



# Guía Konideas: Análisis de Vibraciones

## Contenido de la guía

1. Entendiendo las ondas de vibraciones .....	3
2. ¿Cómo se miden las vibraciones?.....	12
3. Análisis de la Información.....	20
4. Análisis de Falla.....	24
5. Normas Técnicas.....	29

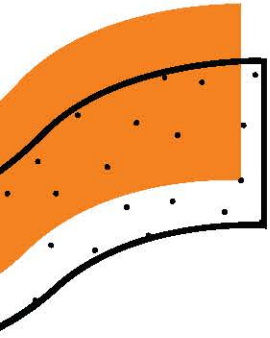
© 2021 Konideas

Todos los derechos reservados. Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio físico o digital. Se prohíbe sacar fotocopias, grabaciones o imágenes aquí contenidas sin el consentimiento de los que la publican.

Publicado y distribuido por: [Konideas.com](http://Konideas.com)

Autor: Juan David Niño

Editor: Ing. Armando Niño

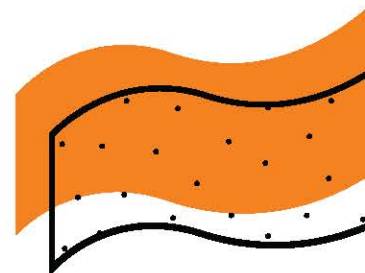


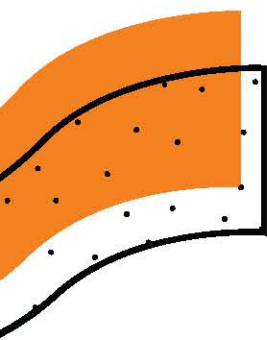
# Guía Konideas: Análisis de Vibraciones

Para que de acá en adelante usemos el mismo concepto, comencemos con una definición.

## ¿Qué es el Análisis de Vibraciones?

**El análisis de vibraciones, es la práctica que involucra el reconocimiento de las características de una señal de vibración y su relación con el comportamiento de las partes de una máquina o sistema.**

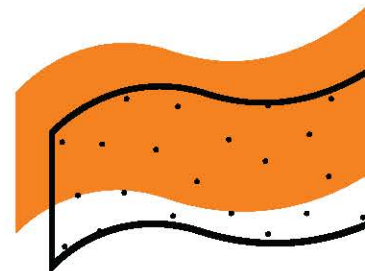




Los análisis de vibraciones siempre deben tener objetivos de trabajo claros. Ya sea porque son parte de una estrategia de monitoreo de condición o porque se está haciendo algún tipo de mantenimiento preventivo.

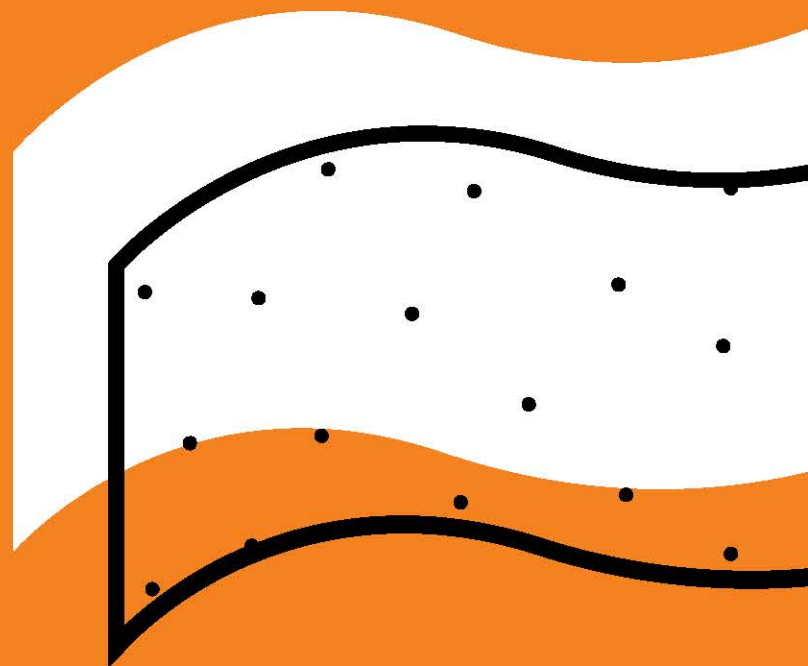
El análisis de vibraciones contiene varios conceptos que deben entenderse para poder tomar las mejores decisiones de manera informada. A pesar que la tecnología de medición ha avanzado mucho y los equipos de análisis de vibraciones traen muchas ayudas en la toma de medidas, es importante siempre entender qué se mide, la información que obtenemos, el significado de las medidas y llegar a diagnósticos precisos.

Cuando se realiza de manera correcta un análisis de vibraciones, la cantidad de información recogida puede ser muy útil para conocer el estado de una máquina o detectar problemas. Por eso, es importante que los encargados de la toma de mediciones tengan una preparación correcta y estén en constante actualización.

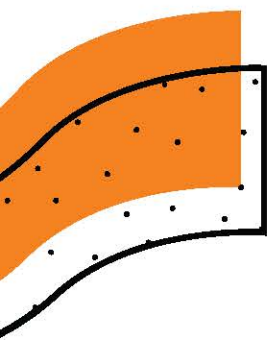




# Entendiendo las ondas de vibraciones







# Entendiendo las ondas de vibraciones

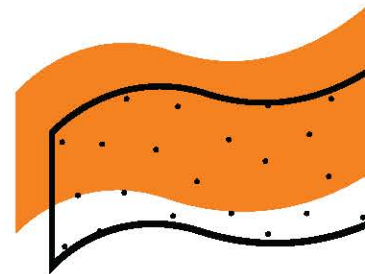
Ahora que tenemos un conocimiento básico sobre lo que es un análisis de vibraciones, veamos todos los componentes importantes de las ondas de vibraciones.

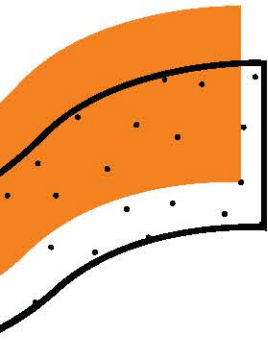
## Movimiento Armónico Simple

Para entender las ondas de vibraciones de una máquina, podemos comenzar con definir una onda sinusoidal descrita por el movimiento armónico simple.

