



PT 500 **Sistema de diagnóstico de máquinas**

Formación en diagnóstico de máquinas:
generar, medir y evaluar vibraciones mecánicas

Sistema concebido para el acceso sencillo a una temática exigente

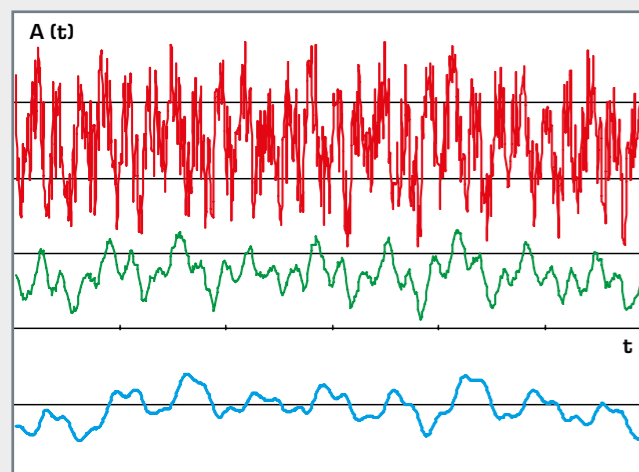
¿Qué es el diagnóstico de máquinas?

El objetivo del diagnóstico de máquinas moderno (CMS Condition Monitoring System) es poder realizar operaciones de mantenimiento o una reparación orientadas a las necesidades y reducir a un mínimo los tiempos muertos de reparación e inmovilización de una máquina. Esto incrementa la eficiencia del conjunto del sistema (OEE Overall Equipment Effectiveness) y optimiza la estructura de los costes.

Los daños se deben detectar ya en el momento en que se originan, con el fin de proceder a una reparación o a un mantenimiento de forma planificada.

El estado mecánico de una máquina o de sus componentes se puede diagnosticar muy bien a través del tipo y de la magnitud de las vibraciones producidas por ella. Para ello se utilizan sensores e instrumentos registradores que miden, registran y analizan las vibraciones.

Un comfortable software de PC simplifica la representación esquemática de los valores medidos.



Señales de vibraciones típicas en el dominio del tiempo

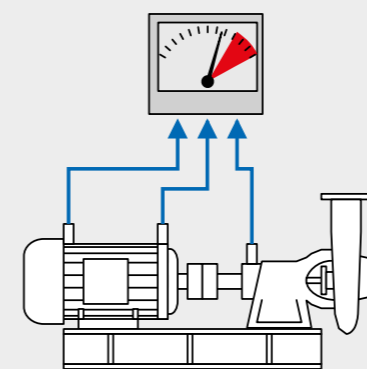
- aceleración
- velocidad
- recorrido

Las fuerzas y las energías internas de la máquina son altamente interesantes y tienen una importancia fundamental para la detección de fallos y el diagnóstico. Si bien no se pueden medir directamente estas magnitudes, sí que es posible medir sus efectos, es decir, las vibraciones.

Con la medición y el análisis de las vibraciones se intenta obtener, por lo tanto, una imagen de dichas fuerzas. De aquí se pueden deducir su estructura, las causas que las originan y su comportamiento en función del tiempo. Las vibraciones son, por regla general, mezclas de frecuencias que se originan por superposición de diferentes vibraciones. Algunas de estas vibraciones pertenecen al funcionamiento normal de la máquina, mientras que otras son intensificadas o siquiera causadas por defectos. Con la experiencia suficiente se puede evaluar el estado de la máquina e identificar un defecto de la misma.

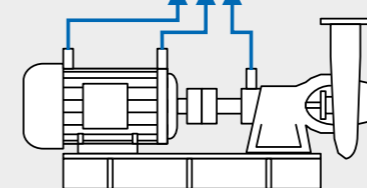
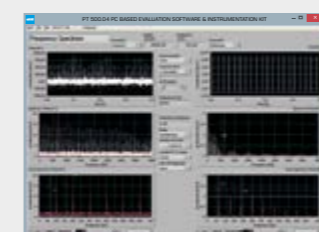
Dentro del diagnóstico de máquinas se distingue la monitorización de los valores característicos y el análisis de frecuencias.

Monitorización de valores característicos



La **monitorización de valores característicos** se compone de una medición de la intensidad de las vibraciones y una comparación con un valor límite predefinido. La monitorización de valores característicos puede tener lugar de forma continua y automática. Es fácil de implementar y exige pocos conocimientos técnicos. En el caso de grupos estándar sencillos, la monitorización de valores característicos permite alcanzar ya el objetivo.

Análisis de frecuencias



El uso del **análisis en el dominio de la frecuencia** es apreciablemente más complejo, pero también más eficiente. Este análisis permite identificar el tipo de un daño. De este modo se pueden iniciar medidas de reparación orientadas directamente a los objetivos. La ejecución del análisis de frecuencias exige, sin embargo, una buena comprensión de los mecanismos de actuación y una experiencia suficiente. Por regla general, el análisis de frecuencias se emplea como método complementario en combinación con la monitorización de valores característicos.

Concepto didáctico y contenidos didácticos

El sistema PT 500 le ofrece una plataforma didáctica flexible y modular para la introducción al complejo y exigente tema del diagnóstico de máquinas. El grupo objetivo son estudiantes de mecánica/dinámica de máquinas, al igual que personas que ya estén ejerciendo una profesión y que participen en actividades de formación y capacitación realizadas en la empresa para el ámbito del mantenimiento.

La estrecha relación entre el trabajo práctico con el equipo de ensayo y los aspectos teóricos/analíticos del diagnóstico favorecen un aprendizaje integral.

Para que el trabajo con el PT 500 dé los frutos deseados, se deberían poseer ya conocimientos básicos de los campos de las matemáticas, la dinámica de máquinas, la mecánica de las vibraciones y la técnica de medición. A diferencia del aprendizaje practicado con frecuencia en el marco del proceso real, los efectos a investigar se pueden representar aquí de manera reproducible y aislada. Esto simplifica un acceso paulatino al tema y la adquisición de experiencias concretas en el campo del diagnóstico. El entrenamiento con el PT 500 proporciona así una base

que permitirá trabajar más tarde con eficiencia en la práctica industrial.

Si se aplica en las actividades de formación y capacitación de la empresa, los ejercicios intensivos que se pueden realizar con el PT 500 permiten acortar considerablemente el tiempo necesario para familiarizarse con el tema del diagnóstico de máquinas.

Contenidos didácticos

Vibraciones mecánicas	Causas, mecanismos de formación, desequilibrio, eje de Laval, resonancia, amortiguación, choque
Métodos de medida de vibraciones	Sensores de medición, amplificadores de medición, representación, osciloscopio, medición del número de revoluciones
Análisis de vibraciones	Aceleración, velocidad de la vibración, recorrido de la vibración, valores característicos, representación en dominio del tiempo y de la frecuencia, espectro, FFT, órdenes, análisis de seguimiento, análisis de envolvente, órbita, trayectoria
Diagnóstico de máquinas	Vibraciones de cojinetes y árboles, intensidad admisible de la vibración, daños en rodamientos, vibraciones electromagnéticas, vibraciones por desequilibrio y equilibrado, daños en engranajes, vibraciones en transmisiones por correa, cavitación en bombas, vibraciones de palas, vibraciones y choques en mecanismos de biela y manivela, vibraciones dependientes del número de revoluciones

Además se proporcionan aptitudes prácticas y experiencias en el manejo y el montaje de componentes de máquinas como son cojinetes, árboles y acoplamientos. También se puede estudiar la construcción de máquinas mecánicas.

Cuestiones proporcionan valiosas experiencias para la futura práctica industrial

- ¿Qué sensor de medición debo utilizar?
- ¿Dónde puedo esperar obtener una señal de medición útil?
- ¿Cómo puedo suprimir con eficacia señales interferentes?

