

FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO MECÁNICO DE COMPONENTES DE MÁQUINAS

2° EDICION

De la Cátedra de Elementos de Máquinas de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional de Lomas de Zamora. República Argentina.

Dr. Ing. Ricardo Mario Amé.
Año 2019

Fundamentos para el diseño mecánico de componentes de máquinas

Ame, Ricardo Mario

Fundamentos para el diseño mecánico de componentes de máquinas / Ricardo Mario Ame. - 2a edición para el profesor - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ricardo Mario Ame, 2019.
243 p. ; 29 x 21 cm.

ISBN 978-987-86-1218-8

1. Ingeniería Mecánica. I. Título.
CDD 621.815

Diseño de tapa y contratapa:

Dibujo central de tapa: Ing. Martín Torres.

Arte y diseño Julián Mario Martín Amé

Hecho en depósito que prevé la Ley 11.723

Impreso en Buenos Aires - Argentina

Copyright © 2019 por Ricardo Mario Amé

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, ni en todo, ni en parte, ni registrada en o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial.

Si usted opta por copiar de forma ilegal el presente texto, está ejecutando un acto de egoísmo social y falsedad ética como profesional o futuro profesional. Su actitud perjudica a la sociedad, porque atenta contra las personas que ofrecen sus conocimientos y su tiempo para que ella progrese. No adquirir bibliografía legalmente, cualquiera sea su género, limita la existencia de escritores que transmiten su conocimiento o su arte y sin ellos la sociedad se ve afectada. Piénselo, sea solidario, ahorre en vicios o gastos superfluos e invierta en patrimonio cultural, tenga la entereza, luego, de exigir una sociedad mejor.

PREFACIO DE LA PRIMERA EDICION

La presente obra tiene como antecedentes las editadas en el año 2005 con el título: “Temas básicos de resistencia de materiales aplicables al cálculo y diseño de Elementos de Maquinas” y en el año 2012 “Mecánica aplicada al diseño de los Elementos de máquinas. Temas básicos de resistencia de materiales aplicables al diseño de árboles y ejes”.

En su momento presenté ese trabajo como “guía de estudio” pues no era mi intención sustituir los excelentes libros existentes de uso habitual, pero entendía que era un trabajo superior a un apunte de cátedra.

En esta oportunidad, transcurridos más de diez años desde la edición del primer texto, con la experiencia acumulada en las actividades educativas, de capacitación y de acreditación de carreras, la participación de más personas haciendo un verdadero trabajo de revisión editorial, me ha permitido elaborar un texto que, considero de mayor calidad que los precedentes.

En esta obra se ha revisado minuciosamente el contenido desde el punto de vista literario; en lo temático, se han agregado párrafos, figuras, fotos, gráficos, gran cantidad de notas al pie de página y experiencias de investigación.

La estructura del libro se sustenta en parte del programa de estudios de la Cátedra de Elementos de Máquinas que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

Al igual que en oportunidad de las ediciones anteriores, el contenido se fundamenta en citas a autores reconocidos, indicado el título de sus obras y el año de edición.

Es mi sentir que escribir un libro es un acto de gran entrega al prójimo, pues tras estas páginas existe un enorme esfuerzo, que no es sólo personal, sino familiar y de muchos colaboradores; por ello sería para mí, de gran satisfacción, que el contenido sea de utilidad al estudiante y al colega docente.

Ricardo Mario Amé.
Enero 2018

PREFACIO DE LA SEGUNDA EDICION

En esta edición he realizado mejoras en varias figuras y cambiado la distribución de muchas de ellas, con relación al texto, para optimizar el aprovechamiento del espacio. En el capítulo V he agregado y desarrollado algebraicamente, con adecuada extensión, algunos modelos de análisis de tensiones variables simples y combinadas que, luego en el capítulo VI, se utilizaron para el cálculo de árboles. En el sentido de comunicar al estudiante los resultados de las últimas investigaciones realizadas sobre el tema tratado en este libro, y que no habían sido incorporadas en la primera edición, he agregado el Anexo Ax.2.9. Al igual que lo escrito para la primera edición, es mi deseo que el contenido del presente trabajo sea de utilidad al estudiante y al colega docente.