**El movimiento armónico simple se da cuando en un objeto vibra bajo la acción de las fuerzas que son proporcionales a la distancia respecto una posición de reposo.**

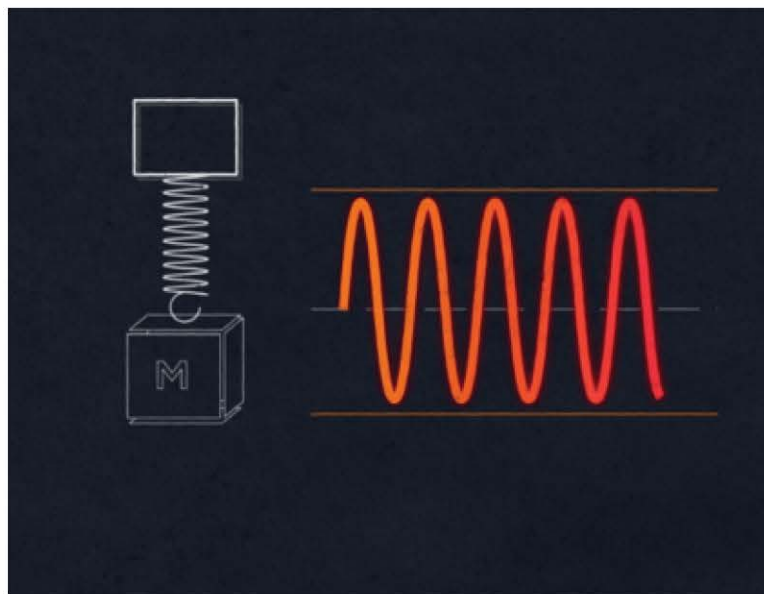
Para entender este concepto a veces es más fácil verlo en acción que leer su definición.



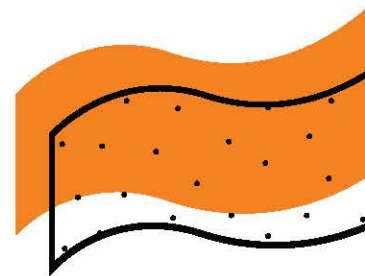


Comenzamos por definir una línea media conocida como posición en reposo. Después graficamos la posición de un objeto que sube y baja de manera constante. En el ejemplo es un peso que se cuelga sobre un resorte, en la vida real hay muchos ejemplos parecidos como un lazo para saltar o una rueda que gira.

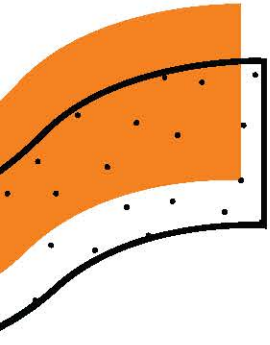
Entendiendo este movimiento, podemos aplicar los mismos conceptos a ondas más complejas. Que son solamente la sumatoria de estas ondas simples.



Para el análisis de vibraciones también es necesario conocer y poder cuantificar las características de las ondas. Por eso hay 4 conceptos importantes que debemos entender.







## Frecuencia de las vibraciones

Usando la misma imagen del ejemplo anterior podemos ver que la onda se repite varias veces. Esto se relaciona con la frecuencia de vibración.

**La frecuencia de la vibración es la cantidad de veces que se repite un ciclo medido en un intervalo de tiempo.**

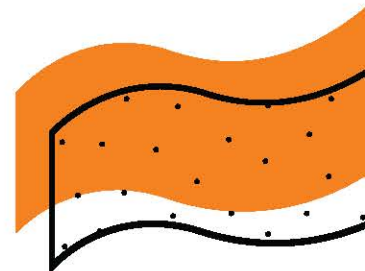
Para poder cuantificar las frecuencias se usa la ecuación:

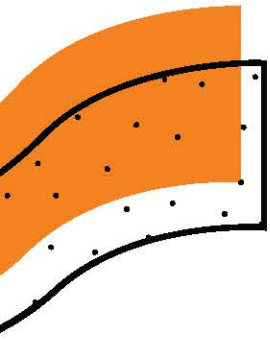
$$f = 1/T$$

En la ecuación  $f$  es la frecuencia y  $T$  es la cantidad de tiempo que se toma para completar un ciclo. El ciclo son las repeticiones de la vibración medidas desde el mismo punto.

En nuestro ejemplo se completan 5 ciclos en un segundo, entonces decimos que su frecuencia es de 5 Hertz (Hz). Se escribe Hertz porque esa es la unidad que se usa en el sistema internacional de medidas. 1 Hertz es igual a un ciclo por segundo.

En el análisis de vibraciones, conocer la frecuencia es muy importante porque nos da indicios sobre la causa de las fallas en nuestras máquinas y sistemas.



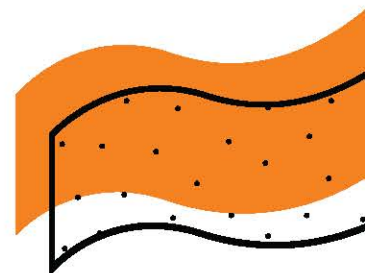


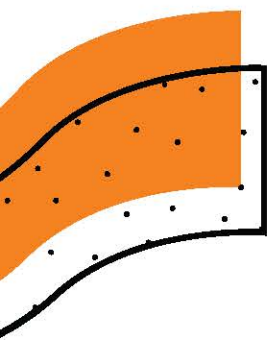
En el análisis de vibraciones, conocer la frecuencia es muy importante porque nos da indicios sobre la causa de las fallas en nuestras máquinas y sistemas.

## Periodo de las vibraciones

Otro concepto importante que se relaciona con la onda de vibración es el periodo.

**El periodo de vibración es el tiempo requerido para completar un ciclo de vibración. Es el concepto inverso a la frecuencia y por eso su ecuación es  $T = 1/f$ .**





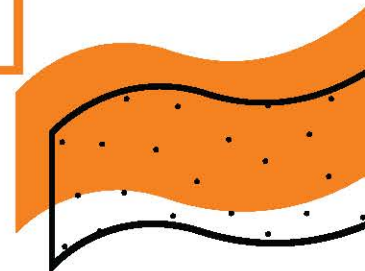
En nuestro ejemplo solo debemos reemplazar los valores, pues ya conocíamos la frecuencia de vibración, por lo que debemos reemplazar los valores en la ecuación del periodo y obtenemos el valor.