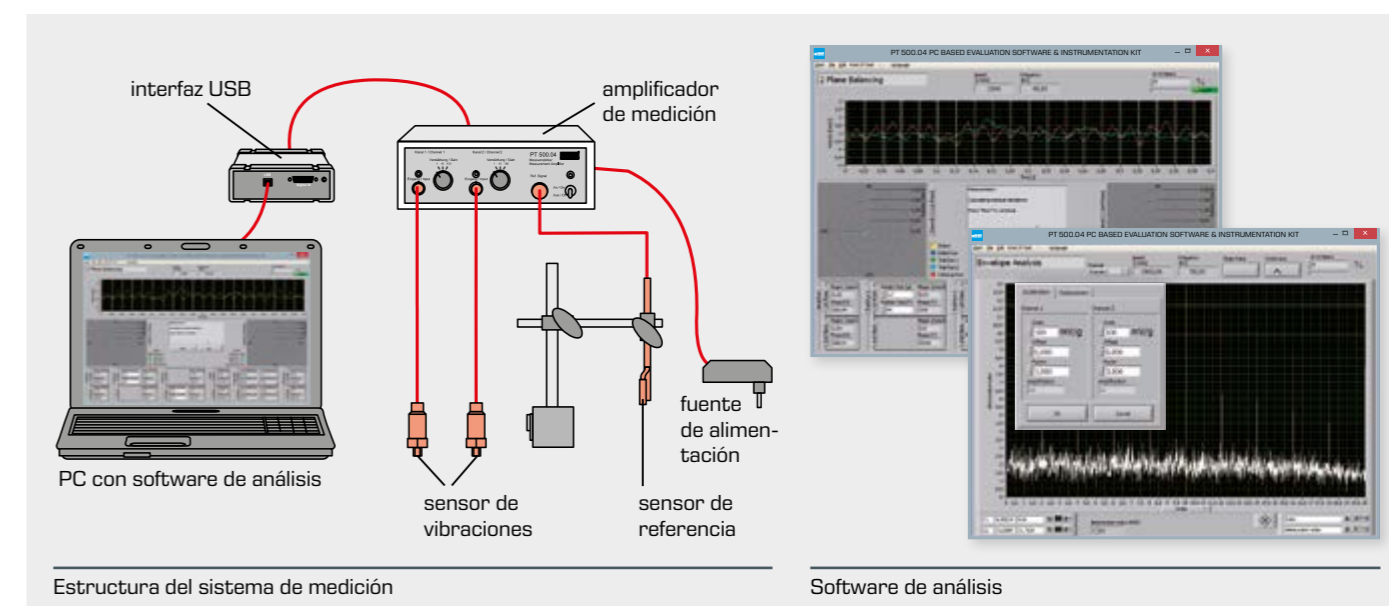
Analizador de vibraciones PT 500.04



El elemento central de nuestro sistema para el diagnóstico de máquinas es el analizador de vibraciones PT 500.04.

Consta de los siguientes componentes:

- amplificador de medición
- interfaz USB para adquisición de datos
- software para análisis
- sensores de vibraciones
- sensor de referencia



El amplificador de medición suministra tensión a los sensores de aceleración y desplazamiento y hace posible una preamplificación ajustable. Además se puede emitir la señal de vibración como señal de tensión a través de las hembrillas de salida. Esto permite integrar en el sistema de medición instrumentos de medición propios, como p. ej. un osciloscopio.

Naturalmente, el amplificador de medición brinda la posibilidad de conectar el sensor de desplazamiento PT 500.41 disponible como accesorio.

El software de análisis funciona en cualquier ordenador corriente equipado con Windows. La interfaz USB permite la conexión sencilla al PC o al ordenador portátil.

Como sensores de vibraciones se utilizan sensores de aceleración ICP. Los sensores ICP tienen la ventaja de poseer un amplificador incorporado, lo que garantiza un procesamiento insensible a interferencias de la señal de medición. Los sensores utilizados, de calidad industrial, son robustos, están provistos de cables de conexión y enchufes resistentes y son así sumamente apropiados para el duro uso propio de la formación profesional.

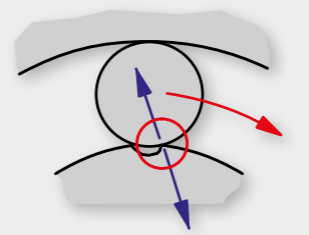
El sensor de referencia sirve para medir números de revoluciones e informar sobre las fases. Aquí se utiliza un sensor láser con una gran amplitud de exploración, que proporciona una señal segura incluso en malas condiciones de iluminación y con un acceso difícil al árbol en rotación. Como marca de referencia se usa material reflectante autoadhesivo.

Ejemplo: identificación de defectos en rodamientos

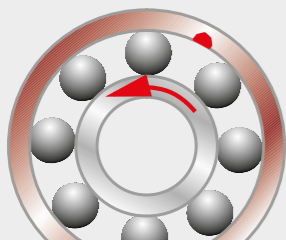
Defectos en rodamientos



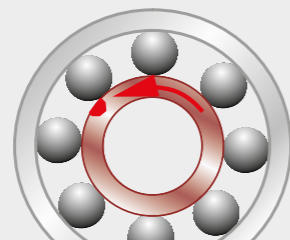
Todo rodamiento tiene unas frecuencias características de daños en el anillo interior, el elemento rodante y el anillo exterior. Las frecuencias dependen del número de revoluciones Ω , de las dimensiones geométricas y de la cantidad de elementos rodantes. A partir de esto, y conociendo la frecuencia de choque, se pueden identificar el tipo del daño y el rodamiento defectuoso.



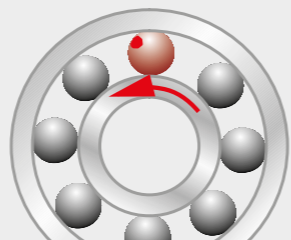
Fuerza de choque al pasar por encima de un defecto en la superficie de rodadura



Daño en la superficie de rodadura del anillo exterior: frecuencia 3,58 Ω



Daño en la superficie de rodadura del anillo interior: frecuencia 5,42 Ω



Elemento rodante dañado: frecuencia 4,65 Ω

Análisis de envolventes

El análisis de envolventes se utiliza, por ejemplo, para identificar daños en rodamientos y engranajes. Los daños originan choques con fracciones de vibraciones de alta frecuencia. La frecuencia de choque relevante para el diagnóstico de los daños es muy

difícil e incluso imposible de identificar en el espectro normal. El análisis de envolventes demodula la señal de choque de alta frecuencia y hace posible así la medición de la frecuencia de choque.

Medición de la señal de choque de alta frecuencia y filtrado de paso alto para suprimir señales interferentes de baja frecuencia (desequilibrio, errores de alineación)



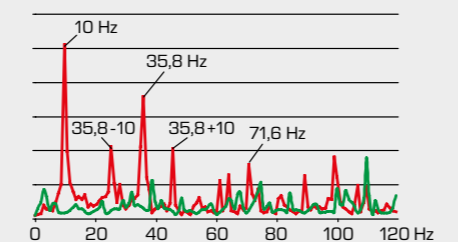
Rectificación de la señal de alta frecuencia



Generación de la envolvente de la señal rectificada por filtrado de paso bajo

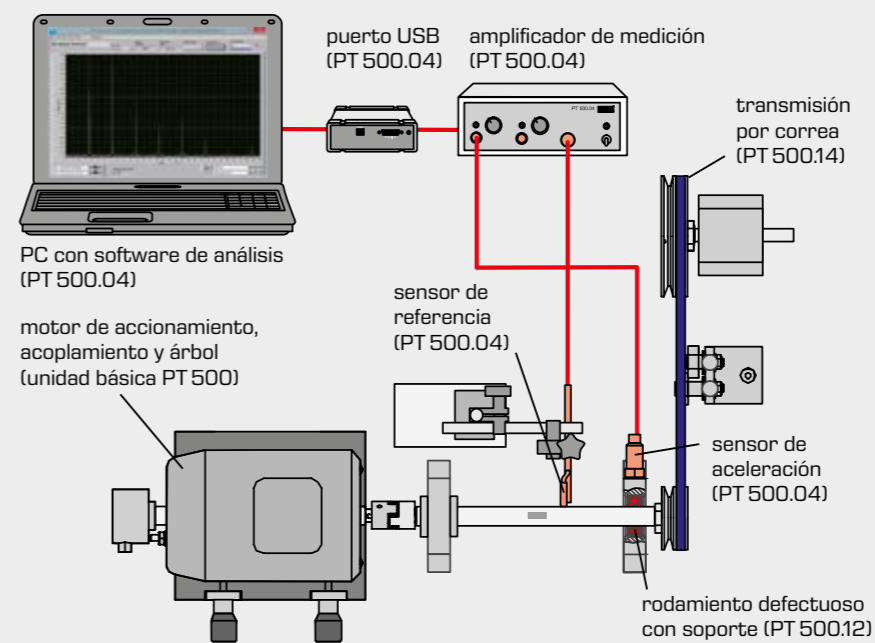


Ejecución de FFT para conservar el espectro de la envolvente. Pueden reconocerse claramente el número de revoluciones (10 Hz) y la frecuencia de choque (35,8 Hz). Las bandas laterales a la distancia del número de revoluciones (35,8 -10, 35,8 +10) muestran una modulación de amplitud. Se trata al respecto de un defecto en el anillo exterior con carga circulante.



