



CENTRO NACIONAL  
DE EVALUACIÓN PARA  
LA EDUCACIÓN SUPERIOR, A.C.

CENEVAL®

# formulario

Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería  
Mecánica Eléctrica

Dirección de los EGEL

ENERO • 2021

# **Formulario**

## **Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**EGEL-IME**



**Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C.**

*Formulario*

D.R. © 2020  
Centro Nacional de Evaluación  
para la Educación Superior, A.C. (Ceneval)

Decimoquinta edición

## **Directorio**

**Antonio Ávila Díaz**

Director General

**Alejandra Zúñiga Bohigas**

Directora de los Exámenes  
Generales para el Egreso de la Licenciatura

**Wilson Jesús Pool Cibrián**

Subdirector de Evaluación de Egreso en  
Diseño, Ingenierías y Arquitectura

**Arturo Valverde Merlín**

Responsable del Examen General para el Egreso  
de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica

## Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Diseño de elementos y sistemas mecánicos .....</b>                                       | <b>7</b>  |
| Áreas y momentos de inercia.....  | 7         |
| Esfuerzos y deformaciones debidas a cargas axiales .....                                    | 7         |
| Esfuerzos y deformación debido a torsión, potencia .....                                    | 8         |
| Esfuerzos y deformaciones debidas a flexión .....   | 8         |
| Esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo.....                                       | 9         |
| Teorías de falla bajo carga estática .....  | 9         |
| Polipastos .....  | 10        |
| Columnas .....  | 10        |
| Motores/engranés rectos .....   | 11        |
| Ecuaciones de movimiento .....  | 12        |
| Rodamientos.....  | 12        |
| Tornillos de potencia.....  | 12        |
| Cuñas .....   | 13        |
| Longitud de la banda .....  | 13        |
| Recipientes esféricos a presión .....   | 13        |
| Recipientes cilíndricos a presión.....  | 13        |
| Frenos de banda.....  | 14        |
| Soldadura .....   | 14        |
| Parámetros para el cálculo del consumo de material de aporte, electrodo revestido .....     | 14        |
| Resortes helicoidales a tensión y compresión.....   | 15        |
| Vibraciones.....  | 15        |
| Tabla de propiedades mecánicas de los aceros .....  | 15        |
| Índices de tolerancias en ( $\mu\text{m}$ ).....  | 17        |
| Ajustes base agujero en ( $\mu\text{m}$ ).....  | 18        |
| Ajustes base flecha en ( $\mu\text{m}$ ).....   | 19        |
| <b>Procesos de producción.....</b>  | <b>20</b> |
| Procesos de manufactura .....   | 20        |
| Comportamiento mecánico.....  | 20        |
| Comportamiento mecánico en la zona plástica .....   | 20        |
| Procesos de deformación masiva o volumétrica .....  | 20        |
| Procesos de máquinas-herramientas.....  | 22        |
| Resistencia al corte (Ks) para varios metales .....   | 24        |
| Tabla de propiedades mecánicas de materiales .....  | 24        |
| Materiales recomendados en la fabricación de cojinetes.....                                 | 24        |
| Deslizamiento sobre acero/hierro fundido .....  | 24        |
| Recomendaciones generales para operaciones de torneado .....                                | 25        |
| Velocidades de corte típicas, ángulos de corte y avances recomendados.....                  | 25        |
| Control numérico por computadora .....  | 26        |
| Software utilizados en Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica, Electromecánica y afines .. | 27        |
| Calidad .....   | 29        |
| Tiempo de ciclo.....  | 29        |
| Eficiencia en el trabajo .....  | 29        |
| Balanceo de líneas.....   | 30        |
| Punto de equilibrio.....  | 30        |
| Estadística descriptiva.....  | 31        |
| <b>Operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos .....</b>                         | <b>32</b> |
| Propiedades de las sustancias .....   | 32        |
| Ecuaciones de potencia y eficiencia .....   | 32        |

|  |            |
|--|------------|
| Ciclos termodinámicos .....  | 34         |
| Ciclo Otto .....   | 34         |
| Ciclo Diesel .....   | 35         |
| Ciclo Rankine simple .....   | 36         |
| Ciclo Rankine con sobrecalentamiento .....   | 37         |
| Tabla de aire como gas ideal .....   | 41         |
| Ciclo Brayton .....  | 42         |
| Ciclo Carnot .....   | 43         |
| Conducción en estado estable en elemento con generación de calor .....                 | 43         |
| Calor transferido por convección, conducción y radiación .....                         | 43         |
| Conducción de calor en estado transitorio .....  | 44         |
| Propiedades y comportamiento de los fluidos .....                                      | 45         |
| Estática de fluidos .....  | 46         |
| Mecánica de fluidos .....  | 46         |
| Símbolos de acuerdo con NMX-J-136-ANCE-2007 .....                                      | 50         |
| Símbolos de acuerdo con EN-60617 o IEC 60617 .....                                     | 52         |
| Símbolos de acuerdo a la ANSI .....  | 55         |
| Fórmulas para calcular el consumo eléctrico y el cálculo del kW-h .....                | 56         |
| <b>Sistemas de automatización y control .....</b>                                      | <b>57</b>  |
| Ingeniería de control .....  | 57         |
| Elementos de un diagrama de control .....  | 58         |
| Reglas para determinar la función de transferencia del circuito de control total ..... | 59         |
| Elementos primitivos de transferencia .....  | 60         |
| Reglas empíricas para ajustar elementos de control P, PI y PID. ....                   | 65         |
| Métodos para determinar la estabilidad .....   | 65         |
| Abreviaturas .....   | 66         |
| Simbología de control .....  | 68         |
| Tabla comparativa de los símbolos eléctricos .....                                     | 73         |
| <b>Sistemas eléctricos .....</b>   | <b>85</b>  |
| Fórmulas básicas de circuitos de corriente alterna .....                               | 85         |
| Fórmulas para el sistema en por unidad .....   | 86         |
| Fórmulas para el cálculo de flechas .....  | 87         |
| Fórmulas para el análisis de transformadores .....                                     | 87         |
| Cálculo de corriente de falla .....  | 88         |
| Cálculo de sección de conductores .....  | 89         |
| Artículos con referencia a la NOM-001-SEDE-2012 .....                                  | 89         |
| <b>Anexo .....</b>   | <b>95</b>  |
| Leyes trigonométricas .....  | 95         |
| Identidades trigonométricas .....  | 95         |
| Valores de las funciones de ángulos importantes .....                                  | 95         |
| Fórmulas para potencias y raíces .....   | 96         |
| Expresiones algebraicas usuales .....  | 96         |
| Propiedades de los logaritmos .....  | 96         |
| Tablas de equivalencias .....  | 96         |
| Constantes físicas .....   | 98         |
| Código de colores para resistencias eléctricas .....                                   | 98         |
| Normatividad aplicable .....   | 99         |
| <b>Consejo Técnico .....</b>   | <b>126</b> |

## Diseño de elementos y sistemas mecánicos

### Áreas y momentos de inercia

Sección transversal rectangular

$$A = b \cdot h \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad S = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Sección transversal circular hueca (tubo)

$$A = \frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4} \quad J = \frac{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{32}$$

$$I = \frac{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{64}$$

Sección transversal circular

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad J = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

Teorema de los ejes paralelos

$$I_x = I + A \cdot s^2$$

$A$  = área (m<sup>2</sup>)  
 $b$  = base del rectángulo (m)  
 $h$  = altura del rectángulo (m)  
 $S$  = módulo de sección (m<sup>3</sup>)  
 $I$  = momento de inercia (m<sup>4</sup>)  
 $I_x$  = momento de inercia respecto a un eje dado (m<sup>4</sup>)  
 $J$  = momento polar de inercia (m<sup>4</sup>)  
 $d$  = diámetro (m)  
 $d_1$  = diámetro interior (m)  
 $d_2$  = diámetro exterior (m)  
 $s$  = distancia entre los dos ejes en consideración (m)

### Esfuerzos y deformaciones debidas a cargas axiales

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\tau = \frac{V}{A_c} \quad \tau = G \cdot \gamma$$

$$\delta = L - L_0 \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

$$\delta = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma} \quad FS = \frac{S_{ys}}{\tau}$$

$$E = \frac{\Delta_{\text{esfuerzo}}}{\Delta_{\text{elongación}}}$$

$$\%_{\text{elongación}} = \left( \frac{L_f - L_i}{L_i} \right) \cdot 100$$

$$\%_{\text{reducción de área}} = \left( \frac{A_f - A_i}{A_i} \right) \cdot 100$$

$A$  = área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)  
 $A_c$  = área de corte (m<sup>2</sup>)  
 $E$  = módulo de elasticidad del material o módulo de Young (Pa)  
 $F$  = fuerza axial (N)  
 $FS$  = factor de seguridad  
 $G$  = módulo de elasticidad en cortante o módulo de rigidez (Pa)  
 $L$  = longitud original de la barra (m)  
 $L_0$  = longitud medida después de la aplicación de la carga (m)  
 $S_y$  = resistencia a la cedencia (Pa)  
 $S_{ys}$  = resistencia al corte (Pa)  
 $V$  = fuerza cortante (N)  
 $\gamma$  = deformación angular  
 $\delta$  = alargamiento (elongación) de la barra o cambio de longitud de la barra (m)  
 $\varepsilon$  = deformación unitaria normal  
 $\sigma$  = esfuerzo normal (Pa)  
 $\tau$  = esfuerzo cortante (Pa)  
 $\Delta$  = incremento  
 $L_f$  = longitud final de la probeta  
 $L_i$  = longitud Inicial de la probeta  
 $\%$  = porcentaje  
 $A_f$  = área final de la probeta  
 $A_i$  = área inicial de la probeta

**Esfuerzos y deformación debido a torsión, potencia**

|                              |                                      |   |
|------------------------------|--------------------------------------|---|
| $\phi = \theta \cdot L$      | $\phi = \frac{T \cdot L}{G \cdot J}$ | <p><math>G</math> = módulo de elasticidad en cortante (Pa)<br/> <math>J</math> = momento polar de inercia (m<sup>4</sup>)<br/> <math>L</math> = longitud de la barra (m)<br/> <math>r</math> = radio interior donde se localiza el punto que se desea analizar (m)<br/> <math>S_{ys}</math> = resistencia al corte (Pa)<br/> <math>T</math> = par de torsión o momento de torsión (N·m)<br/> <math>\phi</math> = ángulo de torsión total (rad)<br/> <math>\gamma</math> = deformación por cortante<br/> <math>\tau</math> = esfuerzo cortante (Pa)<br/> <math>\theta</math> = ángulo de torsión por unidad de longitud (rad/m)<br/> <math>P</math> = potencia (W)<br/> <math>\omega</math> = velocidad angular (rad/s)<br/> <math>f</math> = frecuencia de rotación o número de revoluciones por unidad de tiempo (rev/s)<br/> <math>n</math> = revoluciones por minuto (rpm)</p> |
| $\gamma = r \cdot \theta$    |                                      |   |
| $\tau = G \cdot \gamma$      |                                      |   |
| $\tau = \frac{T \cdot r}{J}$ |                                      |   |
| $P = T \cdot \omega$         |                                      |   |
| $T = F \cdot r$              |                                      |   |
| $n = 60 \cdot f$             |                                      |   |
| $FS = \frac{S_{ys}}{\tau}$   |                                      |   |

**Esfuerzos y deformaciones debidas a flexión**

|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| $\sigma = \pm \frac{M \cdot y}{I}$   |  | <p><math>b</math> = espesor de la sección transversal en el punto donde se desea calcular el esfuerzo cortante (m)<br/> <math>I</math> = momento de inercia (m<sup>4</sup>)<br/> <math>M</math> = momento flexionante (N·m)<br/> <math>q</math> = fuerza distribuida (N/m)<br/> <math>Q</math> = primer momento del área o momento estático del área (m<sup>3</sup>)<br/> <math>S</math> = módulo de sección (m<sup>3</sup>)<br/> <math>V</math> = fuerza cortante (N)<br/> <math>\sigma</math> = esfuerzo flexionante (Pa)<br/> <math>x</math> = posición de la viga donde se desea evaluar la deflexión, rotación, momento o fuerza cortante de la viga (m)<br/> <math>y</math> = distancia del eje neutro a la fibra de estudio (m)<br/> <math>v</math> = deflexión de la viga (m)<br/> <math>v''</math> = segunda derivada de la deflexión respecto a <math>x</math> (1/m)<br/> <math>v'''</math> = tercera derivada de la deflexión respecto a <math>x</math> (1/m<sup>2</sup>)<br/> <math>v''''</math> = cuarta derivada de la deflexión respecto a <math>x</math> (1/m<sup>3</sup>)<br/> <math>\tau</math> = esfuerzo cortante (Pa)</p> |
| $S = \frac{I}{y}$                    |  |  |
| $\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b}$ |  |  |
| $E \cdot I \cdot v'' = -M$           |  |  |
| $E \cdot I \cdot v''' = -V$          |  |  |
| $E \cdot I \cdot v'''' = -q$         |  |  |

### Esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta_p = \frac{2 \cdot \tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} \geq \frac{\sigma_y}{2} \quad \tau_{m\acute{a}x} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

$\theta_p$  = ángulo de orientación de los planos principales (grados)  
 $\sigma_{med}$  = esfuerzo normal medio (Pa)  
 $\sigma_x$  = esfuerzo normal en la dirección de x (Pa)  
 $\sigma_y$  = esfuerzo normal en la dirección de y (Pa)  
 $\sigma_1$  = esfuerzo principal máximo (Pa)  
 $\sigma_2$  = esfuerzo principal mínimo (Pa)  
 $\tau_{xy}$  = esfuerzo cortante en el plano xy (Pa)  
 $\tau_{m\acute{a}x}$  = esfuerzo cortante máximo (Pa) (criterio Tresca)  
 $\sigma_y$  = límite elástico a tensión  
 $\sigma_1, \sigma_3$  = la mayor y la menor tensión principal en el punto

### Teorías de falla bajo carga estática

Teoría del esfuerzo cortante máximo

$$S_{ys} = 0.5S_y \quad n = \frac{S_{ys}}{\tau_{m\acute{a}x}}$$

Teoría de la energía de distorsión máxima o de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Teoría del esfuerzo normal máximo

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma_1} \quad \text{cuando}$$

$$|\text{m\acute{a}x}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)| > |\text{m\acute{in}}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)|$$

$$n = \frac{S_{uc}}{\sigma_3} \quad \text{cuando}$$

$$|\text{m\acute{in}}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)| > |\text{m\acute{a}x}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)|$$

$$u = \frac{1}{2}\sigma$$

$n$  = factor de seguridad

$S_{ys}$  = resistencia al corte (Pa)

$S_{ut}$  = resistencia última a la tensión (Pa)

$S_{uc}$  = resistencia última a compresión (Pa)

$\sigma$  = esfuerzo normal (Pa)

$\sigma'$  = esfuerzo de Von Mises (Pa)

$\sigma_x$  = esfuerzo normal en la dirección de x (Pa)

$\sigma_y$  = esfuerzo normal en la dirección de y (Pa)

$\tau_{m\acute{a}x}$  = esfuerzo cortante máximo (Pa)

$\tau_{xy}$  = esfuerzo cortante en el plano xy (Pa)

$u$  = densidad de energía de deformación unitaria (m, mm)

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Polipastos**

Polipasto potencial

$$F = \frac{R}{2n}$$

Polipasto exponencial

$$F = \frac{R}{2^n}$$

$R$  = carga (N)

$n$  = número de poleas

$F$  = fuerza para elevar la carga (N)

**Columnas**

Columna con ambos extremos articulados

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Columna con un extremo empotrado y el otro libre

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2}$$

Columna con ambos extremos empotrados

$$P_{cr} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Columna con un extremo empotrado y el otro articulado

$$P_{cr} = \frac{2.046 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Para todo tipo de extremos

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Columna con extremos articulados y carga excéntrica

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \cdot \left[ 1 + \frac{e \cdot c}{r^2} \cdot \sec \left( \frac{L}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{P}{E \cdot A}} \right) \right]$$

$A$  = área de la sección transversal de la columna (m<sup>2</sup>)

$c$  = distancia del eje centroidal a la fibra extrema

$e$  = excentricidad de la carga (m)

$E$  = módulo de elasticidad o módulo de Young (Pa)

$I$  = momento de inercia para el eje principal respecto al cual se presenta el pandeo (m<sup>4</sup>)

$L$  = longitud de la columna (m)

$P$  = fuerza excéntrica aplicada (N)

$P_{cr}$  = carga crítica (N)

$r$  = radio de giro de la sección transversal en el plano de flexión (m)

$\sigma_c$  = esfuerzo compresión máximo de la columna (Pa)

$\sigma_{cr}$  = esfuerzo crítico de la columna (Pa)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Motores/engranés rectos**

| Parámetro                                  | Paso fino ( $P_d < 20$ ) | Paso grueso ( $P_d \geq 20$ ) |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| Ángulo de presión                          | 20° o 25°                | 20°                           |
| Altura de cabeza (adendum)                 | 1.000/ $P_d$             | 1.000/ $P_d$                  |
| Altura de raíz (adendum)                   | 1.250/ $P_d$             | 1.250/ $P_d$                  |
| Profundidad de trabajo                     | 2.000/ $P_d$             | 2.000/ $P_d$                  |
| Profundidad total                          | 2.250/ $P_d$             | 2.200/ $P_d$ + 0.002 in       |
| Espesor circular del diente                | 1.571/ $P_d$             | 1.571/ $P_d$                  |
| Radio del filete                           | 0.300/ $P_d$             | No estándar                   |
| Holgura básica mínima                      | 0.250/ $P_d$             | 0.200/ $P_d$ + 0.002 in       |
| Ancho mínimo de la cresta superior         | 0.250/ $P_d$             | No estándar                   |
| Holgura (dientes rasurados o rectificadas) | 0.350/ $P_d$             | 0.350/ $P_d$ + 0.002 in       |

$$P_c = \frac{\pi \cdot d_p}{N}$$

$$m = \frac{d_p}{N}$$

$$W_t = \frac{2 \cdot T}{d_p}$$

$$W = \frac{W_t}{\cos \phi}$$

$$W_r = W_t \cdot \tan \phi$$

$$m_v = \frac{\omega_{salida}}{\omega_{entrada}}$$

$$m_v = \pm \frac{N_{entrada}}{N_{salida}}$$

$$m_T = \frac{1}{m_v}$$

$$P_d = \frac{\pi}{P_c}$$

$$P_d = \frac{N}{D_p}$$

$$P_d = \frac{N+2}{D_e}$$

$$P_c = \frac{\pi}{P_d}$$

$$P_c = \frac{D_p \cdot \pi}{N}$$

$$D_p = \frac{N}{P_d}$$

$$D_p = \frac{N \cdot P_c}{\pi}$$

$$C = \frac{N_{entrada} + N_{salida}}{2P_d}$$

$$W = \frac{2.250}{P_d}$$

$$W = \frac{2.250 \cdot P_c}{\pi}$$

$$W' = \frac{2}{P_d}$$

$$W' = \frac{2 \cdot P_c}{\pi}$$

$$D_e = \frac{N+2}{P_d}$$

$$D_e = \frac{(N+2)P_c}{\pi}$$

$$D_f = D_e - 2W$$

$$N = P_d \cdot D_p$$

$$N = \frac{\pi \cdot D_p}{P_c}$$

$$E = \frac{1.571}{P_d}$$

$$L = \frac{\pi \cdot N_c}{P_d}$$

$d_p$  = diámetro de paso (in)

$m$  = módulo (m/número de dientes)

$m_v$  = razón de velocidad angular

$m_T$  = razón de par de torsión

$N$  = número de dientes

$P$  = potencia (in·lb/s)

$P_c$  = paso circular (in/número de dientes)

$P_d$  = paso diametral (número de dientes/in)

$T$  = par de torsión (lb·in)

$W$  = fuerza total en el engrane (lb)

$W_r$  = fuerza radial en el engrane (lb)

$W_t$  = fuerza tangencial en el engrane (lb)

$\phi$  = ángulo de presión (grados)

$\omega$  = velocidad angular (rad/s)

$\omega_{entrada}$  = velocidad angular del engrane de entrada (rad/s)

$\omega_{salida}$  = velocidad angular del engrane de salida (rad/s)

$N_{salida}$  = número de dientes de engrane de salida

$N_{entrada}$  = número de dientes engrane de entrada

$D_p$  = diámetro primitivo ó de paso (in, mm)

$D_e$  = diámetro exterior (in, mm)

$D_f$  = diámetro de fondo (in, mm)

$C$  = distancia entre 2 centros

$W$  = profundidad total del diente (in, mm)

$W'$  = profundidad útil del diente (in, mm)

2.250 = constante para profundidad de dientes de engranes

1.571 = constante para espesor de diente de engranes (paso fino)

$E$  = espesor de diente (in, mm)

$L$  = longitud de cremallera (in, mm)

$N_c$  = número de dientes de la cremallera

### Ecuaciones de movimiento

Movimiento circular

$$v = \omega \cdot r \quad a_t = \alpha \cdot r$$

Velocidad constante

$$v = \frac{d}{t}$$

Aceleración constante

$$s_f = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2a(s_f - s_0)$$

Ecuaciones generales

$$v = \frac{dx}{dt} \quad a = \frac{dv}{dt}$$

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$V_f = V_0 + at$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$a$  = aceleración lineal (m/s<sup>2</sup>)

$a_r$  = aceleración radial (m/s<sup>2</sup>)

$a_t$  = aceleración tangencial (m/s<sup>2</sup>)

$r$  = radio de giro (m)

$s$  = desplazamiento (m)

$s_f$  = posición final (m)

$s_0$  = posición inicial (m)

$t$  = tiempo (s)

$v$  = velocidad lineal (m/s)

$v_f$  = velocidad final (m/s)

$v_0$  = velocidad inicial (m/s)

$\alpha$  = aceleración angular (rad/s<sup>2</sup>)

$\omega$  = velocidad angular (rad/s)

$x$  = posición (m)

### Rodamientos

$L_{10}$  = vida nominal (millones de revoluciones)

$L_{10h}$  = vida nominal (horas de funcionamiento)

$C$  = capacidad de carga dinámica (N)

$P$  = carga dinámica equivalente del rodamiento (N)

$n$  = velocidad de giro (rpm)

$a$  = exponente para rodamientos de bolas es 3

y para rodamientos de rodillos es 10/3

60 = constante para el cálculo de la vida nominal de un rodamiento

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^a$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10}$$

### Roscas cuadradas

Para subir carga

$$T_u = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \left( \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_p + L}{\pi \cdot d_p - \mu \cdot L} \right) + \mu_c \cdot P \cdot \frac{d_c}{2}$$

Para bajar carga

$$T_d = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \left( \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_p - L}{\pi \cdot d_p + \mu \cdot L} \right) + \mu_c \cdot P \cdot \frac{d_c}{2}$$

### Roscas Acme

Para subir carga

$$T_u = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \left( \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_p + L \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot d_p \cdot \cos \alpha - \mu \cdot L} \right) + \mu_c \cdot P \cdot \frac{d_c}{2}$$

Para bajar carga

$$T_d = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \left( \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_p - L \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot d_p \cdot \cos \alpha + \mu \cdot L} \right) + \mu_c \cdot P \cdot \frac{d_c}{2}$$

### Rendimiento de un tornillo de potencia

### Tornillos de potencia

$d_p$  = diámetro de paso del tornillo (in)

$d_c$  = diámetro medio del collarín de empuje (in)

$L$  = avance (in)

$P$  = carga a subir o a bajar (lb)

$T_d$  = par de torsión total para bajar la carga (lb·in)

$T_u$  = par de torsión total para elevar la carga (lb·in)

$\alpha$  = ángulo de la rosca Acme (grados)

$\mu$  = coeficiente de fricción entre tornillo y tuerca

$\mu_c$  = coeficiente de fricción en el cojinete de empuje

$\eta$  = rendimiento de un tornillo de potencia

$\mu$  = coeficiente de fricción

$\theta$  = ángulo de rosca (grados)

$\alpha$  = ángulo de hélice (grados)

$A_s$  = área o sección resistente efectiva (m<sup>2</sup>)

$d_2$  = diámetro primitivo de la rosca (m)

$$\eta = \frac{\cos \theta_n - \mu_1 \tan \alpha}{\cos \theta_n + \mu_1 \cot \alpha}$$

$d_3$  = diámetro de núcleo de la rosca (m)

#### Sección efectiva o resistente de un tornillo

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{d_2 + d_3}{2} \right]^2$$

$$\tau = \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot L}$$

$$\sigma_c = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot L}$$

#### Cuñas

$\tau$  = esfuerzo cortante (Pa)

$T$  = par torsional (N·m)

$d$  = diámetro de la flecha (m)

$b$  = base de la cuña o ancho de la cuña (m)

$L$  = longitud de la cuña (m)

$\sigma_c$  = esfuerzo de compresión (Pa)

$h$  = altura de la cuña (m)

$$L = \sqrt{4 \cdot C^2 - (D - d)^2} + \frac{1}{2} \cdot (D \cdot \theta_1 + d \cdot \theta_2)$$

$$n = \frac{P_d}{P_n}$$

$$P_d = F \cdot P_t$$

$$P_n = P_{nb} + P_a$$

#### Longitud de la banda

$L$  = longitud de la banda (m)

$C$  = distancia entre centros (m)

$D$  = diámetro de la polea mayor (m)

$d$  = diámetro de la polea menor (m)

$\theta_1$  = ángulo de contacto de la polea mayor (grados)

$\theta_2$  = ángulo de contacto de la polea menor (grados)

$n$  = número de bandas

$P_d$  = potencia de diseño

$P_n$  = potencia nominal

$F$  = factor de servicio

$P_t$  = potencia transmitida

$P_{nb}$  = potencia nominal básica

$P_a$  = potencia agregada

#### Recipientes esféricos a presión

Esfuerzos en la superficie exterior

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \quad \tau_{m\acute{a}x} = \frac{p \cdot r}{4 \cdot t}$$

Esfuerzos en la superficie interior

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \quad \sigma_3 = -p$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{p}{2} \left( \frac{r}{2 \cdot t} + 1 \right)$$

$p$  = presión (Pa)

$r$  = radio de la esfera (m)

$t$  = espesor de la esfera (m)

$\sigma_1$  = esfuerzo principal 1 (Pa)

$\sigma_2$  = esfuerzo principal 2 (Pa)

$\sigma_3$  = esfuerzo principal 3 (Pa)

$\tau_{m\acute{a}x}$  = esfuerzo cortante máximo (Pa)

#### Recipientes cilíndricos a presión

Esfuerzos en la superficie exterior

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \quad \tau_{m\acute{a}x} = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t}$$

Esfuerzo en la superficie interior

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot r}{t} \quad \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2 \cdot t} \quad \sigma_3 = -p$$

$p$  = presión (Pa)

$r$  = radio del cilindro (m)

$t$  = espesor del cilindro (m)

$\sigma_1$  = esfuerzo principal 1 o circunferencial (Pa)

$\sigma_2$  = esfuerzo principal 2 o longitudinal (Pa)

$\tau_{m\acute{a}x}$  = esfuerzo cortante máximo (Pa)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Frenos de banda**

$$\rho_{m\acute{a}x} = \frac{2 \cdot P_1}{b \cdot D}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{f \cdot \theta}$$

$$T = (P_1 - P_2) \cdot \frac{D}{2}$$

$\rho_{m\acute{a}x}$  = presión máxima (Pa)

$b$  = ancho de la banda (m)

$P_1$  = fuerza de tensión en la banda o tensión máxima en la banda (N)

$D$  = diámetro del tambor (m)

$P_2$  = fuerza floja en la banda o tensión mínima en la banda (N)

$\theta$  = ángulo de contacto entre la banda y el tambor (rad)

$f$  = coeficiente de fricción

$T$  = capacidad de frenado o par torsional neto sobre el tambor (N·m)

**Soldadura**

$$\tau = \frac{F}{H \cdot L}$$

$\tau$  = esfuerzo cortante promedio (Pa)

$H$  = garganta de la soldadura (m)

$L$  = longitud de la soldadura (m)

$F$  = fuerza aplicada (N)

**Parámetros para el cálculo del consumo de material de aporte, electrodo revestido**

| Clasificación AWS     | Dimensiones (mm) |       | Kilogramos metal depositado por kilogramo de electrodo | Volumen (cm <sup>3</sup> ) depositado por kilogramo de electrodo |
|-----------------------|------------------|-------|--|--|
|                       | Diámetro         | Largo |  |  |
| E 6013                | 3.25             | 350   | 0.60   | 107  |
|                       | 4.00             | 350   | 0.59   | 111  |
| E 7015                | 3.25             | 350   | 0.66   | 107  |
|                       | 4.00             | 450   | 0.64   | 111  |
| E 7018                | 3.25             | 450   | 0.67   | 107  |
|                       | 4.00             | 450   | 0.68   | 111  |
| E FeMn-B              | 3.25             | 450   | 0.62   | 85   |
|                       | 4.00             | 450   | 0.62   | 86   |
| E FeMn-A              | 3.25             | 450   | 0.56   | 86   |
|                       | 4.00             | 460   | 0.57   | 86   |
| E 307-16              | 3.25             | 300   | 0.64   | 84   |
|                       | 4.00             | 350   | 0.65   | 84   |
| E FeCr-A <sub>1</sub> | 3.25             | 350   | 0.65   | 86   |
|                       | 4.00             | 350   | 0.66   | 86   |

**Resortes helicoidales a tensión y compresión**

$$k = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N_a}$$

$$D = D_{ext} - (2 \cdot d)$$

$$F_s = k \cdot y_s$$

$$y_s = L_0 - L_s$$

$$L_s = d \cdot N_t$$

$$C = \frac{D_o}{d}$$

$$k = \frac{F}{y}$$

$k$  = constante de rigidez del resorte (N/m)

$d$  = diámetro del alambre (m)

$D$  = diámetro medio del resorte (m)

$N_a$  = número de espiras activas

$G$  = módulo de corte o de rigidez (Pa)

$D_{ext}$  = diámetro exterior del resorte (m)

$F_s$  = fuerza para comprimir el resorte a su longitud cerrada (N)

$y_s$  = deformación sólida (m)

$L_0$  = longitud libre (m)

$L_s$  = longitud cerrada (m)

$N_t$  = número de espiras totales

$C$  = índice del resorte

$y$  = deflexión (m)

$F$  = carga axial (N)

$\tau_{m\acute{a}x}$  = esfuerzo cortante máximo (Pa)

$D_o$  = diámetro de espira (m)

**Vibraciones**

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$c_{cr} = 2 \cdot \sqrt{km}$$

Resortes en paralelo

$$k_{eq} = \sum_{i=1}^n k_i$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\zeta = \frac{c}{c_{cr}}$$

Resortes en serie

$$k_{eq} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}}$$

$\omega_n$  = frecuencia natural (Hz)

$k$  = rigidez del resorte (N/m)

$m$  = masa (kg)

$T$  = periodo (s)

$c_{cr}$  = amortiguamiento crítico (N·s/m)

$\zeta$  = factor de amortiguamiento

$k_{eq}$  = rigidez equivalente (N/m)

**Tabla de propiedades mecánicas de los aceros**

| Nomenclatura |      | Esfuerzo a la cedencia |                    | Esfuerzo último a la tensión |                    |
|--------------|------|------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
|              |      | $(F_y)$                |                    | $(F_u)$                      |                    |
| NMX          | ASTM | MPa                    | kg/cm <sup>2</sup> | MPa                          | kg/cm <sup>2</sup> |
| B-254        | A36  | 250                    | 2 530              | 400 a 550                    | 4 080 a 5 620      |
| B-99         | A529 | 290                    | 2 950              | 414 a 585                    | 4 220 a 5 975      |
| B-282        | A242 | 290                    | 2 950              | 435                          | 4 430              |
|              |      | 320                    | 3 235              | 460                          | 4 710              |
|              |      | 345                    | 3 515              | 485                          | 4 920              |
| B-284        | A572 | 290                    | 2 950              | 414                          | 4 220              |
|              |      | 345                    | 3 515              | 450                          | 4 570              |
|              |      | 414                    | 4 220              | 515                          | 5 270              |
|              |      | 450                    | 4 570              | 550                          | 5 620              |
|              |      |                        |                    | 450 a 620                    | 4 570 a 6 330      |
| B-177        | A53  | 240                    | 2 460              | 414                          | 4 220              |
| B-199        | A500 | 320                    | 3 235              | 430                          | 4 360              |
| B-200        | A501 | 250                    | 2 530              | 400                          | 4 080              |
|              | A588 | 345                    | 3 515              | 483                          | 4 920              |
|              | A913 | 345 a 483              | 3 515 a 4 920      | 448 a 620                    | 4 570 a 6 330      |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Número SAE/AISI | Estado                               | Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación permanente) |      | Resistencia última a la tensión |      | Elongación en 2 in | Dureza Brinell |
|-----------------|--------------------------------------|--|------|---------------------------------|------|--------------------|----------------|
|                 |                                      | kpsi   | MPa  | ksi                             | MPa  | %                  |                |
| 1010            | Laminado en caliente                 | 26   | 180  | 47                              | 324  | 28                 | 95             |
|                 | Laminado en frío                     | 44   | 303  | 53                              | 365  | 20                 | 105            |
| 1020            | Laminado en caliente                 | 30   | 207  | 55                              | 379  | 25                 | 111            |
|                 | Laminado en frío                     | 51   | 352  | 61                              | 421  | 15                 | 121            |
| 1030            | Laminado en caliente                 | 37.5   | 259  | 68                              | 469  | 20                 | 137            |
|                 | Laminado en frío                     | 64   | 442  | 76                              | 524  | 12                 | 149            |
| 1035            | Laminado en caliente                 | 39.5   | 273  | 72                              | 496  | 18                 | 143            |
|                 | Laminado en frío                     | 67   | 462  | 80                              | 551  | 12                 | 163            |
| 1040            | Laminado en caliente                 | 42   | 290  | 76                              | 524  | 18                 | 149            |
|                 | Laminado en frío                     | 71   | 490  | 85                              | 586  | 12                 | 170            |
| 1045            | Laminado en caliente                 | 45   | 310  | 82                              | 565  | 16                 | 163            |
|                 | Laminado en frío                     | 77   | 531  | 91                              | 627  | 12                 | 179            |
| 1050            | Laminado en caliente                 | 49.5   | 341  | 90                              | 620  | 15                 | 179            |
|                 | Laminado en frío                     | 84   | 579  | 100                             | 690  | 10                 | 197            |
| 1060            | Laminado en caliente                 | 70   | 485  | 118                             | 815  | 17                 | 241            |
|                 | Normalizado a 900°C (1650°F)         | 61   | 420  | 113                             | 775  | 18                 | 229            |
| 1095            | Laminado en caliente                 | 83   | 570  | 140                             | 965  | 9                  | 293            |
|                 | Normalizado a 900°C (1650°F)         | 73   | 505  | 147                             | 1015 | 9.5                | 293            |
| 1340            | Recocido                             | 63   | 435  | 102                             | 705  | 25.5               | 207            |
|                 | Templado y revenido a 650°C (1200°F) | 90   | 621  | 116                             | 800  | 22                 | 252            |
| 4027            | Recocido                             | 47   | 324  | 75                              | 517  | 30                 | 150            |
|                 | Templado y revenido                  | 113  | 779  | 132                             | 910  | 12                 | 264            |
| 4130            | Recocido a 865°C (1585°F)            | 52   | 360  | 81                              | 560  | 28.2               | 156            |
|                 | Normalizado a 1 650 °F               | 63   | 435  | 97                              | 670  | 25.5               | 197            |
|                 | Templado y revenido a 650°C(1200°F)  | 120  | 830  | 140                             | 965  | 22                 | 270            |
|                 | Templado y revenido a 425°C (800 °F) | 170  | 1170 | 200                             | 1380 | 16.5               | 375            |
|                 | Templado y revenido a 205°C (400 °F) | 220  | 1520 | 256                             | 1765 | 10                 | 475            |
| 4140            | Recocido a 815°C (1500° F)           | 61   | 420  | 95                              | 655  | 25.7               | 197            |
|                 | Normalizado 870°C (1600° F)          | 95   | 655  | 148                             | 1020 | 17.7               | 302            |
| 6150            | Recocido                             | 60   | 415  | 97                              | 665  | 23                 | 197            |
|                 | Templado y revenido a 650°C (1200°F) | 122  | 841  | 137                             | 945  | 17                 | 282            |

SAE HANDBOOK; VOLUMEN 1: PROPIEDADES Y SELECCIÓN, 4: TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Índices de tolerancias en ( $\mu\text{m}$ )**

| <b>Medidas nominales (en mm)</b> | <b>IT01</b> | <b>IT0</b> | <b>IT1</b> | <b>IT2</b> | <b>IT3</b> | <b>IT4</b> | <b>IT5</b> | <b>IT6</b> | <b>IT7</b> | <b>IT8</b> | <b>IT9</b> | <b>IT10</b> | <b>IT11</b> | <b>IT12</b> | <b>IT13</b> |
|----------------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 a 3                            | 0.3         | 0.5        | 0.8        | 1.2        | 2          | 3          | 4          | 6          | 10         | 14         | 25         | 40          | 60          | 100         | 140         |
| 3 a 6                            | 0.4         | 0.6        | 1          | 1.5        | 2.5        | 4          | 5          | 8          | 12         | 18         | 30         | 48          | 75          | 120         | 180         |
| 6 a 10                           | 0.4         | 0.6        | 1          | 1.5        | 2.5        | 4          | 6          | 9          | 15         | 22         | 36         | 58          | 90          | 150         | 220         |
| 10 a 18                          | 0.5         | 0.8        | 1.2        | 2          | 3          | 5          | 8          | 11         | 18         | 27         | 43         | 70          | 110         | 180         | 270         |
| 18 a 30                          | 0.6         | 1          | 1.5        | 2.5        | 4          | 6          | 9          | 13         | 21         | 33         | 52         | 84          | 130         | 210         | 330         |
| 30 a 50                          | 0.6         | 1          | 0.8        | 2.5        | 4          | 7          | 11         | 16         | 25         | 39         | 62         | 100         | 160         | 250         | 390         |
| 50 a 80                          | 0.8         | 1.2        | 2          | 3          | 5          | 8          | 13         | 19         | 30         | 46         | 74         | 120         | 190         | 300         | 460         |
| 80 a 120                         | 1           | 1.5        | 2.4        | 4          | 6          | 10         | 15         | 22         | 35         | 54         | 87         | 140         | 220         | 350         | 540         |
| 120 a 180                        | 1.2         | 2          | 3.5        | 5          | 8          | 12         | 18         | 25         | 40         | 63         | 100        | 160         | 250         | 400         | 630         |
| 180 a 250                        | 2           | 3          | 4.5        | 7          | 10         | 14         | 20         | 29         | 46         | 72         | 115        | 185         | 290         | 460         | 720         |
| 250 a 315                        | 2.5         | 4          | 6          | 8          | 12         | 16         | 23         | 32         | 52         | 81         | 130        | 210         | 320         | 520         | 810         |
| 315 a 400                        | 3           | 5          | 7          | 9          | 13         | 18         | 25         | 36         | 57         | 89         | 150        | 230         | 360         | 570         | 890         |
| 400 a 500                        | 4           | 6          | 8          | 10         | 15         | 20         | 27         | 40         | 63         | 97         | 155        | 250         | 400         | 630         | 970         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Ajustes base agujero en ( $\mu\text{m}$ )**

| Diámetros en (mm) | H7       | s6           | r6           | n6         | k6        | j6         | h6       | g6         | f7          |
|-------------------|----------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|----------|------------|-------------|
| d ≤ 3             | +10<br>0 | +20<br>+14   | +16<br>+10   | +10<br>+4  | +6<br>0   | +4<br>-2   | 0<br>-6  | -2<br>-8   | -6<br>-16   |
| 3 < d ≤ 6         | +12<br>0 | +27<br>+19   | +23<br>+15   | +16<br>+8  | +9<br>+1  | +6<br>-2   | 0<br>-8  | -4<br>-12  | -10<br>-22  |
| 6 < d ≤ 10        | +15<br>0 | +32<br>+23   | +28<br>+19   | +19<br>+10 | +10<br>+1 | +7<br>-2   | 0<br>-9  | -5<br>-14  | -13<br>-28  |
| 10 < d ≤ 14       | +18<br>0 | +39<br>+28   | +34<br>+23   | +23<br>+12 | +12<br>+1 | +8<br>-3   | 0<br>-11 | -6<br>-17  | -16<br>-34  |
| 14 < d ≤ 18       |          |              |              |            |           |            |          |            |             |
| 18 < d ≤ 24       | +21<br>0 | +48<br>+35   | +41<br>+28   | +28<br>+15 | +15<br>+2 | +9<br>-4   | 0<br>-13 | -7<br>-20  | -20<br>-41  |
| 24 < d ≤ 30       |          |              |              |            |           |            |          |            |             |
| 30 < d ≤ 40       | +25<br>0 | +59<br>+43   | +50<br>+34   | +33<br>+17 | +18<br>+2 | +11<br>-5  | 0<br>-16 | -9<br>-25  | -25<br>-50  |
| 40 < d ≤ 50       |          |              |              |            |           |            |          |            |             |
| 50 < d ≤ 65       | +30<br>0 | +72<br>+53   | +60<br>+41   | +39<br>+20 | +21<br>+2 | +12<br>-7  | 0<br>-19 | +10<br>-29 | -30<br>-60  |
| 65 < d ≤ 80       |          | +78<br>+59   | +62<br>+43   |            |           |            |          |            |             |
| 80 < d ≤ 100      | +35<br>0 | +91<br>+71   | +73<br>+51   | +45<br>+23 | +25<br>+3 | +13<br>-9  | 0<br>-22 | +12<br>-34 | -36<br>-71  |
| 100 < d ≤ 120     |          | +101<br>+79  | +76<br>+54   |            |           |            |          |            |             |
| 120 < d ≤ 140     |          | +117<br>+92  | +88<br>+63   |            |           |            |          |            |             |
| 140 < d ≤ 160     | +40<br>0 | +125<br>+100 | +90<br>+65   | +52<br>+27 | +28<br>+3 | +14<br>-11 | 0<br>-25 | +14<br>-39 | -43<br>-83  |
| 160 < d ≤ 180     |          | +133<br>+108 | +93<br>+68   |            |           |            |          |            |             |
| 180 < d ≤ 200     |          | +151<br>+122 | +106<br>+77  |            |           |            |          |            |             |
| 200 < d ≤ 225     | +46<br>0 | +159<br>+130 | +109<br>+80  | +60<br>+31 | +33<br>+4 | +16<br>-13 | 0<br>-29 | -15<br>-44 | -50<br>-96  |
| 225 < d ≤ 250     |          | +169<br>+140 | +113<br>+84  |            |           |            |          |            |             |
| 250 < d ≤ 280     | +52<br>0 | +190<br>+158 | +126<br>+94  | +66<br>+34 | +36<br>+4 | +19<br>-16 | 0<br>-32 | -17<br>-49 | -56<br>-108 |
| 280 < d ≤ 315     |          | +202<br>+170 | +130<br>+98  |            |           |            |          |            |             |
| 315 < d ≤ 355     | +57<br>0 | +226<br>+190 | +144<br>+108 | +73<br>+37 | +40<br>+4 | +18<br>-18 | 0<br>-36 | -18<br>-54 | -62<br>-119 |
| 355 < d ≤ 400     |          | +244<br>+208 | +150<br>+114 |            |           |            |          |            |             |
| 400 < d ≤ 450     | +63<br>0 | +272<br>+232 | +166<br>+126 | +80<br>+40 | +45<br>+5 | +20<br>-20 | 0<br>-40 | -20<br>-60 | -68<br>-131 |
| 450 < d ≤ 500     |          | +292<br>+252 | +172<br>+132 |            |           |            |          |            |             |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Ajustes base flecha en ( $\mu\text{m}$ )**

| <b>Diámetros en (mm)</b> | <b>h6</b> | <b>G7</b> | <b>F8</b> | <b>h9</b> | <b>F8</b> | <b>E9</b> | <b>D10</b> | <b>C11</b> | <b>h11</b> | <b>A11</b> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| $d \leq 3$               | 0         | +12       | +20       | 0         | +20       | +39       | +60        | +120       | 0          | +330       |
|                          | -6        | +2        | +6        | -25       | +6        | +14       | +20        | +60        | -60        | +270       |
| $3 < d \leq 6$           | 0         | +16       | +28       | 0         | +28       | +50       | +78        | +145       | 0          | +345       |
|                          | -8        | +4        | +10       | -30       | +10       | +20       | +30        | +70        | -75        | +270       |
| $6 < d \leq 10$          | 0         | +20       | +35       | 0         | +35       | +61       | +98        | +170       | 0          | +370       |
|                          | -9        | +5        | +13       | -36       | +13       | +25       | +40        | +80        | -90        | +280       |
| $10 < d \leq 14$         | 0         | +24       | +43       | 0         | +43       | +75       | +120       | +205       | 0          | +400       |
| $14 < d \leq 18$         | -11       | +6        | +16       | -43       | +16       | +32       | +50        | +95        | -110       | +290       |
| $18 < d \leq 24$         | 0         | +28       | +53       | 0         | +53       | +92       | +149       | +240       | 0          | +430       |
| $24 < d \leq 30$         | -13       | +7        | +20       | -52       | +20       | +40       | +65        | +110       | -130       | +300       |
| $30 < d \leq 40$         | 0         | +34       | +64       | 0         | +64       | +112      | +180       | +280       | 0          | +470       |
|                          | -16       | +9        | +25       | -62       | +25       | +50       | +80        | +120       | -160       | +310       |
| $40 < d \leq 50$         |           |           |           |           |           |           |            | +290       |            | +480       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +130       |            | +320       |
| $50 < d \leq 65$         | 0         | +40       | +76       | 0         | +76       | +134      | +220       | +330       | 0          | +530       |
|                          | -19       | +10       | +30       | -74       | +30       | +60       | +100       | +140       | -190       | +340       |
| $65 < d \leq 80$         |           |           |           |           |           |           |            | +340       |            | +550       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +150       |            | +360       |
| $80 < d \leq 100$        | 0         | +47       | +90       | 0         | +90       | +159      | +260       | +390       | 0          | +600       |
|                          | -22       | +12       | +36       | -87       | +36       | +72       | +120       | +170       | -220       | +380       |
| $100 < d \leq 120$       |           |           |           |           |           |           |            | +400       |            | +630       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +180       |            | +410       |
| $120 < d \leq 140$       |           |           |           |           |           |           |            | +450       |            | +719       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +200       |            | +460       |
| $140 < d \leq 160$       | 0         | +54       | +106      | 0         | +106      | +185      | +305       | +460       | 0          | +770       |
|                          | -25       | +14       | +43       | -100      | +43       | +85       | +145       | +210       | -250       | +520       |
| $160 < d \leq 180$       |           |           |           |           |           |           |            | +480       |            | +830       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +430       |            | +580       |
| $180 < d \leq 200$       |           |           |           |           |           |           |            | +530       |            | +950       |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +240       |            | +660       |
| $200 < d \leq 225$       | 0         | +61       | +122      | 0         | +122      | +215      | +355       | +550       | 0          | +1110      |
|                          | -29       | +15       | +50       | -115      | +50       | +100      | +170       | +260       | -290       | +740       |
| $225 < d \leq 250$       |           |           |           |           |           |           |            | +570       |            | +1110      |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +280       |            | +820       |
| $250 < d \leq 280$       | 0         | +69       | +137      | 0         | +137      | +240      | +400       | +620       | 0          | +1240      |
|                          | -32       | +17       | +56       | -130      | +56       | +110      | +190       | +300       | -320       | +920       |
| $280 < d \leq 315$       |           |           |           |           |           |           |            | +650       |            | +1370      |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +330       |            | +1050      |
| $315 < d \leq 355$       | 0         | +75       | +151      | 0         | +151      | +265      | +440       | +720       | 0          | +1560      |
|                          | -36       | +18       | +62       | -140      | +62       | +125      | +210       | +360       | -360       | +1200      |
| $355 < d \leq 400$       |           |           |           |           |           |           |            | +760       |            | +1710      |
|                          |           |           |           |           |           |           |            | +400       |            | +1350      |

