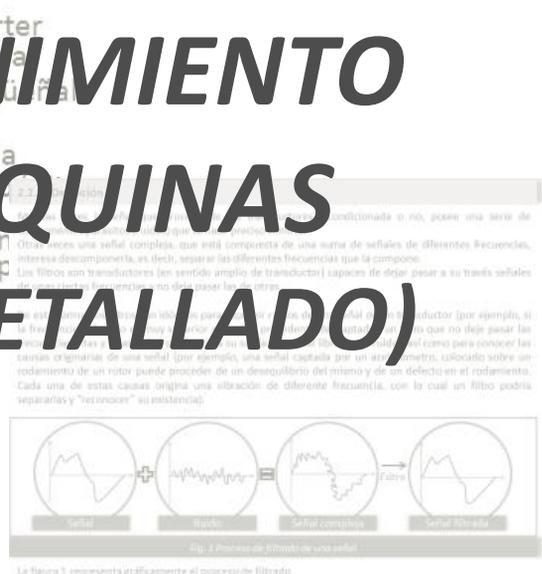
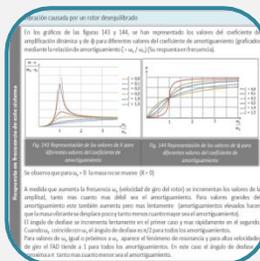
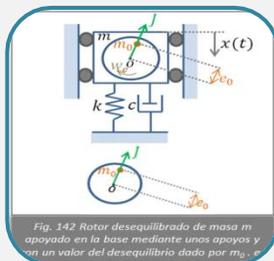


Ecuación diferencial del sistema vibrante
 Del equilibrio dinámico de las masas m_1 y m_2 (diagrama cuerpo libre de la figura) se obtiene:
 $m_1 \ddot{x}_1 + c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 + c_2 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2 (x_1 - x_2) = F_1(t)$
 $m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_3 (x_2 - x_1) + c_4 \dot{x}_2 + k_4 x_2 = F_2(t)$

MÁSTER ONLINE DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS (ÍNDICE DETALLADO)



DE LOS CONCEPTOS...



...A LA APLICACIÓN PRÁCTICA

INTRODUCCIÓN AL CONTENIDO TEMÁTICO DEL MÁSTER DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

Este máster se centra en las actividades de mantenimiento de máquinas eminentemente técnicas, y no en las administrativas y de gestión.

Sus contenidos pueden aplicarse en otras dos áreas de la ingeniería:

- El mantenimiento de instalaciones que comprendan conjuntos de máquinas .
- El diseño y rediseño de máquinas.

El master se ha estructurado en tres Bloques, cada Bloque está dividido en diferentes Módulos y cada Módulo en un conjunto de Temas.

A su vez cada Tema se estructura en diferentes Partes y cada Parte engloba un conjunto de ítems o cuestiones.

(En conjunto el Master comprende 3 Bloques, 11 Módulos, y 69 Temas)

En este documento se presenta el contenido de ítems o cuestiones de todo el Master, lo que permite hacerse una idea de la amplitud y profundidad del mismo.

El master comprende todo un cuerpo de conocimientos en relación con el mantenimiento de máquinas y como tal debe cursarse como un todo.

Sin embargo los que solo estén interesados en algunas de sus Módulos también pueden cursarlos por separado, siendo recomendable en este caso seguir las instrucciones de los responsables del Master para una adecuada selección de los mismos.

MÓDULOS DEL MÁSTER

BLOQUE 1. Conceptos previos

Módulo 0. Introducción al máster de mantenimiento de máquinas

Módulo 1. Tribología aplicada al mantenimiento de máquinas

Módulo 2. Teoría de vibraciones aplicada al mantenimiento de máquinas

Módulo 3. Instrumentación aplicada al mantenimiento de máquinas

Módulo 4. Equilibrado y alineación aplicadas al mantenimiento de máquinas

Módulo 5. Teoría de fiabilidad aplicada al mantenimiento de máquinas

BLOQUE 2. Cuerpo central de conocimientos del mantenimiento de máquinas

Módulo 6. Tipos y origen de fallos en elementos de máquinas

Módulo 7. Técnicas y sistemas de detección de fallos en elementos de máquinas

Módulo 8. Técnicas y sistemas de detección de fallos de máquinas en servicio por análisis del lubricante

Módulo 9. Técnicas y sistemas para la detección de fallos en máquinas por análisis de sus vibraciones

Módulo 10. Técnicas variadas de detección de fallos en máquinas en servicio

BLOQUE 3. Introducción a la gestión del mantenimiento de máquinas

Módulo 11. Tipos y gestión del mantenimiento de máquinas

MÓDULO DE INTRODUCCIÓN AL MÁSTER DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por tres temas:

Tema 1. Visión global del mantenimiento de máquinas

Tema 2. La máquina en el proceso tecnológico

Tema 3. Composición general de las máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Visión global del mantenimiento de máquinas

Tema 1

1. Introducción
 - 1.1. Concepto genérico de mantenimiento
 - 1.2. Concepto de mantenimiento aplicado a máquinas
 - 1.3. Objetivos del mantenimiento de máquinas
 - 1.4. Áreas directas de aplicación del mantenimiento de máquinas
 - 1.5. Tipología de las máquinas aislados objeto del mantenimiento
2. Los fallos en las máquinas
 - 2.1. Concepto de fallo en una máquina
 - 2.2. Origen de los fallos en las máquinas
 - 2.3. Tipos de fallos en las máquinas según el conocimiento de su origen
 - 2.4. Detección de fallos en máquinas
3. Conceptos básicos sobre las técnicas del mantenimiento de máquinas
 - 3.1. Factores que afectan al mantenimiento de máquinas
 - 3.2. Estrategias de mantenimiento básicas
 - 3.3. Tipos de trabajos de mantenimiento de máquinas
 - 3.4. Tareas asociadas a las estrategias de mantenimiento de máquinas
4. Repercusiones del mantenimiento de máquinas
5. Selección de la estrategia de mantenimiento de máquinas
6. Conocimientos aplicables en el mantenimiento de máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

La máquina en el proceso tecnológico

Tema 2

1. Introducción
2. Concepto de máquinas
3. La máquina como parte del proceso tecnológico
4. Clasificación de las máquinas de acuerdo a sus categorías
5. Clasificación de las máquinas de acuerdo a los sectores productivos de servicios en que intervienen
 - 5.1. Sector primario
 - 5.2. Sector secundario
 - 5.3. Sector terciario
6. Evolución pasada de la máquina
 - 6.1. Evolución de la tecnología
 - 6.2. Evolución de la potencia
 - 6.3. Evolución del estilo
7. Perspectivas de futuro para las máquinas

Composición general de las máquinas

Tema 3

1. Introducción
2. Estructura interna general de las máquinas
3. Tipología de los componentes de las máquinas
4. Materiales en la construcción de máquinas
5. Esfuerzos en las máquinas
6. Tipos de mecanismos, elementos de máquinas y mecanismos básicos
 - 6.1. Elementos de unión
 - 6.2. Elementos para la transmisión de rotaciones
 - 6.3. Elementos para la transmisión de movimientos no rotatorios
 - 6.4. Elementos de soporte

MÓDULO DE INTRODUCCIÓN AL MÁSTER DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Composición general de las máquina

Tema 3

6.5. Elementos neumáticos e hidráulicos

6.6. Otros elementos

7. Ejemplo de componentes (piezas) de un automóvil



Este módulo está conformado por cinco temas:

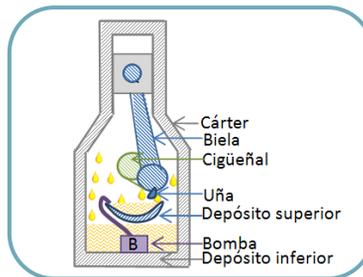
Tema 1. Rozamiento entre elementos de máquinas

Tema 2. Desgaste entre elementos de máquinas

Tema 3. Lubricantes empleados en las máquinas

Tema 4. Lubricación de las máquinas

Tema 5. Sistemas de lubricación de las máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Rozamiento entre elementos de máquinas

Tema 1

1. Introducción general al estudio del rozamiento entre elementos de máquinas.
 - 1.1. Introducción general al rozamiento.
2. Tensiones y deformaciones en elementos de máquinas en contacto.
 - 2.1. Caso de cargas normales.
 - 2.1.1. Generalidades.
 - 2.1.2. Caso de dos cilindros.
 - 2.1.3. Caso de cilindro y plano.
 - 2.2. Caso de cargas normales y tangenciales constantes.
 - 2.2.1. Generalidades.
 - 2.2.2. Caso de dos cilindros.
 - 2.2.3. Caso de cilindro y plano.
 - 2.3. Caso de carga normal constante y carga tangencial creciente.
3. Composición y topografía de las superficies de los elementos de máquinas.
 - 3.1. Composición de las superficies.
 - 3.2. Topografía de las superficies.
4. Proceso de contacto estático entre elementos de máquinas.
 - 4.1. Áreas real y aparente.
 - 4.2. Fisicoquímica del contacto estático. Fuerzas de adhesión.



CONTENIDO DE CADA TEMA

Rozamiento entre elementos de máquinas

Tema 1

- 4.3. Energía disipada en el contacto estático.
- 4.4. Caso de existir fuerzas tangenciales sin que ocurra deslizamiento. Efectos inducidos.
- 5. Proceso de fricción entre elementos de máquinas.
 - 5.1. Rozamiento de deslizamiento.
 - 5.1.1. Generalidades.
 - 5.1.2. Coeficiente de rozamiento al deslizamiento. (Debido a la deformación y a la adhesión).
 - 5.1.3. Energía disipada en el deslizamiento.
 - 5.1.4. Efecto de la velocidad de deslizamiento en la fricción.
 - 5.2. Rozamiento de rodadura.
 - 5.2.1. Generalidades.
- 6. Aplicaciones de la fricción entre elementos de máquinas.
 - 6.1. Introducción.
 - 6.2. Aplicación a frenos de zapata y tambor.
 - 6.3. Aplicación a paracaídas de ascensores.
 - 6.4. Aplicación a uniones atornilladas.

Desgaste entre elementos de máquinas

Tema 2

- 1. Introducción general al estudio del desgaste entre elementos de máquinas.
 - 1.1. Introducción general.
- 2. Desgaste de los elementos de máquinas.
 - 2.1. Generalidades.
 - 2.1.1. Definiciones.
 - 2.1.2. Factores que afectan al desgaste. (Efectos de la capa contaminante, de la carga, de la temperatura, de la compatibilidad entre ambos materiales y del medio circundante).
 - 2.1.3. La tasa de desgaste. (Tasa gravimétrica, volumétrica y lineal).
 - 2.1.4. Tipología de las partículas desgastadas. (Formas planas, de cintas, esféricas e irregulares).
 - 2.1.5. Leyes generales del desgaste.
 - 2.2. Mecanismos de desgaste.
 - 2.2.1. Desgaste adhesivo.
 - 2.2.2. Desgaste abrasivo.



CONTENIDO DE CADA TEMA

Desgaste entre elementos de máquinas

Tema 2

- 2.2.3. Desgaste por fatiga superficial. (Caso de rodadura y de deslizamiento).
- 2.2.4. Desgaste corrosivo.
- 2.2.5. Otros tipos de desgaste. (Desgaste por fretting, desgaste por erosión, desgaste por cavitación, desgaste por chispas y desgaste por formación de rollos).