Ricardo Mario Amé.
En Diego Gaynor, provincia de Buenos Aires.
Julio 2019
ingricardoame@gmail.com

CONTENIDO GENERAL

**CAPÍTULO I.
LOS COMPONENTES DE MÁQUINAS.**

**CAPÍTULO II.
FALLAS EN LOS COMPONENTES DE MÁQUINAS**

**CAPÍTULO III.
CONCENTRACIÓN DE TENSIONES.**

**CAPÍTULO IV.
CONCEPTOS GENERALES DEL EFECTO DE LAS TENSIONES VARIABLES**

**CAPÍTULO V.
DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES DE MÁQUINAS SOMETIDOS A
TENSIONES VARIABLES.**

**CAPÍTULO VI.
DISEÑO DE ÁRBOLES Y EJES.**

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN CONSULTADA.

CAPÍTULO I.

LOS COMPONENTES DE MÁQUINAS

ÍNDICE DE PARÁGRAFOS.

I.1.- INTRODUCCIÓN. CONCEPTO DE MÁQUINA, MECANISMO Y COMPONENTE DE MÁQUINA.

I.1.A.- Máquina.

I.1.B.- Mecanismo.

I.1.C.- Componente de Máquina.

I.2.- EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE MÁQUINAS EN EL CONTEXTO GENERAL DEL DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA.

I.2.A.- Estudio de la cinemática.

I.2.B.- Estudio de la cinética.

I.2.C.- Diseño de los componentes de máquinas.

I.2.C.1.- Criterios técnicos.

I.2.C.2.- Criterios económicos.

I.2.C.3.- Criterios humanos.

I.2.D.- Conclusiones.

CAPÍTULO II.

FALLAS EN LOS COMPONENTES DE MÁQUINAS.

ÍNDICE DE PARÁGRAFOS.

II.1.- MODO DE FALLA.

II.1.A.- Falla por deformación elástica.

II.1.A.1.- Deformación en condiciones de equilibrio estable.

II.1.A.2.- Deformación por inestabilidad elástica o pandeo.

II.1.A.3.- Deformación elástica debida a vibraciones del elemento resistente.

II.1.B.- Falla por deformación permanente o fluencia generalizada.

II.1.B.1.- Fluencia generalizada a temperatura ambiente.

II.1.B.2.- Fluencia generalizada a alta temperatura (deformación lenta).

II.1.C.- Falla por fractura.

II.1.C.1.- Falla por fractura frágil.

II.1.C.2.- Falla por fractura progresiva.

II.1.C.3.- Conclusiones respecto a los modos de falla.

II.2.- CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MECÁNICA DE LAS FRACTURAS.

II.2.A.- Tecnología de la Mecánica de las Fracturas

II.2.A.1.- Mecánica de la fractura elástica lineal.

II.2.A.2.- Mecánica de la fractura elasto plástica.

II.2.A.3.- Mecánica de la fractura dependiente del tiempo a alta temperatura.

II.2.B.- Modos de aplicación de la carga.

II.2.C.- Fuerza impulsora y tenacidad a la fractura.

II.2.C.1.- Ejemplo de cálculo del factor K .

II.3.- FACTOR O COEFICIENTE DE SEGURIDAD.

II.3.A.- Introducción.

II.3.B.- Selección de un valor numérico.

II.4.- CONFIABILIDAD.

II.4.A.- Introducción.

II.4.B.- Distribución normal.

II.4.B.1.- Ejemplo 1.

II.4.B.2.- Ejemplo 2.

II.4.C.- Determinación de la media aritmética μ y la desviación estándar σ .