## Procesos de producción

### Procesos de manufactura

#### Comportamiento mecánico

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad e = \frac{l_f - l_0}{l_0}$$

$$\sigma_r = \frac{F}{A} \quad \varepsilon_r = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$$

$\sigma$  = esfuerzo ingenieril o unitario (Pa)  
 $F$  = fuerza (N)  
 $A_0$  = área de sección transversal ( $m^2$ )  
 $e$  = deformación ingenieril o unitaria (m/m)  
 $l_f$  = longitud final (m)  
 $l$  = longitud instantánea (m)  
 $l_0$  = longitud inicial (m)  
 $\sigma_r$  = esfuerzo real (Pa)  
 $A$  = área de sección transversal instantánea ( $m^2$ )  
 $\varepsilon_r$  = deformación real longitudinal (m/m)

#### Comportamiento mecánico en la zona plástica

$$\sigma_f = K \cdot \varepsilon_r^n$$

$$\dot{e} = \frac{v}{l_0}$$

$$\dot{\varepsilon}_r = \frac{v}{l}$$

$$\sigma_f = C \cdot \dot{\varepsilon}_r^m$$

$$\sigma' = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_f$$

$\sigma_f$  = esfuerzo de fluencia (Pa)  
 $K$  = coeficiente de resistencia (Pa)  
 $n$  = exponente de endurecimiento por deformación  
 $\varepsilon_r$  = deformación real longitudinal (m/m)  
 $\dot{e}$  = velocidad de deformación ingenieril ( $s^{-1}$ )  
 $v$  = rapidez de deformación (m/s)  
 $l_0$  = longitud inicial (m)  
 $\dot{\varepsilon}_r$  = velocidad de deformación real ( $s^{-1}$ )  
 $l$  = longitud instantánea (m)  
 $C$  = coeficiente de resistencia (Pa·s)  
 $m$  = exponente de sensibilidad a la velocidad de deformación  
 $Y$  = esfuerzo de fluencia (Pa)  
 $\sigma'$  = esfuerzo de fluencia en deformación plana (Pa)

#### Procesos de deformación masiva o volumétrica

##### Forja

Para pieza rectangular:

$$P_{prom} \approx \sigma_f \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot a}{h}\right)$$

Para pieza cilíndrica:

$$P_{prom} = \sigma_f \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \mu \cdot r}{3 \cdot h}\right)$$

$$F = K_p \cdot \sigma_f \cdot A$$

$P_{prom}$  = presión promedio en forja con dado (matriz) abierto (Pa)  
 $\sigma'$  = esfuerzo de fluencia o cedencia en deformación plana (Pa)  
 $\mu$  = coeficiente de fricción  
 $a$  = mitad de la longitud de la pieza (m)  
 $h$  = altura instantánea (m)  
 $Y$  = esfuerzo de fluencia o cedencia (Pa)  
 $r$  = radio (m)  
 $F$  = fuerza de forja con dado (matriz) de impresión (N)  
 $K_p$  = factor de incremento de presión:
 

- 3 – 5 para formas simples sin rebaba
- 5 – 8 para formas simples con rebaba
- 8 – 12 para formas complejas con reborde

 $\sigma_f$  = esfuerzo de fluencia (Pa)  
 $A$  = área proyectada ( $m^2$ )

### Laminación

Para condiciones de baja

fricción:

$$F = L \cdot w \cdot \bar{\sigma}$$

Para condiciones de alta

fricción:

$$F = L \cdot w \cdot \bar{\sigma} \cdot \left( 1 + \frac{\mu \cdot L}{2h_{prom}} \right)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \bar{\sigma}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{K \cdot \varepsilon_r^n}{n+1}$$

$$L = \sqrt{R \cdot \Delta h}$$

$$P_{rod} = \frac{\pi \cdot F \cdot L \cdot N}{30\,000} \text{ [kW]}$$

$$P_{rod} = \frac{\pi \cdot F \cdot L \cdot N}{16\,500} \text{ [HP]}$$

$$R' = R \cdot \left( 1 + \frac{C \cdot F'}{h_0 - h_f} \right)$$

$F$  = fuerza de rodillos (N)

$L$  = longitud de contacto (m)

$w$  = ancho del área de contacto (m)

$\bar{\sigma}$  = esfuerzo de fluencia promedio en deformación plana (Pa)

$\mu$  = coeficiente de fricción

$h_{prom}$  = altura promedio (m)

$\bar{\sigma}$  = esfuerzo de fluencia promedio (Pa)

$\varepsilon_r$  = deformación real longitudinal (mm/mm)

$\Delta h$  = diferencia entre espesores (m)

$n$  = exponente de endurecimiento por deformación

$K$  = constante de resistencia (Pa)

$P_{rod}$  = potencia por rodillo (kW, HP)

$R$  = radio del rodillo (m)

$R'$  = radio del rodillo distorsionado (m)

$C$  = constante para rodillos:

de acero  $2.3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$  ( $1.6 \times 10^{-7} \text{ in}^2/\text{lb}$ ).

de hierro colado  $4.57 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$

( $3.15 \times 10^{-7} \text{ in}^2/\text{lb}$ )

$F'$  = fuerza de rodillo por unidad de ancho de tira, N/m (lb/in)

$h_0$  = espesor inicial (m)

$h_f$  = espesor final (m)

$N$  = velocidad de rotación (rev/min)

### Extrusión

$$R = \frac{A_0}{A_f}$$

Para condiciones sin fricción:

$$P = \sigma \cdot \ln(R)$$

Para condiciones con fricción:

$$P = \sigma \cdot \left( 1 + \frac{\tan(\alpha)}{\mu} \right) \cdot [R^{\mu \cdot \cot(\alpha)} - 1]$$

$R$  = relación de extrusión

$A_0$  = área inicial (m<sup>2</sup>)

$A_f$  = área final (m<sup>2</sup>)

$P$  = presión (Pa)

$\sigma$  = esfuerzo de fluencia o cedencia (Pa)

$\mu$  = coeficiente de fricción

$\alpha$  = ángulo de entrada al dado (°)

### Trefilado

Para condiciones sin fricción:

$$\sigma_d = \sigma \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right)$$

Para condiciones de fricción:

$$\sigma_d = \sigma \cdot \left( 1 + \frac{\tan(\alpha)}{\mu} \right) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{A_f}{A_0} \right)^{\mu \cdot \cot(\alpha)} \right]$$

$$P = \sigma_f - \sigma$$

$\sigma_d$  = esfuerzo de trefilado (Pa)

$\sigma$  = esfuerzo de fluencia o cedencia (Pa)

$A_0$  = área inicial (m<sup>2</sup>)

$A_f$  = área final (m<sup>2</sup>)

$A$  = área (m<sup>2</sup>)

$\mu$  = coeficiente de fricción

$\alpha$  = ángulo de entrada al dado (°)

$P$  = presión en el dado (Pa)

$\sigma_f$  = esfuerzo de flujo (Pa)

$\sigma$  = esfuerzo de tensión (Pa)

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Troquelado**

$$F_t = A \cdot K_s$$

$F_t$  = fuerza necesaria de recorte o perforación (N)  
 $A$  = área de corte (m<sup>2</sup>)  
 $K_s$  = resistencia al corte del material en (Pa)

**Punzonado**

$$F = 0.7 \cdot T \cdot L \cdot \sigma_{m\acute{a}x}$$

$F$  = fuerza de punzonado (N)  
 $L$  = longitud total cizallada (perímetro del orificio) (m)  
 $T$  = espesor de la hoja (m)  
 $\sigma_{m\acute{a}x}$  = resistencia a la tensión última (Pa)

**Cizallado**

$$F = \frac{t^2 \cdot K_s}{2 \cdot \tan(\alpha)}$$

$F$  = fuerza de cizallado (kgf)  
 $t$  = espesor de la lámina (mm)  
 $K_s$  = resistencia al corte del material (kgf/mm<sup>2</sup>)  
 $\alpha$  = ángulo de cizallado (rad)

**Rolado**

$$F = \frac{Z \cdot R \cdot U}{r}$$

$F$  = fuerza de rolado sobre el rodillo superior (N)  
 $R$  = resistencia de ruptura a tensión del metal (N/m<sup>2</sup>)  
 $Z$  = módulo de sección de la placa (m<sup>3</sup>)  
 $U$  = relación correspondiente a un valor del ángulo  $\alpha$  de 0° a 90°  
 $r$  = radio del rodillo superior (m)

**Doblado**

$$L_b = \alpha \cdot (R + k \cdot t)$$

$L_b$  = longitud del eje neutro en el área de doblado (m)  
 $R$  = radio de doblado (m)  
 $\alpha$  = ángulo de doblado (rad)  
 $k$  = constante:  
 ·  $k = 0.33$  si  $R < 2t$   
 ·  $k = 0.5$  si  $R > 2t$   
 $t$  = espesor de la lámina

**Procesos de máquinas-herramientas**

**Velocidad de corte**

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D}$$

$N$  = velocidad de giro (rpm)  
 $V_c$  = velocidad de corte (m/min)  
 $D$  = diámetro de la pieza (mm)

**Torneado**

$$MRR = v \cdot f \cdot d = \pi \cdot D_{prom} \cdot d \cdot f \cdot N$$

$$D_{prom} = \frac{D_0 + D_f}{2}$$

$$t = \frac{l}{f \cdot N}$$

$$N = \frac{v}{\pi \cdot D_0}$$

$MRR$  = rapidez de remoción de material (mm<sup>3</sup>/min)  
 $v$  = velocidad de corte (mm/min)  
 $D_{prom}$  = diámetro promedio (mm)  
 $d$  = profundidad de corte (mm)  
 $f$  = avance (mm/rev)  
 $N$  = velocidad de giro (rpm)  
 $D_0$  = diámetro inicial (mm)  
 $D_f$  = diámetro final (mm)  
 $t$  = tiempo de corte (min)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Potencia para corte en torno

$$P = k_s V f D$$

$l$  = longitud del corte (mm)

$P$  = potencia (W)

$k_s$  = presión de corte (N/m<sup>2</sup>)

$V$  = velocidad de corte (m/s)

$f$  = avance (m/rev)

$D$  = profundidad de corte (m)

**Fresado**

$$MRR = \frac{l \cdot w \cdot d}{t} = w \cdot d \cdot v$$

$$V = \pi \cdot D \cdot N$$

$$f = \frac{V}{N \cdot n}$$

$$t = \frac{l + l_c}{v}$$

$w$  = ancho de corte (mm)

$t$  = tiempo de corte (mm)

$D$  = diámetro de la herramienta (mm)

$d$  = profundidad de corte (mm)

$V$  = velocidad de corte (m/min)

$v$  = velocidad de avance (m/min)

$N$  = velocidad de giro (rpm)

$f$  = avance (mm/rev)

$n$  = número de dientes sobre la periferia del cortador

$l$  = longitud de la pieza (mm)

$l_c$  = extensión del primer contacto de la pieza con el cortador (mm)

**Taladrado**

$$MRR = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot f \cdot N}{4}$$

$$t = \frac{d + A}{f \cdot N}$$

$$A = 0.5 \cdot D \cdot \tan\left(90 - \frac{\theta}{2}\right)$$

$D$  = diámetro de la broca (mm)

$f$  = avance (mm/rev)

$N$  = velocidad de giro (rpm)

$t$  = tiempo de corte (min)

$d$  = profundidad de corte (mm)

$A$  = tolerancia de aproximación (mm)

$\theta$  = ángulo de la punta de la broca (°)

**Cepillado**

$$G = \frac{7 \cdot V}{L}$$

$G$  = golpes por minuto

$V$  = velocidad de corte (in/min)

$L$  = longitud de la pieza (in)

**Tabla de golpes por minuto para cepillo**

| Material                       | Velocidad de corte (m/min) | Avance por viaje (m) | Velocidad de corte (in/min) | Avance por viaje (in) |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Hierro fundido                 | 60                         | 0.000762             | 2 362                       | 0.030                 |
| Acero para maquinaria          | 70                         | 0.000508             | 2 756                       | 0.020                 |
| Acero tratado para herramienta | 50                         | 0.000381             | 1 969                       | 0.015                 |
| Bronce                         | 100                        | 0.001016             | 3 937                       | 0.040                 |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Resistencia al corte (Ks) para varios metales**

| Metal                         | Resistencia al corte $K_s$ en MPa |         |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------|
|                               | Dulce                             | Duro    |
| <b>Acero de bajo carbono:</b> |                                   |         |
| 0.1%                          | 24                                | 32      |
| 0.2%                          | 30                                | 40      |
| 0.3%                          | 36                                | 48      |
| 0.4%                          | 45                                | 56      |
| 0.6%                          | 55                                | 72      |
| 0.8% endurecido               | 70                                | 90      |
| 0.1% endurecido               | 80                                | 105     |
| <b>Acero inoxidable</b>       | 50                                | 56      |
| <b>Aleación de aluminio:</b>  |                                   |         |
| Al-Cu-Mg                      | 22                                | 38      |
| Al-Mg-Si                      | 20                                | 30      |
| Al-Mg                         | 14                                | 18      |
| <b>Bronce rolando</b>         | 32 – 40                           | 40 – 60 |
| <b>Cobre</b>                  | 18 – 40                           | 20 – 30 |
| <b>Estaño</b>                 | 3                                 | 4       |
| <b>Zinc</b>                   | 12                                | 20      |
| <b>Plomo</b>                  | 2                                 | 3       |

**Tabla de propiedades mecánicas de materiales**

| Material                         | Módulo de elasticidad, tensión $E \times 10^9$ (GPa) | Módulo de elasticidad, cortante $G \times 10^9$ (GPa) | Coefficiente de dilatación lineal por °C, $\alpha \times 10^{-6}$ | Módulo de elasticidad, tensión $E \times 10^6$ (Mlb/in <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad, cortante $G \times 10^6$ (Mlb/in <sup>2</sup> ) | Coefficiente de dilatación térmica $\alpha \times 10^{-6}$ (°F <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|--|---|---|---|--|--|
| Acero, alto contenido de carbono | 200  | 80  | 10.8  | 30  | 12   | 6.0  |
| Latón                            | 100  | 38  | 18.7  | 15  | 6  | 10.4   |
| Bronce                           | 80   | 35  | 18.0  | 15  | 6.5  | 10.0   |
| Cobre extruido                   | 120  | 38  | 16.8  | 17  | 6  | 9.3  |
| Carbón PAN HM                    | 2.25   | 390   | 0.5-0.7   |   |  |  |
| Carbón PAN HT                    | 2.7  | 250   | 1.0-1.5   |   |  |  |
| Hierro fundido                   | 92   | 69  | 15  | 15  | 6  | 5.9  |
| Aluminio 1xxx                    | 70   | 25.5  | 23.1  | 10  | 4  | 13.3   |
| Acero 1018                       | 205  | 77  | 10.8  |   |  |  |
| Diamante                         | 1035   | 478   | 1   |   |  |  |
| Acero                            | 200  | 80  | 11.8  |   |  |  |
| Acero Inoxidable 303             | 0.620  | 193   | 9.3   |   |  |  |
| Acero AISI 1055                  | 210  | 80  | 11.5  |   |  |  |
| Titanio                          | 106  | 44  | 8.6   |   |  |  |
| Acero inoxidable 431             | 853  | 82  | 12.2  |   |  |  |
| Nylamyd M                        | 2.76   | 0.82  | 90  |   |  |  |
| Nylamyd 6/6                      | 2.76   | 0.72  | 95  |   |  |  |

**Materiales recomendados en la fabricación de cojinetes.**

**Deslizamiento sobre acero/hierro fundido**

| Material de cojinete         | Dureza kg/mm <sup>2</sup> | Dureza mínima de la flecha kg/mm <sup>2</sup> | Razón de dureza |
|------------------------------|---------------------------|---|-----------------|
| Babbit sobre base de plomo   | 15-20                     | 150   | 8               |
| Babbit sobre base de estaño  | 20-30                     | 150   | 6               |
| Plomo endurecido con álcalis | 22-26                     | 200-250                                       | 9               |
| Cobre-plomo                  | 20-23                     | 300   | 14              |
| Plata (electrodepositada)    | 25-5                      | 300   | 8               |
| Base de cadmio               | 30-50                     | 200-250                                       | 6               |
| Aleación de aluminio         | 45-50                     | 300   | 6               |
| Bronce con plomo             | 40-80                     | 300   | 5               |
| Bronce al estaño             | 60-80                     | 300-400                                       | 5               |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Recomendaciones generales para operaciones de torneado**

| Materiales de la pieza de trabajo                   | Herramienta de corte                       | Condiciones iniciales de propósito general |                         |                                    | Intervalo para rectificado y acabado |                           |                                    |
|---|--|--|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
|   |  | Profundidad de corte, mm (in)              | Avance, mm/rev (in/rev) | Velocidad de corte, m/min (ft/min) | Profundidad de corte, mm (in)        | Avance, mm/rev (in/rev)   | Velocidad de corte, m/min (ft/min) |
| <b>Acabado de bajo carbono y de libre maquinado</b> | Carburo sin recubrimiento                  | 1.5-6.3<br>(0.06-0.25)                     | 0.35<br>(0.014)         | 90<br>(300)                        | 0.05-7.6<br>(0.02-0.30)              | 0.15-1.1<br>(0.006-0.045) | 60-135<br>(200-450)                |
|   | Carburo con recubrimiento de cerámico      | *  | *                       | 245-275<br>(800-900)               | *                                    | *                         | 120-425<br>(400-1400)              |
|   | Carburo con triple recubrimiento           | *  | *                       | 185-200<br>(350-500)               | *                                    | *                         | 90-245<br>(300-800)                |
|   | Carburo con recubrimiento de TiN           | *  | *                       | 105-150<br>(350-500)               | *                                    | *                         | 60-230<br>(200-750)                |
|   | Cerámico de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | *  | 0.25<br>(0.010)         | 395-440<br>(1300-1450)             | *                                    | *                         | 365-550<br>(1200-1800)             |
|   | Cermet                                     | *  | 0.30<br>(0.012)         | 215-290<br>(700-950)               | *                                    | *                         | 105-455<br>(350-1500)              |
| <b>Aceros de medio y alto carbono</b>               | Carburo sin recubrimiento                  | 1.2-4.0<br>(0.05-0.20)                     | 0.30<br>0.012           | 75<br>(250)                        | 2.5-7.6<br>(0.10-0.30)               | 0.15-0.75<br>(0.006-0.03) | 45-120<br>(150-400)                |
|   | Carburo con recubrimiento de cerámico      | *  | *                       | *                                  | *                                    | *                         | 120-410<br>(400-1350)              |
|   | Carburo con triple recubrimiento           | *  | *                       | *                                  | *                                    | *                         | 75-215<br>(250-700)                |
|   | Carburo con recubrimiento de TiN           | *  | *                       | *                                  | *                                    | *                         | 45-215<br>(150-700)                |
|   | Cerámico de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | *  | 0.25<br>(0.010)         | 335<br>(1100)                      | *                                    | *                         | 245-455<br>(800-1500)              |
|   | Cermet                                     | *  | 0.25<br>(0.010)         | 170-245<br>(550-800)               | *                                    | *                         | 105-305<br>(350-1000)              |
| <b>Fundición de hierro gris</b>                     | Carburo sin recubrimiento                  | 1.25-6.3<br>(0.05-0.25)                    | 0.32<br>(0.013)         | 90<br>(300)                        | 0.4-12.7<br>(0.015-0.5)              | 0.1-0.75<br>(0.004-0.03)  | 75-185<br>(250-600)                |
|   | Carburo con recubrimiento de cerámico      | *  | *                       | 200<br>(650)                       | *                                    | *                         | 60-125<br>(200-700)                |
|   | Carburo con recubrimiento de TiN           | *  | *                       | 90-135<br>(300-450)                | *                                    | *                         | 365-855<br>(1200-2800)             |
|   | Cerámico de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | *  | 0.25<br>(0.010)         | 455-490<br>(1500-1600)             | *                                    | *                         | 365-855<br>(1200-2800)             |
|   | Cerámico de SiN                            | *  | 0.32<br>(0.013)         | 730<br>(2400)                      | *                                    | *                         | 200-990<br>(650-3250)              |

**Velocidades de corte típicas, ángulos de corte y avances recomendados**

| Material                             | Útil | Ángulos de corte |      |      | Desbastado |     |     | Afinado |      |      |
|--------------------------------------|------|------------------|------|------|------------|-----|-----|---------|------|------|
|                                      |      | alfa             | beta | gama | Vc         | s   | a   | Vc      | s    | a    |
| Acero menos de 50 kg/mm <sup>2</sup> | WS   | 8°               | 62°  | 20°  | 14         | 0.5 | 0.5 | 20      | 0.2  | 0.1  |
|                                      | SS   | 6°               | 65°  | 19°  | 22         | 1   | 1   | 30      | 0.5  | 0.1  |
|                                      | HS   | 5°               | 67°  | 18°  | 150        | 2.5 | 2   | 250     | 0.25 | 0.15 |
| Acero 50-70 kg/mm <sup>2</sup>       | WS   | 8°               | 68°  | 14°  | 10         | 0.5 | 0.5 | 15      | 0.2  | 0.1  |
|                                      | SS   | 6°               | 70°  | 14°  | 20         | 1   | 1   | 24      | 0.5  | 0.1  |
|                                      | HS   | 5°               | 71°  | 14°  | 120        | 2.5 | 2   | 200     | 0.25 | 0.15 |
| Acero 70-85 kg/mm <sup>2</sup>       | WS   | 8°               | 74°  | 8°   | 8          | 0.5 | 0.5 | 12      | 0.2  | 0.1  |
|                                      | SS   | 6°               | 72°  | 12°  | 15         | 1   | 1   | 20      | 0.5  | 0.1  |
|                                      | HS   | 5°               | 71°  | 14°  | 80         | 2.5 | 2   | 140     | 0.25 | 0.15 |
| Acero de herramientas                | WS   | 6°               | 81°  | 3°   | 6          | 0.5 | 0.3 | 8       | 0.2  | 0.1  |
|                                      | SS   | 6°               | 82°  | 2°   | 12         | 1   | 0.8 | 16      | 0.5  | 0.1  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Material | Útil | Ángulos de corte |      |      | Desbastado |     |     | Afinado |      |     |
|----------|------|------------------|------|------|------------|-----|-----|---------|------|-----|
|          |      | alfa             | beta | gama | Vc         | s   | a   | Vc      | s    | a   |
| Aluminio | HS   | 5°               | 83°  | 2°   | 30         | 0.6 | 0.5 | 30      | 0.15 | 0.1 |
|          | WS   |                  |      |      |            |     |     |         |      |     |
|          | SS   | 10°              | 65°  | 25°  | 60         | 4   | 3   | 120     | 0.5  | 0.1 |
|          | HS   |                  |      |      |            |     |     |         |      |     |

**Control numérico por computadora**

| Código  | Descripción   |
|---------|---|
| M00     | Paro de programa  |
| M01     | Paro opcional de programa   |
| M02     | Fin de programa   |
| M03     | Encendido del husillo en sentido de las manecillas del reloj (CW)<br>S = velocidad del husillo en rpm   |
| M04     | Encendido del husillo en sentido contrario a las manecillas del reloj (CCW)<br>S = velocidad del husillo en rpm   |
| M05     | Apagado del husillo   |
| M06     | Cambio de herramienta<br>T = número de herramienta  |
| M08     | Encendido del refrigerante  |
| M09     | Apagado del refrigerante  |
| M30     | Fin de programa con cursor al inicio de programa  |
| G00     | Interpolación lineal rápida   |
| G01     | Interpolación lineal a la velocidad programada  |
| G02     | Movimiento circular en el sentido horario   |
| G03     | Movimiento circular en el sentido antihorario   |
| G04     | Compás de espera  |
| G10     | Ajuste del valor de offset del programa   |
| G20     | Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)   |
| G21     | Comienzo de uso de unidades métricas  |
| G28     | Volver al home de la máquina  |
| G32     | Maquinar una rosca en una pasada  |
| G36     | Compensación automática de herramienta en X   |
| G37     | Compensación automática de herramienta en Z   |
| G40     | Cancelación de compensación de diámetro   |
| G41     | Compensación a la izquierda<br>D = número de registro o diámetro del cortador   |
| G42     | Compensación a la derecha<br>D = número de registro o diámetro del cortador   |
| G43     | Compensación de altura<br>H = número de registro  |
| G49     | Cancelación de compensación de altura   |
| G54-G59 | Selección de sistema de coordenadas (punto cero)  |
| G70     | Ciclo de acabado  |
| G71     | Ciclo de maquinado en torneado  |
| G72     | Ciclo de maquinado en refrentado  |
| G73     | Repetición de patrón  |
| G74     | Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas   |
| G76     | Maquinar una rosca en múltiples pasadas   |
| G80     | Cancelación de ciclo de taladrado   |
| G82     | Ciclo de taladrado con pausa<br>X, Y = posición del agujero<br>Z = profundidad del agujero<br>R = plano de retracción<br>P = pausa  |
| G83     | Ciclo de taladrado profundo<br>X, Y = posición del agujero<br>Z = profundidad del agujero<br>R = plano de retracción<br>D = profundidad por picoteo<br>Q = distancia de seguridad |
| G90     | Coordenadas absolutas   |
| G91     | Coordenadas incrementales   |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| <b>Código</b> | <b>Descripción</b>   |
|---------------|--|
| G94           | Velocidad de avance en unidades/minuto (para fresa)                |
| G95           | Velocidad de avance en unidades/revolución (para fresa)            |
| G96           | Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante (para torno) |
| G97           | Fin de desbaste a velocidad tangencial constante (para torno)      |
| G98           | Retorno al plano de acercamiento en ciclos (para fresa)            |
| G99           | Retorno al plano de retracción en ciclos (para fresa)              |
| G98           | Velocidad de avance en unidades/minuto (para torno)                |
| G99           | Velocidad de avance en unidades/revolución (para torno)            |

**Software utilizados en Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica, Electromecánica y afines**

| <b>Nombre</b>              | <b>Descripción</b>   |
|----------------------------|--|
| <b>Actran, SPICE, TINA</b> | Son programas para la simulación de la acústica, vibro acústica, acústica y aerodinámica.  |
| <b>Adams</b>               | Es un software de simulación de la dinámica de mecanismos, sistemas multicuerpo y de análisis de movimiento. Ayuda a estudiar la dinámica de las partes móviles, como las cargas y las fuerzas se distribuyen a lo largo de los sistemas mecánicos, y a mejorar y optimizar el rendimiento de sus productos. Es un programa de análisis cinemático y dinámico para simulación de sistemas mecánicos.   |
| <b>ALGOR</b>               | Conjunto de herramientas para un variado campo de análisis mecánico o estructural, basado en el método del elemento finito (FEA). Se basa en el estudio de esfuerzos y deformaciones, como resultado de la aplicación de cargas estáticas, presiones o desplazamientos conocidos aplicados a la estructura o temperaturas que generaran tensiones térmicas.<br>El extender de vibraciones añade al módulo estático de Algor las posibilidades de análisis de modos propios (frecuencias naturales), análisis transitorio por superposición modal para bajas frecuencias, análisis transitorio por integración directa para altas frecuencias, y el análisis de espectro de respuesta (sísmico) y DDAM para el cálculo de tensiones originado por fuerzas repentinas (terremotos o explosiones, por ejemplo). También se incluyen en el extender el análisis de pandeo para vigas o vigas/placas, análisis modal con fuerzas rigidizadoras, vibración aleatoria (power spectral density) y respuesta en frecuencia para predecir las respuestas ante funciones de onda simples. |
| <b>ANSYS</b>               | Es un procesador de elemento finito para la solución de problemas mecánicos incluye: análisis de estructuras dinámicas y estáticas (ambas para problemas lineales y no-lineales), análisis de transferencia de calor y fluido dinámico, y también problemas de acústicas y de electromagnetismo. Este software es usado también en ingeniería civil y eléctrica, física y química.   |
| <b>AutoCAD</b>             | Es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones, tiene un amplio uso en diseño gráfico y dibujo técnico digital en general.  |
| <b>Autodesk Inventor</b>   | Es un modelador paramétrico; esto es, permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría se actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Se basan en bocetos (dibujos en 2D) y después utilizaría una herramienta del programa para dar altura y volumen.  |
| <b>CATIA</b>               | Es un programa que trata de una solución para la Gestión del Ciclo de vida del Producto (PLM, Product Lifecycle Management), que proporciona un conjunto integrado de aplicaciones de Diseño Asistido por computadora (CAD, Computer Aided Design), Ingeniería Asistida por computadora (CAE, Computer Aided Engineering), Fabricación Asistida por computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing) simulaciones de movimiento y análisis por FEM, para la definición y simulación de productos digitales.   |
| <b>COMSOL</b>              | COMSOL Multiphysics es un paquete de software de análisis y resolución por elementos finitos para varias aplicaciones físicas y de ingeniería, especialmente fenómenos acoplados, o multifísicos. COMSOL Multiphysics también ofrece una amplia y bien gestionada interfaz a MATLAB y sus toolboxes que proporcionan una amplia variedad de posibilidades de programación, preprocesado y posprocesado. También proporciona una interfaz similar a COMSOL Script. Además de las interfaces de usuario convencionales basadas en físicas, COMSOL Multiphysics también permite entrar sistemas acoplados de ecuaciones en derivadas parciales (EDP).   |
| <b>DELMIA</b>              | Es un software de optimización de toma de decisiones que permite, aumentar las cadenas de suministro a nivel mundial mientras aumenta el nivel de calidad, reaccionar inmediatamente ante una interrupción en la cadena de suministro con el fin de cumplir los objetivos de rendimiento, reducir los costos de producción relacionados con los inventarios y la repetición de tareas y crear un nivel superior de productividad y seguridad   |
| <b>EES</b>                 | Engineering Equation Solver (EES) es un paquete de software comercial utilizado para la solución de sistemas de ecuaciones no lineales simultáneas. Proporciona muchas funciones y ecuaciones especializados útiles para la solución de la termodinámica y los problemas de transferencia de calor, por lo que es un programa útil y ampliamente utilizado para los ingenieros mecánicos que trabajan en estos campos. Almacena EES propiedades termodinámicas, lo que elimina la solución de  |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Nombre                             | Descripción   |
|------------------------------------|---|
|                                    | problema iterativo a mano mediante el uso de código que llama propiedades a las propiedades termodinámicas especificados.   |
| <b>HyperMesh</b>                   | Es un programa para los procesos previos de elementos finitos, incluye diversos algoritmos para tetraedro, hexaedro, "flujo de malla", malla de superficie media. Además incluye la capacidad para ver los elementos en una dimensión como objetos 3D, para verificar de forma visual la información de modelado de precisión, que los modelos de elementos finitos sean modelados a la perfección o que "encajen" con una superficie o con un grupo de nodos.  |
| <b>Maple</b>                       | Maple es un programa matemático de propósito general capaz de realizar cálculos simbólicos, algebraicos y de álgebra computacional.   |
| <b>Mathcad</b>                     | Mathcad es un programa algebraico de computadora, distribuido por PTC. En comparación a otros software como Scilab y MATLAB, MathCad es menos poderoso y no permite aprovechar el hardware. Su filosofía es que es un programa más de documentación que de cálculo, aunque también es potente en este ámbito, es muy visual y permite el uso de plantillas de funciones en las que solo es necesario escribir los valores deseados, incluso para graficar funciones.  |
| <b>MATLAB</b>                      | Es un entorno de programación que permite el desarrollo de algoritmos, análisis de datos, visualización, y computación numérica. Se usa en una gran variedad de aplicaciones como pruebas y mediciones, control dinámico y optimización.  |
| <b>NX Nastran o NX UNIGRAPHICS</b> | Software que presenta varios módulos de trabajo como diseño mecánico con su simulación de movimiento y análisis por FEM, diseño de sistemas electromecánicos que incluye la simulación para modos de fallo primarios correspondientes a temperatura, vibración, polvo o humedad. Además proporciona información visual y análisis de alta definición en tecnología 3D (HD3D) para recopilar datos PLM al instante; aplicaciones para diseñar utillajes, moldes, troqueles y accesorios precisos; simulación de mecanizado para programar máquinas-herramienta; gestión de procesos de ingeniería para obtener información sobre ingeniería de productos y procesos integrada a la perfección con CAD, CAM y CAE; simulación multidisciplinar para la preparación de modelos, resolución de problemas y posprocesamiento.  |
| <b>Pro/ENGINEER</b>                | Es un software de diseño paramétrico usado en diseño mecánico, que permite el análisis de esfuerzos y creación de archivos CAM. Permite el modelado de superficies, de sólidos, de montaje, la animación, el intercambio de datos con otros CAD, hacer dibujos y documentación de diseño, cálculo del PLM y administración de la producción.  |
| <b>Simulink</b>                    | Es un entorno de programación visual que funciona sobre el entorno de programación de MATLAB que se usa para la simulación y el diseño basado en modelos de sistemas dinámicos y embebidos.   |
| <b>Solid Edge</b>                  | Es un sistema parametrizado que contiene herramientas para eliminar los errores de diseño y reducir así el tiempo de desarrollo y los costes. Se crean prototipos virtuales en 3D de los productos y se aprovecha el conocimiento con el que se consigue un proceso de ingeniería preciso y sin errores. Puede emplearse para operaciones específicas para el proceso de modelado de la industria de los plásticos, gestión de datos de conjunto desde las primeras fases de planificación del proyecto hasta los ciclos de revisión, fabricación, mantenimiento del proyecto y archivado, verificación visual del movimiento en un ensamble o verificación de interferencias en todo el rango de movimiento. En el diseño de ensamblajes, admite tanto la técnica "top-down" como "bottom-up", permite dividir las tareas de diseño entre los miembros del equipo, presentar los subensamblajes a medida que se terminan y garantizar un producto final homogéneo. Permite la simulación de desplazamientos complejos, detección de interferencias y creación de animaciones de un ensamblaje con facilidad y precisión, además puede realizar análisis con elementos finitos. Puede compartir los datos de diseño y colaborar: SmartView, WebPublisher. |
| <b>SolidWorks</b>                  | Permite el modelado en 3D, la validación (simulación o análisis CAE o FEM), así como administración de datos de los productos o datos de ingeniería, y la documentación de productos, tal como creación de manuales, instructivos y guías, entre otros. Provee herramientas para: Modelar productos de plástico, lámina, estructurales, moldes, componentes mecánicos, tuberías, cableados, manufactura de plásticos, simulación cinemática del funcionamiento y de accionamientos mecánicos obteniendo velocidades, aceleraciones, torques y potencias, por mencionar algunos.   |

**Índice RIME o ICGM**

$$I = M \cdot T$$

$I$  = índice Rime O ICGM

$M$  = código máquina

$T$  = código trabajo

### Calidad

#### Tiempo de ciclo

$$t_c = \frac{t_d}{U_p} \quad U = \frac{P_R}{C_D} \cdot 100$$

$$ET = \frac{\sum_{i=1}^n \text{tiempo de la tarea } i}{\text{tiempo del ciclo}}$$

$t_c$  = tiempo de ciclo  
 $t_d$  = tiempo disponible  
 $U_p$  = unidades por procesar  
 $U$  = porcentaje de utilización  
 $P_R$  = producción real  
 $C_D$  = capacidad diseñada  
 $ET$  = número de estaciones de trabajo

#### Modelo de tamaño del lote económico básico (EOQ)

$$Q' = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$$

$Q'$  = tamaño de lote económico  
 $D$  = demanda anual  
 $S$  = costo promedio de hacer un pedido de material  
 $H$  = costo de almacenar una unidad en el inventario

#### Eficiencia en el trabajo

$$\varepsilon = \frac{P_R}{C_e}$$

$$i_m = \frac{t_m}{t_u}$$

$\varepsilon$  = eficiencia en el trabajo  
 $P_R$  = producción real  
 $C_e$  = capacidad efectiva  
 $i_m$  = índice de utilización de la máquina  
 $t_m$  = tiempo de marcha  
 $t_u$  = tiempo utilizable

#### Número de ciclos por observar

$$n = \frac{s \cdot t^2}{k \cdot x}$$

$n$  = número de ciclos a observar  
 $t$  = valor en tabla "t Student"  
 $s$  = desviación estándar  
 $k$  = porcentaje de error  
 $x$  = tiempo medio

#### Correlación

$$r_{XY} = \frac{\sum(X \cdot Y) - (\bar{X} \cdot \bar{Y})}{S_X \cdot S_Y}$$

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2}$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2}$$

$r_{XY}$  = coeficiente de correlación  
 $S_X$  = desviación estándar de X  
 $S_Y$  = desviación estándar de Y  
 $\bar{X}$  = media de X  
 $\bar{Y}$  = media de Y  
 $N$  = número de datos

#### Error estándar de la producción

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$$

$\sigma_p$  = error estándar  
 $p$  = porcentaje de tiempo inactivo  
 $q$  = porcentaje de tiempo en marcha  
 $n$  = número de observaciones o tamaño de la muestra

#### Pronóstico (suavización exponencial)

$$F_t = \alpha \cdot (A_{t-1} + (1-\alpha)) \cdot F_{t-1}$$

$F_t$  = pronóstico para el periodo t  
 $F_{t-1}$  = pronóstico para el periodo t-1  
 $A_{t-1}$  = valor real del periodo t-1  
 $\alpha$  = constante de suavización de 0 a 1

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Balaceo de líneas**

$$t_c = \frac{t_p}{P}$$

$$N = \frac{\sum t}{t_c}$$

$$E = \frac{\sum t}{N_r \cdot t_e}$$

$t_c$  = tiempo de ciclo  
 $t_p$  = tiempo de producción por día  
 $P$  = producción por día  
 $N$  = número de estaciones  
 $t$  = tiempo de la tareas  
 $E$  = eficiencia  
 $N_r$  = número real de estaciones de trabajo  
 $t_e$  = tiempo de ciclo de la estación de trabajo

**Inventarios**

$$CT = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

$CT$  = costo total anual  
 $D$  = demanda (anual)  
 $C$  = costo por unidad  
 $Q$  = volumen de la orden (cantidad óptima)  
 $S$  = costo por preparación o por colocar una orden  
 $L$  = tiempo de entrega  
 $H$  = costo anual de mantener y almacenar una unidad del inventario promedio

**Punto de reorden**

$$R = L \cdot D$$

$R$  = punto de reorden  
 $D$  = demanda diaria promedio  
 $L$  = tiempo de entrega en días

**Punto de reorden considerando existencia de seguridad**

$$R = D \cdot L + z \cdot \sigma_L$$

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad \sigma_L = \sqrt{\sum_{i=1}^L \sigma_{d_i}^2}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n}}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_i^2}$$

$R$  = punto de reorden  
 $D$  = demanda diaria promedio  
 $L$  = tiempo de entrega en días  
 $z$  = número de desviaciones estándar para una probabilidad específica de servicio  
 $\sigma_L$  = desviación estándar de uso durante el tiempo de entrega  
 $n$  = número de días  
 $d$  = demanda diaria  
 $\sigma_d$  = desviación estándar de la demanda a lo largo de un periodo de  $n$  días  
 $\sigma_s$  = desviación estándar de una serie de demandas independientes

**Cantidad óptima de la orden en un periodo fijo**

$$q = D \cdot (T + L) + z \cdot \sigma_{T+L} - I$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma_{d_i}^2}$$

$q$  = punto de reorden  
 $D$  = demanda diaria promedio  
 $T$  = cantidad de días entre revisiones  
 $L$  = tiempo de entrega en días  
 $z$  = número de desviaciones estándar para una probabilidad específica de servicio  
 $\sigma_{T+L}$  = desviación estándar de la demanda entre revisiones y tiempo de entrega  
 $I$  = nivel corriente del inventario

**Punto de equilibrio**

$$PE = \frac{CFT}{P - CV}$$

$PE$  = punto de equilibrio, en términos de unidades vendidas  
 $CFT$  = costos fijos totales  
 $CV$  = costo variable unitario  
 $P$  = precio unitario del producto

**Estadística descriptiva**

**Para datos no agrupados**

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$M_e = X_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \quad \text{para } n \text{ impar}$$

$$M_e = \frac{X_{\left(\frac{n}{2}\right)} + X_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}}{2} \quad \text{para } n \text{ par}$$

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

**Para datos agrupados**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i \cdot f_i)}{\sum_{i=1}^n (f_i)}$$

$$M_e = L_i + \left( \frac{\frac{n}{2} - f_{i-1}}{f_i} \right) \cdot c$$

$$M_o = L_i + \left( \frac{D_1}{D_1 + D_2} \right) \cdot c$$

$$D_1 = f_i - f_{i-1} \quad D_2 = f_i - f_{i+1}$$

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i]$$

$\bar{X}$  = media aritmética

$X_i$  = valores de la variable X (datos de la muestra)

$n$  = número de datos

$M_e$  = Mediana

$s_x^2$  = varianza para una muestra

$\sigma_x^2$  = varianza para una población

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2$$

$\bar{X}$  = media aritmética

$X_i$  = valores de la variable X (datos de la muestra)

$f_i$  = frecuencia del intervalo

$f_{i-1}$  = frecuencia premodal

$f_{i+1}$  = frecuencia posmodal

$c$  = intervalo o marca de clase

$n$  = número de datos

$M_e$  = mediana

$M_o$  = moda

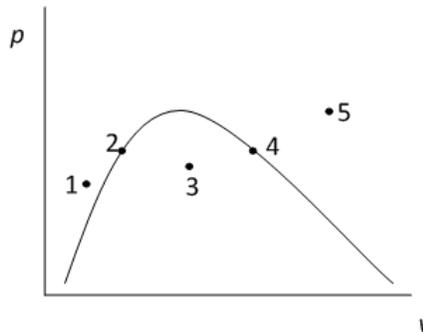
$s_x^2$  = varianza para una muestra

$\sigma_x^2$  = varianza para una población

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [(X_i - \mu)^2 \cdot f_i]$$

## Operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos

### Propiedades de las sustancias



Curva de saturación del agua en coordenadas ( $p-v$ ) se definen los puntos

1. Líquido comprimido
2. Líquido saturado
3. Coexistencia de líquido y vapor saturados
4. Vapor saturado
5. Vapor sobrecalentado