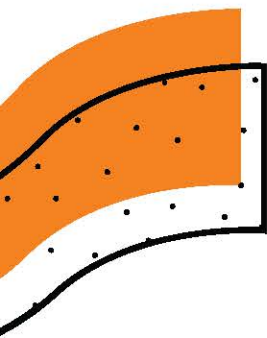
En el análisis de vibraciones las unidades más usadas para definir el periodo son los segundos y los milisegundos. Esto es porque las mediciones se hacen en intervalos cortos ya que las máquinas tienen un comportamiento que se repite en el tiempo. Por esto, con una toma de vibraciones de una máquina que está funcionando sólo se necesita una fracción corta que represente el comportamiento de la máquina.

## Amplitud de las vibraciones

En el análisis de vibraciones conocer la amplitud es muy importante porque determina en muchos casos la gravedad del problema medido.

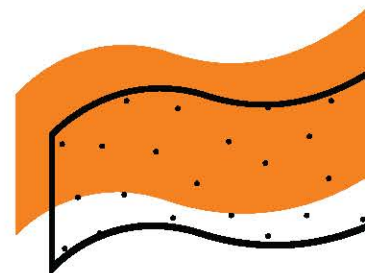
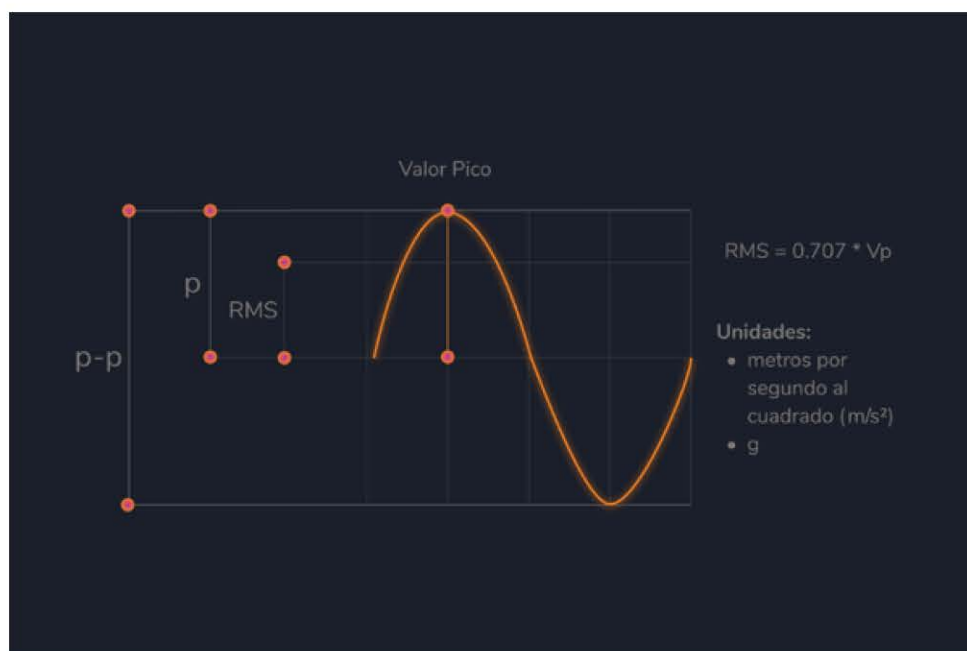
**La amplitud es la medida de la variación en una onda desde un punto de referencia a otro o entre los picos de la onda. Si se toma desde el punto de reposo hasta el punto mayor, se le conoce como amplitud de 0 a pico (0-p) y si es desde el punto menor de la onda al mayor, se le conoce como de pico a pico (p-p).**

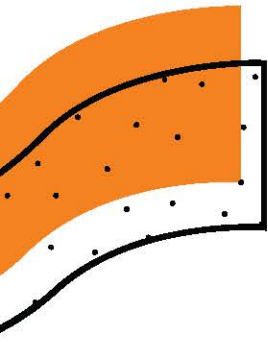




Como ya vimos anteriormente la frecuencia nos ayuda a identificar la fuente de la vibración y la amplitud nos muestra la gravedad del problema. En el análisis de vibraciones la amplitud la podemos medir en desplazamiento, velocidad y aceleración. Desplazamiento es un vector que muestra la dirección desde la posición inicial de un objeto hasta la posición final. En el análisis de vibraciones se utiliza el milímetro o la micra.

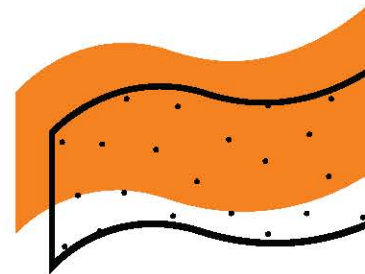
Velocidad es un vector que muestra la dirección y la tasa de cambio del movimiento. Sus unidades serían las unidades de desplazamiento sobre las unidades de tiempo, para el caso de las vibraciones se usa mm/s.



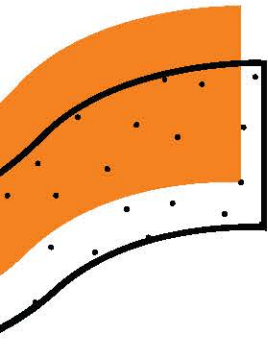


Finalmente, la aceleración es un vector que muestra la dirección y la tasa de cambio de la velocidad. Esto quiere decir que sus unidades serían igual al cambio de velocidad sobre el cambio de tiempo. En análisis de vibraciones se pueden usar  $\text{mm/s}^2$  o  $g$ . La gravedad estándar o  $g$  es igual a  $9.806 \text{ m/s}^2$  y se emplea por practicidad.

Se usan estas tres medidas dependiendo de varios factores como los aparatos de medición y las velocidades de las máquinas. En el análisis de vibraciones las tres son utilizadas y con procesos matemáticos es posible transformar los datos de una a otra, por lo general los medidores modernos pueden mostrarnos la información de cualquier modo.





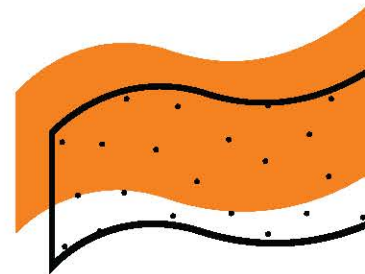


## Fase de las vibraciones

Por último, otra característica relevante para el análisis de vibraciones es aclarar qué es la fase de las vibraciones.