— aceleración, — velocidad, — recorrido

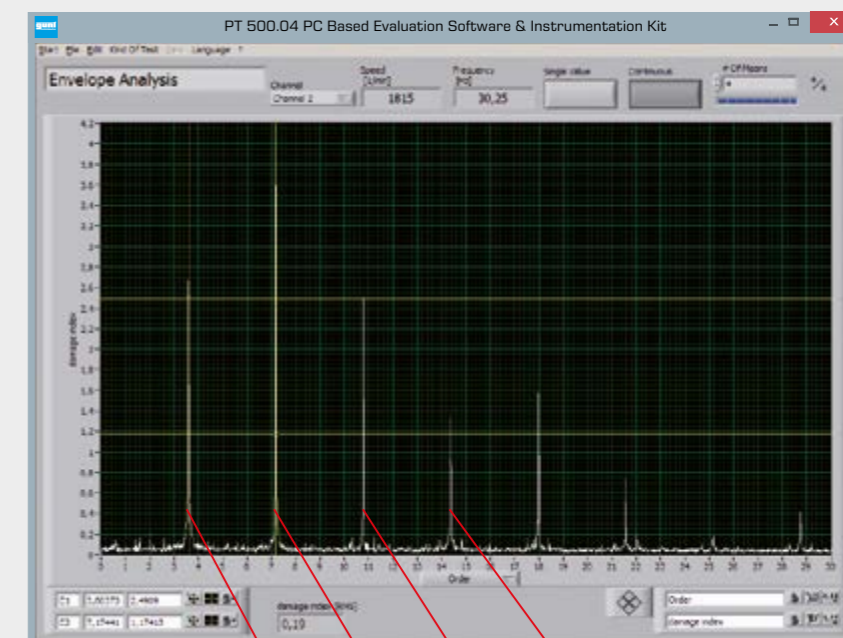
Montaje experimental para identificar defectos en rodamientos



El rodamiento a investigar (PT 500.12) se coloca en un soporte del rodamiento. Dado que los defectos en rodamientos sólo se ponen de manifiesto bajo carga, la fuerza de la transmisión por correa tensada (PT 500.14) constituye una carga radial que actúa sobre el rodamiento. El árbol es accionado por un motor de velocidad variable. Un sensor de aceleración dispuesto en el soporte mide los choques provocados por el defecto del rodamiento. Un sensor de referencia sirve para medir el número de revoluciones. Las señales de medición llegan al PC a través del amplificador de medición (PT 500.04). El software realiza allí el análisis de envolvente.

Resultado típico del ensayo

La ilustración muestra el espectro de envolvente de un defecto típico de un rodamiento. Para conseguir una indicación independiente de la frecuencia de rotación, se ha elegido el orden para el eje de abscisas. Una señal con frecuencia de rotación tiene el orden 1. Se ven líneas de frecuencia en los múltiplos del orden 3,58. Esto indica que existe un defecto en el anillo exterior del rodamiento. La falta de líneas de banda lateral a la distancia de un orden es síntoma de una dirección constante de la fuerza, en este caso la tensión de la correa, y de que no existe carga de desequilibrio en circulación.



Órdenes: 3,58 7,16 10,74 14,32

Captura de pantalla de un análisis de envolvente con un defecto en el anillo exterior

Ejemplo: equilibrado en funcionamiento

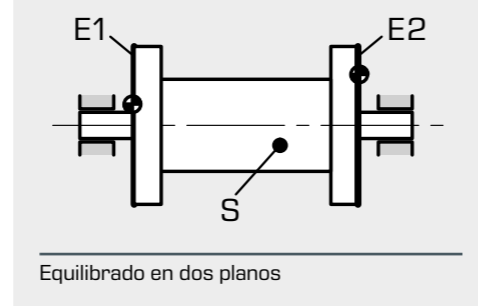
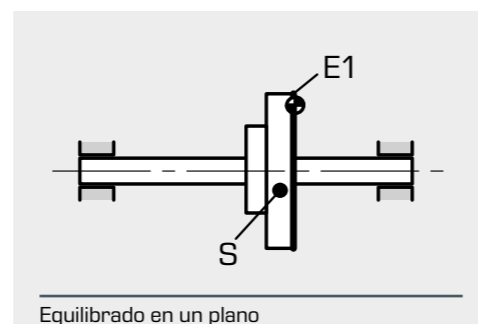
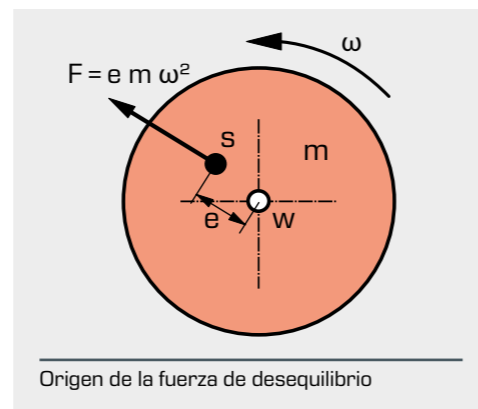
Si el centro de gravedad de un pieza rotativa de la máquina no coincide con el eje de giro, es decir, si la pieza no gira centrada, la masa en rotación de dicha pieza genera fuerzas centrífugas o de desequilibrio. Estas fuerzas se transmite a través de los rodamientos al conjunto de la máquina y a su entorno, provocando vibraciones cuya frecuencia se corresponde con el número de revoluciones. Dado que las fuerzas centrífugas están en relación cuadrática con el número de revoluciones, tales vibraciones serán tanto más intensas cuanto mayor sea el número de revoluciones.

Las vibraciones por desequilibrio se pueden eliminar, o al menos reducir, por medio de un equilibrado. En general se distingue entre el **equilibrado en máquinas equilibradoras especiales**, que se practica durante el proceso de fabricación, y el así llamado **equilibrado en funcionamiento**, realizado en la máquina que ya se encuentra en servicio. Con el PT 500 se practica el equilibrado en funcionamiento.

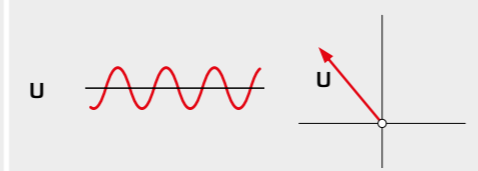
Con el **equilibrado** se intenta que el centro de gravedad del rotor vuelva a coincidir con el eje de giro. A tal fin se agregan masas al rotor o se quitan del mismo. Para determinar la posición y el valor de las masas necesarias para el equilibrado, se tiene que averiguar primero el desequilibrio desconocido. Desgraciadamente, el desequilibrio no se puede medir directamente, sino que se tiene que determinar indirectamente a partir de las vibraciones medibles de los rodamientos. Para esto se determinan la amplitud y la posición de fase (vector) de la fracción con frecuencia de rotación de la vibración de los rodamientos. Todas las demás fracciones de la vibración se suprimen por filtrado. El proceso de equilibrado tiene lugar según el esquema siguiente:

- medición de las vibraciones de rodamientos de la máquina desequilibrada (ciclo inicial de desequilibrio U)
- medición de las vibraciones de rodamientos después de haber aplicado a al máquina un elemento desequilibrador adicional conocido (elemento desequilibrador de test T)
- por comparación de ambas mediciones se puede calcular el desequilibrio original
- cálculo del valor y la posición de las masas de equilibrado a agregar o a quitar
- medición de control (A) una vez realizada la corrección de masas

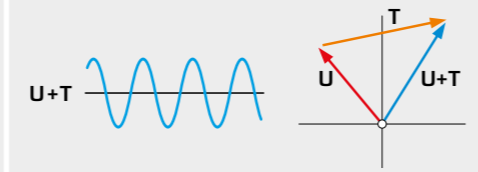
Dependiendo del resultado del equilibrado, este proceso se repite hasta alcanzar el valor límite deseado para la vibración de los rodamientos.



