

# Capítulo 17

# Alineación de ejes

## *Temas:*

- EI** Introducción
  - EI** Comprobaciones y tolerancias previas a la alineación
  - EI** Corrección de pata coja
  - EI** Indicadores de carátula (comparadores)
  - EI** Alineación láser
  - EI** Compensación del crecimiento térmico
  - EI** Moviendo la máquina
    - o Evitando límites de movimiento

## ¿Por qué es tan importante la desalineación?

Todos estamos bajo una gran presión para aumentar el tiempo de actividad, reducir los costos y mejorar la calidad del producto. No importa cuál sea su papel en la organización, todos podemos contribuir a estos objetivos. Una forma de ayudar es realizar una alineación precisa del eje en su maquinaria rotativa.

El hecho es que la desalineación es la causa principal de la mayoría de las averías de las máquinas: fallas en los rodamientos y sellos, ejes y acoplamientos dañados. Se cree ampliamente que el 50% de las fallas de las máquinas se deben a la desalineación.



Figura 17-1 La mayoría de fallas de rodamiento son causadas por desalineación de ejes

Las malas prácticas de lubricación, el desbalance, las resonancias y otros factores también contribuyen a la falla de la maquinaria, pero se acuerda ampliamente que la desalineación es la principal causa.

## Tareas de pre-alineación

Uno de los problemas más importantes relacionados con la alineación del eje es lo que usted realiza antes de medir y corregir la alineación. Su preparación del trabajo de alineación es clave para su éxito (y para su seguridad).

Si es posible, debe comenzar su trabajo antes de detener la máquina. Debe asegurarse de que todo su equipo de alineación está listo para funcionar y de que las baterías del equipo de alineación láser (si corresponde) están listas para un día de trabajo.

También debe revisar los registros de mantenimiento. Dependiendo de la naturaleza del trabajo de alineación (es decir, por qué está haciendo una alineación y qué tipo de máquina se está alineando), es una muy buena idea mirar:

- 1 Los registros de mantenimiento, para ver por qué debe requerir la alineación (a menos que sea simplemente la sustitución de un motor).

2. Asegúrese de tener una buena selección de tamaños de calzas (shims). Deben estar limpios y plano.
3. Notas anteriores de la última vez que realizó una alineación en esta máquina: ¿experimentó problemas de perno o de base?, ¿hubo otros problemas?
4. Debe determinar sus objetivos de alineación. ¿Hay alguna recomendación del fabricante? ¿Tiene que compensar el crecimiento térmico?
5. Y si es posible, debe revisar los resultados del trabajo de alineación anterior realizado en esta máquina.

Antes de acercarse a la máquina, debe seguir todos los procedimientos de bloqueo y seguridad. Y debe cerrar todas las válvulas de la bomba, etc. para asegurarse de que el eje no puede comenzar a girar debido al flujo de fluido/gas/aire.



Figura 17-2 Sigalos procedimientos de seguridad

### ***Tolerancia de alineación***

Usted puede pensar en las tolerancias como un cono – la línea de centro del eje del motor puede estar en cualquier lugar dentro del cono (Figura 17-3). El cono no se hace un punto porque permitimos alguna desalineación paralela.

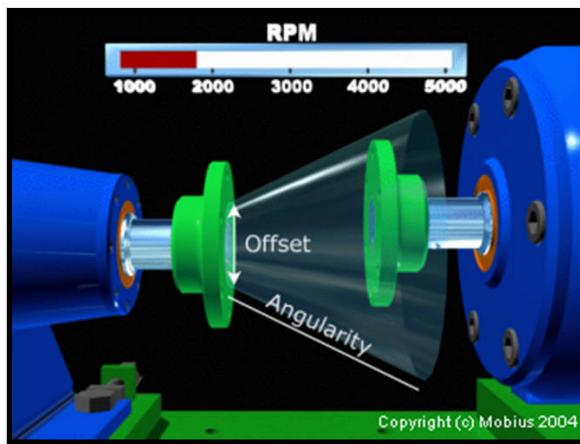


Figura 17-3 “Cone” de tolerancia (exagerado)

### Tolerancias y velocidad

Si bien hay una serie de factores a tener en cuenta, el problema clave cuando se trata de la relación entre la desalineación y el daño que se puede hacer a la máquina es la velocidad de la máquina. Si la velocidad es mayor, el daño será mayor.

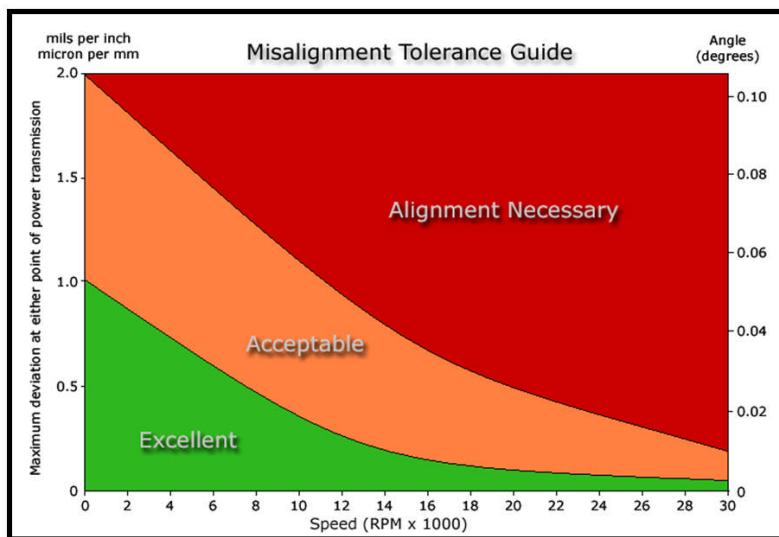


Figura 17-4 Guía de tolerancia de alineación (De: Shaft Alignment Handbook por John Piotrowski)

Por esta razón, las tolerancias deben ser más estrictas en máquinas de mayor velocidad, es decir, permitimos un paralelismo y angularidad más pequeños entre los ejes para máquinas de mayor velocidad.

