

Cuaderno del Instructor

Módulo 10: “Mantenimiento de ventiladores”.

PFMME-3-01/V.1-[PE01-M10/v.1]

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl



Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.



Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.



Para las instituciones educativas:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.



Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.



Índice

Descripción del documento	7
Módulo X: Mantenimiento de Ventiladores	8
1. Cambio de componentes de ventiladores para verificación de fallas	9
1.1 Cambio de componentes de ventiladores	9
1.2 Inspección visual.....	14
1.3 Pautas de inspección	16
Actividad N° 31	17
2. Inspección básica con instrumentos de chequeo de vibraciones y desbalanceo ...	20
2.1 Instrumento de balanceo.....	20
2.3 Pruebas funcionales.....	29
Actividad N° 32	31

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Mantenedor Mecánico Avanzado Equipos Fijos.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se indican a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo, el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los objetivos planteados para la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto de las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas correctas. La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75% de aciertos.

Módulo X: Mantenimiento de Ventiladores

1. Cambio de componentes de ventiladores para verificación de fallas

En ocasiones, el resolver problemas que se presentan en los equipos de ventilación, se requiere de efectuar diagnósticos organizados que nos lleven a la solución, para esto hay que analizar bien el problema, definir las causas que puedan ocasionarlos y efectuar las correcciones o cambios de componentes adecuados para poner nuevamente en servicio las unidades en las mejores condiciones.

En la industria minera se tienen una gran variedad de ventiladores de los cuales se tiene los siguientes tipos de ventiladores:

- Ventiladores axiales
- Ventiladores centrífugos

Intervención

- En el tratamiento inicial de las menas los ventiladores incrementan el flujo del aire en procesos de lixiviación.
- Suministran aire para reacciones de fundición de menas de metales básicos concentrados como cobre, plomo, etc.

1.1 Cambio de componentes de ventiladores

El cambio de componentes en ventiladores se debe a una serie de factores, por lo que a continuación se muestra la siguiente tabla según el tipo de ventilador.

a) Ventilador Axial

Toma el aire en la misma dirección que su eje de rotación, pero lo centrifuga contra una carcasa envolvente y acaba impulsándolo por una boca de esa carcasa, en una dirección que forma ángulo recto con el eje de rotación.

- **Ventiladores axiales de acoplamiento directo**

Falla	Causa	Solución
Baja presión diferencial del ventilador	Alabes rotos Dámper de descarga muy abierto	Cambio de álabes Ajuste de dámper
Altas vibraciones	Daño en los rodamientos Álabes con distinto ángulo	Cambio de rodamientos Ajuste de álabes

Tabla 1



Figura 1

Ventilador axial de acoplamiento directo

- **Ventiladores axiales de acoplamiento directo con flujo variable**

Falla	Causa	Solución
El actuador abre al 100% pero no da flujo	Daño en rótula del mecanismo de ajuste	Cambio de rótula
Alta vibración	Daño en los rodamientos del motor	Cambio de rodamientos del motor

Tabla 2

Figura 2



Cambio de rodamientos en ventilador por altas vibraciones



Rodamiento con álabes despostillados debido al roce con la carcasa

b) Ventilador centrífugo

Es el que recoge e impulsa el aire (u otro gas) en la misma dirección que el eje de rotación de sus aspas.

- **Ventiladores centrífugos accionados por bandas**

Falla	Causa	Solución
Baja presión diferencial del ventilador	Daños en rodamientos del motor o ventilador	Cambio de rodamientos
Altas vibraciones	Daño en los rodamientos Álabes con distinto ángulo	Cambio de rodamientos Ajuste de álabes
Baja presión diferencial del ventilador y bajo flujo	Bandas flojas o dañadas Dámper de equipo fuera de servicio abierto, cerrado pero con empaques dañados	Cambio de empaque