Para el punto 3 se calcula:

$$v = v_f + x(v_g - v_f)$$

$$h = h_f + x(h_g - h_f)$$

$$s = s_f + x(s_g - s_f)$$

$$u = u_f + x(u_g - u_f)$$

$x$  = calidad del vapor  
 $f$  = propiedad del líquido saturado  
 $g$  = propiedad del vapor saturado  
 $v$  = volumen específico ( $m^3/kg$ )  
 $h$  = entalpía específica ( $kJ/kg$ )  
 $s$  = entropía específica ( $kJ/kg \cdot K$ )  
 $u$  = energía interna específica ( $kJ/kg$ )

### Ecuaciones de potencia y eficiencia

$$P = F \cdot v$$

$$w = \frac{W}{m}$$

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}}$$

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P = T \omega$$

$$Q = A \cdot v$$

$$\rho = \frac{F}{A}$$

$$P_e = V \cdot I$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_{LL} I_L \cos \varphi$$

$$Z_F = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$P$  = potencia (W)

$P_h$  = potencia hidráulica (W)

$P_e$  = potencia eléctrica (W)

$P_{3\phi}$  = potencia activa en un sistema trifásico (W)

$F$  = fuerza (N)

$A$  = área ( $m^2$ )

$m$  = masa (kg)

$v$  = velocidad (m/s)

$\rho$  = presión (Pa)

$w$  = trabajo por unidad de masa ( $kJ/kg$ )

$W$  = trabajo (kJ)

$\eta$  = eficiencia

$\gamma$  = peso específico del fluido ( $\gamma_{H_2O} = 9807 \text{ N/m}^3$ )

$Q$  = flujo o gasto volumétrico ( $m^3/s$ )

$H$  = altura (m)

$T$  = par N-m

$\omega$  = velocidad angular (rad/s)

$V$  = tensión (voltaje) (V)

$V_{LL}$  = tensión (voltaje) de línea a línea (V)

$V_F$  = tensión (voltaje) de fase (V)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

$$I_F = \frac{I_L}{Z_F}$$

$$f.p. = \cos \varphi = \frac{R}{Z_F} = \frac{P_\varphi}{S_\varphi}$$

$f.p.$  =  $\cos \varphi$  = factor de potencia  
 $I$  = corriente (A)  
 $I_L = I_F$  = corriente de línea a línea (A)  
 $R$  = resistencia ( $\Omega$ )  
 $X$  = reactancia ( $\Omega$ )  
 $Z_F$  = Impedancia de fase ( $\Omega$ )  
 $P_\varphi$  = potencia activa monofásica (W)  
 $S_\varphi$  = potencia aparente monofásica (VA)

Ecuación de potencia eólica (hélice de aerogeneradores)

$$P_e = \frac{1}{2} \eta \rho A v^3$$

$P_e$  = potencial eólico (W)  
 $\eta$  = eficiencia  
 $\rho$  = densidad del aire ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $A$  = área de la hélice ( $\text{m}^2$ )  
 $v$  = velocidad del viento (m/s)

Ecuaciones para bombas

$$P_b = (v_1(p_2 - p_1) * \frac{\dot{m}}{\eta})$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$P_b$  = potencia requerida por la bomba (kW)  
 $P_1$  = potencia de la bomba en el punto 1  
 $P_2$  = potencia de la bomba en el punto 2  
 $v_1$  = volumen específico ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )  
 $\eta$  = eficiencia  
 $p_1$  = presión inicial (Pa)  
 $p_2$  = presión final (Pa)  
 $D_1$  = diámetro de la bomba en el punto 1  
 $D_2$  = diámetro de la bomba en el punto 2  
 $H_1$  = carga de altura 1 (N·m/N)  
 $H_2$  = carga de altura 2 (N·m/N)  
 $N_1$  = rpm de la bomba en el punto 1  
 $N_2$  = rpm de la bomba en el punto 2  
 $\dot{m}$  = flujo másico (kg/s)

Ecuaciones para cálculo de compresores

$$W_e = \left(\frac{k}{k-1}\right) * RT_1 * \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{k}\right)}\right)$$

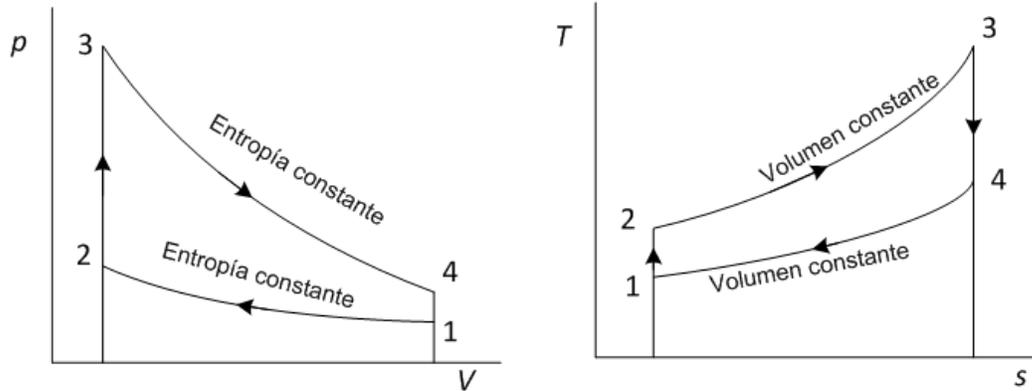
$$W_s = C_p(T_2 - T_1)$$

$$q_e = W_e - W_s$$

$W_e$  = trabajo de entrada (kJ/kg)  
 $W_s$  = trabajo de salida (kJ/kg)  
 $q_e$  = calor de entrada (kJ/kg)  
 $p_1$  = presión inicial (kPa)  
 $p_2$  = presión final (kPa)  
 $T_1$  = temperatura constante (K)  
 $C_p$  = calor específico a presión constante (kJ/(kg·K))  
 $R$  = constante de los gases ideales (kJ/(kmol·K))  
 $k$  = coeficiente adiabático (isentrópico)

### Ciclos termodinámicos

#### Ciclo Otto



$$Q_{ent} = Q_{23} = C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_{sal} = Q_{41} = C_v (T_4 - T_1)$$

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_{ent}} = \frac{Q_{ent} - Q_{sal}}{Q_{ent}} = 1 - \frac{Q_{sal}}{Q_{ent}}$$

Para los procesos isentrópicos 1-2 y 3-4

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1}$$

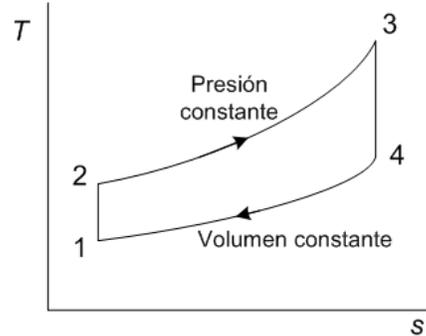
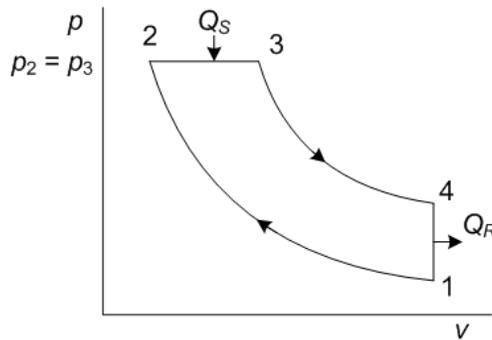
$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

Eficiencia del ciclo Otto en función de la relación de compresión ( $r_c$ )

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \quad r_c = \frac{V_1}{V_2}$$

$C_p$  = calor específico a presión constante (kJ/kg·K)  
 $C_v$  = calor específico a volumen constante (kJ/kg·K)  
 $Q_{ent}$  = calor de entrada (kJ/kg)  
 $Q_{sal}$  = calor de salida (kJ/kg)  
 $\eta_t$  = eficiencia térmica  
 $W_{neto}$  = trabajo neto (kJ/kg)  
 $k$  = relación de calores específicos  
 $r_c$  = relación de compresión

**Ciclo Diesel**



$$Q_{ent} = Q_{32} = C_p (T_3 - T_2)$$

$$Q_{sal} = Q_{41} = C_v (T_4 - T_1)$$

$$W_{neto} = Q_{ent} - Q_{sal}$$

Para los procesos de compresión y expansión isentrópicos

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \quad \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1}$$

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_{ent}} \quad \eta_t = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)}$$

$$r_c = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad r_f = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \left[ \frac{r_f^k - 1}{k(r_f - 1)} \right]$$

$$pme = \frac{W_{neto}}{V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n}} = \frac{W_{neto}}{V_1 - V_2}$$

$$m = \frac{PV_1M}{RT_1}$$

$Q_{ent}$  = calor de entrada (kJ/kg)

$Q_{sal}$  = calor de salida (kJ/kg)

$C_p$  = calor específico a presión constante (kJ/kg·K)

$C_v$  = calor específico a volumen constante (kJ/kg·K)

$r_c$  = relación de compresión

$r_f$  = relación de fin de la inyección

$v$  = volumen específico (m<sup>3</sup>/kg)

$pme$  = presión media efectiva (kPa)

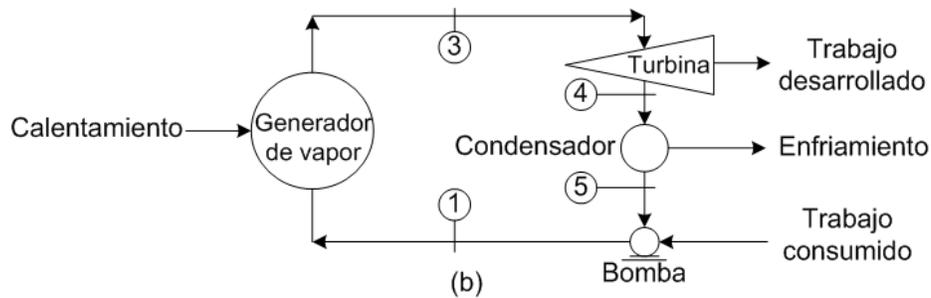
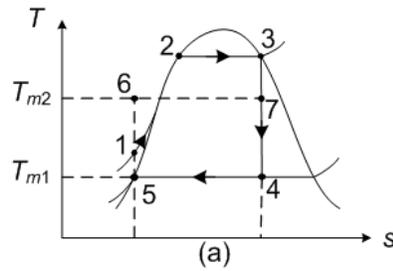
$\eta_t$  = eficiencia

$R = 8.314 \text{ kJ/kgmol}\cdot\text{K}$  o  $8.314 \text{ kPa m}^3/\text{kgmol K}$

$M$  = masa molecular del fluido (kg/kgmol)

$k$  = relación de calores específicos

**Ciclo Rankine simple**



$$Q_{ent} = h_3 - h_1$$

$$Q_{sal} = h_4 - h_5$$

$$W_T = h_3 - h_4$$

$$W_b = h_1 - h_5 \approx V_5 (p_1 - p_5)$$

$$W_{neto} = W_T - W_b$$

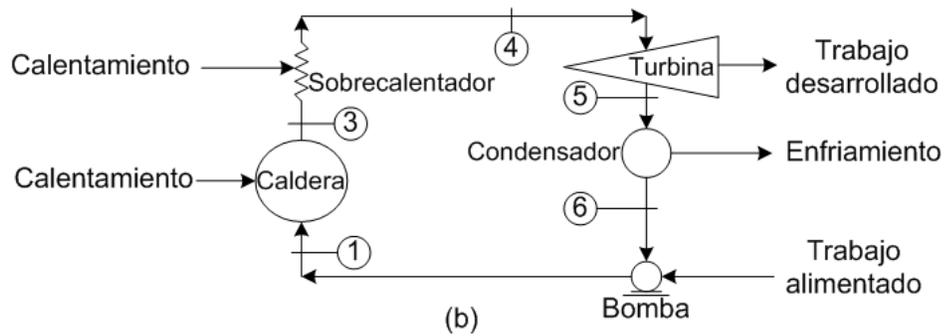
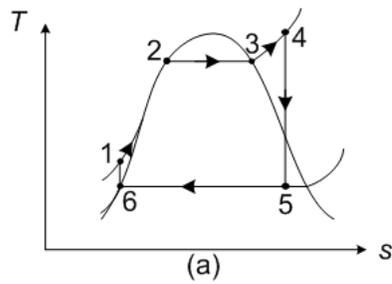
$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_{ent}}$$

$$C_e = \frac{3600}{W_{neto}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right]$$

$$C_e = \frac{3412}{W_{neto}} \left[ \frac{\text{lb}_m}{\text{kWh}} \right]$$

$Q_{ent}$  = calor de entrada en el generador (kJ/kg)  
 $Q_{sal}$  = calor de salida en el condensador (kJ/kg)  
 $W_T$  = trabajo en la turbina (kJ/kg)  
 $W_b$  = trabajo en la bomba (kJ/kg)  
 $W_{neto}$  = trabajo neto (kJ/kg)  
 $\eta_t$  = eficiencia térmica  
 $C_e$  = consumo específico

**Ciclo Rankine con sobrecalentamiento**



$$Q_{ent} = h_4 - h_1$$

$$Q_{sal} = h_5 - h_6$$

$$W_T = h_4 - h_5$$

$$W_b = h_1 - h_6 \approx V_6 (p_1 - p_6)$$

$Q_{ent}$  = calor de entrada en el generador (kJ/kg)

$Q_{sal}$  = calor de salida en el condensador (kJ/kg)

$W_T$  = trabajo en la turbina (kJ/kg)

$W_b$  = trabajo en la bomba (kJ/kg)

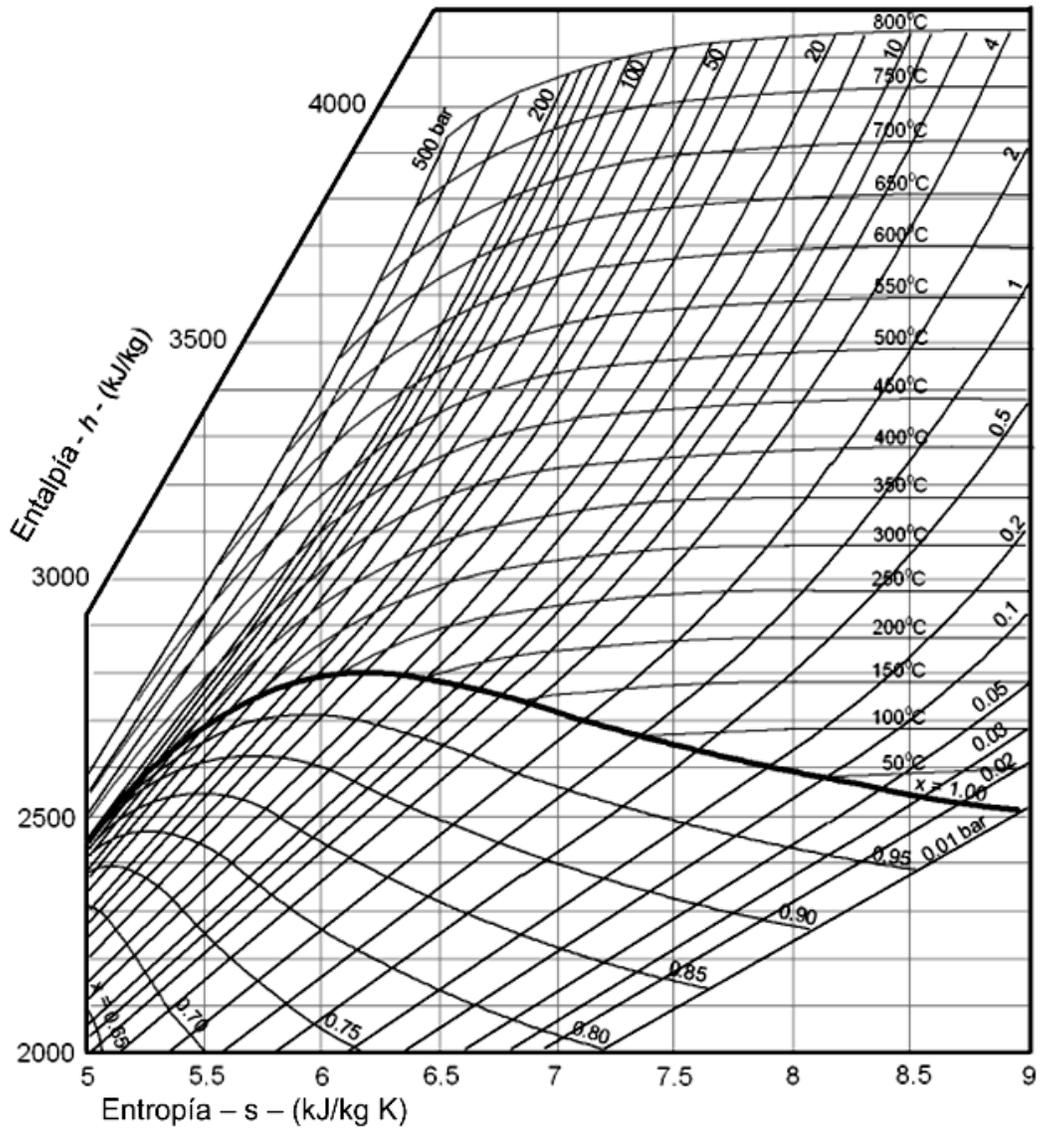
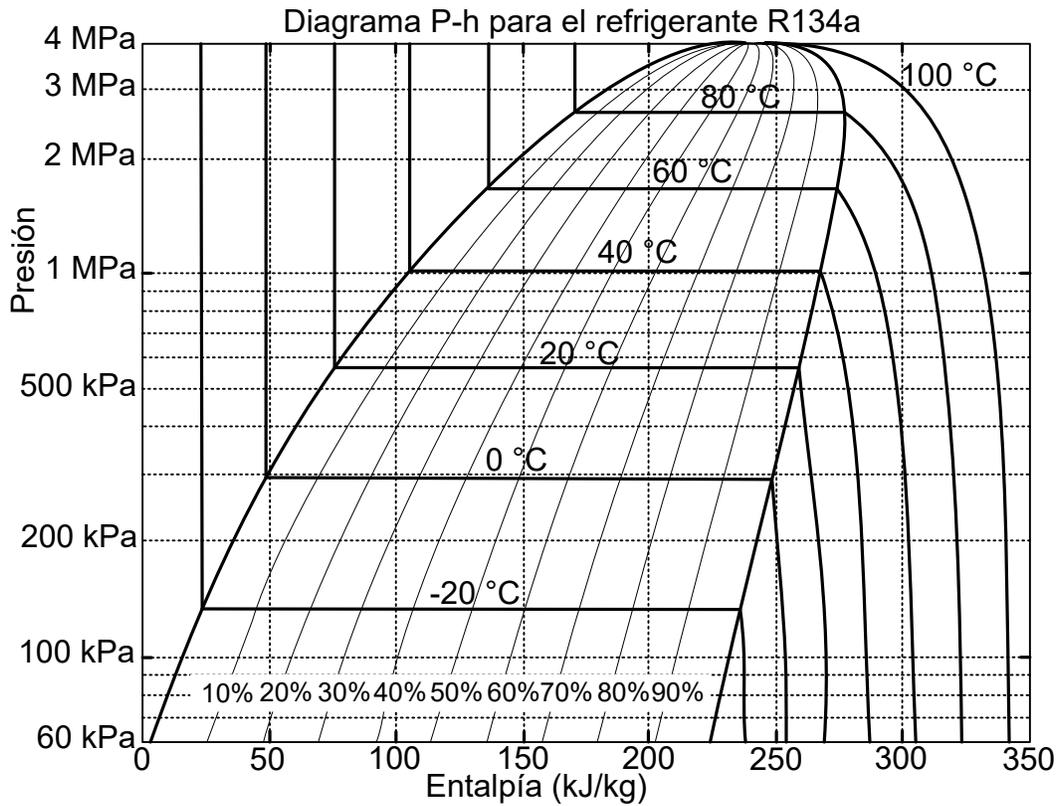


Diagrama de Mollier para el agua

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Tabla de agua saturada

| T<br>(°C) | P<br>(kPa) | $v_f$<br>(m <sup>3</sup> /kg) | $V_g$<br>(m <sup>3</sup> /kg) | $h_f$<br>(kJ/kg) | $h_g$<br>(kJ/kg) | $u_f$<br>(kJ/kg) | $u_g$<br>(kJ/kg) | $S_f$<br>(kJ/kg·K) | $S_g$<br>(kJ/kg·K) |
|-----------|------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 10        | 1.228      | 0.001                         | 106.3                         | 41.99            | 2388             | 41.99            | 2519             | 0.151              | 8.899              |
| 20        | 2.339      | 0.001002                      | 57.78                         | 83.83            | 2402             | 83.84            | 2537             | 0.2962             | 8.665              |
| 30        | 4.246      | 0.001004                      | 32.9                          | 125.7            | 2416             | 125.7            | 2555             | 0.4365             | 8.451              |
| 40        | 7.381      | 0.001008                      | 19.53                         | 167.5            | 2429             | 167.5            | 2573             | 0.5723             | 8.255              |
| 50        | 12.34      | 0.001012                      | 12.04                         | 209.3            | 2443             | 209.3            | 2591             | 0.7037             | 8.075              |
| 60        | 19.93      | 0.001017                      | 7.674                         | 251.1            | 2456             | 251.2            | 2609             | 0.8312             | 7.908              |
| 70        | 31.18      | 0.001023                      | 5.045                         | 293              | 2469             | 293              | 2626             | 0.9549             | 7.754              |
| 80        | 47.37      | 0.001029                      | 3.409                         | 334.9            | 2482             | 334.9            | 2643             | 1.075              | 7.611              |
| 90        | 70.12      | 0.001036                      | 2.362                         | 376.9            | 2494             | 376.9            | 2660             | 1.193              | 7.478              |
| 100       | 101.3      | 0.001043                      | 1.674                         | 419              | 2506             | 419.1            | 2676             | 1.307              | 7.354              |
| 110       | 143.2      | 0.001052                      | 1.211                         | 461.2            | 2518             | 461.3            | 2691             | 1.419              | 7.239              |
| 120       | 198.5      | 0.00106                       | 0.8922                        | 503.6            | 2529             | 503.8            | 2706             | 1.528              | 7.13               |
| 130       | 270        | 0.00107                       | 0.6687                        | 546.1            | 2540             | 546.4            | 2720             | 1.635              | 7.027              |
| 140       | 361.2      | 0.00108                       | 0.509                         | 588.9            | 2550             | 589.2            | 2734             | 1.739              | 6.93               |
| 150       | 475.7      | 0.00109                       | 0.3929                        | 631.8            | 2559             | 632.3            | 2746             | 1.842              | 6.838              |
| 160       | 617.7      | 0.001102                      | 0.3071                        | 675              | 2568             | 675.7            | 2758             | 1.943              | 6.75               |
| 170       | 791.5      | 0.001114                      | 0.2428                        | 718.4            | 2576             | 719.3            | 2768             | 2.042              | 6.666              |
| 180       | 1002       | 0.001127                      | 0.194                         | 762.1            | 2583             | 763.2            | 2778             | 2.14               | 6.585              |
| 190       | 1254       | 0.001141                      | 0.1565                        | 806.2            | 2590             | 807.6            | 2786             | 2.236              | 6.507              |
| 200       | 1554       | 0.001156                      | 0.1273                        | 850.6            | 2595             | 852.4            | 2793             | 2.331              | 6.431              |
| 210       | 1906       | 0.001173                      | 0.1044                        | 895.4            | 2599             | 897.7            | 2798             | 2.425              | 6.357              |
| 220       | 2318       | 0.00119                       | 0.08616                       | 940.7            | 2602             | 943.5            | 2801             | 2.518              | 6.285              |
| 230       | 2795       | 0.001209                      | 0.07155                       | 986.6            | 2603             | 990              | 2803             | 2.61               | 6.213              |
| 240       | 3345       | 0.001229                      | 0.05974                       | 1033             | 2603             | 1037             | 2803             | 2.701              | 6.142              |
| 250       | 3974       | 0.001251                      | 0.05011                       | 1080             | 2602             | 1085             | 2801             | 2.793              | 6.072              |
| 260       | 4689       | 0.001276                      | 0.04219                       | 1128             | 2598             | 1134             | 2796             | 2.884              | 6.001              |
| 270       | 5500       | 0.001303                      | 0.03564                       | 1177             | 2593             | 1185             | 2789             | 2.975              | 5.929              |
| 280       | 6413       | 0.001332                      | 0.03016                       | 1228             | 2586             | 1236             | 2779             | 3.067              | 5.857              |
| 290       | 7438       | 0.001366                      | 0.02556                       | 1279             | 2576             | 1289             | 2766             | 3.159              | 5.782              |
| 300       | 8584       | 0.001404                      | 0.02167                       | 1332             | 2563             | 1344             | 2749             | 3.253              | 5.704              |
| 310       | 9861       | 0.001447                      | 0.01834                       | 1387             | 2546             | 1401             | 2727             | 3.349              | 5.623              |
| 320       | 11279      | 0.001498                      | 0.01548                       | 1444             | 2525             | 1461             | 2700             | 3.448              | 5.536              |
| 330       | 12852      | 0.00156                       | 0.01298                       | 1505             | 2498             | 1525             | 2665             | 3.55               | 5.441              |
| 340       | 14594      | 0.001637                      | 0.01079                       | 1570             | 2464             | 1594             | 2621             | 3.659              | 5.335              |
| 350       | 16521      | 0.00174                       | 0.008812                      | 1642             | 2418             | 1670             | 2563             | 3.777              | 5.21               |
| 360       | 18655      | 0.001894                      | 0.006962                      | 1726             | 2352             | 1761             | 2482             | 3.915              | 5.054              |
| 370       | 21030      | 0.002207                      | 0.004993                      | 1843             | 2235             | 1890             | 2340             | 4.109              | 4.81               |



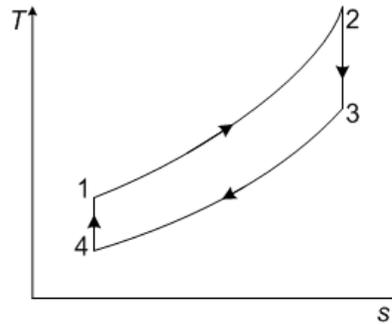
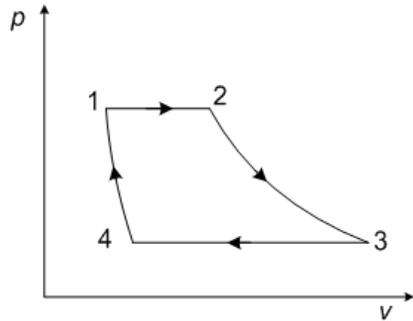
Fuente: <http://frionline.net/articulos-tecnicos/200-refrigerante-r134a-en-sistemas-frigorificos-comerciales-de-poca-potencia.html>

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla de aire como gas ideal**

| T<br>(K) | h<br>(kJ/kg) | p <sub>r</sub> | u<br>(kJ/kg) | v <sub>r</sub> | s°<br>(kJ/kg·K) | T<br>(K) | h<br>(kJ/kg) | p <sub>r</sub> | u<br>(kJ/kg) | v <sub>r</sub> | s°<br>(kJ/kg·K) |
|----------|--------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|----------|--------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|
| 200      | 199.97       | 0.3363         | 142.56       | 1707           | 129.559         | 860      | 888.27       | 63.09          | 641.4        | 39.12          | 279.783         |
| 220      | 219.97       | 0.469          | 156.82       | 1346           | 139.105         | 880      | 910.56       | 68.98          | 657.95       | 36.61          | 282.344         |
| 240      | 240.02       | 0.6355         | 171.13       | 1084           | 147.824         | 900      | 932.93       | 75.29          | 674.58       | 34.31          | 284.856         |
| 260      | 260.09       | 0.8405         | 185.45       | 887.8          | 155.848         | 920      | 955.38       | 82.05          | 691.28       | 32.18          | 287.324         |
| 270      | 270.11       | 0.959          | 192.6        | 808            | 159.634         | 940      | 977.92       | 89.28          | 708.08       | 30.22          | 289.748         |
| 280      | 280.13       | 10.889         | 199.75       | 738            | 163.279         | 960      | 1000.55      | 97             | 725.02       | 28.4           | 292.128         |
| 285      | 285.14       | 11.584         | 203.33       | 706.1          | 165.055         | 980      | 1023.25      | 105.2          | 741.98       | 26.73          | 294.468         |
| 290      | 290.16       | 12.311         | 206.91       | 676.1          | 166.802         | 1000     | 1046.04      | 114            | 758.94       | 25.17          | 29.677          |
| 295      | 295.17       | 13.068         | 210.49       | 647.9          | 168.515         | 1020     | 1068.89      | 123.4          | 776.1        | 23.72          | 299.034         |
| 300      | 300.19       | 1.386          | 214.07       | 621.2          | 170.203         | 1040     | 1091.85      | 133.3          | 793.36       | 23.29          | 30.126          |
| 320      | 320.29       | 17.375         | 228.42       | 528.6          | 17.669          | 1060     | 1114.86      | 143.9          | 810.62       | 21.14          | 303.449         |
| 340      | 340.42       | 2.149          | 242.82       | 454.1          | 18.279          | 1080     | 1137.89      | 155.2          | 827.88       | 19.98          | 305.608         |
| 360      | 360.58       | 2.626          | 257.24       | 393.4          | 188.543         | 1100     | 1161.07      | 167.1          | 845.33       | 18.896         | 307.732         |
| 380      | 380.77       | 3.176          | 271.69       | 343.4          | 194.001         | 1120     | 1184.28      | 179.7          | 862.79       | 17.886         | 309.825         |
| 400      | 400.98       | 3.806          | 286.16       | 301.6          | 199.194         | 1140     | 1207.57      | 193.1          | 880.35       | 16.946         | 311.883         |
| 420      | 421.26       | 4.522          | 300.69       | 266.6          | 204.142         | 1160     | 1230.92      | 207.2          | 897.91       | 16.064         | 313.916         |
| 440      | 441.61       | 5.332          | 315.3        | 236.8          | 20.887          | 1180     | 1254.34      | 222.2          | 915.57       | 15.241         | 315.916         |
| 460      | 462.02       | 6.245          | 329.97       | 211.4          | 213.407         | 1200     | 1277.79      | 238            | 933.33       | 14.47          | 317.888         |
| 480      | 482.49       | 7.268          | 344.7        | 189.5          | 21.776          | 1220     | 1301.31      | 254.7          | 951.09       | 13.747         | 319.834         |
| 500      | 503.02       | 8.411          | 359.49       | 170.6          | 221.952         | 1240     | 1324.93      | 272.3          | 968.95       | 13.069         | 321.751         |
| 520      | 523.63       | 9.684          | 374.36       | 154.1          | 225.997         | 1260     | 1348.55      | 290.8          | 986.9        | 12.435         | 323.638         |
| 540      | 544.35       | 11.1           | 389.34       | 139.7          | 229.906         | 1280     | 1372.24      | 310.4          | 1004.76      | 11.835         | 32.551          |
| 560      | 565.17       | 12.66          | 404.42       | 127            | 233.685         | 1300     | 1395.97      | 330.9          | 1022.82      | 11.275         | 327.345         |
| 580      | 586.04       | 14.38          | 419.55       | 115.7          | 237.348         | 1320     | 1419.76      | 352.5          | 1040.88      | 10.747         | 32.916          |
| 600      | 607.02       | 16.28          | 434.78       | 105.8          | 240.902         | 1340     | 1443.6       | 375.3          | 1058.94      | 10.247         | 330.959         |
| 620      | 628.07       | 18.36          | 450.09       | 96.92          | 244.356         | 1360     | 1467.49      | 399.1          | 1077.1       | 9.78           | 332.724         |
| 640      | 649.22       | 20.64          | 465.5        | 88.99          | 247.716         | 1380     | 1491.44      | 424.2          | 1095.26      | 9.337          | 334.474         |
| 660      | 670.47       | 23.13          | 481.01       | 81.89          | 250.985         | 1400     | 1515.42      | 450.5          | 1113.52      | 8.919          | 3.362           |
| 680      | 691.82       | 25.85          | 496.62       | 75.5           | 254.175         | 1420     | 1539.44      | 478            | 1131.77      | 8.526          | 337.901         |
| 700      | 713.27       | 28.8           | 512.33       | 69.76          | 257.277         | 1440     | 1563.51      | 506.9          | 1150.13      | 8.153          | 339.586         |
| 720      | 734.82       | 32.02          | 528.14       | 64.53          | 260.319         | 1460     | 1587.63      | 537.1          | 1168.49      | 7.801          | 341.247         |
| 740      | 756.44       | 35.5           | 544.02       | 59.82          | 26.328          | 1480     | 1611.79      | 568.8          | 1186.95      | 7.468          | 342.892         |
| 760      | 778.18       | 39.27          | 560.01       | 55.54          | 266.176         | 1500     | 1635.97      | 601.9          | 1205.41      | 7.152          | 344.516         |
| 780      | 800.03       | 43.35          | 576.12       | 51.64          | 269.013         | 1520     | 1660.23      | 636.5          | 1223.87      | 6.854          | 34.612          |
| 800      | 821.95       | 47.75          | 592.3        | 48.08          | 271.787         | 1540     | 1684.51      | 672.8          | 1242.43      | 6.569          | 347.712         |
| 820      | 843.98       | 52.59          | 608.59       | 44.84          | 274.504         | 1560     | 1708.82      | 710.5          | 1260.99      | 6.301          | 349.276         |
| 840      | 866.08       | 57.6           | 624.95       | 41.85          | 27.717          | 1580     | 1733.17      | 750            | 1279.65      | 6.046          | 350.829         |

**Ciclo Brayton**



$$Q_{ent} = C_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_{sal} = C_p (T_3 - T_4)$$

$$\eta_t = 1 - \frac{T_3 - T_4}{T_2 - T_1}$$

Para los procesos isentrópicos:

$$\frac{T_2}{T_3} = \left( \frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} ; \quad \frac{T_1}{T_4} = \left( \frac{p_1}{p_4} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{T_4}{T_1} = 1 - \frac{T_3}{T_2} = 1 - \frac{1}{r_p^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$r_p = \frac{p_1}{p_4} = \frac{p_2}{p_3}$$

$$W_{neto} = C_p (T_2 - T_1) - C_p (T_3 - T_4)$$

$$W_{neto} = C_p (T_2 - T_3) - C_p (T_1 - T_4)$$

$Q_{ent}$  = calor de entrada en el generador (kJ/kg)

$Q_{sal}$  = calor de salida en el condensador (kJ/kg)

$\eta_t$  = eficiencia térmica

$r_p$  = relación de presiones

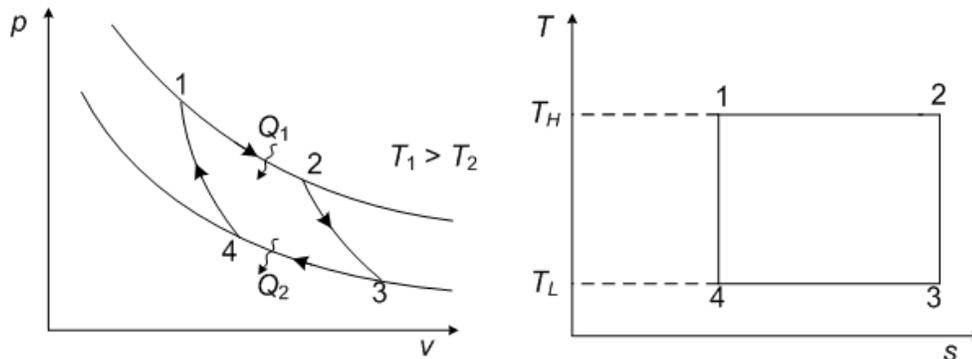
$W_{neto}$  = trabajo neto durante el ciclo (kJ/kg)

$C_p$  = calor específico a presión constante (kJ/kg·K)

$C_v$  = calor específico a volumen Constante (kJ/kg·K)

$k$  = relación de calores específicos

**Ciclo Carnot**



$$\eta_t = 1 - \frac{T_4}{T_1} = 1 - \frac{T_3}{T_2}$$

$$r_p = \frac{p_1}{p_4} = \frac{p_2}{p_3}$$

$$pme = \frac{W_{neto}}{V_3 - V_1}$$

$r_p$  = relación de presiones

$\eta_t$  = eficiencia térmica

$pme$  = presión media efectiva (kPa)

**Conducción en estado estable en elemento con generación de calor**

$$\dot{q} = \frac{2(T_c - T_w)}{\frac{L^2}{K}} \quad \text{Paredes planas}$$

$$\dot{q} = \frac{4(T_c - T_w)}{\frac{r_e^2}{K}} \quad \text{Cilindros}$$

$$\dot{q} = \frac{6(T_c - T_w)}{\frac{r_e^2}{K}} \quad \text{Esferas sólidas}$$

$\dot{q}$  = generación interna de calor (W/m<sup>3</sup>)

$T_c$  = temperatura máxima de la pared y/o cilindro (°C)

$T_w$  = temperatura en ambas caras de la pared (°C)

$r_e$  = radio del cilindro o esfera

**Calor transferido por convección, conducción y radiación**

$q = h \cdot A(T - T_\infty)$  convección

$q = k \cdot A(T - T_\infty)$  conducción

$q = r \cdot A(T - T_\infty)$  radiación

$q = -kA \left( \frac{dT}{dx} \hat{i} + \frac{dT}{dy} \hat{j} + \frac{dT}{dz} \hat{k} \right)$  conducción

$q = \varepsilon \sigma A(T_1^4 - T_2^4)$  radiación

$q = U \cdot A(T - T_\infty)$  varios mecanismos de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{R}$$

$q$  = generación interna de calor (W)

$h$  = coeficiente de transferencia de calor por

convección  $\left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

$k$  = coeficiente de transferencia de calor por

conducción  $\left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$

$r$  = coeficiente de transferencia de calor por radiación

$\left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

$A$  = área perpendicular al flujo de calor (m<sup>2</sup>)

$T$  = temperatura sobre la superficie del cuerpo (°C)

$U$  = coeficiente global de transferencia de calor

$$R = \frac{1}{h} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{h_\alpha}$$

$$\left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

$R$  = resistencia global al paso de calor  $\left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$

$T_\infty$  = temperatura del medio ambiente ( $^\circ\text{C}$ )

$e$  = espesor (m)

$\varepsilon$  = emisividad

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann

$$= \left( 5.667 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \right)$$

### Conducción de calor en estado transitorio

$$q = \rho \cdot C \cdot V \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{T - T_\alpha}{T_o - T_\alpha} = e^{\frac{-kA}{\rho \cdot C \cdot V} \tau}$$

$$\tau = \frac{\rho \cdot C \cdot V}{hA}$$

#### Temperatura media logarítmica

Intercambiadores de calor

$$T_m = \frac{T_{máx} - T_{mín}}{\ln \left( \frac{T_{máx}}{T_{mín}} \right)}$$

$$T_{máx} = T_{h2} - T_{c2}$$

$$T_{mín} = T_{h1} - T_{c1}$$

Conversión de escalas de temperatura

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} [T(^{\circ}\text{F}) - 32]$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{C}) + 32$$

Relación de escala

$$T_{ABS} (K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$T_{ABS} (R) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$$

$q$  = generación interna de calor (W)

$h$  = coeficiente de transferencia de calor por

convección  $\left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

$A$  = área perpendicular al flujo de calor ( $m^2$ )

$\rho$  = densidad del material ( $\text{kg}/m^3$ )

$C$  = calor específico del material  $\left( \frac{J}{\text{kg} \cdot K} \right)$

$V$  = volumen del cuerpo ( $m^3$ )

$T$  = temperatura final del cuerpo ( $^\circ\text{C}$ )

$T_\infty$  = temperatura del medio ambiente ( $^\circ\text{C}$ )

$T_o$  = temperatura inicial del cuerpo ( $^\circ\text{C}$ )

$t$  = tiempo (s)

$\tau$  = constante de tiempo del sistema (s)

$T_m$  = temperatura media logarítmica ( $^\circ\text{C}$ )

$T_{máx}$  = temperatura máxima ( $^\circ\text{C}$ )

$T_{mín}$  = temperatura mínima ( $^\circ\text{C}$ )

$\ln$  = logaritmo natural

$T_{h1}$  y  $T_{c1}$  = temperatura caliente y fría del fluido 1

$T_{h2}$  y  $T_{c2}$  = temperatura caliente y fría del fluido 2

**Propiedades y comportamiento de los fluidos**

**Densidad absoluta para líquidos**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

a 4 °C:

$$\rho_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad \rho_{H_2O} = 133.53 \frac{oz}{galón}$$

$$\rho_{H_2O} = 62.43 \frac{lb}{ft^3} \quad \rho_{H_2O} = 0.04 \frac{lb}{in^3}$$

$$\rho_{H_2O} = 1.94 \frac{slug}{ft^3}$$

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$m$  = masa del fluido (kg)

$V$  = volumen del fluido (m<sup>3</sup>)

$A$  = área (m<sup>2</sup>)

$v$  = velocidad (m/s)

$y$  = espesor (m)

$\mu$  = viscosidad absoluta (Pa s)

$\tau$  = esfuerzo cortante del fluido (Pa)

$\nu$  = viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$p$  = presión (N/m<sup>2</sup> o Pa)

$F$  = fuerza (N)

**Viscosidad absoluta**

$$\mu = \tau \frac{y}{v} \quad \tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{dv}{dy}$$

**Viscosidad cinemática**

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

**Presión**

$$p = \frac{F}{A}$$

**Conversión**

1 slug = 32.174 lb = 14.5439 kg

1 ft<sup>3</sup> = 0.0283 m<sup>3</sup> = 28.3 L

1 atm = presión atmosférica

= 760 torr

= 760 mm Hg

= 1.013 bar

= 10.33 mca (metros columna de agua)

= 101.325 kPa

= 14.69 psi

= 2116 lb/ft<sup>2</sup>

= 29.92 in Hg

= 33.91 pca (pies columna de agua)

1 cP (centiPoise) = 10<sup>-2</sup> P (Poise)

1 cP (centiPoise) = 10<sup>-3</sup> Pa·s

1 P (Poise) = 100 cP = 1 g/cm s = 0.1 Pa s

1 ct (centistoke) = 10<sup>-2</sup> st (stoke)

1 ct = 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

1 t (stoke) = 1 Dina/1 Poise = 1 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> = 0.0001 m<sup>2</sup>/s

### Estática de fluidos

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

$$\rho = \gamma \cdot h = \rho g h$$

#### Principio de Pascal

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

#### Pérdidas de carga

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ régimen turbulento}$$

$$\left( \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \right)_{IN} = \left( \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \right)_{OUT} + h_f - h_B + h_T$$

$$f = \frac{64}{Re} \text{ régimen laminar}$$

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \text{ régimen turbulento liso}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{e/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \text{ régimen turbulento rugoso}$$

$\gamma$  = peso específico (N/m<sup>3</sup>)

$W$  = peso (N)

$V$  = volumen (m<sup>3</sup>)

$\rho$  = presión hidrostática (N/m<sup>2</sup> o Pa)

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = altura (m)

$f$  = fuerza aplicada en el émbolo menor (N)

$a$  = área del émbolo menor (m<sup>2</sup>)

$F$  = fuerza obtenida en el émbolo mayor (N)

$A$  = área del émbolo mayor (m<sup>2</sup>)

$h_f$  = pérdidas de carga (m)

$f$  = coeficiente de fricción

$D$  = diámetro de la tubería (m)

$L$  = longitud de la tubería (m)

$v$  = velocidad (m/s)

$v^2/2g$  = altura de velocidad (m)

$Z$  = altura geodésica (m)

$p$  = presión (Pa)

$\frac{p}{\gamma}$  = altura de presión (m)

$h_f$  = pérdidas hidráulicas por fricción en tuberías y accesorios (m)

$h_B$  = altura proporcionada por la bomba (m)

$h_T$  = altura absorbida por la turbina (m)

$e$  = coeficiente de rugosidad

$Re$  = número de Reynolds

### Mecánica de fluidos

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

$$\dot{m} = \dot{V} \rho$$

$$Ns = n \sqrt{Q} / H^{3/4}$$

$$Ds = DH^{1/4} / \sqrt{Q}$$

$$1 \text{ in } H_2O = 248.8 \text{ Pa}$$

$$H_L = K(V/2g)$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{ecuación de continuidad}$$

$\dot{m}$  = flujo másico (kg/s)

$Ns$  = velocidad específica (m/s)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$H$  = altura o carga hidráulica (m) (ft)

$n$  = revoluciones por minuto (rpm)