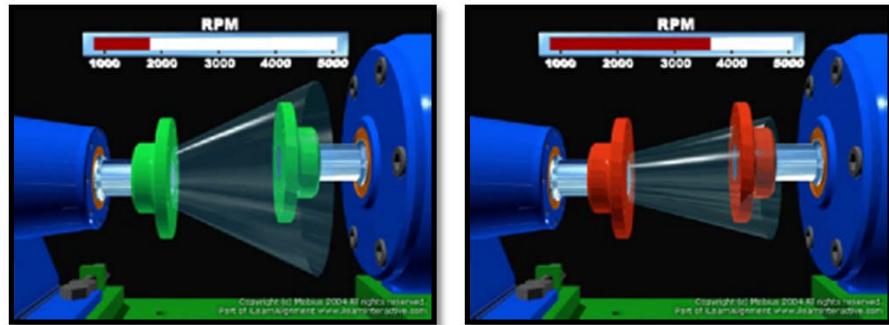


Figura 17-5 Cono con menor tolerancia o máquina de mayor velocidad (derecha)

En la Figura 17-5 mostramos que podemos comenzar con cierta cantidad de desalineación que es aceptable (dentro de tolerancia) para máquinas con velocidades más bajas (1800 RPM), pero si la máquina se opera a RPM, el offset y angularidad permisibles se reduce, por lo que la máquina ya no está en tolerancia (se vuelve roja).

Puede ver que la máquina tiene la misma cantidad de desalineación, pero debido a que se está operando a una velocidad más alta, ahora está fuera de tolerancia.

### ***Recopilar lecturas “tal como se encuentra”***

Debe registrar las lecturas encontradas: tome un conjunto de lecturas de alineación para mostrar el estado de alineación inicial. Esto no es necesario si se trata de una nueva instalación, pero puede ser muy beneficioso poder mostrar la mejora en el estado de alineación como resultado de su trabajo.

### ***Crear un área de trabajo limpia***

Usted debe crear un área de trabajo limpia. Cualquier suciedad, arena, rebabas u otros desechos que se metan entre la máquina y la placa base, o debajo/entre las calzas, etc., puede causarle todo tipo de problemas.



Figura 17-6 remueva suciedad, rebabas, y otras irregularidades

### ***Prepare sus calzas (shims)***

Debe preparar sus calzas cuidadosamente. Retire las calzas que estén oxidadas, dobladas, pintadas o sucias (más allá de la limpieza). Las calzas pueden actuar como pequeños resortes debajo de las patas de la máquina que, entre otras cosas, pueden hacer que el proceso de alineación sea muy difícil.



Figura 17-7 Limpie los shims yremueva los que están desgastados, doblados o pintados

### ***Revise los pernos***

Debe reemplazar los pernos doblados, dañados o sobre dimensionados por pernos nuevos. Debe lubricar los pernos y utilizar siempre el mismo par al apretar los pernos. También debe apretar y aflojar los pernos en el mismo orden.

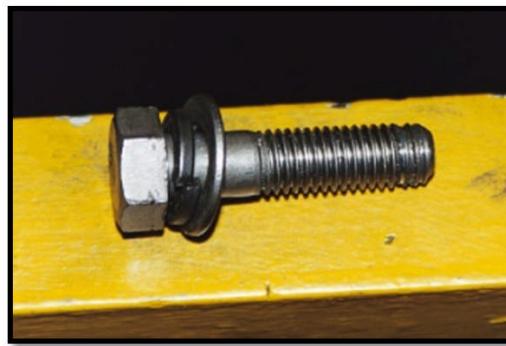


Figura 17-8 Remplace pernos doblados, dañados o sobredimensionados

### ***Prepare los cimientos de la máquina***

Debe quitar los pasadores cónicos y aflojar los tornillos de conexión antes de empezar a tomar medidas.

También es necesario aflojar los pernos de acoplamiento (en un acoplamiento rígido). Si no lo hace, será imposible medir un desfase y un ángulo, ya que el acoplamiento hará que el eje se doble.

### ***Compruebe el estado físico de la máquina***

Debe comprobar la “salud” mecánica de la máquina. Gire el eje y compruebe si hay alguna holgura, roce o tope. Debe comprobar si el eje está doblado y si hay algún problema del acoplamiento. Debe comprobar el acoplamiento en busca de desgaste excesivo y ajuste adecuado, y comprobar que la llave es la longitud correcta.

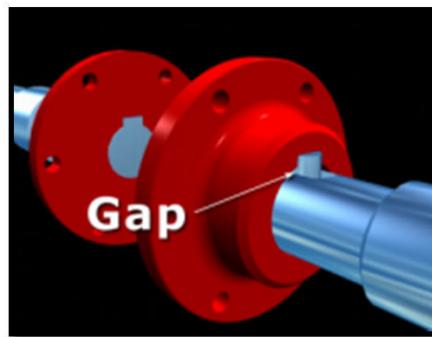


Figura 17-9

Debe comprobar si hay tensión excesiva en las tuberías, tensión de conductos y otras formas de tensión colocadas en la máquina. Si afloja las patas y se mueven más de 0.002" o 0.05 mm entonces debería hacer correcciones.

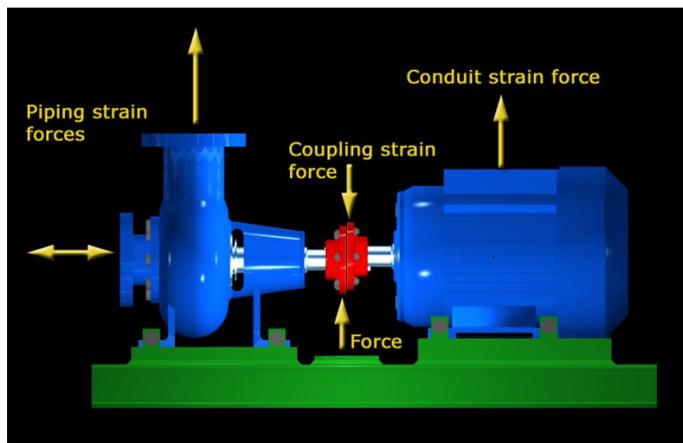


Figura 17-10 Revise tensiones excesivas en la máquina

### **Compruebe y corrija la pata coja**

Usted debe comprobar y corregir pata coja. La pata coja es la condición en la que las patas no hacen un contacto perfecto y plano con la placa base. Algunas personas lo equiparan con una pata corta en una silla, balanceándose de un lado a otro. Pero hay más que eso.