Tabla 3



Cambio de bandas de un ventilador centrífugo



Cambio de rodamientos de un ventilador con altas vibraciones y sonidos extraños

Figura 3

Cambio de rueda de un ventilador centrifugo

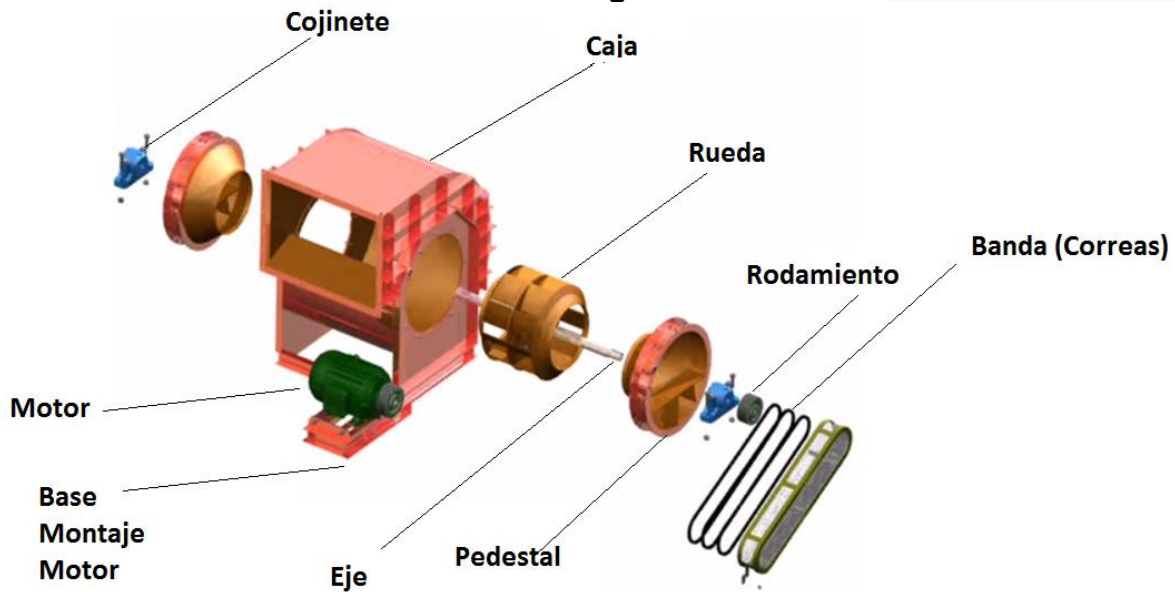


Figura 4

Desmontaje para realizar el cambio de rueda

1. Retire la tapa de protección de las bandas
2. Afloje el motor y retire las correas de transmisión

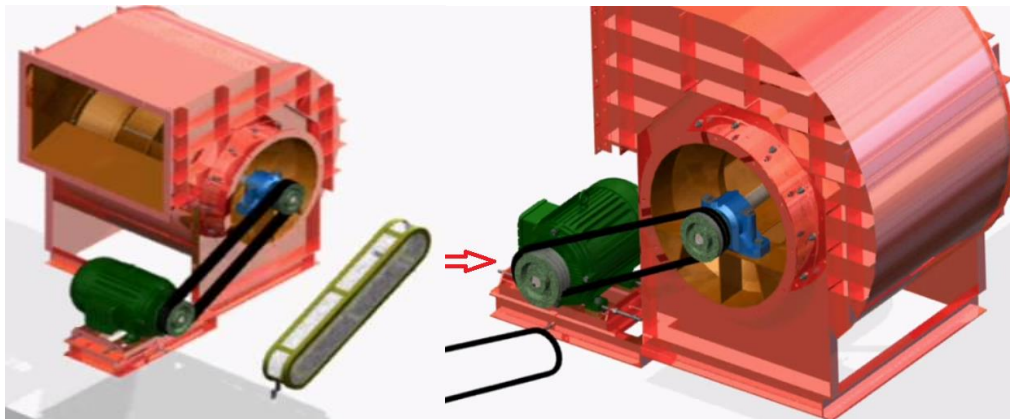


Figura 5

3. Retire poleas del cojinete
4. Desacople pernos de sujeción y retire el cojinete.

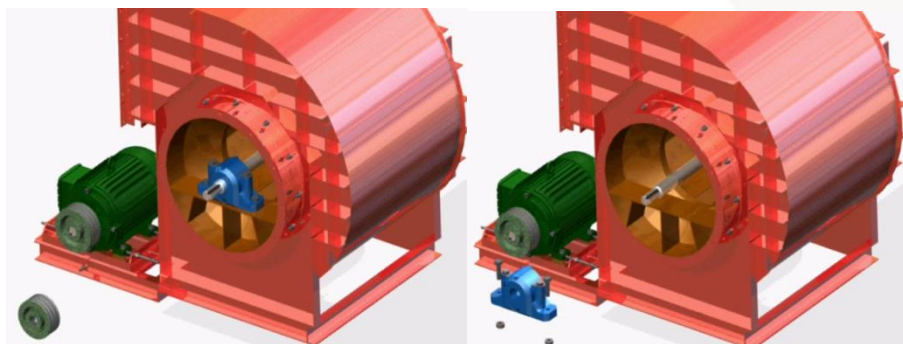


Figura 6

5. Retire pedestal de ambos costados

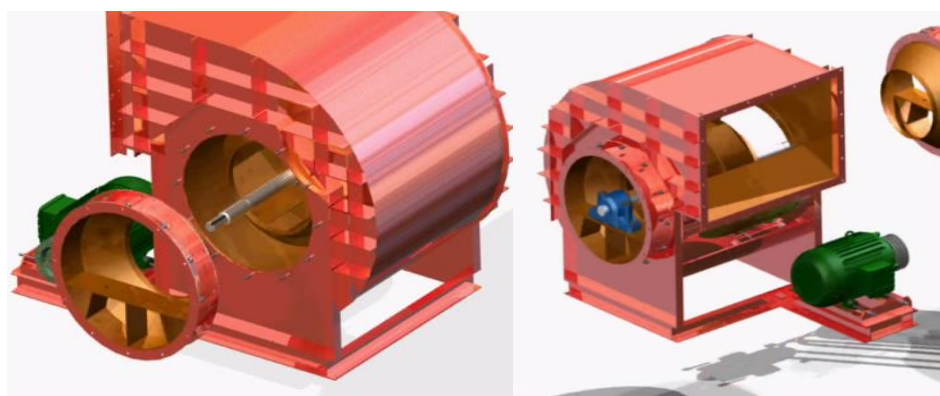


Figura 7

6. Se retira el segundo cojinete
7. Se extrae la rueda junto con el eje

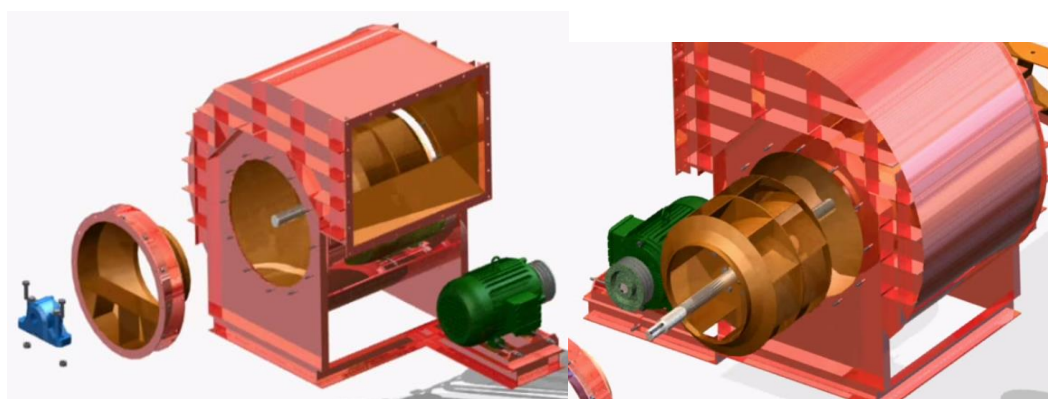


Figura 8

8. Se retiran los pernos y se desacopla el eje de la rueda
9. Se cambia la rueda por una nueva

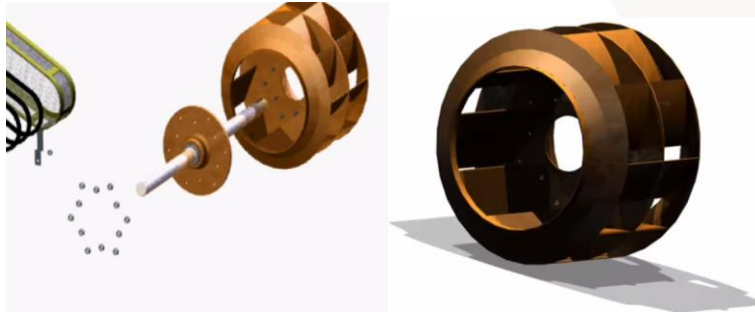


Figura 9

Montaje para realizar el cambio de rueda

Para realizar el montaje se deberá realizar los siguientes pasos

1. Se instalan los pernos y se acopla el eje a la rueda
2. Se monta la rueda junto con el eje
3. Se integra el cojinete
4. Se monta el pedestal de ambos costados
5. Se posiciona el cojinete y se instalan los pernos de sujeción.
6. Se instala la polea del cojinete
7. Se instalan las correas de transmisión y se ajusta el motor hasta tensar con un tensiómetro la banda
8. Instale la tapa de protección de las bandas

1.2 Inspección visual

La inspección visual del estado de una máquina a veces puede ser difícil, así como las ocasiones en que hay que inspeccionar la máquina por dentro. Los estroboscopios se usan para congelar la imagen del movimiento de una máquina para permitir la inspección de aspas de ventiladores, acoplamientos y correas mientras funcionan. Para la inspección de las piezas internas de una máquina suele hacer falta desmontarla. Utilizando un endoscopio, es posible acceder al área de interés con un desmontaje mínimo, ahorrando tiempo y dinero.

- Chequeo para el Arranque
- Retirar objetos extraños que puedan ser succionados o que impidan la libre operación
- Asegurar que la malla protectora este correctamente ubicada

Inspecciones visuales con instrumentos

Boroscopia

