

Vibration Institute

Análisis de vibraciones Resumen de fórmulas comunes



Idioma: Español

Unidades del SI y del sistema habitual de EE. UU.

Rev.: 29/05/2026

Introducción:

Las páginas siguientes contienen una recopilación de ecuaciones, conversiones y otra información relacionada con las vibraciones. Esta información ha sido recopilada principalmente para asistir a los examinados durante los exámenes de certificación del Vibration Institute, basados en la norma ISO 18436-2, y también puede resultar de utilidad como material de referencia.

Este «Resumen de fórmulas comunes» tiene como objetivo servir de recurso para los analistas de vibraciones y se proporcionará en su totalidad durante los exámenes de certificación en línea del Vibration Institute, así como en los exámenes impresos de la Categoría IV. (Para los exámenes de las Categorías I, II y III, los archivos de ecuaciones están disponibles para su descarga en <https://www.vi-institute.org/vibration-analyst-equations/>).

No se permitirá el uso de copias personales del «Resumen de fórmulas comunes» durante los exámenes de certificación de análisis de vibraciones del VI.

Las siguientes hojas incluyen:

- A: Unidades*, Constantes* y Conversiones*
- B: Fuerzas
- C: Movimientos
- D: Frecuencias
- E: Procesamiento de señales
- F: Respuesta a la vibración
- G: Umbral de estabilidad
- H: Factor de amplificación y relación de amortiguamiento
- I: Propiedades del material*
- J: Momentos de inercia de área
- K: Momentos de inercia de masa
- L: Casos de cálculo de rigidez

Nota:

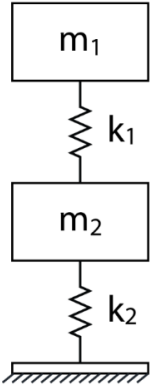
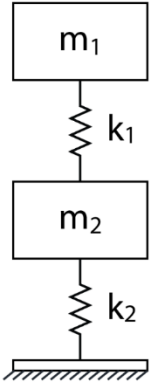
Los números en este «Resumen de fórmulas comunes» y en todos los exámenes de certificación del Vibration Institute suelen presentarse sin comas y utilizan un punto como separador decimal para indicar dónde comienzan los dígitos menores que la unidad. Ejemplo: 10023.7 corresponde a diez mil veintitrés con siete décimas (sin comas, con un punto).

	Unidades habituales de EE. UU.	Unidades del SI
A	UNIDADES*, CONSTANTES* Y CONVERSIONES*	
①	longitud: pie, ft; pulgada, pulg, in	longitud: metro, m; milimetro, mm
②	masa: slug, lbf s ² /ft	masa: kilogramo, kg
③	tiempo: segundo, s	tiempo: segundo, s
④	fuerza: libra fuerza, lbf	fuerza: Newton, N
	presión: psi, lbf/pulg ²	presión, Pascal, 1 Pa = 1 N/m ²
	aceleración: g, pie/s ² o pulg/s ²	aceleración: g, m/s ²
	velocidad: pie/s o pulg/s	velocidad: m/s o mm/s
	velocidad de rotación: RPM, RPS, Hz, rad/s	velocidad de rotación: RPM, RPS, Hz, rad/s
	ángulo plano: grado, deg, °	ángulo plano: radián, rad
	círculo completo = 360° = 2π rad	círculo completo = 2π rad = 360°
	peso, W: lbf	peso, W : N
	pi, π = 3.142	pi, π = 3.142
	aceleración estándar debida a la gravedad, g _n = 32.17 pie/s ²	estándar debida a la gravedad, g _n = 9.807 m/s ²
	= 386.1 pulg/s ²	
	masa** = W/g _n	
	1 lbf = 0.2248 N	1 N = 4.448 lbf
	1 pie (ft) = 12 pulgadas (pulg)	1 m = 39.37 pulg = 1000 mm
	1 pulgada (pulg) = 1000 milésimas de pulgada	1 mm = 0.03937 pulg
	1 pulgada (pulg) = 0.02540 metros = 25.4 mm	1 micrón (μm) = 0.00003937 pulg = 0.0010 mm
	1 pulg ² = 6.452 cm ²	1 cm ² = 0.1550 pulg ²
	1 pulg = 16.39 cm ³	1 cm ³ = 0.0610 pulg ³
	1 libra (lbf) = 16 onzas (oz)	1 kg = 2.205 lbf**
	1 onza (oz)** = 28.35 gramos (g)	1 gramo (g) = 0.0353 oz**
	1 psi = 6.895 kPa	1 kPa = 0.1450 psi = 0.001 MPa
	1 lbf/pulg = 175.1 N/m = 01751 N/mm	1 kN/m = 5.710 lbf/pulg = 1 N/mm
	*Las conversiones y constantes mostradas pueden ser aproximadas, redondeadas o establecidas para el campo de vibración.	*Las conversiones y constantes mostradas pueden ser aproximadas, redondeadas o establecidas para el campo de vibración.
	**donde la aceleración debida a la gravedad = g _n	**donde la aceleración debida a la gravedad = g _n