Lubricantes empleados en las máquinas

Tema 3

- 1. Generalidades sobre los lubricantes.
 - 1.1. Definición de lubricante.
 - 1.2. Funciones de los lubricantes.
 - 1.3. Composición de los lubricantes.
 - 1.4. Origen de los lubricantes. (Naturales, sintéticos y semisintéticos).
 - 1.5. Clasificación de los lubricantes atendiendo a su estado físico. (Líquido, pastoso, sólido y gaseoso).
- 2. Estudio general de los lubricantes líquidos.
 - 2.1. Introducción al estudio de los lubricantes líquidos.
 - 2.1.1. Definición de los lubricantes líquidos.
 - 2.1.2. Acotaciones al estudio de los lubricantes líquidos.
 - 2.2. Clasificación de los lubricantes líquidos atendiendo a su procedencia.
 - 2.3. Generación de los aceites base de los lubricantes líquidos.
 - 2.3.1. Aceites base minerales. (Composición y fabricación).
 - 2.3.2. Aceites base sintéticos. (Composición y fabricación).
 - 2.4. Propiedades genéricas de los aceites base de los lubricantes líquidos.
 - 2.4.1. Generalidades.
 - 2.4.2. Propiedades intrínsecas (viscosidad, densidad, calor específico, conductividad, estabilidad a la oxidación, acidez, alcalinidad, porcentaje de coquización, punto de inflamación, punto de combustión, punto de niebla, punto de congelación, punto de descongelación, poder anticorrosivo, poder detergente, poder demulsionante, poder antiespumante, poder de resistir fuertes presiones, carencia de volatilidad).
 - 2.4.3. Propiedades extrínsecas (untuosidad y poder lubricante).
 - 2.5. Aditivos a los aceites base de los lubricantes líquidos.
 - 2.5.1. Generalidades.



CONTENIDO DE CADA TEMA

Lubricantes empleados en las máquinas

Tema 3

- 2.5.2. Tipos de aditivos (Modificadores: Del índice de viscosidad, del punto de congelación, de la untuosidad, del poder antioxidante, del poder detergente, del poder antiespumante, del poder antidesgaste, de la capacidad de resistir fuertes presiones, del poder anticorrosivo, del poder anticongelante, de la basicidad, o del poder dispersante).
- 2.6. Conformación de los lubricantes líquidos.
- 2.7. Propiedades y aplicaciones de los diferentes tipos de lubricantes líquidos.
 - 2.7.1. Introducción.
 - 2.7.2. Propiedades de los aceites base minerales. (De base parafínica, de base nafténica, de base bencénica).
 - 2.7.3. Propiedades de los aceites base sintéticos. (polialfaoleinas, alquilbencenos, poliisobutilenos, diesteres, esterres de poliol, esterres de fosfatos, perfloruroalquileter, poliglicoles, siliconas, esterres de silicatos, esterres de polifenil).
- 2.8. Comparación entre los lubricantes minerales y sintéticos.
 - 2.8.1. Ventajas y desventajas de los lubricantes minerales.
 - 2.8.2. Ventajas y desventajas de los lubricantes sintéticos.
- 2.9. Envejecimiento de los lubricantes líquidos.
- 2.10. Lubricantes líquidos industriales
 - 2.10.1. Normativas (ISO, AENOR-UNE, ACEA, SAE, API, Diversos fabricantes).
 - 2.10.2. Tablas comparativas entre normativas.
 - 2.10.3. Lubricantes monogrado y multigrado.
- 3. Estudio general de los lubricantes pastosos (o grasas).
 - 3.1. Definición de los lubricantes pastosos o grasas.
 - 3.2. Clasificación de los lubricantes pastosos atendiendo a su procedencia.
 - 3.3. Composición de los lubricantes pastosos.
 - 3.4. Generación de grasas.
 - 3.4.1. Aceite base.
 - 3.4.2. Espesantes. (Con base jabonosa y con base no jabonosa).
 - 3.4.3. Fabricación de las grasas.
 - 3.5. Propiedades genéricas de las grasas.
 - 3.5.1. Propiedades intrínsecas de las grasas (consistencia, viscosidad, punto de goteo, separación del aceite, estabilidad mecánica y estabilidad a la oxidación).
 - 3.5.2. Propiedades extrínsecas de las grasas (Bombeabilidad, untuosidad y lubricidad).



CONTENIDO DE CADA TEMA

Lubricantes empleados en las máquinas

Tema 3

- 3.6. Aditivos de las grasas.
 - 3.6.1. Cuadro de aditivos.
 - 3.6.2. Relaciones con los espesantes. (Pasivadores y modificadores de adherencia).
 - 3.7. Conformación, propiedades y aplicaciones de los diferentes tipos de grasas.
 - 3.7.1. Introducción.
 - 3.7.2. Grasas minerales. (Simples, complejas y semicomplejas).
 - 3.7.3. Grasas sintéticas.(Orgánicas e inorgánicas).
 - 3.7.4. Pastas lubricantes.
 - 3.8. Incompatibilidad entre grasas.
 - 3.9. Envejecimiento de las grasas.
 - 3.10. Normalizaciones de las grasas
-
- 4. Estudio general de los lubricantes sólidos.
 - 4.1. Definición de los lubricantes sólidos. (Laminares y no laminares).
 - 4.2. Clasificación de los lubricantes sólidos atendiendo a su procedencia.
 - 4.2.1. Lubricantes sólidos inorgánicos. (Metálicos y no metálicos).
 - 4.2.2. Lubricantes sólidos orgánicos. (Plásticos).
 - 4.3. Propiedades genéricas de los lubricantes sólidos.
 - 4.4. Propiedades y aplicaciones de los lubricantes sólidos.
 - 4.4.1. Lubricantes sólidos inorgánicos.
 - 4.4.2. Lubricantes sólidos orgánicos.
-
- 5. Selección entre los diferentes tipos de lubricantes.
 - 5.1. Introducción a la elección del tipo de lubricante.
 - 5.2. Factores a considerar en el empleo de lubricantes líquidos.
 - 5.3. Factores a considerar en el empleo de lubricantes pastosos.
 - 5.4. Factores a considerar en el empleo de lubricantes sólidos.
-
- 6. Ejemplos de aplicación de los lubricantes industriales.
 - 6.1. Motores de gasolina.
 - 6.2. Motores diésel.
 - 6.3. Turbinas de gas.
 - 6.4. Turbinas de vapor.
 - 6.5. Compresores de aire.
 - 6.6. Compresores frigoríficos.



CONTENIDO DE CADA TEMA

Lubricación de las máquinas

Tema 4

1. Introducción a la lubricación.
 - 1.1. Definición de deslizamiento seco y lubricado.
 - 1.1.1. Definición de deslizamiento seco.
 - 1.1.2. Definición de deslizamiento lubricado.
 - 1.1.3. Comparación entre deslizamiento seco y lubricado.
 - 1.2. Curva se Stribeck.
 - 1.3. Definición de lubricación.
 - 1.4. Objetivos de la lubricación.
 - 1.5. Beneficios de la lubricación.
 - 1.6. Tipos de lubricación.
2. Lubricación hidrodinámica.
 - 2.1. Concepto.
 - 2.2. Lubricación hidrodinámica entre placas.
 - 2.3. Lubricación hidrodinámica entre gorrón y cojinete.
 - 2.4. Limitaciones y efectos de la lubricación hidrodinámica (oil whirl).
3. Lubricación elastohidrodinámica.
 - 3.1. Concepto.
 - 3.2. Comportamiento elastohidrodinámico.
4. Lubricación límite.
 - 4.1. Concepto.
 - 4.2. Influencia de la temperatura sobre la lubricación límite.
5. Lubricación hidrostática.
 - 5.1. Concepto.
6. Lubricación con lubricantes sólidos.
 - 6.1. Modos de uso de los lubricantes sólidos
 - 6.2. Lubricación de película seca.
 - 6.3. Lubricación de aerosol.

Sistemas de lubricación de las máquinas

Tema 5

1. Introducción a los sistemas de lubricación.
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Clasificación de los sistemas de lubricación



CONTENIDO DE CADA TEMA

Sistemas de lubricación de las máquinas

Tema 5

2. Sistemas de lubricación con lubricantes líquidos (aceites).
 - 2.1. Sistemas de lubricación a pérdida
 - 2.2. Sistemas de lubricación con recuperación
 - 2.2.1. sistemas de lubricación mediante dispositivos pasivos
 - 2.2.2. Sistemas de lubricación mediante depósito autosuficiente
 - 2.2.3. Sistemas de lubricación por circulación
 - 2.3. Sistemas de lubricación centralizada.
 - 2.3.1. Generalidades
 - 2.3.2. Sistemas de línea simple
 - 2.3.3. Sistemas de línea doble
 - 2.3.4. Sistemas de lubricación por línea múltiple
 - 2.3.5. Sistemas de lubricación progresiva
 - 2.3.6. Sistemas de lubricación por pulverización
 - 2.3.7. Sistemas de lubricación por niebla
3. Sistemas de lubricación con lubricantes pastosos (grasas).
 - 3.1. Sistemas de lubricación con grasa mono punto.
 - 3.2. Sistemas de lubricación con grasa centralizado.
4. Lubricación de mecanismos más usuales.
 - 4.1. Lubricación de cojinetes de fricción (Cojinetes planos)
 - 4.1.1. Recordatorio
 - 4.1.2. Lubricación con aceites
 - 4.1.3. Lubricación con grasas
 - 4.1.4. Lubricación con lubricantes sólidos
 - 4.2. Lubricación de cojinetes de rodamientos
 - 4.2.1. Recordatorio
 - 4.2.2. Lubricación con aceites
 - 4.2.3. Lubricación con grasas
 - 4.2.4. Lubricación con lubricantes sólidos
 - 4.3. Lubricación de engranajes y trenes de engranajes
 - 4.3.1. Recordatorio
 - 4.3.2. Lubricación con aceites de engranajes cerrados
 - 4.3.3. Lubricación con aceites de engranajes abiertos
 - 4.3.4. Lubricación con grasas
 - 4.3.5. Lubricación con lubricantes sólidos
 - 4.4. Lubricación de cadenas.
 - 4.4.1. Recordatorio
 - 4.4.2. Lubricación con aceites



CONTENIDO DE CADA TEMA

Sistemas de lubricación de las máquinas

Tema 5

- 4.4.3. Lubricación con grasas
- 4.4.4. Lubricación con lubricantes sólidos
- 4.5. Lubricación de cables y poleas
 - 4.5.1. Recordatorio
 - 4.5.2. Lubricación con aceites
 - 4.5.3. Lubricación con grasas
 - 4.5.4. Lubricación con lubricantes sólidos

MÓDULO DE VIBRACIONES APLICADAS AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por cinco temas:

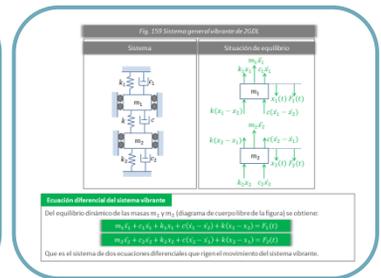
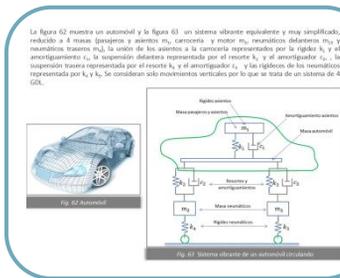
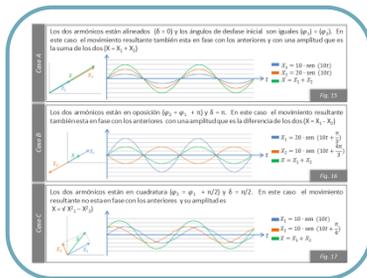
Tema 1. Movimientos armónicos y periódicos

Tema 2. Introducción a las vibraciones mecánicas

Tema 3. Caracterización de las acciones perturbadoras y de las vibraciones inducidas

Tema 4. Vibraciones en sistemas vibrantes

Tema 5. Análisis de vibraciones mecánicas en diferentes dominios



CONTENIDO DE CADA TEMA

Movimientos armónicos y periódicos

Tema 1

1. Concepto de movimiento armónico
 - 1.1. Interpretación del movimiento armónico
 - 1.2. Formulación general
 - 1.3. Representación trigonométrica
 - 1.4. Representación compleja
2. Velocidad y aceleración en el movimiento armónico simple
3. Movimiento armónico simple amortiguado
4. Composición de movimientos armónicos
 - 4.1. Composición de movimientos armónicos de igual dirección y frecuencia
 - 4.2. Composición de movimientos armónicos de igual dirección y diferentes frecuencias (pulsación)
 - 4.3. Composición de movimientos armónicos de direcciones perpendiculares e iguales frecuencias
 - 4.4. Composición de movimientos armónicos de direcciones perpendiculares y frecuencias diferentes
5. Producto de dos movimientos armónicos. Modulación
6. Movimientos periódicos. Serie de Fourier