Un boroscopio, es un dispositivo óptico que consiste en un tubo rígido o flexible con un ocular en un extremo, una lente de objetivo en el otro unidos por un relé de sistema óptico en el medio. El sistema óptico en algunos casos está rodeado por fibras ópticas utilizadas para la iluminación del objeto remoto. Una imagen interna del objeto iluminado está formada por la lente de objetivo y magnificado por el ocular que presenta al ojo del espectador.

Los Boroscopios rígidos o flexibles pueden estar equipados con una imagen o vídeo dispositivo.

Los Boroscopios se utilizan para trabajos de inspección visual en el que el área a inspeccionar es inaccesible por otros medios. Dispositivos similares para uso dentro del cuerpo humano se conocen como endoscopios. Boroscopios se utilizan principalmente no destructivos técnicas para el reconocimiento de los defectos o imperfecciones.

Los Borescopes se utilizan comúnmente en la inspección visual de los motores de aviones, turbinas de gas industrial aeroderivativas, turbinas de vapor, motores diesel y motores de automóviles y camiones. Las turbinas de gas y vapor requieren una atención especial debido a los requisitos de seguridad y mantenimiento. Inspección del animascopio de los motores se puede utilizar para prevenir el mantenimiento innecesario, que puede llegar a ser extremadamente costoso para grandes turbinas. También se utilizan en la fabricación de las piezas mecanizadas o yeso para inspeccionar las superficies interiores críticos para rebabas, acabado de la superficie o completa a través de los orificios pasantes. Otros usos comunes incluyen aplicaciones forenses en cumplimiento de la ley y la inspección de la construcción, y en fabricantes de armas para inspeccionar el orificio interior de un arma de fuego. En la Segunda Guerra Mundial, se utilizaron boroscopios rígidos primitivas para examinar los orificios interiores (de ahí "aburrir" ámbito de aplicación) de las grandes armas de defectos.



Figura 10

1.3 Pautas de inspección

- Verificar engrase rodamientos
- Chequear posibles daños en carcasa , dampers e impulsores
- Chequear ajuste de tornillos de la carcasa y motor
- Controlar tensión de la correa
- Comprobar ajuste de poleas y tornillos en ventilador
- Inspeccionar filtros de aire, aceite si es necesario
- Revisar carcasa, malla protectora y aislamiento térmico por seguridad o posibles daños.

Este mantenimiento, también incluye, cambio de correas, filtros, aceite según recomendaciones del fabricante de acuerdo a las horas y al ambiente de operación.