$Ds$  = diámetro específico (m)

$H_L$  = pérdida de energía (m)

$K$  = coeficiente de resistencia

$V$  = velocidad del fluido (m/s)

$g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

$$C_t = n_p \cdot d_h$$

$$N_p = r_e \cdot 2 + 1$$

$C_t$  = capacidad del tinaco  
 $n_p$  = número de personas  
 $d_h$  = dotación por habitante  
 $N_p$  = número de personas  
 $r_e$  = recámaras

$$C_c = d_t \cdot r d_t = N_p \cdot d_h$$

$$r = d_t$$

$C_c$  = capacidad de la cisterna  
 $d_t$  = dotación total  
 $r$  = reserva  
 $r d_t$  = reserva dotación total  
 $d_h$  = dotación por habitante  
 $N_p$  = número de personas  
 $r_e$  = recámaras

$$h_p = \frac{8.3 \left[ \frac{\text{gal}}{\text{min}} \right] \cdot H}{33000} \quad \text{Sistema Inglés}$$

$\frac{\text{gal}}{\text{min}}$  = galones por minuto

$$h_p = \frac{9.575 \cdot G \cdot H}{33000} \quad \text{Sistema Internacional}$$

$G$  = gasto (L/min)  
 $H$  = altura o carga hidráulica (m) (ft)

$$C = (2.9727 d^2 L) / 231$$

$C$  = capacidad de la tubería (L)

$$V = \sqrt{((2\ 500 \cdot H \cdot D) / 13.9L)}$$

$V$  = velocidad en tuberías (ft/s)  
 $D$  = diámetro de la tubería (in)  
 $H$  = carga de agua arriba del centro de la tubería (ft)  
 $L$  = longitud de la tubería (in)

$$T = \frac{CmPu}{4W}$$

$T$  = capacidad del tanque hidroneumático  
 $Cm$  = ciclos de trabajo de la bomba cada hora  
 $Pu$  = capacidad de la bomba en (L/min)  
 $W$  = abatimiento del agua del tanque en %

$$pV = m R T$$

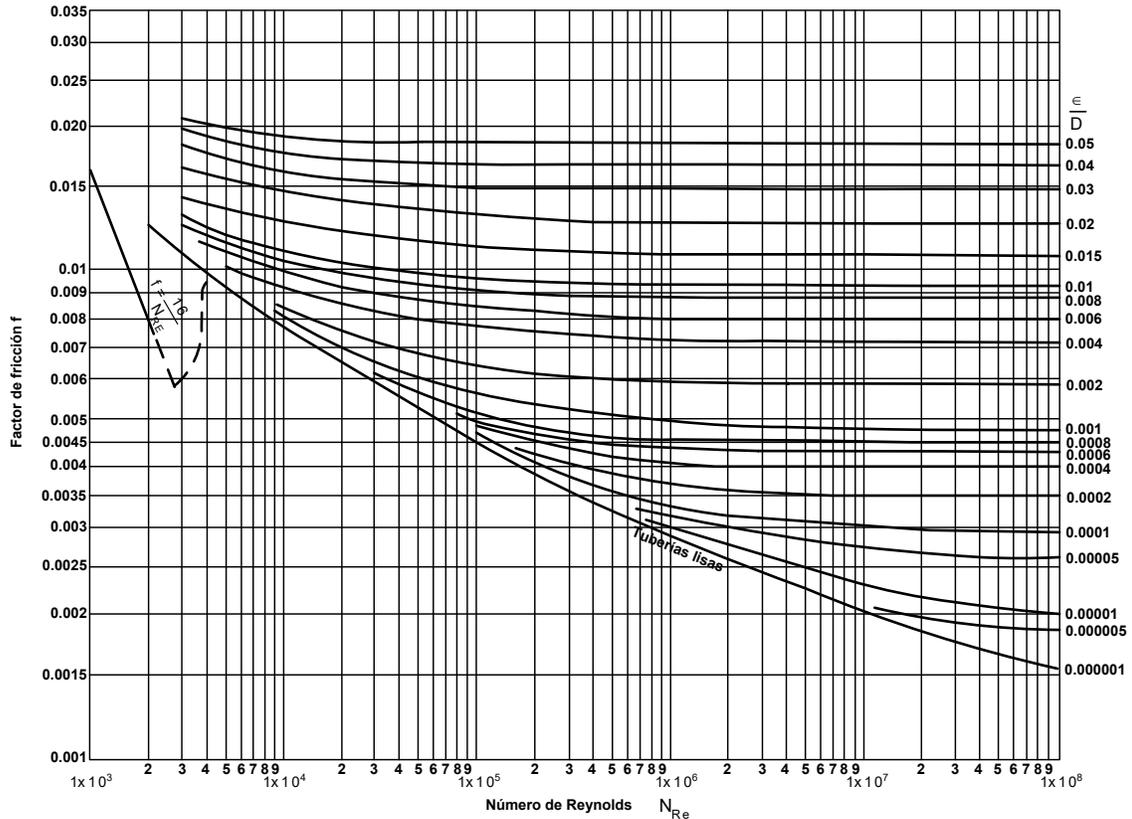
$$\rho = \rho R T$$

Ecuación de estado para gases ideales  
 $p$  = presión (Pa)  
 $R$  = 8 314.3 J/(kmol·K)

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Proceso<br>(magnitud<br>constante)<br>(expon.)<br>(politr.)     | Relación<br>entre los<br>estados 1 y<br>2  | Trabajo<br>(p/unid. masa)  |  | Calor<br>(p/unid.<br>masa)<br>$q_{1,2}$ | Diagrama<br>$p-v$   | Diagrama<br>$T-s$   |
|---|--|--|--|---|---|---|
|   |  | discontinuo<br>$W_{c1,2} = \int_1^2 p dv$  | continuo<br>$W_{c1,2} = \int_1^2 v dp$   |   |   |   |
| Isométrico<br>$v = \text{constante}$<br>$n = \infty$<br>(o 37)  | $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$  | 0  | $V(p_1 - p_2)$<br>$= R(T_1 - T_2)$   | $c_v (T_2 - T_1)$                       |  |  |
| Isobárico<br>$p = \text{constante}$<br>$n = 0$<br>(o 38)        | $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$  | $p(V_2 - V_1)$<br>$= R(T_2 - T_1)$   | 0  | $c_p (T_2 - T_1)$                       |  |  |
| Isotérmico<br>$T = \text{constante}$<br>$n = 1$<br>(o 39)       | $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$  | $R T \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$<br>$= R T \ln \left( \frac{P_1}{P_2} \right)$                                     | $W_{1,2}$  | $W_{1,2}$                               |  |  |
| Isentrópico<br>$s = \text{constante}$<br>$n = k$<br>(o 40)      | $\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^k$<br>$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$<br>$\frac{V_2}{V_1} = \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}}$ | $u_2 - u_1 = c_u(T_1 - T_2)$<br>$= \frac{1}{k-1} R T_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$  | $h_2 - h_1 = c_p(T_1 - T_2)$<br>$= \frac{k}{k-1} R T_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$  | 0                                       |  |  |
| Politrópico<br>(cualquiera)<br>$n = \text{constante}$<br>(o 41) | $\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^n$<br>$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{n-1}}$<br>$\frac{V_2}{V_1} = \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ | $\frac{1}{n-1} R (T_1 - T_2)$<br>$= \frac{1}{n-1} R T_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ | $\frac{n}{n-1} R (T_1 - T_2)$<br>$= \frac{n}{n-1} R T_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ | $C_{v \frac{n-k}{n-1}} (T_2 - T_1)$     | Indefinido  | Indefinido  |

**Diagrama de Moody**



Fuente: L.F. Moody. Trans. ASME, Vol. 66, 1944

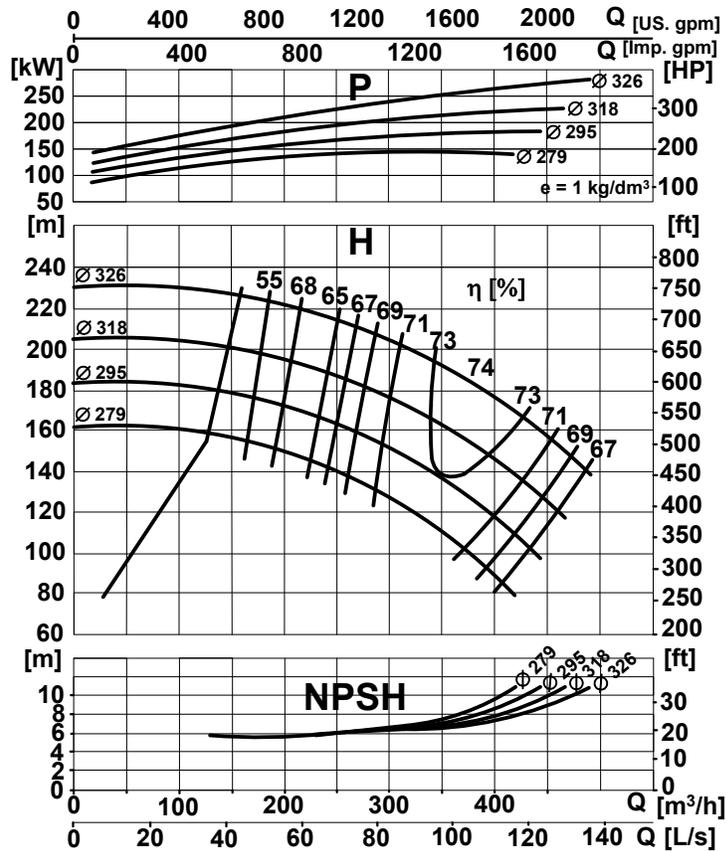
Tabla: características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

| Clase NEMA | Par de arranque (# de veces el nominal) | Corriente de arranque | Regulación de velocidad (%) | Nombre de clase del motor                             |
|------------|---|-----------------------|-----------------------------|---|
| A          | 1.5-1.75                                | 5-7                   | 2-4                         | Normal  |
| B          | 1.4-1.6                                 | 4.5-5                 | 3.5                         | De propósito general                                  |
| C          | 2-2.5                                   | 3.5-5                 | 4-5                         | De doble jaula alto par                               |
| D          | 2.5-3.0                                 | 3-8                   | 5-8, 8-13                   | De alto par alta resistencia                          |
| F          | 1.25                                    | 2-4                   | mayor de 5                  | De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**



**6" A**  
**Impeller/Loufrad A**  
**n = 356 L/min**

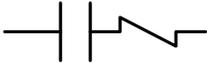
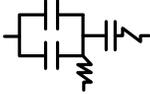
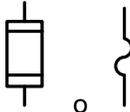
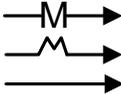
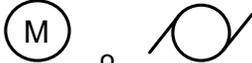
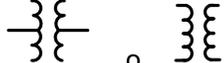
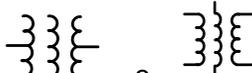
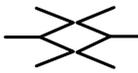
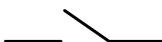


Curva de funcionamiento para una bomba de barril para alimentación  
(Cortesía de RUHRPUMPEN)

**Símbolos de acuerdo con NMX-J-136-ANCE-2007**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|---|---------|---|---------|
| Circuito (conductor o tubo) confinado entecho o pared |         | Circuitos (conductor o tubo). Las líneas inclinadas indican número de conductores |         |
| Ensamble de conductores que se conectan               |         | Ensamble de conductores que no se conectan  |         |
| Conexión puesta a tierra                              |         | Interruptor   |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                             | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN                                  | SÍMBOLO   |
|---|---|--|---|
| Interruptor termomagnético (automático) |    | Arrancador (con protección contrasobrecarga) |    |
| Arrancador a tensión plena              |    | Arrancador a tensión reducida                |    |
| Fusible                                 |    | Acometida                                    |    |
| Receptáculos sencillo                   |    | Receptáculo doble                            |    |
| Receptáculo trifásico                   |    | Interruptor sencillo                         |    |
| Receptáculo de piso                     |    | Receptáculo de puesta a tierra               |    |
| Interruptor de un polo                  |   | Interruptor de 3 polos                       |   |
| Salida de lámpara incandescente         |  | Resistencia                                  |  |
| Capacitancia                            |  | Devanado                                     |  |
| Motor                                   |  | Transformador con dos devanados              |  |
| Transformador con tres devanados        |  | Autotransformador                            |  |
| Transformador de potencial              |  | Voltímetro                                   |  |
| Amperímetro                             |  | Zumbador                                     |  |
| Tablero eléctrico general               |  | Tablero de distribución general              |  |
| Tablero de distribución de alumbrado    |  | Medio de desconexión                         |  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|----------------------------|---------|---|---------|
| Interruptor de seguridad   |         | Apartarrayos  |         |
| Transformador de corriente |         | Equipo de medición                                    |         |
| Grupo generador            |         | Interruptor de seguridad (desconectador de seguridad) |         |
| Barra de neutro            |         | Barra de puesta a tierra                              |         |

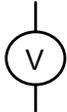
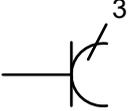
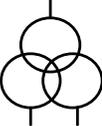
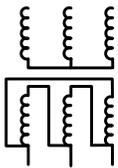
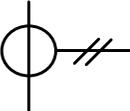
**Símbolos de acuerdo con EN-60617 o IEC 60617**

| DESCRIPCIÓN                                  | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                      | SÍMBOLO |
|--|---------|----------------------------------|---------|
| Empalme de conductores en una misma línea    |         | Unifilar 3 circuitos             |         |
| Unifilar 3 conductores                       |         | Regletero de bornes de conexión  |         |
| Punto de conexión entre conectores           |         | Borne de conexión                |         |
| Representación de la toma de tierra          |         | Tierra de protección             |         |
| Masa, chasis                                 |         | Caja de empalme                  |         |
| Falla  |         | Convertidor, símbolo general     |         |
| Interruptor normalmente abierto              |         | Interruptor normalmente cerrado  |         |
| Contacto principal de cierre de un contactor |         | Seccionador                      |         |
| Pulsador normalmente cerrados                |         | Pulsador normalmente abierto     |         |
| Trinquete, retén o retorno no                |         | Enclavamiento mecánico entre dos |         |

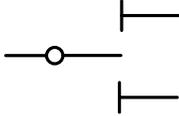
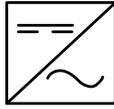
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO |
|---|---------|--|---------|
| automático.   |         | dispositivos   |         |
| Accionador manual, símbolo general                                    |         | Accionador manual protegido contra una operación no intencionada |         |
| Pulsador con retención  |         | Interruptor bipolar  |         |
| Accionamiento por efecto electromagnético                             |         | Accionamiento por dispositivo térmico                            |         |
| Bobina de un relevador  |         | Conexión retardada al desactivar el mando                        |         |
| Conexión retardada al activar el mando                                |         | Mando de un relevador electrónico                                |         |
| Relevador térmico   |         | Relevador de protección electromagnético                         |         |
| Relé de máxima intensidad   |         | Relevador de máxima tensión                                      |         |
| Bobina en general de relés, contactores y otros dispositivos de mando |         | Contactador y contactos principales                              |         |
| Contacto auxiliar de cierre autoaccionado por un relé térmico         |         | Interruptor automático tripolar                                  |         |
| Relevador térmico   |         | Fusible  |         |

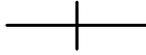
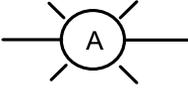
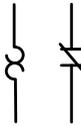
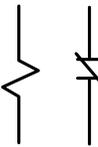
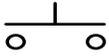
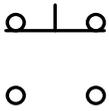
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|--|---|---|---|
| Fusible interruptor  |    | Sirena  |    |
| Lámpara símbolo general  |    | Zumbador  |    |
| Voltímetro   |    | Amperímetro   |    |
| Resistencia  |    | Capacitor   |    |
| Bobina   |    |   |   |
| Clavija de enchufe   |    | Arrancador de motor   |    |
| Clavija y receptáculo  |    | Toma de corriente múltiple  |    |
| Motor de corriente continua                                    |  | Motor de inducción trifásico de Jaula de ardilla                          |  |
| Generador no rotativo  |  | Generador síncrono trifásico, con inducido en estrella y neutro accesible |  |
| Transformador de tres arrollamientos. Unifilar                 |  | Transformador de tres arrollamientos. Desarrollada                        |  |
| Transformador trifásico, conexión estrella-triángulo. Unifilar |  | Transformador trifásico, conexión estrella-triángulo. Desarrollada        |  |
| Transformador de corriente. Unifilar                           |  | Transformador de corriente. Desarrollada                                  |  |

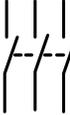
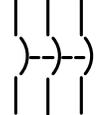
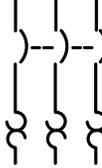
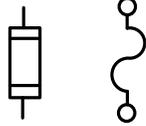
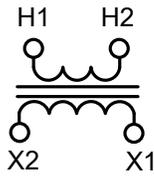
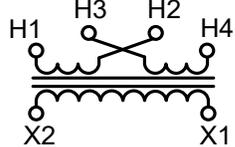
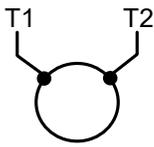
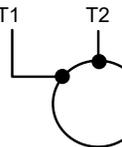
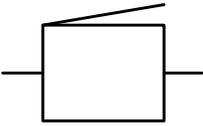
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|---------------------------|---|---|---|
| Pararrayos                |  | Seccionador de dos posiciones con posición intermedia |  |
| Rectificador              |  | Ondulador, inversor                                   |  |
| Arrancador estrella-delta |  | Arrancado por autotransformador                       |  |

**Símbolos de acuerdo a la ANSI**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO   |
|--|---|--|---|
| Conductor                              |    | Conductores no conectados              |    |
| Conductores conectados                 |   | Terminal del conductor                 |    |
| Representación de la toma de tierra    |  | Bloqueo mecánico                       |  |
| Conexión mecánica                      |  | Voltímetro                             |  |
| Amperímetro                            |  | Lámpara piloto                         |  |
| Capacitor                              |  | Resistencia                            |  |
| Bobinas                                |  | Relevador de sobrecarga térmico        |  |
| Relevador de sobrecarga magnético      |  | Contacto de empuje normalmente abierto |  |
| Contacto de empuje normalmente cerrado |  | Contacto de empuje doble               |  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                                 | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN                                 | SÍMBOLO   |
|---|---|---|---|
| Contactos instantáneos, normalmente abierto |    | Contactos instantáneos, normalmente cerrado |    |
| Desconectador                               |    | Interruptor                                 |    |
| Interruptor con protección térmica          |    | Fusible                                     |    |
| Transformador de corriente                  |    | Transformador de voltaje simple             |    |
| Transformador de voltaje doble              |  | Motor de corriente alterna monofásico       |  |
| Motor de corriente alterna trifásico        |  | Zumbador                                    |  |
| Tomacorriente sencillo                      |  | Tomacorriente doble                         |  |

**Fórmulas para calcular el consumo eléctrico y el cálculo del kW-h**

$$P_c = P_D \cdot t$$

$$C = P_c \cdot Pr$$

$P_c$  = potencia consumida (kW-h)  
 $P_D$  = potencia demandada (kw)  
 $t$  = tiempo (h)  
 $C$  = costo de la potencia consumida  
 $Pr$  = precio \$/kW-h

**Sistemas de automatización y control**

**Ingeniería de control**

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{k}{\tau s + 1}$$

Función de transferencia de sistema de primer orden

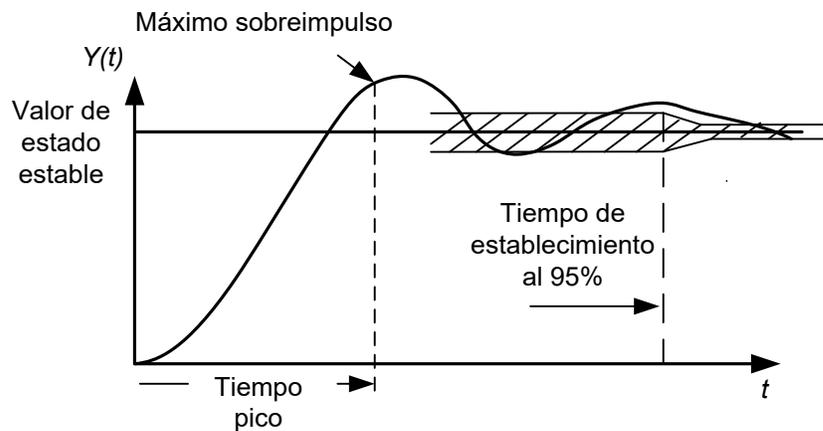
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{ke^{-\theta s}}{\tau s + 1}$$

Función de transferencia de sistema de primer orden con tiempo muerto diferente de cero

$$\omega_d = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - \zeta^2}$$

Frecuencia natural amortiguada

**Respuesta escalón de un elemento de transferencia**

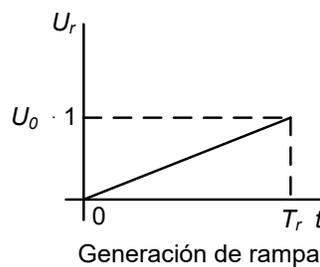


$$U_r(t) = \frac{U_0}{T_r} r(t) = \frac{U_0}{T_r} \int_0^t \varepsilon(t) dt = \frac{U_0}{T_r} t \varepsilon(t)$$

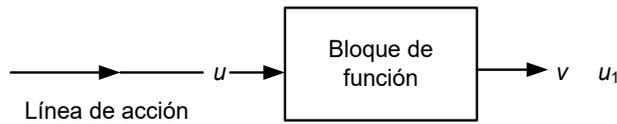
Respuesta rampa

$$\varepsilon(t) = \begin{cases} 0 & \text{para } t < 0 \\ 1 & \text{para } t \geq 0 \end{cases}$$

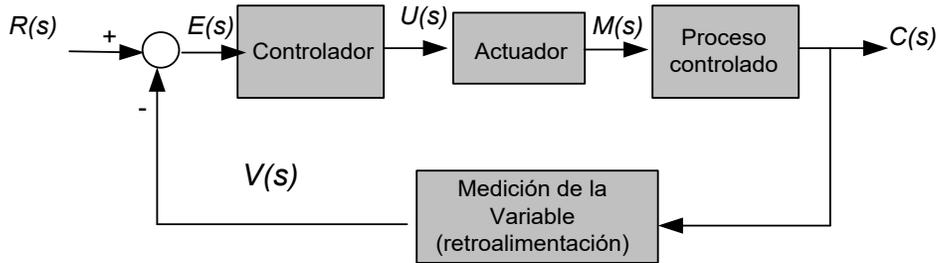
$T_r$  = tiempo de rampa  
 $\varepsilon(t)$  = escalón unitario



**Elementos de un diagrama de control**



**Diagrama de un sistema de lazo cerrado.**

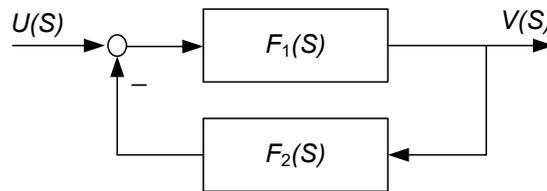


$$e = R - V$$

$$F_0(S) = F_1(S) \cdot F_2(S)$$

Comparador, variable de error

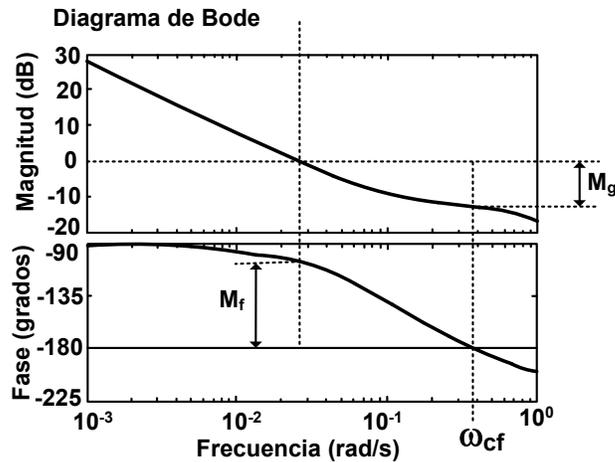
Función de transferencia de circuito abierto



$$R_F(0) = \frac{1}{(1+V_0)}$$

Factor de control

**Diagrama de Bode de un sistema en lazo abierto.**



$M_g$  = Margen de ganancia

$M_f$  = Margen de fase

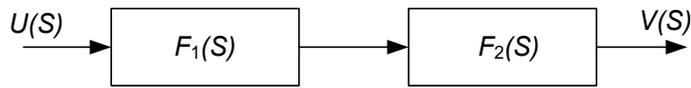
$\omega_{cg}$  = Frecuencia de cruce de ganancia

$\omega_{cf}$  = Frecuencia de cruce de fase

**Reglas para determinar la función de transferencia del circuito de control total**

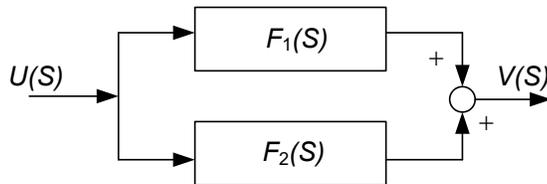
$$F(s) = F_1(s) \cdot F_2(s)$$

Combinación en serie



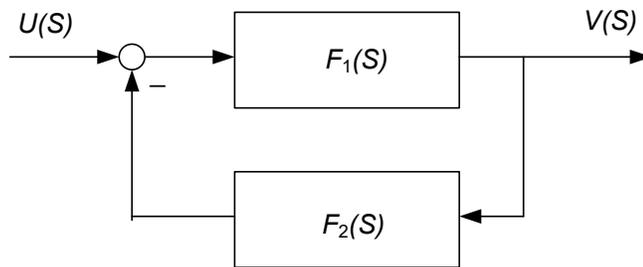
$$F(s) = F_1(s) + F_2(s)$$

Combinación en paralelo



$$F(s) = \frac{F_1(s)}{1 + F_1(s) \cdot F_2(s)}$$

Retroalimentación

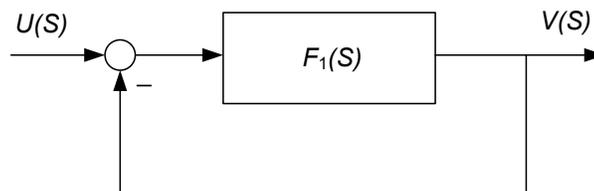


Nota: El signo del denominador de  $F(s)$  es el contrario del signo en el punto de suma del diagrama de control. Un signo “+” en el punto de suma indica retroalimentación positiva. Un signo “-” en el punto de suma indica retroalimentación negativa

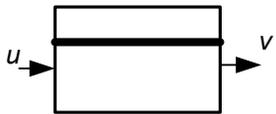
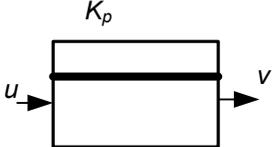
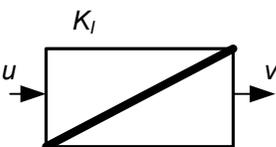
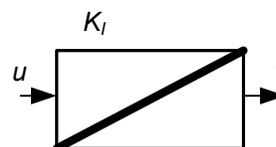
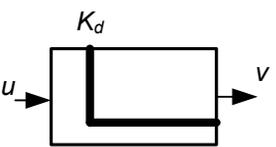
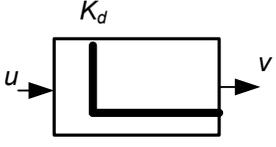
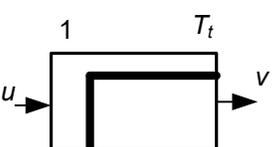
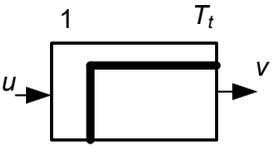
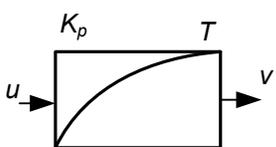
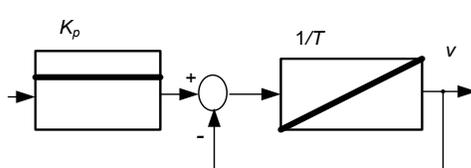
$$F_2(s) = 1$$

$$F(s) = \frac{F_1(s)}{1 + F_1(s)}$$

Retroalimentación directa



**Elementos primitivos de transferencia  
Elementos de retraso de primer orden**

| Identificador<br>-----<br>Símbolo en el diagrama de control   | Ecuación en el dominio del tiempo                                  | Ejemplos de estructura  |
|---|--|---|
| <p>P</p> <p>-----</p>                    | $v = k_p \cdot u$  |  <p>Elemento proporcional</p>       |
| <p>I</p> <p>-----</p>                    | $v = k_i \int u dt$ $= k_i \int_0^t u dt + v(0)$ $\dot{v} = k_i u$ |  <p>Elemento integral</p>           |
| <p>D</p> <p>-----</p>                   | $v = k_D \cdot \dot{u}$ $\int v dt = k_D \cdot u$                  |  <p>Elemento derivativo</p>        |
| <p>T<sub>t</sub></p> <p>-----</p>      | $v(t) = u(t - T_t)$  |  <p>Elemento de tiempo muerto</p> |
| <p>P - T<sub>1</sub></p> <p>-----</p>  | $v + T \dot{v} = k_p \cdot u$                                      |  <p>Elemento P - T</p>            |

**Elementos de retraso de segundo orden**  
**Elemento PI de combinación en paralelo**

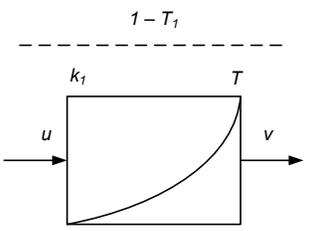
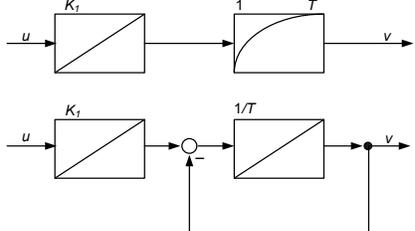
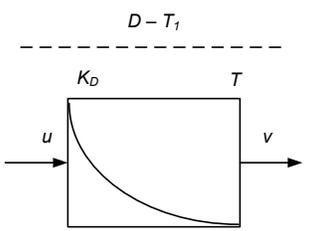
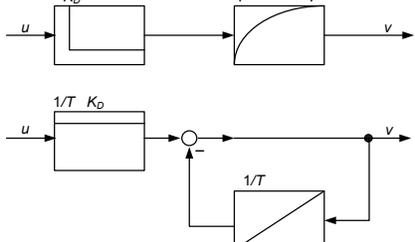
| Función de transferencia<br>$F(S) =$   | Respuesta escalón unitario, ecuación $h(t) =$<br>-----<br><b>Diagrama</b>  |
|--|--|
| $\frac{K_p}{1 + 2\frac{g}{\omega_0}s + \left(\frac{1}{\omega_0}\right)^2 s^2}$ $0 < g < \infty$    | $k_p \left[ 1 - \frac{\omega_0}{\omega_d} e^{-g\omega_0 t} \cdot \cos(\omega_d t - \theta) \right]; \omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - g^2}$ $\theta = \arcsin g$ $0 \leq \theta \leq 90^\circ$<br> |
| $\frac{K_p}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$ $T_{1,2} = \frac{1}{\omega_0} (g \pm \sqrt{g^2 - 1})$ $g > 1$ | $K_p = \left[ 1 - \frac{1}{T_1 - T_2} \left( T_1 e^{\frac{t}{T_1}} - T_2 e^{\frac{t}{T_2}} \right) \right]$<br>  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

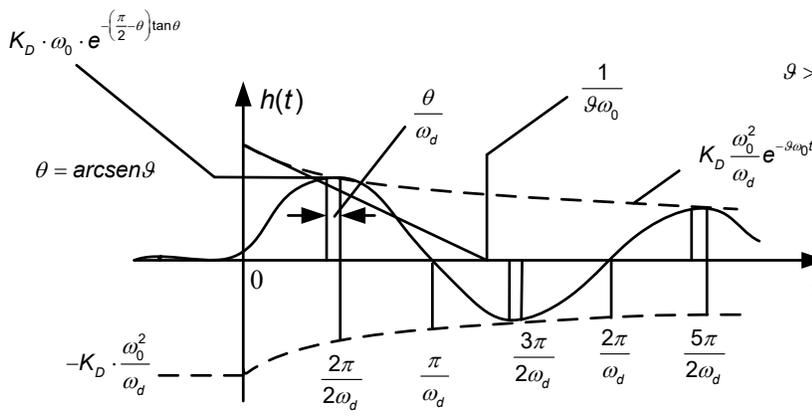
|   |   |
|---|---|
| <b>Función de transferencia</b><br>$F(s) =$ | <b>Respuesta escalón unitario, ecuación <math>h(t) =</math></b><br>-----<br><b>Diagrama</b>   |
| $K_i t \frac{1}{s} + K_p$                   | $K_i t + K_p = K_p \left( 1 + \frac{t}{T_n} \right)$ <div style="text-align: center;"> </div> |

**Elementos PD, PID de combinación en paralelo  
Elementos I-TT y D-T1 de combinación serie.**

| Identificador<br>símbolo en el diagrama de control | Ecuación del dominio del tiempo  | Ejemplos de estructura |
|--|--|------------------------|
| PD<br>-----<br>                                    | $v = K_p \cdot u + K_D \cdot \dot{u}$ $= K_p \left( u + T_v \cdot \dot{u} \right)$ $T_v = \frac{K_D}{K_p}$   |                        |
| PID<br>-----<br>                                   | $v = k_1 \int u dt + K_p \cdot u + K_D \cdot \dot{u}$ $= K_p \left[ \frac{1}{T_n} \int u dt + u + T_v \cdot \dot{u} \right]$ $T_n = \frac{K_p}{K_i} \quad ; \quad T_v = \frac{K_D}{K_p}$ |                        |

| Identificador símbolo en el diagrama de control                                   | Ecuación del dominio del tiempo     | Ejemplos de estructura  |
|---|-------------------------------------|---|
|  | $v + T \dot{v} = K_I \int u dt$     |  |
|  | $v + T \dot{v} = K_D \cdot \dot{u}$ |  |

**Elementos de combinación en serie**  
**Elementos (PD)-T<sub>1</sub> y PID-tT<sub>1</sub> de combinación en grupo**

| Función de transferencia $F(x)=$   | Respuesta escalón unitario, ecuación $h(t)=$<br>Diagrama  |
|--|---|
| $\frac{K_D \cdot s}{1 + 2 \frac{g}{\omega_0} s + \left(\frac{1}{\omega_0}\right)^2 s^2}$ | <p style="text-align: center;"><math>K_D = \frac{\omega_0^2}{\omega_d} \cdot e^{-\theta \omega_0 t}; \quad \omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - g^2}</math></p> <hr/>  |

| Función de transferencia $F(s)=$  | Respuesta escalón unitario, ecuación $h(t)=$<br>Diagrama  |
|---|---|
| $\frac{K_p + K_{D \cdot s}}{1 + T \cdot s} = K_p \frac{1 + T_v \cdot s}{1 + T \cdot s}$ $= K_p + K_p \frac{(T_v - T) \cdot s}{1 + T \cdot s}$ $T_v - T = T_v^*$ | $K_p + \left[ \frac{K_D}{T} - k_p \right] e^{-\frac{t}{T}} = K_p \left[ 1 + \left( \frac{t_v}{T} - 1 \right) e^{-\frac{t}{T}} \right]$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p style="text-align: center;"><math>T_v &lt; T</math></p> <p style="text-align: center;"><math>T_v &gt; T</math></p> </div> |

| Función de transferencia F(x)=  | Respuesta escalón unitario, ecuación h(t)<br>Diagrama  |
|---|--|
| $\frac{K_1 + K_p + K_D \cdot s}{s} \cdot \frac{1}{1 + T \cdot s}$ $= K_p \frac{1}{(T_n \cdot s) + 1 + T_v \cdot s} \cdot \frac{1}{1 + T \cdot s}$ $= K_p \left[ \frac{1}{T_n \cdot s} + \frac{T_n^*}{T_n} + \frac{T_n T_v - T T_n^*}{T_n (1 + T \cdot s)} s \right]$ $T_n = \frac{K_p}{K_1}; \quad T_v = \frac{K_D}{K_p}$ $T_n^* = T_n - T$ | $K_p - K_1 T + K_1 t + \left[ K_1 T - K_p + K_D \frac{1}{T} \right] e^{-\frac{t}{T}}$ $= K_p \left[ 1 - \frac{T}{t_n} + \frac{t}{T_n} + \left( \frac{T}{T_n} - 1 + \frac{T_v}{T} \right) e^{-\frac{t}{T}} \right]$<br> |

**Reglas empíricas para ajustar elementos de control P, PI y PID.**

Se conocen  $K_{py}$ ,  $T_y$  y  $T_{ty}$  del sistema controlado:

| Controlador | $K_{pr}$                              | $T_n$        | $t_v$        |
|-------------|---------------------------------------|--------------|--------------|
| P           | $\frac{T_y}{K_{py} \cdot T_{ty}}$     |              |              |
| PI          | $0.9 \frac{T_y}{K_{py} \cdot T_{ty}}$ | $3.3 T_{ty}$ |              |
| PID         | $1.2 \frac{T_y}{K_{py} \cdot T_{ty}}$ | $2 T_{ty}$   | $0.5 T_{ty}$ |

Se desconocen los datos característicos del sistema controlado:

| Controlador | $K_{pr}$            | $T_n$             | $t_v$              |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| P           | $0.5 K_{pRcrit^*}$  |                   |                    |
| PI          | $0.45 K_{pRcrit^*}$ | $0.83 T_{crit^*}$ |                    |
| PID         | $0.6 K_{pRcrit^*}$  | $0.5 T_{crit^*}$  | $0.125 T_{crit^*}$ |

**Métodos para determinar la estabilidad**

**Criterio de Hurwitz**  $a_0 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_n s^n = 0$

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Condiciones para ecuaciones hasta tercer grado**

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| Primer grado  | $a_0$ y $a_1 > 0$       |
| Segundo grado | $a_0, a_1, a_2 > 0$     |
| Tercer grado  | $a_1 a_2 - a_3 a_0 > 0$ |

**Abreviaturas**

**Tipos de elementos de transferencia**

|             |  |
|-------------|--|
| $D$         | Elemento derivado                                      |
| $D-T_1$     | Elemento derivado con retraso de 1 <sup>er</sup> orden |
| $D-T_2$     | Elemento derivado con retraso de 2 <sup>o</sup> orden  |
| $I$         | Elemento integral                                      |
| $I-T_1$     | Elemento integral con retraso de 1 <sup>er</sup> orden |
| $P$         | Elemento proporcional                                  |
| $PD$        | Elemento derivado proporcional                         |
| $PI$        | Elemento integral proporcional                         |
| $PID$       | Elemento derivado integral proporcional                |
| $P-T_1$     | Elemento de retraso de 1 <sup>er</sup> orden           |
| $P-T_2$     | Elemento de retraso de 2 <sup>o</sup> orden            |
| $(PD)-T_1$  | Elemento PD con retraso de 1 <sup>er</sup> orden       |
| $(PID)-T_1$ | Elemento PID con retraso de 1 <sup>er</sup> orden      |
| $T_1$       | Elemento de tiempo muerto                              |

**Símbolos usados para términos de ingeniería de control**

|                  |   |
|------------------|---|
| $e$              | Variable de error   |
| $m_F$            | Pendiente de la amplitud de la respuesta en el diagrama de Bode                                     |
| $r$              | Variable de retroalimentación   |
| $u$              | Variable de entrada   |
| $v$              | Variable de salida  |
| $v_m$            | Sobrepaso de la función escalón unitario de un elemento de transferencia                            |
| $w$              | Variable de referencia  |
| $w^*$            | Variable objetivo   |
| $x$              | Variable controlada   |
| $x_A$            | Variable controlada final   |
| $x_m$            | Sobretiro de la variable controlada   |
| $y$              | Variable reguladora   |
| $z$              | Variable de perturbación  |
| $F(j\omega)$     | Frecuencia de la respuesta  |
| $F(s)$           | Función de transferencia  |
| $F(\omega)$      | Amplitud de la respuesta  |
| $F_o(j\omega)$   | Frecuencia de la respuesta del circuito abierto de control  |
| $F_o(s)$         | Función de transferencia del circuito abierto de control  |
| $F_o(\omega)$    | Amplitud de la respuesta del circuito abierto de control  |
| $F_R(\omega)$    | Amplitud de la respuesta del elemento de control  |
| $F_y(\omega)$    | Amplitud de la respuesta de la conexión en serie del sistema controlado y el equipo de medición     |
| $K_D$            | Coefficiente de acción derivada   |
| $K_I$            | Coefficiente de acción integral   |
| $K_P$            | Coefficiente de acción proporcional   |
| $R_F(0)$         | Factor de control   |
| $K_{Pk}(\omega)$ | Coefficiente de acción proporcional en la representación en serie del elemento PID con $T_n > 4T_v$ |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

|  |  |
|--|--|
| $K_{IR}(\omega)$                         | Coeficiente de acción integral del elemento controlado   |
| $K_{PR}$                                 | Coeficiente de acción proporcional del elemento controlado   |
| $T$                                      | Tiempo de retraso  |
| $T_g$                                    | Tiempo de crecimiento  |
| $T_h$                                    | Periodo de vida media  |
| $T_n$                                    | Tiempo de restablecimiento   |
| $T_{fin}$                                | Tiempo para alcanzar el estado estable   |
| $T_{inicio}$                             | Tiempo para alcanzar la tolerancia inferior  |
| $T_u$                                    | Tiempo muerto equivalente  |
| $T_v$                                    | Tiempo de derivada   |
| $T_{nk}, (T_{vk})$                       | Tiempo de restablecimiento (tiempo de derivada) en la representación en serie del elemento PID con $T_n > 4T_v$  |
| $T_{nk\delta}, (T_{vk\delta})$           | Tiempo de restablecimiento (tiempo de derivada) en la representación en serie del elemento PID con $T_n > 4T_v$ , determinado según el requisito de la fase                |
| $T_{nk\varepsilon}, (T_{vk\varepsilon})$ | Tiempo de restablecimiento (tiempo de derivada) en la representación en serie del elemento PID con $T_n > 4T_v$ , determinado según el requisito del margen de ganancia    |
| $\varepsilon$                            | Margen de ganancia   |
| $\delta$                                 | Margen de fase   |
| $\varphi\delta$                          | Fase de la conexión en serie (sistema controlado, equipo de medición) en la frecuencia angular de cruce de ganancia $\omega_D$ , que cumple con el margen de fase $\delta$ |
| $\varphi\varepsilon$                     | Fase de la conexión en serie (sistema controlado, equipo de medición) en la frecuencia angular de cruce de fase $\omega_\pi$   |
| $\phi(\omega)$                           | Fase de la respuesta   |
| $\phi_b(\omega)$                         | Fase de la respuesta del circuito abierto de control   |
| $\phi_R(\omega)$                         | Fase de la respuesta del elemento de control   |
| $\phi_y(\omega)$                         | Fase de la respuesta de la conexión en serie del sistema controlado y el equipo de medición  |
| $\varrho$                                | Frecuencia de amortiguamiento  |
| $\omega$                                 | Frecuencia angular   |
| $\omega_0$                               | Frecuencia angular característica  |
| $\omega_\delta$                          | Frecuencia angular propia  |
| $\omega_D$                               | Frecuencia angular de cruce de ganancia  |
| $\omega_E$                               | Frecuencia angular en el quiebre   |
| $\omega_{D\delta}$                       | Frecuencia angular de cruce de ganancia al cumplir con la condición de margen de fase  |
| $\omega_{D\varepsilon}$                  | Frecuencia angular de cruce de ganancia al cumplir con la condición de margen de ganancia  |
| $\omega_\pi$                             | Frecuencia angular de cruce de fase  |
| $\omega_{\pi\varepsilon}$                | Frecuencia angular de cruce de fase, cumpliendo con el margen de ganancia $\varepsilon$  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Simbología de control**

FUENTE: <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00525179001075223667.pdf>  
Consultado el 12/01/2011, recopilado con fines académicos.