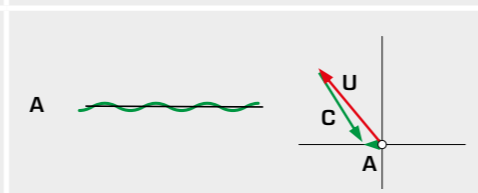
Medición de las vibraciones de cojinetes en máquinas desequilibradas (primera marcha desequilibrada U).



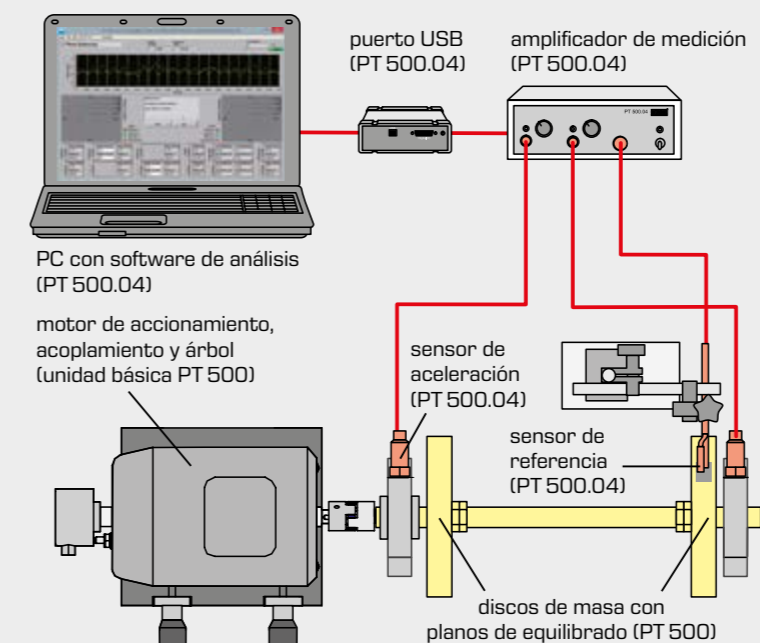
Medición de las vibraciones de cojinetes después de que la máquina haya sufrido otro desequilibrio adicional de origen conocido (desequilibrio de prueba T). Comparando ambas mediciones, se puede calcular el desequilibrio original.



Cálculo del tamaño y la ubicación de las masas de equilibrado que hay que añadir o retirar (C). Medición de control (A) tras la corrección de masas realizada. Dependiendo de si el equilibrado tiene éxito o no, se continuará repitiendo el procedimiento hasta que se cumplan los valores límite de las vibraciones de cojinetes.



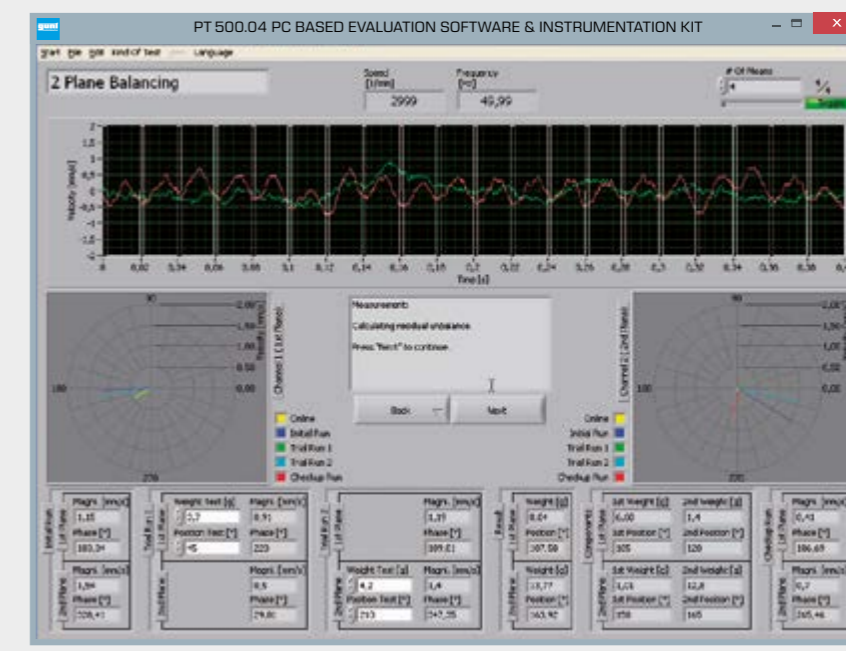
Montaje experimental para equilibrado en dos planos



Para este montaje experimental sólo se necesita, además del equipo básico PT 500, el analizador de vibraciones asistido por PC PT 500.04. El montaje experimental esquematizado muestra un rotor con dos discos de masa para realizar un equilibrado en dos planos. Los sensores de aceleración miden las vibraciones de los rodamientos directamente junto a los discos de masa. Una marca reflectante aplicada a uno de los discos de masa sirve de referencia para la información sobre ángulos. Dado que al equilibrar se determina el comportamiento de transmisión entre el disco de masa y el punto de medición, los distintos ciclos de medición se tienen que realizar a un número de revoluciones exactamente igual. Para simular un desequilibrio inicial se atornillan pequeñas masas al disco de masa. Del mismo modo se procede con las masas de test y de compensación (contrapesos).

Resultado típico del ensayo

La ilustración muestra la interfaz de operación del software tras un proceso de equilibrado completo. En la ventana superior se muestra directamente la señal de vibración, como control. En los dos diagramas de la derecha y la izquierda se representan las señales de desequilibrio de los distintos ciclos de medición, en forma de vectores. Entre ellos hay una ventana de diálogo en la que se indica el siguiente paso a ejecutar. En la parte inferior de la pantalla se muestran los resultados de los ciclos de medición, la posición y el valor de las masas de test y la posición y el valor de los contrapesos calculados.

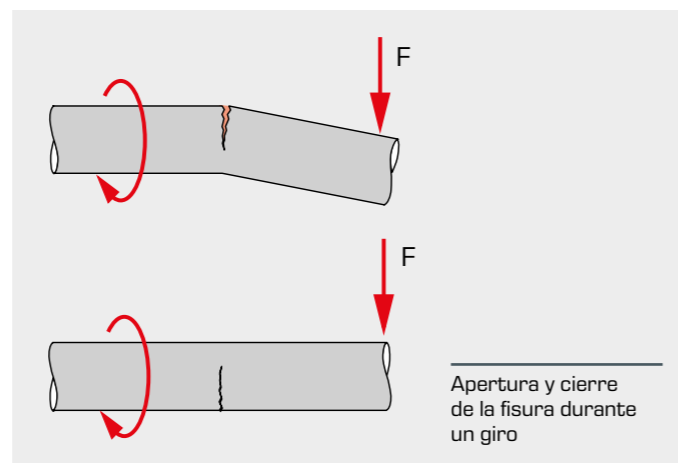
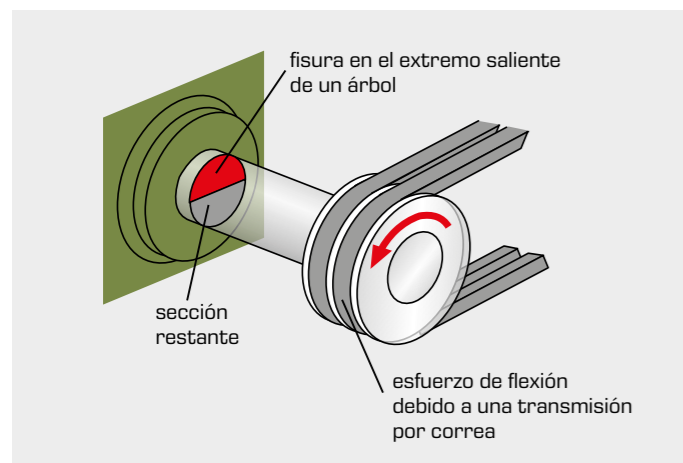


Captura de pantalla: equilibrado en dos planos

Ejemplo: identificación de fisuras en árboles

Las fisuras en árboles cuentan entre los daños más peligrosos. Si una fisura no se detecta a tiempo, se puede romper el árbol. Dado que esto suele suceder a números de revoluciones elevados y con grandes cargas, las consecuencias pueden ser desastrosas y se puede producir la destrucción total de la máquina. En

el pasado, las máquinas se desarmaban por completo a intervalos de tiempo fijos, y el rotor se sometía a un examen exhaustivo para detectar posibles fisuras. Los costes de tales operaciones son enormes. Con los métodos modernos de diagnóstico de máquinas es posible detectar fisuras en la máquina montada.