**La fase de las vibraciones es un punto medido en un instante del ciclo de una onda que se repite en el tiempo.**

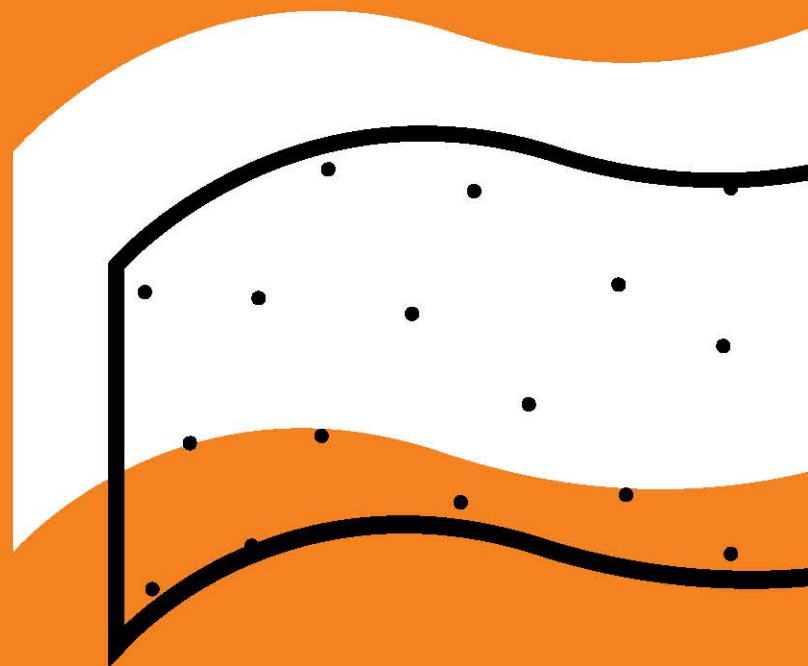
En el análisis de vibraciones por lo general necesitamos comparar la fase de varias medidas tomadas. Cuando se realizan mediciones en diferentes puntos es importante conocer cómo es la fase de una medida respecto a otra. En el análisis de los datos medidos, ocasionalmente la diferencia entre fases de una medida a otra nos da indicios de problemas en nuestras máquinas.

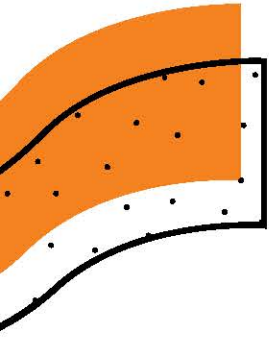






¿Cómo se miden  
las vibraciones?

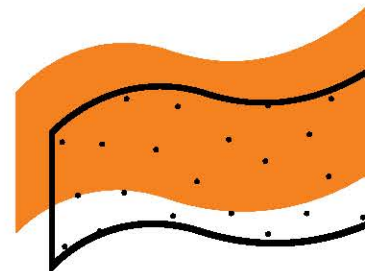


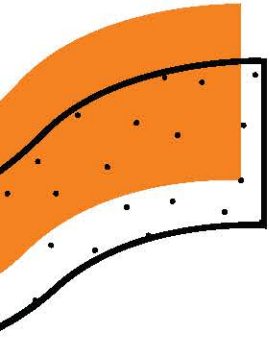


## ¿Cómo se miden las vibraciones?

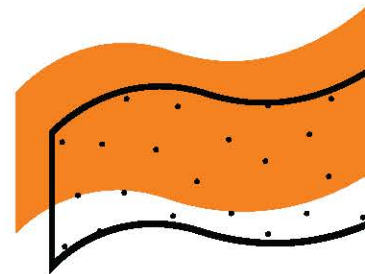
Uno de los pasos más relevantes en el análisis de vibraciones es recolectar la información correcta sobre el comportamiento de nuestras máquinas.

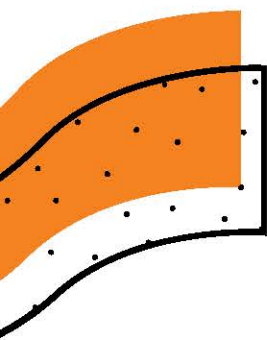
**Para medir vibraciones de nuestras máquinas se debe recolectar información en los ejes horizontales, verticales y axiales. Cada punto debe tener la capacidad de permitir repetir las mediciones, no afectar la respuesta en frecuencias y que exista una trayectoria de transmisión de vibraciones lo más directa posible. Por lo general, la toma de datos se hace sobre los ejes que giran alrededor de sus soportes.**





Siempre se debe medir en los mismos puntos. Esto se hace para poder tener la información más precisa en la toma de datos de nuestras máquinas.



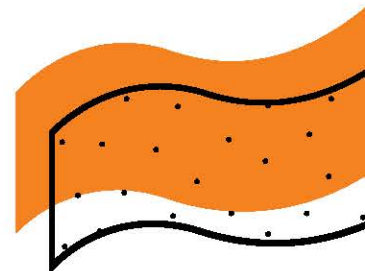


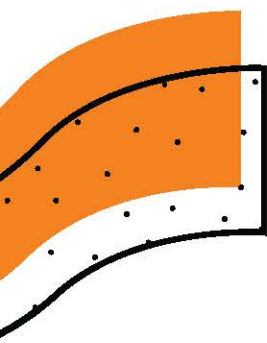
El ejemplo más común es el de motor conectado a una bomba. Cuando se seleccionan los puntos de medición que cumplan con las características ya mencionadas se recomienda anotar el orden de la toma de datos para poder hacer un informe más ordenado.

En este ejemplo, primero hacemos el montaje sobre los rodamientos del motor y se hacen las mediciones en los ejes. En la bomba deben ir sobre el eje, en la carcasa del cojinete.

## Instrumentos de Medición de Vibraciones

Para poder medir vibraciones, lo más fácil y utilizado es usar sensores de desplazamiento, aceleración o velocidad. La diferencia entre cada uno de ellos está en su construcción y en la forma en que se recolecta la información. El más popular es el acelerómetro y el parámetro de velocidad más utilizado es el de velocidad.