B EFECTIVO		
2 3 4	Fuerza de desequilibrio de masa (lbf) $F = Me \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2$ M = W/g_n, masa, lbf s²/pulg W = peso del rotor o peso de equilibrio, lbf g_n = 386.1 pulg/s² e = excentricidad del rotor o radio del peso de equilibrio, pulg N = velocidad de rotación, rpm	Fuerza de desequilibrio de masa (Newtons) $F = Me \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2$ M = masa, kg e = excentricidad del rotor o radio de la masa de equilibrio, m N = velocidad de rotación, rpm
2 3 4	Fuerza de resorte (lbf) $F = Kx$ K = rigidez del resorte, lbf/pulg x = deflexión relativa, pulg	Fuerza de resorte (Newtons) $F = Kx$ K = rigidez del resorte, N/m x = deflexión relativa, m
3 4	Fuerza de amortiguación (lbf) $F = C\dot{x}$ C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg $\dot{x}$ = velocidad relativa, pulg/s	Fuerza de amortiguación (Newtons) $F = C\dot{x}$ C = constante de amortiguamiento, N s/m $\dot{x}$ = velocidad relativa, m/s
3 4	Fuerza de inercia (lbf) $F = M\ddot{x}$ M = masa, lbf s²/pulg $\ddot{x}$ = aceleración, pulg/s²	Fuerza de inercia (Newtons) $F = M\ddot{x}$ M = masa, kg $\ddot{x}$ = aceleración, m/s²
C MOVIMIENTOS		
1 2 3 4	Aceleración $A = V(2\pi f)$ A = aceleración, pulg/s² V = velocidad, pulg/s f = frecuencia en Hz (CPS)	Aceleración $A = \frac{V(2\pi f)}{1000}$ A = aceleración, m/s² V = velocidad, mm/s f = frecuencia en Hz (CPS)

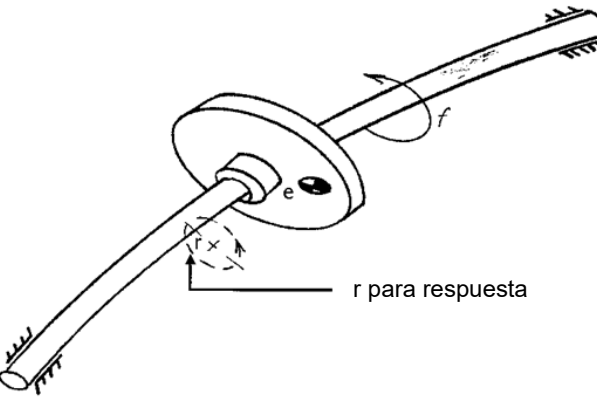
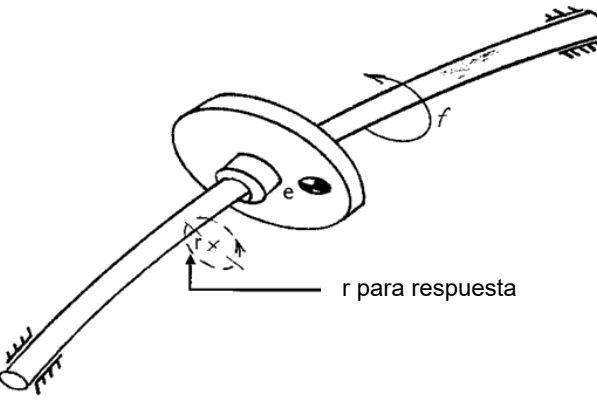
1 2 3 4	Velocidad (pulgadas/s) $V = D(2\pi f)$ D = desplazamiento máximo, pulg f = frecuencia, ciclo/s (cps o Hz)	Velocidad (mm/s) $V = D(2\pi f)$ D = desplazamiento máximo, mm f = frecuencia, ciclo/s (cps o Hz)
1 2 3 4	Desplazamiento (pulg pico) $D = \frac{V}{2\pi f}$ $D = \frac{A}{(2\pi f)^2}$ V = velocidad, pulg/s f = frecuencia en Hz (CPS) A = aceleración, pulg/s²	Desplazamiento (mm pico) $D = \frac{V}{2\pi f}$ $D = \frac{1000 A}{(2\pi f)^2}$ V = velocidad, mm/s f = frecuencia en Hz (CPS) A = aceleración, m/s²
D	FRECUENCIAS	
2 3 4	Frecuencia Natural – Clásica $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ k = rigidez, lbf/pulg m = W/g_n W = peso, lbf g_n = 386.1 pulg/s² f_n = frecuencia natural de un sistema de un solo grado de libertad, Hz	Frecuencia natural - Clásica $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ k = rigidez, N/m m = masa, kg f_n = frecuencia natural de un sistema de un solo grado de libertad, Hz
2 3 4	Conversión de unidades de frecuencia $\omega = 2\pi f$ ω = frecuencia, rad/s f = frecuencia, Hz o CPS	Conversión de unidades de frecuencia $\omega = 2\pi f$ ω = frecuencia, rad/s f = frecuencia, Hz o CPS
2 3 4	Velocidad de rotación del rodillo $\Omega = \frac{V}{5\pi D}$ V = velocidad de la banda, pies/min D = diámetro del rodillo, pulg Ω = velocidad de rotación, RPS	Velocidad de rotación del rodillo $\Omega = \frac{16.66 V}{\pi D}$ V = velocidad de la banda, m/min D = diámetro del rodillo, mm Ω = velocidad de rotación, Hz