Las fisuras se originan por defectos o fatiga del material y por concentración de tensiones en defectos de la superficie. El esfuerzo de flexión alternante que se produce permanentemente al girar el árbol causa entonces un progreso constante de la fisura, hasta que la sección restante intacta cede finalmente y tiene lugar una rotura violenta.

La rigidez del árbol disminuye por efecto de la fisura. Esta disminución de la rigidez está modulada por el giro del árbol, de manera que la rigidez con la posición del fondo de la fisura paralela a la dirección del esfuerzo es siempre algo mayor que con la posición transversal a la misma. Además, la fisura se puede abrir y cerrar continuamente durante un giro.

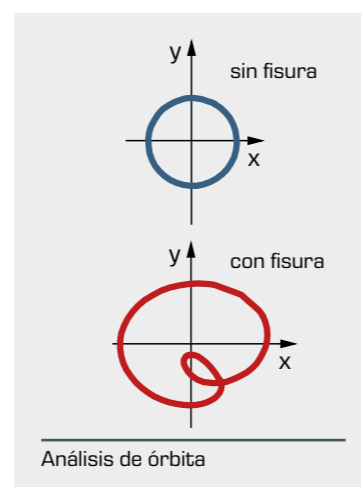
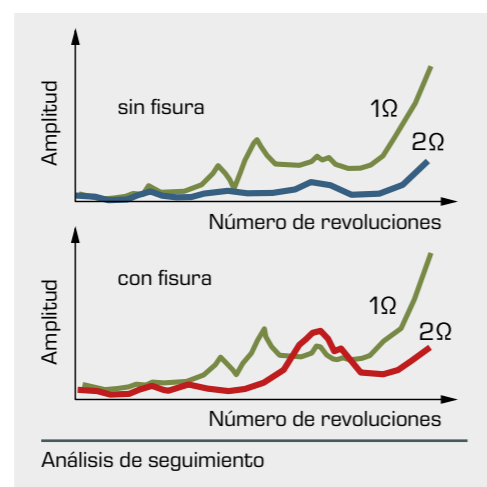
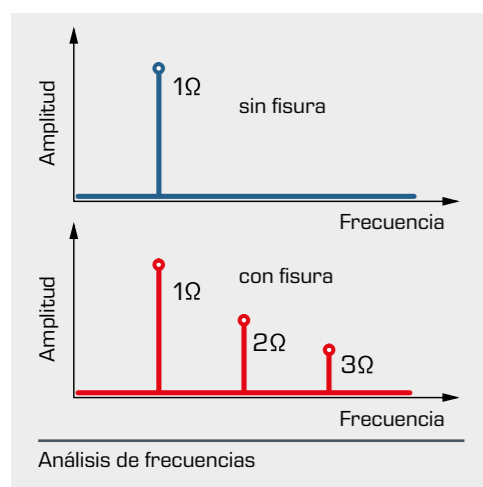
Métodos de análisis

Los fenómenos mencionados generan una señal de vibración característica que se pueden emplear para identificar la fisura. Especialmente la armónica de 2° orden asciende mucho en comparación con el árbol intacto. Como métodos de análisis son apropiados el análisis de frecuencias, el análisis de seguimiento y el análisis de órbita.

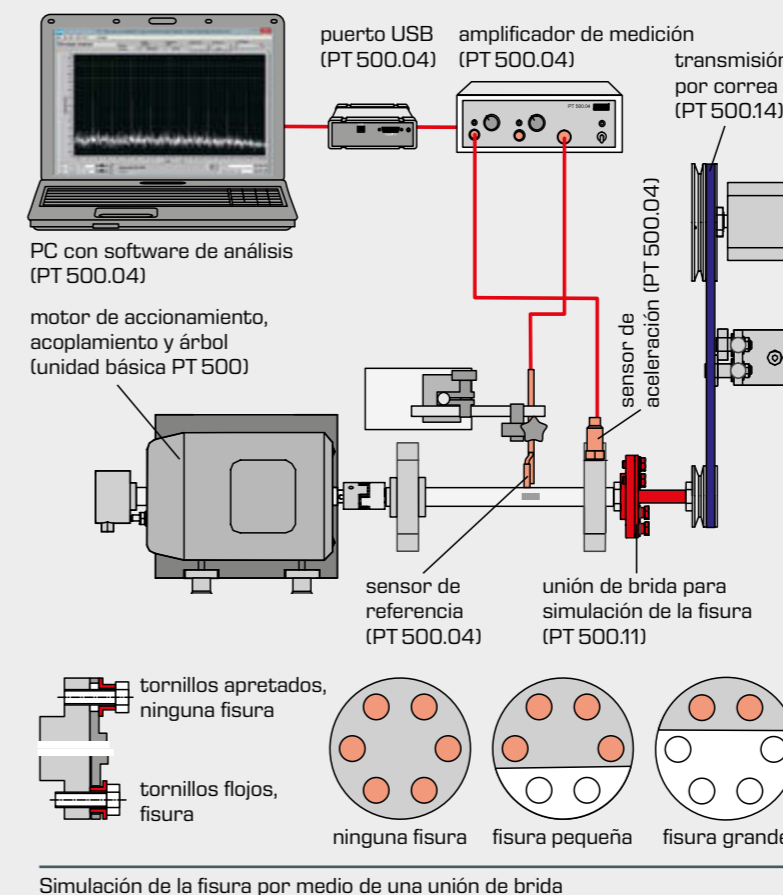
En el **análisis de frecuencias** se considera el espectro de frecuencias de la señal a un número de revoluciones fijo. Si existe una fisura aparecen líneas de frecuencia adicionales en el espectro.

En el **análisis de seguimiento** se registra la señal de vibración en un gran rango de números de revoluciones y se examina en un filtro especial en cuanto a los diferentes órdenes de frecuencias de rotación.

En el **análisis de órbita** se observa la trayectoria orbital del árbol medida por dos sensores de desplazamiento. Las fracciones del 2° orden se ponen de manifiesto aquí por la formación de un bucle en la trayectoria.



Montaje experimental para identificación de fisuras en árboles



Con el kit PT 500.11 Árbol con fisura hay dos montajes experimentales distintos:

- Fisura en un árbol con extremo saliente bajo carga externa
- Fisura en un árbol de Laval bajo la carga del peso propio

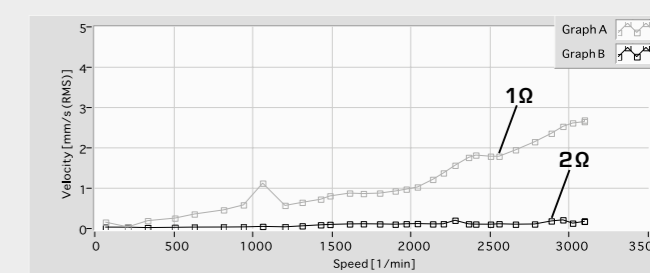
Aquí se muestra el montaje experimental con el árbol de extremo saliente. La carga externa se simula con la tensión previa de la correa trapecoidal. Para la simulación de una fisura de profundidad variable se incorpora al árbol un acoplamiento de brida especial. Dependiendo de la posición de montaje de los casquillos distanciadores de diseño especial, resulta en los tornillos de unión una sujeción firme o una unión floja con holgura. A través de la cantidad de tornillos flojos se puede simular así una fisura de diferentes profundidades.