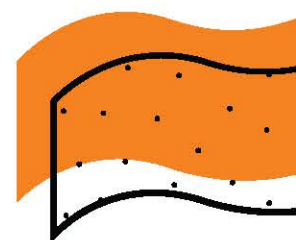
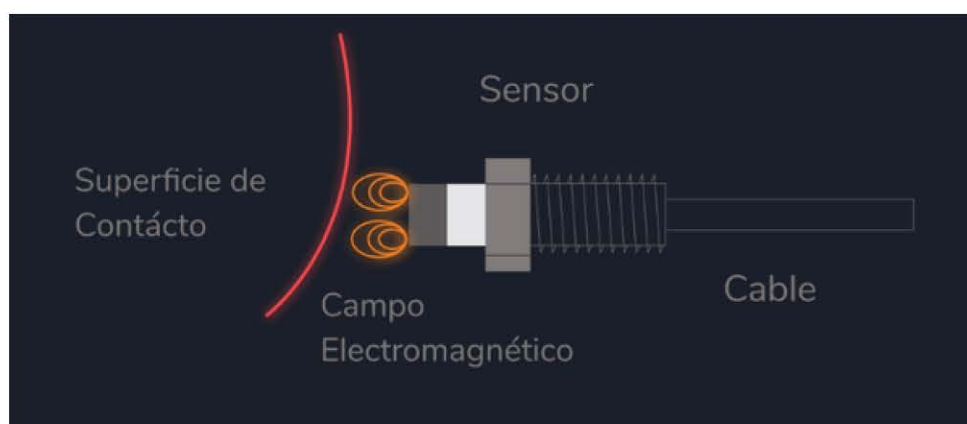
## Sensores de Desplazamiento

Este tipo de sensores funcionan sin contacto y también se les conoce como sensores de proximidad. Los más conocidos usan un oscilador que genera una señal de radiofrecuencia. Esta genera un campo electromagnético de baja energía en la punta del sensor (una sonda en este caso). Al acercarse el sensor al punto de medida se emplea un circuito demodulador para poder extraer la señal vibración de la señal de radiofrecuencia.

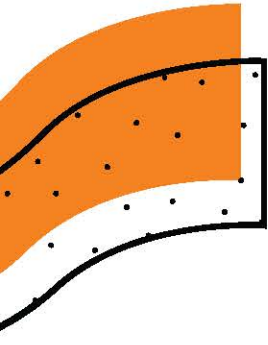
Suena muy complejo pero no lo es, simplemente es un sistema que utiliza circuitos eléctricos para aprovechar la señal de radiofrecuencia generada, un proceso parecido a los radios convencionales para escuchar música.

En general estos sensores tienen un buen comportamiento midiendo bajas frecuencias, esa es su principal ventaja.

Son útiles para mediciones de vibraciones radiales (movimientos del eje), excentricidad, expansión diferencial, entre otras aplicaciones.







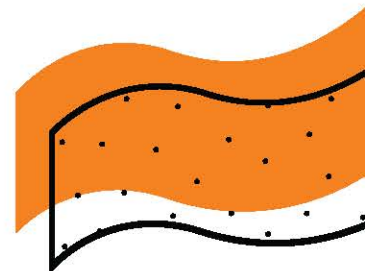
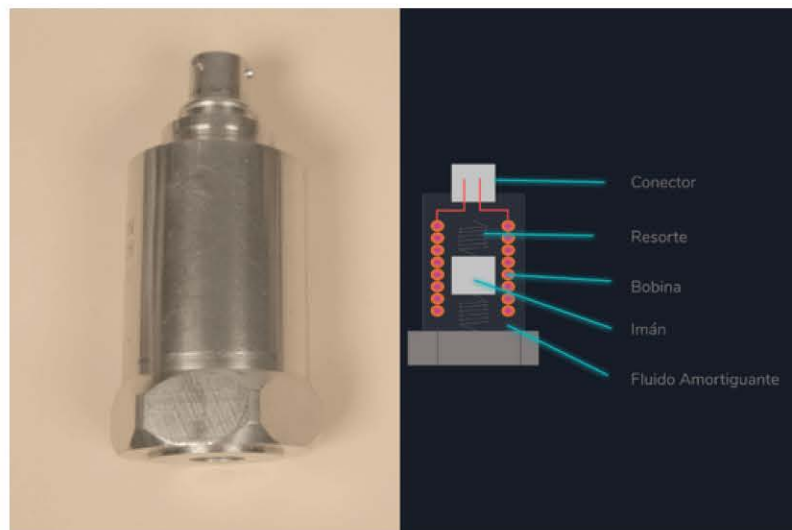
## Sensores de Velocidad

Este tipo de sensores contiene un imán que responde a los movimientos de vibración. El imán se encuentra en el centro de una bobina por lo general de cobre. Este tipo de sensores usa un sistema donde se transmite un voltaje proporcional a la velocidad de movimiento de su armadura.

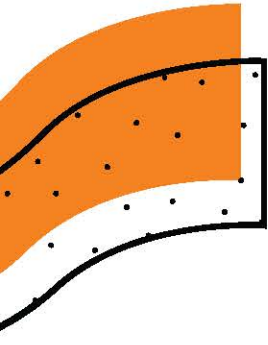
Por tener estos elementos en su construcción son menos utilizados ya que sus precios son más elevados comparados con los otros tipos de sensores.

A diferencia de los sensores de desplazamiento, estos sensores son muy buenos en el rango medio de frecuencias.

Su uso más común es en la medición de balanceo en los sistemas de rotores.







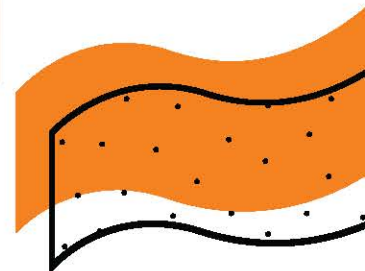
## Sensores de Aceleración

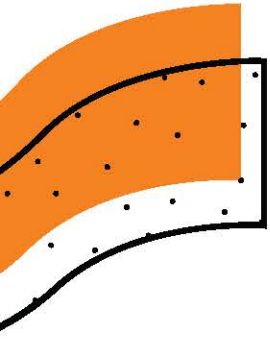
Por último, tenemos los sensores de aceleración comúnmente conocidos como acelerómetros.

**Los acelerómetros utilizan cristales piezoeléctricos que se deforman debido a la vibración. Esto produce un diferencial en la carga de las caras del cristal, esta diferencia de cargas se cuantifica, mide y utilizando un circuito de amplificación da como resultado la señal de vibración.**

Este movimiento mecánico resulta en una señal análoga proporcional a la aceleración de la vibración en el sistema.

Este tipo de sensores tienen una respuesta en frecuencia mejor en las frecuencias altas.