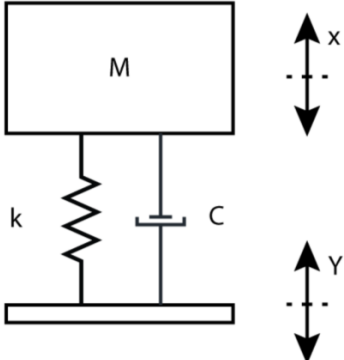
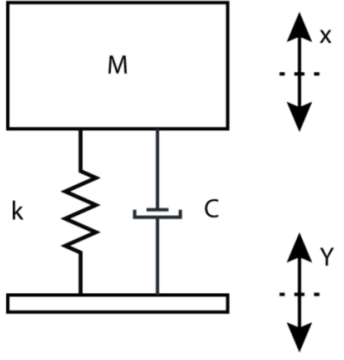
3 4	Frecuencia natural - Deflexión estática* $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_n}{\delta_{st}}}$ $g_n = 386.1 \text{ pulg/s}^2$ δ_{st} = deflexión estática, pulg f_n = frecuencia natural del sistema de un solo grado de libertad, Hz *Solo válido para tasa de resorte lineal y donde la deflexión estática está en línea con la gravedad.	Frecuencia natural - Deflexión estática* $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_n}{\delta_{st}}}$ $g_n = 9.807 \text{ m/s}^2$ δ_{st} = deflexión estática, m f_n = frecuencia natural del sistema de un solo grado de libertad, Hz *Solo válido para tasa de resorte lineal y donde la deflexión estática está en línea con la gravedad.
2 3 4	Frecuencias de los rodamientos $FTF_i = \left(\frac{\Omega}{2}\right) \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $FTF_o = \left(\frac{\Omega}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BPFI = \left(\frac{N}{2}\right) \Omega \left[1 + \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BPFO = \left(\frac{N}{2}\right) \Omega \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BSF = \left(\frac{P}{2B}\right) \Omega \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right)^2 \cos^2(CA)\right]$ FTF = frecuencia fundamental del tren FTF_i = pista interior giratoria FTF_o = pista exterior giratoria BPFI = frecuencia de paso de bola, pista interior BPFO = frecuencia de paso de bola, pista exterior BSF = frecuencia de giro de la bola CA = ángulo de contacto, grados Ω = velocidad de la pista giratoria (Hz o RPM) N = número de elementos rodantes por fila P = diámetro de paso, pulg. B = diámetro de la bola o del rodillo, pulg.	Frecuencias de los rodamientos $FTF_i = \left(\frac{\Omega}{2}\right) \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $FTF_o = \left(\frac{\Omega}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BPFI = \left(\frac{N}{2}\right) \Omega \left[1 + \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BPFO = \left(\frac{N}{2}\right) \Omega \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right) \cos(CA)\right]$ $BSF = \left(\frac{P}{2B}\right) \Omega \left[1 - \left(\frac{B}{P}\right)^2 \cos^2(CA)\right]$ FTF = frecuencia fundamental del tren FTF_i = pista interior giratoria FTF_o = pista exterior giratoria BPFI = frecuencia de paso de bola, pista interior BPFO = frecuencia de paso de bola, pista exterior BSF = frecuencia de giro de la bola CA = ángulo de contacto, grados Ω = velocidad de la pista giratoria (Hz o RPM) N = número de elementos rodantes por fila P = diámetro de paso, pulg. B = diámetro de la bola o del rodillo, pulg.

① ② ③ ④	Guías generales para frecuencias de rodamientos* BPFO = $0,41 \times N \times \Omega$ BPFI = $0.59 \times N \times \Omega$ FTF_i = $0.41 \times \Omega^{**}$ FTF_o = $0.59 \times \Omega^{**}$ BSF = $0.22 \times N \times \Omega$ N = número de elementos rodantes por fila Ω = unidades de velocidad de RPM o Hz *para uso en selección F_{Max} SOLAMENTE. ** FTF_i se aplica cuando la pista interior gira; FTF_o se aplica cuando la pista exterior gira	Guías generales para frecuencias de rodamientos* BPFO = $0.41 \times N \times \Omega$ BPFI = $0.59 \times N \times \Omega$ FTF_i = $0.41 \times \Omega$ FTF_o = $0.59 \times \Omega$ BSF = $0.22 \times N \times \Omega$ N = número de elementos rodantes por fila Ω = unidades de velocidad de RPM o Hz *para uso en la selección F_{Max} SOLAMENTE. ** FTF_i se aplica cuando la pista interior gira; FTF_o se aplica cuando la pista exterior gira
④	Frecuencias naturales – 2 grados de libertad no amortiguados $\omega^2 = \frac{k_2 + k_1}{2m_2} + \frac{k_1}{2m_1} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left[\frac{k_2 + k_1}{m_2} + \frac{k_1}{m_1} \right]^2 - \frac{k_2 k_1}{m_2 m_1}}$ $f_{1,2} = \frac{1}{2\pi} \omega_{1,2}$ k₁, k₂ = rigidez, lbf/pulg m₁, m₂ = masa, lbf s²/pulg ω = frecuencia natural, rad/s 	Frecuencias naturales – 2 grados de libertad no amortiguados $\omega^2 = \frac{k_2 + k_1}{2m_2} + \frac{k_1}{2m_1} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left[\frac{k_2 + k_1}{m_2} + \frac{k_1}{m_1} \right]^2 - \frac{k_2 k_1}{m_2 m_1}}$ $f_{1,2} = \frac{1}{2\pi} \omega_{1,2}$ k₁, k₂ = rigidez, N/m m₁, m₂ = masa, kg ω = frecuencia natural, rad/s 