Mantenga registros escritos de todas las actividades relacionadas con el sistema. En caso de requerirse un servicio técnico o una evaluación de desempeño se requieren todos los datos que posibiliten un diagnóstico verás y oportuno.

Adicionalmente puede establecerse un programa de mantenimiento preventivo. Algunos elementos del sistema deberán ser chequeados y reemplazados (partes mecánicas, de transmisión de potencia, rodamientos...) si están defectuosos, o reemplazados con una periodicidad regular.

Reemplazar rueda de ventilador centrífugo

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que los participantes apliquen el reemplazo de una rueda en un sistema de ventilación centrífuga.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Web	Plataforma	
Explicación demostrativa en aula		
Recurso Audiovisual		
Propuestas de situaciones problemáticas		
Formulación de Preguntas		
Trabajo en taller		✓

Objetivo de aprendizaje

Describir reemplazo de un componente de un ventilador centrífugo en una secuencia lógica.

Descripción de la actividad

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o en forma individual, en taller o en sala. Solicitará a los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Materiales y Recursos

- Kit de herramientas
- Tensiómetro
- Rueda de ventilador centrífugo
- Ventilador centrífugo

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de las instalaciones de taller.
 - Casco
 - Lente de seguridad
 - Zapatos de seguridad
 - Guantes de seguridad
 - Chaleco reflectante
 - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller deje todo limpio y ordenado

Desarrollo de la Actividad

El instructor entregará a los participantes los componentes que se desean reemplazar, quienes deberán seguir una secuencia lógica en desarme, cambio y arme de la rueda. El trabajo será evaluado por el instructor en forma personal como realizan el trabajo y a través del informe entregado por los participantes.

El participante debe realizar

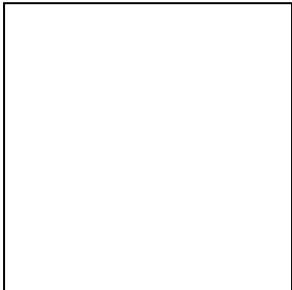
Participantes	Fecha:
Componente ensayado: Componente entregado por el instructor	
Procedimiento aplicado <ul style="list-style-type: none">1. Retirar la tapa de protección de las bandas2. Aflojar el motor y retire las correas de transmisión3. Retirar poleas del cojinete	

4. Desacoplar pernos de sujeción y retire el cojinete.
5. Retirar pedestal de ambos costados
6. Se retira el segundo cojinete
7. Se extrae la rueda junto con el eje
8. Se retiran los pernos y se desacopla el eje de la rueda
9. Se cambia la rueda por una nueva

Una vez cambiado la rueda se deberá realizar el montaje según manual

Conclusiones de la actividad

El participante debe anotar las conclusiones de la actividad

 <p>Fotografía del componente Si es posible</p>	<p>Nombre Inspector :</p> <p>_____</p>
	<p>Firma Inspector :</p> <p>_____</p>
	<p>Recomendaciones :</p> <p>_____</p>

Cierre

En función de los resultados, instructor retroalimenta a los participantes, destacando las fortalezas y brechas.

Instructor realiza revisión junto a los participantes del ejercicio **Reemplazar rueda de ventilador centrífugo**, destacando los desempeños acorde a los resultados esperados y retroalimentando en donde exista brechas por cubrir.

2. Inspección básica con instrumentos de chequeo de vibraciones y desbalanceo

De una manera simple, la vibración en un ventilador puede ser considerada como la oscilación o movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio.

- La posición de equilibrio es la posición del objeto cuando la fuerza que actúa sobre él alcanza el valor cero. Este tipo de vibración es llamada “de movimiento de cuerpo entero”, lo que significa que todas las partes del cuerpo se mueven en la misma dirección y al mismo tiempo.
- El movimiento vibratorio de todo el cuerpo puede ser descrito como la combinación de seis movimientos individuales, y estos son de traslación en la dirección de los ejes ortogonales y la rotación en estos tres ejes.
- La vibración de un cuerpo es siempre causada por una fuerza excitatriz. Esta fuerza puede ser aplicada externamente o bien puede originarse desde el interior del objeto.

2.1 Instrumento de balanceo

Las vibraciones anómalas suelen ser una primera indicación de una posible falla en Los ventiladores. Algunas de las causas de esas vibraciones son el desequilibrio, la desalineación, las piezas flojas, el deterioro del rodamiento y los daños en las aspas de ventiladores.

Los instrumentos y sistemas de análisis de la vibración ayudan a detectar muchos problemas graves en su fase inicial, permitiendo al personal realizar labores correctivas a tiempo.

- **Indicador de la Condición del ventilador**

El Indicador de la Condición del ventilador es un sensor e indicador de vibraciones que sirve para monitorear máquinas no críticas. Es ideal para ventiladores con condiciones de funcionamiento constante.

Los sensores internos miden la velocidad, la envolvente de aceleración (vibración impulsiva del rodamiento o aspas) y la temperatura de la superficie de la máquina. La clave de lectura magnética incluida se usa para activar el Indicador de la Condición de la Máquina, cambiar los modos de funcionamiento, configurar los puntos de referencia de la vibración y reconocer las alarmas.



Figura 11

- **Colector y analizador de vibraciones FFT portátil de alto rendimiento:**

Solución para garantizar la disponibilidad de los equipos industriales con base en el Análisis de vibraciones orientado a gestión de confiabilidad. Permite la detección prematura en tiempo real de problemas tales como desbalanceo, holgura mecánica, desalineación, distensión en bandas, fallas, fractura, daños en rodamientos y mucho más.

