

A large, semi-transparent background image occupies the right side of the page. It depicts a person's hands holding a pencil and a ruler, working on a technical drawing or blueprint. The background has a subtle, light gray grid pattern.

Formulario

Examen General para el Egreso
de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

EGEL Plus IMECATRO

Formulario
Examen General para el Egreso
de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica
EGEL Plus IMECATRO

DIRECTORIO

Antonio Ávila Díaz
Director General

Alejandra Zúñiga Bohigas
Directora de los Exámenes
Generales para el Egreso de la Licenciatura

David Ramírez González
Subdirector de Evaluación de Egreso en
Diseño, Ingenierías y Arquitectura

Luis Abraham Maya Olivares
Responsable del EGEL Plus Sección
Disciplinar en Ingeniería Mecatrónica

Formulario

D.R. © 2022
Centro Nacional de Evaluación
para la Educación Superior, A.C. (Ceneval)

Segunda edición

Contenido

Diseño de sistemas mecatrónicos	6
CINEMÁTICA	6
MOVIMIENTO EN UNA DIMENSIÓN	6
DINÁMICA	7
ESFUERZO NORMAL, FACTOR DE SEGURIDAD Y DEFORMACIONES	8
RAZÓN DE POISSON	8
LEY DE HOOKE GENERALIZADA	8
ESFUERZO CORTANTE (CIZALLA) Y DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	8
ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN ANGULAR EN EJES DE SECCIÓN CIRCULAR SOMETIDOS A TORSIÓN	8
POTENCIA	9
RELACIÓN ENTRE POTENCIA (HP) Y PAR A LA SALIDA DEL MOTOR (NM)	9
ESFUERZO NORMAL Y CORTANTE AXIAL EN VIGAS	9
ESFUERZOS PRINCIPALES ANTE UNA COMBINACIÓN DE ESFUERZOS	9
RELACIÓN DE VELOCIDADES	10
TRANSISTOR MOSFET	12
FLIP-FLOPS	15
TABLA DE TRANSFORMADAS DE LAPLACE	18
TABLA DE PROPIEDADES DE LA TRANSFORMADA DE LAPLACE	19
TIPOS DE RESPUESTA	19
CONTROL CLÁSICO	23
CONTROL MODERNO	26
TRANSFORMADA Z	26
TABLA DE TRANSFORMADAS DE LAPLACE Y Z	26
TABLA DE PROPIEDADES DE LA TRANSFORMADA Z	28
Implementación de sistemas mecatrónicos	31
FILTROS ACTIVOS	31
FILTROS PASIVOS	35
CONFIGURACIONES BÁSICAS DE AMPLIFICADORES OPERACIONALES	36
Integración de tecnologías para sistemas mecatrónicos	38
REDES (DIAGRAMA PERT)	38
TOMA DE DECISIONES (ÁRBOLES DE DECISIÓN)	38
PUNTO DE EQUILIBRIO	38
INGENIERÍA ECONÓMICA	39
<i>Interés simple</i>	39
<i>Interés compuesto</i>	39
<i>Valor futuro pago único</i>	39
<i>Valor presente pago único</i>	39
<i>Cantidad compuesta serie uniforme</i>	39
<i>Fondo de amortización</i>	39
<i>Recuperación del capital de una serie uniforme</i>	40
<i>Valor presente de una serie uniforme</i>	40
<i>Series de gradiente</i>	40
<i>Tasa efectiva de interés anual</i>	40
<i>Capitalización continua</i>	40
<i>Definición de “e”</i>	40
<i>Pagos continuos</i>	41
<i>Tasa mixta</i>	41

<i>Inversión inicial</i>	41
<i>Tasa mínima aceptable de rendimiento</i>	41
<i>Tasa mínima aceptable de rendimiento mixta</i>	41
<i>Valor presente neto (con TMAR)</i>	42
<i>Valor presente neto (con anualidad e interés).....</i>	42
<i>Tasa interna de retorno</i>	42
<i>Periodo de recuperación de la inversión</i>	42
<i>Punto de equilibrio en ventas</i>	43
<i>Costo beneficio</i>	43
<i>Costo anual uniforme equivalente (CAUE)</i>	43
<i>Serie uniforme equivalente</i>	43
<i>Recuperación de capital</i>	43
<i>Retiro y reemplazo</i>	43
<i>Relación costo-beneficio</i>	43
<i>Depreciación</i>	43
ROTACIÓN DE INVENTARIOS	44
<i>Rotación de los activos totales</i>	44
ANÁLISIS DE LA DEUDA	44
<i>Razón de deuda</i>	44
<i>Razón de la capacidad de pago de intereses</i>	44
ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD	44
<i>Margen de utilidad bruta</i>	44
<i>Margen de utilidad operativa</i>	44
<i>Rendimiento sobre los activos</i>	44
<i>Rendimiento sobre el capital contable</i>	44
ANÁLISIS DE LA LIQUIDEZ	45
<i>Capital de trabajo neto</i>	45
<i>Razón circulante</i>	45
<i>Razón rápida (prueba del ácido)</i>	45
Anexos	46
GEOMETRÍA	46
SISTEMAS DE COORDENADAS	47
TRIGONOMETRÍA	48
TABLAS DE DERIVADAS	48
DERIVADAS DE LAS FUNCIONES EXPONENCIALES Y LOGARÍTMICAS	49
DERIVADAS DE LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS Y DE LAS TRIGONOMÉTRICAS INVERSAS	49
REGLAS DE INTEGRACIÓN	49
CONSTANTES UNIVERSALES	50
TABLA DE CONVERSIONES	51
Consejo Técnico	53