E	PROCESAMIENTO DE SEÑALES	
① ② ③ ④	Pico vs. RMS* pico = 1.414 rms *Se aplica únicamente a formas de onda sinusoidales de frecuencia única.	Pico vs. RMS* pico = 1.414 rms * Se aplica únicamente a formas de onda sinusoidales de frecuencia única.
① ② ③ ④	Intervalos de frecuencia predeterminados Velocidad de funcionamiento $F_{MAX} \geq 10 \times \text{RPM}$ Rodamientos de elementos rodantes $F_{MAX} \geq 10 \times \text{BPFI}$ Cojinetes de película fluida $F_{MAX} \geq 10 \times \text{RPM}$ Paso de paletas/cuchillas $F_{MAX} \geq 3 \times \# \text{ Paletas/Alabes} \times \text{RPM}$ Eléctrica $F_{MAX} \geq 3 \times 2X \text{ Frecuencia de línea}$ Frecuencia de engranaje $F_{MAX} \geq 3 \times \text{Frecuencia de engranaje RPM}$ RPM = velocidad de rotación F_{MAX} = frecuencia máxima	Intervalos de frecuencia predeterminados Velocidad de funcionamiento $F_{MAX} \geq 10 \times \text{RPM}$ Rodamientos de elementos rodantes $F_{MAX} \geq 10 \times \text{BPFI}$ Cojinetes de película fluida $F_{MAX} \geq 10 \times \text{RPM}$ Paso de paletas/cuchillas $F_{MAX} \geq 3 \times \# \text{ Paletas/Alabes} \times \text{RPM}$ Eléctrica $F_{MAX} \geq 3 \times 2X \text{ Frecuencia de línea}$ Frecuencia de engranaje $F_{MAX} \geq 3 \times \text{Frecuencia de engranaje RPM}$ RPM = velocidad de rotación F_{MAX} = frecuencia máxima
② ③ ④	Resolución de frecuencia* Resolución de frecuencia = (intervalo de frecuencia x factor de ruido de ventana x 2) / (número de líneas FFT) Factor de ruido de ventana: 1.0 para uniforme, rectangular, “sin ventana” 1.5 para la ventana de Hanning 3.8 para ventana de superficie plana * capacidad de resolver señales muy espaciadas	Resolución de frecuencia* Resolución de frecuencia = (intervalo de frecuencia x factor de ruido de ventana x 2) / (número de líneas FFT) Factor de ruido de la ventana: 1.0 para uniforme, rectangular, “sin ventana” 1.5 para la ventana de Hanning 3.8 para ventana de superficie plana * capacidad de resolver señales muy espaciadas

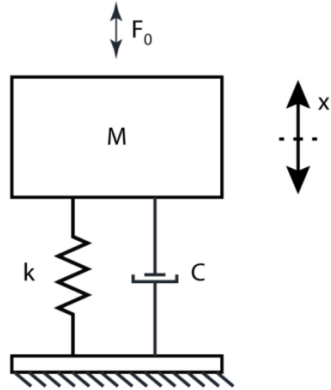
② ③ ④	Tiempo de adquisición de datos de bloque (DAT)* DAT = # líneas FFT/intervalo de frecuencia *Aplicable cuando el factor de Nyquist = 2.56	Tiempo de adquisición de datos de bloque (DAT)* DAT = # líneas FFT/intervalo de frecuencia *Aplicable cuando el factor de Nyquist = 2.56
③ ④	Rango dinámico $DR = 20 \log \frac{V_m}{V_r}$ $\frac{V_m}{V_r} = 10^{\frac{dB}{20}}$ V_m = voltaje medido V_r = referencia de voltaje DR = rango dinámico, dB (decibelios)	Rango dinámico $DR = 20 \log \frac{V_m}{V_r}$ $\frac{V_m}{V_r} = 10^{\frac{dB}{20}}$ V_m = voltaje medido V_r = referencia de voltaje DR = rango dinámico, dB (decibelios)

F	RESPUESTA A LA VIBRACIÓN	
4	Respuesta a la vibración del rotor  $r = \frac{e \left(\frac{f}{f_n} \right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n} \right)^2 \right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n} \right]^2}}$ r = respuesta de vibración del rotor, pulg pico e = excentricidad de la masa, pulg f = frecuencia de forzamiento, Hz f_n = frecuencia natural, Hz ζ = relación de amortiguamiento, C/C_C C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg C_C = amortiguamiento crítico = $2m\omega_n$ m = masa, lbf s²/pulg. $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$, rad/s	Respuesta a la vibración del rotor  $r = \frac{e \left(\frac{f}{f_n} \right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n} \right)^2 \right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n} \right]^2}}$ r = respuesta de vibración del rotor, pulg pico e = excentricidad de la masa, pulg f = frecuencia de forzamiento, Hz f_n = frecuencia natural, Hz ζ = relación de amortiguamiento, C/C_C C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg C_C = amortiguamiento crítico = $2m\omega_n$ m = masa, lbf s²/pulg. $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$, rad/s

4	Fase $\tan \phi = \frac{2\zeta \frac{f}{f_n}}{1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2}$ ϕ = phase, deg f = frecuencia forzante, Hz f_n = frecuencia natural, Hz	Fase $\tan \phi = \frac{2\zeta \frac{f}{f_n}}{1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2}$ ϕ = phase, deg f = frecuencia forzante, Hz f_n = frecuencia natural, Hz
4	Transmisibilidad  $\frac{X}{Y} = \frac{F_{TR}}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$ F_{TR} = fuerza transmitida, lbf F₀ = fuerza de excitación, lbf f = frecuencia forzante, Hz f_n = frecuencia natural, Hz ω_n = frecuencia natural, rad/s X = movimiento de masa, en pico Y = movimiento de la base, pico en pulg ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c k = rigidez del resorte, lbf/pulg C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg C_c = 2Mω_n = amortiguamiento crítico, lbf s/in M = masa, lbf s²/pulg	Transmisibilidad  $\frac{X}{Y} = \frac{F_{TR}}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$ F_{TR} = fuerza transmitida, N F₀ = fuerza de excitación, N f = frecuencia forzante, Hz f_n = frecuencia natural, Hz ω_n = frecuencia natural, rad/s X = movimiento de masa, mm pico Y = movimiento de la base, pico en mm ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c k = rigidez del resorte, N/m C = constante de amortiguamiento, N s/m C_c = 2Mω_n = amortiguamiento crítico, N s/m M = masa, kg