La estrategia de Gestión de Confiabilidad del sistema permite que el encargado de vibraciones en la planta tome decisiones fácilmente y apoye a los ejecutores de mantenimiento con información ágil, oportuna y veraz.



Figura 12

Se caracteriza por el equilibrio entre portabilidad, capacidad de muestreo, análisis y ayudas en campo, obteniendo medidas de alta precisión y agilizando las actividades de diagnóstico y balanceo dinámico.

Su diseño integra el colector y el computador en una sola unidad, de esta manera los usuarios no necesitan trasladarse del campo a la oficina para cargar o descargar rutas de medición, y pueden llevar a cabo la evaluación de los datos en campo y en tiempo real.

Para la captura de datos, cuenta con los siguientes canales:

- 3 Canales para Vibración (acelerómetro, velocímetro, sensor de proximidad).
- 1 Canal para Sensor Óptico de marca de Giro (medición de fases).
- Adicionalmente cuenta con Cámara integrada, puertos USB, Red inalámbrica, Videobeam, LAN.
- Estroboscopio:

Los estroboscopios portátiles son compactos y fáciles de utilizar que hacen que el movimiento de la maquinaria giratoria o de movimiento recíproco aparezca inmovilizado. Permiten inspeccionar durante el funcionamiento aplicaciones tales como aspas de ventilador, acoplamientos y transmisiones por correa. Los estroboscopios son útiles para los programas y son un instrumento esencial para los técnicos de mantenimiento.



Figura 13

- Traductor de vibraciones

El transductor es un aparato que produce una señal eléctrica que es una réplica, o análogo, del movimiento vibratorio que está captando: - Desplazamiento – velocidad – aceleración

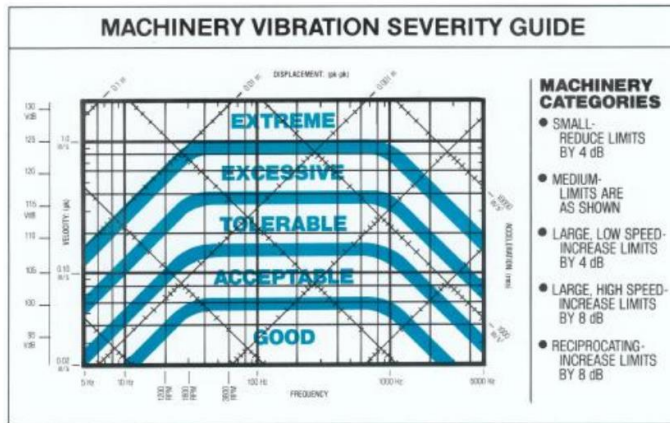


Figura 14

2.2 Balanceo estático y dinámico

El equilibrado tiene la misión de corregir o eliminar fuerzas o momentos de inercia indeseables en el funcionamiento de los ejes de un ventilador.

Estas fuerzas pueden ocasionar vibraciones que en algunos casos pueden alcanzar amplitudes muy peligrosas. Además, aunque esto no ocurra, las vibraciones aumentan los esfuerzos en los componentes y someten a fuerzas variables a los rotores pudiendo provocar un fallo prematuro por fatiga.

Aunque se puedan producir piezas con tolerancias muy ajustadas, generalmente resulta más económico realizar piezas menos precisas y realizarles posteriormente un proceso de equilibrado, siendo esta la principal justificación de esta máquina.

En una balanza hay equilibrio si en ambos lados tenemos el mismo peso.

- De la misma manera hay que imaginarse la distribución del peso de un rotor con respecto a su eje de giro. Cuando el peso no está distribuido de manera igual hablamos de desequilibrio.
- Cuando gira un rotor con desequilibrio se generan fuerzas centrífugas, vibraciones y ruidos, que aumentan al subir la velocidad.

Efectos nocivos del desbalanceo:

Vida útil

Rodamientos, apoyos, carcasa y fundaciones reciben mayor carga y sufren mayor desgaste. Productos mal o no equilibrados suelen tener una vida bastante más corta.

Seguridad

Vibraciones pueden aflojar tornillos y tuercas, hasta soltar fijaciones. Interruptores y conexiones eléctricas pueden dañarse por vibraciones. Desequilibrio puede influir negativamente en el funcionamiento correcto y seguro, incrementando el peligro para personas y máquinas.

Calidad

Trabajando con una máquina manual con altas vibraciones el resultado no tendrá mucha precisión y el esfuerzo es mayor. También en máquinas herramientas las vibraciones influyen negativamente en el resultado.

Competitividad

Un funcionamiento suave sin ruidos siempre será también una señal de calidad. De esta manera desequilibrio puede bajar considerablemente su competitividad.

Desequilibrio estático

Suponemos una combinación de disco y árbol como se ilustra posterior, que descansa sobre rieles rígidos y duros, de tal manera que el eje, que se supone perfectamente recto, pueda rodar sin fricción. Con este sistema se puede realizar experimentos sencillos para determinar si el eje está correctamente equilibrado.

Hacemos rotar el eje suavemente y dejamos que el sistema llegue al equilibrio, hacemos una marca en la parte más inferior de disco y volvemos a repetir la experiencia varias veces. Si las marcas quedan distantes unas de las otras, en diferentes puntos, el eje está equilibrado estáticamente. Si las marcas quedan localizadas en el mismo punto, el eje está desbalanceado estáticamente, lo que significa que el centro de gravedad del disco no coincide con el centro geométrico de este, y por tanto el eje de simetría del árbol tampoco coincide con el centro de gravedad. La posición de las marcas indica la ubicación angular del desequilibrio con respecto al sistema xy.