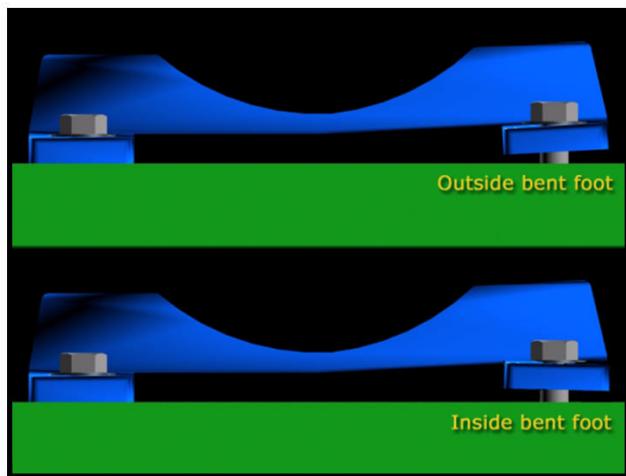


Figura 17-11 Revisión general de pata coja – espacios claros debajo de las patas

Puede comenzar con un “chequeo general de pata coja”. Busque cualquier hueco obvio debajo de las patas, y shim en consecuencia. A continuación, puede realizar una comprobación de pata coja con los indicadores o su sistema de alineación láser.

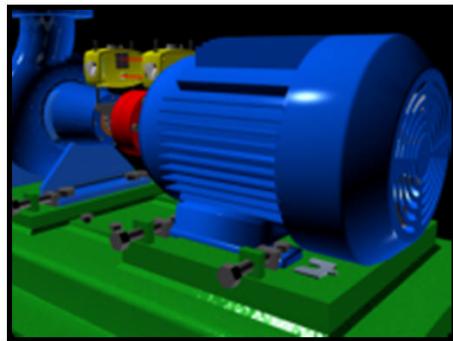


Figura 17-12 Revisando pata coja con equipo de alineamiento laser

Esto implica aflojar cada pata, una a la vez, y medir cuánto se eleva la pata. Si levanta más de 0.002" o 0.05 mm, entonces la condición de pata coja debe ser corregida.



Figura 17-13

Note en la Figura 17-13 que a como el perno se afloja, la aguja indica que la pata se levanta. Pero cuando marca 10, la aguja se detiene, aún cuando el perno se sigue aflojando.

La pata coja puede tener un número de formas. En resumen, si dos de las patas diagonalmente opuestas una de la otra tiene las mayores lecturas, entonces tiene pata coja mecedora (Figura 17-14). Se puede colocar calzas debajo de esas patas. De lo contrario las lecturas pueden indicar pata doblada, pata “resorte” (muchas calzas o calzas sucias bajo las patas), o la existencia de tensiones en tubos.

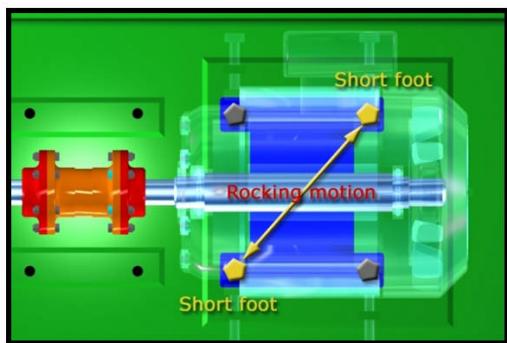


Figura 17-14 Pata coja “mecedora”

La pata coja puede hacer que la tarea de alineación sea muy difícil y frustrante, y puede distorsionar el marco de la máquina y los rodamientos - reduciendo así la vida útil de la máquina. **No debe ignorar la pata coja.**

### **Comience el proceso de alineación**

Una vez que haya preparado el sitio, comprobado el estado mecánico de la máquina y corregido el estado de pata coja, está listo para comenzar las mediciones de alineación y la corrección.

### **Determinación del estado de alineación**

Ahora sabemos lo que es la desalineación, pero ¿cómo se determina dónde se encuentran las líneas constructivas rotacionales para que pueda realizar correcciones? Si supiera que el eje del motor es paralelo pero está más arriba que el eje de la bomba por 10 mils (0.25 mm), podría reducirlo en esa cantidad y listo. Pero ¿cómo se mide el paralelismo (offset) y el ángulo?

Hay tres maneras de determinar las posiciones relativas de las líneas centrales rotacionales del eje: a ojo, con indicadores de carátula, y con sistemas láser (hay otros métodos, pero no los discutiremos aquí).

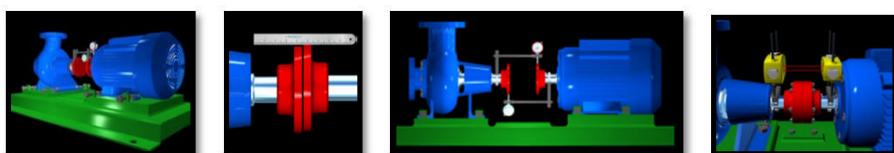


Figura 17-15 Métodos para determinar centros de rotación

## Uso de un filo recto o galgas (calibre fijo)

Puede utilizar herramientas muy rudimentarias para intentar determinar la posición relativa de los ejes, pero la precisión es muy pobre. Estos métodos se pueden utilizar para una “alineación aproximada” inicial, pero no para la alineación final.

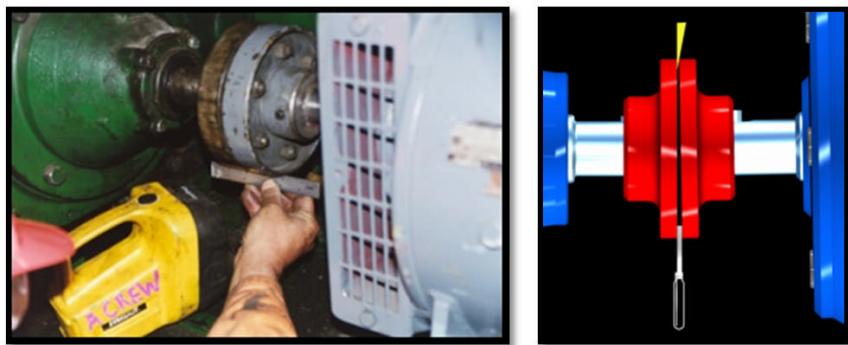


Figura 17-16 “Alineamiento grueso” utilizando herramientas rudimentarias

Puede medir la separación en el acoplamiento para determinar la angularidad. Por ejemplo, si hay un hueco en la parte inferior del acoplamiento pero no en la parte superior, entonces usted sabe que el motor debe inclinarse hacia arriba y lejos del acoplamiento. A continuación, puede bajar las patas del motor para cerrar el hueco. Los ejes ahora serán paralelos.