4

Respuesta a vibraciones forzadas



$$X = \frac{\frac{F_0}{k}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$$

F_0 = fuerza de excitación, lbf

f = frecuencia forzante, Hz

f_n = frecuencia natural, Hz

ω_n = frecuencia natural, rad/s

X = movimiento de masa, pulg pico

ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c

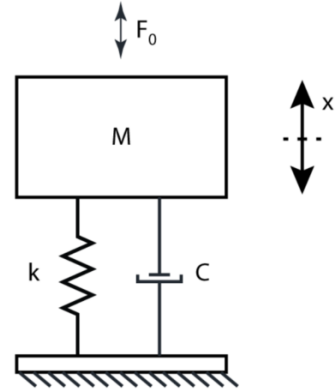
k = rigidez del resorte, lbf/pulg

C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg

$C_c = 2M\omega_n$ = amortiguamiento crítico, lbf s/pulg

M = masa, lbf s²/pulg

Respuesta a vibraciones forzadas



$$X = \frac{\frac{F_0}{k}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$$

F_0 = fuerza de excitación, N

f = frecuencia forzante, Hz

f_n = frecuencia natural, Hz

ω_n = frecuencia natural, rad/s

X = movimiento de masa, mm pico

ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c

k = rigidez del resorte, N/m

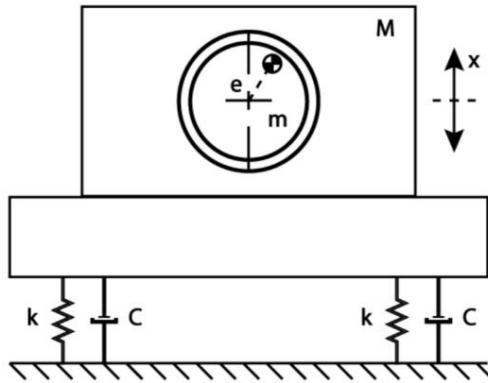
C = constante de amortiguamiento, N s/m

$C_c = 2M\omega_n$ = amortiguamiento crítico, N s/m

M = masa, kg

4

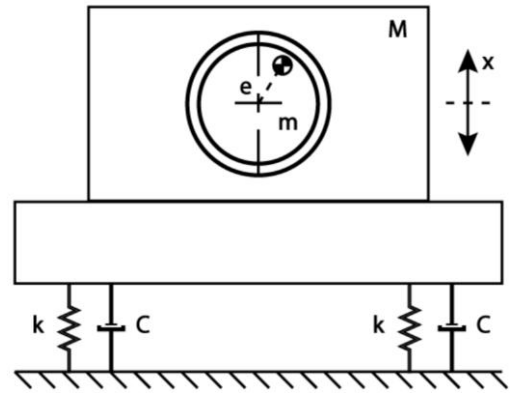
Relación de respuesta de la carcasa inducida por desequilibrio de masa



$$\frac{MX}{me} = \frac{\left(\frac{f}{f_n}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$$

M = masa total, lbf s²/pulg
 m = masa del rotor, lbf s²/pulg
 X = movimiento de la carcasa, pulg pico
 e = excentricidad del rotor, pulg
 f = frecuencia forzante, Hz
 f_n = frecuencia natural, Hz
 ω_n = frecuencia natural, rad/s
 ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c
 k = rigidez del resorte, lbf/pulg
 C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg
 C_c = 2Mω_n = amortiguamiento crítico, lbf s/pulg

Relación de respuesta de la carcasa inducida por desequilibrio de masa



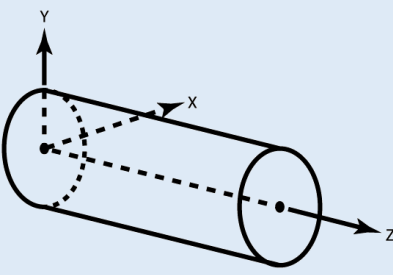
$$\frac{MX}{me} = \frac{\left(\frac{f}{f_n}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{f}{f_n}\right]^2}}$$

M = masa total, kg
 m = masa del rotor, kg
 X = movimiento de la carcasa, mm pico
 e = excentricidad del rotor, mm
 f = frecuencia forzante, Hz
 f_n = frecuencia natural, Hz
 ω_n = frecuencia natural, rad/s
 ζ = relación de amortiguamiento = C/C_c
 k = rigidez del resorte, N/m
 C = constante de amortiguamiento, N s/m
 C_c = 2Mω_n = amortiguamiento crítico, N s/m

