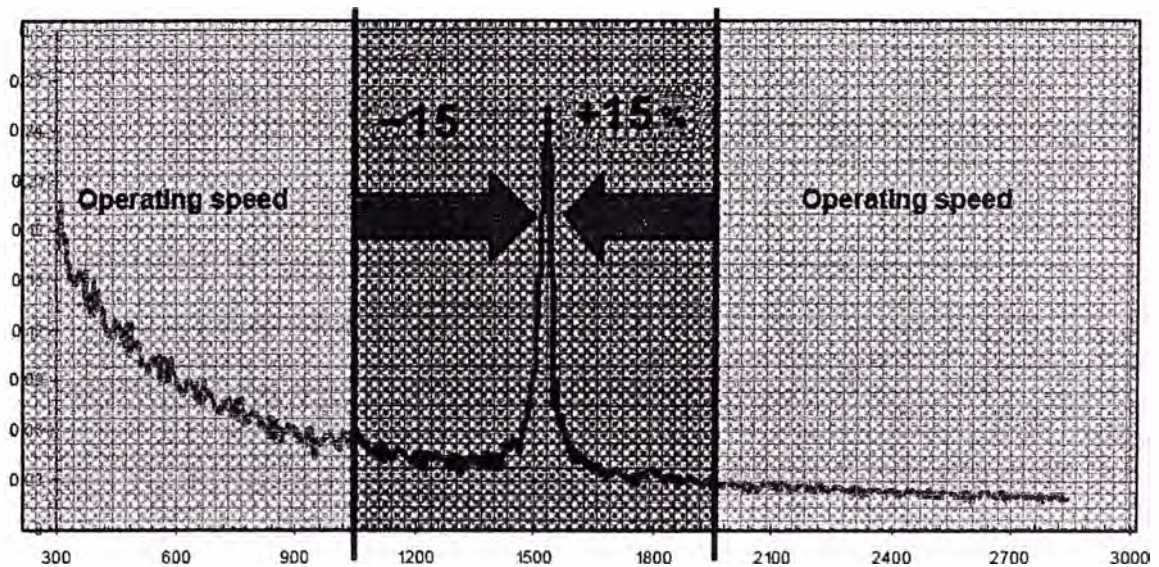


Fig. 4.2 Frecuencia resonante y niveles de alarma de zarandas.

Fuente: *Performance Testing of screens - Schenck Australia*

- **Límite de Ángulos de Desplazamiento:**

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_D = \text{LHD} - \text{RHD} \\ \Delta_C = \text{LHC} - \text{RHC} \\ \Delta_F = \text{LHF} - \text{RHF} \end{array} \right\} \Sigma_{\Delta} = \Delta_D + \Delta_C + \Delta_F \leq 6^{\circ}$$

$$\begin{array}{l} \text{LHF} - \text{LHD} \leq 20^{\circ} \\ \text{RHF} - \text{RHD} \leq 20^{\circ} \end{array}$$

LHD: Ángulo de Vibración en la zona de descarga izquierda.

RHD: Ángulo de Vibración en la zona de descarga derecha.

➤ **Estructura de Zaranda:** Para el monitoreo de la estructura de la zaranda se tienen los siguientes límites:

• **Frecuencias Resonantes:**

Teniendo en consideración una velocidad de 949 RPM en el excitador los límites para la frecuencias resonantes son 949 CPM +/- 15%

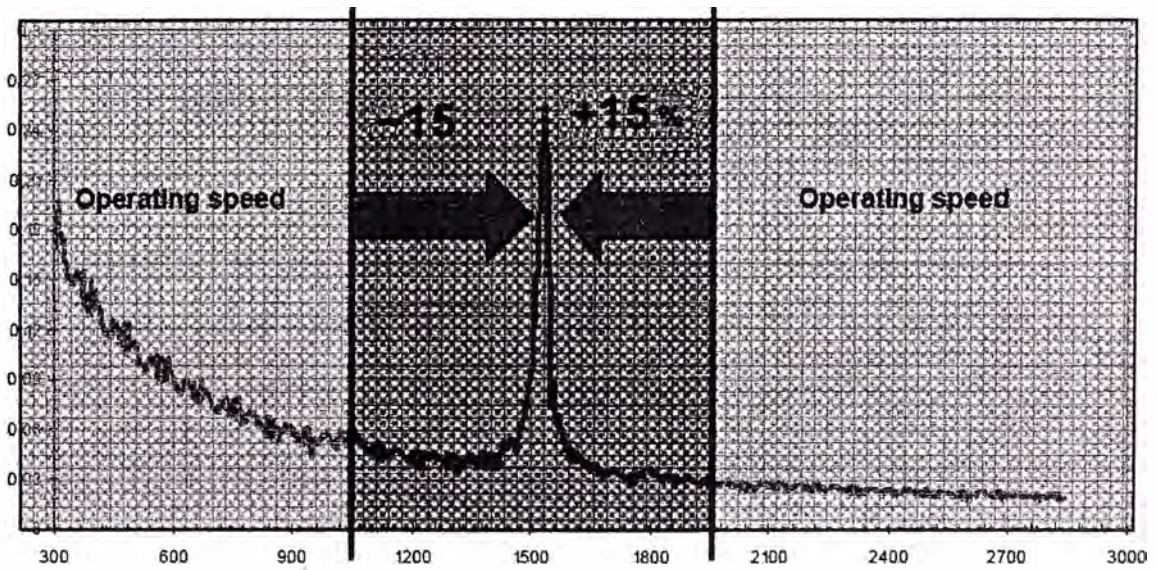


Fig. 4.2 Frecuencia resonante y niveles de alarma de zarandas.

Fuente: *Performance Testing of screens - Schenck Australia*

• **Límite de Ángulos de Desplazamiento:**

$$\left. \begin{aligned} \Delta_D &= \text{LHD} - \text{RHD} \\ \Delta_C &= \text{LHC} - \text{RHC} \\ \Delta_F &= \text{LHF} - \text{RHF} \end{aligned} \right\} \Sigma_{\Delta} = \Delta_D + \Delta_C + \Delta_F \leq 6^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{LHF} - \text{LHD} &\leq 20^{\circ} \\ \text{RHF} - \text{RHD} &\leq 20^{\circ} \end{aligned}$$

LHD: Angulo de Vibración en la zona de descarga izquierda.

RHD: Angulo de Vibración en la zona de descarga derecha.