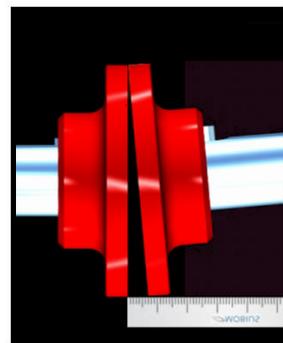


Figura 17-17 Abertura en la parte baja del acoplamiento muestra que el motor está viendo hacia arriba

Si sienta la recta en el cubo de acoplamiento verá un espacio entre la línea recta y el acoplamiento inferior (suponiendo que no hay escorriente y los acoplamientos tienen el mismo diámetro). Puede medir el espacio, o simplemente mover la máquina hasta que el espacio desaparezca.

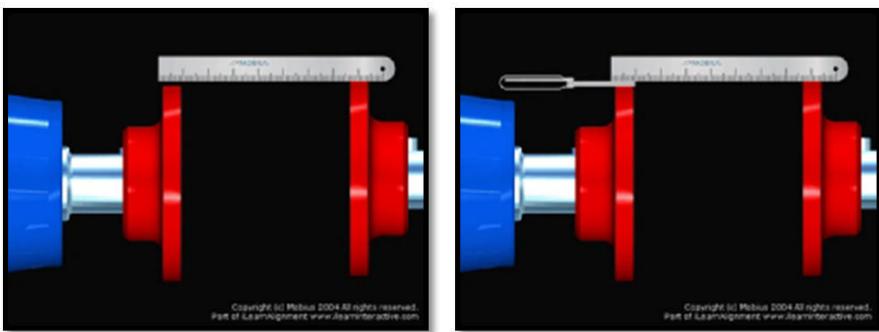


Figura 17-18 Utilizando una galga para revisar el paralelismo

Una vez más, usted mirará el hueco en la parte superior del acoplamiento para determinar la calza vertical requerida, y usted mirará el desplazamiento en el lado del acoplamiento para determinar los movimientos de las patas.

Cabe señalar que en realidad no estamos midiendo la posición de la línea central “rotacional” del eje - simplemente estamos haciendo una evaluación aproximada de la posición de la línea central “geométrica” del eje. De hecho, en realidad sólo estamos alineando los acoplamientos. Todas nuestras mediciones hasta ahora se toman en el acoplamiento. Si el acoplamiento se instala incorrectamente, si el eje está doblado, si el acoplamiento no es redondo, o una serie de otros problemas, ni siquiera alinearemos la línea central geométrica del eje.

Con la práctica y el sentido común puede mejorar el estado de alineación con un medidor de borde recto y galgas, pero no corregirá la alineación. Es muy poco probable que la máquina esté dentro de la tolerancia utilizando estos métodos por sí solos.

## Utilizando indicadores de carátula

Los indicadores de carátula se utilizan comúnmente para medir las posiciones relativas de las líneas centrales rotacionales del eje. Hay una serie de configuraciones que se pueden utilizar para conectar los indicadores al eje, pero revisaremos rápidamente los dos métodos más comunes: el método de borde y cara, y el método de comparadores invertidos.



Figura 17-19

## Limitaciones del indicador de carátula

Es importante saber que hay una serie de limitaciones con estos métodos de indicadores que pueden dar lugar a resultados de alineación pobres.

### Flexión de las barras

Uno de los mayores problemas es la flexión de las barras. Cuando el eje se gira desde la posición de las 12:00 hasta la posición de las 6:00, la barra que lleva el indicador se dobla ligeramente. Esto afecta negativamente a las lecturas del borde. Usted **debe** primero medir por separado la cantidad que se doblará la barra y luego compensar las lecturas.

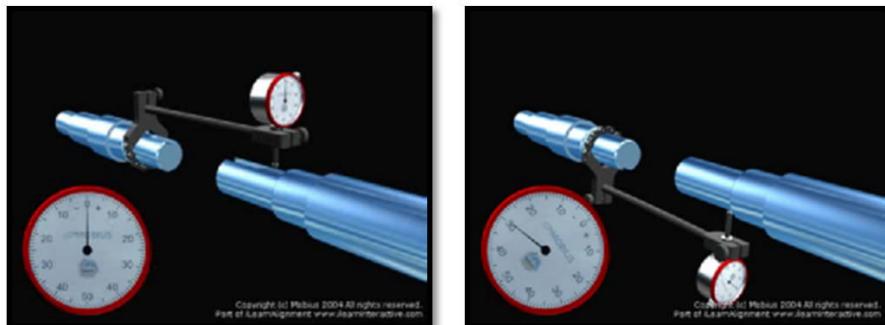


Figura 17-20 Indicadores de carátula mostrando la flexión de la barra al inicio y final de la prueba

Estos dos ejes están perfectamente alineados, pero la esfera indica que hay un desplazamiento – esto se debe totalmente a la flexión de la barra.

### Precisión de la lectura

Otro problema es la precisión de la lectura. Debido a que usted tiene que tomar la lectura del indicador, usted tiene un error de redondeo de hasta 0.5 mil [0.005 mm]. Es muy difícil tomar la lectura del indicador, especialmente en un espacio lleno de máquinas con poca luz cuando el indicador está boca abajo.

### Problemas adicionales

Hay muchos otros problemas importantes: fricción interna/histéresis, errores de lectura, juego en adaptadores mecánicos, juego de ejes axiales (especialmente para lecturas de cara), y más. Y también es común que la gente cometa errores con los cálculos y el método gráfico.

Durante muchos años las personas han sido capaces de hacer un buen trabajo con los indicadores, sin embargo los sistemas de alineación láser producen resultados más precisos y confiables (con cálculos automatizados de correcciones), y las mediciones se pueden tomar mucho más rápidamente.

### El método de borde y cara

El método de borde y cara requiere que se tomen dos mediciones, una en el borde del acoplamiento (para medir el paralelismo) y la otra en la cara del acoplamiento (para medir la angularidad). ¡Puede ver de dónde saca este método su nombre!