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a las vibraciones mecánicas

Tema 2

1. Introducción al estudio de las vibraciones mecánicas
2. Caracterización de los sistemas vibrantes
 - 2.1. Concepto de sistema vibrante
 - 2.2. Rigidez de los sistemas vibrantes
 - 2.3. Amortiguamiento de los sistemas vibrantes
 - 2.4. Grados de libertad de los sistemas vibrantes
3. Clasificación de las vibraciones mecánicas
4. Ejemplos de sistemas mecánicos reales vibrantes
5. Ejemplo de vibraciones en la carrera espacial

Caracterización de las acciones perturbadoras y de las vibraciones inducidas

Tema 3

1. Introducción
2. Características temporales de las acciones perturbadoras y las vibraciones inducidas
 - 2.1. Valores de las vibraciones (o de las acciones perturbadoras) armónicas y periódicas: Amplitud pico, periodo, amplitud media, amplitud cuadrática media, amplitud raíz cuadrática media (r.m.s)
 - 2.2. Valores de las vibraciones (o de las acciones perturbadoras) aleatorias: amplitud media, amplitud cuadrática media, amplitud raíz cuadrática media, función de densidad de probabilidad de amplitudes
 - 2.3. Autocorrelación
 - 2.4. Promedio temporal sincronizado
3. Características en frecuencia de las acciones perturbadoras y las vibraciones inducidas
 - 3.1. Espectro de frecuencia de una excitación (o de la vibración) periódica
 - 3.2. Espectro de frecuencia de una excitación (o de la vibración) aleatoria: (densidad espectral del espectro de potencia $\phi(w)$)
 - 3.3. Espectro de frecuencia de una excitación (o de la vibración) transitoria
 - 3.4. Espectro de frecuencia de una excitación (o de la vibración) modulada en amplitud. Bandas laterales (side bands)
 - 3.5. Promedio lineal (lineal averaging)



CONTENIDO DE CADA TEMA

Vibraciones en sistemas vibrantes

Tema 4

1. Introducción
2. Análisis general de los sistemas vibrantes de 1GDL
 - 2.1. Ecuación general del movimiento
 - 2.2. Vibración libre no amortiguada en sistemas de 1GDL
 - 2.3. Vibración libre amortiguada en sistemas de 1GDL
 - 2.4. Vibración forzada por una fuerza armónica en sistemas de 1GDL no amortiguados
 - 2.5. Vibración forzada por una fuerza armónica en sistemas de 1GDL amortiguados
 - 2.6. Vibración forzada por una fuerza periódica en sistemas de 1GDL
 - 2.7. Vibración forzada por una fuerza escalón en sistemas de 1GDL
 - 2.8. Vibración forzada por una fuerza impulso en sistemas de 1GDL
 - 2.9. Vibración forzada por una fuerza cualquiera en sistemas de 1GDL
3. Aplicaciones de los sistemas vibrantes de 1GDL específicos
 - 3.1. Vibración causada por un rotor desequilibrado
 - 3.2. Vibración causada por el movimiento de la base
 - 3.3. Fuerza transmitida a la base por una masa vibrante
 - 3.4. Fuerza transmitida a la base por un rotor desequilibrado
4. Análisis de los sistemas vibrantes a torsión de 1GDL
5. Aplicación a los instrumentos para la medida de vibraciones
6. Análisis general de los sistemas vibrantes de 2GDL
 - 6.1. Generalidades
 - 6.2. Vibración libre, no amortiguada, de un sistema de 2 GDL
7. Aplicaciones de los sistemas vibrantes de 2GDL
 - 7.1. Vibraciones en vehículos automóvil
 - 7.2. Transmisión de vibraciones en sistemas de 2GDL.
 - 7.3. Amortiguador dinámico de vibraciones (No amortiguado)
 - 7.4. Vibraciones de torsión en sistemas de 2GD
 - 7.5. Vibraciones de flexión excitadas por un rotor desequilibrado en sistemas de 2 GDL. Cabeceo de árboles
8. Análisis general de los sistemas vibrantes de n GDL
 - 8.1. Generalidades



CONTENIDO DE CADA TEMA

Vibraciones en sistemas vibrantes

Tema 4

8.2. Sistema de n GDL en vibración libre no amortiguada

9. Aplicaciones de los sistemas vibrantes de n GDL

9.1. Vibraciones de flexión en ejes y árboles

Análisis de vibraciones mecánicas en diferentes dominios

Tema 5

1. Introducción al análisis de vibraciones en sistemas vibrantes en diferentes dominios
 - 1.1. Introducción general
 - 1.2. Introducción al análisis en el dominio del tiempo
 - 1.3. Introducción al análisis en el dominio de la frecuencia
 - 1.4. Comparación entre el análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia
 - 1.5. Introducción al análisis en el dominio modal
 - 1.6. Comparación entre el análisis en el dominio modal, de la frecuencia y del tiempo
 - 1.7. Preferencias para seleccionar el dominio de análisis
2. Análisis de sistemas vibrantes en el dominio del tiempo
 - 2.1. Generalidades
 - 2.2. Correlación cruzada
 - 2.3. Análisis orbital
 - 2.4. Diagrama de Bode
 - 2.5. Diagrama de Nyquist
 - 2.6. Análisis por envolvente
 - 2.7. Análisis de valor pico (peakvue)
3. Análisis de sistemas vibrantes en el dominio de la frecuencia
 - 3.1. Generalidades
 - 3.2. Análisis en frecuencia de un sistema de 1 GDL en respuesta a una excitación periódica
 - 3.3. Espectro cruzado
 - 3.4. Función de coherencia
 - 3.5. Gráfico cascada temporal
 - 3.6. Gráfico cascada en velocidad
 - 3.7. Análisis cepstrum
 - 3.7.1. Recordatorio sobre las escalas logarítmicas
 - 3.7.2. Análisis cepstrum

MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN APLICADA AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por quince temas:

Tema 1. Introducción a la instrumentación aplicada a la medida, análisis y mantenimiento de máquinas

Tema 2. Características generales y básicas de la instrumentación

Tema 3. Elementos del subsistema de captación y acondicionamiento

Tema 4. Elementos del subsistema de tratamiento, visualización y registro

Tema 5. Elementos del subsistema de análisis

Tema 6. Medida de desplazamientos

Tema 7. Medida de velocidades angulares

Tema 8. Medida de velocidades y aceleraciones lineales

Tema 9. Medida de vibraciones

Tema 10. Medida de tensiones

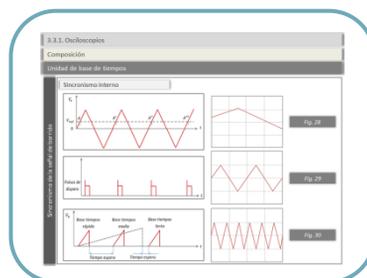
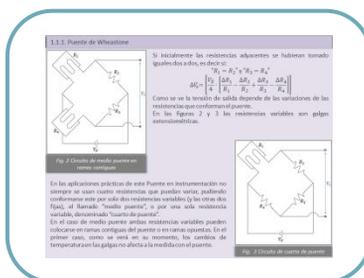
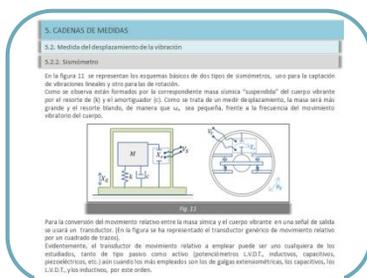
Tema 11. Medida de fuerzas y pares

Tema 12. Medida de presiones

Tema 13. Medida del sonido

Tema 14. Medida de temperatura

Tema 15. Medida del gasto (caudal)



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a la instrumentación aplicada a la medida, análisis y mantenimiento de máquinas

Tema 1

1. Aplicaciones de la instrumentación
 - 1.1. Generalidades (Monitorización de máquinas, control de máquinas, diseño y análisis de máquinas, mantenimiento de máquinas)
2. Magnitudes a medir
3. La cadena de medida
 - 3.1. Generalidades
 - 3.2. Subsistemas de captación y acondicionamiento
 - 3.3. Subsistema de tratamiento, visualización y registro
 - 3.4. Subsistema de análisis

MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN APLICADA AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a la instrumentación aplicada a la medida, análisis y mantenimiento de máquinas

Tema 1

4. Ejemplos de instrumentación aplicada en la medida, el análisis y el mantenimiento de máquinas
 - 4.1. Cadena de medida para análisis de vibraciones
 - 4.2. Sensores en un automóvil

Características generales y básicas de la instrumentación

Tema 2

1. Introducción general
2. Características generales básicas
 - 2.1. Características tipológicas
 - 2.1.1. Elementos activos y pasivos
 - 2.1.2. Elementos analógicos y digitales
 - 2.1.3. Elementos de “puesta a cero” y de “deformación”
 - 2.2. Características eléctricas
 - 2.3. Características mecánicas
3. Características generales de funcionamiento
 - 3.1. Características estáticas. (Rango, relación entrada-salida, histéresis, repetibilidad, linealidad, conformancia, banda de error, resolución, umbral, sensibilidad, estabilidad temporal de salida, desplazamiento del cero, salida para magnitud cero)
 - 3.2. Características dinámicas. (respuesta en frecuencia, respuesta en fase, respuesta en amplitud, rango dinámico, ruido, relación señal-ruido, tiempo de respuesta, de subida y de estabilización, traductor de orden cero, traductor de primer orden, traductor de segundo orden)
4. Características generales medioambientales
 - 4.1. Efecto de la temperatura
 - 4.2. Efecto de la aceleración
 - 4.3. Efecto de vibraciones
 - 4.4. Efecto de la presión ambiental
 - 4.5. Efecto de montaje
 - 4.6. Otros efectos
5. Características generales de fiabilidad



CONTENIDO DE CADA TEMA

Elementos del subsistema de captación y acondicionamiento

Tema 3

1. Conceptos previos
 - 1.1. Recordatorio del Puente de Wheastone
2. Componentes del subsistema
 - 2.1. Generalidades
3. Elementos de captación
 - 3.1. Tipos de sensores
 - 3.2. Sensores resistivos
 - 3.2.1. Potenciómetros
 - 3.2.2. Galgas extensiométricas
 - 3.3. Sensores capacitivos
 - 3.4. Sensores inductivos
 - 3.5. Sensores inductivos diferenciales (L.V.D.T.)
 - 3.6. Sensores de corrientes parásitas
 - 3.7. Sensores piezoeléctricos
 - 3.8. Sensores magnetostrictivos
 - 3.9. Sensores electromagnéticos
 - 3.10. Sensores magnetoestáticos (efecto Hall)
 - 3.11. Sensores termoresistivos
 - 3.12. Sensores termoeléctricos
 - 3.13. Sensores fotoeléctricos
 - 3.14. Sensores fotoconductivos
 - 3.15. Sensores fotoemisivos
 - 3.16. Sensores electro ópticos. Interferómetros
 - 3.17. Sensores fuerza-desplazamiento
 - 3.18. Sensores presión-desplazamiento
 - 3.19. Sensores temperatura-desplazamiento
4. Elementos de acondicionamiento de la señal
 - 4.1. Tipos de elementos de acondicionamiento de la señal
 - 4.2. Fuentes de alimentación
 - 4.3. Amplificadores de la señal
 - 4.3.1. Tipos de amplificadores
 - 4.3.2. Amplificadores AC
 - 4.3.3. Amplificadores DC
 - 4.3.4. Amplificadores operacionales
 - 4.3.5. Amplificadores diferenciales



CONTENIDO DE CADA TEMA

Elementos del subsistema de captación y acondicionamiento

Tema 3

- 4.3.6. Amplificadores mecánicos
- 4.3.7. Amplificadores ópticos
- 4.4. Adaptadores de impedancias
 - 4.4.1. Definición
 - 4.4.2. Ejemplos
- 4.5. Moduladores de la señal
 - 4.5.1. Definición
 - 4.5.2. Tipos de moduladores
 - 4.5.3. Moduladores de amplitud
 - 4.5.4. Moduladores de frecuencia
- 5. Elementos de transmisión de la señal
 - 5.1. Tipos de canales de comunicación
 - 5.2. Transmisión directa por cable
 - 5.3. Transmisión por radio