II.4.C.1.- Ejemplo 3.

II.5 -TEORIAS DE FALLA.

II.5.A.- Introducción.

II.5.B.- Teorías de falla utilizadas en el dimensionamiento de los elementos de máquinas.

II.5.B.1.- Teoría de Falla de la Máxima Tensión Tangencial.

II.5.B.2.- Teoría de Falla de la Máxima Energía de Distorsión.

II.5.C.- Conclusiones respecto de las teorías de falla.

CAPÍTULO III.

CONCENTRACIÓN DE TENSIONES.

ÍNDICE DE PARÁGRAFOS.

- III.1.- Conceptos generales.
- III.2.- Factor de concentración de tensiones, factor teórico o factor geométrico K_t .
- III.3.- Concentración de tensiones en torsión.
- III.4.- Concentración de tensiones en vigas con agujeros.
- III.5.- Efectos de los concentradores superpuestos.
- III.6.- El factor teórico de concentración de tensiones en presencia de varias tensiones.
- III.7.- Atenuadores de la concentración de tensiones.
- III.8.- Influencia del material en los efectos de los concentradores de tensión.
- III.9.- Breve descripción de las diversas metodologías experimentales para la obtención de los factores teóricos de concentración de tensiones.

CAPÍTULO IV.

CONCEPTOS GENERALES DEL EFECTO DE LAS TENSIONES VARIABLES.

ÍNDICE DE PARÁGRAFOS.

- IV.1.- Conceptos generales del efecto de las tensiones variables.
 - IV.1.A.- Resistencia a la fatiga o límite de resistencia a la fatiga.
 - IV.1.B.- Aproximación práctica del diagrama $\sigma = f(N)$.
 - IV.1.C.- Tensión límite para una cantidad de ciclos determinados.
 - IV.1.D.- Tipo de fractura en la falla por fatiga.
 - IV.1.E.- Efecto de la concentración de tensiones en componentes sometidos a fatiga.
 - IV.1.E.1.- Diagrama para la relación K_t-K_f .
 - IV.1.F.- Factores tecnológicos, no geométricos, de concentración de tensiones.
 - IV.1.F.1.- Concentración de tensiones debidas al ajuste forzado o con apriete.
 - IV.1.G.- Aplicación de la mecánica de la fractura al análisis del crecimiento de la fisura por fatiga.
 - IV.1.H.- Factores modificativos del límite de fatiga.
 - IV.1.H.1.- σ_w : Tensión límite a flexión rotatoria.
 - IV.1.H.2.- C_c : Factor por el tipo de sollicitación o carga.
 - IV.1.H.3.- C_f : Factor por el acabado superficial.
 - IV.1.H.4.- C_m : Factor de tamaño.
 - IV.1.H.5.- C_R : Factor de confiabilidad.
 - IV.1.H.6.- C_T : Factor de temperatura.
 - IV.1.H.7.- C_L : Factor de vida.
 - IV.1.H.8.- C_d : Factor de efectos diversos.
 - IV.1.H.9.- Resultado de los factores modificativos sobre el valor de σ_w .
 - IV.1.I.- Daños por fatiga acumulada.

CAPÍTULO V.

DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES DE MÁQUINAS SOMETIDOS A TENSIONES VARIABLES.