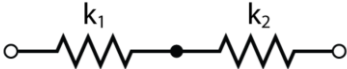
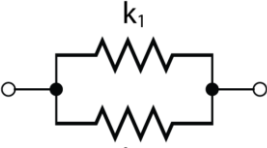
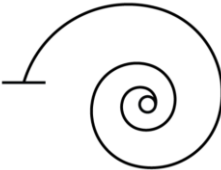
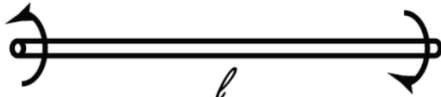
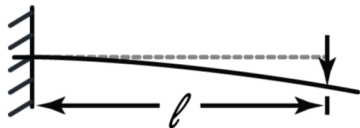
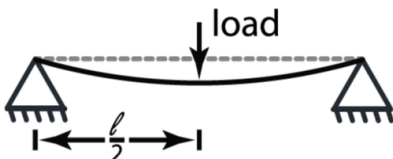
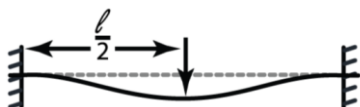
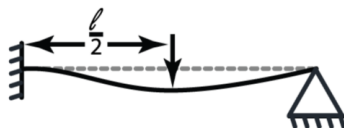
G Cojinetes de película fluida		
4	Umbral de estabilidad $\omega_s = \omega_o \sqrt{\frac{c}{g_n}}$ ω_s = umbral de estabilidad adimensional ω_o = velocidad de funcionamiento del cojinete, rad/s c = juego radial del rodamiento, pulg g_n = gravedad estándar, 386.1 pulg/s²	Umbral de estabilidad $\omega_s = \omega_o \sqrt{\frac{c}{g_n}}$ ω_s = umbral de estabilidad adimensional ω_o = velocidad de funcionamiento del cojinete, rad/s c = juego radial del rodamiento, m g_n = gravedad estándar, 9.807 m/s²
	Número de Sommerfeld $S = \frac{\mu N L D}{W} \left(\frac{R}{C} \right)^2$ S = Número de Sommerfeld μ = viscosidad del aceite, lbf s/pulg² N = velocidad del eje, RPS L = longitud del rodamiento, pulg D = diámetro del cojinete, pulg W = carga en el rodamiento, lbf R = radio del cojinete, pulg C = juego radial del cojinete, pulg	Número de Sommerfeld $S = \frac{\mu N L D}{W} \left(\frac{R}{C} \right)^2$ S = Número de Sommerfeld μ = viscosidad del aceite, lbf s/pulg² N = velocidad del eje, RPS L = longitud del rodamiento, pulg D = diámetro del cojinete, pulg W = carga en el rodamiento, lbf R = radio del cojinete, pulg C = juego radial del cojinete, pulg
H FACTOR DE AMPLIFICACIÓN Y RELACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO		
4	Método de media potencia $AF = \frac{N_{CR}}{N_2 - N_1}$ AF = factor de amplificación (en resonancia) N_{CR} = velocidad crítica, RPM N_2, N_1 = puntos de media potencia, RPM	Método de media potencia $AF = \frac{N_{CR}}{N_2 - N_1}$ AF = factor de amplificación (en resonancia) N_{CR} = velocidad crítica, Hz N_2, N_1 = puntos de media potencia, Hz

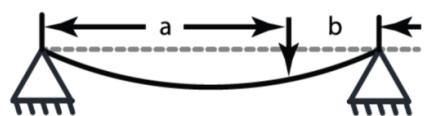
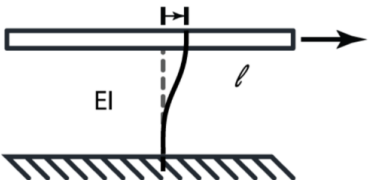
④	Método de cambio de fase $AF = \frac{\pi N_{CR}}{360} \frac{\Delta\phi}{\Delta N}$ AF = factor de amplificación (en resonancia) N_{CR} = velocidad crítica, RPM $\Delta\phi$ = cambio de fase, grados ΔN = cambio de velocidad, RPM	Método de cambio de fase $AF = \frac{\pi N_{CR}}{360} \frac{\Delta\phi}{\Delta N}$ AF = factor de amplificación (en resonancia) N_{CR} = velocidad crítica, Hz $\Delta\phi$ = cambio de fase, grados ΔN = cambio de velocidad, Hz
④	Método del dominio del tiempo $\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{X_o}{X_n} = \text{decremento logarítmico}$ $\zeta = \frac{C}{C_c} \approx \frac{\delta}{2\pi} \approx \frac{1}{2AF} = \text{relación de amortiguamiento}$ n = número de ciclos $\frac{X_o}{X_n}$ = relación de amplitud en n ciclos C = constante de amortiguamiento, lbf s/pulg $C_c = 2M\omega_n$ = amortiguamiento crítico, lbf s/pulg AF = factor de amplificación M = masa del sistema, lbf s²/pulg. ω_n = frecuencia natural del sistema, rad/s	Método del dominio del tiempo $\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{X_o}{X_n} = \text{decremento logarítmico}$ $\zeta = \frac{C}{C_c} \approx \frac{\delta}{2\pi} \approx \frac{1}{2AF} = \text{relación de amortiguamiento}$ n = número de ciclos $\frac{X_o}{X_n}$ = relación de amplitud en n ciclos C = constante de amortiguamiento, N s/m $C_c = 2M\omega_n$ = amortiguamiento crítico, N s/m AF = factor de amplificación M = masa del sistema, N s²/m ω_n = frecuencia natural del sistema, rad/s