Elementos del subsistema de tratamiento, visualización y registro

Tema 4

- 1. Introducción general
 - 1.1. Introducción general
- 2. Elementos para el tratamiento de la señal
 - 2.1. Tipos de elementos para el tratamiento de la señal
 - 2.2. Filtros de la señal
 - 2.2.1. Definición
 - 2.2.2. Filtros eléctricos de paso bajo
 - 2.2.3. Filtros eléctricos de paso alto
 - 2.2.4.-Filtros eléctricos de banda de paso
 - 2.2.5. Filtros eléctricos de banda de rechazo
 - 2.2.6. Filtros mecánicos (paso alto y paso bajo)
 - 2.3. Generadores de funciones
 - 2.3.1. Definición
 - 2.3.2. Generadores de funciones eléctricos
 - 2.3.3. Generadores de funciones electrónicos
 - 2.3.4. Generadores de funciones mecánicos
- 3. Elementos para la visualización de la señal
 - 3.1. Tipos de elementos de visualización de la señal

MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN APLICADA AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Elementos del subsistema de tratamiento, visualización y registro

Tema 4

- 3.2. Visualizadores eléctricos
 - 3.2.1. Generalidades
 - 3.2.2. Amperímetros
 - 3.2.3. Voltímetros
- 3.3. Visualizadores electrónicos (Osciloscopios)
- 3.4. Visualizadores mecánicos

- 4. Elementos para el registro de la señal
 - 4.1. Tipos de elementos de registro de la señal
 - 4.2. Registradores eléctricos directos
 - 4.3. Registradores eléctricos servocontrolados (Registrador x-t y Registrador x-y)
 - 4.4. Registradores magnéticos
 - 4.5. Registradores mecánicos

Elementos del subsistema de análisis

Tema 5

- 1. Introducción general

- 2. Conceptos previos sobre el análisis de señales
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Análisis en el dominio del tiempo
 - 2.3. Análisis en el dominio de la frecuencia

- 3. Cuadro de instrumentación para el análisis de señales dinámicas
 - 3.1. instrumentación empleada para análisis de la señal
 - 3.2. Instrumentación empleada en el análisis de los sistemas

- 4. Analizadores analógicos en el dominio de la frecuencia
 - 4.1. Analizador de filtros paralelos
 - 4.2. Analizador de filtro de barrido
 - 4.3. Analizadores de sistemas

- 5. Convertidores analógico – digitales (A/D)
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Convertidor A/D
 - 5.2.1. Introducción
 - 5.2.2. Método de contador

MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN APLICADA AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Elementos del subsistema de análisis

Tema 5

5.3. Convertidor D/A

5.3.1. Introducción

6. Analizadores digitales en el dominio de la frecuencia

6.1. Características de un analizador FFT

6.1.1. Introducción

6.1.2. Composición de un ASD FFT

6.1.3. Muestra (sample), bloque (block) y tiempo de registro (time record) en un ASD FFT

6.1.4. Tiempo de computación y buffer de un ASD FFT

6.1.5. Procesado con solapamiento (Overlap processing)

6.1.6. Líneas del espectro

6.1.7. Rango de frecuencias de un ASD FFT

6.1.8. Ancho de banda para tiempo real (Real Time Bandwidth)

6.1.9. Resolución de un ASD-FFT (FFT Resolution)

6.1.10. Frecuencias aliadas (Filtro Aliasin)

6.1.11. Selector de banda y zoom (Band selector y zoomin)

6.1.12. Derrame y ventaneado (Likage and windowing)

6.2. Aplicación del FFT al análisis de la señal

6.2.1. Introducción

6.2.2. Aplicaciones: Promedio (Averaging) , Coherencia (Coherence) , Autocorrelación (Autocorrelation), Correlación cruzada (Cross Correlation), Espectros simultáneos (Waterfalls y Cascade), Detección de picos (PeakVue), Envolverte, Cepstrum

Medida de desplazamientos

Tema 6

1. Introducción general

1.1. El papel de la medida de desplazamientos en el mantenimiento de máquinas

1.2. Recordatorio sobre movimientos relativos y absolutos

2. Características del parámetro a medir

2.1. Generalidades

3. Métodos teóricos de medida

3.1. Generalidades



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de desplazamientos

Tema 6

4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades

5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida de desplazamientos con potenciómetros (lineales y rotatorios)
 - 5.2. Medida de desplazamientos con sensores inductivos
 - 5.3. Medida de desplazamientos con transformadores inductivos diferenciales (L.V.D.T.)
 - 5.4. Medida de desplazamientos con sensores capacitivos
 - 5.5. Medida de desplazamientos con sensores de corrientes parásitas
 - 5.6. Medida de desplazamientos con sensores electro - ópticos
 - 5.7. Transductores magnetostrictivos para la medida de desplazamientos
 - 5.8. Medida de desplazamientos con sensores digitales (encoders)
 - 5.8.1. Recordatorio del sistema binario
 - 5.8.2. Medida de desplazamientos con codificador lineal
 - 5.8.3. Medida de desplazamientos con codificador incremental
 - 5.8.4. Medida de desplazamiento con codificador absoluto

Medida de velocidades angulares

Tema 7

1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de la velocidad angular en el mantenimiento de máquinas

2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades

3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades

4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades

5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida con tacómetros mecánicos
 - 5.1.1. Tacómetros de bolas
 - 5.1.2. Tacómetros cronométrico



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de desplazamientos

Tema 7

- 5.2. medida con tacómetros electromagnéticos
 - 5.2.1. Tacómetros de generador de corriente continua
 - 5.2.2. Tacómetros de generación de corriente alterna
- 5.3. Medida con tacómetros de corrientes parásitas
- 5.4. Medida con tacómetros de pulsos
- 5.5. Medida con tacómetros electromagnéticos
- 5.6. Medida con tacómetros electro ópticos
- 5.7. Medida con tacómetros estroboscópicos

Medida de velocidades y aceleraciones lineales

Tema 8

- 1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de velocidades y aceleraciones lineales en mantenimiento de máquinas
- 2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades
- 3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades
- 4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades
 - 4.2. Transductores primarios para la medida de la velocidad lineal
 - 4.2.1. Transductores electromagnéticos
 - 4.2.2. Transductores electro ópticos
- 5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida con transductores electromagnéticos
 - 5.2. Medida con transductores de efecto Hall
 - 5.3. Medida con transductores electro ópticos

Medida de vibraciones

Tema 9

- 1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de vibraciones en el mantenimiento de máquinas
 - 1.2. Recordatorio sobre el movimiento armónico y periódico
 - 1.3. Recordatorio de vibraciones en sistemas de 1 DDL excitados por la base



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de vibraciones

Tema 9

2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Parámetros para medida de las vibraciones
 - 2.2. Unidades para medida de las vibraciones
 - 2.3. Preferencia del parámetro a medir
3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades
4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades
5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida de la frecuencia
 - 5.1.1. Frecuencímetros de lengüeta
 - 5.1.2. Estroboscopio
 - 5.1.3. Osciloscopio
 - 5.1.4. Frecuencímetro digital
 - 5.2. Medida del desplazamiento de la vibración
 - 5.2.1. Estroboscopios
 - 5.2.2. Sismómetros
 - 5.2.3. Integradores (simples y dobles)
 - 5.3. Medida de la velocidad de la vibración
 - 5.3.1. Vibrómetros
 - 5.3.2. Derivadores e integradores
 - 5.4. Medida de la aceleración de la vibración
 - 5.4.1. Generalidades
 - 5.4.2. Acelerómetros con galgas extensiométricas
 - 5.4.3. Acelerómetros LVDT
 - 5.4.4. Acelerómetros piezoeléctricos
 - 5.4.5. Aclaraciones sobre la selección y ubicación de los acelerómetros

Medida de tensiones

Tema 10

1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de tensiones en el mantenimiento de máquinas
 - 1.2. Recordatorio sobre las tensiones en elementos de máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de tensiones

Tema 10

2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades
3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Clasificación de los métodos teóricos de medida
4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Transductor de galgas extensiométricas
 - 4.1.1. Recordatorio sobre la galgas extensiométricas
 - 4.1.2. Elección de las galgas
 - 4.1.3. Utilización
 - 4.1.4. Colocación de las galgas
5. Cadenas de medida
 - 5.1. Circuito eléctrico empleado. Conceptos y componentes
 - 5.1.1. Circuito eléctrico básico
 - 5.1.2. Equilibrado del puente de Wheatstone
 - 5.1.3. Alimentación del puente de Wheatstone
 - 5.1.4. Compensación de la temperatura del puente de Wheatstone
 - 5.1.5. Sensibilidad de la medida en el puente de Wheatstone
 - 5.1.6. Calibración de la medida en el puente de Wheatstone
 - 5.2. Cadena completa de medida
6. Aplicaciones de las galgas extensiométricas
 - 6.1. Cuadro de aplicaciones
 - 6.2. Estado lineal de tensiones
 - 6.2.1. Tracción o compresión simples
 - 6.2.2. Flexión simple
 - 6.2.3. Flexión compuesta
 - 6.2.4. Torsión pura
 - 6.2.5. Torsión, flexión y tracción
 - 6.3. Estado superficial de tensiones
 - 6.3.1. Direcciones principales conocidas
 - 6.4. Aplicaciones prácticas al cálculo de tensiones
 - 6.4.1. Direcciones superficiales desconocidas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de fuerzas y pares

Tema 11

1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de fuerzas y pares en el mantenimiento de máquinas
2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades
3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades
4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades
5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida de fuerzas
 - 5.1.1. Balanzas
 - 5.1.2. Célula hidráulica de carga
 - 5.1.3. Resortes y anillos dinamométricos con salida mecánica
 - 5.1.4. Medidores de fuerzas extensiométricas
 - 5.1.5. Célula de carga
 - 5.1.6. Medida de fuerzas con transformadores diferenciales
 - 5.1.7. Medidores de fuerzas piezoeléctricos
 - 5.2. Medida de pares
 - 5.2.1. Medida de pares por sensores extensiométricos en línea
 - 5.2.2. Medida de pares por sensores inductivos de transformadores diferenciales
 - 5.2.3. Medida de pares por transductores fotoeléctricos
 - 5.2.4. Medida de pares por sensores de reacción

Medida de presiones

Tema 12

1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de presiones en el mantenimiento de máquinas
2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades
3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de presiones

Tema 12

4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades

5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida de presiones con manómetros
 - 5.2. Medida de presiones con tubo de Bourdon y salida mecánica
 - 5.3. Medida de presiones con galgas extensiométricas
 - 5.4. Medida de presiones con potenciómetros
 - 5.5. Medida de presiones con transductores capacitivos
 - 5.6. Medida de presiones con transductores inductivos
 - 5.7. Medida de presiones con transductores LVDT
 - 5.8. Medida de presiones con transductores piezoeléctricos
 - 5.9. Medida de presiones con transductores de resistencia variable
 - 5.10. Medida de presiones con transductores Pirani
 - 5.11. Medida de presiones con transductores de termopar
 - 5.12. Medida de presiones con transductores bimetálicos

Medida del sonido

Tema 13

1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de presiones en el mantenimiento de máquinas

2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Definiciones previas
 - 2.2. Parámetros objetivos y subjetivos del sonido en el aire
 - 2.2.1. Parámetros a considerar
 - 2.2.2. Niveles de potencia, intensidad y presión
 - 2.2.3. Directividad

3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades

4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Concepto de micrófono
 - 4.2. Tipo de micrófonos

5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida del sonido con micrófonos capacitivos convencionales



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida del sonido

Tema 13

- 5.2. Medida del sonido con micrófonos capacitivos electret
- 5.3. Medida del sonido con micrófonos piezoeléctricos
- 5.4. Medida del sonido con micrófonos electromagnéticos

- 6. Aspectos prácticos de la medida del sonido
 - 6.1. Propagación del sonido
 - 6.1.1. Generalidades
 - 6.1.2. Cámaras anecoica y reverberante
 - 6.1.3. Cámaras reales
 - 6.2. Los micrófonos y el campo sonoro
 - 6.3. Consideraciones prácticas sobre la medida

- 7. Medida subjetiva del sonido
 - 7.1. Generalidades
 - 7.2. Curvas de audición
 - 7.3. Intensidad de audición: sonoridad de un sonido
 - 7.4. Instrumentos para la medida subjetiva del ruido: sonómetros

- 8. Análisis del sonido

Medida de temperatura

Tema 14

- 1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida de temperaturas en el mantenimiento de máquinas