Resultado típico del ensayo

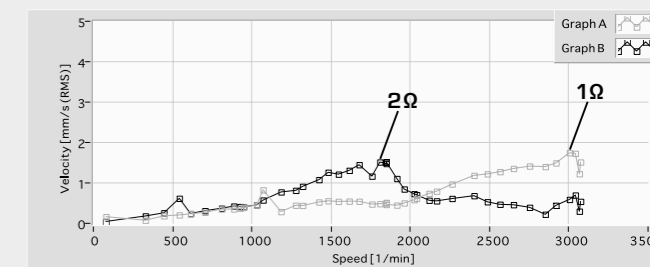
Las dos ilustraciones muestran el resultado de un análisis de seguimiento. Las mediciones se efectuaron en el montaje experimental mostrado, con árbol en saliente. El gráfico A muestra la fracción de la vibración de rodamientos de 1er orden (1Ω), el gráfico B la fracción del 2° orden (2Ω).

En la ilustración superior estaban apretados firmemente todos los tornillos de la unión de brida, lo que equivale al estado sin fisura. Las vibraciones de rodamientos de 1er orden aumentan de forma totalmente normal con el número de revoluciones, debido al desequilibrio. Las vibraciones de rodamientos de 2° orden son muy pequeñas.

En la ilustración inferior se ha simulado una fisura profunda. Aquí sólo se habían apretado 2 de los 6 tornillos. Mientras las vibraciones de rodamientos de 1er orden presentan un comportamiento similar al caso del árbol sin fisura, para el 2° orden se produce en el rango medio del número de revoluciones un aumento muy pronunciado, lo que es claro indicio de que existe una fisura.



Análisis de seguimiento en un árbol sin fisura



Análisis de seguimiento en un árbol con fisura

Sistema modular

Unidad básica



Con la unidad básica PT 500, combinada con el analizador de vibraciones asistido por PC PT 500.04, se puede realizar ya toda una serie de prácticas relacionadas con el tema del diagnóstico y el control de máquinas.

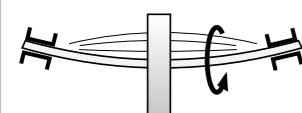
Además de realizar ejercicios dedicados puramente a la medición de vibraciones (medición del desplazamiento y la velocidad de las vibraciones y de la aceleración en el dominio del tiempo y de la frecuencia), se puede practicar también el equilibrado de rotores rígidos en funcionamiento y la alineación de árboles.

La unidad básica comprende una placa de sujeción con amortiguación de vibraciones, un motor impulsor de régimen regulado, provisto de tacómetro, un árbol con dos discos de inercia y dos unidades de cojinetes, un acoplamiento y contrapesos.

Un extenso programa de accesorios permite tratar prácticamente cualquier tema relacionado con el diagnóstico de máquinas.

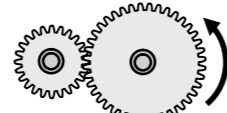
Accesorios

PT 500.10 Árbol elástico



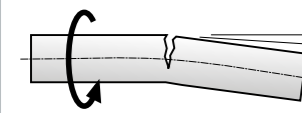
Vibraciones causadas por desequilibrio en un árbol elástico a flexión, resonancia, velocidad crítica, equilibrado

PT 500.15 Defectos en engranajes



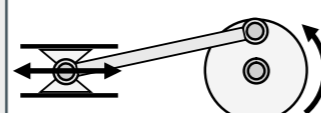
Identificación de daños en engranajes a través de la señal de vibración, influencia del tipo de dentado y de la lubricación

PT 500.11 Árbol con fisura



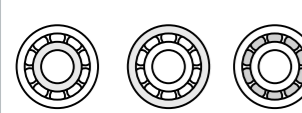
Comportamiento de vibración de un árbol con fisura, identificación de la fisura a través de la señal de vibración

PT 500.16 Mecanismo de biela y manivela



Vibraciones en mecanismos de biela y manivela, fuerzas de inercia libres, golpes e impactos debidos a holgura de cojinetes y desgaste

PT 500.12 Defectos en rodamientos



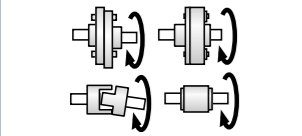
Identificación de daños en cojinetes a través del ruido de rodadura, diversos rodamientos con defectos previos

PT 500.17 Cavitación en bombas



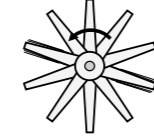
Ruidos y daños causados por cavitación, condiciones para la cavitación

PT 500.13 Acoplamientos



Propiedades de diferentes tipos de acoplamientos, influencia de los defectos de excentricidad, oscilación y ángulo de división en el comportamiento de vibración

PT 500.18 Vibraciones en soplantes



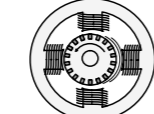
Vibraciones en ventiladores, demostración de la excitación de vibraciones por el paso de álabes, influencia de la fuerza centrífuga

PT 500.14 Transmisión por correa



Vibraciones en transmisiones de correa, resonancia y velocidad crítica, influencia de la tensión de la correa, la excentricidad y la alineación

PT 500.19 Vibraciones electromecánicas



Interacción en un sistema electromagnético-mecánico, influencia de la carga, de la geometría del entrehierro y de la asimetría eléctrica

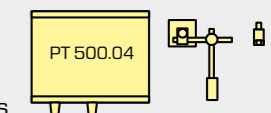
En el cuadro general siguiente se muestra cómo se pueden combinar entre sí con gran flexibilidad los accesorios representados para realizar los distintos ensayos.

- los accesorios básicos se utilizan repetidamente.
- gracias al sistema modular podrá establecer también fácilmente configuraciones propias para los ensayos.
- en el caso de que disponga ya de una técnica de medición especial, podrá integrarla sin problemas en el sistema.

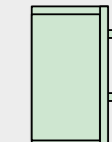
Los accesorios básicos se necesitan para muchas aplicaciones



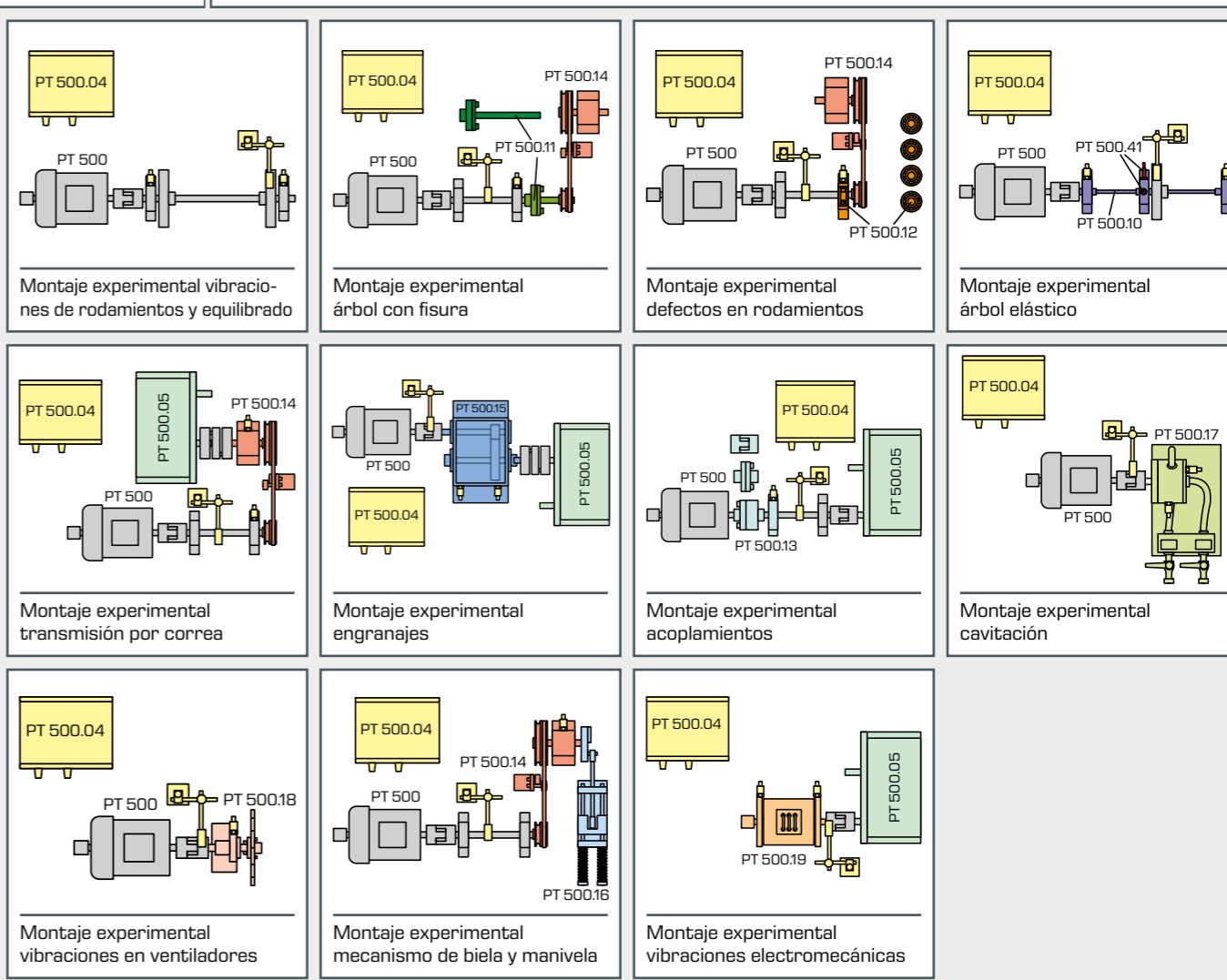
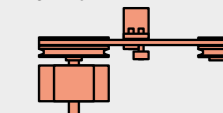
El analizador de vibraciones asistido por PC PT 500.04 se necesita para todas las aplicaciones.