Los sistemas comerciales están disponibles con soportes especiales diseñados para maximizar la precisión de la medición. Pero el principio básico es siempre el mismo: un indicador mide el ángulo de la cara y el otro mide el paralelismo.

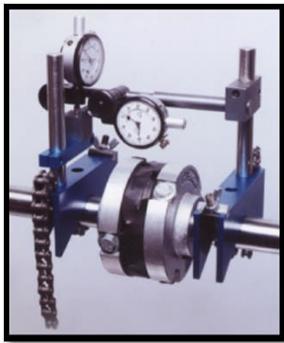


Figura 17-21 Configuración borde y cara

La Figura 17-22 muestra un ejemplo de una prueba en acción. Note que ambos ejes se giran. Esto significa que el sistema está midiendo la posición relativa entre las líneas de centro de los ejes.

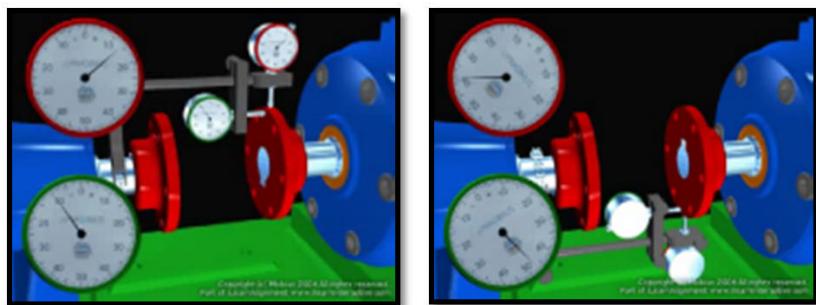


Figura 17-22 Prueba de borde y cara

Esta medida del borde revelará si el eje del motor está más alto o bajo que el eje de la bomba (en el acoplamiento). Si el eje del motor estuviera más bajo, la punta habría sido empujada dentro del indicador (ya que se movió de la posición de las 12:00 a la posición de las 6:00) que se reflejará en indicador como una lectura positiva.

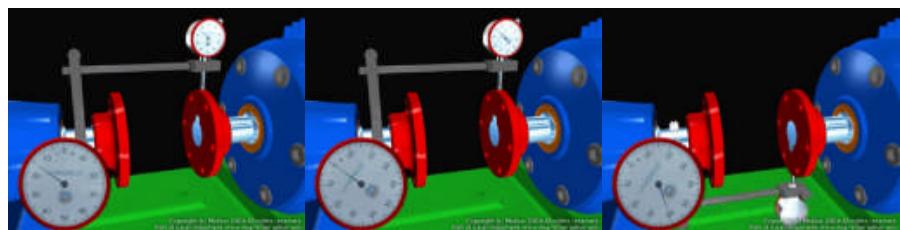


Figura 17-23 Medición de borde

Del mismo modo, la medición de la cara nos dirá si el eje del motor se inclina más alto o más bajo (o paralelo) al eje de la bomba. Si se inclina hacia abajo, la punta se empujaría en el dial a medida que el equipo se gira a la posición de las 6:00.

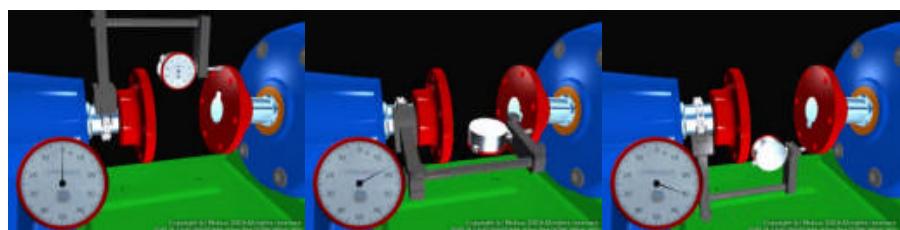


Figura 17-24 Medición de cara

Sobre la base de las lecturas que tomamos en las posiciones 12:00, 3:00, 6:00 y 9:00, podemos determinar el paralelismo y la angularidad, y podemos calcular los cambios necesarios en la altura de las patas y la posición lateral para hacer que los dos ejes sean colineales.

También podemos hacerlo gráficamente. Al dibujar las posiciones relativas del eje para escalar en un trozo de papel gráfico (una vez en la vista superior, y de nuevo en la vista lateral/de elevación), podemos determinar cómo se deben mover las patas.

## El método de indicadores invertidos

El método de marcadores invertidos es el método de alineación con indicadores más utilizado hoy en día. En este caso, conectamos dos diales a los dos bordes de acoplamiento para tomar dos lecturas de paralelismo.

Una vez más, hay un número de maneras que estos diales se pueden configurar para colectar esencialmente la misma información. Hay una serie de sistemas comerciales que emplean este método.

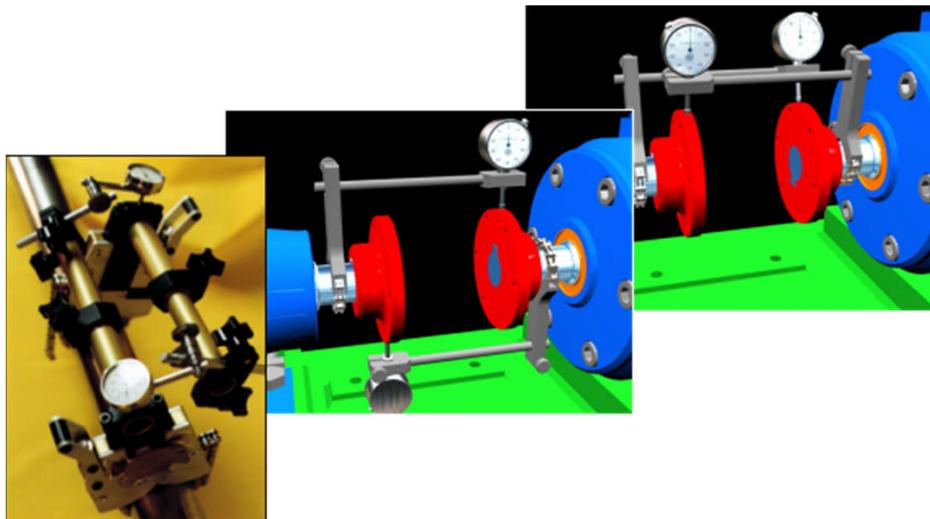


Figura 17-25 Diferentes configuraciones para método de indicadores invertidos

Como antes, los dos ejes se giran, y las puntas se mueven dentro o fuera del indicador en función de la posición relativa de la línea central rotacional del eje en los puntos de medición.