LHC: Angulo de Vibración en la zona central izquierda

RHC: Angulo de Vibración en la zona central derecha

LHF: Angulo de Vibración en la zona de alimentación izquierda

RHF: Angulo de Vibración en la zona de alimentación derecha

• **Limites en los desplazamientos:**

Los límites de desplazamiento de la zaranda se dan en función a la apertura de mallas seleccionadas, en el primer y segundo compartimiento, según la asociación de productores de zarandas vibratorias recomiendan como mínimo desplazamiento 6.35mm. (1/4") y como máximo 9.52mm. (3/8")

Tabla 4.3 Límites de desplazamientos en zaranda

STROKE in	NOMINAL SPEED (RPM)	TOP DECK OPENING											SLOPE RANGE (degree)			
		35M TO 50M	20M TO 35M	10M TO 20M	4M TO 10M	1/2" TO 4M	3" TO 1/2"	2" TO 1"	3" TO 2"	4" TO 3"	6" TO 4"	8" TO 6"		ABOVE 8"		
03	3500															24-30
05	2600															24-30
06	2100															22-28
3/32	1800															22-26
1/8	1600															22-26
3/16	1400															20-25
1/4	1000															18-25
5/16	900															18-25
3/8	850															18-25
7/16	750															18-25
1/2	700															18-25

PREFERRED  ACCEPTABLE 

Fuente: VSMA. Vibrating Screens Manufacturers Association

Además no debe de sobrepasar los siguientes limites:

$$S_{LHD} - S_{RHD} = +/- 0,5mm$$

$$S_{LHC} - S_{RHC} = +/- 0,5mm$$

$$S_{LHF} - S_{RHF} = +/- 0,5mm$$

SLHD: Desplazamiento de Vibración en la zona de descarga izquierda.

SRHD: Desplazamiento de Vibración en la zona de descarga derecha.

SLHC: Desplazamiento de Vibración en la zona central izquierda

SRHC: Desplazamiento de Vibración en la zona central derecha

SLHF: Desplazamiento de Vibración en la zona de alimentación izquierda

SRHF: Desplazamiento de Vibración en la zona de alimentación derecha

Debido a que el movimiento de la zaranda solo debe ser en la dirección de excitación se tiene como límite en la dirección axial (lateral) de 5mm.

#### **4.4.1.4 Frecuencia de inspección**

Se considera conveniente realizar una inspección en cada parada de mantenimiento, programadas para realizarse cada 7 días, totalizándose 52 inspecciones por año.

#### **4.4.2 Análisis de aceites**

Para el análisis de aceites se monitorean únicamente los excitadores, los cuales son los únicos componentes que poseen lubricación por aceite. Este monitoreo se lleva a cabo con la finalidad de identificar generación de partículas de desgaste anormales en los excitadores, también para identificar contaminación por sustancias o partículas al interior del excitador así como para determinar el agotamiento de aditivos, variación de viscosidad y determinar periodo de cambios del aceite.

##### **4.4.2.1 Puntos de Inspección**

Se obtienen las muestras de los excitadores, (Fig. 4.3: AA1 y A2).

#### 4.4.2.2 Niveles de Alarma.

No se encontraron recomendaciones del fabricante en la determinación de los parámetros y límites en el análisis de aceites usados, por ello se utilizan las recomendaciones del Consejo Internacional de Lubricación de Maquinarias, que establece diversos parámetros para el análisis de aceites usados. La determinación de los límites de advertencias y alarmas se clasifican según los siguientes criterios:

**Límites basado en objetivos:** Estos límites nos sirven para estabilizar la salud, no alertan de una condición anormal o falla, son considerados proactivos. Estos se aplican para elementos contaminantes como el agua, sílice, conteo de partículas, humedad, el número ácido, número básico, etc.

**Límites de envejecimiento:** Indican el fin de la vida útil de los aceites, estos límites se trazan de tal forma que se anticipen al agotamiento de los aditivos como número ácido. Aditivos como el zinc, fósforo, calcio, etc.

**Límites Estadísticos:** Estos sirven para determinar tasas de desgaste de componentes, teniendo como premisa que ningún componente dejara de gastar, siempre y cuando esta tasa no se acelere considerablemente. Estos límites aplican netamente a partículas de elementos de desgaste tales como hierro, cromo, cobre, etc. Se calculan en base a la desviación estándar.



Tabla 4.4 Parámetros y Elementos que se analizan en el análisis de aceites usados:

	Base - Objetivos	Base - Edad	Base Estadística	Aplicables al proyecto
1. Conteo de Partículas	S	-		√
2. Viscosidad				
a. 40 <sup>a</sup> C.	S,I	S,I	-	√
b. 1000 C.	S,I	S,I	-	
3. AN	I	S	S,I	
4. FTIR				
a.Ox/Nit/Sulf	-	S	S	√
b. Fenol	-	I	I	
c. ZDDP	-	I	I	
d. Dilucion Comb./Hollín	-	S	S	
e. Agua	S	-	-	√
5. Densidad ferrosa	-	-	S	
6. Ferrografía analítica	-	-	-	
7. RBOT	-	I	I	
8. Agua por Chisporroteo	S	-	-	
9. Agua por KF	S	-	S	
10. Separabilidad de agua	-	I	-	
11. Analisis de elementos				
a. Metales de desgaste	-	-	S	√
b. Contaminantes	S	-	S	√
c. Aditivos	-	S	I,S	

Claves:

S = Limite Superior

I = Limite Inferior

\*Nota: Cuando las alarmas son bipolares, la primera que se presenta es la mas importante