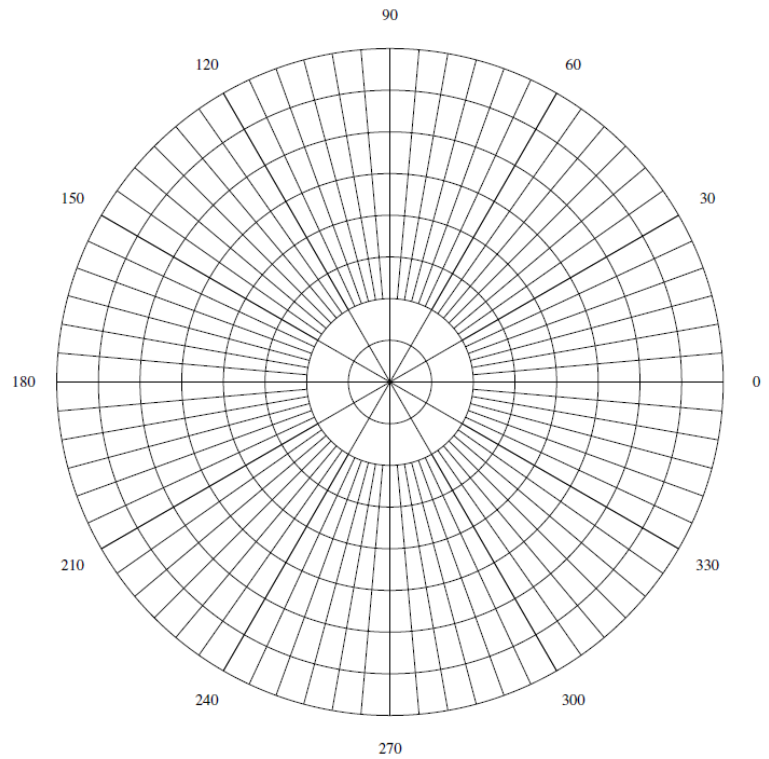
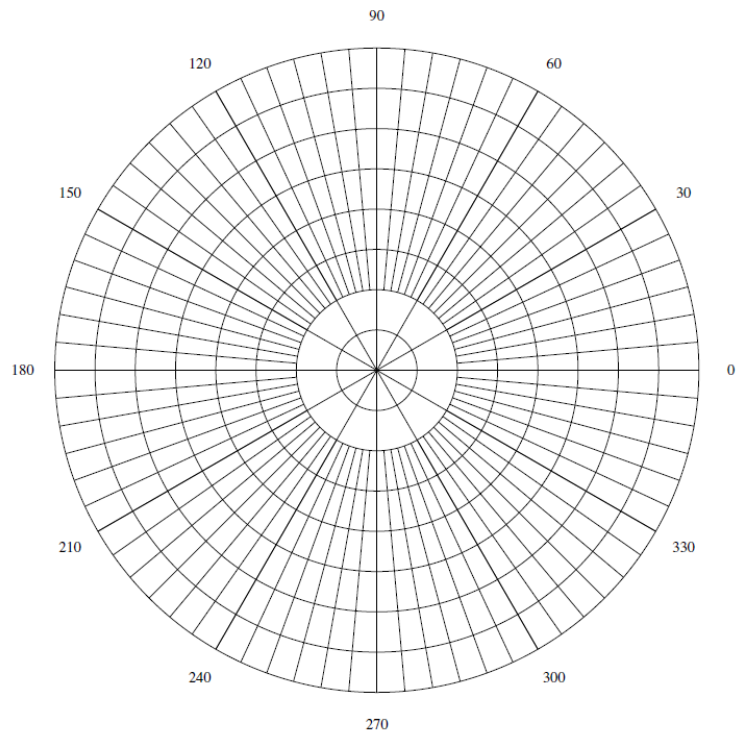
4	Método de doble constante/doble canal Cálculo de amortiguación: $AF = \frac{\left(\frac{f_a}{f_b}\right)^2 + 1}{\left(\frac{f_a}{f_b}\right)^2 - 1}$ f_a = frecuencia por encima de la resonancia, donde la parte real o imaginaria de la función de transferencia alcanza un pico f_b = frecuencia por debajo de la resonancia, donde la parte real o imaginaria de la función de transferencia alcanza un pico de signo opuesto AF = factor de amplificación (en resonancia) $AF \approx \frac{1}{2\frac{C}{C_c}} \approx \frac{1}{(2\zeta)}$ C = constante de amortiguamiento, lbf s/in $C_c = 2M\omega_n$ amortiguamiento crítico, lbf s/pulg AF = factor de amplificación M = masa del sistema, lbf s²/pulg ω_n = frecuencia natural del sistema, rad/s	Método de doble constante/doble canal Cálculo de amortiguación: $AF = \frac{\left(\frac{f_a}{f_b}\right)^2 + 1}{\left(\frac{f_a}{f_b}\right)^2 - 1}$ f_a = frecuencia por encima de la resonancia, donde la parte real o imaginaria de la función de transferencia alcanza un pico f_b = frecuencia por debajo de la resonancia, donde la parte real o imaginaria de la función de transferencia alcanza un pico de signo opuesto AF = factor de amplificación (en resonancia) $AF \approx \frac{1}{2\frac{C}{C_c}} \approx \frac{1}{(2\zeta)}$ C = constante de amortiguamiento, N s/m $C_c = 2M\omega_n$ amortiguamiento crítico, N s/m AF = factor de amplificación M = masa del sistema, N s²/m ω_n = frecuencia natural del sistema, rad/s																																
	I PROPIEDADES DEL MATERIAL* <i>*Las constantes mostradas pueden ser aproximadas, redondeadas o indicadas para el campo de vibración.</i>																																	
4	E = Módulo de elasticidad <table><tr><td>Aluminio</td><td>10.0 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Hierro dúctil</td><td>24.5 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Acero</td><td>29.0 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Titanio</td><td>14.9 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr></table> G = Módulo de rigidez <table><tr><td>Aluminio</td><td>3.9 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Hierro dúctil</td><td>9.3 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Acero</td><td>11.2 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr><tr><td>Titanio</td><td>5.9 x 10⁶ lbf/pulg²</td></tr></table>	Aluminio	10.0 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Hierro dúctil	24.5 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Acero	29.0 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Titanio	14.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Aluminio	3.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Hierro dúctil	9.3 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Acero	11.2 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	Titanio	5.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²	E = Módulo de elasticidad <table><tr><td>Aluminio</td><td>69 GPa</td></tr><tr><td>Hierro dúctil</td><td>169 GPa</td></tr><tr><td>Acero</td><td>200 GPa</td></tr><tr><td>Titanio</td><td>103 GPa</td></tr></table> G = Módulo de rigidez (GPa = 10⁹ Pa) <table><tr><td>Aluminio</td><td>27 GPa</td></tr><tr><td>Hierro dúctil</td><td>64 GPa</td></tr><tr><td>Acero</td><td>77 GPa</td></tr><tr><td>Titanio</td><td>41 GPa</td></tr></table>	Aluminio	69 GPa	Hierro dúctil	169 GPa	Acero	200 GPa	Titanio	103 GPa	Aluminio	27 GPa	Hierro dúctil	64 GPa	Acero	77 GPa	Titanio	41 GPa
	Aluminio	10.0 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																
Hierro dúctil	24.5 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Acero	29.0 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Titanio	14.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Aluminio	3.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Hierro dúctil	9.3 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Acero	11.2 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Titanio	5.9 x 10 ⁶ lbf/pulg ²																																	
Aluminio	69 GPa																																	
Hierro dúctil	169 GPa																																	
Acero	200 GPa																																	
Titanio	103 GPa																																	
Aluminio	27 GPa																																	
Hierro dúctil	64 GPa																																	
Acero	77 GPa																																	
Titanio	41 GPa																																	