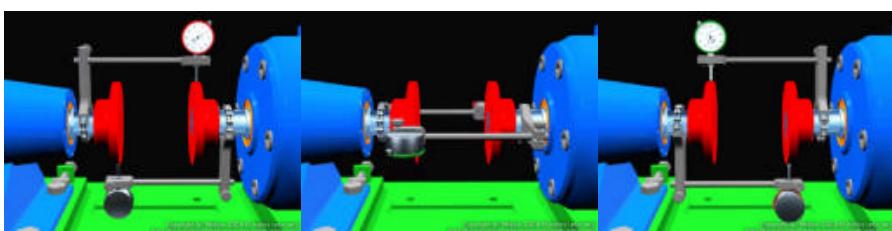


Figura 17-26 Método de indicadores invertidos

Para determinar las posiciones relativas en la dirección vertical (para las calzas) comenzamos en la posición de las 12:00 y giramos a las 6:00 y registramos los dos valores.

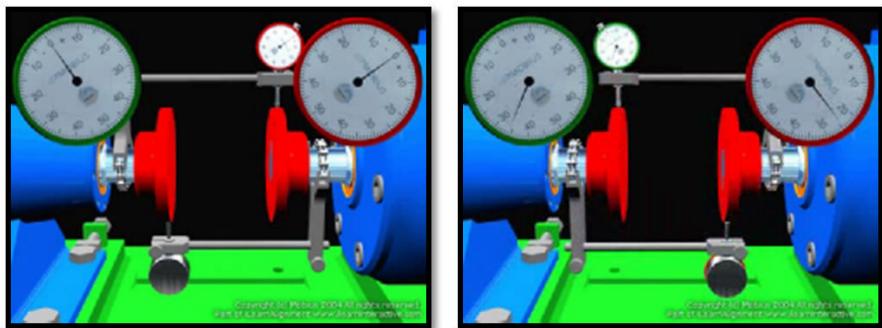


Figura 17-27 Mediciones en las posiciones de las 12:00 y 6:00

Para los movimientos horizontales de las patas, comparamos las lecturas a las 3:00 y 9:00.

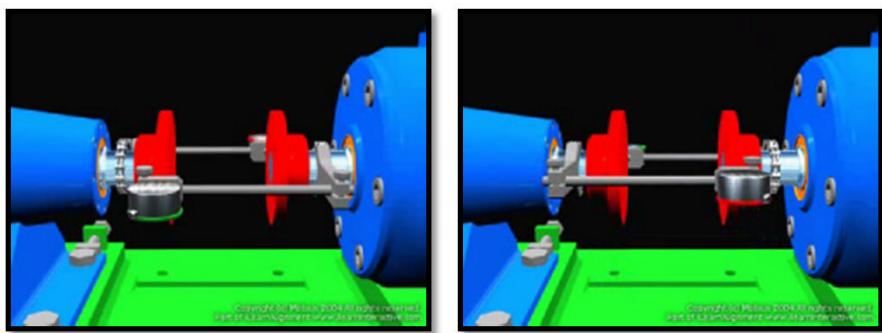


Figura 17-28 Medidas en las posiciones de las 3:00 y 9:00

A continuación, podemos utilizar estas lecturas del indicador y realizar cálculos para determinar el paralelismo y la angularidad en el acoplamiento, y para calcular los cambios necesarios en la altura y la posición lateral de las patas con el fin de hacer que los dos ejes sean colineales.

También podemos hacerlo gráficamente. Al dibujar las posiciones relativas del eje para escalar en un trozo de papel gráfico (una vez en la vista superior, y de nuevo en la vista lateral/de elevación), podemos determinar cómo se deben mover las patas.

## Sistemas de alineación láser

Los sistemas de alineación láser vienen en muchas formas, tamaños y colores. Emplean una gama de tecnologías, desde prismas que reflejan el haz, hasta transmisores/detectores láser duales y detectores que pueden evaluar el movimiento en cinco ejes.



Figura 17-29 Sistema moderno de alineación láser

Los dos componentes básicos del sistema de alineación láser son el “emisor” (a veces llamado “transmisor”) y “detector” (a veces llamado el “receptor”).

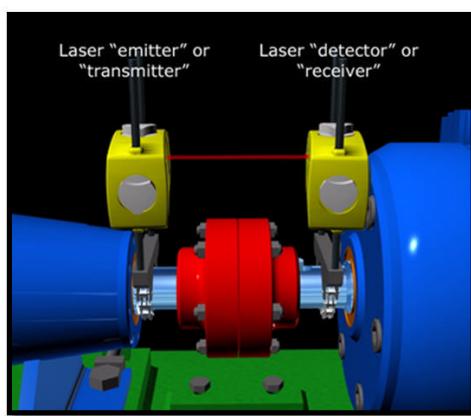


Figura 17-30 Emisor y detector–componentes básicos del sistema de alineación láser

Varios de los sistemas funcionan de forma muy similar al método de indicadores invertidos: cada cabezal tiene un emisor y un detector. Los dos cabezales láser están unidos al eje a cada lado del acoplamiento. Los cabezales láser están en cero, y luego los ejes se giran. Los detectores monitorean el cambio de posición del láser, al igual que ver la punta que se empuja dentro del indicador. En algunos casos, el detector láser puede detectar el movimiento en dos dimensiones: “x” y “y”.

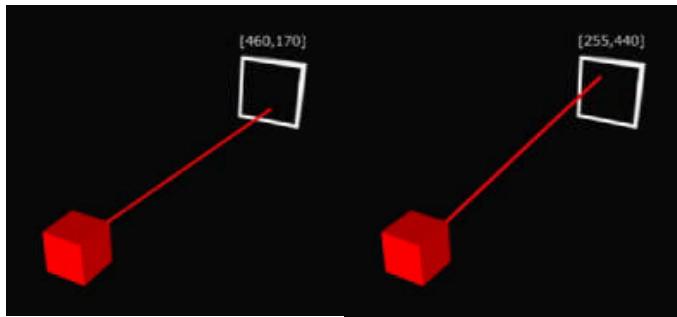


Figura 17-31 Detectando el movimiento en las direcciones x-y

En otros casos, el detector láser es sensible en un solo eje - al igual que el indicador de carátula (pero MUCHO más sensible y preciso).