Fuente: Noria Corporation

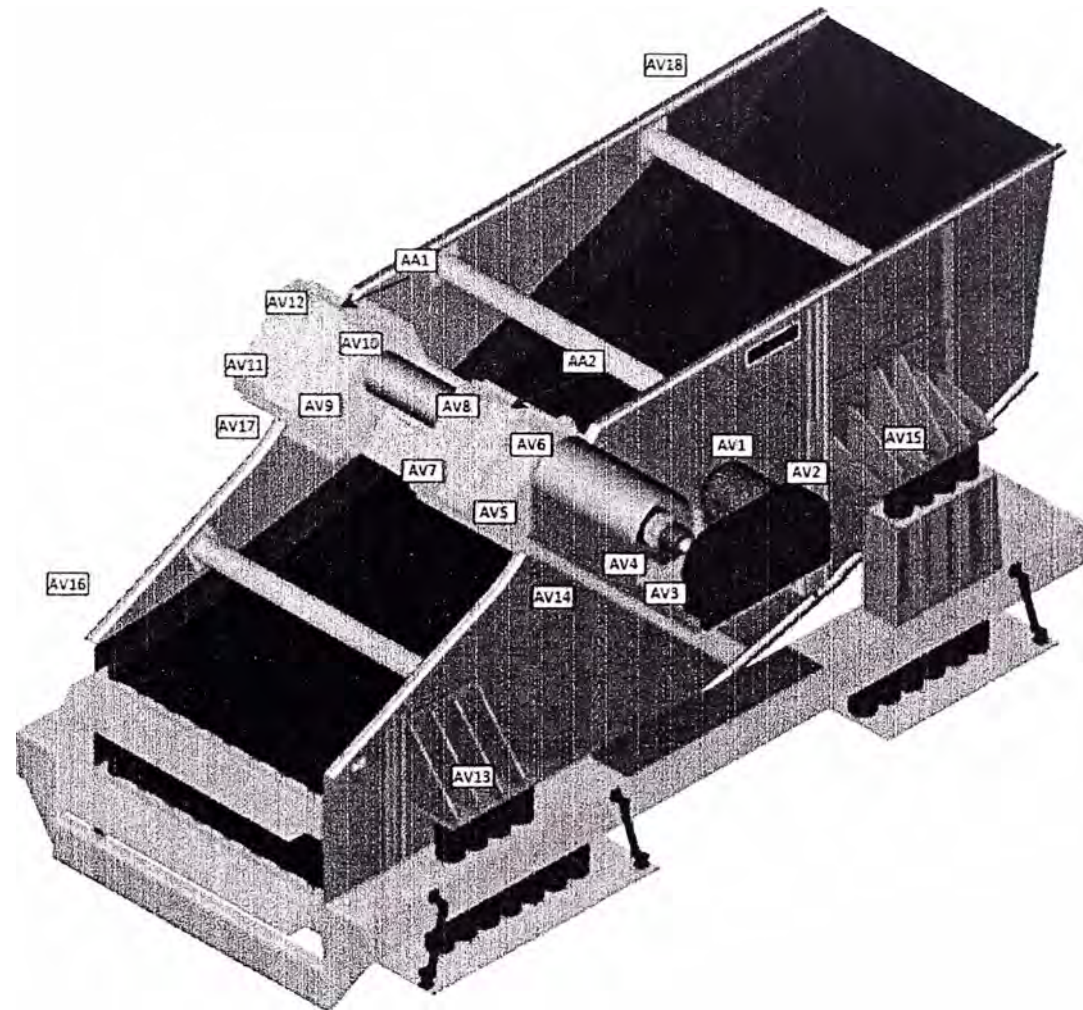


Fig. 4.3 Puntos de monitoreo:

## **CAPITULO V COSTO DE MANTENIMIENTO PREDICATIVO**

### **5.1 Descripción del sistema de mantenimiento predictivo**

Como resultado del análisis de criticidad se determinó la necesidad de implantar un sistema de mantenimiento predictivo, y de las evaluaciones técnicas de los tipos y las frecuencias de las fallas ocurridas se determinaron las técnicas predictivas que se deben utilizar para detectar las señales de advertencia tempranas antes de la falla.

El sistema de mantenimiento está conformado por dos técnicas de diagnóstico predictivas

#### **Análisis de vibraciones**

Considerando que los análisis de vibraciones requieren de datos que se pueden obtener con relativa facilidad con la instrumentación adecuada y sin detener la operación de la zaranda, se determina realizar estos análisis por cuenta propia.

#### **Análisis de aceites**

En el caso del análisis de aceites, para obtener los resultados se requiere contar con una infraestructura de laboratorio y personal debidamente capacitado. En este caso la frecuencia y el número de análisis que se deben realizar por año no justifican la inversión en infraestructura, instrumentación y capacitación de personal para instalar un laboratorio de análisis de aceites. En este caso se opta por contratar los servicios de terceros. En este caso, una empresa especializada, además brindar el servicio con rapidez a menor costo, ofrece la garantía de la veracidad de los resultados.

## 5.2 Costo de inversión

Se consideran los costos de inversión en equipos como instrumentos de medición, en software y capacitación de personal.

El equipo seleccionado es el analizador CSI 2130 cuyas características técnicas se encuentran en el Anexo 1. Complementariamente para el trabajo de campo se requiere una camioneta y para el procesamiento de datos y presentación de resultados se requiere un ordenador y equipo de oficina.

*Tabla 5.1 Inversiones*

<b>Inversiones</b>	<b>US\$</b>	<b>US\$</b>
<b>Tangible</b>		<b>50000</b>
Compra analizador CSI	20000	
Compra de camioneta	27000	
Ordenador y equipo de oficina.	3000	
<b>Intangible</b>		<b>12381</b>
<b>Organización de programa de mantenimiento</b>		
Clasificar técnicas a aplicar en equipos	3260	
Curso y certificación en análisis vibracional	1733	
Certificación en análisis de aceites	1260	
Configurar rutas de monitoreo	2300	
Historial de fallas más comunes	190	
Historial de costos de mantenimiento	230	
Evaluación técnico económica	832	
Gastos administrativos	2576	
<b>Costo de inversión</b>		<b>107381</b>

## 5.3 Costo de operación

Los costos de operación se determinan considerando que el mantenimiento predictivo relacionado con el análisis vibracional lo realiza completamente la empresa y asume todos sus gastos mientras que los gastos del análisis de aceites se realizan por servicios de terceros.

### 5.3.1 Costos de Análisis vibracional

Este costo se determina considerando el número de datos que se deben tomar, Tabla 6.1, el tiempo promedio de la toma de muestras, tabla 5.2, con lo que se calcula el tiempo total de horas anuales requeridas para la toma de muestras.

*Tabla 5.2 Número de puntos anuales medidos.*

	Puntos	Frecuencia días	Cantidad Anual
Motor	2	7	104
Chumaceras	2	7	104
Excitadores	8	7	416
Estructura	6	7	312
Total puntos			936

*Tabla 5.3 Tiempo promedio de toma de datos en cada punto*

OPERACION	Minutos
Medición ,carga y descarga	5
Análisis por punto	30
Transporte	4
Total, minutos	39

Considerando que el costo promedio de Hora/hombre es de 7,68 US\$, el costo anual resulta:

*Tabla 5.4 Costo anual de análisis vibracionales.*

Total horas mensuales	h/año	50.7
Total de horas anuales	h/año	608.3
Costo horario	US\$/h	7.68
Costo anual	US\$/año	4672

### 5.3.2 Costo de Análisis de lubricantes

Se calcula de manera análoga al costo por análisis vibracional, porque se considera que son iguales el tiempo promedio de toma de muestras y el costo de la hora hombre. De otro lado, el costo por análisis de aceites es de 15 US\$ por muestra.

*Tabla 5.5 Costo anual de toma de muestras de aceite*

Número de muestras	Total	2
Frecuencia mensual		15
Muestras mensuales	x mes	4
Tiempo por muestra	minutos	10
Tiempo mensual	h/mes	0.7
Horas anuales	h/año	8
Costo horario	US\$/h	7.8
Costo anual	US\$/año	94

*Tabla 5.6 Costo anual de análisis de muestras de aceite*

Muestras anuales	uu	240
Costo por muestra	US\$/uu	15
Costo anual	US\$/año	3600

### 5.3.3 Otros gastos

En estos gastos se consideran solos los derivados de la aplicación del programa predictivo, porque los otros gastos, tales como combustibles, choferes, apoyo secretarial y otros son iguales o muy parecidos para los programas de mantenimiento preventivo y predictivo. Se estima que estos gastos ascienden a US\$ 250 mensuales, con lo que se totaliza un monto de 3000 US\$ anuales.

### 5.3.4 Costo de operación anual

El resumen de costos de operación se muestra en la tabla 5.7

*Tabla 5.7 Costo de operación anual*

Análisis vibracional	US\$	4672
Análisis de aceites	US\$	3694
Otros gastos	US\$	3000
Costo anual	US\$	11366

## **CAPITULO VI RESULTADOS OBTENIDOS**

### **6.1 Resultados de las mediciones**

#### **Análisis Vibracional.**

##### **Monitoreo en el motor:**

En el monitoreo del motor, se evaluaron sus rodamientos. Como un caso ilustrativo se muestran los registros de los espectros de vibración obtenidos en uno de ellos, figura 6.1, donde se pueden observar las frecuencias de falla de rodamientos.