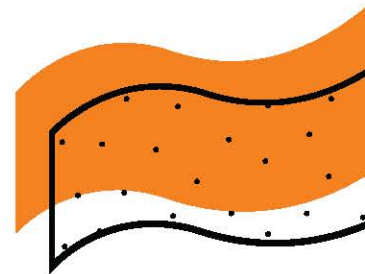




Las mayores ventajas de la medición de vibraciones con los acelerómetros son:

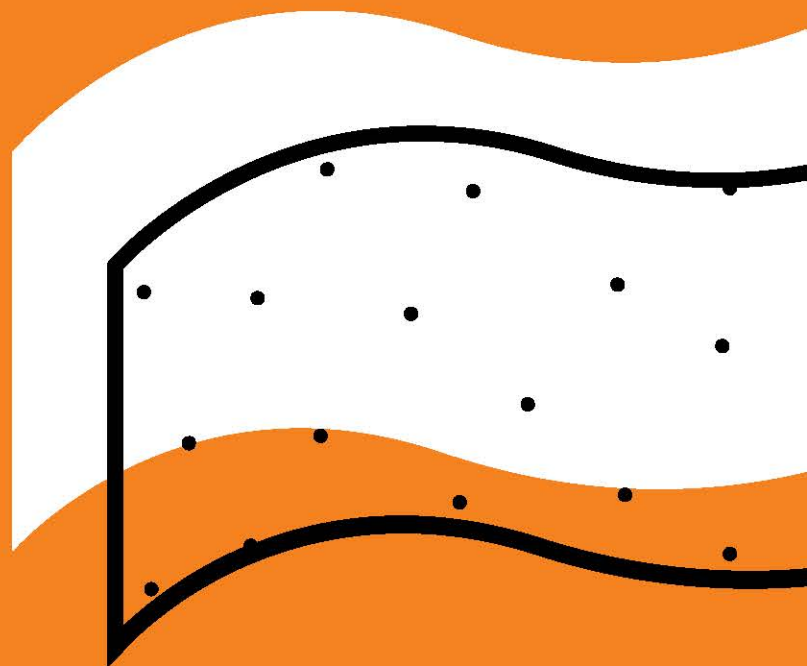
- Toman lecturas de aceleración, que es una ventaja cuando es necesario por ejemplo, medir la falla de los rodamientos y la frecuencia de los engranajes
- Los acelerómetros son pequeños
- Ligeros
- Económicos
- Tienen un amplio rango de frecuencias

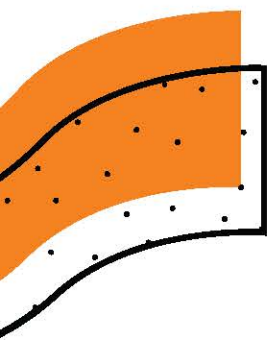
Entre los usos más aplicados está la medición de engranajes e impulsos.





# Análisis de la Información



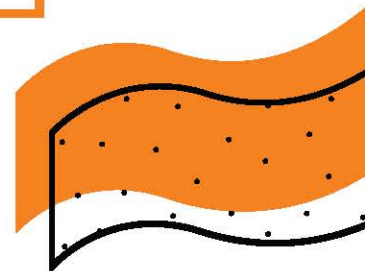


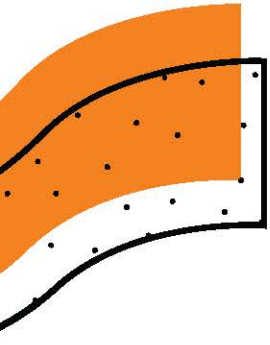
# Análisis de la información

Después de obtener la información de cada punto sobre las máquinas se debe analizar la información. Muchos equipos modernos permiten almacenar la información para llevar control sobre las medidas hechas. Sin embargo, es importante conocer la forma en que se muestran los datos para poder tomar decisiones informadas.

Las dos formas más comunes de visualizar información son: el espectro en frecuencia y el espectro de onda de tiempo. Ambas muestran la misma información pero con diferentes parámetros.

**Para medir vibraciones de nuestras máquinas se debe recolectar información en los ejes horizontales, verticales y axiales. Cada punto debe tener la capacidad de permitir repetir las mediciones, no afectar la respuesta en frecuencias y que exista una trayectoria de transmisión de vibraciones lo más directa posible. Por lo general, la toma de datos se hace sobre los ejes que giran alrededor de sus soportes.**



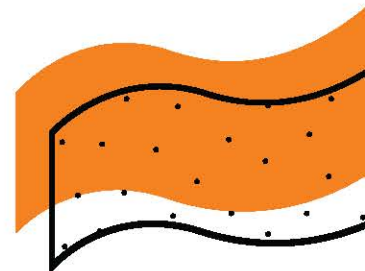
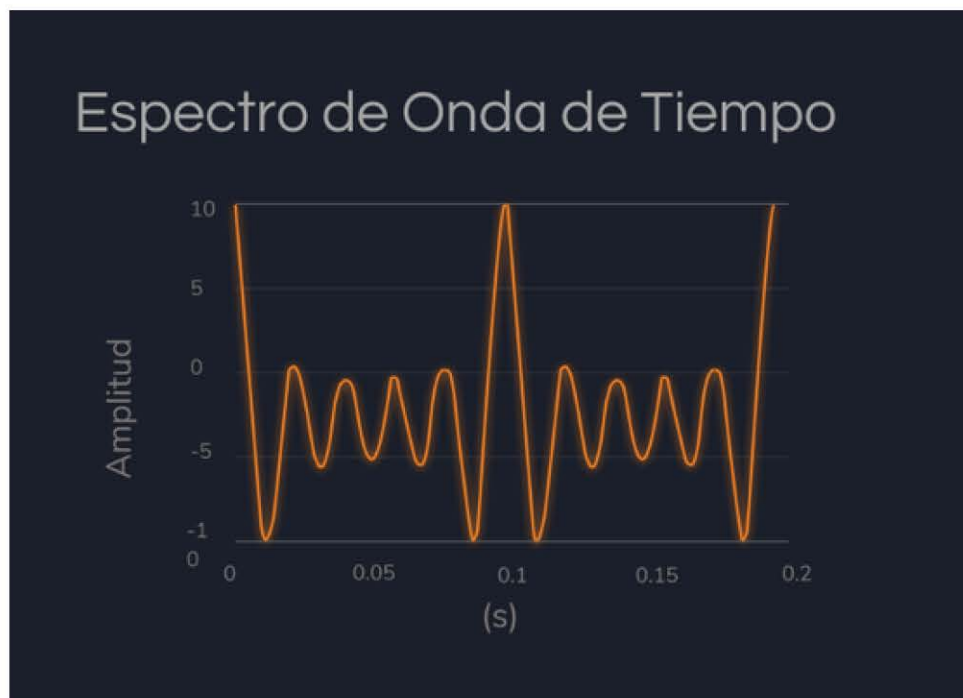


## Espectro de Onda de Tiempo

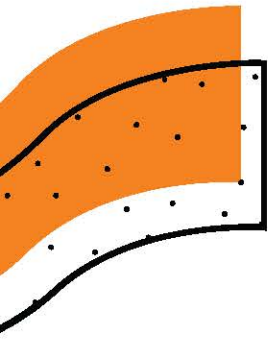
Este tipo de espectro es la señal que obtenemos de las mediciones con sensores.