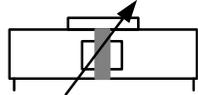
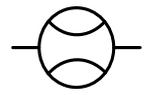
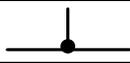
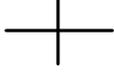
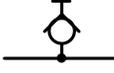
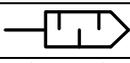
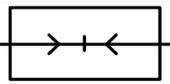
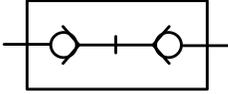
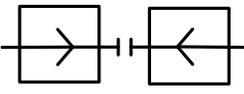
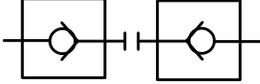
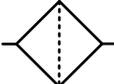
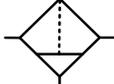
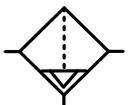
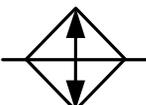
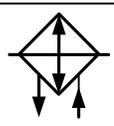
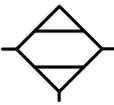
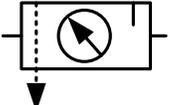
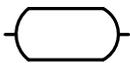
| Designación | Tabla de función   | Ecuación                    | Símbolo DIN 40900-12 | Símbolo ISO 1219/1 neumática | Símbolo DIN en 60617-7 eléctrico |
|-------------|--|-----------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Identidad   | $\begin{array}{c c} E & A \\ \hline 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{array}$  | $A = E$                     |                      |                              |                                  |
| Negación    | $\begin{array}{c c} E & A \\ \hline 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{array}$  | $A = \bar{E}$               |                      |                              |                                  |
| OR          | $\begin{array}{c c c} E1 & E2 & E3 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$ | $A = E1 \vee E2$            |                      |                              |                                  |
| AND         | $\begin{array}{c c c} E1 & E2 & A \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$  | $A = E1 \wedge E2$          |                      |                              |                                  |
| Inhibición  | $\begin{array}{c c c} E1 & E2 & A \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{array}$  | $A = E1 \wedge \bar{E2}$    |                      |                              |                                  |
| Implicación | $\begin{array}{c c c} E1 & E2 & A \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$  | $A = E1 \vee \bar{E2}$      |                      |                              |                                  |
| NOR         | $\begin{array}{c c c} E1 & E2 & A \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{array}$  | $A = \overline{E1 \vee E2}$ |                      |                              |                                  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Designación     | Tabla de función  | Ecuación | Símbolo DIN 40900-12 | Símbolo ISO 1219/1 neumática | Símbolo DIN en 60617-7 eléctrico |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
|-----------------|---|----------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|--|
| NAND            | <table border="1"> <tr><td>E1</td><td>E2</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>   | E1       | E2                   | A                            | 0                                | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | $A = \overline{E1 \wedge E2}$ |   |   |   |   |  |  |  |  |
| E1              | E2  | A        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 0   | 1        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 1   | 1        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 0   | 1        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 1   | 0        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| Memoria         | <table border="1"> <tr><td>S</td><td>R</td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table> | S        | R                    | A                            | B                                | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1                             | 0 | 0 | 0 | 1 |  |  |  |  |
| S               | R   | A        | B                    |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 0   | 1        | 0                    |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 0   | 1        | 0                    |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 1   | 0        | 1                    |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 0   | 0        | 1                    |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| Timer on delay  | <table border="1"> <tr><td>E</td><td>Tiempo vencido</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>  | E        | Tiempo vencido       | A                            | 0                                | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| E               | Tiempo vencido  | A        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 0   | 0        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 0   | 0        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 1   | 1        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| Timer off delay | <table border="1"> <tr><td>E</td><td>Tiempo vencido</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>  | E        | Tiempo vencido       | A                            | 0                                | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| E               | Tiempo vencido  | A        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 0   | 0        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1               | 0   | 1        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 0               | 1   | 0        |                      |                              |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                               |   |   |   |   |  |  |  |  |

| Descripción                                | Símbolo | Descripción  | Símbolo |
|--|---------|--|---------|
| Compresor                                  |         | Bomba constante                                    |         |
| Bomba variable                             |         | Bomba de vacío                                     |         |
| Motor neumático                            |         | Motor neumático bidireccional                      |         |
| Motor hidráulico mono-direccional variable |         | Motor hidráulico bidireccional variable            |         |
| Rotring                                    |         | Cilindro simple efecto                             |         |
| Cilindro doble efecto                      |         | Cilindro doble efecto con amortiguamiento variable |         |
| Cilindro doble vástago                     |         | Cilindro telescópico                               |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Descripción                                | Símbolo   | Descripción                | Símbolo   |
|--|---|----------------------------|---|
| Cilindro sin vástago                       |    | Flujómetro                 |    |
| Manómetro                                  |    | Mirilla                    |    |
| Tacómetro                                  |    | Línea                      |    |
| Línea flexible                             |    | Alimentación neumática     |    |
| Alimentación hidráulica                    |    | Línea de conexión          |    |
| Cruce de líneas                            |    | Racor bloqueado            |    |
| Silenciador                                |    | Salida de aire sin racor   |    |
| Salida de aire con racor                   |    | Bloqueo                    |    |
| Conexión rotatoria                         |   | Acoplamiento conectado     |   |
| Acoplamiento conectado con antirretorno    |  | Acoplamiento no conectado  |  |
| Acoplamiento no conectado con antirretorno |  | Válvula de paso            |  |
| Filtro                                     |  | Filtro con deposito manual |  |
| Filtro con deposito automático             |  | Enfriador                  |  |
| Enfriador con flujo volumétrico externo    |  | Secador                    |  |
| Lubricador                                 |  | Unidad de mantenimiento    |  |
| Depósito                                   |  | Sensor réflex              |  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Descripción                               | Símbolo | Descripción                                  | Símbolo |
|---|---------|--|---------|
| Boquilla reguladora de presión            |         | Boquilla                                     |         |
| Boquilla receptora con suministro de aire |         | Interruptor neumático con imán permanente    |         |
| Accionamiento general                     |         | Botón pulsador                               |         |
| Accionamiento de jalar                    |         | Accionamiento de palanca                     |         |
| Accionamiento de pedal                    |         | Accionamiento de Leva                        |         |
| Accionamiento de resorte                  |         | Accionamiento de rodillo                     |         |
| Accionamiento de rodillo escamotable      |         | Accionamiento de posición inicial            |         |
| Accionamiento neumático                   |         | Accionamiento de presión diferencial         |         |
| Accionamiento neumático y resorte         |         | Accionamiento de solenoide                   |         |
| Accionamiento de motor eléctrico          |         | Accionamiento de motor a pasos               |         |
| Accionamiento múltiple                    |         | Símbolo de accionamiento general             |         |
| Enclavamiento                             |         | Accionamiento de dispositivo central abierto |         |
| Válvula monoestable 2/2 vías NC           |         | Válvula monoestable 2/2 vías NO              |         |
| Válvula monoestable 3/2 vías NC           |         | Válvula monoestable 3/2 vías NO              |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Descripción   | Símbolo | Descripción  | Símbolo |
|---|---------|--|---------|
| Válvula biestable<br>3/3 vías NC  |         | Válvula biestable<br>4/2 vías NO                             |         |
| Válvula biestable<br>4/3 vías centros<br>cerrados   |         | Válvula biestable<br>4/3 vías con<br>derivación a<br>tanque  |         |
| Válvula biestable<br>5/2 vías NO  |         | Válvula biestable<br>5/3 vías centros<br>cerrados            |         |
| Válvula<br>reguladora de<br>caudal<br>bidireccional   |         | Válvula reguladora<br>de caudal<br>bidireccional<br>variable |         |
| Válvula<br>reguladora de<br>caudal<br>bidireccional<br>variable   |         | Divisor de flujo   |         |
| Válvula reguladora<br>de caudal<br>bidireccional<br>variable, con<br>accionamiento<br>mecánico y regreso<br>por resorte |         | Válvula de presión<br>ajustable con<br>alivio                |         |
| Válvula de<br>presión<br>secuencial<br>ajustable  |         | Válvula reguladora<br>de presión<br>ajustable sin alivio     |         |
| Válvula<br>reguladora de<br>presión ajustable<br>con alivio   |         | Check  |         |
| Check con resorte   |         | Válvula de<br>simultaneidad                                  |         |
| Válvula de escape<br>rápido   |         | Válvula selectora  |         |
| Válvula<br>reguladora de<br>caudal mono-<br>direccional   |         |  |         |

**Tabla comparativa de los símbolos eléctricos**

FUENTE: <http://www.extranet.schneider-electric.com.mx/opencms/opencms/SchneiderElectric/modules/Documentacion/Formulas/SimbolosIEC2.pdf>.  
Consultado el 12/01/2011, recopilado con fines académicos.

| Naturaleza de los símbolos gráficos        | Normas europeas | Normas EU |
|--|-----------------|-----------|
| Contacto de cierre "NA" potencia-control   |                 |           |
| Contacto de apertura "NC" potencia-control |                 |           |
| Contacto temporizado al accionamiento      |                 |           |
| Contacto temporizado al desaccionamiento   |                 |           |
| Cortocircuito fusible                      |                 |           |
| Relé de protección                         |                 |           |
| Bobinas                                    |                 |           |
| Seccionadores                              |                 |           |
| Disyuntores                                |                 |           |
| Motores                                    |                 |           |

**SÍMBOLOS IEC**

**FUENTE:** <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-sensores-electronicos.htm>. Consultado el 06/10/2014, recopilado con fines académicos.

**Simbología / Símbolos de transductores, sensores, detectores**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO |
|---|---------|--|---------|
| Transductor<br>Símbolo genérico   |         | Transductor<br>piezoeléctrico                      |         |
| Resistencia /<br>Resistor LDR<br>Resistencia sensible<br>a la luz       |         | Micrófono<br>Detector de sonidos                   |         |
| Detector de líquidos  |         | Detector de<br>termoluminiscencia                  |         |
| Fotodiodo Diodo<br>sensible a la luz<br>visible o infrarroja            |         | Fototransistor<br>Transistor sensible a la<br>luz  |         |
| Sensor<br>electrostático<br>Sensor sensible al<br>tacto                 |         | Sensor electrostático<br>Sensor sensible al tacto  |         |
| Sensor<br>electrostático<br>Sensor sensible al<br>tacto                 |         | Interruptor de mercurio<br>Detecta la inclinación  |         |
| Reed / Relé de<br>láminas<br>Se cierra a la<br>proximidad de un<br>imán |         | Interruptor detector de fin<br>de carrera o límite |         |

Símbolos de contactos por efectos o dependencias

**FUENTE:** <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-sensores-electronicos.htm>. Consultado el 06/10/2014, recopilado con fines académicos.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|--|---------|---|---------|
| Contacto de nivel<br>Accionado por el<br>nivel de un fluido  |         | Contacto térmico<br>Accionado por un relé<br>térmico por el efecto de<br>la temperatura |         |
| Contacto de nivel<br>Accionado por el<br>nivel de un fluido  |         | Contacto térmico<br>Accionado por el efecto<br>de la temperatura                        |         |
| Contacto por flujo<br>Accionado por el<br>flujo de un fluido |         | Presostato<br>Contacto accionado por<br>presión   |         |
| Contacto por flujo<br>Accionado por el<br>flujo de un fluido |         | Presostato<br>Contacto accionado por<br>presión   |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                               | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|---|---------|---|---------|
| Contacto accionado por el flujo de un gas |         | Termostato<br>Contacto térmico, accionado por el efecto de la temperatura |         |
| Contacto por frecuencia                   |         | Contacto accionado por un contador de impulsos                            |         |

Símbolos de sensores por proximidad

**FUENTE:** <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-sensores-electronicos.htm>. Consultado el 06/10/2014, recopilado con fines académicos.

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|---|---------|---|---------|
| Contacto por proximidad<br>Símbolo genérico   |         | Sensor sensible por proximidad<br>Representación unifilar<br>Símbolo genérico |         |
| Contacto por proximidad a un imán   |         | Contacto por proximidad al hierro   |         |
| Sensor sensible al tacto  |         | Sensor capacitivo sensible por proximidad a sólidos                           |         |
| Sensor de proximidad capacitivo, salida normalmente abierta                           |         | Sensor de proximidad capacitivo, salida normalmente cerrada                   |         |
| Sensor de proximidad capacitivo de 3 hilos, salida normalmente abierta                |         | Sensor de proximidad capacitivo de 3 hilos, salida normalmente cerrada        |         |
| Sensor de proximidad capacitivo de 4 hilos, con 2 salidas, una abierta y otra cerrada |         | Sensor con fibra óptica   |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Símbolos de optoacopladores / Optoaisladores  
Detectores fotoeléctricos, optoelectrónicos

**FUENTE:** <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-sensores-electronicos.htm>. Consultado el 06/10/2014, recopilado con fines académicos.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO |
|--|---------|--|---------|
| Optoacoplador /<br>Optoaislador<br>Diodo -<br>Semiconductor                              |         | Optoacoplador /<br>Optoaislador<br>Diodo - Diac    |         |
| Optoacoplador de<br>dos receptores   |         | Optoacoplador<br>Diodo - Transistor                |         |
| Optoacoplador<br>encapsulado<br>Diodo - Transistor<br>con hueco para el<br>corte del haz |         | Optoacoplador<br>encapsulado<br>Diodo - Transistor |         |

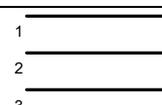
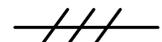
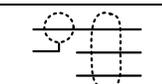
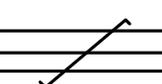
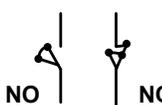
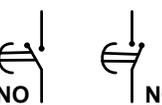
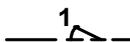
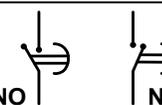
Símbolos de termopares / termocuplas  
Transductores detectores de temperatura

**FUENTE:** <http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-sensores-electronicos.htm>. Consultado el 06/10/2014, recopilado con fines académicos.

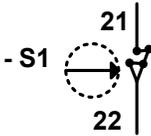
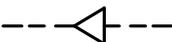
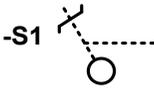
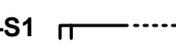
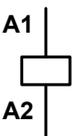
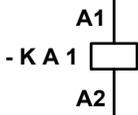
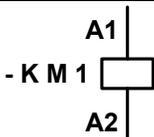
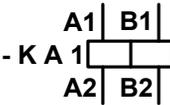
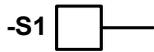
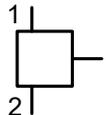
| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO |
|---|---------|--|---------|
| Termopar /<br>Termocupla<br>Termoacoplador                        |         | Termopar / Termocupla<br>Termoacoplador                        |         |
| Termopar /<br>Termocupla  |         | Termopar / Termocupla  |         |
| Termopar polarizado<br>El lado grueso es el<br>polo negativo      |         | Termopar polarizado  |         |
| Termopar /<br>Termocupla<br>Con elemento<br>calefactor no aislado |         | Termopar / Termocupla<br>Con elemento calefactor<br>no aislado |         |
| Termopar /<br>Termocupla<br>Con elemento<br>calefactor aislado    |         | Termopar / Termocupla<br>Con elemento calefactor<br>aislado    |         |

Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura

FUENTE: <http://www.extranet.schneider-electric.com.mx/opencms/opencms/SchneiderElectric/modules/Documentacion/Formulas/SimbolosIEC2.pdf>  
f. Consultado el 12/01/2011, recopilado con fines académicos.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO  | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|--|--|---|---|
| Corriente alterna  |   | Conductor, circuito auxiliar                                    |    |
| Corriente continua   |   | Conductor, circuito principal                                   |    |
| Corriente rectificadora                                    |   | Haz de 3 conductores  |    |
| Corriente alterna trifásica de 50 Hz                       | 3  50 Hz  | Representación de un hilo                                       |    |
| Tierra   |   | Conductor neutro (N)  |    |
| Masa   |   | Conductor de protección (PE)                                    |    |
| Tierra de protección                                       |   | Conductor de protección y neutro unidos                         |  |
| Tierra sin ruido   |   | Conductores apantallados  |  |
| Fusible-seleccionador                                      |   | Conductores par trenzado  |  |
| 1 Enlace mecánico (forma 1)<br>2 Enlace mecánico (forma 2) | 1 <br>2  | Interruptor de posición   |  |
| Dispositivo de retención                                   |   | Contactos de cierre o apertura temporizados al accionamiento    |  |
| Dispositivo de retención en toma                           |   | Contactos de cierre o apertura temporizados al desaccionamiento |  |

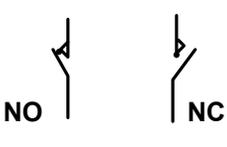
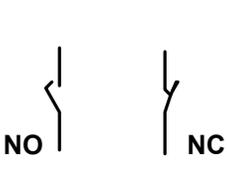
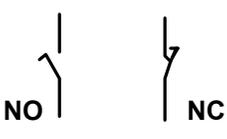
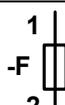
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|---|---|---|---|
| Dispositivo de retención liberado                           |    | Interruptor de posición de apertura, de maniobra de apertura positiva |    |
| Retorno automático  |    | Mando mecánico manual de palanca                                      |    |
| Retorno no automático                                       |    | Mando mecánico manual de palanca con maneta                           |    |
| Retorno no automático en toma                               |    | Mando mecánico manual de llave  |    |
| Enclavamiento mecánico                                      |    | Mando mecánico manual de manivela                                     |    |
| Dispositivo de bloqueo                                      |   | Enganche de pulsador de desenganche automático                        |   |
| Mando electromagnético<br>Símbolo general                   |  | Mando de roldana  |  |
| Mando electromagnético<br>Contactor auxiliar                |  | Mando de leva y roldana   |  |
| Mando electromagnético<br>Contactor                         |  | Control mediante motor eléctrico                                      |  |
| Mando electromagnético<br>de 2 devanados                    |  | Control por acumulación de energía mecánica                           |  |
| Mando electromagnético<br>de puesta en<br>trabajo retardada |  | Relé de medida o dispositivo emparentado<br>Símbolo general           |  |

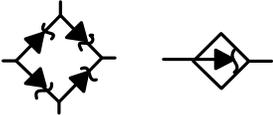
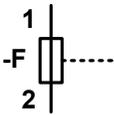
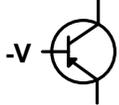
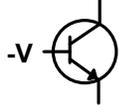
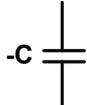
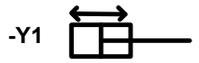
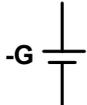
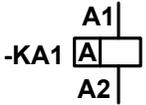
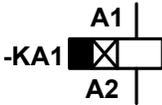
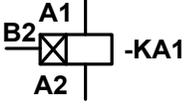
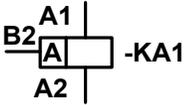
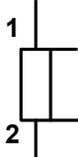
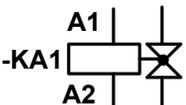
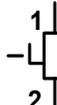
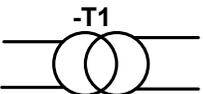
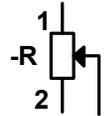
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|--|---------|---|---------|
| Mando electromagnético de puesta en reposo retardada       |         | Relé de sobreintensidad de efecto magnético                         |         |
| Mando electromagnético de un relé de remanencia            |         | Relé de sobreintensidad de efecto térmico                           |         |
| Mando electromagnético de enclavamiento mecánico           |         | Relé de máxima corriente  |         |
| Mando electromagnético de un relé de polarizado            |         | Relé de mínima tensión  |         |
| Contacto "NA" (de cierre)<br>1 – principal, 2 – auxiliar   |         | Relé de de falta de tensión   |         |
| Contacto "NC" (de apertura)<br>1 – principal, 2 – auxiliar |         | Dispositivo accionado por frecuencia                                |         |
| Interruptor  |         | Dispositivo accionado por el nivel de un fluido                     |         |
| Seccionador  |         | Dispositivo accionado por un número de sucesos                      |         |
| Contactador  |         | Contactos de dos direcciones no solapado (apertura antes de cierre) |         |

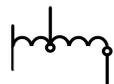
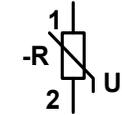
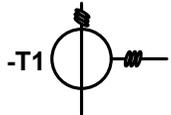
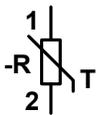
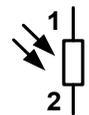
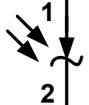
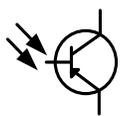
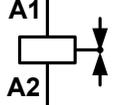
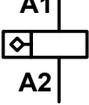
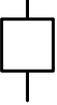
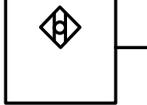
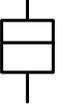
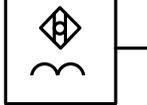
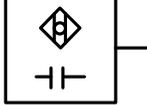
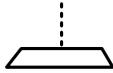
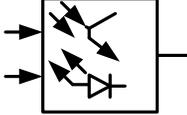
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO   |
|---|---|--|---|
| Ruptor  |    | Contactos de dos direcciones solapado  |    |
| Disyuntor   |    | Contacto de dos direcciones con posición mediana de apertura   |    |
| Interruptor-seccionador   |    | Contactos presentados en posición accionada  |    |
| Interruptor-seccionador de apertura automática                                  |    | Contactos de apertura o cierre anticipado. Funcionan antes que los contactos restantes de un mismo conjunto    |    |
| Mando por efecto de proximidad  |   | Contactos de apertura o cierre retardado. Funcionan más tarde que los contactos restantes de un mismo conjunto |   |
| Mando por roce  |  | Contacto de paso con cierre momentáneo al accionamiento de su mando  |  |
| Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación de un imán |  | Contacto de paso con cierre momentáneo al desaccionamiento de su mando   |  |
| Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación del hierro |  | Contactos de cierre de posición mantenida  |  |
| Diodo   |  | Cortocircuito fusible  |  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN                          | SÍMBOLO   |
|---|---|--------------------------------------|---|
| Rectificador en acoplamiento de doble vía (puente rectificador) símbolo desarrollado – símbolo simplificado |    | Cortocircuito fusible con percutor   |    |
| <b>Otros tipos de mandos</b>  |   |                                      |   |
| Transistor PNP  |    | Tiristor NPN                         |    |
| Mando neumático o hidráulico de efecto simple   |    | Condensador                          |    |
| Mando neumático o hidráulico de efecto doble  |    | Elemento de pila o de acumulador     |    |
| Mando electromagnético de un relé intermitente  |   | Resistencia                          |   |
| Mando electromagnético de accionamiento y desaccionamiento retardados                                       |  | Dispositivo accionado por caudal     |  |
| Bobina de relé RH temporizado en reposo   |  | Dispositivo accionado por la presión |  |
| Bobina de relé RH de impulso en desactivación   |  | Shunt                                |  |
| Bobina de electroválvula  |  | Inductancia                          |  |
| Transformado de tensión   |  | Potenciómetro                        |  |

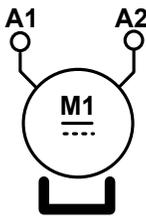
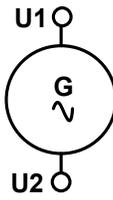
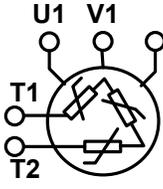
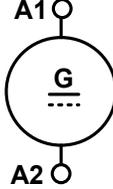
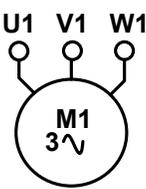
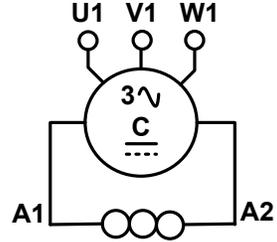
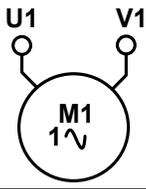
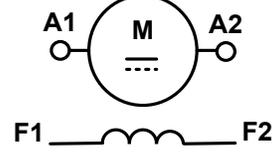
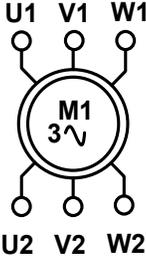
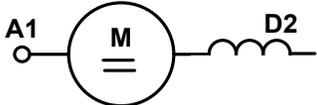
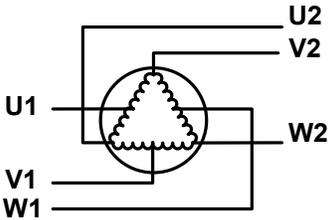
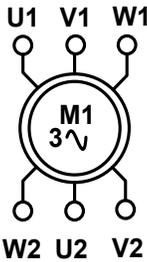
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                          | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Autotransformador                    |    | Resistencia dependiente de la tensión: varistancia      |    |
| Transformador de corriente           |    | Resistencia dependiente de la temperatura: termistancia |    |
| Chispómetro                          |    | Fotorresistencia  |    |
| Pararrayos                           |    | Fotodiodo   |    |
| Fototransistor (tipo PNP)            |    | Válvula   |    |
| Aparato indicador<br>Símbolo general |   | Electroválvula  |   |
| Amperímetro                          |  | Contador de impulsos                                    |  |
| Aparato grabador<br>Símbolo general  |  | Contador sensible al roce                               |  |
| Amperímetro grabador                 |  | Contador sensible a la proximidad                       |  |
| Contador<br>Símbolo general          |  | Detector de proximidad inductivo                        |  |
| Contador de amperios-hora            |  | Detector de proximidad capacitivo                       |  |
| Freno<br>Símbolo general             |  | Detector fotoeléctrico                                  |  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN                                 | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO |
|---|---------|---|---------|
| Freno apretado                              |         | Convertidor<br>Símbolo general                      |         |
| Freno aflojado                              |         | Derivación  |         |
| Reloj                                       |         | Derivación doble                                    |         |
| Lámpara de señalización o de alumbrado (1)  |         | Cruce sin conexión                                  |         |
| Dispositivo luminoso intermitente (1)       |         | Borna   |         |
| Avisador acústico                           |         | Puente de bornas, ejemplo con referencias de bornas |         |
| Timbre                                      |         | Toma<br>1 – mando, 2 – potencia                     |         |
| Sirena                                      |         | Conexión por contacto deslizante                    |         |
| Zumbador                                    |         | Clavija<br>1 – mando, 2 – potencia                  |         |
| Motor asíncrono trifásico, rotor de anillos |         | Motor de corriente continua de excitación compuesta |         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO   |
|---|---|---|---|
| Motor de imán permanente  |    | Generador de corriente alterna  |    |
| Motor asíncrono equipado con sondas de termistancia                           |    | Generador de corriente continua   |    |
| Motor asíncrono trifásico, de rotor en cortocircuito                          |    | Conmutador (trifásico/continuo) de excitación en derivación                 |    |
| Motor asíncrono monofásico  |   | Motor de corriente continua de excitación separada                          |   |
| Motor asíncrono de dos devanados estator separados (motor de dos velocidades) |  | Motor de corriente continua de excitación en serie                          |  |
| Motor asíncrono de acoplamiento de polos (motor de dos velocidades)           |  | Motor asíncrono con seis bornes de salida (acoplamiento estrella-triángulo) |  |

## Sistemas eléctricos

### Fórmulas básicas de circuitos de corriente alterna

Leyes de Kirchoff

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n V_i = 0$$

Ley de Ohm

$$V = ZI$$

$$I = YV$$

Impedancia/admitancia

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

$$Z = \frac{1}{Y}$$

$$Y = \frac{1}{Z}$$

Potencias monofásicas

$$P_\varphi = V_{LN} I_F \cos \theta_\varphi \quad Q_\varphi = V_{LN} I_F \operatorname{sen} \theta_\varphi$$

$$S_\varphi = V_{LN} I_F \quad f.p. = \frac{P_\varphi}{S_\varphi} = \cos \theta_\varphi$$

Relaciones de tensión (voltaje) y corriente en la conexión en estrella

$$V_{LL} = \sqrt{3} (V_{LN})$$

$$I_L = I_F$$

Relaciones de tensión (voltaje) y corriente en la conexión en delta

$$V_{LL} = V_{LN}$$

$$I_L = \sqrt{3} (I_F)$$

$I_i$  = corrientes que inciden en un nodo (A)

$V_i$  = tensiones (voltajes) alrededor de una malla (V)

$V$  = caída de tensión (voltaje) en la impedancia (V)

$Z$  = impedancia ( $\Omega$ )

$I$  = corriente a través de la impedancia (A)

$I$  = corriente a través de la admitancia (A)

$V$  = caída de voltaje en la admitancia (V)

$Y$  = admitancia (S)

$|Z|$  = magnitud de la impedancia ( $\Omega$ )

$R$  = resistencia ( $\Omega$ )

$X$  = reactancia ( $\Omega$ )

$P_\varphi$  = potencia activa monofásica (W)

$Q_\varphi$  = potencia reactiva monofásica (var)

$S_\varphi$  = potencia aparente monofásica (VA)

$f.p.$  = factor de potencia

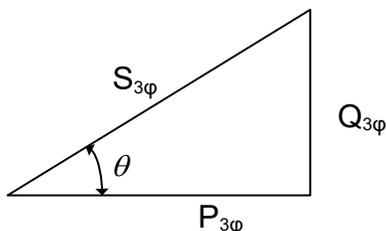
$V_{LN}$  = tensión (voltaje) de línea a neutro (V)

$V_{LL}$  = tensión (voltaje) de línea a línea (V)

$I_L$  = corriente de línea (A)

$I_F$  = corriente de fase (A)

### Triángulo de potencia en sistemas trifásicos



Potencias con tensión (voltaje)/corriente de fase

$$P_{3\varphi} = 3V_{LN} I_F \cos \theta_\varphi$$

$$Q_{3\varphi} = 3V_{LN} I_F \operatorname{sen} \theta_\varphi$$

$$S_{3\varphi} = 3V_{LN} I_F$$

$$f.p. = \frac{P_{3\varphi}}{S_{3\varphi}} = \cos \theta_\varphi$$

$P_{3\varphi}$  = potencia activa trifásica (W)

$Q_{3\varphi}$  = potencia reactiva trifásica (var)

$S_{3\varphi}$  = potencia aparente trifásica (VA)

$f.p.$  = factor de potencia

$V_{LN}$  = tensión (voltaje) de línea a neutro (V)

$I_F$  = corriente de fase (A)

$V_{LL}$  = tensión (voltaje) de línea a línea (V)

$I_L$  = corriente de línea (A)

$Q_{3\varphi C}$  = potencia reactiva del banco de capacitores (var)

$Q_{3\varphi \text{ antes } C}$  = potencia reactiva del sistema antes del banco de capacitores (var)

$Q_{3\varphi \text{ después } C}$  = potencia reactiva del sistema después del banco capacitores (var)

$X_\varphi$  = reactancia capacitiva por fase ( $\Omega$ )

$C_\varphi$  = capacitancia por fase (F)

$f$  = frecuencia (Hz)

**Potencias con tensión (voltaje)/corriente de línea**

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}V_{LL}I_L \cos\theta_\phi \quad Q_{3\phi} = \sqrt{3}V_{LL}I_L \text{sen}\theta_\phi$$

$$S_{3\phi} = \sqrt{3}V_{LL}I_L \quad f.p. = \frac{P_{3\phi}}{S_{3\phi}} = \cos\theta_\phi$$

Compensación del factor de potencia en sistemas trifásicos (con banco de capacitores)

$$Q_{3\phi C} = Q_{3\phi \text{ antes } C} - Q_{3\phi \text{ después } C}$$

$$Q_{3\phi C} = \frac{3V_{LN}^2}{X_\phi} \quad C_\phi = -\frac{1}{(2\pi f X_\phi)}$$

**Fórmulas para el sistema en por unidad**

Cantidades en por unidad (pu)

$$\text{Valor en por unidad} = \frac{\text{valor real}}{\text{valor base}}$$

Tensiones (voltajes), corrientes e impedancias en pu

$$V_{pu} = \frac{V}{V_B}$$

$$I_{pu} = \frac{I}{I_B}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_B}$$

$$Z_B = \frac{V_B}{I_B}$$

$$I_B = \frac{S_{B1\phi}}{V_{BLN}}$$

$$I_B = \frac{S_{B3\phi}}{\sqrt{3}(V_{BLL})}$$

$$Z_B = \frac{V_{BLN}}{I_B}$$

$$Z_B = \frac{V_{BLL}}{\sqrt{3}(I_B)} = \frac{(V_{BLL})^2}{S_{B3\phi}}$$

Fórmulas en por unidad con cambio de base en el sistema

$$S_{pu2} = S_{pu1} \left( \frac{S_{B3\phi2}}{S_{B3\phi1}} \right)$$

$$V_{pu2} = V_{pu1} \left( \frac{V_{BLL1}}{V_{BLL2}} \right)$$

$$Z_{pu2} = Z_{pu1} \left( \frac{V_{BLL1}}{V_{BLL2}} \right)^2 \left( \frac{S_{B3\phi2}}{S_{B3\phi1}} \right)$$

$V_{pu}$  = tensión (voltaje) en por unidad (pu)

$I_{pu}$  = corriente en por unidad (pu)

$Z_{pu}$  = impedancia en por unidad (pu)

$V$  = tensión (voltaje) real (V)

$I$  = corriente real (A)

$Z$  = impedancia real ( $\Omega$ )

$Z_B$  = impedancia base ( $\Omega$ )

$V_B$  = tensión (voltaje) base (V)

$I_B$  = corriente base (A)

$V_{BLN}$  = tensión (voltaje) base línea-neutro (V)

$S_{B1\phi}$  = potencia aparente base monofásica (VA)

$V_{BLL}$  = tensión (voltaje) base línea-línea (V)

$S_{B3\phi}$  = potencia aparente base trifásica (VA)

$S_{pu2}$  = potencia aparente en por unidad nueva (pu)

$S_{pu1}$  = potencia aparente en por unidad dada (pu)

$V_{pu2}$  = tensión (voltaje) en por unidad nueva (pu)

$V_{pu1}$  = tensión (voltaje) en por unidad dada (pu)

$Z_{pu2}$  = impedancia en por unidad nueva (pu)

$Z_{pu1}$  = impedancia en por unidad dada (pu)

$V_{BLL1}$  = voltaje base línea-línea dado (V)

$V_{BLL2}$  = voltaje base línea-línea nuevo (V)

Nota: es común elegir como base los kV del sistema de potencia

$S_{B3\phi1}$  = potencia aparente base trifásica dada (VA)

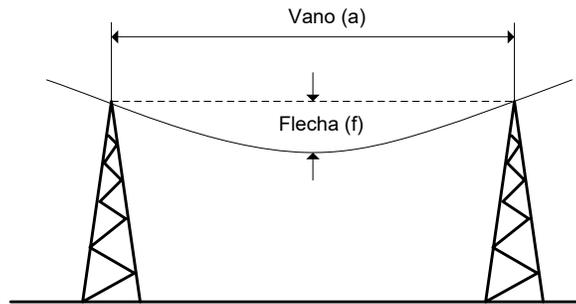
$S_{B3\phi2}$  = potencia aparente base trifásica nueva

(VA)

Nota: es común elegir los MVA del sistema de potencia como

base. Las fórmulas de potencia aparente también pueden utilizarse para potencia activa (P) y reactiva (Q), utilizando sus valores base correspondientes. Las fórmulas de impedancia pueden utilizarse para resistencia (R) y reactancia (X) utilizando sus valores base correspondientes.

**Fórmulas para el cálculo de flechas**

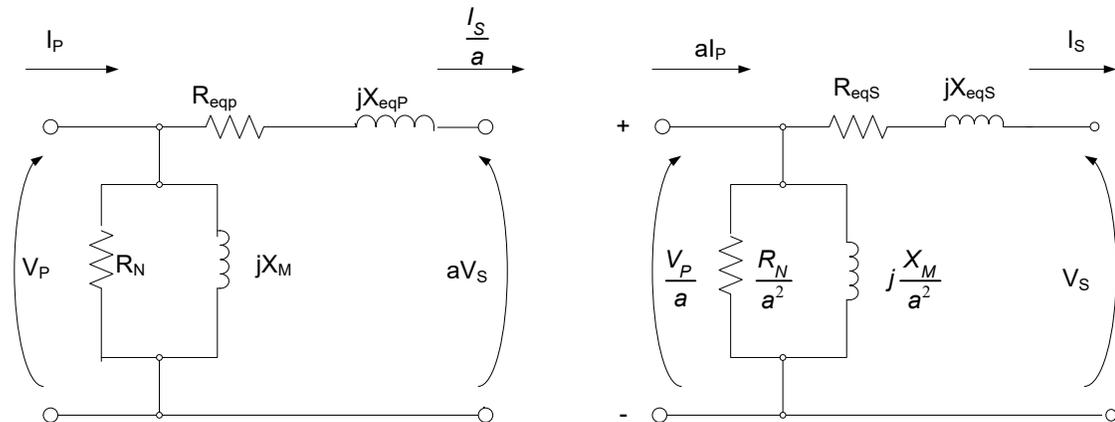


$$T_A = \frac{Wa^2}{8f}$$

$$FS = \frac{T_r}{T_A}$$

$T_A$  = tensión en el cable (N)  
 $W$  = peso del conductor por unidad de longitud (N/m)  
 $a$  = distancia del vano (m)  
 $f$  = distancia de flecha (m)  
 FS = factor de seguridad  
 $T_r$  = la tensión de ruptura (N)

**Fórmulas para el análisis de transformadores**



**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Ecuación para el modelo referido al secundario

$$\frac{V_P}{a} = V_S + R_{eqS} I_S + jX_{eqS} I_S$$

Ecuación para el modelo referido al primario

$$V_P = aV_S + R_{eqP} \frac{I_S}{a} + jX_{eqP} \frac{I_S}{a}$$

Cálculo de regulación de voltaje para generadores síncronos

$$\%RV = \frac{(V_{SC} - V_{PC})}{V_{PC}} \times 100$$

Cálculo de pérdidas y eficiencia para transformadores

$$P_{ent} = P_{sal} + P_{cu} + P_{nu}$$

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \times 100$$

$R_{eqP}$  = resistencia equivalente referida al primario ( $\Omega$ )

$X_{eqP}$  = reactancia equivalente referida al primario ( $\Omega$ )

$V_P$  = tensión (voltaje) del primario (V)

$V_S$  = tensión (voltaje) del secundario (V)

$I_P$  = corriente del primario (A)

$I_S$  = corriente de secundario (A)

$R_N$  = resistencia de la rama de excitación ( $\Omega$ )

$X_M$  = reactancia de la rama de excitación ( $\Omega$ )

$a$  = relación de transformación

$R_{eqS}$  = resistencia equivalente referida al secundario ( $\Omega$ )

$X_{eqS}$  = reactancia equivalente referida al secundario ( $\Omega$ )

$\%RV$  = porcentaje de regulación de tensión (voltaje)

$V_{SC}$  = tensión (voltaje) sin carga (V)

$V_{PC}$  = tensión (voltaje) de plena carga (V)

$P_{sal}$  = potencia de salida del transformador (W)

$P_{ent}$  = potencia de entrada del transformador (W)

$P_{cu}$  = pérdidas en el cobre,  $I^2R$ , (W)

$P_{nu}$  = pérdidas en el núcleo, por histéresis y corrientes parásitas, (W)

$\eta$  = eficiencia del transformador

#### Cálculo de corriente de falla

#### Corrientes de cortocircuito y reactancias de máquinas síncronas

Corriente subtransitoria

$$\bar{I}'' = \frac{\bar{I}_m''}{\sqrt{2}} = \frac{\bar{E}_g}{X_d''}$$

Corriente transitoria

$$\bar{I}' = \frac{\bar{I}_m'}{\sqrt{2}} = \frac{\bar{E}_g}{X_d'}$$

Corriente permanente

$$\bar{I} = \frac{\bar{I}_m}{\sqrt{2}} = \frac{\bar{E}_g}{X_d}$$

#### Tensiones (voltajes) internas de las máquinas síncronas en condiciones transitorias

Para generadores

$$\bar{E}_g'' = \bar{V}_t + j\bar{I}_L X'' \quad \bar{I}_g'' = \frac{\bar{E}_g''}{X_{dg}''}$$

Para motores

$$\bar{E}_m'' = \bar{V}_t - j\bar{I}_L X'' \quad \bar{I}_m'' = \frac{\bar{E}_m''}{X_{dm}''}$$

Corriente de falla subtransitoria

$$\bar{I}_f'' = \bar{I}_g'' = \bar{I}_m''$$

$\bar{I}''$  = corriente subtransitoria (A)

$\bar{I}'$  = corriente transitoria (A)

$\bar{I}$  = corriente estado estable (A)

$X_d''$  = reactancia subtransitoria ( $\Omega$ )

$X_d'$  = reactancia transitoria ( $\Omega$ )

$X_d$  = reactancia modo estable ( $\Omega$ )

$\bar{E}_g$  = tensión interna del generador estable

$\bar{E}_g''$  = tensión (voltaje) interna del generador en el periodo subtransitorio (V)

$\bar{V}_t$  = tensión (voltaje) en terminales del generador (V)

$\bar{I}_L$  = corriente de carga (A)

$X_d''$  = reactancia subtransitoria ( $\Omega$ )

$X_{dg}''$  = reactancia subtransitoria del generador ( $\Omega$ )

$X_{dm}''$  = reactancia subtransitoria del motor ( $\Omega$ )

$\bar{E}_m''$  = tensión (voltaje) interna del motor en el periodo subtransitorio (V)

$\bar{I}_f''$  = corriente de falla subtransitoria (A)

$\bar{I}_g''$  = corriente de falla subtransitoria del generador (A)

$\bar{I}_m''$  = corriente de falla subtransitoria del motor (A)

$\bar{I}'$  = corriente de falla transitoria del motor (A)

$\bar{I}_m$  = corriente de falla permanente del motor (A)

**Pérdidas por corriente**

$$P_f = \frac{2.2f^2 \beta_{\max}^2 \Delta^2}{10^{11}}$$

$P_f$  = pérdidas por corriente W/kg  
 $f$  = frecuencia Hz  
 $\beta_{\max}$  = inducción máxima en Gauss  
 $\Delta$  = espesor de la chapa magnética en mm

**Cálculo de sección de conductores**

Resistencia de un conductor

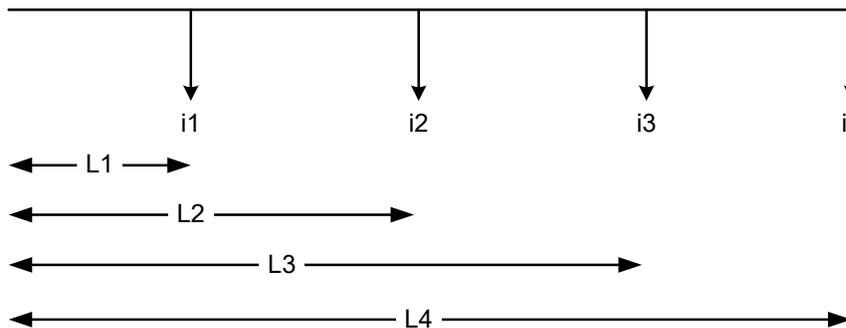
$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Cálculo por caída de tensión trifásico a tres hilos (conexión delta)

$$S = \frac{\rho \sqrt{3} L I}{V_{LL} e} \times 100$$

$R$  = resistencia del conductor ( $\Omega$ )  
 $\rho$  = resistividad del material del conductor ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )  
 $S$  = sección transversal del conductor ( $\text{mm}^2$ )  
 $L$  = longitud del circuito considerado (m)  
 $I$  = corriente eléctrica (A)  
 $V_{LL}$  = tensión (voltaje) de línea a línea (V)  
 $e$  = porcentaje de caída de tensión (%)

**Para circuitos derivados como el que se muestra en la figura:**



$$S = \frac{\rho}{V_p} \sum_{n=1}^n (L_n I_n)$$

$S$  = sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )  
 $\rho$  = resistividad específica del conductor ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )  
 $V_p$  = caída de tensión (voltaje) (V)  
 $L$  = longitud de trayecto de la corriente (m)  
 $I$  = corriente (A)

**Artículos con referencia a la NOM-001-SEDE-2012**

**ARTÍCULO 210. CIRCUITOS DERIVADOS**

**210-19. Conductores. Ampacidad y tamaño mínimos.**

**NOTA 4:** Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión mayor que 3 por ciento en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, fuerza, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión combinada de los circuitos alimentadores y de los circuitos derivados hasta el contacto más lejano no supere 5 por ciento, proporcionarán una razonable eficiencia de funcionamiento.

### ARTÍCULO 215. ALIMENTADORES

#### 215-2. Capacidad y tamaños mínimos del conductor.

**NOTA 2:** Los conductores de los alimentadores tal como están definidos en el Artículo 100, con un tamaño que evite una caída de tensión superior al 3 por ciento en la salida más lejana para cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere el 5 por ciento, ofrecerán una eficiencia de funcionamiento razonable.

### ARTÍCULO 450. TRANSFORMADORES Y BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES

**450-3. Protección contra sobrecorriente.** La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir (a), (b) o (c) siguientes. Tal como se usa en esta sección, la palabra transformador significará un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que funcionan como una unidad.

**a) Transformadores de más de 600 volts nominales.** La protección contra sobrecorriente se debe suministrar de acuerdo con la Tabla 450-3(a).

**b) Transformadores de 600 volts nominales o menos.** La protección contra sobrecorriente se debe suministrar de acuerdo con la Tabla 450-3(b).