Lo que no podemos saber con este experimento es la magnitud del desequilibrio.

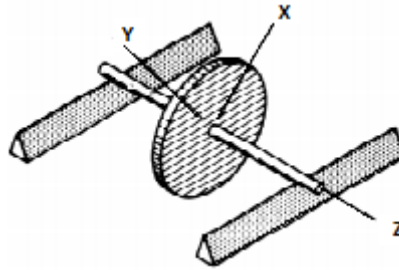


Figura 15

En el caso de que existiera desbalanceo estático, este se puede corregir eliminando material en el punto señalado por las marcas, o bien, añadiendo masa a 180° de la marca. Como no se conoce la magnitud del desbalanceo, estas correcciones se realizan por tanteo.

Dos desequilibrios pueden tener el mismo tamaño y ángulo, y la misma distancia del centro de gravedad. Las mismas condiciones existen si hay un desequilibrio del doble de tamaño actuando en el centro de gravedad. Si apoyamos este rotor sobre dos apoyos giraría hasta que su "lado pesado" estaría hacia abajo. Este tipo de desequilibrio, por lo tanto, actúa también sin rotación. Por eso se llama "desequilibrio estático". En este caso el centro de gravedad del rotor está fuera del centro geométrico. Esto resulta en que el rotor vibra de una manera que siempre está paralelo a su eje.

Balanceo estático:

Un desequilibrio estático siempre debería ser corregido en el plano del centro de gravedad. Para eso se quita material en el "lado pesado" o se añade material a 180° . La corrección del desequilibrio estático en un plano suele aplicarse en casos de rotores en forma de disco.

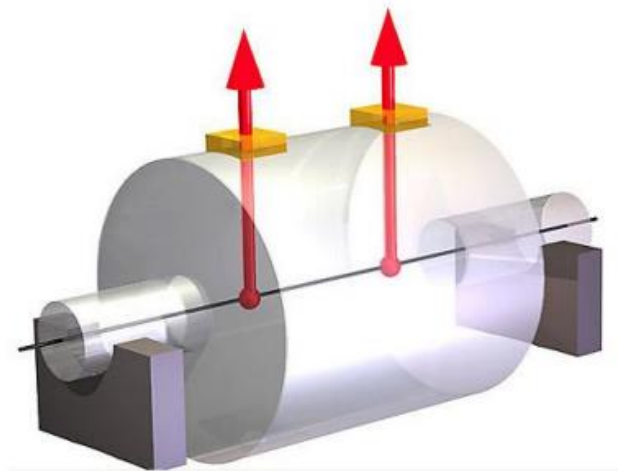


Figura 16

Desequilibrio dinámico:

En la figura se representa un eje que se va a montar sobre dos cojinetes A y B. Se podría suponer que se colocan dos masas iguales M_1 y M_2 en extremos opuestos del rotor, y distancias iguales r_1 y r_2 del eje de rotación. Puesto que las masas son iguales r_1 y r_2 , también lo son y se encuentran en lados opuestos del eje de rotación, se puede colocar el rotor sobre rieles, como se describió con anterioridad, para comprobar que se encuentra estáticamente equilibrado en todas las posiciones angulares.

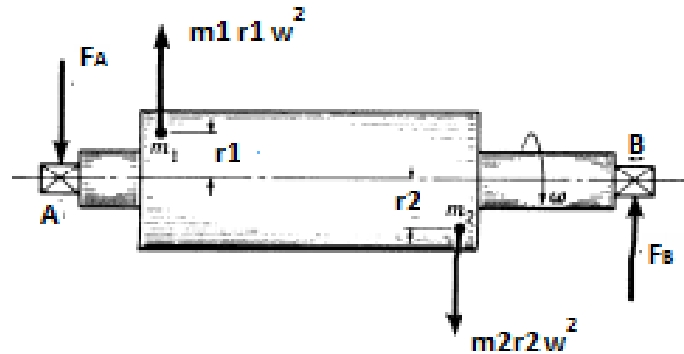


Figura 17

Si el rotor se hace girar a una velocidad angular ω (rad/s), aparecerán actuando las fuerzas centrífugas $m_1 r_1 \omega^2$ y $m_2 r_2 \omega^2$, respectivamente, de m_1 y m_2 sobre los extremos del rotor. Estas fuerzas centrífugas producirán unas reacciones desiguales en los cojinetes F_A y F_B y todo el sistema de fuerzas girará con el rotor a la velocidad angular ω . Por consiguiente, un rotor puede estar estáticamente equilibrado y, al mismo tiempo, dinámicamente desequilibrado.

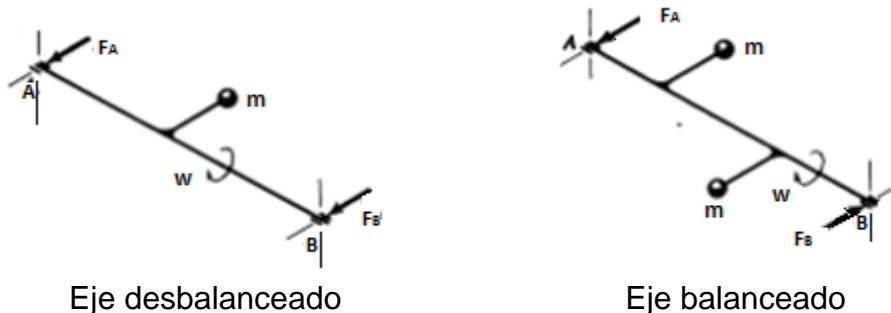


Figura 18

En la figura se presenta un desbalanceo estático; cuando el árbol gira, las dos reacciones en los cojinetes están en el mismo plano y tienen la misma dirección. Si por el contrario observamos la figura, nos encontramos con que el eje está balanceado estáticamente, pero desequilibrado dinámicamente. Si hacemos girar el eje, el desbalanceo crea un par que tiende a voltear el árbol. El árbol se encuentra en equilibrio debido al par opuesto formado por las reacciones en los cojinetes.