- 2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades

- 3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades

- 4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades

- 5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medida de temperaturas con termómetros bimetálicos
 - 5.2. Medida de temperaturas con termómetros de líquidos



CONTENIDO DE CADA TEMA

Medida de temperatura

Tema 14

- 5.3. Medida de temperaturas con termómetros de presión
- 5.4. Medida de temperaturas con pirómetros termoeléctricos (termopares)
- 5.5. Medida de temperaturas con termómetros de resistencia (termistores)

Medida del gasto (caudal)

Tema 15

- 1. Introducción general
 - 1.1. El papel de la medida del gasto en el mantenimiento de máquinas
- 2. Características del parámetro a medir
 - 2.1. Generalidades
- 3. Métodos teóricos de medida
 - 3.1. Generalidades
- 4. Transductores primarios a emplear
 - 4.1. Generalidades
- 5. Cadenas de medida
 - 5.1. Medidores de gasto por estrangulación de conductos
 - 5.2. Medidores de gasto por tubo de Pitot
 - 5.3. Medidores de gasto por secciones centrífugas
 - 5.4. Medidores de gasto de blanco
 - 5.5. Medidores de gasto de turbina y hélice
 - 5.6. Medidores de gasto de flotación: rotámetros
 - 5.7. Medidores de gasto por termopares
 - 5.8. Medidores de gasto magnéticos
 - 5.9. Medidores de gasto por ultrasonidos

MÓDULO DE TEORÍA DEL EQUILIBRADO APLICADA AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por cinco temas:

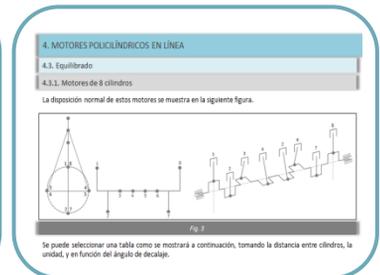
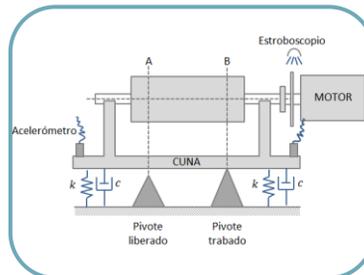
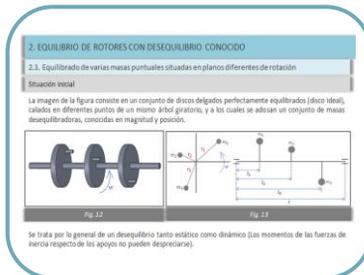
Tema 1. Introducción al equilibrado de máquinas

Tema 2. Equilibrado de rotores

Tema 3. Equilibrado de motores

Tema 4. Máquinas y práctica del equilibrado

Tema 5. Alineación de ejes y árboles



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción al equilibrado de máquinas

Tema 1

1. Introducción al desequilibrio de mecanismos
 - 1.1. Concepto de desequilibrio de mecanismos
 - 1.2. Causas del desequilibrio de mecanismos
 - 1.2.1. Desequilibrio causado por fuerzas exteriores
 - 1.2.2. Desequilibrio causado por fuerzas de inercia
 - 1.2.3. Desequilibrio causado por fuerzas exteriores y de inercia
 - 1.3. Detección del desequilibrio de mecanismos
 - 1.3.1. Desequilibrio estático
 - 1.3.2. Desequilibrio dinámico
 - 1.4. Medida del desequilibrio en rotores
 - 1.5. Efectos del desequilibrio de mecanismos
2. Introducción al equilibrado de mecanismos
 - 2.1. Concepto de equilibrado de mecanismos
 - 2.2. Formas de proceder al equilibrado de mecanismos
 - 2.3. Clasificación del equilibrado



CONTENIDO DE CADA TEMA

Equilibrado de rotores

Tema 2

1. Introducción al equilibrado de rotores
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Concepto de rotor corto y rotor largo
 - 1.3. Concepto de rotor rígido y rotor flexible
2. Equilibrio de rotores con desequilibrio conocido
 - 2.1. Equilibrado de una masa puntual en rotación
 - 2.2. Equilibrado de varias masas puntuales situadas en un mismo plano de rotación
 - 2.3. Equilibrado de varias masas puntuales situadas en diferentes planos de rotación
 - 2.4. Generalización del equilibrado de n masas situadas en planos diferentes de rotación
3. Equilibrado de rotores rígidos cortos
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Método de medida del ángulo de desfase
 - 3.3. Método de la medida de amplitudes
 - 3.4. Método del análisis orbital
4. Equilibrado de rotores rígidos largos
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Método del ángulo de desfase
 - 4.3. Método de correcciones independientes en cada plano
5. Equilibrado de rotores flexibles
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Equilibrado de rotores flexibles
6. La práctica del equilibrado de rotores
 - 6.1. Recomendaciones para el equilibrado de rotores
 - 6.2. Tolerancias del equilibrado

Equilibrado de motores

Tema 3

1. Introducción
 - 1.1. Introducción general



CONTENIDO DE CADA TEMA

Equilibrado de motores

Tema 3

2. Equilibrado de miembros en traslación
 - 2.1. Equilibrado de pistones
3. Equilibrado de miembros en movimiento compuesto
 - 3.1. Equilibrado de bielas
4. Grado de equilibrado de motores policilíndricos en línea
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Efectos sobre el bastidor
 - 4.3. Equilibrado
 - 4.3.1. Motores de 8 cilindros
 - 4.3.2. Motores de 6 cilindros
 - 4.3.3. Motores de 4 cilindros
 - 4.3.4. Motores de 2 cilindros
 - 4.3.5. Motores monocilíndricos
5. Grado de equilibrado de motores policilíndricos en V
 - 5.1. Motores de 2 cilindros en V
 - 5.2. Motores de 8 cilindros en V

Máquinas y práctica del equilibrado

Tema 4

1. Máquinas de equilibrar
 - 1.1. Máquinas de equilibrado estático
 - 1.2. Máquinas de equilibrado dinámico
 - 1.2.1. Máquina de cuna pivotada
 - 1.2.2. Máquina de punto nodal
 - 1.2.3. Máquina de compensación mecánica
 - 1.2.4. Para mantenimiento
 - 1.2.5. De producción
2. La práctica del equilibrado
 - 2.1. Recomendaciones para proceder al equilibrado
 - 2.2. Tolerancias del equilibrado



CONTENIDO DE CADA TEMA

Alineación de ejes y árboles

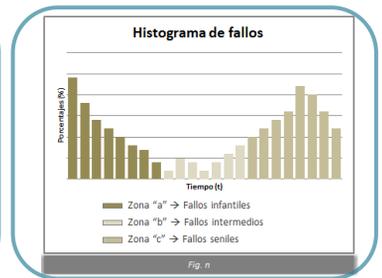
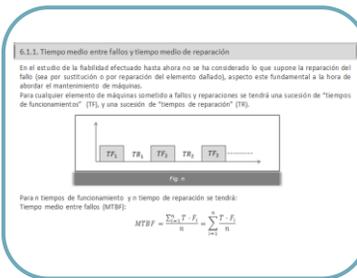
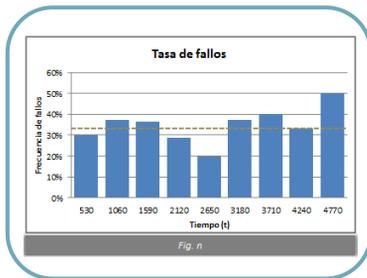
Tema 5

1. Introducción
2. Tipos de desalineamientos
 - 2.1. Origen del desalineamiento
 - 2.2. Consecuencias del desalineamiento
 - 2.3. Tipos de desalineamientos
3. Conceptos sobre alineamiento
 - 3.1. Concepto de alineamiento
 - 3.2. Aspectos previos a considerar en el alineamiento
4. Métodos de alineamiento
 - 4.1. Métodos simples (galgas y regla y nivel)
 - 4.4. Métodos con reloj comparador
5. Alineamiento mediante laser
6. Tolerancias de alineación



Este módulo se compone de un solo tema:

Tema 1. Aplicaciones del análisis estadístico de fallos al mantenimiento de máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Aplicaciones del análisis estadístico de fallos al mantenimiento de máquinas

Tema 1

1. Introducción
2. Histogramas de fallos en elementos de máquinas
 - 2.1. Distribución de frecuencias de fallos
 - 2.2. Tasas de fallos
3. Funciones estadísticas aplicadas al fallo de elementos de máquinas
 - 3.1. Concepto de función de densidad de fallos
 - 3.2. La función exponencial de densidad de fallos
 - 3.3.-La función normal de densidad de fallos
 - 3.4. La función de Weibull de densidad de fallos
 - 3.5. Concepto de función de tasa de fallos
 - 3.6. Distribución exponencial, normal y de Weibull de tasa de fallos
4. Fiabilidad en elementos de máquinas
 - 4.1. Funciones de fiabilidad e in fiabilidad. Relaciones entre estas y con las de densidad y tasa de fallos. Vida media
 - 4.2. Funciones de fiabilidad e in fiabilidad, y vida media, mediante el uso de las funciones exponencial, normal y de Weibull
5. Fiabilidad en máquinas (sistemas con varios elementos)
 - 5.1. Fiabilidad de sistemas con elementos en serie, en paralelo y mixtos
 - 5.2. Efecto de un elemento sobre la fiabilidad del conjunto
 - 5.3. Sustitución frente a reparación
 - 5.4. Tiempo medio entre fallos (MTBF)



CONTENIDO DE CADA TEMA

Aplicaciones del análisis estadístico de fallos al
mantenimiento de máquinas

Tema 1

6. Mantenibilidad de elementos de máquinas
 - 6.1. Funciones de densidad de reparaciones, tasa de reparaciones, mantenibilidad y tiempo medio de reparaciones (MTTR)
 - 6.2. Aplicaciones prácticas de la mantenibilidad
7. Mantenibilidad de máquinas (sistemas con varios elementos)
 - 7.1. Mantenibilidad en sistemas con elementos en serie y en paralelo
8. Disponibilidad de máquinas
 - 8.1. Conceptos de disponibilidad instantánea, de misión y límites
9. Aplicación de las teorías de la fiabilidad al mantenimiento de máquinas en servicio
 - 9.1. Generalidades sobre costes y fiabilidad
 - 9.2. Fiabilidad y selección de estrategias de mantenimiento

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



Este módulo está conformado por catorce temas:

Tema 1. Tipos y origen de fallos en elementos de máquinas

Tema 2. Fallos en ejes y árboles

Tema 3. Fallos en cojinetes de frotamiento

Tema 4. Fallos en cojinetes de rodamientos

Tema 5. Fallos en engranajes

Tema 6. Fallos en cadenas y ruedas

Tema 7. Fallos en correas y poleas

Tema 8. Fallos en cables y poleas

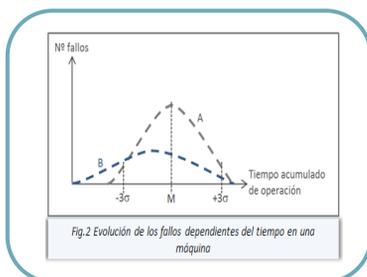
Tema 9. Fallos en resortes

Tema 10. Fallos en tornillos

Tema 11. Fallos en juntas de estanqueidad

Tema 12. Fallos en componentes hidráulicos y neumáticos

Tema 13. Fallos en cigüeñales, bielas, pistones y cilindros



Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento	Efectos sobre el elemento	Consecuencia final
Contaminación excesiva del elemento de ataque	Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> Fallos de lubricante Contaminación del lubricante Fallos de propiedades del lubricante
Exceso de velocidad del elemento de ataque	Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> Fallos de lubricación de los órganos lubricados Incremento de la temperatura y desgaste rápido del elemento lubricado Fallos de las propiedades del lubricante
Fallos del circuito de refrigeración	Ruptura del circuito de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> Fallos de lubricación de los órganos lubricados Incremento de la temperatura y desgaste rápido del elemento lubricado Fallos de las propiedades del lubricante

CONTENIDO DE CADA TEMA

Tipos y origen de fallos en elementos de máquinas

Tema 1

1. Introducción

- 1.1. Introducción general.
- 1.2. Definición de "fallo" de elemento de máquina.
- 1.3. Clasificación de los fallos en elementos de máquinas.
- 1.4. Evolución temporal de los fallos.
- 1.5. Distribución estadística de los fallos

2. Mecanismos de fallos en elementos de máquinas

- 2.1. Generalidades
- 2.2. Mecanismos de rotura.
 - 2.2.1. Rotura dúctil.
 - 2.2.2. Rotura frágil.
 - 2.2.3. Rotura por fatiga.
 - 2.2.4. Rotura por impacto.