**Tabla 450-3(a).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).**

|   |                                | Protección del secundario (ver la Nota 2) |                           |  |                           |   |
|---|--------------------------------|---|---------------------------|--|---------------------------|---|
|   |                                | Protección del primario, más de 600 volts |                           | Más de 600 volts                       |                           |   |
|   |                                | Interruptor automático (ver la Nota 4)    | Valor nominal del fusible | Interruptor automático (ver la Nota 4) | Valor nominal del fusible | 600 volts o menos<br>Valor nominal del interruptor automático o fusible |
| Cualquier lugar                               | No más del 6%                  | 600%<br>(ver Nota 1)                      | 300%<br>(ver Nota 1)      | 300%<br>(ver Nota 1)                   | 250%<br>(ver Nota 1)      | 125%<br>(ver Nota 1)  |
|   | Más del 6%, pero máximo el 10% | 400%<br>(ver Nota 1)                      | 300%<br>(ver Nota 1)      | 250%<br>(ver Nota 1)                   | 225%<br>(ver Nota 1)      | 125%<br>(ver Nota 1)  |
| Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3). | Cualquiera                     | 300%<br>(ver Nota 1)                      | 250%<br>(ver Nota 1)      | No se exige                            | No se exige               | No se exige   |
|   | No más del 6%                  | 600%                                      | 300%                      | 300%<br>(ver Nota 5)                   | 250%<br>(ver Nota 5)      | 250%<br>(ver Nota 5)  |
|   | Más del 6% pero máximo el 10%  | 400%                                      | 300%                      | 250%<br>(ver Nota 5)                   | 250%<br>(ver Nota 5)      | 250%<br>(ver Nota 5)  |

**NOTAS:**

1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.
2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente del secundario, se permitirá que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del secundario esté compuesto por un máximo de seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de los valores nominales de los dispositivos no debe exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente. Si como dispositivo de protección contra sobrecorriente se utilizan tanto interruptores como fusibles, el total de los valores nominales del dispositivo no debe exceder el permitido para los fusibles.
3. Un lugar supervisado es aquel en que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado supervisará y prestará servicio a la instalación de transformadores.
4. Los fusibles accionados electrónicamente que se puedan ajustar para abrir a una corriente específica se deben ajustar de acuerdo con los ajustes para interruptores automáticos.
5. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga no tenga protección independiente del secundario.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla 450-3(b).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para los transformadores de 600 volts y menos (como un porcentaje nominal de la corriente nominal del transformador)**

| Método de protección                        | Protección del primario       |                                  |                                  | Protección del secundario     |                                  |
|---|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|   | Corrientes de 9 amperes o más | Corrientes de menos de 9 amperes | Corrientes de menos de 2 amperes | Corrientes de 9 amperes o más | Corrientes de menos de 9 amperes |
| <b>Protección del primario solamente</b>    | 125%<br>(véase nota 1)        | 167%                             | 300%                             | No se requiere                | No se requiere                   |
| <b>Protección del primario y secundario</b> | 250%<br>(véase nota 3)        | 250%<br>(véase nota 3)           | 250%<br>(véase nota 3)           | 125%<br>(véase nota 1)        | 167%                             |

**NOTAS:**

1. Cuando el 125 por ciento de la corriente no corresponde a un valor estándar de un fusible o interruptor automático no ajustable, se permitirá elegir el valor nominal estándar inmediatamente superior.
2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente en el secundario, se permitirá que el dispositivo de sobrecorriente del secundario esté compuesto por máximo seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de todos los valores nominales de los dispositivos no deben exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente.
3. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga y dispuesta para interrumpir la corriente del primario, tenga protección contra sobrecorriente en el primario con valor nominal o ajuste a un valor de corriente que no sea más de seis veces la corriente nominal del transformador, para transformadores que no tienen una impedancia de más del 6 por ciento y no más de cuatro veces la corriente nominal del transformador, para transformadores que tienen una impedancia de más del 6 por ciento pero no más del 10 por ciento.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**ARTÍCULO 250 - PUESTA A TIERRA Y UNIÓN**

**Tabla 250-66.- Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna**

| Tamaño del mayor conductor de entrada a la acometida o área equivalente para conductores en paralelo |                   |                  |                   | Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra |             |                 |             |
|--|-------------------|------------------|-------------------|--|-------------|-----------------|-------------|
| Cobre  |                   | Aluminio         |                   | Cobre  |             | Aluminio        |             |
| mm <sup>2</sup>  | AWG o kcmil       | mm <sup>2</sup>  | AWG o kcmil       | mm <sup>2</sup>                                      | AWG o kcmil | mm <sup>2</sup> | AWG o kcmil |
| 33.6 o menor   | 2 o menor         | 53.50 o menor    | 1/0 o menor       | 8.37   | 8           | 13.3            | 6           |
| 42.4 o 53.5  | 1 o 1/0           | 67.40 o 85.00    | 2/0 o 3/0         | 13.3   | 6           | 21.2            | 4           |
| 67.4 o 85.0  | 2/0 o 3/0         | 107 o 127        | 4/0 o 250         | 21.2   | 4           | 33.6            | 2           |
| Más de 85.0 a 177  | Más de 3/0 a 350  | Más de 127 a 253 | Más de 250 a 500  | 33.6   | 2           | 53.5            | 1/0         |
| Más de 177 a 304.0   | Más de 350 a 600  | Más de 253 a 456 | Más de 500 a 900  | 53.5   | 1/0         | 85.0            | 3/0         |
| Más de 304 a 557.38  | Más de 600 a 1100 | Más de 456 a 887 | Más de 900 a 1750 | 67.4   | 2/0         | 107             | 4/0         |
| Más de 557.38  | Más de 1 100      | Más de 887       | Más de 1 750      | 85.0   | 3/0         | 127             | 250         |

**Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos**

| Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de:<br>(amperes) | Tamaño          |             |  |             |
|---|-----------------|-------------|--|-------------|
|   | Cobre           |             | Cable de aluminio o aluminio con cobre |             |
|   | mm <sup>2</sup> | AWG o kcmil | mm <sup>2</sup>                        | AWG o kcmil |
| 15  | 2.08            | 14          | —                                      | —           |
| 20  | 3.31            | 12          | —                                      | —           |
| 60  | 5.26            | 10          | —                                      | —           |
| 100   | 8.37            | 8           | —                                      | —           |
| 200   | 13.30           | 6           | 21.20                                  | 4           |
| 300   | 21.20           | 4           | 33.60                                  | 2           |
| 400   | 33.60           | 2           | 42.40                                  | 1           |
| 500   | 33.60           | 2           | 53.50                                  | 1/0         |
| 600   | 42.40           | 1           | 67.40                                  | 2/0         |
| 800   | 53.50           | 1/0         | 85.00                                  | 3/0         |
| 1 000   | 67.40           | 2/0         | 107                                    | 4/0         |
| 1 200   | 85.00           | 3/0         | 127                                    | 250         |
| 1 600   | 107             | 4/0         | 177                                    | 350         |
| 2 000   | 127             | 250         | 203                                    | 400         |
| 2 500   | 177             | 350         | 304                                    | 600         |
| 3 000   | 203             | 400         | 304                                    | 600         |
| 4 000   | 253             | 500         | 380                                    | 750         |
| 5 000   | 355             | 700         | 608                                    | 1 200       |
| 6 000   | 405             | 800         | 608                                    | 1 200       |

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

\*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

## **ARTÍCULO 430 - MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y CONTROLADORES**

### **430-32. Motores de servicio continuo.**

**a) De más de 746 watts (1 hp).** Todos los motores de servicio continuo de más de 746 watts (1 hp nominal) deben estar protegidos contra sobrecargas por uno de los medios indicados en (1) hasta (4) siguientes:

**1) Dispositivo separado de protección contra sobrecarga.** Un dispositivo separado de protección contra sobrecarga que sea sensible a la corriente del motor. Este dispositivo se debe seleccionar para que se dispare o debe tener valor nominal no mayor al siguiente porcentaje del valor nominal de corriente de plena carga, de la placa de características del motor:

- |  |                |
|--|----------------|
| • Motores con un factor de servicio marcado de 1.15 ó más        | 125 por ciento |
| • Motores con un aumento de temperatura marcado de 40 °C o menos | 125 por ciento |
| • Todos los demás motores  | 115 por ciento |

**2) Protector térmico.** Un protector térmico integrado con el motor, aprobado para su uso con el motor que protege, con el fin de evitar el sobrecalentamiento peligroso del motor debido a la sobrecarga y a las fallas al arrancar. La corriente máxima de disparo en un motor protegido térmicamente no debe superar los siguientes porcentajes de la corriente de plena carga del motor, presentados en las Tablas 430-248, 430-249 y 430-250:

- |   |                |
|---|----------------|
| • Corriente de plena carga del motor de 9 amperes o menos             | 170 por ciento |
| • Corriente de plena carga del motor entre 9.1 y 20 amperes inclusive | 156 por ciento |
| • Corriente de plena carga del motor mayor a 20 amperes               | 140 por ciento |

Si el dispositivo de interrupción de corriente del motor está separado de él y su circuito de control es operado por un dispositivo protector integrado en el motor, debe estar dispuesto de manera que al abrirse el circuito de control, resulte en una interrupción de la corriente del motor.

**3) Integrado al motor.** Se permitirá instalar un dispositivo de protección integrado al motor que lo proteja contra los daños debidos a las fallas al arrancar, si el motor forma parte de un ensamble aprobado que normalmente no somete al motor a sobrecargas.

**4) De más de 1 120 kilowatts (1 500 caballos de fuerza).** Para motores de más de 1 120 kilowatts (1 500 hp), un dispositivo de protección con detectores de temperatura incorporados en el motor que cause la interrupción del paso de corriente cuando el motor alcance un aumento de la temperatura por encima del marcado en la placa de características, para una temperatura ambiente de 40 °C.

**b) De 746 watts (1 hp) o menos con arranque automático.** Un motor de 746 watts (1 hp) o menos con arranque automático debe estar protegido contra sobrecarga por uno de los siguientes medios:

**1) Dispositivo separado de protección contra sobrecarga.** Por un dispositivo separado de protección contra sobrecarga que cumpla con los requisitos de 430-32(a)(1). En los motores de velocidades múltiples se debe considerar por separado la conexión de cada devanado. Se permitirá modificar estos valores de acuerdo con lo establecido en 430-32(c).

**2) Protector térmico.** Un protector térmico integrado con el motor, aprobado para su uso con el motor que protege, con el fin de evitar el sobrecalentamiento peligroso debido a la sobrecarga y a las fallas al arrancar. Cuando el dispositivo de interrupción de corriente del motor esté separado de él y su circuito de control esté operado por un dispositivo protector integrado en el motor, debe estar dispuesto de manera que al abrirse el circuito de control, resulte en una interrupción de la corriente del motor.

**3) Integrado al motor.** Se permitirá instalar un dispositivo de protección integrado con un motor, que lo proteja contra los daños debidos a las fallas al arrancar:

(1) si el motor forma parte de un ensamble aprobado que normalmente no se somete al motor a sobrecargas, o

(2) si el ensamble está equipado también con otros controles de seguridad (como los controles de combustión de seguridad de un quemador doméstico de combustible) que protejan al motor contra los daños debidos a las fallas al arrancar. Cuando el ensamble cuente con controles de seguridad que protejan al motor, esto se debe indicar en la placa de características del ensamble, que debe quedar visible después de la instalación.

**4) Protegido por impedancia.** Si la impedancia de los devanados del motor es suficiente para evitar el sobrecalentamiento debido a las fallas al arrancar, se permitirá que el motor esté protegido como lo especifica 430-32(d)(2)(a) para los motores con arranque manual, si el motor forma parte de un ensamble aprobado en el cual el motor se auto-limita de modo que no se llegue a sobrecalentarse peligrosamente.

Muchos motores de corriente alterna de menos de 37 watts (1/20 hp), como los motores de relojes, motores en serie, etc. y también otros más grandes, como los de par, entran en esta clasificación. En ella no entran los motores de fase dividida con interruptores automáticos que desconectan los devanados de arranque.

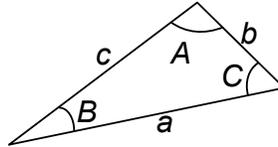
**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Selección de elementos térmicos, protección por sobrecorriente para motores.**

| PARA USARSE CON |             |         | CORRIENTE     | NÚMERO      |
|-----------------|-------------|---------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| CLASE           | TIPO        | TAMAÑO  | A PLENA CARGA | DE ELEMENTO |
| 9065            | CG          | 25 A    | 0.34 - 0.38   | B 0 44      | 0.89 - 0.99   | B 1 16      | 2.29 - 2.52   | B 300       | 5.92 - 6.25   | B 7 70      | 12.5 - 14.1   | B 17 5      |
|                 |             |         | 0.39 - 0.43   | B 0 51      | 1.00 - 1.10   | B 1 30      | 2.53 - 2.87   | B 310       | 6.26 - 6.83   | B 8 20      | 14.2 - 15.7   | B 19 5      |
|                 |             |         | 0.44 - 0.48   | B 0 57      | 1.11 - 1.26   | B 1 45      | 2.88 - 3.28   | B 3 20      | 6.84 - 7.65   | B 9 10      | 15.8 - 17.9   | B 22        |
|                 |             |         | 0.49 - 0.51   | B 0 63      | 1.27 - 1.43   | B 1 67      | 3.29 - 3.75   | B 4 15      | 7.66 - 8.55   | B 1 02      | 18.0 - 20.1   | B 25        |
|                 |             |         | 0.54 - 0.62   | B 0 71      | 1.44 - 1.59   | B 1 80      | 3.76 - 4.27   | B 4 85      | 8.56 - 9.56   | B 1 15      | 20.2 - 22.5   | B 28 0      |
|                 |             |         | 0.63 - 0.69   | B 0 81      | 1.60 - 1.81   | B 2 10      | 4.28 - 4.77   | B 5 50      | 9.57 - 10.3   | B 1 28      | 22.6 - 25.0   | B 32        |
|                 |             |         | 0.70 - 0.78   | B 0 92      | 1.82 - 2.00   | B 2 40      | 4.78 - 5.27   | B 6 25      | 10.4 - 11.3   | B 14        |               |             |
|                 |             |         | 0.79 - 0.88   | B 1 03      | 2.01 - 2.28   | B 2 65      | 5.28 - 5.91   | B 6 90      | 11.4 - 12.4   | B 15 5      |               |             |
|                 |             |         | 0.31 - 0.35   | B 0 44      | 0.93 - 1.03   | B 1 30      | 2.66 - 2.97   | B 3 70      | 7.32 - 8.71   | B 10 2      | 20.1 - 22.9   | B 28 0      |
|                 |             |         | 0.36 - 0.39   | B 0 51      | 1.04 - 1.19   | B 1 45      | 2.98 - 3.47   | B 4 15      | 8.72 - 9.18   | B 11 5      | 23.0 - 25.7   | B 32        |
|                 | 0.40 - 0.44 | B 0 57  | 1.20 - 1.34   | B 1 62      | 3.48 - 3.94   | B 4 85      | 9.19 - 9.90   | B 12 8      | 25.8 - 28.6   | B 36        |               |             |
|                 | 0.45 - 0.50 | B 0 63  | 1.35 - 1.50   | B 1 88      | 3.95 - 4.44   | B 5 50      | 10.0 - 11.0   | B 14        | 28.7 - 32.2   | B 40        |               |             |
|                 | 0.51 - 0.58 | B 0 71  | 1.51 - 1.67   | B 2 10      | 4.45 - 4.94   | B 6 25      | 11.1 - 12.4   | B 15 5      | 32.3 - 35.8   | B 45        |               |             |
|                 | 0.59 - 0.65 | B 0 81  | 1.68 - 1.89   | B 2 40      | 4.95 - 5.52   | B 6 90      | 12.5 - 13.9   | B 17 5      | 35.9 - 40.1   | B 50        |               |             |
|                 | 0.66 - 0.73 | B 0 92  | 1.90 - 2.14   | B 2 65      | 5.53 - 5.88   | B 7 70      | 14.0 - 15.7   | B 19 5      | 40.2 - 45.0   | B 56        |               |             |
|                 | 0.74 - 0.82 | B 1 03  | 2.15 - 2.36   | B 3 00      | 5.89 - 6.52   | B 8 20      | 15.8 - 17.8   | B 22        |               |             |               |             |
|                 | 0.83 - 0.92 | B 1 16  | 2.37 - 2.65   | B 3 30      | 6.53 - 7.31   | B 9 10      | 17.9 - 20.0   | B 25        |               |             |               |             |
|                 | 15.3 - 15.7 | C 20    | 25.9 - 30.4   | C 34        | 38.9 - 44.2   | C 51        | 63.3 - 68.6   | C 83        |               |             |               |             |
|                 | 16.8 - 19.8 | C 22    | 30.5 - 31.9   | C 40        | 44.3 - 50.2   | C 58        | 68.1 - 78.6   | C 90        |               |             |               |             |
|                 | 19.9 - 22.8 | C 26    | 32.0 - 34.2   | C 42        | 50.3 - 57.1   | C 66        | 78.7 - 86.0   | C 103       |               |             |               |             |
|                 | 22.9 - 25.8 | C 30    | 34.3 - 38.8   | C 45        | 57.2 - 63.2   | C 75        |               |             |               |             |               |             |
|                 | 43.6 - 47.3 | CC 54 5 | 54.7 - 59.7   | CC 68.5     | 70.2 - 75.1   | CC 87 7     | 89.3 - 96.5   | CC 112      | 114 - 123     | CC 143      |               |             |
|                 | 47.4 - 51.3 | CC 59 4 | 59.8 - 65.1   | CC 74.6     | 75.2 - 82.2   | CC 94 0     | 96.6 - 104    | CC 121      | 124 - 133     | CC 156      |               |             |
|                 | 51.4 - 54.6 | CC 64 3 | 62.2 - 70.1   | CC 81.5     | 82.3 - 89.2   | CC 10 3     | 105 - 113     | CC 137      |               |             |               |             |
|                 | 40.8 - 44.9 | DD 51   | 57.6 - 62.6   | DD 68       | 86.5 - 91.9   | DD 105      | 132 - 139     | DD 150      | 190 - 209     | DD 230      |               |             |
|                 | 45.0 - 49.3 | DD 55   | 62.7 - 67.6   | DD 73       | 92.0 - 1.00   | DD 112      | 140 - 156     | DD 160      | 210 - 225     | DD 250      |               |             |
|                 |             |         | 67.7 - 72.9   | DD 79       | 1.01 - 1.09   | DD 121      | 157 - 166     | DD 185      | 226 - 238     | DD 265      |               |             |
|                 | 49.4 - 52.8 | DD 59   |               |             |               |             |               |             |               |             |               |             |
|                 | 52.9 - 57.5 | DD 63   | 73.0 - 79.4   | DD 91       | 1.10 - 1.19   | DD 128      | 167 - 180     | DD 213      | 239 - 266     | DD 280      |               |             |
|                 |             |         | 79.5 - 86.4   | DD 98       | 1.20 - 1.31   | DD 140      | 181 - 189     | DD 220      |               |             |               |             |

| Clave                       | Descripción  |
|-----------------------------|--|
| <b>BS EN 61340-5-1:2007</b> | Electrostatics. Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. General requirements (Electrostática. Protección de dispositivos electrónicos de descargas electrostáticas. Requisitos generales) |
| <b>IEC/CEI 61537:2006</b>   | Cable management - Cable tray systems and cable ladder systems (Conducción de cables - sistemas de bandejas y de bandejas de escalera)   |

**Leyes trigonométricas**



|                |   |
|----------------|---|
| Ley de senos   | $\frac{a}{\text{sen}A} = \frac{b}{\text{sen}B} = \frac{c}{\text{sen}C}$   |
| Ley de cosenos | $c^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \text{cos}C$<br>Los otros lados y ángulos están relacionados en forma similar |

**Identidades trigonométricas**

|                                   |  |   |   |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Pitagóricas                       | $\text{sen}^2 \theta + \text{cos}^2 \theta = 1$                    | $1 + \text{tan}^2 \theta = \text{sec}^2 \theta$   | $1 + \text{cot}^2 \theta = \text{csc}^2 \theta$   |
| Inversas                          | $\text{sen} \theta = \frac{1}{\text{csc} \theta}$                  | $\text{cos} \theta = \frac{1}{\text{sec} \theta}$   | $\text{tan} \theta = \frac{1}{\text{cot} \theta}$ |
| Por cociente                      | $\text{tan} \theta = \frac{\text{sen} \theta}{\text{cos} \theta}$  | $\text{cot} \theta = \frac{\text{cos} \theta}{\text{sen} \theta}$   |   |
| Ángulo doble                      | $\text{sen} 2\theta = 2 \text{sen} \theta \cdot \text{cos} \theta$ | $\text{cos} 2\theta = \text{cos}^2 \theta - \text{sen}^2 \theta$<br>$= 2 \text{cos}^2 \theta - 1 = 1 - 2 \text{sen}^2 \theta$ |   |
| Senos cuadrado y cosenos cuadrado | $\text{sen}^2 \theta = \frac{1 - \text{cos} 2\theta}{2}$           | $\text{cos}^2 \theta = \frac{1 + \text{cos} 2\theta}{2}$  |   |

**Valores de las funciones de ángulos importantes**

| $\theta$ | $\text{sen} \theta$  | $\text{cos} \theta$  | $\text{tan} \theta$  |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0°       | 0                    | 1                    | 0                    |
| 30°      | $\frac{1}{2}$        | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ |
| 45°      | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 1                    |
| 60°      | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2}$        | $\sqrt{3}$           |
| 90°      | 1                    | 0                    | $\infty$             |

**Fórmulas para potencias y raíces**

$$p \cdot a^n \pm q \cdot a^n = (p \pm q) \cdot a^n$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\left(\frac{a^n}{b^n}\right) = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\sqrt[n]{a^m} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m = a^{\frac{m}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$$

$$\frac{1}{a^n} = a^{-n}$$

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$(ab)^n = a^n b^n$$

$$p \cdot \sqrt[n]{a} \pm q \cdot \sqrt[n]{a} = (p \pm q) \cdot \sqrt[n]{a}$$

$$(a^m)^n = a^{mn}$$

$$\sqrt{-a} = i \cdot \sqrt{a}$$

**Expresiones algebraicas usuales**

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$$

$$(a + b + c)^2 = a^2 + 2ab + 2ac + b^2 + 2bc + c^2$$

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

$$a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2)$$

$$a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$ax^2 + bx + c = 0, \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$(a - b + c)^2 = a^2 - 2ab + 2ac + b^2 - 2bc + c^2$$

$$(a + b)^n = a^n + \frac{n}{1}a^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2}a^{n-2}b^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3}a^{n-3}b^3 + \dots + b^n$$

$$a^n + b^n = (a - b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 + \dots + ab^{n-2} + b^{n-1})$$

**Propiedades de los logaritmos**

$$\log(x \cdot y) = \log x + \log y$$

$$\log \frac{x}{y} = \log x - \log y$$

$$\log x^n = n \log x$$

$$\log \sqrt[n]{x} = \frac{1}{n} \log x$$

**Tablas de equivalencias  
Longitud**

|           | m                     | in                    | ft                     | mi                     |
|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 1 metro   | 1                     | 39.37                 | 3.281                  | 6.214x10 <sup>-4</sup> |
| 1 pulgada | 2.54x10 <sup>-2</sup> | 1                     | 8.333x10 <sup>-2</sup> | 1.578x10 <sup>-5</sup> |
| 1 pie     | 0.3048                | 12                    | 1                      | 1.894x10 <sup>-4</sup> |
| 1 milla   | 1609                  | 6.336x10 <sup>4</sup> | 5280                   | 1                      |

**Masa**

|                          | kg                      | uma                    | lb                      |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 kilogramo              | 1                       | 6.022x10 <sup>26</sup> | 2.205                   |
| 1 unidad de masa atómica | 1.661x10 <sup>-27</sup> | 1                      | 3.662x10 <sup>-27</sup> |
| 1 libra                  | 0.4536                  | 2.732x10 <sup>26</sup> | 1                       |

**Fuerza**

|                    | dina                  | N                | lbf                    | kgf                    |
|--------------------|-----------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| 1 dina             | 1                     | 10 <sup>-5</sup> | 2.248x10 <sup>-6</sup> | 1.020x10 <sup>-6</sup> |
| 1 newton           | 10 <sup>5</sup>       | 1                | 0.2248                 | 0.1020                 |
| 1 libra fuerza     | 4.448x10 <sup>5</sup> | 4.448            | 1                      | 0.4536                 |
| 1 kilogramo fuerza | 9.807x10 <sup>5</sup> | 9.807            | 2.205                  | 1                      |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

$$1 \text{ rpm} = \frac{\pi}{30} \text{ rad/s} = 2\pi \text{ rad/min} \approx 6.2832 \text{ rad/min}$$

**Presión**

|             | atm                    | mm Hg                  | Pa                  | bar                    |
|-------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| 1 atmósfera | 1                      | 760                    | $1.013 \times 10^5$ | 1.013                  |
| 1 mm Hg     | $1.316 \times 10^{-3}$ | 1                      | 133.3               | $1.333 \times 10^{-3}$ |
| 1 pascal    | $9.869 \times 10^{-6}$ | $7.501 \times 10^{-3}$ | 1                   | $10^{-5}$              |
| 1 bar       | 0.987                  | 750.062                | $10^5$              | 1                      |

$$1 \text{ MPa} = 10.1967 \text{ kg/cm}^2$$

**Energía, trabajo, calor**

|                | Btu                     | HP·h                    | J                       | cal                     | kWh                     | eV                     |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 Btu          | 1                       | $3.929 \times 10^{-4}$  | 1055                    | 252                     | $2.930 \times 10^{-4}$  | $6.585 \times 10^{21}$ |
| 1 HP·h         | 2545                    | 1                       | $2.385 \times 10^6$     | $6.413 \times 10^5$     | 0.7457                  | $1.676 \times 10^{25}$ |
| 1 joule        | $9.481 \times 10^{-4}$  | $3.725 \times 10^{-7}$  | 1                       | 0.2389                  | $2.778 \times 10^{-7}$  | $6.242 \times 10^{18}$ |
| 1 caloría      | $3.969 \times 10^{-3}$  | $1.560 \times 10^{-6}$  | 4.186                   | 1                       | $1.163 \times 10^{-6}$  | $2.613 \times 10^{19}$ |
| 1 kWh          | 3413                    | 1.341                   | $3.600 \times 10^6$     | $8.600 \times 10^5$     | 1                       | $2.247 \times 10^{25}$ |
| 1 electronvolt | $1.519 \times 10^{-22}$ | $5.967 \times 10^{-26}$ | $1.602 \times 10^{-19}$ | $3.827 \times 10^{-20}$ | $4.450 \times 10^{-26}$ | 1                      |

**Campo magnético**

|         | gauss  | T         |
|---------|--------|-----------|
| 1 gauss | 1      | $10^{-4}$ |
| 1 tesla | $10^4$ | 1         |

**Flujo magnético**

|           | maxwell | Wb        |
|-----------|---------|-----------|
| 1 maxwell | 1       | $10^{-8}$ |
| 1 weber   | $10^8$  | 1         |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Constantes físicas**

| Constante                                   | Valor  |
|---|--|
| Carga eléctrica                             | $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  |
| Masa electrón                               | $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  |
| Masa protón                                 | $m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$   |
| Permisividad dieléctrica del vacío          | $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ |
| Permeabilidad en el vacío                   | $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} = 1.26 \times 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}}$   |
| Constante gravitacional                     | $G = 6.672 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$  |
| Constante universal de los gases            | $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \quad R = 0.082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}}$   |
| Número de Avogadro                          | $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  |
| Aceleración debida a la gravedad            | $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  |
| Resistividad del cobre, en 20 °C a 25 °C    | $\rho_{Cu} = 1.71 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} = 0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  |
| Resistividad del aluminio, en 20 °C a 25 °C | $\rho_{Al} = 2.82 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} = 0.0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$   |

**Código de colores para resistencias eléctricas**

| Color de la banda | Valor de la 1ª cifra significativa | Valor de la 2ª cifra significativa | Multiplicador | Tolerancia | Coeficiente de temperatura |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|------------|----------------------------|
| Negro             | 0                                  | 0                                  | 1             | -          | -                          |
| Marrón            | 1                                  | 1                                  | 10            | ±1%        | 100 ppm/°C                 |
| Rojo              | 2                                  | 2                                  | 100           | ±2%        | 50 ppm/°C                  |
| Naranja           | 3                                  | 3                                  | 1 000         | -          | 15 ppm/°C                  |
| Amarillo          | 4                                  | 4                                  | 10 000        | ±4%        | 25 ppm/°C                  |
| Verde             | 5                                  | 5                                  | 100 000       | ±0.5%      | 20 ppm/°C                  |
| Azul              | 6                                  | 6                                  | 1 000 000     | ±0.25%     | 10 ppm/°C                  |
| Violeta           | 7                                  | 7                                  | 10 000 000    | ±0.1%      | 5 ppm/°C                   |
| Gris              | 8                                  | 8                                  | 100 000 000   | ±0.05%     | 1 ppm/°C                   |
| Blanco            | 9                                  | 9                                  | 1 000 000 000 | -          | -                          |
| Dorado            | -                                  | -                                  | 0.1           | ±5%        | -                          |
| Plateado          | -                                  | -                                  | 0.01          | ±10%       | -                          |
| Ninguno           | -                                  | -                                  | -             | ±20%       | -                          |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Normatividad aplicable**

| Clave                         | Descripción   |
|-------------------------------|---|
| <b>NOM-CCAT-001-ECOL/1993</b> | Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.   |
| <b>NOM-040-ECOL-2002</b>      | Protección ambiental-fabricación de cemento hidráulico-niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera.<br><b>Objetivo y campo de aplicación</b><br>Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono, metales pesados, dioxinas y furanos, hidrocarburos totales y ácido clorhídrico provenientes de fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento hidráulico, que utilicen combustibles convencionales o sus mezclas con otros materiales o residuos que son combustibles y es de observancia obligatoria para los responsables de las mismas, según su ubicación. |

**Tabla 1.- Niveles máximos permisibles de emisión de partículas**

| Operación                          | Nivel máximo  | Frecuencia de medición | Método de medición   |
|------------------------------------|---|------------------------|----------------------|
| Trituración (1)                    | 80 mg/m <sup>3</sup>                                      | Anual                  | NMX-AA-010-SCFI-2001 |
| Molienda de materia prima (1)      | 80 mg/m <sup>3</sup>                                      |                        |                      |
| Molienda de cemento hidráulico (1) | 80 mg/m <sup>3</sup>                                      |                        |                      |
| Enfriamiento de clinker (1)        | 100 mg/m <sup>3</sup>                                     |                        |                      |
| Calcinación de clinker (2)         | 0,15 * C kg de partículas/ton de materia prima alimentada |                        |                      |

(1) Condiciones normales, base seca, corregido al 7% de oxígeno (O<sub>2</sub>) en volumen.

(2) Si C es la cantidad de material alimentado al horno de calcinación, en toneladas por hora base seca, el nivel máximo permisible de emisión será 0,15 \* C (kg/h).

**Tabla 2.- Niveles máximos permisibles de emisión de gases (1)**

| Parámetro              | Cemento blanco<br>Mg/m <sup>3</sup> |       |       | Cemento gris<br>Mg/m <sup>3</sup> |       |       | Frecuencia de medición | Método o principio de medición                            |
|------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|------------------------|---|
|                        | ZMCM                                | ZC    | RP    | ZMCM                              | ZC    | RP    |                        |   |
| Bióxido de azufre      | 400                                 | 2 200 | 2 500 | 400                               | 800   | 1 200 | Anual                  | NMX-AA-055-1979<br>Infrarrojo no dispersivo o equivalente |
| Óxidos de nitrógeno(2) | 800                                 | 1 400 | 1 600 | 800                               | 1 000 | 1 200 |                        | Quimioluminiscencia o equivalentes                        |
| Monóxido de carbono    | 3 000                               | 3 500 | 4 000 | 3 000                             | 3 500 | 4 000 |                        | NMX-AA-035-1976<br>Infrarrojo no dispersivo o equivalente |

(1) Condiciones normales, base seca, corregido al 7% de oxígeno (O<sub>2</sub>) en volumen.

(2) Medido y determinado como óxido de nitrógeno (NO).

El factor para corregir el oxígeno (O<sub>2</sub>), se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Er = \frac{20.9 - Or}{(20.9 - Om)} Em$$

Donde:

- Er = Emisión calculada al valor de referencia del O<sub>2</sub>
- Em = Emisión medida (NO, SO<sub>2</sub> o CO)
- Om = Valor medido para el O<sub>2</sub> en condiciones actuales
- Or = Nivel de referencia para el O<sub>2</sub> (7%)

| Clave                         | Descripción   |
|-------------------------------|---|
| <b>NOM-041-ECOL-1999</b>      | Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.   |
| <b>PROY-NOM-078-ECOL-1994</b> | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de ácido fluorhídrico y su método de medición en plantas productoras del mismo.   |
| <b>NOM-079-ECOL-1994</b>      | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.<br><b>Objetivo</b><br>Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.<br><b>Campo de aplicación</b> |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave | Descripción  |
|-------|--|
|       | La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de vehículos automotores nuevos en planta conforme a su peso bruto vehicular. |

**Tabla 1. Los límites máximos permisibles de emisión de ruido expresados en dB (A) que generen los vehículos automotores.**

| Peso bruto vehicular<br>kg  | Límites máximos permisibles<br>dB(a) |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Hasta 3 000                 | 79                                   |
| Más de 3 000 y hasta 10 000 | 81                                   |
| Más de 10 000               | 84                                   |

**6. Cálculo y expresión de resultados**

**6.1** La lectura a considerar es la más alta obtenida en la corrida de pruebas. En caso de existir picos debido al ruido ambiental debe repetirse la corrida.

**6.2** El nivel sonoro de cada lado del vehículo debe ser el promedio de las dos lecturas más altas que no difieran en más de 2 dB(A).

**6.3** El valor a informar debe ser del lado más ruidoso, indicándose cual fue.

| Clave   | Descripción   |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
|---|---|---|---------------------------|---------------|---------------------|---------------|---|-----|-----|------|---|---|------|-------|------|---|---|-----|-------|------|---|---|-----|-------|------|---|---|------|------|------|---|---|------|------|------|---|----|------|------|------|---|----|------|------|------|---|----|------|-------|------|---|----|------|-------|------|---|----|------|-------|------|---|----|-------|-------|------|---|----|-------|-------|------|---|----|-------|-------|------|---|----|-------|-------|------|---|----|-------|-------|------|---|
| <b>NOM-085-ECOL-1994</b>  | Contaminación atmosférica - fuentes fijas - para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.  |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| <b>PROY-NOM-091-ECOL-1994</b>   | Que establece los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de bióxido de azufre y material particulado proveniente de las plantas de fundición de cobre y de zinc.   |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| <b>NOM-001-ENER-2000</b>  | <p>Eficiencia energética de bombas verticales tipo turbina con motor externo eléctrico vertical. Límites y método de prueba.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Tabla 1. Valores mínimos de eficiencia en el punto óptimo, en función del gasto y número de pasos. Tamaño</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Intervalo de gastos (L/s)</th> <th style="text-align: center;">Eficiencia mínima %</th> <th style="text-align: center;">Núm. de pasos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">1.0</td><td style="text-align: center;">3.0</td><td style="text-align: center;">64.0</td><td style="text-align: center;">8</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">3.66</td><td style="text-align: center;">11.55</td><td style="text-align: center;">71.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">2.9</td><td style="text-align: center;">24.97</td><td style="text-align: center;">70.0</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">4.7</td><td style="text-align: center;">34.65</td><td style="text-align: center;">73.0</td><td style="text-align: center;">6</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">10.0</td><td style="text-align: center;">68.0</td><td style="text-align: center;">77.0</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">17.0</td><td style="text-align: center;">69.3</td><td style="text-align: center;">77.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">20.4</td><td style="text-align: center;">66.6</td><td style="text-align: center;">80.0</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">39.7</td><td style="text-align: center;">75.9</td><td style="text-align: center;">80.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">12</td><td style="text-align: center;">32.0</td><td style="text-align: center;">150.0</td><td style="text-align: center;">80.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">13</td><td style="text-align: center;">85.8</td><td style="text-align: center;">141.6</td><td style="text-align: center;">80.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">61.1</td><td style="text-align: center;">250.0</td><td style="text-align: center;">80.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">15</td><td style="text-align: center;">101.0</td><td style="text-align: center;">209.0</td><td style="text-align: center;">81.0</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">16</td><td style="text-align: center;">139.4</td><td style="text-align: center;">256.8</td><td style="text-align: center;">81.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">222.6</td><td style="text-align: center;">353.9</td><td style="text-align: center;">81.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">321.8</td><td style="text-align: center;">818.9</td><td style="text-align: center;">81.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">24</td><td style="text-align: center;">533.6</td><td style="text-align: center;">902.2</td><td style="text-align: center;">81.0</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> </tbody> </table> | Tabla 1. Valores mínimos de eficiencia en el punto óptimo, en función del gasto y número de pasos. Tamaño | Intervalo de gastos (L/s) |               | Eficiencia mínima % | Núm. de pasos | 4 | 1.0 | 3.0 | 64.0 | 8 | 5 | 3.66 | 11.55 | 71.0 | 5 | 6 | 2.9 | 24.97 | 70.0 | 7 | 7 | 4.7 | 34.65 | 73.0 | 6 | 8 | 10.0 | 68.0 | 77.0 | 7 | 9 | 17.0 | 69.3 | 77.0 | 5 | 10 | 20.4 | 66.6 | 80.0 | 7 | 11 | 39.7 | 75.9 | 80.0 | 5 | 12 | 32.0 | 150.0 | 80.0 | 5 | 13 | 85.8 | 141.6 | 80.0 | 5 | 14 | 61.1 | 250.0 | 80.0 | 5 | 15 | 101.0 | 209.0 | 81.0 | 7 | 16 | 139.4 | 256.8 | 81.0 | 5 | 18 | 222.6 | 353.9 | 81.0 | 5 | 20 | 321.8 | 818.9 | 81.0 | 5 | 24 | 533.6 | 902.2 | 81.0 | 5 |
| Tabla 1. Valores mínimos de eficiencia en el punto óptimo, en función del gasto y número de pasos. Tamaño | Intervalo de gastos (L/s)   |   | Eficiencia mínima %       | Núm. de pasos |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 4   | 1.0   | 3.0   | 64.0                      | 8             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 5   | 3.66  | 11.55   | 71.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 6   | 2.9   | 24.97   | 70.0                      | 7             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 7   | 4.7   | 34.65   | 73.0                      | 6             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 8   | 10.0  | 68.0  | 77.0                      | 7             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 9   | 17.0  | 69.3  | 77.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 10  | 20.4  | 66.6  | 80.0                      | 7             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 11  | 39.7  | 75.9  | 80.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 12  | 32.0  | 150.0   | 80.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 13  | 85.8  | 141.6   | 80.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 14  | 61.1  | 250.0   | 80.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 15  | 101.0   | 209.0   | 81.0                      | 7             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 16  | 139.4   | 256.8   | 81.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 18  | 222.6   | 353.9   | 81.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 20  | 321.8   | 818.9   | 81.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| 24  | 533.6   | 902.2   | 81.0                      | 5             |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| <b>NOM-003-ENER-2011</b>  | Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.  |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| <b>NOM-004-ENER-2008</b>  | Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0.187 kW a 0.746 kW. Límites, métodos de prueba y etiquetado.   |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |
| <b>NOM-005-ENER-2012</b>  | <p>Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado.</p> <p><b>Objetivo</b><br/> Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los niveles del factor de energía (FE) y consumo de energía que deben cumplir las lavadoras de ropa electrodomésticas. Establece además, los métodos de prueba con que debe verificarse dicho cumplimiento y el etiquetado.</p> <p><b>Campo de aplicación</b><br/> Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a las lavadoras de ropa electrodomésticas comercializadas en los Estados Unidos Mexicanos.<br/> Quedan excluidas de esta Norma Oficial Mexicana, aquellas lavadoras que no hacen uso de energía eléctrica, así como las lavadoras de uso industrial y comercial.</p> <p><b>Especificaciones</b></p>  |   |                           |               |                     |               |   |     |     |      |   |   |      |       |      |   |   |     |       |      |   |   |     |       |      |   |   |      |      |      |   |   |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |      |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |      |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |    |       |       |      |   |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave | Descripción  |
|-------|--|
|       | Valores mínimos de factor de energía (FE)<br>Las lavadoras de ropa automáticas incluidas en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, deben de cumplir con el factor de energía (FE) en L/kWh/ciclo establecido en la tabla 1. Las lavadoras manuales y semiautomáticas, deberán cumplir con el consumo de energía eléctrica máximo, en kWh/año, establecido en la tabla 1-A. Para determinar los valores de FE y el consumo de energía eléctrica de las lavadoras de ropa automáticas electrodomésticas, objeto de esta Norma Oficial Mexicana, se debe de aplicar únicamente el método de prueba indicado en el capítulo 9. |

**Tabla 1. Valores mínimos de factor de energía en L/kWh/ciclo para lavadora de ropa automática electrodoméstica**

| Tipo  | FE (L/kWh/ciclo) |
|---|------------------|
| Lavadora de ropa automática de eje vertical, con capacidad volumétrica del contenedor de ropa menor de 45.3 L         | 45               |
| Lavadora de ropa automática de eje vertical, con capacidad volumétrica del contenedor de ropa igual o mayor de 45.3 L | 45               |
| Lavadora de ropa automática de eje horizontal   | 45               |

Valores límite de consumo de energía

Las lavadoras de ropa manuales y semiautomáticas, incluidas en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana deben de tener como máximo los consumos de energía eléctrica en kWh/año establecidos en la tabla 1-A. Para determinar los valores de consumo de energía eléctrica de las lavadoras de ropa electrodomésticas, objeto de esta Norma Oficial Mexicana, se debe de aplicar la norma mexicana NMX-J-585-ANCE-2007 hasta el capítulo 8 consumo de energía.