Figura 19

Medición de desbalance de ventilador centrífugo

En el caso más general, la distribución de la masa a lo largo del eje depende de la configuración de la misma, pero también habrá que tomar en consideración los errores que se hayan podido producir al mecanizar la pieza, así como al fundirla y forjarla. Se pueden provocar otros errores o desequilibrios en un calibrado inapropiado, por la existencia de chavetas y en el propio montaje. Por consiguiente, una pieza estará casi siempre desequilibrada tanto estática como dinámicamente. Este es el tipo de desequilibrio más general, y si la pieza está sostenida por dos cojinetes, es de esperar que las magnitudes, así como las direcciones de estas reacciones giratorias en los cojinetes, sean diferentes.

El rotor real no solamente tiene un único desequilibrio sino teóricamente un sinfín de desequilibrios, los cuales se encuentran en el eje del rotor sin ningún orden. Esta infinidad de desequilibrios, sin embargo, se pueden reemplazar por dos desequilibrios en dos planos a elegir. Estos dos desequilibrios por lo general serán distintos en valor y ángulo. Como solamente se puede determinar este estado de desequilibrio cuando el rotor está girando, hablamos de desequilibrio dinámico, el cual se puede dividir en una parte estática y un desequilibrio de par.

Balanceo dinámico:

Para corregir completamente el desequilibrio dinámico se necesitan dos planos. El desequilibrio dinámico existe prácticamente en todos los rotores. Para equilibrar se utilizan máquinas horizontales y verticales.

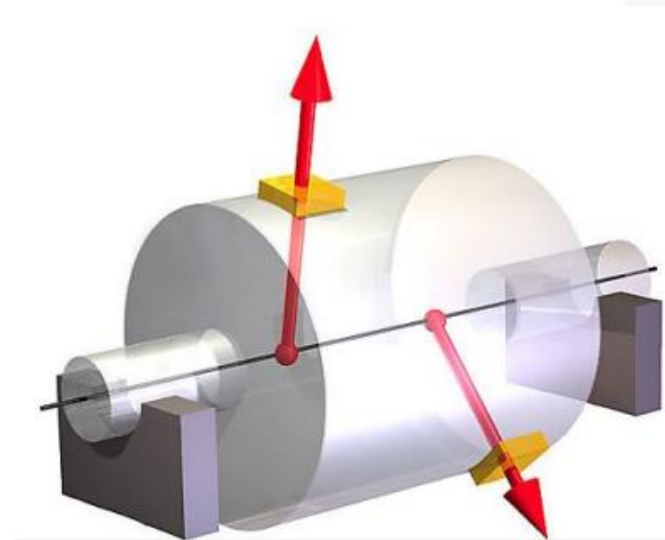


Figura 20

Chequeo de vibraciones de ventilador centrífugo

Se realizan análisis de vibraciones en ventiladores, para establecer la reducción de valores de velocidad de vibración.

Por lo que las comparaciones de los valores de vibración medidos antes y después de ser balanceados son mostrados a continuación para una balanceo de un ventilador centrífugo medido en una situación real

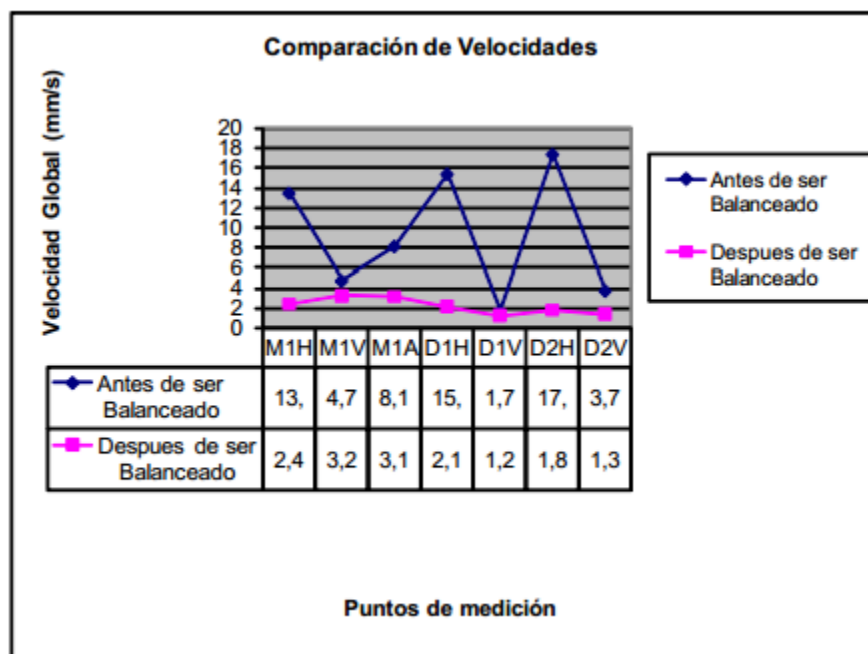


Figura 21

Ventilador centrífugo reduce en un 75% las vibraciones encontradas en un comienzo, antes de realizar balanceo dinámico

2.3 Pruebas funcionales

Las pruebas en ventiladores son determinadas según una operación segura y el mantenimiento el cual incluyen la selección y uso de los accesorios apropiados de seguridad para la instalación específica. Esto es responsabilidad del diseñador del sistema y requiere la consideración de la ubicación del equipo y su accesibilidad así como de los componentes adyacentes. Todos los accesorios de seguridad deben estar instalados apropiadamente antes del arranque.