Independientemente del método utilizado, el eje siempre se gira (si es posible) para medir la posición de la línea central rotacional de cada eje. Usando tecnología avanzada, es posible girar el eje a través de sólo 60 grados con el fin de colectar suficientes datos.

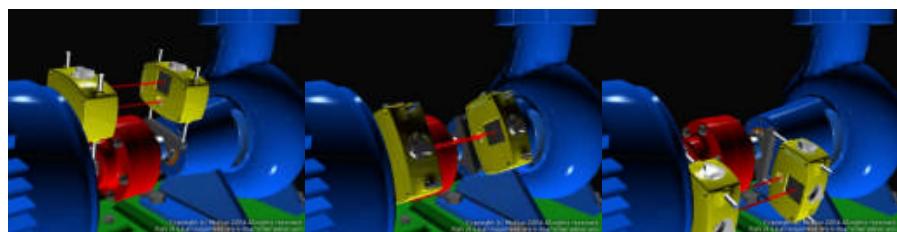


Figura 17-32 Colectando datos a 60°

Los sistemas de alineación láser no sólo son extremadamente precisos, sino que también vienen con "computadores" que realizan todos los cálculos. En muchos casos, le muestran gráficamente cómo se deben mover los pies y pueden indicarle cuándo la alineación está dentro de la tolerancia.

Los sistemas láser están diseñados para ser utilizados en entornos hostiles; y son seguros de usar - ¡pero no mire el láser!

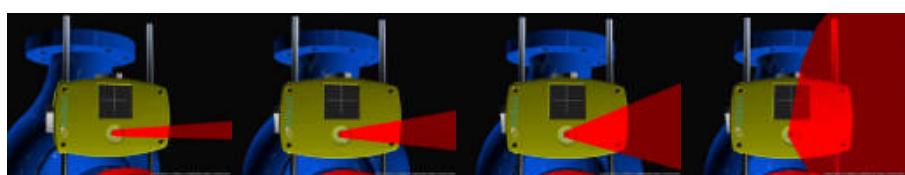


Figura 17-33 ¡No mire el láser!

## Movimiento dinámico

Cuando originalmente definimos la desalineación dijimos:

“Los ejes están desalineados cuando sus ejes rotacionales no son colineales cuando las máquinas funcionan en condiciones normales.”

¿Has notado la frase “en condiciones normales de funcionamiento”?

Cuando se toman medidas de alineación, la máquina está normalmente fría, y ciertamente no está funcionando. Pero cuando se inicia, una serie de cosas suceden. ¡Las fuerzas de rotación, las presiones de funcionamiento y el aumento de la temperatura hacen que la posición de las dos líneas centrales rotacionales cambie! Su máquina podría pasar de un estado de alineación de precisión a una desalineación fuera de tolerancia.

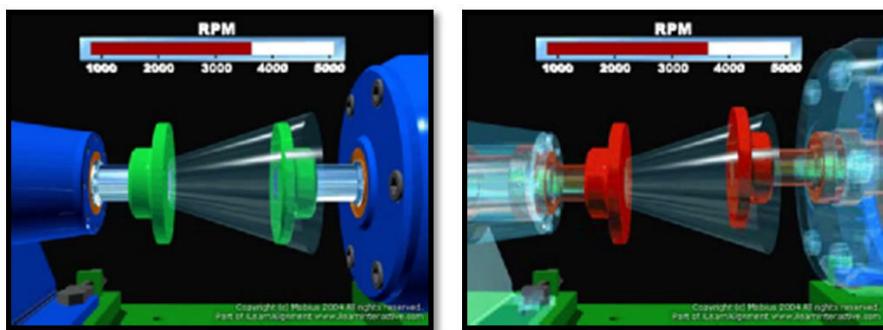


Figura 17-34 Desalineación dentro de tolerancia en frío (izquierda), pero fuera de tolerancia en operación (derecha)

En la Figura 17-34, la máquina tiene cierta cantidad de desalineación (exagerada) la cual está dentro de la tolerancia. Pero una vez que la máquina arranca, se calienta y se mueve fuera de alineación. Todas las máquinas pasan por algún cambio – todas aumentan la temperatura, y por lo tanto el metal se expande. Todas experimentan fuerzas de rotación y casi todas experimentan cambios debido a la presión/flujo de proceso. Pero la mayoría del tiempo podemos ignorar estos efectos.

La forma más sencilla de lidiar con esta condición en las máquinas físicamente más grandes que experimentan mayores cambios de temperatura es calcular el crecimiento térmico e incluir esa información en los objetivos de alineación. Algunos fabricantes de máquinas afectadas proporcionarán estos datos.



Figura 17-35 Calcule el crecimiento térmico para máquinas más largas

Por ejemplo, utilizando cálculos que utilizan el coeficiente de expansión para diferentes tipos de metales, puede determinar que el eje del soplador puede levantarse 10 mils (0.25 mm), mientras que el eje del motor sólo se levantará 5 mils (0.125 mm). Por lo tanto, alinearía la máquina cuando está fría para que el eje del soplador esté 5 mils (0.125 mm) por debajo del eje del motor. Cuando se arranca, las dos máquinas aumentarán gradualmente la temperatura, y se moverán en la alineación.

También es posible alinear las máquinas poco después de que se han detenido cuando todavía están calientes. Hay una serie de cuestiones a considerar, pero es mejor que no hacer nada.

Algunos sistemas de alineación láser vienen con soportes especiales que le permiten conectarlos a la estructura de la máquina mientras la máquina está funcionando. Las diferencias entre las condiciones de funcionamiento en caliente y en frío pueden ayudarle a medir el crecimiento térmico y a refinar sus objetivos de alineación adecuadamente.

En un caso ideal, las herramientas de alineación se colocan en la máquina cuando está fría, se toma una lectura y luego se compara con cuando la máquina está en funcionamiento y caliente (no al revés).

## Moviendo la máquina

Cuando se hayan realizado las mediciones de alineación, determinará cómo se deben mover las patas lateral y verticalmente (agregando o quitando calzas) para que las líneas rotacionales sean colineales.