Como acción correctiva se reemplazo este motor por uno en estado operativo. El motor con fallas pasó a reparaciones y al desmontarse el rodamiento con signos de picadura en la pista interior tal como se muestran en la Fig. 6.2.

En este caso específico el mantenimiento predictivo identificó con éxito una alarma de falla que permitió reemplazar el rodamiento antes de que se produzca una falla que causara una paralización de emergencia del motor, con daños a otros componentes del motor. Evitó una parada de emergencia con la consiguiente interrupción de la producción y redujo la reparación del motor exclusivamente al reemplazo de rodamientos.

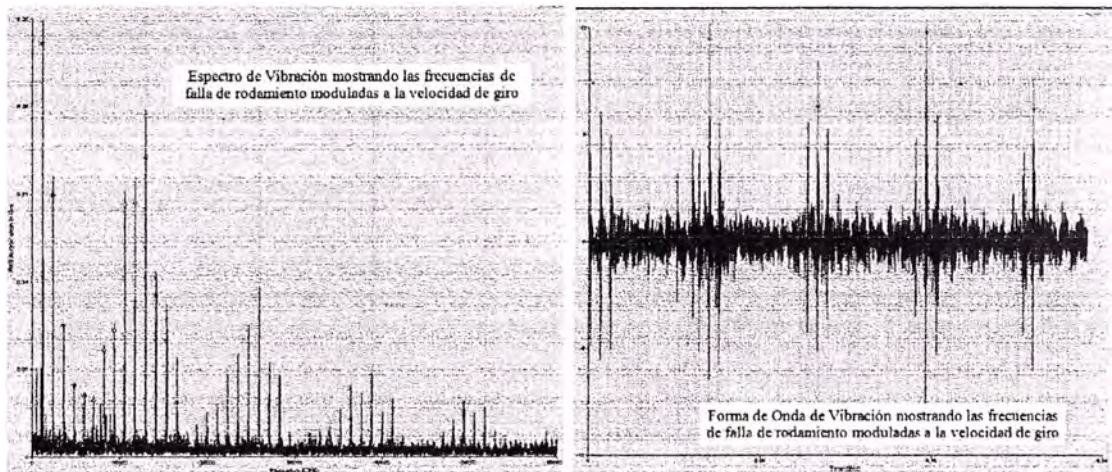


Fig. 6.1 Espectro de vibraciones de rodamiento con alarmas de falla.

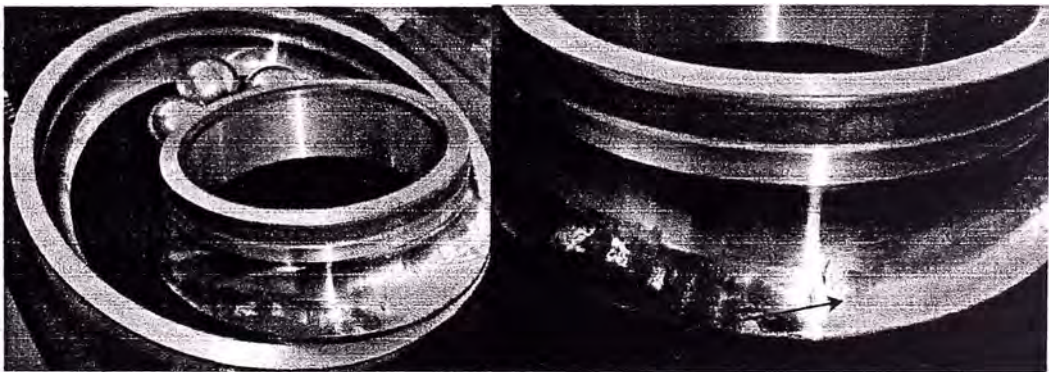


Fig.6.2 Fallas encontradas en el rodamiento de los espectros de vibración de la



**Monitoreo en el cuerpo de la zaranda**

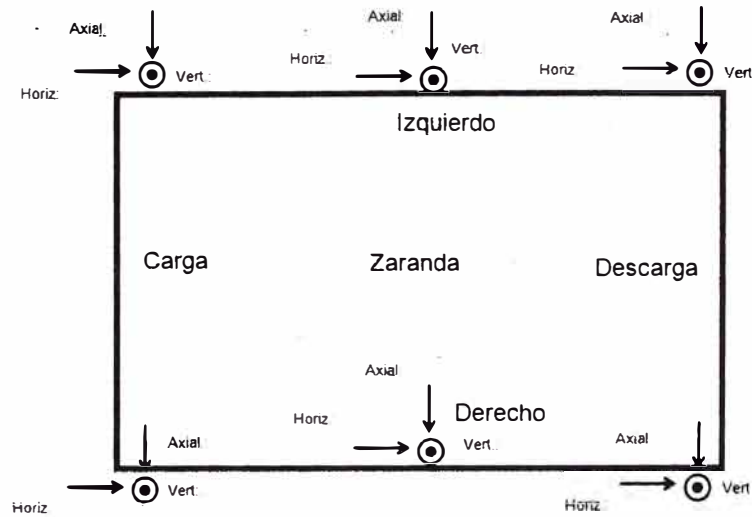


Fig. 6.3 Puntos de monitoreo de zaranda.

- Pruebas de Resonancia: Se realizaron pruebas de resonancia con el equipo detenido y se encontró resonancia en algunas zonas de la zaranda, con tal resultado se procedió a modificar la rigidez de la zona con resonancia.