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Tipos y origen de fallos en elementos de máquinas

Tema 1

- 2.3. Mecanismos de deformación.
 - 2.3.1. Generalidades.
 - 2.3.2. Ratchening.
 - 2.3.3. Pandeo cíclico inelástico.
 - 2.3.4. Deformaciones por contacto.
 - 2.3.5. Identaciones y otros.
- 2.4. Mecanismos de deterioro superficial.
 - 2.4.1. Mecanismos de desgaste (Desgaste adhesivo, Desgaste abrasivo, Desgaste erosivo, Desgaste corrosivo, Desgaste por fatiga superficial, Desgaste erosivo – corrosivo, Desgaste por cavitación – erosión, Fretting, Scuffing” (arañado)).
 - 2.4.2. Mecanismos de corrosión (Corrosión uniforme, Corrosión por picaduras (pitting corrosión), Colada selectiva (selective leaching), Corrosión intergranular, Ataque selectivo entre inclusiones, Bolsas de corrosión (crevice corrosión), Corrosión galvánica, Corrosión bacteriana).
- 2.5. Mecanismos combinados.
 - 2.5.1. Corrosión bajo tensión estática (stress-corrosión cracking).
 - 2.5.2. Corrosión bajo fatiga.
- 3. Fuentes de fallos en elementos de máquinas
 - 3.1. Introducción.
 - 3.2. Fallos por deficiencias de diseño.
 - 3.3. Fallos por imperfecciones del material.
 - 3.4. Fallos por deficiencias en el procesamiento (conformación).
 - 3.4.1. Fallos de piezas conformadas en frío.
 - 3.4.2. Fallos de piezas forjadas.
 - 3.4.3. Fallos de piezas moldeadas (hierro y acero).
 - 3.4.4. Fallos de piezas soldadas.
 - 3.4.5. Fallos de piezas conformadas por mecanizado.
 - 3.5. Fallos por errores de montaje.
 - 3.6. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento.

Fallos en ejes y árboles

Tema 2

- 1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de ejes y árboles.
 - 1.3. Materiales y procesos de fabricación de ejes y árboles.

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en ejes y árboles

Tema 2

- 1.4. Elementos conexiónados a ejes y árboles.
- 1.5. Solicitaciones de ejes y árboles (directas e indirectas).
- 1.6. Lubricación de ejes y árboles.

2. Fallos propios de ejes y árboles
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en cojinetes de frotamiento

Tema 3

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Definición , forma y dimensiones de los cojinetes de frotamiento
 - 1.3. Materiales y procesos de fabricación de los cojinetes de frotamiento
 - 1.4. Elementos conexiónados a los cojinetes de frotamiento
 - 1.5. Solicitaciones de los cojinetes de frotamiento (directas e indirectas)
 - 1.6. Lubricación de los cojinetes de frotamiento

2. Fallos propios de cojinetes de frotamiento
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en cojinetes de rodamientos

Tema 4

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Definición , forma y dimensiones de los cojinetes de rodamientos
 - 1.3. Materiales y procesos de fabricación de los cojinetes de rodamientos

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en cojinetes de rodamientos

Tema 4

- 1.4. Elementos conexiónados a los cojinetes de rodamientos
- 1.5. Solicitaciones de los cojinetes de rodamientos (directas e indirectas)
- 1.6. Lubricación de los cojinetes de rodamientos

2. Fallos propios de cojinetes de rodamientos
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en engranajes

Tema 5

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones
 - 1.3. Cinemática de los engranajes
 - 1.4. Materiales y procesos de fabricación
 - 1.5. Elementos conexiónados
 - 1.6. Solicitaciones de los engranajes (directas e indirectas)
 - 1.7. Lubricación

2. Fallos propios de engranajes
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en cadenas y ruedas

Tema 6

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones.
 - 1.3. Cinemática de las cadenas y ruedas.

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en cadenas y ruedas

Tema 6

- 1.4. Materiales y procesos de fabricación
- 1.5. Elementos conexiónados
- 1.6. Solicitaciones (directas e indirectas)
- 1.7. Lubricación

2. Fallos propios de cadenas y ruedas
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en correas y poleas

Tema 7

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de correas y poleas
 - 1.3. Cinemática de las correas y poleas
 - 1.4. Materiales y procesos de fabricación de correas y poleas
 - 1.5. Elementos conexiónados
 - 1.6. Solicitaciones de correas y poleas (directas e indirectas)

2. Fallos propios de correas y poleas
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en cables y poleas

Tema 8

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de cables y poleas
 - 1.3. Materiales y procesos de fabricación de cables y poleas

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en cables y poleas

Tema 8

- 1.4. Elementos conexiónados
- 1.5. Solicitaciones de cables y poleas (directas e indirectas)
- 1.6. Lubricación de cables y poleas

2. Fallos propios de cables y poleas
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en resortes

Tema 9

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de los resortes
 - 1.3. Materiales y procesos de fabricación de resortes
 - 1.4. Elementos conexiónados
 - 1.5. Solicitaciones de los resortes (directas e indirectas)

2. Fallos propios de resortes
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en tornillos

Tema 10

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de los tornillos
 - 1.3. Cinemática de los tornillos de movimiento
 - 1.4. Materiales y procesos de fabricación de los tornillos
 - 1.5. Elementos conexiónados
 - 1.6. Solicitaciones de los tornillos (directas e indirectas)

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en tornillos

Tema 10

2. Fallos propios de tornillos
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en juntas de estanqueidad

Tema 11

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades.
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones
 - 1.3. Materiales y fabricación
 - 1.4. Elementos conexiónados
 - 1.5. Solicitaciones a las juntas de estanqueidad (directas e indirectas)
2. Fallos propios de juntas de estanqueidad
 - 2.1. Fallos por errores de diseño.
 - 2.2. Fallos por incorrecta elección del material.
 - 2.3. Fallos por incorrecta fabricación del elemento.
 - 2.4. Fallos por errores en el montaje.
 - 2.5. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.6. Fallos en condiciones normales de servicio.

Fallos en componentes hidráulicos y neumáticos

Tema 12

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones de los componentes hidráulicos y neumáticos
 - 1.3. Cinemática de los mecanismos neumáticos
 - 1.4. Materiales y procesos de fabricación de los componentes hidráulicos y neumáticos
 - 1.5. Elementos conexiónados
 - 1.6. Solicitaciones de los componentes hidráulicos y neumáticos

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en componentes hidráulicos y neumáticos

Tema 12

2. Fallos propios de componentes hidráulicos y neumáticos
 - 2.1. Fallos en bombas para circuitos hidráulicos
 - 2.1.1. Generalidades
 - 2.1.2. Fallos por errores de montaje
 - 2.1.3. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.2. Fallos en compresores para circuitos neumáticos
 - 2.2.1. Generalidades
 - 2.2.2. Fallos por errores de montaje
 - 2.2.3. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
 - 2.2.4. fallos en condiciones normales de trabajo
 - 2.3. Fallos en válvulas de circuitos hidráulicos y neumáticos
 - 2.3.1. Generalidades
 - 2.3.2. Fallos de componentes
 - 2.4. Fallos en las mangueras de circuitos hidráulicos y neumáticos
 - 2.4.1. Generalidades
 - 2.4.2. Fallos de componentes
 - 2.5. Fallos en cilindros hidráulicos y neumáticos
 - 2.5.1. Generalidades. Composición y dimensiones
 - 2.5.2. Fallos en componentes

Fallos en cigüeñales, bielas, pistones y cilindros

Tema 13

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Definición, formas y dimensiones
 - 1.3. Cinemática de los mecanismos de cigüeñal, biela, pistón y cilindro
 - 1.4. Materiales y procesos de fabricación
 - 1.5. Elementos conexiónados
 - 1.6. Solicitaciones en cigüeñales, bielas, pistones y cilindros
 - 1.7. Lubricación
2. Fallos propios de cigüeñales, bielas, pistones y cilindros
 - 2.1. Fallos en cigüeñales
 - 2.1.1. Fallos por errores de diseño
 - 2.1.2. Fallos por errores de fabricación
 - 2.1.3. Fallos por errores de montaje
 - 2.1.4. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento

MÓDULO DE TIPOS Y ORIGEN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Fallos en cigüeñales, bielas, pistones y cilindros

Tema 13

- 2.2. Fallos en bielas
 - 2.2.1. Fallos por errores de diseño
 - 2.2.2. Fallos por errores de fabricación
 - 2.2.3. Fallos por errores de montaje
 - 2.2.4. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
- 2.3. Fallos en pistones
 - 2.3.1. Fallos por errores de diseño
 - 2.3.2. Fallos por errores de fabricación
 - 2.3.3. Fallos por errores de montaje
 - 2.3.4. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento
- 2.4. Fallos en cilindros
 - 2.4.1. Fallos por errores de diseño
 - 2.4.2. Fallos por errores de fabricación
 - 2.4.3. Fallos por errores de montaje
 - 2.4.4. Fallos por incorrectas condiciones de servicio y mantenimiento

MÓDULO DE TÉCNICAS Y SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por seis temas:

Tema 1. Introducción a las técnicas de detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 2. Técnicas ópticas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 3. Técnicas acústicas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 4. Técnicas magnéticas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 5. Técnicas eléctricas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 6. Técnicas radiográficas para la detección de fallos en elementos de máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a las técnicas de detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 1

1. Introducción
2. Generalidades sobre los ensayos no destructivos
3. Técnicas de ensayos no destructivos
4. Aplicaciones de las técnicas de ensayos no destructivos

Técnicas ópticas para la detección de fallos en elementos de máquina

Tema 2

1. Introducción
 - 1.1. Introducción
2. Visualización directa
 - 2.1. Introducción
3. Visualización con boroscopios
 - 3.1. Concepto y aplicaciones
 - 3.2. Características
 - 3.3. Tipos de boroscopios



CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas ópticas para la detección de fallos en elementos de máquina

Tema 2

- 3.4. Ejemplos de boroscopios industriales
- 3.5. Ejemplos de aplicación

- 4. Visualización con escáner de fibra óptica
 - 4.1. Concepto y aplicaciones
 - 4.2. Características generales
 - 4.3. Tipos de escáneres de fibra óptica
 - 4.4. Ejemplos de aplicación de los escáneres de fibra óptica

- 5. Visualización con líquidos penetrantes
 - 5.1. Concepto y aplicaciones
 - 5.2. Características generales
 - 5.3. Procedimiento de aplicación
 - 5.4. Ejemplos de aplicación de líquidos penetrantes

Técnicas acústicas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 3

- 1. Introducción
 - 1.1. Introducción

- 2. Sonido directo
 - 2.1. Introducción

- 3. Técnicas ultrasónicas
 - 3.1. Definición y aplicaciones
 - 3.2. Generación del ultrasonido y técnicas básicas de utilización
 - 3.3. Técnica de pulso - eco
 - 3.3.1. Concepto
 - 3.3.2. Equipos utilizados
 - 3.3.3. Presentación de los resultados
 - 3.3.4. Procedimiento del ensayo pulso eco
 - 3.3.5. Ventajas e inconvenientes del sistema pulso eco
 - 3.3.6. Otras aplicaciones del pulso eco
 - 3.4. Técnica de atenuación
 - 3.5. Ejemplos de equipos industriales

MÓDULO DE TÉCNICAS Y SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FALLOS EN ELEMENTOS DE MÁQUINAS



CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas magnéticas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 4

1. Introducción
2. Modificación de líneas de fuerza
3. Variación de la inducción magnética
4. Variación de la magnetización
5. Variación de las corrientes inducidas

Técnicas eléctricas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 5

1. Introducción
2. Variaciones de la resistencia
3. Variaciones de campo

Técnicas radiográficas para la detección de fallos en elementos de máquinas

Tema 6

1. Introducción
2. Radiografía (Rayos X de alta y muy alta radiación)
3. Gammagrafía (Rayos gamma)
4. Betafografía (Rayos beta)
5. Técnicas de registro, exposición y observación