Figura 17-36 Agregando shim

Siempre que no haya una condición de desalineación brusca, siempre debe realizar la corrección vertical antes de una corrección horizontal. Una corrección horizontal no afectará a la posición vertical de la máquina, pero una corrección vertical siempre afectará a la posición horizontal.

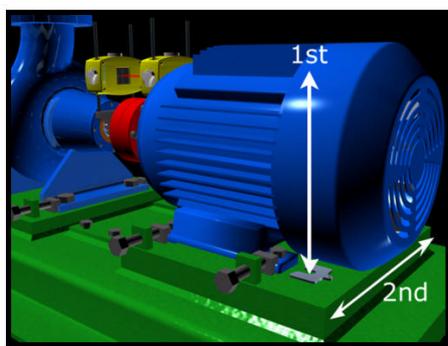


Figura 17-37 Realice la corrección vertical primero y luego la horizontal

Cuando se realiza una corrección vertical es casi imposible no perturbar la posición horizontal de la máquina. A menos que la placa base esté severamente deformada, cuando realice una corrección horizontal, la posición vertical de la máquina debe permanecer constante. Si hay una desalineación fuerte (mayor de 40 mils o 1mm), debe realizar un movimiento vertical inicial y un movimiento horizontal inicial, antes de realizar los movimientos verticales y horizontales finales. El movimiento inicial es necesario porque a menos que una placa base esté perfectamente plana, un movimiento horizontal grande dará lugar a un pequeño cambio vertical.

### **Moviendo la máquina verticalmente – calzas (shim)**

La corrección vertical se realiza añadiendo o quitando calzas calibradas. Nunca debe dejar más de cuatro calzas bajo la pata de una máquina. Las calzas deben estar limpias, rectas y cuidadosamente fabricadas.



Figura 17-38 Utilizando calzas para alineación vertical

Usted puede encontrar que no puede quitar suficientes calzas con el fin de poner la máquina en alineación (es decir, está “limitada a la base”). En esta situación es posible que tenga que levantar las patas delanteras del componente “estacionario” (la bomba, por ejemplo), así como las patas delanteras del componente “móvil” (el motor) - o puede mecanizar las patas o la placa base.

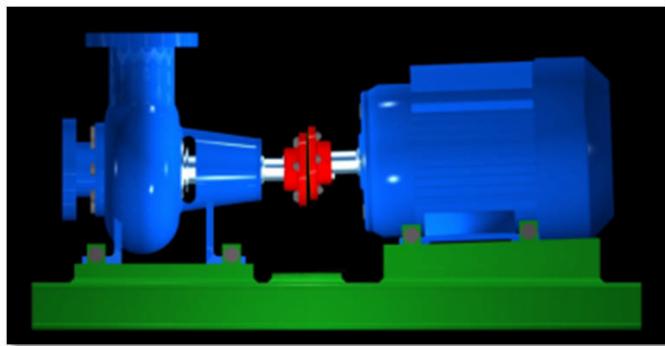


Figura 17-39 Motor limitado a la base

### ***Moviendo la máquina lateralmente***

Aunque los martillos y piezas de madera de 2x4 se pueden utilizar para mover la máquina lateralmente, es muy recomendable que se utilicen pernos de ajuste en su lugar.

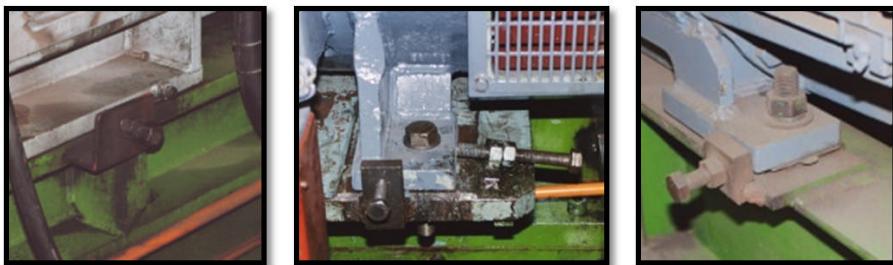


Figura 17-40 Pernos de ajuste para movimiento horizontal

Los sistemas de alineación láser se pueden utilizar para monitorear el movimiento de la máquina de modo que pueda realizar cambios posicionales hasta que esté en tolerancia. A veces el componente móvil no se puede mover lo suficiente como para alinearla - puede estar "limitado por el tornillo". Aunque puede mover el componente estacionario, también puede considerar la posibilidad de ampliar los orificios de las patas o perforar nuevos agujeros en la placa base.

Siempre que apriete los pernos de retención, debe asegurarse de que siempre se aprieten al mismo par. Es una buena idea lubricar los pernos antes de realizar la alineación. También se recomienda apretar y aflojar siempre los pernos de retención en el mismo orden.



Figura 17-41 Apriete todos los pernos al mismo torque

Después de haber movido la máquina, y apretado los pernos de retención, debe siempre repetir las medidas para comprobar que la máquina realmente está en tolerancia. Si ha tenido que hacer grandes cambios, ya sea vertical o lateralmente, también debe volver a comprobar la condición de pata coja.

## Conclusión

La alineación de precisión es de vital importancia para la confiabilidad continua y, por lo tanto, la rentabilidad de su planta. El tiempo adicional dedicado a realizar la alineación siempre puede

justificarse. Las herramientas de alineación láser facilitan la medición y el movimiento de la máquina, sin embargo, es esencial que entienda las mediciones, los movimientos y todos los posibles retos para asegurarse de que puede alinear con éxito las máquinas bajo todas las circunstancias.

## Puntos clave

- ☒ Los estudiantes deben entender la importancia de la alineación de precisión.
- ☒ Los estudiantes deben ser conscientes de las comprobaciones y procedimientos previos a la alineación para garantizar que el trabajo se realice de forma segura y exitosa
- ☒ Los estudiantes deben entender las tolerancias de alineación para el ángulo y el paralelismo
  - Tenga en cuenta la expansión térmica
  - Tenga en cuenta el movimiento dinámico del eje
- ☒ Familiarícese con los problemas relacionados con el uso de los indicadores de carátula, incluido la flexión de la barra
  - Reconocer los métodos de borde y cara, y de indicadores invertidos
- ☒ Comprender la importancia de la pata coja y tensiones en las tuberías.
- ☒ Comprender el límite de la base y el atomillado
- ☒ Familiarícese con el procedimiento de alineación