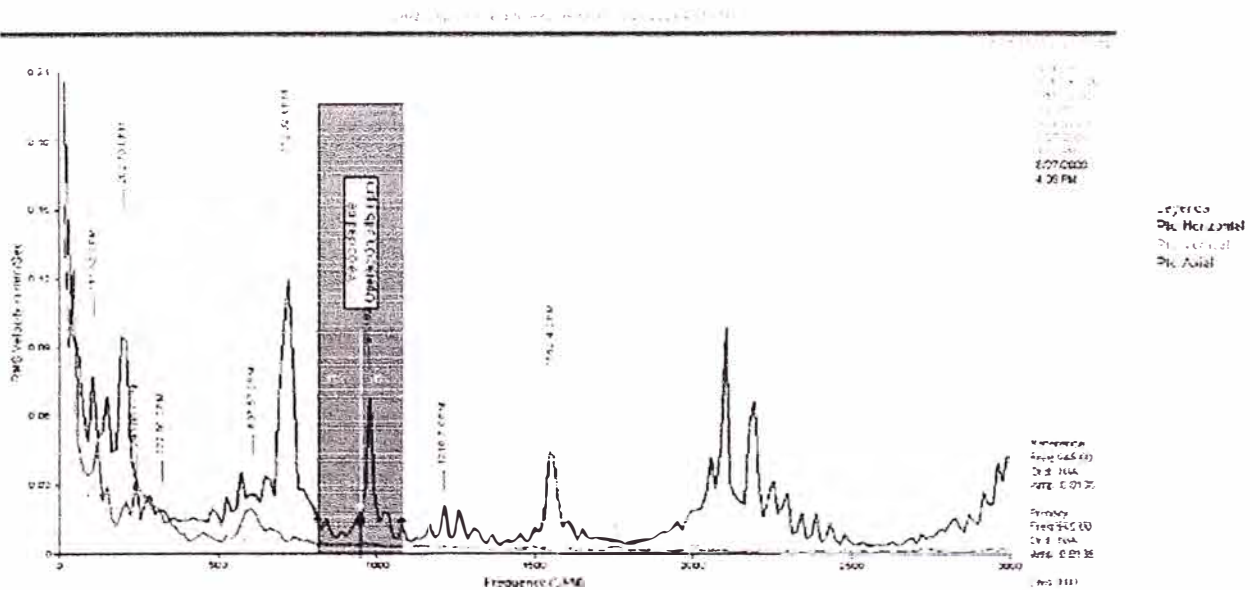


Fig. 6.4 Registro de pruebas de resonancia

Límites de Desplazamiento: Se toma vibración en las direcciones horizontales y verticales en los puntos antes indicados, se halla la resultante mediante pitágoras.

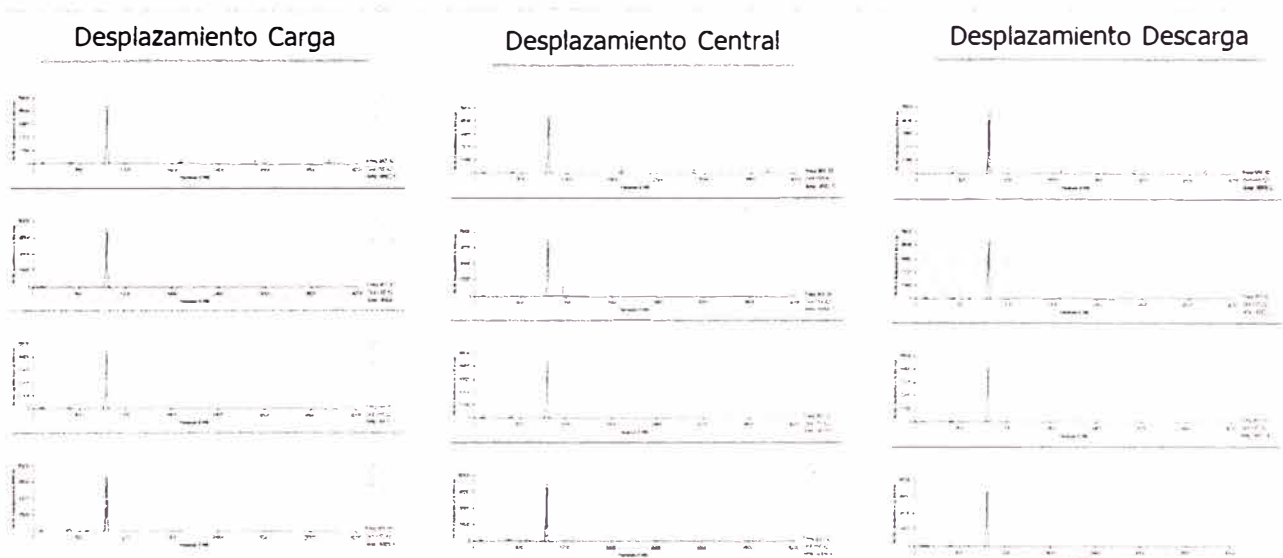


Fig. 6.5 Registro de pruebas de desplazamiento

$6350 \text{ micras} \leq S \leq 9.52 \text{ micras}$

SLHF= 5951.68 micras. X

SRHC= 6441.68 micras. ✓

SRHF= 6631.28 micras. ✓

SLHD= 6603.24 micras. ✓

SLHC= 6551.68 micras. ✓

SRHD= 6705.60 micras. ✓

SLHF - SRHF = 679.6 micras X

SLHC - SRHC = 110.0 micras ✓

SLHD - SRHD = 102.36 micras ✓

Limites de Ángulos de Desplazamiento: De los datos de vibración en las direcciones horizontal y vertical, el ángulo de la resultante es el ángulo de desplazamiento de la zaranda.

$$\text{Arctang}(Sv/Sh)=\beta^\circ$$

Sv: Desplazamiento vertical

Sh: Desplazamiento horizontal

$\beta^\circ$ : Angulo de desplazamiento

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_D = \text{LHD} - \text{RHD} \\ \Delta_C = \text{LHC} - \text{RHC} \\ \Delta_F = \text{LHF} - \text{RHF} \end{array} \right\} \Sigma \Delta = \Delta_D + \Delta_C + \Delta_F \leq 6^\circ$$

$$\text{LHD} = 46.09$$

$$\text{RHC} = 45.90$$

$$\text{RHD} = 47.50$$

$$\text{LHF} = 42.00$$

$$\text{LHC} = 47.30$$

$$\text{RHF} = 47.92$$

$$(47.50-46.09)+(47.30-45.90)+(47.92-42.00) = 8.73 \text{ x}$$

$$\text{LHF} - \text{LHD} \leq 20^\circ$$

$$\text{RHF} - \text{RHD} \leq 20^\circ$$

$$42.00 - 46.09 = 4.09 \checkmark$$

$$47.92 - 47.50 = 0.42 \checkmark$$

Se puede observar que la zaranda presenta movimiento no uniforme en la zona de alimentación izquierda, con lo que se realizo una inspección de la impregnación de carga en las malla además de inspección de los resortes, encontrándose un resorte rajado.



Fig. 6.6. Fallas en los resortes, encontradas a partir de los diagramas de desplazamiento.

### Análisis de Aceites

En el caso a continuación podemos observar como la presencia de contaminantes como el silicio (polvo) puede ocasionar un acelerado desgaste de los engranajes en la caja reductora, para este caso se recomienda realizar un cambio de aceite al excitador.

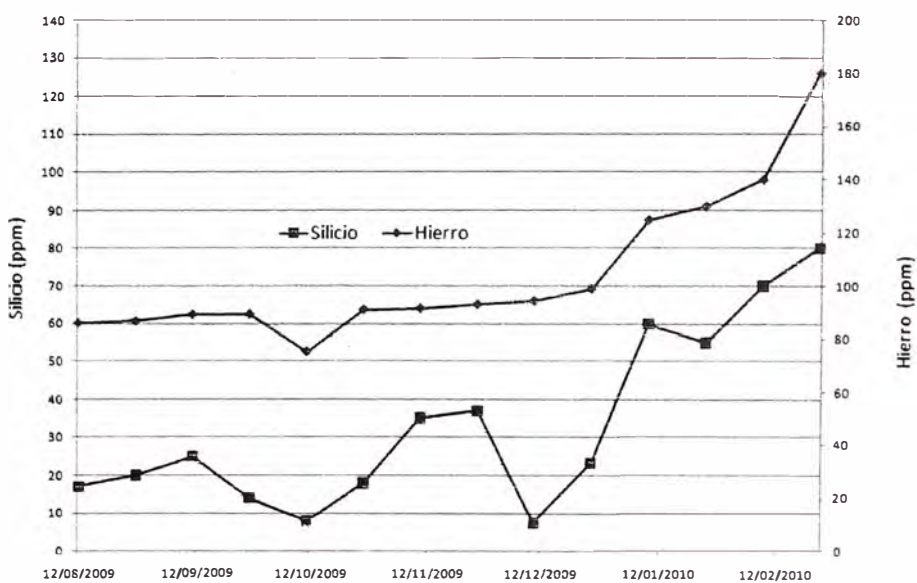


Fig. 6.7 Diagrama de concentración de hierro y silicio

## 6.2 Reducción de fallas

La aplicación del programa de mantenimiento predictivo tiene como consecuencia la reducción de fallas, pero esta no es una reducción del 100 % si no que la detección oportuna de las advertencias de fallas producen una reducción gradual de estas.