**El espectro de onda es la amplitud medida del desplazamiento, aceleración o velocidad de vibración en un intervalo de tiempo.**

En general, con este tipo de espectro es más difícil determinar problemas de vibraciones. Por eso se acompaña de otras técnicas de análisis de señales de vibración.



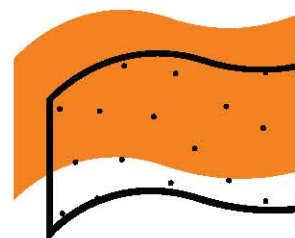
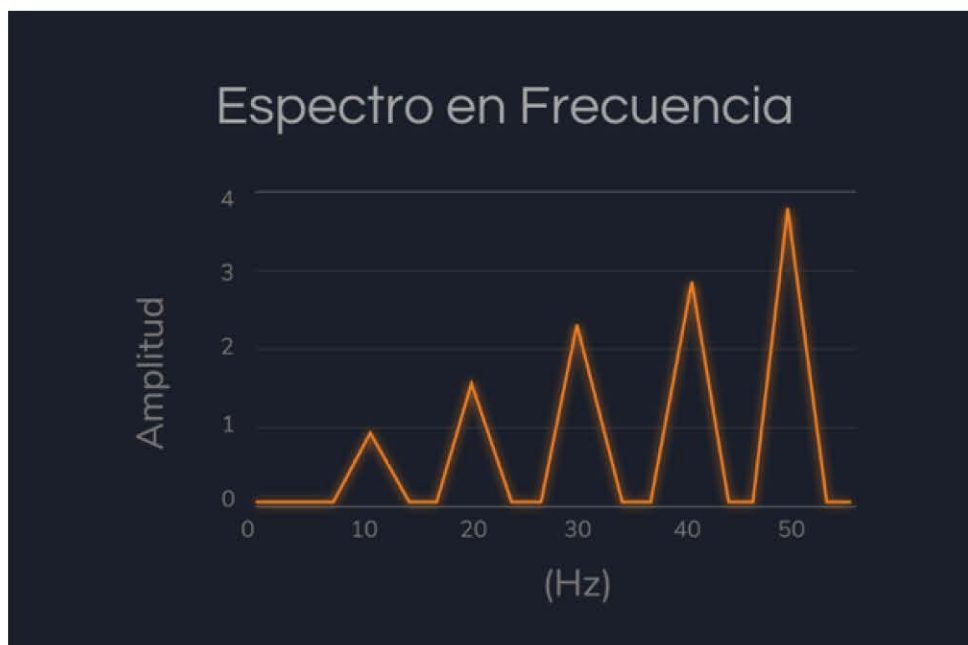




## Espectro en Frecuencia

El espectro en frecuencia, es una manera de ver la amplitud de cada frecuencia en un intervalo de tiempo. Para poder obtener este espectro es necesario utilizar un algoritmo llamado transformada rápida de fourier (FFT por su siglas en inglés) que descompone ondas complejas en ondas simples, como las que vimos en el movimiento armónico simple.

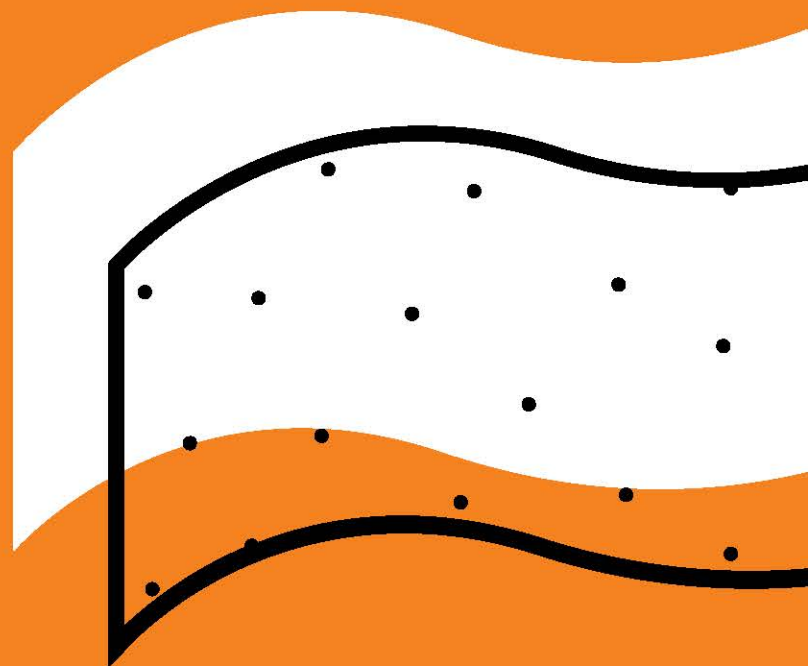
En el análisis de vibraciones veremos las amplitudes de cada frecuencia de vibración en un tiempo muy corto. Esta medida nos dará la información sobre todos los componentes de la máquina que están vibrando. De esta manera es claro que podemos ir identificando comportamientos anormales en uno o varios componentes de la máquina.

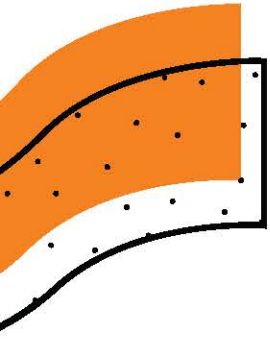






# Análisis de Falla



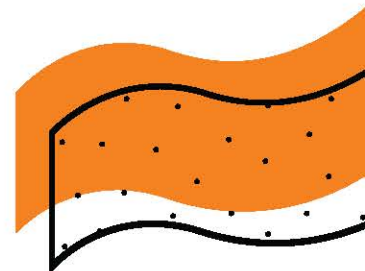


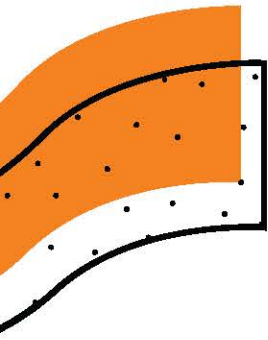
# Análisis de Falla

Una vez tengamos toda la información sobre las vibraciones en nuestras máquinas podemos determinar el origen de las fallas o el mal comportamiento de algún elemento.