- V.1.- Consideraciones generales.
- V.2.- Dimensionamiento de piezas sujetas a tensiones variables simples.
 - V.2.A.- Diagrama de Goodman modificado.
 - V.2.A.1.- Dimensionamiento de piezas mediante la aplicación del Diagrama de Goodman modificado para tensiones variables simples.
 - V.2.B.- Modelos para el diseño de componentes sometidos a tensiones variables simples.
 - V.2.B.1.- Introducción.
 - V.2.B.2.- Criterio de Soderberg.
 - V.2.B.2.a.- Expresión analítica del criterio de Soderberg.
 - V.2.B.2.a.1.- Ejemplos de aplicación del criterio de Soderberg.
 - V.2.B.3.- Criterio o modelo de ASME-Elíptica.
 - V.2.B.3.a.- Determinación del ángulo ϕ divisorio.
 - V.2.B.3.a.1.- Ejemplo de aplicación con ángulo de la recta de carga mayor al divisorio.
 - V.2.B.3.a.2.- Ejemplo de aplicación con ángulo de la recta de carga menor al divisorio. Falla por fluencia.
 - V.2.B.4.- Expresión analítica aplicada al diagrama de Goodman modificado para tensiones variables simples.
 - V.2.B.4.a.- Ejemplo 1.
 - V.2.B.4.b.- Ejemplo 2.
 - V.2.B.5.- Análisis comparativo de resultados según modelos de aplicación.
 - V.2.B.5.a.- Criterio de Soderberg.
 - V.2.B.5.b.- Criterio de ASME-Elíptica.
 - V.2.B.5.c.- Criterio de Goodman modificado.
 - V.2.B.5.d.- Cuadro resumen de expresiones matemáticas de los modelos de aplicación.
 - V.2.C.- Dimensionamiento en torsión variable simple.
- V.3.- Dimensionamiento de piezas sujetas a tensiones variables combinadas.
 - V.3.A.- Aplicación de la teoría de la máxima tensión tangencial al dimensionamiento de piezas sometidas a tensiones variables combinadas.
 - V.3.A.1.- Ejemplo de aplicación de la teoría de la máxima tensión tangencial al dimensionamiento de una sección resistente a tensiones variables combinadas.
 - V.3.B.- Aplicación de la teoría de la máxima energía de distorsión al dimensionamiento de piezas sometidas a tensiones variables combinadas.
 - V.3.B.1.- Introducción.
 - V.3.B.2.- Aplicación de la teoría de falla de la máxima energía de distorsión al criterio de Soderberg.

Fundamentos para el diseño mecánico de componentes de máquinas

V.3.B.3.- Aplicación de la teoría de falla de la máxima energía de distorsión al criterio ASME-Elíptica.

V.3.B.4.- Criterio de algunos autores.

V.3.C.- Cuadro resumen de expresiones algebraicas para la verificación o dimensionamiento de piezas sometidas a tensiones variables combinadas.

V.3.C.1.- Teoría de falla de la máxima tensión tangencial.

V.3.C.2.- Teoría de falla de la máxima energía de distorsión.

V.3.C.2.a.- Aplicada al criterio de Soderberg.

V.3.C.2.b.- Aplicada al criterio ASME-Elíptica.

CAPÍTULO VI.

DISEÑO DE ÁRBOLES Y EJES.

ÍNDICE DE PARÁGRAFOS.

- VI.1.- Definiciones.
- VI.2.- Consideraciones del diseño geométrico.
- VI.3.- Etapas del diseño mecánico aplicadas al eje.
 - VI.3.A.- Cinética: análisis de cargas actuantes.
 - VI.3.B.- Diseño final.
 - VI.3.B.1.- Estado de tensiones actuantes.
 - VI.3.B.2.- Selección del material.
 - VI.3.B.3.- Teorías de cálculo de la sección resistente.
 - VI.3.B.3.a.- Aplicación de la Teoría de falla de la máxima tensión tangencial.
 - VI.3.B.3.b.- Aplicación de la Teoría de falla de la máxima energía de distorsión.
- VI.4.- Control de las deformaciones elásticas.
 - VI.4.A.- Verificación por rigidez a la torsión.
 - VI.4.B.- Verificación por rigidez a la flexión y del giro de la sección asociada.
 - VI.4.B.1.- Teorema de Castigliano.
 - VI.4.B.1.a.- Ejemplos de aplicación del teorema de Castigliano.
 - VI.4.C.- Verificación por velocidad crítica.
 - VI.4.D.- Verificación por efecto de la variación de la temperatura.