La reducción más importante se produce en el caso las fallas estructurales de el cuerpo de la carcasa, las cuales por ser detectados a tiempo los signos de en el primer año se reducen en un 50 %, y se espera que la tendencia de reducción se mantenga hasta su eliminación total.

## 6.3 Reducción de costos

La reducción de costos obtenida el primer año de operación del programa de mantenimiento predictivo se muestra en la tabla 6.1

*Tabla 6.1 Reducción de fallas y costos por aplicación del mantenimiento preventivo*

COMPONENTE	Nuevo US\$	Reparación
Fisura de Lav shaft	4900	N/A
Fisura de back member	6065	N/A
Fisura de drive member	31717	N/A
Cross member MK 1	6312	N/A
Cross member MK 6	6312	N/A
Cross member MK 4B	3598	N/A
Cross member MK 5	5134	N/A
Falla de rodamientos v chumaceras	352	N/A
Falla de excitadores	20641	N/A
Falla de excitadores	1517	Cambio
Total	86548	

## CAPÍTULO VII EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

### 7.1 Beneficios

Se consideran como beneficios el ahorro obtenido por la reducción de costos de mantenimiento que son los siguientes:

*Tabla 7.1 Beneficios por aplicación de mantenimiento predictivo*

Costo anual		
Mantenimiento preventivo	US\$	215566
Mantenimiento predictivo	US\$	86548
Ahorro anual	US\$	129018

### 7.2 Costo

El costo anual comprende los costos de inversión, los costos anuales de aplicación de del programa de mantenimiento predictivo, considerando los costos del análisis vibracional y de los análisis de aceites. Se consideran también los gastos generales.

Se asume que los instrumentos y los vehículos se deprecian linealmente en un periodo de cinco años al final de los cuales se asume que no tienen ningún valor de recuperación.

### 7.3 Indicadores económicos

Se obtienen los indicadores económicos y financieros para determinar la rentabilidad del la aplicación del programa mantenimiento predictivo con respecto al programa de mantenimiento preventivo utilizado actualmente. Estas evaluaciones se realizan aplicando el método del costo uniforme equivalente con las siguientes consideraciones:

Se fija un período de evaluación de 10 años

Se asume una tasa de interés de 12 % anual.

El costo de inversión, se considera constituido por la adquisición de instrumento y vehículos y capacitación de personal, que es de US\$ 129 018.

En el costo anual se consideran todos los costos de la aplicación del programa de mantenimiento predictivo que ascienden a US\$ 11 366 No se consideran los gastos generales porque se asume que en ambos casos son iguales.

En los Beneficios se considera el ahorro en la reducción de costos de reparaciones de fallas que es de 129 018 US\$.

El flujo de caja es positivo y es de US\$ 117 652.

El flujo de caja se muestra en la Fig. 6.1

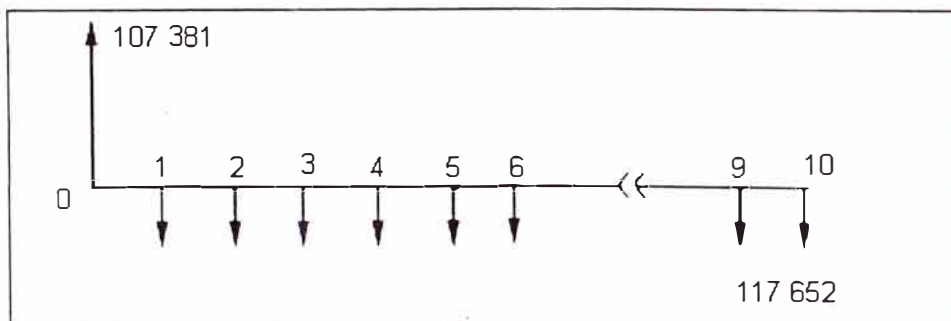


Fig. 6.1 Flujo de caja de aplicación de mantenimiento predictivo

El valor presente de los beneficios es

Tasa de interés	%	12
Años	n	10
Fact. de actualización		5,6502
Costo anual uniforme	US\$	129018
VALOR PRESENTE	US\$	728980

El valor presente neto se obtiene de la diferencia de este valor presente neto menos la inversión por lo que resulta de 621 599 US\$.

La relación Beneficio/Costo considerando el VPN de 728 980 y la inversión de 107381 resulta de 6,78.

La tasa interna de retorno TIR es 180 %.



## CONCLUSIONES

- 1 Los indicadores económicos evaluados muestran que el Valor presente neto es de US\$ 728 980, con una relación Beneficio/Costo de 6,78 y un TIR de 180 % que indican que la implementación del mantenimiento predictivo es rentable y muy atractiva.
- 2 El periodo de recuperación de capital es menor a un año.
- 3 En la evaluación se ha supuesto que el costo de reparación es constante en todo el periodo de vida. Esto en realidad es una suposición conservadora, pues a medida que el programa se ejecuta se gana experiencia y se mejora la detección de las señales de alerta de falla, con lo que se reducen los costos del mantenimiento predictivo y se mejoran los indicadores económicos.
- 4 El establecimiento de los valores de alarma depende en gran medida del conocimiento y experiencia de los operadores del programa, porque en muchos casos no hay valores de referencia fijados por una norma técnica o la recomendación de los fabricantes.
- 5 La aplicación del mantenimiento predictivo ha tenido como consecuencia una reducción de fallas no reparables de 23 a 10 fallas el primer año, lo que representa una reducción de número de fallas de 13 y una reducción de costos de reparaciones de 129 018 US\$ que representan el 56,5 % y el 59.9 % respectivamente del total de lo reparado y gastado antes de aplicar el mantenimiento predictivo.

- 6 Se recomienda hacer un seguimiento cuidadoso de los valores medidos para establecer valores propios de advertencia de fallas, que puedan ser claramente identificados para evitar que se produzcan fallas costosas

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 PAREJA FERNANDEZ RICHAD. Informe de Experiencia Profesional "Diseño e implementación del programa de mantenimiento predictivo en la Sociedad Minera Cerro verde S.A.A" Facultad de Ingeniería Producción y Servicios. UNSA. Arequipa, Perú. 2007.
- 2 <http://www.sinais.es/normativa/iso2372.html>. Norma ISO 2372
- 3 VSMA. Vibrating Screens Manufactures Association
- 4 SCHENCK AUSTRALIA. *Performance Testing of screens.*
5. <http://www.haverbrasil.com.br/images/equipamentos/mineral>
- 6 Noria Corporation
- 7 Anthony J. Tarquin. Ingeniería económica. Editorial McGraw Hill Interamericana de Mexico. Tercera Edición. Mexico. 1992.