Dado que muchos defectos sólo se ponen de manifiesto bajo carga, para muchos ensayos es conveniente utilizar el equipo de frenado y carga PT 500.05.



El kit de transmisión por correa PT 500.14 sirve también en muchos ensayos para generar cargas estáticas o para hacer posible una reducción del número de revoluciones.



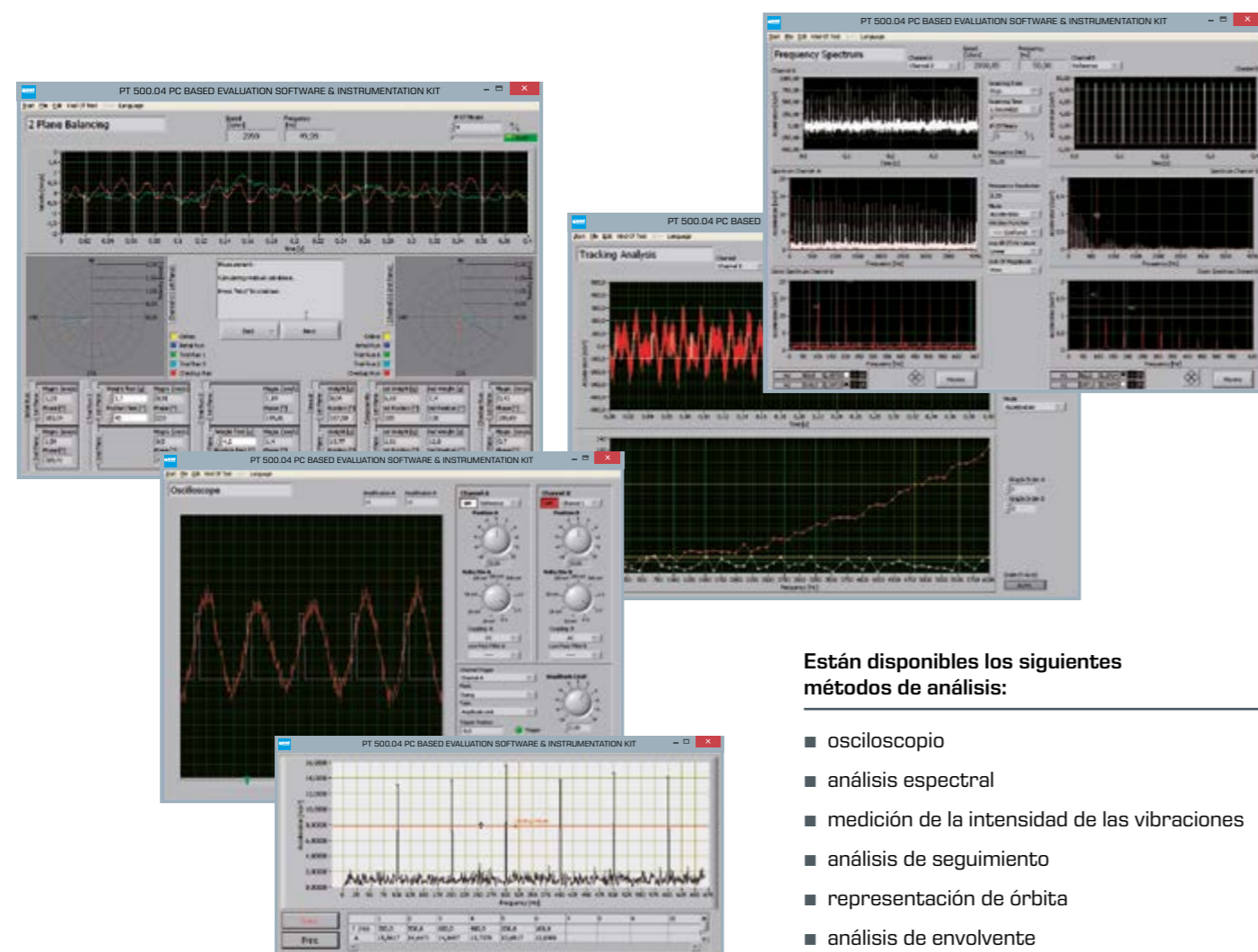
Software de análisis

Con el fin de considerar óptimamente los requisitos didácticos que se exigen a un sistema destinado a la formación profesional, se ha desarrollado un software de análisis específico del sistema para diagnóstico de máquinas.

Mientras que en el caso de los sistemas utilizados usualmente en la industria se ponen en un primer plano la recopilación de datos, funciones de estadística y una amplia adaptación a las más diversas tareas, nuestro software se caracteriza por un manejo sencillo y racional y por el cambio rápido entre diversos métodos de análisis. De este modo se pueden poner de manifiesto claramente las ventajas y los inconvenientes de los distintos métodos durante un ciclo de medición.

Por ejemplo, una señal se puede representar de diversas formas (curva en función del tiempo, espectro, órbita, análisis de órdenes). Igualmente se pueden representar de forma esquemática las peculiaridades de las señales de aceleración, velocidad y desplazamiento. Se puede demostrar la influencia de la tasa de exploración, la duración del registro, la sensibilidad y la base de tiempo. Esto permite al estudiante desarrollar una sensibilidad en relación con los procesos propios del análisis de vibraciones.

No se requieren ajustes ni configuraciones complicados, como los necesarios para sistemas industriales.



Están disponibles los siguientes métodos de análisis:

- osciloscopio
- análisis espectral
- medición de la intensidad de las vibraciones
- análisis de seguimiento
- representación de órbita
- análisis de envolvente
- equilibrado en un plano con la máquina en funcionamiento
- equilibrado en dos planos con la máquina en funcionamiento

El software está disponible en cuatro idiomas y cuenta, naturalmente, con una función de ayuda integrada.

La base de hardware la constituye un amplificador de medición para conexión de dos sensores de aceleración ICP, dos sensores de desplazamiento inductivos y un sensor de referencia óptico. A través de un sistema de adquisición de datos vía USB se puede conectar directamente un PC, sin necesidad de manipulaciones en el ordenador.