4	Densidad Aluminio 0.0978 lbm/pulg ³ Hierro dúctil 0.2579 lbm/pulg ³ Acero 0.2836 lbm/pulg ³ Titanio 0.1620 lbm/pulg ³	Densidad Aluminio 2712 kg/m ³ Hierro dúctil 7300 kg/m ³ Acero 7850 kg/m ³ Titanio 4500 kg/m ³
J	MOMENTOS DE INERCIA DEL ÁREA <i>La figura también se aplica a la Sección K</i> 	
4	Momento de inercia del área de flexión $I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad (\text{eje sólido})$ $I_x = I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (\text{eje hueco})$ $I_x = I_y$ = momento de inercia del área de flexión de la sección transversal circular, pulg⁴ D = diámetro exterior, pulg d = diámetro interior, pulg	Momento de inercia del área de flexión $I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad (\text{eje sólido})$ $I_x = I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (\text{eje hueco})$ $I_x = I_y$ = momento de inercia del área de flexión de la sección transversal circular, mm⁴ D = diámetro exterior, mm d = diámetro interior, mm
4	Momento de inercia del área polar $J = \frac{\pi D^4}{32} \quad (\text{eje sólido})$ $J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \quad (\text{eje hueco})$ J = momento de inercia del área polar de la sección transversal circular, pulg⁴ D = diámetro exterior, pulg d = diámetro interior, pulg	Momento de inercia del área polar $J = \frac{\pi D^4}{32} \quad (\text{eje sólido})$ $J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \quad (\text{eje hueco})$ J = momento de inercia del área polar de la sección transversal circular, mm⁴ D = diámetro exterior, mm d = diámetro interior, mm

K			MOMENTOS DE INERCIA DE MASA		
4	Momento de inercia de masa, disco delgado $I_x = I_y = \frac{MD^2}{16}$ $I_x = I_y$ = momento de inercia de masa, lbf s ² pulg M = masa, lbf s ² /pulg D = diámetro, pulg		Momento de inercia de masa, disco delgado $I_x = I_y = \frac{MD^2}{16}$ $I_x = I_y$ = momento de inercia de masa, kg m ² M = masa, kg D = diámetro, m		
	Momento de inercia de masa polar, eje $J = \frac{MD^2}{8}$ J = momento de inercia de masa polar, lbf s ² pulg M = masa, lbf s ² /pulg D = diámetro, pulg		Momento de inercia de masa polar, eje $J = \frac{MD^2}{8}$ J = momento de inercia de la masa polar, kg m ² M = masa, kg D = diámetro, m		
L			CASOS DE CÁLCULO DE RIGIDEZ		
			Todos los casos mostrados se aplican a ambos sistemas de unidades.		
4	Parámetros comunes para fórmulas de uso habitual de casos en sistema inglés en EE. UU. k = rigidez, lbf/pulg k _t = rigidez torsional, lbf pulg/rad I = momento de inercia del área de flexión de la sección transversal circular, pulg ⁴ J = momento de inercia del área polar de la sección transversal circular, pulg ⁴ D = diámetro exterior, pulg d = diámetro interior, pulg d = diámetro de la varilla de la bobina, pulg A = área de la sección transversal, pulg ² n = número de vueltas, recuento l = longitud total, pulg E = Módulo de elasticidad, lbf/pulg ² G = Módulo de rigidez, lbf/pulg ²		Parámetros comunes para el uso de fórmulas de caso en el SI k = rigidez, N/m k _t = rigidez torsional, N m/rad I = momento de inercia del área de flexión de la sección transversal circular, m ⁴ J = momento de inercia del área polar de la sección transversal circular, m ⁴ D = diámetro exterior, m d = diámetro interior, m d = diámetro de la varilla de la bobina, m A = área de la sección transversal, m ² n = número de vueltas, recuento l = longitud total, m E = Módulo de elasticidad, Pa G = Módulo de rigidez, Pa		

4	Caso A: Resortes en serie  $k = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}}$	Caso B: Resortes en paralelo  $k = k_1 + k_2$
4	Caso C:  $k_t = \frac{EI}{\ell}$	Caso D:  $k = \frac{EA}{\ell}$
4	Caso E:  $k_t = \frac{GJ}{\ell}$	Caso F:  $k = \frac{Gd^4}{64nR^3}$
4	Caso G:  $k = \frac{3EI}{\ell^3}$	Caso H: <i>load = carga</i>  $k = \frac{48EI}{\ell^3}$
4	Caso I:  $k = \frac{192EI}{\ell^3}$	Caso J:  $k = \frac{768EI}{7\ell^3}$

4	Caso K:  $k = \frac{3EI\ell}{a^2b^2}$ $\ell = a + b$	Caso L:  $k = \frac{12EI}{\ell^3}$
4	Caso M:  $k = \frac{3EI}{(\ell + a)a^2}$	Caso N:  $k = \frac{12EI}{a^2(3\ell + 4a)}$



Esta página se ha dejado intencionadamente en blanco.