**Tabla 1-A. Niveles de consumo de energía eléctrica máximo permisible [kWh/año] para lavadoras de ropa semiautomáticas y manuales electrodomésticas**

| Clasificación por tipo y capacidad |  | Manual (kWh/año) | Semiautomáticas(kWh/año) |
|------------------------------------|--|------------------|--------------------------|
| <b>Impulsor</b>                    | Menores de 4.0 kg de ropa              | 19               | 21                       |
|                                    | De 4.0 kg a menores de 6.0 kg de ropa  | 19               | 24                       |
|                                    | De 6.0 kg a menores de 10.0 kg de ropa | 24               | 24                       |
|                                    | De 10.0 kg de ropa en adelante         | 38               | 38                       |
| <b>Agitador</b>                    | Menores de 4.0 kg de ropa              | 32               | 38                       |
|                                    | De 4.0 kg a menores de 6.0 kg de ropa  | 44               | 96                       |
|                                    | De 6.0 kg a menores de 8.0 kg de ropa  | 80               | 140                      |
|                                    | De 8.0 kg a menores de 10.0 kg de ropa | 80               | 140                      |
|                                    | De 10.0 kg de ropa en adelante         | 104              | 160                      |

| Clave                    | Descripción  |
|--------------------------|--|
| <b>NOM-006-ENER-1995</b> | Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación-límites y métodos de prueba.   |
| <b>NOM-007-ENER-2004</b> | Establece la eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.   |
| <b>NOM-008-ENER-2001</b> | Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.<br><b>Objetivo</b><br>Esta norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.<br>Campo de aplicación.<br>Esta norma aplica a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes. Quedan excluidos edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional.<br>Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta norma constituye 90 por ciento o más del área construida, esta norma aplica a la totalidad del edificio.<br><b>Especificaciones.</b><br>Ganancia de calor. La ganancia de calor ( $\Phi_p$ ) a través de la envolvente del edificio debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia ( $\Phi_r$ ), es decir: $(\Phi_p) \leq (\Phi_r)$ . |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave             | Descripción   |
|-------------------|---|
| NOM-009-ENER-1995 | Eficiencia energética en aislamientos térmicos.   |
| NOM-010-ENER-2004 | <p>Eficiencia energética del conjunto motor bomba sumergible tipo pozo profundo. Límites y método de prueba.</p> <p><b>Objetivo:</b><br/>Fija los valores mínimos de eficiencia energética que debe cumplir el conjunto motor-bomba sumergible y establece el método de prueba para verificar en laboratorio dicha eficiencia.</p> <p><b>Campo de aplicación:</b><br/>Esta norma aplica únicamente a los conjuntos motor-bomba sumergible, distribuidos y vendidos en la República Mexicana, para el manejo de agua limpia con las propiedades que se especifican en esta norma</p> |

**Tabla 1.- Valores de referencia para la eficiencia de la bomba sumergible**

| Capacidad de la bomba<br>L/s | Eficiencia<br>% |
|------------------------------|-----------------|
| Mayor que 0.3 hasta 0.5      | 40              |
| Mayor que 0.5 hasta 2.0      | 49              |
| Mayor que 2.0 hasta 5.0      | 62              |
| Mayor que 5.0 hasta 10.0     | 69              |
| Mayor que 10.0 hasta 15.0    | 71              |
| Mayor que 15.0 hasta 25.0    | 73              |
| Mayor que 25.0 hasta 30.0    | 74              |
| Mayor que 30.0 hasta 60.0    | 77              |
| Mayor que 60.0               | 78              |

**Tabla 2.- Valores de referencia para la eficiencia del motor sumergible**

| Motor<br>kW                 | Motor<br>hp               | Eficiencia<br>% |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------|
| Hasta 1.492                 | Hasta 2.0                 | 68              |
| Mayor que 1.492 hasta 3.73  | Mayor que 2.0 hasta 5.0   | 73              |
| Mayor que 3.73 hasta 5.595  | Mayor que 5.0 hasta 7.5   | 75              |
| Mayor que 5.595 hasta 7.46  | Mayor que 7.5 hasta 10.0  | 77              |
| Mayor que 7.46 hasta 11.19  | Mayor que 10.0 hasta 15.0 | 79              |
| Mayor que 11.19 hasta 14.92 | Mayor que 15.0 hasta 20.0 | 80              |
| Mayor que 14.92 hasta 22.38 | Mayor que 20.0 hasta 30.0 | 81              |
| Mayor que 22.38 hasta 29.84 | Mayor que 30.0 hasta 40.0 | 83              |
| Mayor que 29.84 hasta 44.76 | Mayor que 40.0 hasta 60.0 | 86              |
| Mayores que 44.76           | Mayores que 60.0          | 87              |

| Clave                  | Descripción  |
|------------------------|--|
| NOM-011-ENER-2006      | Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.   |
| PROY-NOM-013-ENER-2012 | Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.  |
| NOM-014-ENER-2004      | Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0.180 kW a 1.500 kW. Límites, método de prueba y marcado. |
| NOM-015-ENER-2012      | Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.   |
| NOM-016-ENER-2010      | Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0.746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.                                      |
| NOM-017-ENER/SCFI-2012 | Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba.   |
| NOM-018-ENER-2011      | Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.  |
| NOM-019-ENER-2009      | Eficiencia térmica y eléctrica de máquinas tortilladoras mecanizadas. Límites, método de prueba y marcado.   |
| NOM-020-ENER-2011      | Eficiencia energética en edificaciones.- envolvente de edificios para uso habitacional.  |
| NOM-021-ENER/SCFI-2008 | Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.   |
| NOM-022-ENER/SCFI-2008 | Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial auto contenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.  |
| NOM-023-ENER-2010      | Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, método de prueba y etiquetado.   |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                         | Descripción  |
|-------------------------------|--|
| <b>NOM-024-ENER-2012</b>      | Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.   |
| <b>PROY-NOM-025-ENER-2012</b> | Eficiencia térmica de aparatos domésticos para cocción de alimentos que usan gas LP o gas natural. Límites, métodos de prueba y etiquetado.  |
| <b>NOM-028-ENER-2010</b>      | Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.   |
| <b>NOM-030-ENER-2012</b>      | Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.  |
| <b>NOM-031-ENER-2012</b>      | Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (leds) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba.   |
| <b>NOM-085-ECOL-1994</b>      | Contaminación atmosférica - Fuentes fijas - Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión<br><b>Objetivo.</b><br>Norma Oficial Mexicana para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión; así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.<br><b>Campo de aplicación.</b><br>Norma Oficial Mexicana para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, será de observancia obligatoria para el uso de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como para los equipos de generación eléctrica que utilizan la tecnología de ciclo combinado. Será obligatoria igualmente sólo en emisiones de bióxido de azufre, para el uso de los equipos de calentamiento directo por combustión. Se exceptúan los equipos domésticos de calentamiento de agua, de calefacción y las estufas utilizados en casas habitación, escuelas, hospitales y centros recreativos, en las industrias cuando estos equipos sean utilizados en las áreas de servicios al personal, sin embargo, aplicará para el caso de industrias, comercios y servicios, cuando los equipos y sistemas de combustión en lo individual o la suma de varios rebasen los 10 cc de capacidad nominal en cada instalación. También se exceptúan los quemadores industriales de campo, el sistema de regeneración de las plantas de desintegración catalítica, las plantas recuperadoras de azufre y los procesos de calentamiento directo que producen bióxido de azufre adicional al proveniente del combustible. |

**5.1** Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, óxidos de nitrógeno y bióxido de azufre de los equipos de combustión de las fuentes fijas a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, son los establecidos en las tablas 4 y 5.

**5.2** Cuando existan dos o más ductos de descarga cuyos equipos de combustión utilicen en forma independiente o conjunta combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos, podrán sujetarse a los valores de emisión contemplados en las tablas 4 y 5 o ponderar las emisiones de sus ductos de descarga en función de la capacidad térmica del equipo o conjunto de equipos de combustión mediante la utilización de la ecuación (1) y de la combinación de los combustibles fósiles utilizados de acuerdo a la tabla 1; y cuyo resultado deberá de cumplir con el límite máximo promedio permisible, que resulta de promediar ponderadamente los límites máximos permisibles de emisión contemplados en las tablas 4 y 5 de los equipos de combustión de una fuente fija al utilizar la ecuación (2).

**Tabla 1**

| Combinación de combustibles | Límite de Referencia |
|-----------------------------|----------------------|
| Gas/líquido                 | Líquidos             |
| Gas/sólido                  | Sólidos              |
| Líquido/sólido              | Líquidos             |
| Gas/líquido/sólido          | Líquidos             |

Como alternativa la ecuación (3) para aquellos equipos de combustión que individualmente no cuenten con un sistema de medición y registro de alimentación de combustible.

Ecuación 1

$$E_{p_{CT}} = \frac{E_{CT1} \cdot CT_1 + E_{CT2} \cdot CT_2 + \dots + E_{CTn} \cdot CT_n}{CT_1 + CT_2 + \dots + CT_n}$$

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

- EpCT = Emisión ponderada expresada en kg/10<sup>6</sup> kcal  
 ECT1 = Emisión de contaminante determinado en cada equipo de combustión expresada en kg/10<sup>6</sup> kcal.  
 CT<sub>i</sub> = Carga térmica de cada equipo de combustión, expresada en kcal/h. Se obtiene al multiplicar el consumo de combustible por su poder calorífico.  
 i = 1,2,...,n en donde "n" es el número de equipos de combustión existentes en una misma fuente.

Ecuación 2 
$$LEP = \frac{LE_1 \cdot C_1 + LE_2 \cdot C_2 + \dots + LE_n \cdot C_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n}$$

- LEP = Límite máximo promedio permisible por fuente fija expresada en kg/10<sup>6</sup> kcal o partes por millón en volumen.  
 LE<sub>i</sub> = Límite máximo permisible de emisión de contaminantes para el equipo de combustión i, seleccionado de las tablas 4 o 5 en función del tipo de combustible, expresado en kg/10<sup>6</sup> kcal o partes por millón en volumen.  
 C<sub>i</sub> = Consumo energético del equipo de combustión i expresado en kg/10<sup>6</sup> kcal por hora (anexo 5).  
 i = Número consecutivo (1,2,3,...,n) que se asigna a las fuentes existentes.  
 n = Número total de equipos de combustión existentes dentro de un mismo predio.

Ecuación 3 
$$Ep_Q = \frac{E_1 \cdot Q_1 + E_2 \cdot Q_2 + \dots + E_n \cdot Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$$

- Ep<sub>Q</sub> = Emisión ponderada en base a flujo en chimenea, expresada en unidades de concentración según se indica en las tablas 4 y 5.  
 E<sub>i</sub> = Emisión determinada en cada equipo de combustión, expresada en unidades de concentración según se indica en las tablas 4 y 5.  
 i = 1,2,...,n  
 Q = Flujo en chimenea expresado en m<sup>3</sup>/min a condiciones de 760 mm de Hg a 25 °C, base seca y 5% de oxígeno.

**5.3** Las fuentes fijas cuya capacidad total en equipos de combustión sea mayor a 43 000 MJ/h, deberán respaldar el total de las emisiones de bióxido de azufre con certificados de emisión, los cuales serán asignados con base en los niveles regionales establecidos en la Tabla 2 y no deberán sobrepasar los límites de emisión ponderada indicados en la tabla 5.

**Tabla 2**

| Región                                    | Emisión de SO <sub>2</sub><br>kg/10 <sup>6</sup> kcal) |
|---|--|
| Zona metropolitana de la ciudad de México | 0.36   |
| Zonas críticas                            | 1.44   |

Conforme a las disposiciones jurídicas aplicables, la Secretaría de Desarrollo Social establecerá el esquema de regionalización, los procedimientos y el programa para que las fuentes fijas a que se refiere este numeral, cumplan con los límites de emisión ponderada por fuente fija, así como los niveles regionales de emisión, tomando en consideración el avance de los programas de infraestructura de suministro de combustibles.

**5.4** Los equipos de combustión existentes deberán cumplir con los límites de óxidos de nitrógeno consignados en la tabla 4 y a partir de 1998 con los límites de la tabla 5. Todo equipo de combustión nuevo deberá cumplir con los límites de emisiones de óxidos de nitrógeno consignados en la tabla 5.

**5.5** La operación de soplado que requieren los equipos de combustión de proceso continuo que utilicen combustibles sólidos o líquidos, deberá efectuarse con una frecuencia de por lo menos una vez por turno o de acuerdo a las especificaciones del fabricante. El tiempo de soplado no deberá exceder de 25 min por soplador o deshollinador, cuando se trate de equipos con capacidad mayor a 43 000 MJ/h y de 10 min para los menores.

**5.6** Los combustibles que se distribuyan en México deberán cumplir con la calidad ecológica necesaria para cumplir con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en esta norma. Las empresas que suministren combustibles sólidos y líquidos deberán certificar en las facturas de embarque de éstos, el contenido de azufre expresado en por ciento en peso. La descarga de bióxido de azufre a la atmósfera de equipos que usen combustibles gaseosos, sólidos y líquidos o cualquiera de sus combinaciones, se calculará con base en el consumo mensual de éstos y al contenido de azufre certificado por el proveedor.

Para efectos de verificación y en su caso, de sanción, el nivel de emisión se calculará mediante la ecuación 4:

Ecuación 4 
$$Ne = \frac{\sum Qi \cdot FECi \cdot FCi}{\sum Qi \cdot FCi}$$

- i = Número de combustibles/equipos que se utilizan.  
 Qi = Cantidad de combustible consumido en un equipo durante un periodo determinado.  
 FEC<sub>i</sub> = Factor de emisiones específico al tipo de combustible, según datos de la tabla 3.  
 FC<sub>i</sub> = Factor de conversión para obtener el nivel de emisiones en kg de SO<sub>2</sub>/10<sup>6</sup> kcal.  
 Ne = Nivel de emisión.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla 3**

| Combustible                          | Factor de emisión<br>kg de SO <sub>2</sub> /10 <sup>6</sup> kcal |
|--------------------------------------|--|
| Combustóleo con 1% en peso de azufre | 2.04   |
| Combustóleo con 2% en peso de azufre | 4.08   |
| Combustóleo con 4% en peso de azufre | 8.16   |
| Diesel con 0.5% en peso de azufre    | 0.91   |
| Gas natural                          | 0 (Cero)   |

Para los combustibles que no están contemplados en esta tabla, el factor de emisión se calculará de acuerdo a la ecuación 5.

Ecuación 5

$$\text{Factor de emisión} = \frac{\frac{\%S}{100} \left[ \frac{kg_S}{kg_{combustible}} \right] 2 \left[ \frac{kgSO_2}{kg_S} \right]}{\text{Poder calorífico} \left[ \frac{10^6 \text{ kcal}}{kg_{combustible}} \right]} = \left[ \frac{kgSO_2}{10^6 \text{ kcal}} \right]$$

% S =            % en peso de azufre del combustible.

**6. Requisitos y condiciones para la operación de los equipos de combustión.**

**6.1 Requisitos.**

**6.1.1** Los responsables de los equipos de combustión de las fuentes fijas referidas en esta Norma Oficial Mexicana deben observar, según proceda, los siguientes requisitos de operación:

**6.1.1.1** Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de combustión, medición y análisis de las emisiones y de los certificados de calidad del combustible empleado.

**6.1.1.2** La bitácora deberá tener como mínimo la siguiente información:

Control de operación: fecha, turno, hora de reporte, presión de vapor, temperatura de gases, temperatura del agua de alimentación, temperatura y presión de combustión, color de humo, purga de fondo, purga de nivel, disparo válvula de seguridad, consumo de combustible. Controles: de presión, bomba agua de alimentación paro y arranque, paro por fallo de flama.

Control de emisiones contaminantes: eficiencia, temperatura de gases, aire en exceso, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, opacidad de humo, datos del combustible empleado según certificado, análisis de emisiones según tabla 6: densidad de humo, partículas (PST), bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y análisis de agua de alimentación.

**6.1.1.3** La medición y análisis de las emisiones deben realizarse con la frecuencia y métodos que se indican en la tabla 6.

**6.1.1.4** Los métodos equivalentes a que se refiere la tabla 6 tendrán que ser los que se consideran en el anexo 3 de esta Norma Oficial Mexicana, o algún otro que demuestre la misma precisión con previa autorización de la autoridad competente.

**6.2 Condiciones.**

**6.2.1** Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera establecidos en las tablas 4 y 5 de la presente Norma Oficial Mexicana sólo podrán rebasarse en el caso de:

**6.2.1.1** Operaciones de arranque del equipo de combustión, siempre que no excedan 15 min y la operación no se repita más de dos veces al día en equipos de capacidad menor a 43 000 MJ/h y 18 h para alcanzar la máxima carga o capacidad en los equipos mayores de 43 000 MJ/h.

Cuando por las características de los procesos y/o de los equipos de combustión se justifique técnicamente que se requiere mayor tiempo para su arranque, lo deberán comunicar a la autoridad competente.

**6.2.1.2** Operaciones de soplado, siempre y cuando se ajusten a lo establecido en el punto 5.5 de esta norma.

**6.2.2** Para los efectos de cuantificación de las emisiones de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno deben seguirse los procedimientos establecidos en las Normas Mexicanas correspondientes, o en su caso, los que establezca la autoridad competente.

**6.2.3** Cuando por una chimenea confluyan otras corrientes gaseosas para ser descargadas a la atmósfera conjuntamente con las generadas por las de combustión, la medición de las emisiones deberá realizarse por separado.

**6.2.4** En el caso de que no se cuente con las especificaciones sobre la capacidad nominal del equipo de combustión, ésta se determinará mediante la ecuación 6.

Ecuación 6

$$H_N = H_c \cdot V$$

H<sub>N</sub> = Capacidad térmica del equipo de combustión, expresada en megajoules por hora, (MJ/h).

H<sub>c</sub> = Poder calorífico del combustible empleado, expresado en megajoules por kilogramo, (MJ/kg).

V = Consumo de combustible, expresado en kilogramos por hora, (kg/h).

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla 4.  
1994 al 31 de diciembre de 1997**

| Capacidad del equipo de combustión MJ/m | Tipo de combustible empleado | Densidad del humo           | Partículas (PST) mg/m <sup>3</sup> (kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) (2) |                |                | Bióxido de azufre ppm V<br>(kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) (2) |                 |                 | Óxidos de nitrógeno ppm V<br>(kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) (2) |                |                | Exceso de aire de combustión % volumen (4) |
|---|------------------------------|-----------------------------|---|----------------|----------------|---|-----------------|-----------------|---|----------------|----------------|--|
|   |                              | Número de mancha u opacidad | ZMCM  | ZC             | RP             | ZMCM  | ZC (5)          | RP              | ZMCM  | ZC (3)         | RP             |  |
| Hasta 5 250                             | Combustóleo o gasóleo        | 4                           | NA  | NA             | NA             | 1 100<br>(4.08)   | 2 100<br>(7.80) | 2 600<br>(9.81) | NA  | NA             | NA             | 60   |
|   | Otros líquidos               | 3                           | NA  | NA             | NA             | 1 100<br>(4.08)   | 2 100<br>(7.81) | 2 600<br>(9.81) | NA  | NA             | NA             |  |
|   | Gaseosos                     | 0                           | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | NA  | NA             | NA             |  |
| De 5 250 a 43 000                       | Líquidos                     | NA                          | 100<br>(0.142)  | 425<br>(0.604) | 600<br>(0.852) | 1 100<br>(4.08)   | 2 100<br>(7.80) | 2 600<br>(9.81) | 220<br>(0.588)  | 300<br>(0.801) | 400<br>(1.203) | 50   |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 220<br>(0.563)  | 300<br>(0.767) | 400<br>(1.023) |  |
| De 43 000 a 110 000                     | Líquidos                     | NA                          | 100<br>(0.142)  | 425<br>(0.604) | 550<br>(0.781) | 1 100<br>(4.08)   | 2 100<br>(7.81) | 2 600<br>(9.81) | 180<br>(0.481)  | 300<br>(0.801) | 400<br>(1.203) | 40   |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 180<br>(0.460)  | 300<br>(0.767) | 400<br>(1.023) |  |
| Mayor de 110 000                        | Sólidos                      | NA                          | 70<br>(0.105)   | 325<br>(0.496) | 435<br>(0.664) | 1 100<br>(4.32)   | 2 100<br>(8.24) | 2 600<br>(9.81) | 160<br>(0.411)  | 280<br>(0.785) | 400<br>(1.122) | 30   |
|   | Líquidos                     | NA                          | 70<br>(0.099)   | 325<br>(0.462) | 500<br>(0.710) | 1 100<br>(4.12)   | 2 100<br>(7.81) | 2 600<br>(9.81) | 160<br>(0.427)  | 280<br>(0.748) | 400<br>(1.069) |  |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 160<br>(0.409)  | 280<br>(0.716) | 400<br>(1.023) |  |

**6.2.5** Cuando se utilicen simultánea o alternadamente dos o más combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, la capacidad nominal del equipo de combustión se determinará mediante la ecuación 7.

$$\text{Ecuación 7} \quad H_{pN} = \frac{H_{C1} \cdot V_1 + H_{C2} \cdot V_2 + \dots + H_{Cn} \cdot V_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}$$

$H_{pN}$  = Capacidad térmica ponderada del equipo de combustión, expresada en megajoules por hora (MJ/h).

$H_{C1}$  = Poder calorífico de cada uno de los combustibles empleados, expresado en megajoules por kilogramo (MJ/kg).

$V_i$  = Consumo de cada combustible, expresado en kilogramos por hora (kg/h).

$i$  = 1,2,..., n en donde "n" es el número de combustibles usados en un mismo equipo de combustión.

Para la presente Norma Oficial Mexicana se consideran los poderes caloríficos de los combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos indicados en el anexo 4. Notas y significados de siglas en anexo 1.

**Tabla 5.  
1° de enero de 1998 en adelante**

| Capacidad del equipo de combustión MJ/m | Tipo de combustible empleado | Densidad del humo           | Partículas (PST) mg/m <sup>3</sup> (kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) (2) |                |                | Bióxido de azufre ppm V<br>(kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) (2) |                 |                 | Óxidos de nitrógeno ppm V<br>(kg/10 <sup>6</sup> kcal)<br>(1) |                |                | Exceso de aire de combustión % volumen (4) |
|---|------------------------------|-----------------------------|---|----------------|----------------|---|-----------------|-----------------|---|----------------|----------------|--|
|   |                              | Número de mancha u opacidad | ZMCM  | ZC (3)         | RP             | ZMCM  | ZC (3)          | RP              | ZMCM  | ZC (4)         | RP             |  |
| Hasta 5 250                             | Combustóleo o gasóleo        | 3                           | NA  | NA             | NA             | 550<br>(2.04)   | 1 100<br>(4.08) | 2 200<br>(8.16) | NA  | NA             | NA             | 50   |
|   | Otros líquidos               | 2                           | NA  | NA             | NA             | 550<br>(2.04)   | 1 100<br>(4.08) | 2 200<br>(8.16) | NA  | NA             | NA             |  |
|   | Gaseosos                     | 0                           | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | NA  | NA             | NA             |  |
| De 5 250 a 43 000                       | Líquidos                     | NA                          | 75<br>(0.106)   | 350<br>(0.426) | 450<br>(0.568) | 550<br>(2.04)   | 1 100<br>(4.08) | 2 200<br>(8.16) | 190<br>(0.507)  | 190<br>(0.507) | 375<br>(1.0)   | 40   |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 190<br>(0.486)  | 190<br>(0.486) | 375<br>(0.959) |  |
| De 43 000 a 110 000                     | Líquidos                     | NA                          | 60<br>(0.805)   | 300<br>(0.426) | 400<br>(0.568) | 550<br>(2.04)   | 1 100<br>(4.08) | 2 200<br>(8.16) | 190<br>(0.294)  | 190<br>(0.294) | 375<br>(1.0)   | 30   |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 190<br>(0.281)  | 190<br>(0.281) | 375<br>(0.959) |  |
| Mayor de 110 000                        | Sólidos                      | NA                          | 60<br>(0.090)   | 250<br>(0.375) | 350<br>(0.525) | 550<br>(2.16)   | 1 100<br>(4.31) | 2 200<br>(8.16) | 190<br>(0.309)  | 190<br>(0.309) | 375<br>(1.052) | 25   |
|   | Líquidos                     | NA                          | 60<br>(0.085)   | 250<br>(0.355) | 350<br>(0.497) | 550<br>(2.04)   | 1 100<br>(4.08) | 2 200<br>(8.16) | 190<br>(0.294)  | 190<br>(0.294) | 375<br>(1.0)   |  |
|   | Gaseosos                     | NA                          | NA  | NA             | NA             | NA  | NA              | NA              | 190<br>(0.281)  | 190<br>(0.281) | 375<br>(0.959) |  |

Notas y significados de siglas en Anexo 2.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla 6  
Medición y análisis de gases de combustión**

| Capacidad del equipo de combustión MJ/m | Parámetro   | Frecuencia mínima de medición | Tipo de evaluación  | Tipo de combustible   |
|---|---|-------------------------------|---|-----------------------|
| Hasta 5 250                             | Densidad de humo                                      | 1 vez cada 3 meses            | puntual (3 muestras); mancha de hollín  | líquido y gas         |
|   | CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> | 1 vez cada 3 meses            | puntual (3 muestras); ver anexo 3   | líquido y gas         |
|   | SO <sub>2</sub>                                       | 1 vez cada 3 meses            | medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor | líquido               |
| De 5 250 a 43 000                       | Partículas suspendidas totales                        | una vez al año                | isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas (2)                           | líquido               |
|   | NO <sub>x</sub>                                       | una vez al año                | continuo (4); quimioluminiscencia o equivalente   | líquido y gas         |
|   | SO <sub>2</sub>                                       | una vez al año                | medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor | líquido               |
|   | CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub>                  | diario                        | puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente   | líquido y gas         |
| De 43 000 a 110 000                     | Partículas suspendidas totales                        | una vez al año                | isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas                               | líquido               |
|   | NO <sub>x</sub>                                       | 1 vez cada 6 meses            | continuo (4); quimioluminiscencia o equivalente   | líquido y gas         |
|   | SO <sub>2</sub>                                       | una vez al año                | medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor | líquido               |
|   | CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub>                  | una vez al año                | puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente   | líquido y gas         |
| Mayor de 110 000                        | Partículas suspendidas totales                        | 1 vez cada 6 meses            | isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas                               | sólido, líquido       |
|   | NO <sub>x</sub>                                       | permanente (3)                | continuo (4); quimioluminiscencia o equivalente   | sólido, líquido y gas |
|   | O <sub>2</sub>  | permanente                    | continúa; campo magnético o equivalente, con registrador como mínimo o equivalente            | líquido y gas         |
|   | SO <sub>2</sub>                                       | una vez por año               | medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor | sólido, líquido       |

**NOTAS:**

(1) Ver 6.1.1.4

(2) Ver 6.1.1.5

(3) El monitoreo continuo de NO<sub>x</sub> será permanente en las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; con una duración de cuando menos 7 días una vez cada 3 meses en las zonas críticas; y con una duración de cuando menos 7 días una vez cada seis meses en el resto del país.

(4) Ver 4.13

Deberán realizarse las mediciones correspondientes a equipos de calentamiento industriales del ambiente de cualquier capacidad en enero y octubre de cada año.

**Anexo 1**

**Notas:**

(1) Concentraciones referidas a 25 °C, 760 mm Hg, 5% de oxígeno en volumen y base seca. Entre paréntesis se expresa el equivalente de la concentración en unidades de kg/10<sup>6</sup> kcal.

El factor para corregir el O<sub>2</sub> a la base del 5% de oxígeno, se calcula de acuerdo a la ecuación 7.

Ecuación 7

$$E_r = \frac{21 - O_r}{21 - O_m} \cdot E_m$$

E<sub>r</sub> = Emisión calculada al valor de referencia del O<sub>2</sub>

E<sub>m</sub> = Emisión medida (NO<sub>x</sub> o CO)

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

$O_m$  = Valor medido para el  $O_2$   
 $O_r$  = Nivel de referencia para el  $O_2$

- (2) Los valores de emisión de partículas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno podrán ser determinados con promedios ponderados de fuente fija, haciendo uso del procedimiento descrito en el punto 5.2 de esta norma.
- (3) Se refiere únicamente a las zonas Metropolitanas de Monterrey y Guadalajara y a las Ciudades de Tijuana, Baja California y Cd. Juárez, Chihuahua.
- (4) Determinado con la siguiente ecuación y medido antes del precalentador de aire o de cualquier infiltración que diluya los gases de combustión:  $EA = (O_2 - 0.5CO)100/(0.264N_2 - O_2 + 0.5CO)$ ; donde:  $O_2$ , CO y  $N_2$ , corresponden al porcentaje en volumen de oxígeno, monóxido de carbono y nitrógeno respectivamente contenidos en los gases de combustión en base seca.
- (5) Para efectos del cumplimiento de los límites del bióxido de azufre, el corredor industrial Tampico-Madero-Altamira en el estado de Tamaulipas deberá cumplir con el valor establecido para el resto del país.

**Anexo 2**

**Notas:**

- (1) Concentraciones referidas a 25 °C, 760 mm Hg, 5% de oxígeno en volumen y base seca. Entre paréntesis se expresa el equivalente de la concentración en unidades de  $kg/10^6$  kcal.  
 El factor para corregir el  $O_2$  a la base del 5% de oxígeno, se calcula de acuerdo a la ecuación 7.

Ecuación 7

$$E_r = \frac{21 - O_r}{21 - O_m} \cdot E_m$$

$E_r$  = Emisión calculada al valor de referencia del  $O_2$   
 $E_m$  = Emisión medida ( $NO_x$  o CO)  
 $O_m$  = Valor medido para él  $O_2$   
 $O_r$  = Nivel de referencia para él  $O_2$

- (2) Los valores de emisión de partículas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno podrán ser determinados con promedios ponderados de fuente fija, al hacer uso del procedimiento descrito en el punto 5.2 de esta norma.
- (3) Zonas críticas (especificadas en el punto 4.22 de esta norma).
- (4) Se refiere únicamente a las Zonas metropolitanas de las ciudades de Monterrey y Guadalajara y las ciudades de Tijuana, Baja California y Cd. Juárez, Chihuahua.
- (5) Determinado con la siguiente ecuación y medido antes del precalentador de aire o de cualquier infiltración que diluya los gases de combustión:  
 $EA = (O_2 - 0.5CO)100/(0.264N_2 - O_2 + 0.5CO)$ ; donde  $O_2$ , CO y  $N_2$ , corresponden al porcentaje en volumen de oxígeno, monóxido de carbono y nitrógeno respectivamente contenidos en los gases de combustión en base seca.

**Anexo 3**

**Contaminantes y sus métodos de evaluación para fuentes fijas y métodos equivalentes**

| Contaminante                   | Método de evaluación   | Método equivalente  |
|--------------------------------|--|---|
| Densidad de humo               | * huella o mancha de hollín<br>* opacidad  | ----  |
| Partículas suspendidas totales | * isocinético  | ----  |
| Óxidos de nitrógeno            | * quimioluminiscencia<br>* infrarrojo no dispersivo  | * infrarrojo no dispersivo  |
| Óxidos de carbono              | * celdas electroquímicas*<br>* orsat ( $O_2$ , $CO_2$ y CO)  | ----  |
| Oxígeno                        | * celdas electroquímicas<br>* paramagnéticos   | * orsat ( $O_2$ , $CO_2$ y CO)<br>* óxidos de zirconio<br>(celdas electroquímicas)  |
| $SO_2$                         | * medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor MJ/h | Capacidad del equipo de combustión<br>Hasta 5 250:<br>*vía húmeda (torino)<br>*infrarrojo no dispersivo<br>*celdas electroquímicas<br>Mayores de 5 250:<br>*vía húmeda<br>*infrarrojo no dispersivo |

\* Se calcula el valor dado que no se obtiene por medición directa.

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Anexo 4**

**Poder calorífico**

| Combustible        | MJ/kg de combustible |
|--------------------|----------------------|
| Gas natural        | 52                   |
| Gas LP             | 48                   |
| Butano             | 49                   |
| Isobutano          | 45                   |
| Propano            | 50                   |
| Butileno           | 49                   |
| Propileno          | 49                   |
| Metano             | 55                   |
| Petróleo diáfano   | 46                   |
| Gasolina           | 47                   |
| Diesel             | 48                   |
| Gasóleo            | 42                   |
| Combustóleo pesado | 42                   |
| Combustóleo ligero | 43                   |
| Carbón mineral     | Variable             |
| Coque de petróleo  | 31                   |

**Anexo 5**

**Tabla de equivalencias**

| Unidad                            | x                      | =               |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------|
| MJ megajoule                      | 239                    | kcal            |
| MJ megajoule                      | 0.277                  | kWh             |
| kcal kilocaloría                  | $4.186 \times 10^{-6}$ | MJ              |
| kcal kilocaloría                  | $1.162 \times 10^{-3}$ | kWh             |
| kWh kilovatio hora                | 3.6                    | MJ              |
| kWh kilovatio hora                | 860.4                  | kcal            |
| kcal kilocaloría                  | 3.968                  | B.T.U.          |
| B.T.U. unidad térmica británica   | 0.252                  | kcal            |
| C.C. caballo caldera              | 35.3                   | MJ/h            |
| MJ/h megajoule                    | 0.028                  | C.C.            |
| S azufre                          | 2                      | SO <sub>2</sub> |
| SO <sub>2</sub> bióxido de azufre | 0.5                    | S               |

| Clave                                 | Descripción   |
|---------------------------------------|---|
| <b>PROY-NOM-163-SEM-ENER-SCF-2012</b> | Emisiones de bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos.   |
| <b>IEEE 802.3-2008</b>                | IEEE Standard for Information technology-Specific requirements - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications (ethernet) (norma IEEE para tecnología de la información – requisitos específicos – parte 3: acceso múltiple de detección de portadora con detección de colisiones (csma/cd) método de acceso y especificaciones de la capa física (ethernet))  |
| <b>IEEE 1159-2009</b>                 | IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (Práctica recomendada por IEEE para la Supervisión de la Calidad de la Energía Eléctrica)   |
| <b>NMX-CC-9001-IMNC-2008</b>          | Sistema de gestión de la calidad - requisitos   |
| <b>NMX-EC-17025-IMNC-2006</b>         | Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración (cancela a la NMXEC- 17025-IMNC-2000). Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AG-009-IMNC-2006, NMX-CH-049-IMNC-2006, NMX-CH-5725/5-IMNC-2006, NMX-EC-17025-IMNC-2006, NMX-EC-15189-IMNC-2006 y NMX-SAA-14015-IMNC-2006.<br><b>Campo de aplicación</b><br>Esta Norma Mexicana establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.<br>Esta norma mexicana es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                                   | Descripción   |
|---|---|
|   | <p><b>Concordancia con normas internacionales</b><br/> Esta Norma Mexicana es idéntica a la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2005.</p>   |
| ISO 14001:2004 (traducción certificada) | <p><b>1. Objeto y campo de aplicación</b><br/> Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, destinados a permitir que una organización desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y la información relativa a los aspectos ambientales significativos. Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización identifica que puede controlar y aquel sobre los que la organización puede tener influencia. No establece por sí misma criterios de desempeño ambiental específicos.<br/> Esta Norma Internacional se aplica a cualquier organización que desee:<br/> <b>a)</b> establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental;<br/> <b>b)</b> asegurarse de su conformidad con su política ambiental establecida;<br/> <b>c)</b> demostrar la conformidad con esta Norma Internacional por:<br/> 1. La realización de una autoevaluación y autodeclaración, o<br/> 2. La búsqueda de confirmación de dicha conformidad por las partes interesadas en la organización, tales como clientes; o<br/> 3. La búsqueda de confirmación de su autodeclaración por una parte externa a la organización; o<br/> 4. La búsqueda de la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una parte externa a la organización.<br/> Todos los requisitos de esta Norma Internacional tienen como fin su incorporación a cualquier sistema de gestión ambiental. Su grado de aplicación depende de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades, productos y servicios y la localización donde y las condiciones en las cuales opera.</p>   |
| ISO 216:2007 (DIN 476)                  | <p>Writing paper and certain classes of printed matter -- Trimmed sizes -- A and B series, and indication of machine direction (papel para escritura y ciertas clases de material impreso – tamaños normalizados – serie A y B, y la indicación de dirección de máquina).</p>   |
| ISO 9001:2008                           | <p>Es la base del sistema de gestión de la calidad ya que es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).<br/> <b>1 Objeto y campo de aplicación</b><br/> <b>1.1 Generalidades</b><br/> Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, cuando una organización:<br/> a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y<br/> b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.<br/> NOTA En esta Norma Internacional, el término "producto" se aplica únicamente a:<br/> a) el producto destinado a un cliente o solicitado por él,<br/> b) cualquier resultado previsto de los procesos de realización del producto.<br/> <b>1.2 Aplicación</b><br/> Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones sin importar su tipo, tamaño y producto suministrado. Cuando uno o varios requisitos de esta Norma Internacional no se puedan aplicar debido a la naturaleza de la organización y de su producto, pueden considerarse para su exclusión. Cuando se realicen exclusiones, no se podrá alegar conformidad con esta Norma Internacional a menos que dichas exclusiones queden restringidas a los requisitos expresados en el Capítulo 7 y que tales exclusiones no afecten a la capacidad o responsabilidad de la organización para proporcionar productos que cumplan con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.</p> |
| NOM-008-NUCL-2011                       | Control de la contaminación radiactiva.   |
| NOM-001-SCFI-1993                       | Aparatos electrónicos de uso doméstico alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica-Requisitos de seguridad y métodos de prueba para la aprobación de tipo.  |
| NOM-003-SCFI-2000                       | Productos eléctricos-especificaciones de seguridad.   |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                         | Descripción   |
|-------------------------------|---|
| <b>NOM-008-SCFI-2002</b>      | Sistema general de unidades de medida.<br>La elaboración de esta Norma Oficial Mexicana se basó principalmente en las resoluciones y acuerdos que sobre el Sistema Internacional de Unidades (SI) se han tenido en la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), hasta su 22a. Convención realizada en el año 2003. [Modificación publicada en el DOF el 24 de septiembre de 2009]<br>Esta Norma Oficial Mexicana establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la CGPM, que en conjunto, constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la industria, la educación y el comercio.<br>Sistema de unidades que establece magnitudes de:<br>Espacio, tiempo, de fenómenos periódicos y conexos, de mecánica, de calor, de electricidad y magnetismo, de luz y radiaciones electromagnéticas, de acústica, de físico-química y física molecular, de física atómica y física nuclear, de reacciones nucleares y radiaciones ionizantes, unidades que se conservan, unidades que pueden usarse temporalmente y unidades que no deben utilizarse con el SI. |
| <b>NOM-016-SCFI-1993</b>      | Aparatos electrónicos de uso en oficina y alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica - Requisitos de seguridad y métodos de prueba. (Se ratifica por cinco años según resolución publicada en el D. O. F. El 29/06/2005)   |
| <b>NOM-040-SCFI-1994</b>      | Instrumentos de medición-instrumentos rígidos reglas graduadas para medir longitud- uso comercial.  |
| <b>NOM-046-SCFI-1999</b>      | Instrumentos de medición-cintas métricas de acero y flexómetros (esta norma cancela a la norma oficial mexicana NOM-046-SCFI-1999, instrumentos de medición-cintas métricas de acero y flexómetros, y su aclaración.  |
| <b>NOM-058-SCFI-1999</b>      | Productos eléctricos-balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas-especificaciones de seguridad. (se ratifica la presente NOM, según resolución publicada el 01/11/2005 en el D. O. F.)  |
| <b>NOM-063-SCFI-2001</b>      | Productos eléctricos – conductores – requisitos de seguridad.   |
| <b>NOM-064-SCFI-2000</b>      | Productos eléctricos-luminarios para uso en interiores y exteriores-especificaciones de seguridad y métodos de prueba.  |
| <b>NOM-093-SCFI-1994</b>      | Válvulas de relevo de presión (seguridad, seguridad-alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.   |
| <b>PROY-NOM-080-SCT1-1994</b> | Diagramas, gráficas y tablas utilizadas en electrónica. Parte 1. Definiciones y clasificación.  |
| <b>PROY-NOM-089-SCT1-1994</b> | Diagramas, gráficas y tablas utilizadas en electrónica. Parte 2. Identificación de elementos.   |
| <b>PROY-NOM-010-SCT3-94</b>   | Que regula el procedimiento pro-abatimiento de ruido sobre la ciudad de México.   |
| <b>NOM-036-SCT3-2000</b>      | Que establece dentro de la república mexicana los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice, supersónicas y helicópteros, su método de medición, así como los requerimiento de calibración de equipos.   |
| <b>NOM-001-SEDE-2012</b>      | Instalaciones eléctricas (utilización). Sustituye a la NOM-001-SEDE-2005  |
| <b>NOM-002-SEDE-2010</b>      | Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.   |
| <b>NOM-004-SEDG-2004</b>      | Instalaciones de aprovechamiento de gas LP diseño y construcción.   |
| <b>NOM-011/1-SEDG-1999</b>    | Condiciones de seguridad de los recipientes portátiles para contener gas LP en uso.<br><b>Objetivo y campo de aplicación</b><br>Esta Norma Oficial Mexicana establece las condiciones mínimas de seguridad de los recipientes portátiles para contener Gas LP en uso, con el fin de proporcionar el servicio en la distribución del Gas LP por medio de esos envases; asimismo, las especificaciones para el marcado que identifica al distribuidor propietario del recipiente y los procedimientos para la evaluación de la conformidad.   |

4. Valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles
- 4.1 Las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles deben valorarse previo al llenado de Gas LP, conforme al procedimiento interno del distribuidor, los resultados de las valoraciones deben asentarse diariamente en libro bitácora.
- 4.2 No deben ser llenados con Gas LP los recipientes portátiles que presenten las siguientes características:
- 4.2.1 Válvula. Cuando presente golpe y/o fuga, no tenga volante o se detecte falla visible en el dispositivo de relevo de presión.
- 4.2.2 Cuello protector. Cuando por su estado físico no proteja y/o impida la operación de la válvula.
- 4.2.3. Base de sustentación.
- 4.2.3.1 Cuando por su estado físico o deterioro no sostenga verticalmente al recipiente portátil.
- 4.2.3.2 Cuando uno o más de los cuatro cordones de soldadura que unen la base de sustentación al casquete inferior del recipiente, se encuentre desprendido.
- 4.2.4 Pintura. Cuando se presenten signos de corrosión en el recipiente portátil.
- 4.3 Deben ser retirados del servicio para su inutilización los recipientes portátiles que presenten las siguientes características:

**Formulario para el sustentante del**

**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**4.3.1** Abolladura. Cuando el recipiente portátil presente abolladura en la sección cilíndrica y/o casquetes, con una profundidad superior al 10% del diámetro mayor de la abolladura o cuando ocurra en un cordón de soldadura y la profundidad sea superior a 6.35 mm (ver figura A, detalle A).

**4.3.2** Protuberancia o abombado. Cuando el recipiente portátil presente protuberancia o signos de abombado en la sección cilíndrica y casquete.

**4.3.3** Incisión o cavidad. Cuando el recipiente portátil presente incisión o cavidad en la lámina de la sección cilíndrica y/o casquetes, con una longitud mayor a 75 mm y/o en algún punto presente una profundidad mayor a 0.6 mm en los recipientes portátiles con capacidad de 10, 20 y 30 kg, así como mayor a 0.8 mm en los recipientes portátiles con capacidad de 45 kg (ver figura C y D).

**4.3.4** Corrosión. Cuando el recipiente portátil presente picadura por corrosión en la lámina de la sección cilíndrica y casquetes y su profundidad sea mayor a 0.6 mm en los recipientes portátiles con capacidad de 10, 20 y 30 kg, así como mayor a 0.8 mm en los recipientes portátiles con capacidad de 45 kg (ver figura A, detalle B).

**4.3.5** Grieta. Cuando en el recipiente portátil se detecte cualquier grieta externa, sin importar su longitud ni profundidad, en la lámina de la sección cilíndrica y casquetes, en la soldadura del medio cople o en el medio cople, en los cordones de soldadura longitudinal o circunferencial y en las uniones del recipiente con el cuello protector y base de sustentación.

**4.3.6** Cuando el recipiente portátil presente evidencia visual de haber sido expuesto al fuego.

**4.4** Etapa de valoración.

**4.4.1** El 100% de los recipientes portátiles debe ser revisado visualmente previo a su llenado con gas LP, retirando del servicio para su inutilización los que presenten protuberancia, abombado o grieta.

**4.4.2** Adicionalmente a lo establecido en el numeral 4.4.1 de esta norma, en plantas de almacenamiento para distribución con llenado promedio diario de hasta 1000 recipientes portátiles, el 10% de esos recipientes debe ser valorado diariamente respecto de abolladuras, incisiones, cavidades y corrosión, retirando del servicio para su inutilización los que presenten anomalías establecidas en los numerales 4.3.1, 4.3.3 y 4.3.4 de esta norma. En plantas de almacenamiento para distribución con llenado promedio diario mayores a 1000 recipientes portátiles, el tamaño del lote a valorarse debe ser de 200 recipientes por día.

**4.4.2.1** Previo a la valoración de los recipientes portátiles, éstos deben limpiarse de herrumbre, suciedad o pintura apelmazada que se encuentre adherida a su superficie de forma suelta.

**4.5** Queda prohibido efectuar reparaciones a la sección cilíndrica y casquetes (superior e inferior) de los recipientes portátiles, que impliquen calentamiento y golpes en la lámina, soldadura o cortes.

Se permite la aplicación de soldadura en los casquetes (superior e inferior), exclusivamente para el cambio de cuello protector y base de sustentación.

**8.** Procedimiento para la evaluación de la conformidad

**8.1** Para efectos de este procedimiento, los siguientes términos se entenderán como se describen a continuación:

**8.1.1** DGGIE. A la Dirección General de Gas LP y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía.

**8.1.2** Ley. A la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**8.1.3** Distribuidor. Al titular de un permiso de distribución mediante planta de almacenamiento para distribución.

**8.1.4** Evaluación de la conformidad. A la determinación del grado de cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana mediante verificación.

**8.1.5** Verificación. A la constatación ocular o comprobación mediante medición que se realiza para evaluar la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana.

**8.1.6** Dictamen. Al documento que emite la Unidad de Verificación mediante el cual se determina el grado de cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana.

**8.1.7** Unidad de Verificación. A la persona física o moral acreditada y aprobada conforme a la Ley, que realiza actos de verificación.

**8.2** Procedimiento.

**Artículo 1.** El presente procedimiento es aplicable a la evaluación de la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana.

**Artículo 2.** Valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles.

I. La valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles se debe efectuar por los distribuidores, previo al llenado de Gas LP

II. El distribuidor debe contar con procedimiento interno establecido por la empresa, para la valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles y registrar en libro bitácora los resultados de dichas valoraciones.

**Artículo 3.** Evaluación de la conformidad a petición de parte.

Los distribuidores deben requerir, anualmente, la evaluación de la conformidad con esta Norma Oficial Mexicana y conservar el original del dictamen, el que deberá estar a la disposición de la DGGIE o de otra autoridad competente conforme a sus atribuciones.

a) La evaluación de la conformidad a petición de parte se obtendrá de las Unidades de Verificación.

b) El interesado obtendrá el directorio de Unidades de Verificación en la Oficialía de Partes de la DGGIE, ubicada en Insurgentes Sur 890, planta baja, colonia Del Valle, código postal 03100, México D.F. (edificio sede) o de la página de la Secretaría de Energía, vía Internet, en la siguiente dirección [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx) sección servicios y trámites, módulo-trámites del público y requisitos referentes al Gas LP

c) Los gastos que se originen de las verificaciones a petición de parte, serán a cargo del distribuidor.

**Artículo 4.** Evaluaciones de la conformidad de seguimiento.

I. Las evaluaciones de la conformidad de seguimiento se podrán efectuar por parte de la DGGIE.

a) Las evaluaciones de la conformidad de seguimiento podrán realizarse en cualquier momento.

b) Las evaluaciones de la conformidad se llevarán a cabo en las plantas de almacenamiento para distribución, bodegas de distribución de Gas LP en recipientes portátiles y vehículos de reparto de Gas LP en recipientes portátiles.

**Artículo 5.** El acta circunstanciada levantada en la verificación o el dictamen, deben hacer constar como mínimo:

• La fecha de la evaluación.