MÓDULO DE TÉCNICAS DE FALLOS EN MÁQUINAS POR ANÁLISIS DEL LUBRICANTE

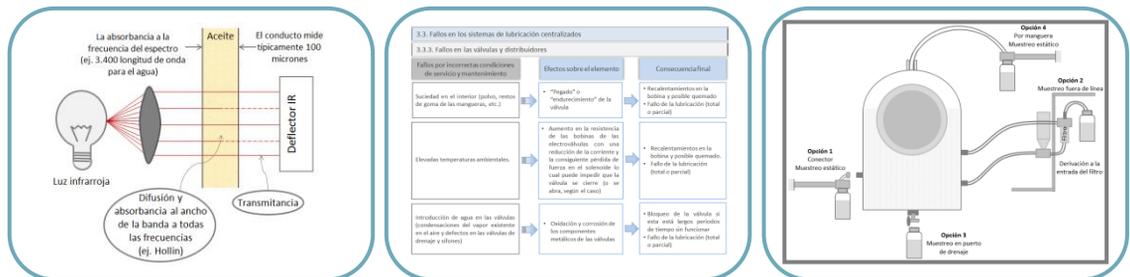


Este módulo está conformado por cuatro temas:

Tema 1. Introducción

Tema 2. Técnicas y equipos empleados para detectar la presencia de contaminantes en los lubricantes

Tema 3. Identificación de los fallos y sus causas a partir de los resultados del análisis del lubricante



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción

Tema 1

1. Introducción
 - 1.1. Generalidades
 - 1.2. Objetivos
 - 1.3. Aplicaciones
2. Parámetros empleados para el análisis de los lubricantes líquidos
 - 2.1. Generalidades
3. Toma y preparación de muestras para su análisis posterior
 - 3.1. Aspectos a considerar
 - 3.2. Puntos donde se toman las muestras
 - 3.3. Momento de toma de la muestra y volumen de la misma
 - 3.4. Recipiente de la muestra e identificación
4. Frecuencia de muestreo
 - 4.1. Generalidades
 - 4.2. Valores de referencia



CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas y equipos empleados para detectar la presencia de contaminantes en los lubricantes

Tema 2

1. Introducción
 - 1.1. Introducción general

2. Técnicas y equipos empleados para detectar la presencia de contaminantes no sólidos
 - 2.1. Medida de la viscosidad
 - 2.2. Medida de la acidez
 - 2.3. Técnicas para la detección de agua en el lubricante,
 - 2.4. Técnicas para la detección de combustibles en el lubricante
 - 2.5. Técnicas para la detección de insolubles no metálicos en el lubricante)
 - 2.6. Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)

3. Técnicas y equipos empleados para detectar la presencia de contaminantes sólidos
 - 3.1. Membranas filtrantes
 - 3.2. Detección de trazas radioactiva
 - 3.3. Ferrografía (directa y analítica)
 - 3.4. Detección magnética de residuos
 - 3.5. Cromatografía de capa fina
 - 3.6. Espectrometría (de emisión y de absorción)
 - 3.6.1. Generalidades
 - 3.6.2. Espectrómetro de emisión de disco rotatorio (RDE)
 - 3.6.3. Espectrómetro de emisión con disco rotatorio y filtro Rotrode (RFS)
 - 3.6.4. Espectrómetro de emisión por plasma
 - 3.6.5. Espectrómetro de absorción

4. Selección de la técnica mas adecuada
 - 4.1. Generalidades

5. Técnicas de campo
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Pruebas de olor
 - 5.3. Pruebas de color
 - 5.4. Pruebas de crujido
 - 5.5. Pruebas de papel secante
 - 5.6. Prueba de matraz sobre plaza magnética
 - 5.7. Pruebas con kit de filtros de membrana
 - 5.8. Pruebas con contador de partículas férricas

MÓDULO DE TÉCNICAS DE FALLOS EN MÁQUINAS POR ANÁLISIS DEL LUBRICANTE



CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas y equipos empleados para detectar la presencia de contaminantes en los lubricantes

Tema 2

- 5.9. Pruebas con viscosímetro de campo
- 5.10. Pruebas con reactivos para TAN y TBN

Identificación de los fallos y sus causas a partir de los resultados del análisis del lubricante

Tema 3

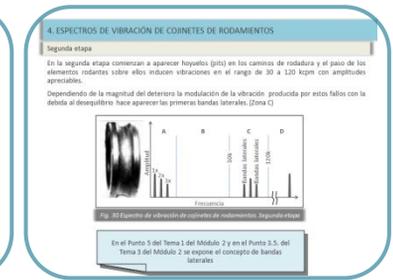
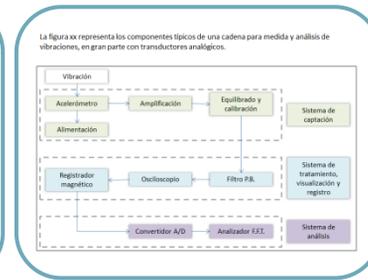
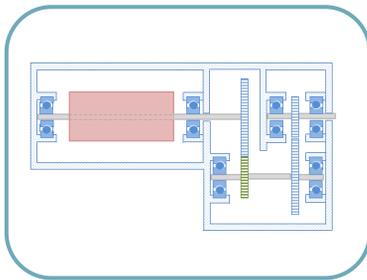
- 1. Introducción
 - 1.1. Causas genéricas del deterioro de los lubricantes
 - 1.2. Causas genéricas del envejecimiento de los lubricantes
 - 1.3. Causas genéricas de la contaminación de los lubricantes
 - 1.4. Efectos genéricos de la contaminación de los lubricantes
- 2. Fallos asociado a la naturaleza de los contaminantes del lubricante
 - 2.1. Generalidades
- 3. Fallos asociados a las formas de las partículas desgastadas
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Determinación de la naturaleza de las partículas de desgaste por el color en el ferrograma
 - 3.3. Determinación del fallo a partir de la forma y textura de las partículas desgastadas
- 4. Límites en la concentración de los contaminantes en los lubricantes
 - 4.1. Generalidades
- 5. Aplicación de las técnicas a escala industrial
 - 5.1. Pruebas complejas en laboratorio: Diagnóstico de fallos en motores de aviación

MÓDULO DE TÉCNICAS DE FALLOS EN MÁQUINAS POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES



Este módulo está conformado por cuatro temas:

- Tema 1.** Conformación de la cadena de medida
- Tema 2.** Detección de fallos en mecanismos simples
- Tema 3.** Detección de fallos en sistemas no mecánicos
- Tema 4.** Normativas sobre vibraciones en máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Conformación de la cadena de medida

Tema 1

1. Introducción general
 - 1.1. Introducción general
2. La cadena de medida para el análisis de vibraciones en máquinas
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Número y situación de los sensores
 - 2.3.- Colocación y fijación de los sensores
3. Aspectos a considerar en el uso de la instrumentación asociada al análisis de la vibración
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Adaptación del sistema de análisis
 - 3.3. Almacenamiento y control de los valores tomados

Detección de fallos en mecanismos simples

Tema 2

1. Introducción general
 - 1.1. Introducción
2. Espectros de vibración de árboles, ejes y rotores
 - 2.1. Introducción a los espectros de vibración de ejes, árboles u rotores
 - 2.2. Espectros debidos a desequilibrios
 - 2.3. Espectros debidos a resonancias

MÓDULO DE TÉCNICAS DE FALLOS EN MÁQUINAS POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES



CONTENIDO DE CADA TEMA

Detección de fallos en mecanismos simples

Tema 2

- 2.4. Espectros debidos a árbol doblado
 - 2.5. Espectros debidos a grietas en el árbol
 - 2.6. Espectros debidos a desalineamientos (paralelo y angular)
 - 2.7. Espectros debidos a holguras (entre árbol y cojinete, entre el cojinete y el bastidor, en el propio bastidor)
 - 2.8. Espectros debidos a fricciones del rotor
3. Espectros de vibración de cojinetes de frotamiento
- 3.1. Introducción
 - 3.2. Espectros debidos a fallos en cojinetes de fricción (oil whirl)
4. Espectros de vibración de cojinetes de rodamientos
- 4.1. Introducción
 - 4.2. Espectros de fallos en cojinetes de rodamientos
 - 4.3. Análisis por envolvente
 - 4.4. Análisis por Peak Vue
 - 4.5. Análisis por picos de energía (Spike Energy)
 - 4.6. Análisis por pulsos de choque (SPM)
5. Espectros de vibración de engranajes
- 5.1. Introducción
 - 5.2. Espectro debido a dientes desgastados
 - 5.3. Espectro debido a holguras y excentricidades
 - 5.4. Espectro debido a ruedas desalineadas
 - 5.5. Espectro debido a dientes rotos
 - 5.6. Espectro debido a fallos simultáneos en rueda y piñón
6. Espectros de vibración de correas y poleas
- 6.1. Introducción
 - 6.2. Espectro debido a desgastados y holguras
 - 6.3. Espectro debido a desalineamiento de las poleas
 - 6.4. Espectro debido a excentricidades en las poleas
 - 6.5. Espectro debido a resonancias en la correa

MÓDULO DE TÉCNICAS DE FALLOS EN MÁQUINAS POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES



CONTENIDO DE CADA TEMA

Detección de fallos en sistemas no mecánicos

Tema 3

1. Introducción
2. Vibraciones en motores y generadores eléctricos
 - 2.1. Motores de inducción o asíncronos
 - 2.2. Motores síncronos
3. Vibraciones en máquinas de flujo

Normativas sobre vibraciones en máquinas

Tema 4

1. Introducción
2. Normas ISO 2372
3. Cartas API
4. IRD Mechanalysis
5. Cartas VDI

MÓDULO DE TÉCNICAS VARIADAS DE DETECCIÓN DE FALLOS EN MÁQUINAS EN SERVICIO



Este módulo está conformado por tres temas:

- Tema 1.** Técnicas basadas en análisis de infrarrojos (termografía)
- Tema 2.** Técnicas basadas en el análisis de ultrasonidos
- Tema 3.** Otras técnicas de detección de fallos en máquinas en servicio

2. CONCEPTO Y PROPIEDADES DE LAS ONDAS INFRAROJAS

2.2. Recordatorio sobre el espectro electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de ondas electromagnéticas conocidas. Este espectro es muy amplio, variando desde ondas de alta frecuencia (por encima de 10¹⁴ Hz) y pequeñas longitudes de onda (por debajo de 10⁻¹⁴ m), como es el caso de los rayos gamma y rayos X, hasta ondas de baja frecuencia (por debajo de 10⁴ Hz) y de gran longitud de onda (por encima de 10¹⁴ m), como es el caso de ondas de radio de baja frecuencia (ondas largas).

Desde el punto de vista de su "visibilidad" por el ojo humano, el espectro se clasifica en tres zonas:

- Zona inferior al visible, que abarca todas las radiaciones cuya longitud es inferior a 0,38 micras (1 µm = 10⁻⁶ m = 10³ nm, nanómetros = 10⁻⁹ m, micrómetros)
- Zona visible, que abarca radiaciones entre 0,38 µm y 0,78 µm
- Zona superior al visible, cuya longitud de onda es superior a lo 0,78 µm

6. TÉCNICAS DE MEDIDA DE CAMBIOS DE DUREZA

6.1. Cambios de dureza (Templado)

Los servores templado se fabrican con dos tipos de acero, de acuerdo a la temperatura de funcionamiento. El 1017 para temperaturas entre 1400 °C, y el 1018 para temperaturas entre 500 y 625 °C. Los servores templado están estandarizados con forma de tornillo, en dos formatos: el M3 x 0,5 (Ø nom de diámetro x 0,5 mm de paso de rosca) y el M3 x 0,25 (Ø nom de diámetro x 0,25 mm de paso de rosca).

Los M3 tienen una parte no rosca que es la conectada a la temperatura es en la que se mide la dureza y para medirlo se conformó con acero 1017 y 1018 en esta parte, como formas distintas, como se ve en la figura 6.1. Los M3 se distinguen por una ranura construida en el mango de sujeción (figura 6.1).