## Anexos

## INTRODUCTION

### 1.1 Scope

This manual contains all the information necessary to configure, calibrate and install the VMR Vibration Monitoring Relay. Service Manuals containing circuit descriptions, board layouts, parts lists, and circuit diagrams (for those situations where equipment will be serviced by the user) are available. For information on warranty claims or service please contact SYNTECHTRON.

### 1.2 Revision History

V1.02 March 1994

### 1.3 Manual Organisation

The manual is divided into three sections

- Installation, which provides the necessary connection information;
- Calibration, which provides the information needed for routine calibration;
- Field connections and outlines.

### 1.4 General Description

The VMR allows you to set trip points on a particular signal. They accept signals from a variety of sources according to the personality card fitted. Trip conditions operate SPDT relay outputs according to the set-up. The instrument covered by this manual has the following physical features:

- Input type selected by plug in personality card;
- Mains powered;
- Three port isolation to 1.5 k V (ac and dc);
- Compact metal enclosure;
- Temperature stable operation;
- 35 millimetres Top Hat and G-rail mount (with optional gear plate bracket);
- Connections via removable, screw type, terminal blocks.

The major qualification for inclusion in this manual is that the input type is governed by the addition of a personality card.

The units are all powered devices, which can accept DC or AC supplies depending on the power supply board used in the unit. In all cases the input and output circuits of the units are isolated from each other and from the power supply (3 port isolation). Also provided is provision for power supply (-12V/0V/+12V) to a field mounted Transducer.

Standard units clip directly onto 35 millimetres Top Hat rail and G-Rail. A gear plate mounting bracket is available as an option.

## INSTALLATION

### 2.1 General Description

This chapter gives you some guidelines for installing the 4-wire transmitters covered by this manual.

The Model Number label is on the left hand side panel of the instrument and includes calibration information, input type and power supply requirements. You should check your requirements against the Model Number before installation.

**NOTE:** All new instruments are fully calibrated before leaving the factory and should not need adjustment until the next scheduled calibration.

### 2.2 Location

A mounting clip that fits both 35mm Top Hat Rail and G-Rail is normally fitted to all transmitters. You can also order them with a gearplate mounting bracket as an option.

Locate the instrument in an area that is free from dust, moisture and corrosive gases.

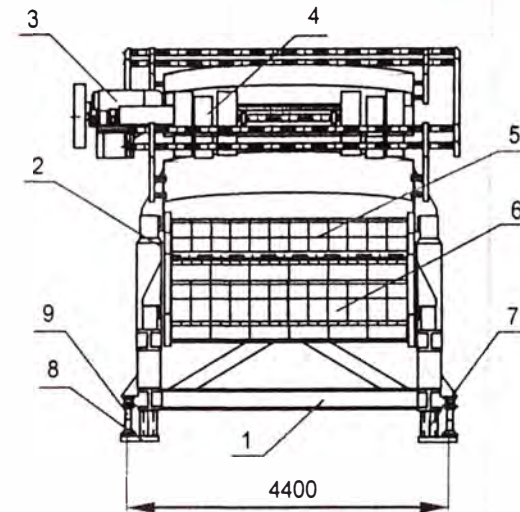
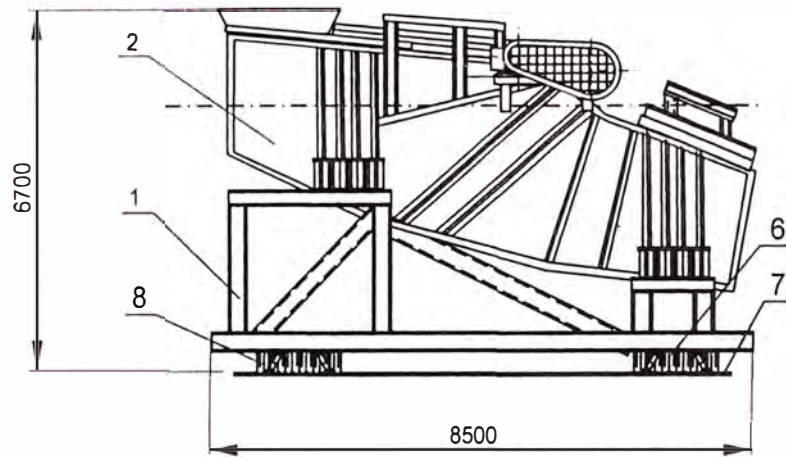
### 2.3 Wiring Information

In general, you should choose your cables to avoid large voltage drops for any signal (input or output). Twisted pair cable is recommended. If you use shielded cable, you should only connect the shield/drain at the source of the signal carried by the cable. Refer section 5.4 for correct wiring options.

### 2.4 Electrical Connections

The following diagram Figure 2.1 gives external connection information for the VMR. Input connections can be found in the following pages.

**NOTE:** Earth connection must be attached to the stud on the underside of the housing of AC power supplies, this connection must be attached before mains power is applied (for compliance with AS-3000-clause 5.4.4). For DC powered devices, terminal 9 can be used for the earth connection (complies with AS3000 clause 7.16).



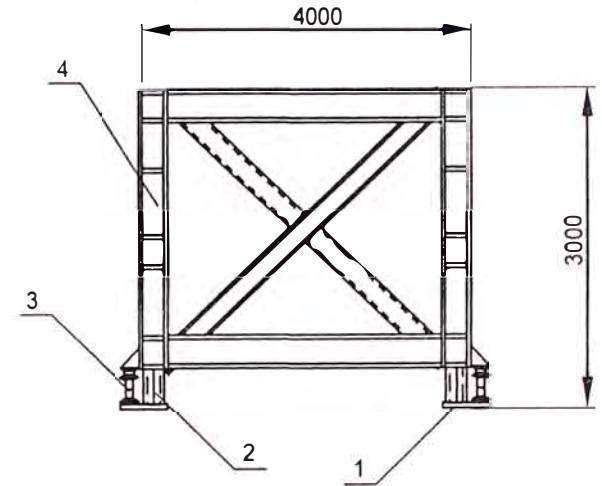
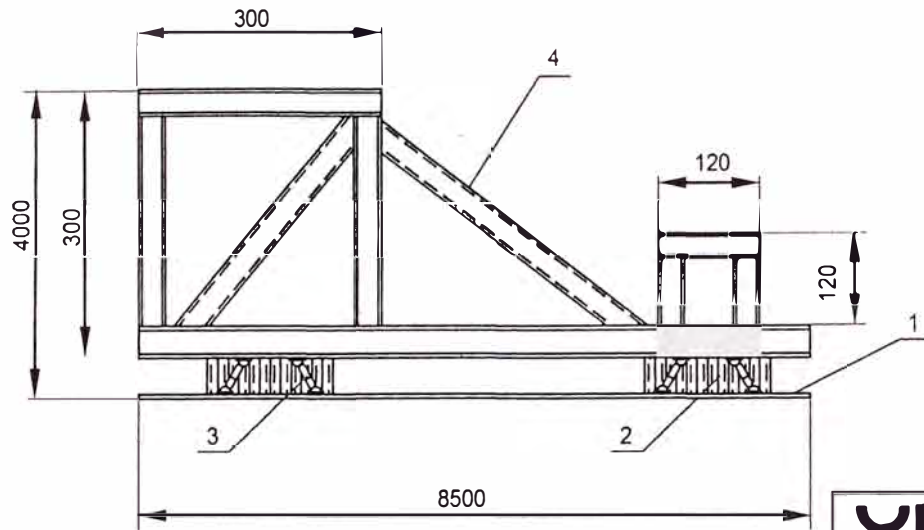
9	Amortiguador		Acero A36	1
8	Base de soporte	8500 x 4400 mm	Acero A36	1
7	Resortes		AISI 1085	24
6	Tamiz superior		Goma	1
5	Tamiz inferior		Poliuretano	1
4	Exitador		Acero A36	
3	Motor eléctrico	9.3 kW, 460V, 60 Hz		1
2	Paredes laterales		Acero A36	1
1	Estructura de soporte		Acero A36	
Nº	Denominación	Dimensiones	Material	Cant