El material didáctico complementario

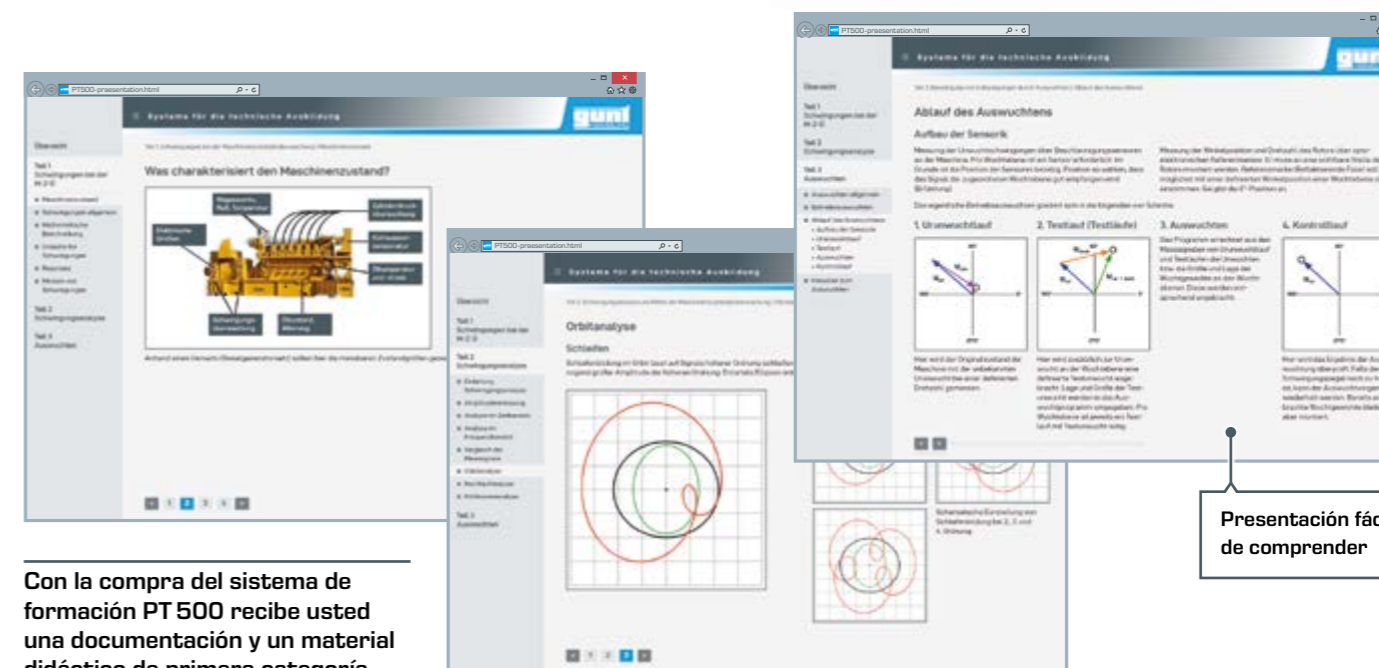
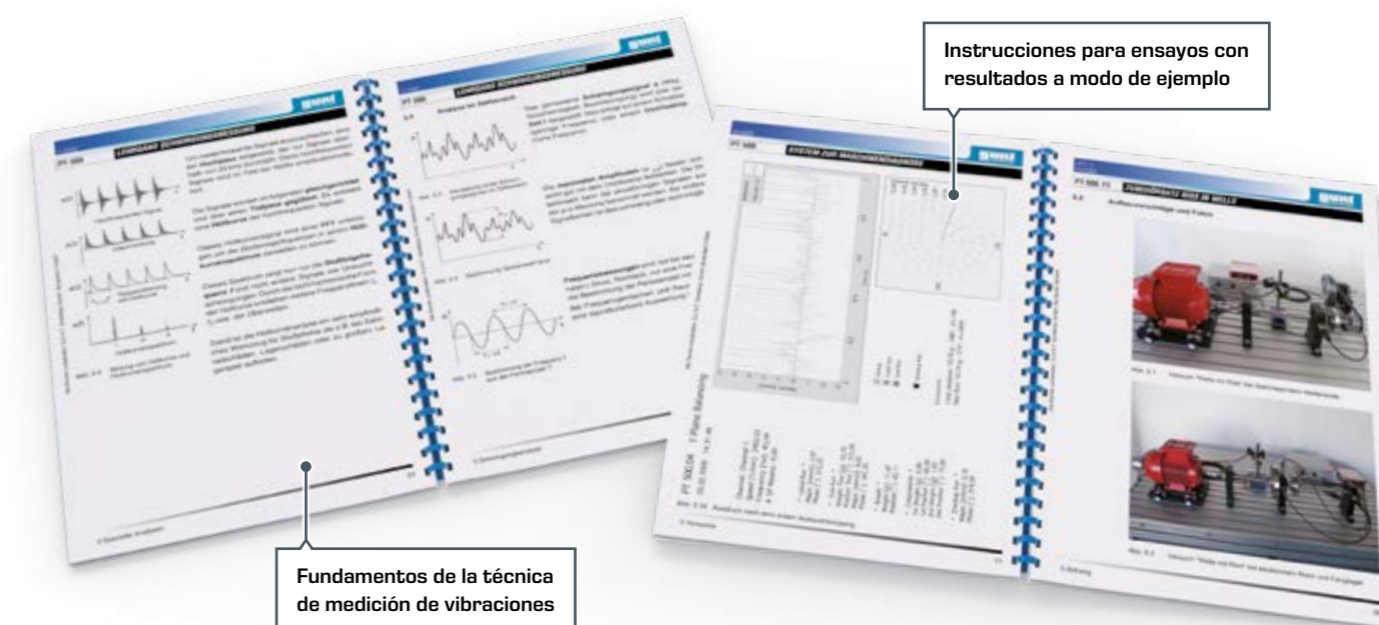
Para la serie PT 500 se ha desarrollado un material didáctico muy completo. Esto permite acceder fácilmente al complejo tema del diagnóstico de máquinas.

- Una representación de la técnica de medición de vibraciones muestra las diferentes señales de vibraciones y sirve de introducción a la técnica de medición. Se explican detalladamente las capacidades de los distintos métodos de análisis, con sus ventajas e inconvenientes.
- Para los ensayos prácticos correspondientes a los respectivos campos temáticos se ofrecen sugerencias de montaje ilustradas y detalladas. Resultados de mediciones presentados a modo de ejemplo facilitan la evaluación correcta de los ensayos propios así como la localización de errores.

- Una completa presentación (transparencia, CD) con los fundamentos tratados del diagnóstico de máquinas proporciona una excelente ayuda para impartir las clases.

El material complementario se ha preparado con gran profesionalidad: gráficos esquemáticos, textos fáciles de comprender. Los fundamentos de la técnica de vibraciones son particularmente apropiados para repartirlos directamente a los estudiantes como documentación.

Ahora bien, para lograr unos buenos resultados en el estudio de este tema tan complejo y exigente, recomendamos disponer de una sólida formación previa de ingeniería en los campos de la dinámica de máquinas, la mecánica de las vibraciones y las matemáticas.



Con la compra del sistema de formación PT 500 recibe usted una documentación y un material didáctico de primera categoría.

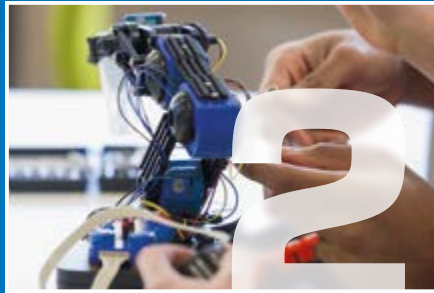
Presentación fácil de comprender

Todo el programa GUNT



Mecánica y diseño mecánico

- estática
- resistencia de materiales
- dinámica
- dinámica de máquinas
- diseño mecánico
- ensayo de materiales



Mecatrónica

- dibujo técnico
- modelos seccionados
- metrología
- elementos de máquinas
- tecnología de fabricación
- procesos de montaje
- mantenimiento
- diagnóstico de máquinas
- automatización e ingeniería de control de procesos



Ingeniería térmica

- fundamentos de termodinámica
- cambiadores de calor
- máquinas fluidomecánicas térmicas
- motores de combustión interna
- refrigeración
- ingeniería de suministro (HVAC)



Mecánica de fluidos

- flujos estacionarios
- flujos no estacionarios
- flujo alrededor de cuerpos
- elementos de sistemas de tuberías y de ingeniería de plantas
- turbomáquinas
- máquinas de desplazamiento positivo
- ingeniería hidráulica



Ingeniería de procesos

- ingeniería de las operaciones básicas mecánicas
- ingeniería de procesos térmicos
- ingeniería de procesos químicos
- ingeniería de procesos biológicos
- tratamiento de aguas



2E Energy & Environment

- | Energy | Environment |
|--|-------------|
| ■ energía solar | ■ agua |
| ■ energía hidráulica y energía marina | ■ aire |
| ■ energía eólica | ■ suelo |
| ■ biomasa | ■ residuos |
| ■ energía geotermia | |
| ■ sistemas de energía | |
| ■ eficiencia energética en edificaciones | |

Contacto

G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15-17
22885 Barsbuettel
Alemania

+49 40670854-0
sales@gunt.de
www.gunt.de



Visite nuestra
página web
www.gunt.de