Para su colocación el M3 tiene un agujero en la parte no rosca al calor con forma de rosca de seis dentadas que permite introducir una flecha para ensayar y desmontarlo después que el M3 tiene un mango unido al tornillo templado mediante una sección de menor diámetro que permite girarlo (rotación) hasta se rosca por la zona destinada, con lo que se garantiza el par de apriete deseado.

CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas basadas en análisis de infrarrojos (termografía)

Tema 1

1. Introducción
 - 1.1. Introducción general
2. Concepto y propiedades de las ondas infrarrojas
 - 2.1. Recordatorio sobre transmisión de la energía térmica (calor)
 - 2.2. Recordatorio sobre el espectro electromagnético
 - 2.3. Radiación infrarroja o térmica
 - 2.4. Características de las radiaciones infrarrojas (emisividad)
3. Medida y análisis de las ondas infrarrojas
 - 3.1. Generalidades
 - 3.2. Pirómetros de infrarrojos
 - 3.3. Cámaras termográficas
4. Aplicaciones del análisis termográfico
 - 4.1. Campos de aplicación del análisis termográfico
 - 4.2. Ventajas y desventajas del análisis termográfico
 - 4.3. Etapas de un análisis de fallos con infrarrojos

Técnicas basadas en el análisis de ultrasonidos

Tema 2

1. Introducción
 - 1.1. Introducción general

MÓDULO DE TÉCNICAS VARIADAS DE DETECCIÓN DE FALLOS EN MÁQUINAS EN SERVICIO



CONTENIDO DE CADA TEMA

Técnicas basadas en el análisis de ultrasonidos

Tema 2

2. Concepto y propiedades de los ultrasonidos
 - 2.1. Generalidades
3. Equipos de medida y análisis de los ultrasonidos
 - 3.1. Composición del equipo
 - 3.2. Procedimientos de uso
4. Aplicaciones de los ultrasonidos
 - 4.1. Generalidades
 - 4.2. Aplicaciones al análisis de fallos en rodamientos

Otras técnicas de detección de fallos de máquinas en servicio

Tema 3

1. Introducción
 - 1.1. Introducción general
2. Técnicas de detección de fuga de gases
 - 2.1. Escapes de refrigerantes halogenados
 - 2.2. Escape de gases de sistemas de frenos
 - 2.3. Escape de gases diversos al aire
3. Técnicas de medida de la polución del aire
 - 3.1. Recordatorio sobre la interacción entre un haz de luz y partículas suspendidas
 - 3.2. Detector de partículas sólidas en el aire
 - 3.3. Detector de humos
 - 3.4. Detector de fugas de hidrocarburos volátiles
4. Técnicas de medida de partículas disueltas en el agua
 - 4.1. Turbidímetros y ultasonidos
5. Técnicas de medida por cambios de temperatura
 - 5.1. Técnicas de cambios de temperatura
6. Técnicas de medida por cambios de color
 - 6.1. Técnicas de cambio de color
7. Técnicas basadas en rayos X para máquinas en movimiento
 - 7.1. Técnicas de rayos X para máquinas en movimiento

MÓDULO DE TIPOS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS



Este módulo está conformado por cinco temas:

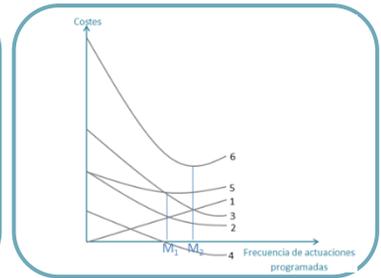
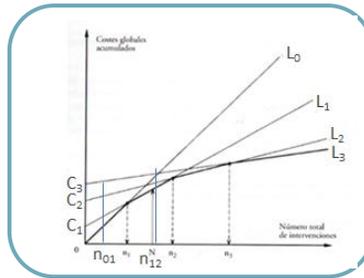
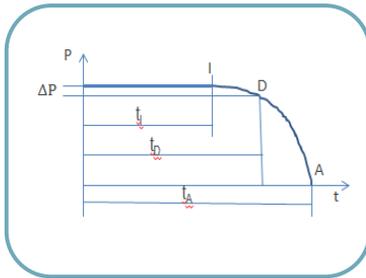
Tema 1. Introducción a las estrategias de la gestión del mantenimiento

Tema 2. Gestión del mantenimiento preventivo

Tema 3. Gestión del mantenimiento predictivo (de condición)

Tema 4. Gestión del mantenimiento correctivo

Tema 5. Gestión del mantenimiento en relación con la producción



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a las estrategias de la gestión del mantenimiento

Tema 1

1. Los fallos como origen del mantenimiento de máquinas
 - 1.1. Circunstancias del fallo de una máquina
 - 1.2. Origen de los fallos de máquinas
 - 1.3. Tipos de fallos en máquinas
 - 1.4. La detección de los fallos en las máquinas
 - 1.5. Impactos de los fallos en máquinas
2. Definición y objetivos del mantenimiento de máquinas
 - 2.1. Definición general del mantenimiento
 - 2.2. El doble enfoque del mantenimiento de máquinas
 - 2.3. Objetivos del mantenimiento de máquinas
3. Conceptos básicos sobre las estrategias del mantenimiento de máquinas desde el punto de vista técnico
 - 3.1. Factores que afectan al mantenimiento de máquinas
 - 3.2. Estrategias del mantenimiento de máquinas
 - 3.3. Tipos de trabajos en el mantenimiento de máquinas
4. Conceptos básicos sobre las estrategias del mantenimiento de máquinas desde el punto de vista técnico - económico
 - 4.1. Repercusiones globales del mantenimiento de máquinas
 - 4.2. Conceptos básicos de políticas de gestión del mantenimiento de máquinas



CONTENIDO DE CADA TEMA

Introducción a las estrategias de la gestión del mantenimiento

Tema 1

- 5. Evolución (historia) del mantenimiento de máquinas
- 5.1. Generalidades

Gestión del mantenimiento preventivo

Tema 2

- 1. Introducción
 - 1.1. Definición de mantenimiento preventivo sistemático
 - 1.2. Campos de aplicación del mantenimiento preventivo sistemático
 - 1.3. Tareas implícitas en el mantenimiento preventivo sistemático
 - 1.4. Objetivos del mantenimiento preventivo sistemático
- 2. Consideraciones estadística para la aplicación del mantenimiento preventivo sistemático
 - 2.1. Generalidades
- 3. Combinación de tareas de mantenimiento preventivo sistemático
 - 3.1. Generalidades
- 4. Mantenimiento preventivo de rutina
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Tipos de rutinas
 - 4.3. Frecuencia de las rutinas
 - 4.4. Requisitos para la puesta en marcha de las rutinas
- 5. Costes del mantenimiento preventivo sistemático
 - 5.1. Generalidades
- 6. Ejemplo de aplicación del mantenimiento preventivo
 - 6.1. Mantenimiento preventivo en aviones comerciales

Gestión del mantenimiento predictivo

Tema 3

- 1. Introducción
 - 1.1. Definición del mantenimiento predictivo
 - 1.2. Aplicaciones del mantenimiento predictivo
 - 1.3. Objetivos del mantenimiento predictivo
- 2. Fases del mantenimiento predictivo
 - 2.1. Generalidades



CONTENIDO DE CADA TEMA

Gestión del mantenimiento predictivo

Tema 3

3. Síntomas detectables aplicables al mantenimiento predictivo
 - 3.1. Generalidades
4. Medios (instrumentación) aplicables al mantenimiento predictivo
 - 4.1. Generalidades
5. Ejecución del mantenimiento predictivo
 - 5.1. Generalidades
6. Mantenimiento predictivo proactivo
 - 6.1. Generalidades
7. Frecuencia de monitoreo del mantenimiento predictivo
 - 7.1. Tipos de frecuencias de monitoreo
 - 7.2. Monitoreo periódico
 - 7.3. Monitoreo discrecional
 - 7.4. Monitoreo continuo
8. Ruta de ejecución del mantenimiento predictivo
 - 8.1. Generalidades
9. Costes del mantenimiento predictivo
 - 9.1. Generalidades

Gestión del mantenimiento correctivo

Tema 4

1. Introducción
 - 1.1. Definición del mantenimiento correctivo
 - 1.2. Aplicaciones del mantenimiento correctivo
 - 1.3. Tareas implícitas en el mantenimiento correctivo
 - 1.4. ventajas e inconvenientes del mantenimiento correctivo
2. Gestión (planificación) del mantenimiento correctivo
 - 2.1. Generalidades
 - 2.2. Fases de un mantenimiento correctivo
 - 2.3. Tiempos en el mantenimiento correctivo
3. Costes del mantenimiento correctivo
 - 3.1. Generalidades



CONTENIDO DE CADA TEMA

Gestión del mantenimiento en relación con la producción

Tema 5

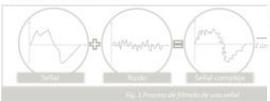
1. Objetivos del mantenimiento en relación con la producción
 - 1.1. Generalidades
2. Medios humanos en la gestión del mantenimiento de máquinas
 - 2.1. Generalidades
3. Suministros para el mantenimiento
 - 3.1. Generalidades
 - 3.2. Existencias de seguridad
 - 3.3. Suministro mediante equipos nuevos. Canibalización
4. Selección de los métodos de mantenimiento de máquinas sin relación con la producción
 - 4.1. Selección por árbol de decisiones
 - 4.2. Selección por costes comparados
5. Selección de los métodos de mantenimiento en relación con la producción
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Selección por coste global del ciclo de vida
6. Gestión informatizada del mantenimiento de máquinas
 - 6.1. Generalidades sobre el mantenimiento asistido por ordenador (GMAO)
 - 6.2. Generalidades sobre el mantenimiento asistido por realidad aumentada



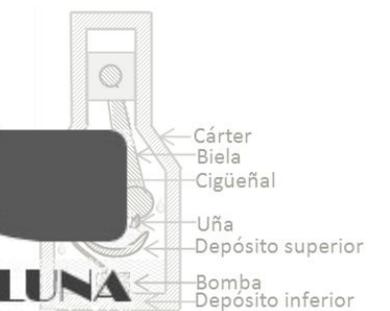
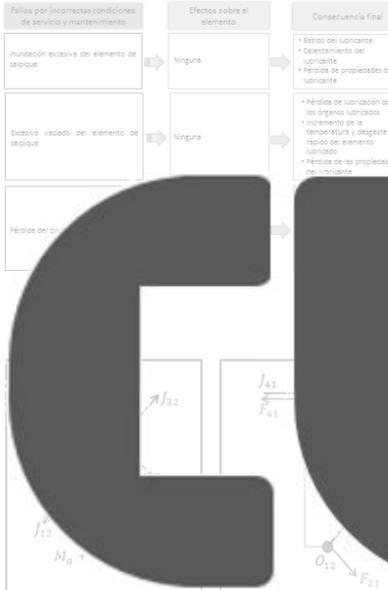
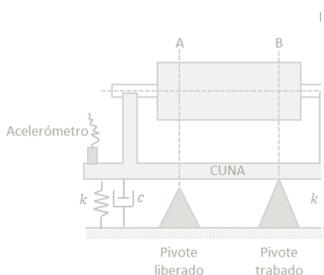
2.2.1. Definición

Muchas veces la señal que procede de los transductores, usualmente componentes pasivos (inductivos o de bobinado) son complejas, que está compuesta de una suma de señales de diferentes frecuencias, es decir, varias de diferentes frecuencias que la componen. Los filtros son transductores (en sentido amplio de transductor) capaces de dejar pasar ciertas frecuencias y no dejar pasar las de otras.

De esta forma, los filtros son utilizados para suministrar señales de una señal de una frecuencia del ruido es muy superior a la señal procedente del catalizador, un fenómeno que a su vez, produce a su vez una señal libre de ruidos, causas orgánicas de una señal (por ejemplo, una señal captada por un sensor) o simplemente de un ruido que puede proceder de un desajuste del mismo y de él. Cada una de estas causas origina una vibración de diferente frecuencia, o sea, "separación" o "resonancia" acústica.



La figura 1 representa gráficamente el proceso de filtrado



CONTACTO



Ingeniería Calero Luna

DIRECCIÓN:
Avda. Alcalde Ramírez Bethencourt Nº21
35004 Las Palmas de Gran Canaria
España

CONTACTO:
ingenieriacalero@gmail.com