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

Denominación: **ZARANDA BANANA DE 2200 TMH**  
**COMPONENTES PRINCIPALES Y DIMENSIONES**

DISEÑO	A. Cortez Ch.	Escala	Todas las medidas en mm	Vo Bo
DIBUJO	A. Cortez Ch.	S/E	PLANO N° M1	Rev.
REVISADO	F. A. A.	Fecha		
APROBADO	F.A. A.	01-05-10	Reemplazado por:	



Nº	Denominación	Dimensiones	Material	Cant
4	Estructura		Acero A36	1
3	Amortiguador		Acero	8
2	Resorte		AISI 1085	24
1	Base de soporte		Acero A36	1



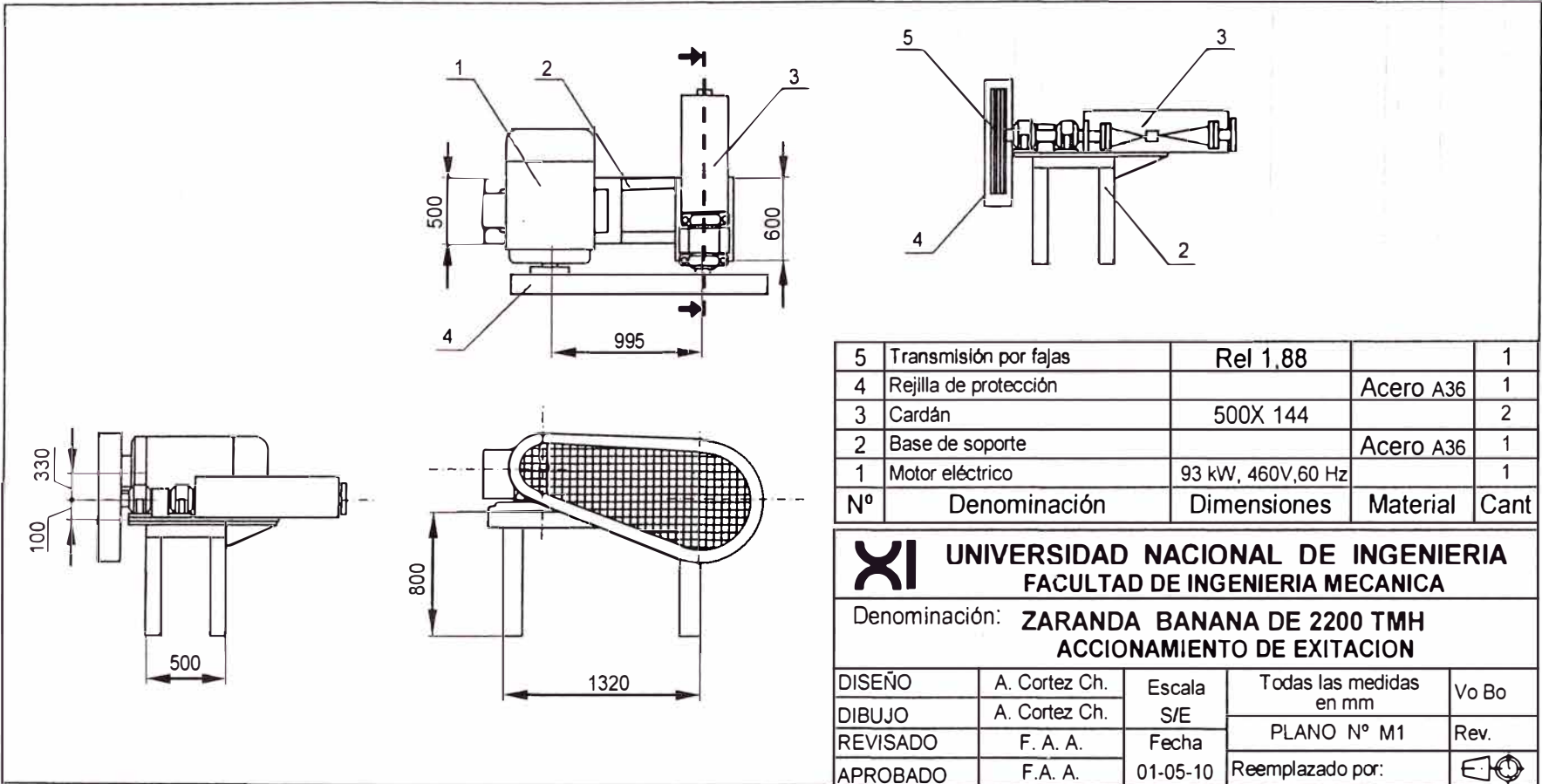
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

Denominación: **ZARANDA BANANA DE 2200 TMH**


**ESTRUCTURA**

DISEÑO	A. Cortez Ch.	Escala	Todas las medidas en mm	Vo Bo
DIBUJO	A. Cortez Ch.	S/E	PLANO N° M2	Rev.
REVISADO	F. A. A.	Fecha		
APROBADO	F. A. A.	01-05-10	Reemplazado por:	





5	Transmisión por fajas	Rel 1,88		1
4	Rejilla de protección		Acero A36	1
3	Cardán	500X 144		2
2	Base de soporte		Acero A36	1
1	Motor eléctrico	93 kW, 460V,60 Hz		1
Nº	Denominación	Dimensiones	Material	Cant

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>				
Denominación: <b>ZARANDA BANANA DE 2200 TMH</b> <b>ACCIONAMIENTO DE EXITACION</b>				
DISEÑO	A. Cortez Ch.	Escala	Todas las medidas en mm	Vo Bo
DIBUJO	A. Cortez Ch.	S/E	PLANO N° M1	Rev.
REVISADO	F. A. A.	Fecha		
APROBADO	F.A. A.	01-05-10	Reemplazado por:	