**Hay una cantidad enorme de fallas características en la rotación de las máquinas que podemos identificar mediante la medición y el análisis de la vibración generada por las máquinas durante su funcionamiento.**

Veamos los problemas más comunes y cómo lucen sus gráficas de espectro en frecuencias.





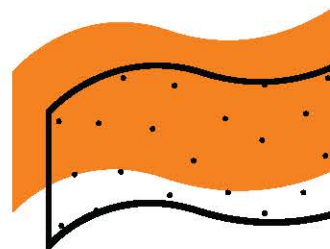
## Desbalanceo

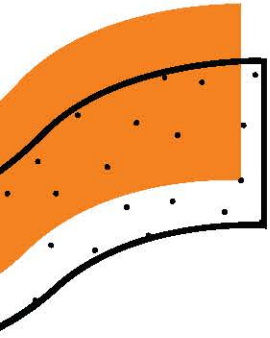
El desbalanceo usualmente se presenta a la misma frecuencia de la velocidad de operación de la máquina el cual se denomina 1 rpm. También es común denominar esta velocidad como 1x y cada valor múltiplo de esta frecuencia como 2x, 3x y así en adelante.

Por lo general el desbalanceo debe aparecer en las lecturas horizontales dado que es una distribución desigual de pesos y componentes que giran alrededor del eje.

El siguiente espectro de referencia, es el ejemplo característico del fenómeno del desbalanceo:

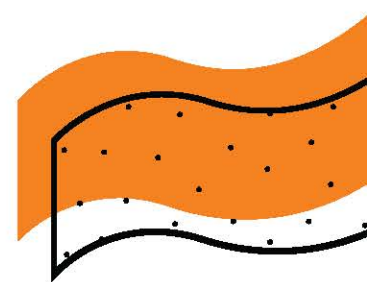
Notemos que en el espectro solamente hay un pico y ese pico corresponde a la misma velocidad es decir a 1X.

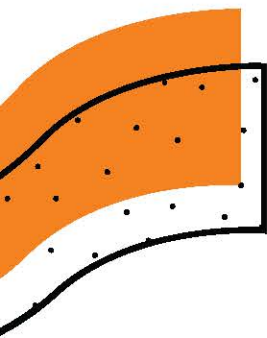




## Desalineamiento

Para el caso del desalineamiento el espectro típico tiene dos o tres picos y es usual encontrarlos a 1X a 2X y a 3X, es decir a la primera, segunda y tercera frecuencia equivalente de la velocidad de funcionamiento del rotor correspondiente.



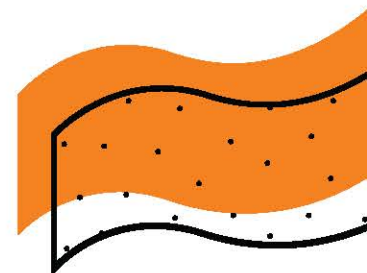


## Daño en Rodamientos

Las frecuencias generadas por los rodamientos no son sincrónicas. La geometría de las bolas, la jaula y las pistas se muestran a diferentes velocidades. Estas velocidades no son un múltiplo de la velocidad rotacional del eje.

Las siguientes son las frecuencias típicas que encontraremos en rodamientos:

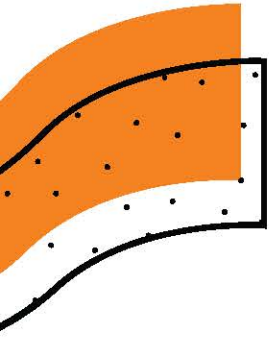
- pista interior
- pista exterior
- jaula
- giro de la bola





# Normas técnicas

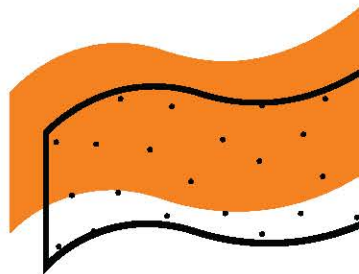


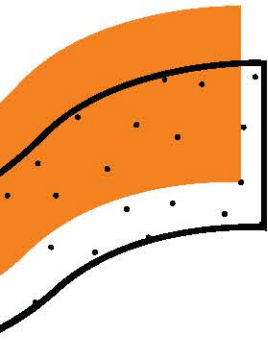


# Normas técnicas

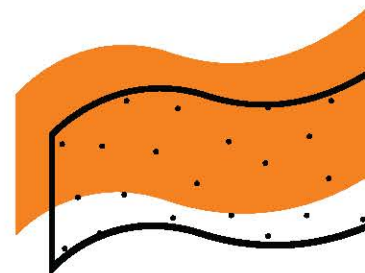
En el análisis de vibraciones, las normas técnicas sirven para poder establecer la gravedad de las fallas que medimos. Nos ofrecen valores de referencia para poder determinar si se deben tomar medidas sobre nuestras máquinas o si el comportamiento es aceptable.

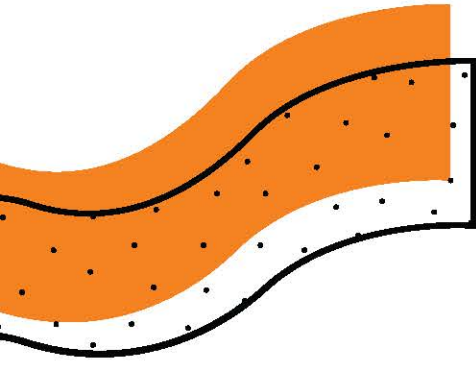
Existen muchos organismos que establecen regulaciones sobre el comportamiento de las máquinas y sistemas de máquinas. Para el análisis de vibraciones el estándar más conocido es el ISO-10816.





Este estándar establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración. Lo más normal es tomar una tabla de resumen que nos guía dependiendo de las características de la máquina que hemos medido. Allí se divide la información en diferentes grupos dependiendo del montaje, tipo de máquina, altura del eje o potencia. A cada grupo se le dan valores que se consideran aceptables, hasta llegar a vibraciones que se consideran peligrosas.





# ¡Gracias!

Felicidades por llegar hasta acá. Si te interesa aprender mucho más sobre Mantenimiento Industrial con nuestros cursos en [Konideas.com](https://www.konideas.com)