La velocidad segura de operación es una función de la temperatura del sistema y el diseño de la rueda. Bajo ninguna circunstancia exceda la velocidad segura máxima del ventilador.

Arranque del sistema de ventilación

Se deberá seguir el siguiente procedimiento para lograr un arranque funcional óptimo del sistema de ventilación.

1. Si no es suministrado el impulsor (motor) verifique con el fabricante que el par de arranque o torsión, es adecuado para la velocidad y la inercia del ventilador.
2. Inspeccione la instalación antes de arrancar el ventilador. Verifique por objetos perdidos o escombros que puedan ser arrastrados hacia el ventilador o desalojados por la descarga del ventilador. Verifique el interior del ventilador también. Gire la rueda manualmente para verificar que no se trabase.
3. Verifique la instalación del impulsor y la tensión de la banda (correa).
4. Verifique el apriete de todos los tornillos opresores, tuercas y pernos. Cuando se suministren, apriete los tornillos fijadores del cubo, con la rueda orientada de forma que el tornillo opresor este posicionado debajo del eje.
5. Instale todos los dispositivos y guardas de seguridad restantes. Verifique que el voltaje suministrado es correcto y conecte el motor. "Sople" el mecanismo de arranque para verificar una rotación apropiada de la rueda.
6. Tenga extrema precaución cuando esté probando el ventilador con la canalización desconectada. Aplíquese energía y verifique sonidos inusuales o vibración excesiva.

No ponga en funcionamiento el ventilador por más de unos segundos si la canalización no está totalmente instalada. Sin la canalización unida, la velocidad de operación normal no puede ser obtenida sin una sobrecarga del motor. Una vez que la canalización está unida, verifique por la velocidad correcta del ventilador y una instalación completa. La canalización y las guardas deben estar completamente instaladas por seguridad.

7. Los tornillos opresores deben ser revisados otra vez después de unos minutos, ocho horas y dos semanas de operación (ver momentos de torsión de apretura correctos).

Realizar puesta en marcha de un ventilador siguiendo procedimiento

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que los participantes aplicando el procedimiento adecuado, realicen un arranque operacional de un ventilador verificando el normal funcionamiento del equipo.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Web	Plataforma	
Explicación demostrativa en aula		
Recurso Audiovisual		
Propuestas de situaciones problemáticas		
Formulación de Preguntas		
Trabajo en taller		✓

Objetivo de aprendizaje

El objetivo de esta actividad es que los participantes realicen el arranque operacional de un ventilador siguiendo un procedimiento para lograr que funcione dentro de los parámetros establecidos comprendiendo la importancia de este trabajo para la vida útil del equipo

Descripción de la actividad

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o en forma individual, en taller. Solicitará a los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Materiales y Recursos

- Boroscopio
- Conjunto Ventilador

- Kit de herramientas
- Extensión eléctrica
- Elementos de aseo

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de las instalaciones de taller.
 - Casco
 - Lente de seguridad
 - Zapatos de seguridad
 - Guantes de seguridad
 - Chaleco reflectante
 - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller deje todo limpio y ordenado

Desarrollo de la Actividad

El instructor entregará todos los elementos para la realización del taller y supervisará en forma activa del taller preocupándose de no tener accidentes.

Los participantes deben seguir el procedimiento, revisar inspección visual al ventilador y proceder a realizar el arranque del ventilador, aplicando todas las medidas de seguridad que corresponden.

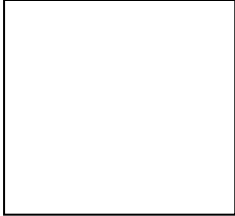
El participante debe realizar:

Participantes	Fecha:
Componente ensayado: Componente entregado por el instructor	
Procedimiento aplicado <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el par de arranque 	

- Verificar por suciedad en ventilador con un boroscopio y gire la rueda
- Verificar la tensión de la banda(Correas de transmisión
- Verificar que los pernos de sujeción y otros estén sujetos
- Instalar las protecciones e instales los pernos de sujeción
- Soplar el mecanismo de arranque para verificar rotación
- Aplicar energía de arranque y verifique sonidos inusuales o vibración excesiva
- Después de la prueba de funcionamiento se deben de revisar nuevamente los pernos de sujeción y la estructura en general
- Realizar en informe
- Realizar housekeeping

Conclusiones de la actividad

El participante debe anotar las conclusiones de la actividad

 <p>Fotografía del componente Si es posible</p>	<p>Nombre Inspector :</p> <hr/>
	<p>Firma Inspector :</p> <hr/>
	<p>Recomendaciones :</p>

Cierre de Actividad

En función de los resultados, instructor retroalimenta a los participantes, destacando las fortalezas y brechas.

Instructor realiza revisión junto a los participantes del ejercicio de Realizar puesta en marcha de un ventilador siguiendo procedimiento, destacando los desempeños acorde a los resultados esperados y retroalimentando en donde exista brechas por cubrir.



Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