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

- Si el distribuidor cuenta con procedimiento interno para la valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles y libro bitácora en donde se asientan los resultados de dichas valoraciones.
  - Si la valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles se lleva a cabo previo al llenado de Gas LP, y conforme al procedimiento establecido por el distribuidor.
  - La fecha de la última evaluación de la conformidad con esta Norma, a petición de parte.
  - La cantidad de recipientes valorados en la verificación.
- La verificación se llevará a cabo seleccionando como mínimo uno de cada 10 recipientes portátiles que se encuentren en el sitio y deben ser seleccionados por la persona que lleva a cabo la verificación.
- El marcado con la marca comercial conforme a lo establecido en el numeral seis de esta Norma Oficial Mexicana.
  - Los resultados de la verificación de los recipientes.

**Artículo 6.** En aquellos casos en los que del resultado de la evaluación de la conformidad se determine incumplimiento a esta Norma Oficial Mexicana o cuando la misma no pueda llevarse a cabo por causa imputable al distribuidor, la Unidad de Verificación dará aviso inmediato a la DGGIE, sin perjuicio de las sanciones que procedan.

| Clave                      | Descripción  |
|----------------------------|--|
| <b>NOM-012/3-SEDG-2003</b> | <p>Recipientes a presión para contener gas LP, tipo no portátil, destinados a ser colocados a la intemperie en estaciones de gas LP para carburación e instalaciones de aprovechamiento. Fabricación.</p> <p><b>Objetivo</b><br/>           Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones mínimas y métodos de prueba que se deben cumplir en la fabricación de recipientes sujetos a presión para contener gas LP, tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a ser colocados a la intemperie en estaciones de gas LP para carburación e instalaciones de aprovechamiento final de Gas LP, con una capacidad nominal desde 100 litros y hasta 5 000 litros de agua (tipo B1 y B2), así como el procedimiento para la evaluación de la conformidad correspondiente.</p> |

**5. Métodos de prueba**

**5.1 Prueba hidrostática.** Los recipientes motivo de esta Norma deben someterse a una presión hidrostática de 1.3 veces su presión de diseño, como mínimo, la cual en ningún caso debe exceder el 90% del esfuerzo límite de cedencia del material. Esta prueba debe efectuarse al 100% de los recipientes.

**5.1.1 Aparatos y equipos.**

a) Dispositivo hidráulico que proporcione una presión de 2.23 MPa (22.8 kgf/cm<sup>2</sup>), como mínimo.

b) Medidor indicador de presión analógico de carátula (manómetro), el cual debe estar graduado para un alcance de entre 1.5 veces y 4 veces la presión de prueba máxima. Pueden emplearse medidores de presión digital que tengan un alcance más amplio, siempre y cuando las lecturas den el mismo o mayor grado de exactitud que el obtenido con medidores de presión analógicos de carátula.

**5.1.2 Procedimiento.**

Una vez que el recipiente ha sido llenado completamente con agua, debe elevarse la presión hidrostática a por lo menos 1.3 veces la presión de diseño, durante el tiempo necesario para inspeccionar si existen fugas en el material base o en las juntas soldadas.

**5.1.3 Resultado.** El recipiente no debe presentar fugas, defectos en el material base ni deformaciones permanentes.

**5.2 Prueba neumática.** Los recipientes con sus válvulas instaladas deben someterse a una presión neumática de 0.686 MPa (7 kgf/cm<sup>2</sup>), como mínimo. Esta prueba debe efectuarse al 100% de los recipientes.

**5.2.1 Aparatos y equipos.**

a) Compresor.

b) Medidor indicador de presión analógico de carátula (manómetro), graduado conforme a lo indicado en el numeral 5.1.1, inciso b).

**5.2.2 Procedimiento.** Se elimina completamente el agua y cualquier materia extraña que pudiera contener el recipiente, se instalan todos sus accesorios de control y seguridad, se aplica una presión neumática mínima de 0.686 MPa (7 kgf/cm<sup>2</sup>) y se coloca jabonadura en todas las conexiones y accesorios, verificando que no existan fugas. Esta prueba puede realizarse sumergiendo el recipiente en agua.

**5.2.3 Resultado.** El recipiente no debe presentar fugas en las juntas soldadas ni en los accesorios instalados.

| Clave                        | Descripción  |
|------------------------------|--|
| <b>NOM-019-SEDG-2002</b>     | Aparatos domésticos para cocinar alimentos que utilizan gas LP o gas natural-especificaciones y métodos de prueba. (cancela y sustituye a la norma oficial mexicana NOM-023-SCFI-1993) |
| <b>NOM-020-SEDG-2003</b>     | Calentadores para agua que utilizan como combustible gas LP o natural, de uso doméstico y comercial. Requisitos de seguridad, métodos de prueba y marcado.                             |
| <b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b> | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.  |
| <b>NOM-002-SEMARNAT-1996</b> | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.  |
| <b>NOM-003-SEMARNAT-1997</b> | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.   |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                        | Descripción   |
|------------------------------|---|
| <b>NOM-034-SEMARNAT-1993</b> | <p>Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.</p> <p><b>Objetivo:</b><br/>Esta Norma oficial establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.</p> <p><b>Campo de aplicación:</b><br/>Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en la operación de los equipos, estaciones o sistemas de monitoreo de calidad del aire con fines de difusión o información al público o cuando los resultados tengan validez oficial.</p> |

6.1 El método de referencia para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente, es el de absorción infrarroja por medio de un fotómetro no dispersivo.

$$(CO)_{sal} = \frac{(CO)_{ptn} \cdot F_{co}}{(F_o + F_{co})}$$

$(CO)_{sal}$  = concentración de monóxido de carbón diluido en el múltiple de salida en ppm.

$(CO)_{ptn}$  = concentración de monóxido de carbón patrón sin diluir en ppm

$F_{co}$  = velocidad de flujo de monóxido de carbono patrón corregida a 25 °C y 760 mmHg en L/min

$F_o$  = velocidad de flujo de monóxido del aire de dilución corregida a 25 °C y 760 mmHg en L/min

| Clave                        | Descripción   |
|------------------------------|---|
| <b>NOM-035-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de equipos de medición.   |
| <b>NOM-036-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.  |
| <b>NOM-038-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.  |
| <b>NOM-039-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras.  |
| <b>NOM-041-SEMARNAT-2006</b> | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.   |
| <b>NOM-042-SEMARNAT-2003</b> | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3.857 toneladas.       |
| <b>NOM-043-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.  |
| <b>NOM-044-SEMARNAT-2006</b> | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible.                 |
| <b>NOM-045-SEMARNAT-2006</b> | Protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.  |
| <b>NOM-046-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico.  |
| <b>NOM-047-SEMARNAT-1999</b> | Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural como combustible. |
| <b>NOM-048-SEMARNAT-1993</b> | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla gasolina-aceite como combustible.  |
| <b>NOM-049-SEMARNAT-1993</b> | Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.             |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                          | Descripción   |
|--------------------------------|---|
| NOM-050-SEMARNAT-1993          | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.   |
| NOM-076-SEMARNAT-2012          | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina.  |
| NOM-077-SEMARNAT-1995          | Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.  |
| NOM-079-SEMARNAT-1994          | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.  |
| NOM-080-SEMARNAT-1994          | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.   |
| NOM-081-SEMARNAT-1994          | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición (se encuentra también como NOM-081-ECOL-1994, es la misma)<br><b>Objeto</b><br>Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.<br><b>Campo de aplicación</b><br>Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.<br><b>Referencias</b><br>NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.<br>NMX-AA-43 Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas.<br>NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.<br>NMX-AA-62 Determinación de los niveles de ruido ambiental |
| NOM-082-SEMARNAT-1994          | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.   |
| NOM-085-SEMARNAT-2011          | Contaminación atmosférica-niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición. Sustituye a la NOM-085-SEMARNAT-1994  |
| NOM-086-SEMAR-SENER-SCFI-2005  | Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.  |
| NOM-097-SEMARNAT-1995          | Que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio.   |
| NOM-098-SEMARNAT-2002          | Protección ambiental-incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.   |
| NOM-105-SEMARNAT-1996          | Que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.   |
| NOM-121-SEMARNAT-1997          | Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COVS) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple y de pasajeros.  |
| NOM-123-SEMARNAT-1998          | Que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COVS), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas.   |
| NOM-137-SEMARNAT-2003          | Contaminación atmosférica.- plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos.- control de emisiones de compuestos de azufre.   |
| NOM-138-SEMARNAT/SS-2003       | Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.  |
| PROY-NOM-138-SEMARNAT/SA1-2008 | Proyecto de modificación a la norma oficial mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación, para quedar como norma oficial mexicana NOM-138-SEMARNAT/SA1-2008.  |
| NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004     | Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.  |
| PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006     | Que establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eolo-eléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.   |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                      | Descripción   |
|----------------------------|---|
| NOM-008-SESH/SCFI-2010     | Recipientes transportables para contener gas LP especificaciones de fabricación, materiales y métodos de prueba.  |
| NOM-009-SESH-2011          | Recipientes para contener gas LP, tipo no transportable. Especificaciones y métodos de prueba.  |
| PROY-NOM-011-SESH-2011     | Calentadores para agua de uso doméstico y comercial que utilizan como combustible gas LP o gas natural.- requisitos de seguridad, especificaciones, métodos de prueba, marcado e información comercial.   |
| NOM-012-SESH-2010          | Calefactores de ambiente para uso doméstico que empleen como combustible gas LP o natural. Requisitos de seguridad y métodos de prueba.   |
| NOM-020-SSA1-1993          | Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O <sub>3</sub> ). Valor normado para la concentración de ozono (O <sub>3</sub> ) en el aire a en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.  |
| NOM-023-SSA1-1993          | Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población  |
| NOM-025-SSA1-1993,         | Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales pst, partículas menores de 10 micrómetros pm10.   |
| NOM-127-SSA1-1994          | Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.  |
| NOM-230-SSA1-2002          | Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.   |
| NOM-001-STPS-1999 (Actual) | Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad e higiene. (NOM-001-STPS-1993 antigua)<br><b>1 Objetivo</b><br>Establecer las condiciones de seguridad e higiene que deben tener los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo, para su funcionamiento y conservación, y para evitar riesgos a los trabajadores.<br><b>1.1 Campo de aplicación</b><br>Requisitos de seguridad de escaleras, rampas, escalas, puentes y plataformas elevadas  |
| NOM-004-STPS-1999          | Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo (actual).<br><b>Objetivo</b><br>Establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.<br><b>Campo de aplicación</b><br>La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros trabajo que por la naturaleza de sus procesos empleen maquinaria y equipo.<br><br>7. Programa específico de seguridad para la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo<br><b>7.1 Operación de la maquinaria y equipo.</b><br>El programa debe contener procedimientos para que:<br><b>a)</b> los protectores y dispositivos de seguridad se instalen en el lugar requerido y se utilicen durante la operación;<br><b>b)</b> se mantenga limpia y ordenada el área de trabajo;<br><b>c)</b> la maquinaria y equipo estén ajustados para prevenir un riesgo;<br><b>d)</b> las conexiones de la maquinaria y equipo y sus contactos eléctricos estén protegidos y no sean un factor de riesgo;<br><b>e)</b> el cambio y uso de la herramienta y el herramental se realice en forma segura;<br><b>f)</b> el desarrollo de las actividades de operación se efectúe en forma segura;<br><b>g)</b> el sistema de alimentación y retiro de la materia prima, subproducto y producto terminado no sean un factor de riesgo.<br><b>7.2 Mantenimiento de la maquinaria y equipo</b><br>El programa debe contener:<br><b>7.2.1</b> La capacitación que se debe otorgar a los trabajadores que realicen las actividades de mantenimiento. |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave             | Descripción   |
|-------------------|---|
|                   | 7.2.2 La periodicidad y el procedimiento para realizar el mantenimiento preventivo y, en su caso, el correctivo, a fin de garantizar que todos los componentes de la maquinaria y equipo estén en condiciones seguras de operación, y se debe cumplir, al menos, con las siguientes condiciones.  |
| NOM-006-STPS-2000 | Manejo y almacenamiento de materiales- condiciones y procedimientos de seguridad (NOM-006-STPS-1993 antigua).<br><b>1. Objetivo</b><br>Establecer las condiciones y procedimientos de seguridad para evitar riesgos de trabajo, ocasionados por el manejo de materiales en forma manual y mediante el uso de maquinaria.<br><b>2. Campo de aplicación</b><br>La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realice manejo de materiales, de forma manual o con ayuda de maquinaria.<br>Para polipastos y malacates, eslingas, grúas, montacargas, electroimanes, cargadores frontales, transportadores<br>Para maquinaria similar o que sea combinación de las enunciadas en los apartados del 7.1 al 7.7, instrucciones equivalentes a las descritas en dichos apartados. |
| NOM-011-STPS-2001 | Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.<br><b>Objetivo</b><br>Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación, y la implementación de un programa de conservación de la audición.<br><b>Campo de aplicación</b><br>Esta norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que exista exposición del trabajador a ruido.<br>Límites máximos permisibles de exposición a ruido<br>Los límites máximos permisibles de exposición a ruido se establecen en el apéndice A.                    |

Cálculo para el tiempo de exposición. Cuando el NER en los centros de trabajo, esté entre dos de las magnitudes consignadas en la tabla A.1, (90 y 105 dB "A"), el tiempo máximo permisible de exposición, se debe calcular con la ecuación siguiente:

$$TMPE = \frac{8}{2^{\frac{NER-90}{3}}}$$

7.3 Cuando el NER sea superior a 105 dB(A), se deben implementar una o más de las medidas de control descritas en el inciso a) del apartado 8.7.1.

**Tabla A.1  
Límites máximos permisibles de exposición**

| NER        | TMPE       |
|------------|------------|
| 90 dB (A)  | 8 horas    |
| 93 dB (A)  | 4 horas    |
| 96 dB (A)  | 2 horas    |
| 99 dB (A)  | 1 horas    |
| 102 dB (A) | 30 minutos |
| 105 dB (A) | 15 minutos |

| Clave             | Descripción  |
|-------------------|--|
| NOM-017-STPS-2008 | Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo.<br><b>Objetivo</b><br>Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.<br><b>Campo de aplicación</b><br>Esta norma aplica en todos los centros de trabajo del territorio nacional que se requiera el uso de equipo de protección personal para proteger a los trabajadores contra los riesgos derivados de las actividades que desarrollen. |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla A1**

**Determinación del equipo de protección personal**

| <b>Clave y región anatómica</b> | <b>Clave y epp</b>  | <b>Tipo de riesgo en función de la actividad del trabajador</b>   |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Cabeza                       | a) casco contra impacto<br>b) casco dieléctrico<br>c) capuchas  | a) Golpeado por algo, que sea un posibilidad de riesgo continuo inherente a su actividad.<br>b) Riesgo a una descarga eléctrica (considerar alto o bajo voltaje, los cascos son diferentes).<br>c) Exposición a temperaturas bajas o exposición a partículas. Protección con una capucha que puede ir abajo del casco de protección personal.   |
| 2. Ojos y cara                  | a) anteojos de protección<br>b) googles<br>c) pantalla facial<br>d) careta para soldador<br>e) gafas para soldador                          | a) Riesgo de proyección de partículas o líquidos. En caso de estar expuesto a radiaciones, se utilizan anteojos de protección contra la radiación.<br>b) Riesgo de exposición a vapores o humos que pudieran irritar los ojos o partículas mayores o a alta velocidad.<br>c) Se utiliza también cuando se expone a la proyección de partículas en procesos tales como esmerilado o procesos similares; para proteger ojos y cara.<br>d) Específico para procesos de soldadura eléctrica.<br>e) Específico para procesos con soldadura autógena.   |
| 3. Oídos                        | a) taponos auditivos<br>b) conchas acústicas  | a) Protección contra riesgo de ruido; de acuerdo al máximo especificado en el producto o por el fabricante.<br>b) Mismo caso del inciso A.  |
| 4. Aparato respiratorio         | a) respirador contra partículas<br>b) respirador contra gases y vapores<br>c) mascarilla desechable<br>d) equipo de respiración autónomo    | En este tipo de productos es importante verificar las recomendaciones o especificaciones de protección del equipo, hecha por el fabricante del producto.<br>a) Protección contra polvos o partículas en el medio ambiente laboral y que representan un riesgo a la salud del trabajador.<br>b) Protección contra gases y vapores. Considerar que hay diferentes tipos de gases y vapores para los cuales aplican también diferentes tipos de respiradores, incluyendo para gases o vapores tóxicos.<br>c) Mascarilla sencilla de protección contra polvos.<br>d) Se utiliza cuando el trabajador entra a espacios confinados o cuando un respirador no proporciona la protección requerida.   |
| 5. Extremidades superiores      | a) guantes contra sustancias químicas<br>b) guantes dieléctricos<br>c) guantes contra temperaturas extremas<br>d) guantes<br>e) mangas      | En este tipo de productos es importante verificar las recomendaciones o especificaciones de los diferentes guantes existentes en el mercado, hecha por el fabricante del producto. Su uso depende de los materiales o actividad a desarrollar.<br>a) Riesgo por exposición o contacto con sustancias químicas corrosivas.<br>b) Protección contra descargas eléctricas. Considerar que son diferentes guantes dependiendo de protección contra alta o baja tensión.<br>c) Riesgo por exposición a temperaturas bajas o altas.<br>d) Hay una gran variedad de guantes: tela, carnaza, piel, pvc, látex, entre otros. Dependiendo del tipo de protección que se requiere, actividades expuestas a corte, vidrio, etc.<br>e) Se utilizan cuando es necesario extender la protección de los guantes hasta los brazos. |
| 6. Tronco                       | a) mandil contra altas temperaturas<br>b) mandil contra sustancias químicas<br>c) overol<br>d) bata<br>e) ropa contra sustancias peligrosas | a) Riesgo por exposición a altas temperaturas; cuando se puede tener contacto del cuerpo con algo que esté a alta temperatura.<br>b) Riesgo por exposición a sustancias químicas corrosivas; cuando se puede tener contacto del cuerpo con este tipo de sustancias.<br>c) Extensión de la protección en todo el cuerpo por posible exposición a sustancias o temperaturas. Considerar la facilidad de quitarse la ropa lo más pronto posible, cuando se trata de sustancias corrosivas.<br>d) Protección generalmente usada en laboratorios u hospitales.<br>e) Es un equipo de protección personal que protege cuerpo, cabeza, brazos, piernas pies, cubre y protege completamente el cuerpo humano ante la exposición a sustancias altamente tóxicas o corrosivas.  |
| 7. Extremidades inferiores      | a) calzado ocupacional<br>b) calzado contra impactos<br>c) calzado conductivo<br>d) calzado dieléctrico<br>e) calzado contra                | a) Proteger a la persona contra golpes, machacamientos, resbalones, etc.<br>b) Protección mayor que la del inciso anterior contra golpes, que pueden representar un riesgo permanente en función de la actividad desarrollada.<br>c) Protección del trabajador cuando es necesario que se elimine la  |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave y región anatómica | Clave y epp  | Tipo de riesgo en función de la actividad del trabajador   |
|--------------------------|--|--|
|                          | sustancias químicas<br>f) polainas<br>g) botas impermeables                                  | electricidad estática del trabajador; generalmente usadas en áreas de trabajo con manejo de sustancias explosivas.<br>d) Protección contra descargas eléctricas.<br>e) Protección de los pies cuando hay posibilidad de tener contacto con algunas sustancias químicas. Considerar especificación del fabricante.<br>f) Extensión de la protección que pudiera tenerse con los zapatos exclusivamente.<br>g) Generalmente utilizadas cuando se trabaja en áreas húmedas. |
| 8. Otros                 | a) equipo de protección contra caídas de altura<br>b) equipo para brigadista contra incendio | a) Específico para proteger a trabajadores que desarrollen sus actividades en alturas y entrada a espacios confinados.<br>b) Específico para proteger a los brigadistas contra altas temperaturas y fuego. Hay equipo adicional en función de las actividades rescate a realizar.  |

| Clave                    | Descripción   |
|--------------------------|---|
| <b>NOM-020-STPS-2011</b> | Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y de vapor o calderas - funcionamiento - condiciones de seguridad.<br>Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad. Objetivo: Establecer los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos a los trabajadores y daños en las instalaciones. Aplicación: La presente Norma Oficial Mexicana rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en donde funcionen recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas. La presente Norma Oficial Mexicana no aplica para los equipos siguientes:<br>a) Campanas de buceo;<br>b) Campanas o cámaras hiperbáricas;<br>c) Recipientes utilizados como extintores;<br>d) Contenedores que trabajen a presión atmosférica;<br>e) Recipientes que trabajen interconectados en una misma línea de proceso, donde la presión de operación del conjunto de equipos y de cada uno de los equipos, se encuentren entre 29.42 kPa y 196.14 kPa de presión manométrica y, al final de la línea de proceso, se encuentren abiertos a la atmósfera;<br>f) Tuberías, cabezales de distribución que no se utilicen como acumuladores de fluidos y sus componentes (juntas de expansión y conexiones);<br>g) Recipientes portátiles que contengan gases comprimidos;<br>h) Accesorios presurizados y utilizados como componentes o mecanismos que sirven para mezclado, separación, aspersión, distribución, medición, filtrado o control de fluidos que no rebasen 0.15 m de diámetro nominal, instalados en los recipientes sujetos a presión;<br>i) Recipientes instalados en equipos móviles asociados con sus sistemas de frenado;<br>j) Recipientes que contengan gas licuado de petróleo, regulados por disposiciones legales cuya vigilancia compete a la Secretaría de Energía, y<br>k) Carros-tanque que transportan gases comprimidos, cuya regulación se encuentra a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. |
| <b>NOM-025-STPS-2008</b> | Condiciones de iluminación en los centros de trabajo (actual).<br><b>Objetivo</b><br>Establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.  |

**Tabla 1. Niveles mínimos de iluminación**

| Tarea visual del puesto de trabajo  | Área de trabajo   | Niveles mínimos de iluminación (LUX) |
|---|---|--------------------------------------|
| En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos | Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos   | 20                                   |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos | Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia | 50                                   |
| Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina            | Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailera                                      | 200                                  |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Tarea visual del puesto de trabajo  | Área de trabajo   | Niveles mínimos de iluminación (LUX) |
|---|---|--------------------------------------|
| Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina  | Talleres: áreas de empaque y ensamble. aulas y oficinas   | 300                                  |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio | Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios                                | 500                                  |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas                         | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad | 750                                  |
| Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabados con pulidos finos   | Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino                | 1 000                                |
| Alto grado de especialización en la distinción de detalles  | Áreas de proceso de gran exactitud  | 2 000                                |

| Clave                    | Descripción   |
|--------------------------|---|
| <b>NOM-026-STPS-2008</b> | <p>Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Sustituye a la NOM-026-STPS-1998</p> <p><b>Objetivo</b><br/>Establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.</p> <p><b>Campo de aplicación</b><br/>Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo, excepto lo establecido en el apartado siguiente.<br/>La presente norma no aplica en:</p> <p>a) La señalización para la transportación terrestre, marítima, fluvial o aérea, que sea competencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;</p> <p>b) La identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías subterráneas u ocultas, ductos eléctricos y tuberías en centrales nucleares, y</p> <p>c) Las tuberías instaladas en las plantas potabilizadoras de agua, así como en las redes de distribución de las mismas, en lo referente a la aplicación del color verde de seguridad.</p> |

| Color de seguridad | Significado  | Indicaciones y precisiones   |
|--------------------|--|--|
| Rojo               | Paro.  | Alto y dispositivos de desconexión para emergencias.   |
|                    | Prohibición.   | Señalamientos para prohibir acciones específicas.  |
|                    | Material, equipo y sistemas para combate de incendios. | Ubicación y localización de los mismos e identificación de tuberías que conducen fluidos para el combate de incendios.   |
| Amarillo           | Advertencia de peligro.                                | Atención, precaución, verificación e identificación de tuberías que conducen fluidos peligrosos.   |
|                    | Delimitación de áreas.                                 | Límites de áreas restringidas o de usos específicos.   |
|                    | Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes.     | Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.   |
| Verde              | Condición segura.                                      | Identificación de tuberías que conducen fluidos de bajo riesgo. Señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavaojos, entre otros. |
| Azul               | Obligación.  | Señalamientos para realizar acciones específicas.  |

**Tabla 2.- Selección de colores contrastantes**

| Color de seguridad | Color contrastante |
|--------------------|--------------------|
| Rojo               | Blanco             |
| Amarillo           | Negro, magenta     |
| Verde              | Blanco             |
| Azul               | Blanco             |

**Formulario para el sustentante del  
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)  
Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

**Tabla 4.- Colores de seguridad para tuberías y su significado**

| Color de seguridad | Significado   |
|--------------------|---|
| Rojo               | Identificación de fluidos para el combate de incendio conducidos por tubería. |
| Amarillo           | Identificación de fluidos peligrosos conducidos por tubería.                  |
| Verde              | Identificación de fluidos de bajo riesgo conducidos por tubería.              |

| Clave                    | Descripción  |
|--------------------------|--|
| <b>NOM-027-STPS-2008</b> | <p>Actividades de soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene.</p> <p><b>Objetivo:</b><br/>Establecer condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para prevenir riesgos de trabajo.</p> <p><b>Campo de aplicación:</b><br/>Esta norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen actividades de soldadura y corte.</p> |

El procedimiento de rescate de un trabajador accidentado durante las actividades de soldadura y corte, debe contener al menos lo siguiente:

- a) Listado del personal asignado;
- b) Funciones y responsabilidades del personal asignado;
- c) Instrucciones concretas de cómo realizar el rescate;
- d) Equipos o aparatos necesarios para la ejecución del rescate;
- e) Técnicas para aplicar la reanimación cardiopulmonar (RCP), y
- f) Plan para la atención y traslado de las víctimas a lugares de atención médica, que indique:

1. La colocación en lugar visible de las instrucciones específicas de qué hacer en caso de accidente;
2. Las acciones inmediatas que incluyan la desconexión de la fuente de energía, la ventilación del área de trabajo por medios naturales o artificiales, las instrucciones para retirar al trabajador accidentado del peligro inmediato, la colocación de la víctima en un lugar seguro, la aplicación de los primeros auxilios o la instrucción para llamar a la persona idónea y pedir ayuda;
3. La forma en que se debe dar una respuesta secundaria, misma que describa la información que se debe proporcionar con relación al accidente, por ejemplo, si la víctima tuvo contacto con la energía eléctrica, si la causa fue por una descarga eléctrica o por una explosión de algún dispositivo eléctrico, o bien fue por deficiencia de oxígeno en espacios confinados u otros;
4. Los hospitales o unidades médicas más próximos para trasladar a la víctima para que reciba la atención médica, y
5. Los números telefónicos para llamar en caso de emergencia.

| Clave                    | Descripción   |
|--------------------------|---|
| <b>NOM-029-STPS-2011</b> | Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad  |
| <b>NOM-030-STPS-2009</b> | Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-funciones y actividades  |
| <b>NOM-032-STPS-2008</b> | Seguridad para minas subterráneas de carbón   |
| <b>NOM-100-STPS-1994</b> | Seguridad-extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida-especificaciones.   |
| <b>NOM-122-STPS-1996</b> | <p>Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operen en los centros de trabajo. Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de seguridad e higiene con que deben contar los recipientes sujetos a presión y los generadores de vapor o calderas que se instalen en los centros de trabajo, así como las características de las inspecciones que se realicen con el fin de vigilar el cumplimiento de esta Norma. Aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en los centros de trabajo donde se utilicen los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas a que la misma se refiere.</p> <p>Excepciones: Para efectos de esta Norma, los equipos que cuenten al menos con una de las características citadas en este punto, quedan exceptuados del trámite de autorización de funcionamiento por esta Secretaría, debiendo cumplir con los demás puntos de la presente Norma:</p> <p>Recipientes sujetos a presión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Los recipientes sujetos a presión con un diámetro interior menor a 152 mm.</li> <li>· Que contengan agua con temperatura inferior a 70 °C, y un volumen menor a 450 L.</li> <li>· Los que trabajen a presión atmosférica en el centro de trabajo donde estén instalados.</li> <li>· Los interenfriadores de compresores y carcasas de bombas.</li> <li>· Recipientes a presión, los cuales son partes integrales o componentes de dispositivos mecánicos de rotación o reciprocantes, tales como bombas, compresores, turbinas, generadores, cilindros hidráulicos o neumáticos y máquinas en general.</li> </ul> |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Los que trabajan con agua o aire a una presión menor de 5 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>· Los recipientes sujetos a presión para líquidos criogénicos con diámetro interior menor a 1000 mm y con una capacidad menor a los 1000 L.</li> </ul> <p>Generadores de vapor o calderas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Con una temperatura del agua menor a 70 °C.</li> <li>· Con una superficie de calefacción menor a 15 m<sup>2</sup>.</li> <li>· Con una presión de operación menor a 350 kPa (3.569 kg/cm<sup>2</sup>).</li> </ul> <p>Calentadores de procesos sujetos a fuego.</p> <p>Otros equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Componentes de tuberías, tales como tubos, bridas, juntas, válvulas, uniones de expansión y otros componentes a presión tales como filtros, mezcladores, separadores, distribuidores y controladores de medición de flujo. Todos estos conocidos como componentes de sistemas de tuberías.</li> <li>· Los recipientes portátiles de gases comprimidos y los recipientes que contengan gas licuado de petróleo, que se encuentren regulados por otras disposiciones jurídicas y cuya aplicación compete a la Secretaría de Energía.</li> </ul> |
| <b>PROY-NOM-119-STPS-1995</b> | Requerimientos de seguridad para operación y mantenimiento de las máquinas-herramienta denominadas tornos.  |
| <b>NOM-Z-3-1986</b>           | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Vistas.  |
| <b>NOM-Z-4-1986</b>           | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Líneas.  |
| <b>NOM-Z-5-1986</b>           | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Rayados.   |
| <b>NOM-Z-6-1986</b>           | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Cortes y secciones.  |
| <b>NOM-Z-23-1986</b>          | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Clasificación de los dibujos según su presentación.  |
| <b>NOM-Z-25-1986</b>          | Norma oficial mexicana referida al dibujo técnico. Acotaciones.   |

| Clave                     | Descripción  |
|---------------------------|--|
| <b>NOM-001-SECRE-2010</b> | <p>Especificaciones del gas natural (cancela y sustituye a la NOM-001-SECRE-2003, Calidad del gas natural y la NOM-EM-002-SECRE-2009, Calidad del gas natural durante el periodo de emergencia severa). 1. Objetivo</p> <p>Esta Norma Oficial Mexicana (en lo sucesivo la Norma) tiene como finalidad establecer las especificaciones que debe cumplir el gas natural que se maneje en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural, para preservar la seguridad de las personas, medio ambiente e instalaciones de los permisionarios y de los usuarios. Campo de aplicación: Esta Norma es aplicable al gas natural que se entrega en cada uno de los puntos de inyección a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución, así como en cada uno de los puntos de transferencia de custodia a otros permisionarios o usuarios finales.</p> <p>La Norma no aplica al gas natural que se conduce desde pozos y complejos procesadores, ni al gas natural licuado que se transporta por buques tanque a las terminales de almacenamiento de gas natural licuado, ni al gas natural licuado y el gas natural que se maneja en dichas terminales previamente a su inyección al sistema de transporte.</p>  |
| <b>NOM-007-SECRE-2010</b> | <p>Transporte de gas natural (cancela y sustituye a la NOM-007-SECRE-1999, Transporte de gas natural). Objetivo. Esta norma establece las especificaciones técnicas y los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos.</p> <p>Aplicación: Esta Norma es aplicable a los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos (Sistemas de Transporte) localizados en territorio nacional. Incluye todos aquellos Sistemas de Transporte en diseño, construcción y operación, e inclusive los que están empacados, inertizados y abandonados, y aquéllos sistemas de transporte que ya estando construidos se modifiquen en su diseño original. La aplicación de la Norma a los Sistemas de Transporte localizados en territorio nacional comprende desde el(los) punto(s) de origen del ducto hasta el(los) puntos de destino. Esta Norma es aplicable a ductos, equipos, instalaciones principales y accesorias y dispositivos de los sistemas de transporte en acero al carbón. Esta Norma no es aplicable a los sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos necesarios para interconectar la explotación y producción del gas natural, excepto aquellos que cuenten con un título de permiso expedido por la Comisión Reguladora de Energía.</p> |
| <b>NOM-008-SECRE-2002</b> | <p>Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas. Las estructuras metálicas o tuberías de acero enterradas y/o sumergidas están expuestas a los efectos de la corrosión externa como consecuencia del procesos electroquímico. Para reducir este efecto es necesario ejercer un control de los factores que influyen en el proceso de corrosión, donde la adecuada selección del material de la tubería y la aplicación de los recubrimientos son los primeros medios para evitar dichos daños. El objetivo de esta norma es establecer los requisitos mínimos para la implementación, instalación, operación, mantenimiento y seguridad para el control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas.</p>  |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                     | Descripción   |
|---------------------------|---|
| <b>NOM-009-SECRE-2002</b> | Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P. en ductos. Esta Norma establece los requisitos mínimos para el monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas LP en ductos, que deben cumplir los permisionarios de los sistemas de transporte y distribución por medio de ductos que operen en la República Mexicana. Aplicaciones, Esta NOM se aplica a los sistemas de transporte y distribución de gas natural y gas LP por medio de ductos que operen en la República Mexicana. El titular del permiso correspondiente es el responsable del cumplimiento de la NOM y demás disposiciones jurídicas aplicables.  |
| <b>NOM-010-SECRE-2002</b> | Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio. Objetivo: Esta Norma establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las estaciones de servicio, instaladas en el República Mexicana con el fin de suministrar gas natural comprimido para los vehículos automotores que lo utilizan como combustible. Aplicación: Esta Norma aplica a los equipos, componentes y materiales utilizados para darle las condiciones requeridas al gas natural comprimido para su uso, desde el punto de recepción de un sistema de transporte o distribución de gas natural hasta el conector de llenado de gas natural comprimido. Esta norma se complementa con NOM-001-SECRE-1997 (calidad de gas natural), NOM-006-SECRE-1999 (Odorización del gas natural), NOM-008-SECRE-1999 (Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergibles), NOM-011-SECRE-2002 (Gas natural comprimido para automotor), NOM-001-SEDE-1999 (instalaciones eléctricas, instalación), NOM-026-STPS-1998 (colores y señales de seguridad e higiene, e identificación por fluidos conducidos en tuberías).   |
| <b>NOM-016-SSA3-2012</b>  | Que establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.  |
| <b>NOM-SEDE-001-1999</b>  | La presente norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas, responde a las necesidades técnicas que requieren la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional. Objetivo: El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizará el uso de la energía eléctrica en forma segura.<br>Aplicación:<br>a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.<br>b) Casas móviles, vehículos de recreo, edificios flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotriz, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.<br>c) Plantas generadoras de emergencia o de reserva propiedad de los usuarios.<br>d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.<br>e) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica. |
| <b>NOM-003-SEDG-2004</b>  | Establece los requisitos técnicos mínimos de seguridad que se deben observar y cumplir en el diseño y construcción de estaciones de Gas L.P., para carburación con almacenamiento fijo, que se destinan exclusivamente a llenar recipientes con Gas L.P. de los vehículos que lo utilizan como combustible. Asimismo se establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad correspondiente. En las estaciones de carburación que utilicen los recipientes de almacenamiento de una planta de almacenamiento para distribución, esta Norma aplica a partir del punto de interconexión de la estación.   |
| <b>NRF-132-PEMEX-2013</b> | Establece los requisitos que se deben cumplir para la adquisición de los compresores recíprocos a utilizarse por Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios. Esta Norma de Referencia establece los requerimientos técnicos y documentales para compresores recíprocos de aire o gases de proceso, con velocidades de hasta 600 r/min; incluyendo sus sistemas de lubricación, controles y equipo auxiliar. Esta norma no es aplicable para compresores:<br>a) Con cilindros enfriados por aire,<br>b) Accionados por máquina de gas integrales,<br>c) Accionados por máquina de gas con pistones encamisados de efecto simple (tipo automotriz) que sirven como cruceta.<br>d) De aire de planta e instrumentos.  |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

| Clave                     | Descripción   |
|---------------------------|---|
| <b>NRF-131-PEMEX-2013</b> | <p>Establecer los requisitos que se deben cumplir para la adquisición de los compresores centrífugos a utilizarse por Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios. Esta Norma de Referencia establece los requerimientos técnicos y documentales para compresores centrífugos de rotor e impulsores montados entre chumaceras para aire o gases de proceso incluyendo sus sistemas de lubricación, de sellos, controles y equipo auxiliar. Esta norma no es aplicable para:</p> <p>a) Paquetes de compresión centrífugos con engrane integrado<br/> b) Compresores de aire para servicios generales o instrumentos alcance de NRF-275-PEMEX-2011.<br/> c) Sopladores.</p>   |
| <b>NOM-011-SCFI-2004</b>  | <p>Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba para los termómetros de líquido en vidrio de vástago sólido, de uso general tanto en la industria como en laboratorios. El intervalo de medición cubierto es de -35°C a 550°C. Para los termómetros con intervalos de medición que se extiendan por abajo de -35°C y por arriba de 550°C no aplica la presente Norma Oficial Mexicana. Se excluyen de esta Norma Oficial Mexicana los termómetros para uso doméstico, los permacolor y los denominados de máximas y mínimas.</p> <p><b>7. Método de prueba</b></p> <p><b>7.1 Métodos de prueba para termómetros de líquido en vidrio</b></p> <p><b>7.1.1 Prueba de estabilidad del bulbo</b></p> <p>Este procedimiento se aplica para termómetros de líquido en vidrio cuya temperatura máxima de operación sea mayor o igual de 300°C.</p> <p>La prueba de estabilidad del bulbo está diseñada para determinar la calidad del tratamiento térmico de estabilización del termómetro durante la manufactura del bulbo. Un bulbo con tratamiento térmico inadecuado puede llegar a contraerse con el tiempo, lo cual puede ser significativo a temperaturas altas.</p> <p>Procedimiento</p> <p>Determinar la temperatura de prueba por medio de la siguiente ecuación:</p> $t_{MAX} - 50^{\circ}C \leq t_p \leq t_{MAX} - 20^{\circ}C$ <p>Donde <math>t_{MAX}</math> es la temperatura máxima de operación del termómetro en °C<br/> <math>t_p</math> es la temperatura de prueba del termómetro en °C</p> <p>Sumergir el termómetro en un baño/horno precalentado (el cual puede ser de pozo seco), de tal manera que el bulbo alcance la temperatura de prueba por un periodo de 5 min.</p> <p>Extraer el termómetro y permitir que se enfríe naturalmente en aire recirculado, o lentamente en el baño de prueba a una razón especificada. Cuando éste alcance una temperatura entre 20°C o 50°C por arriba de la temperatura ambiente, entonces tomar la lectura en algún punto de referencia, tal como puede ser el punto de fusión de hielo (0 °C). Si se usa enfriamiento natural por aire agitado, determinar la lectura en el punto de referencia después de 1 h.</p> <p>Regresar el termómetro al baño/horno precalentado, y esperar que alcance la temperatura de prueba y mantenerlo por un periodo de 24 h.</p> <p>Extraer el termómetro y permitir su enfriamiento a la misma razón en la que fue enfriado inicialmente. Redeterminar la temperatura de referencia bajo las mismas condiciones.</p> <p>La magnitud del cambio en esta temperatura de referencia como resultado de calentar por un periodo de 24 h es una medida de la calidad del vidrio del bulbo, así como del tratamiento térmico de estabilización del termómetro durante la manufactura del mismo y no debe ser mayor que el error máximo establecido en las tablas 1 y 2.</p> <p><b>7.2 Prueba de permanencia del pigmento</b></p> <p>La prueba de la permanencia del pigmento está diseñada para determinar la resistencia del material pigmento cuando es expuesto a condiciones extremas.</p> <p>Procedimiento</p> <p>Colocar cualquier porción de la sección de la escala del termómetro a probar en un horno precalentado preferentemente tipo horizontal, dejando el bulbo de mercurio fuera de la zona de calentamiento.</p> <p>Calentar por un periodo de 3 h a aproximadamente 260 °C. Dejarlo enfriar lentamente.</p> <p>Permitir su enfriamiento e inspeccionar el termómetro por posibles diferencias en apariencia entre las secciones probadas y sin probar de la porción de la escala. El quemado, pérdida, desprendimiento, borrado o cambio en la apariencia del pigmento, es motivo de rechazo.</p> |

**Formulario para el sustentante del**  
**Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME)**  
**Subdirección de Evaluación de Egreso en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

• **ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**

Norma ANSI / ASHRAE 62.1-2007 se aplica para el diseño de equipos de ventilación.

**ASHRAE Standard 62.1-2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**

Norma ANSI / ASHRAE 62.1-2007 se aplica a todos los espacios destinados para la ocupación humana, excepto los que están dentro de casas unifamiliares, estructuras multifamiliares de tres pisos o menos por encima del nivel, vehículos y aeronaves. La norma define los requisitos para la ventilación y la limpieza del aire de diseño, instalación, puesta en marcha y operación y mantenimiento.

## Consejo Técnico

Representantes de Instituciones de Educación Superior

M.C. Ambrosio Edén León Bonilla  
Benemérita  
**Universidad Autónoma de Puebla**

Dr. Armando Ambrosio López  
**Instituto Tecnológico de Sonora**

Ing. Marcos Iván García Reyes Instituto  
**Tecnológico Superior de Poza Rica**

M. en C Daniel Hernández González  
**Instituto Tecnológico de Toluca**

Dr. Nicolás Jorge Hendrichs Troeglen  
**Tecnológico de Monterrey**

Dr. Fernando Salinas Salinas  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**

Dr. Baudel Lara Lara  
**Universidad Autónoma de San Luis  
Potosí**

Dr. Juan Miguel González López  
**Universidad de Colima**

Dra. Laura Angélica Zamora Quintana  
**Universidad de Guadalajara**

Mtro. Juan Manuel Luna Hernández  
**Universidad de La Salle Bajío**

M.C. Andrés Rivera Ricárdez  
**Universidad Juárez Autónoma de  
Tabasco**

Este formulario es un instrumento de apoyo para quienes sustentarán el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (EGEL-IME) y está vigente a partir de enero de 2020.

El formulario para el sustentante es un documento cuyo contenido está sujeto a revisiones periódicas. Las posibles modificaciones atienden a los aportes y críticas que hagan los miembros de las comunidades académicas de instituciones de educación superior de nuestro país, los usuarios y, fundamentalmente, las orientaciones del Consejo Técnico del examen.

El Ceneval y el Consejo Técnico del EGEL-IME agradecerán todos los comentarios que puedan enriquecer este material. Sírvase dirigirlos a:

**Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C.  
Subdirección de Evaluación de Egreso  
en Diseño, Ingenierías y Arquitectura**

Av. Camino al Desierto de los Leones (Altavista) 37,  
Col. San Ángel, Álvaro Obregón,  
C.P. 01000, Ciudad de México.  
Tel: 55 53 22 92 00 ext. 5107  
www.ceneval.edu.mx  
[arturo.valverde@ceneval.edu.mx](mailto:arturo.valverde@ceneval.edu.mx)

El Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior es una asociación civil sin fines de lucro constituida formalmente el 28 de abril de 1994, como consta en la escritura pública número 87036 pasada ante la fe del notario 49 del Distrito Federal.

Sus órganos de gobierno son la Asamblea General, el Consejo Directivo y la Dirección General. Su máxima autoridad es la Asamblea General, cuya integración se presenta a continuación, según el sector al que pertenecen los asociados:

*Asociaciones e instituciones educativas:* Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, A.C.; Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior, A.C.; Instituto Politécnico Nacional; Tecnológico de Monterrey; Universidad Autónoma del Estado de México; Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Universidad Autónoma de Yucatán; Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla; Universidad Tecnológica de México.

*Asociaciones y colegios de profesionales:* Barra Mexicana Colegio de Abogados, A.C.; Colegio Nacional de Actuarios, A.C.; Colegio Nacional de Psicólogos, A.C.; Federación de Colegios y Asociación de Médicos Veterinarios y Zootecnistas de México, A.C.; Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C.

*Organizaciones productivas y sociales:* Academia de Ingeniería, A.C.; Academia Mexicana de Ciencias, A.C.; Academia Nacional de Medicina, A.C.; Fundación ICA, A.C.

Autoridades educativas gubernamentales: Secretaría de Educación Pública.

El Centro está inscrito desde el 10 de marzo de 1995 en el Registro Nacional de Instituciones Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, con el número 506.

También es miembro en:

- el International Association for Educational Assessment
- la European Association of Institutional Research
- el Consortium for North American Higher Education Collaboration
- el Institucional Management for Higher Education de la OCDE



CENTRO NACIONAL  
DE EVALUACIÓN PARA  
LA EDUCACIÓN SUPERIOR, A.C.

CENEVAL®

Dirección de los EGEL

ENERO • 2021