Diseño de sistemas mecatrónicos

Cinemática

$$\vec{r} = xi\hat{i} + yj\hat{j} + zk\hat{k}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\bar{a} = \frac{dv}{dt}\hat{u}_t + \frac{v^2}{\rho}\hat{u}_n$$

$$\vec{v} = v\hat{u}_t$$

$$\vec{v} = \dot{r}\hat{u}_r + r\dot{\theta}\hat{u}_\theta$$

$$\vec{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\hat{u}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\hat{u}_\theta$$

$$a_t = \alpha \vec{k} \times r = r\alpha$$

$$a_n = r\omega^2$$

Movimiento en una dimensión

$$x = vt$$

$$x = x_o + v t$$

$$\bar{v} = \frac{1}{2}(v + v_0)$$

$$v = v_o + at$$

$$x = x_o + \frac{1}{2}(v_o + v)t$$

$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_o^2 + 2a(x - x_o)$$



Dinámica

$$\vec{F} = m\vec{a} = \left(\frac{W}{g} \right) \vec{a}$$

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

$$\sum F = m dV / dt$$

$$X_{B/A} = X_B - X_A$$

$$V_{B/A} = V_B - V_A$$

$$a_{B/A} = a_B - a_A$$

Trabajo, energía y conservación de la energía

$$U = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

$$dU = \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$P = \frac{U}{t} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{r}}{t} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad P: \text{potencia}$$

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \eta : \text{eficiencia}$$

$$U = \Delta K = K_f - K_i$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \quad K: \text{energía cinética}$$

$$W = -\Delta V = V_f - V_i \quad V: \text{energía potencial}$$

$$V(y) = mg y$$

$$V_e = \frac{1}{2} kx^2$$



Impulso e ímpetu

$$\vec{I} = \int \vec{F} dt$$

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

$$\vec{p} = m \vec{v} \quad p: \text{ímpetu}$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = \int \vec{F} dt \quad \Delta \vec{p}: \text{impulso}$$

Esfuerzo normal, factor de seguridad y deformaciones

$$\sigma = \frac{F}{A}; \quad FS = \frac{\sigma_{Yp}}{\sigma_w}; \quad \epsilon = \frac{\delta}{L}; \quad \sigma = E\epsilon; \quad \delta = \frac{FL}{AE}$$

Razón de Poisson

$$\nu = -\frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$

Ley de Hooke generalizada

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)] \\ \epsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{G} \tau_{xy}, \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz}, \gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx}\end{aligned}$$

donde

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Esfuerzo cortante (cizalla) y deformación transversal

$$\tau = \frac{V}{A}; \quad \tau = G\gamma$$

Esfuerzo cortante y deformación angular en ejes de sección circular sometidos a torsión

$$\tau = \frac{Tc}{J}; \quad \phi = \frac{TL}{JG};$$

Momento polar y de inercia de secciones comunes

Sección	Momento de inercia I	Momento polar de inercia J
Circular sólida	$I = \frac{\pi d^4}{64}$	$J = \frac{\pi d^4}{32}$
Circular hueca	$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$
Rectangular sólida	$I = \frac{bh^3}{12}$	$J = \frac{bh(b^2 + h^2)}{12}$
Rectangular hueca	$I = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12}$	$J = \frac{BH(B^2 + H^2)}{12} - \frac{bh(b^2 + h^2)}{12}$

Potencia

$$P = T\omega ; \quad \omega = 2\pi f$$

Relación entre potencia (HP) y par a la salida del motor (Nm)

$$P_{HP} = \left(\frac{T\omega}{7025.9} \right)$$

P_{HP} = potencia (*Horse power*)

T = par torsor (Nm)

ω = velocidad angular (rpm)

Esfuerzo normal y cortante axial en vigas

$$\sigma = \frac{Mc}{I}; \quad \tau = \frac{VQ}{It}$$

Esfuerzos principales ante una combinación de esfuerzos

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

Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



Relación de velocidades

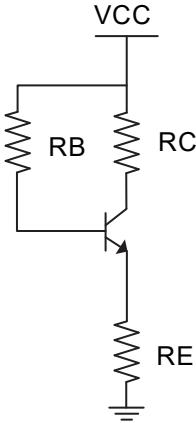
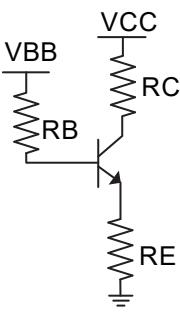
$$m_v = \frac{N_e}{N_s} = \frac{D_e}{D_s} = \frac{\omega_s}{\omega_e}$$

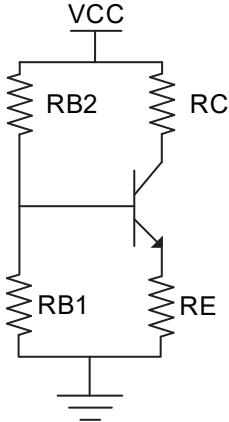
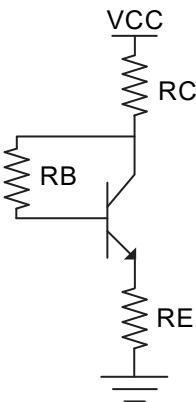
m_v = relación de velocidades
 N_e = número de dientes en el elemento motriz de entrada
 N_s = número de dientes en el elemento motriz de salida
 D_e = diámetro de paso de entrada
 D_s = diámetro de paso de salida
 ω_e = velocidad angular de entrada
 ω_s = velocidad angular de salida

Variación de la resistencia con la temperatura

$$R_2 = R[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

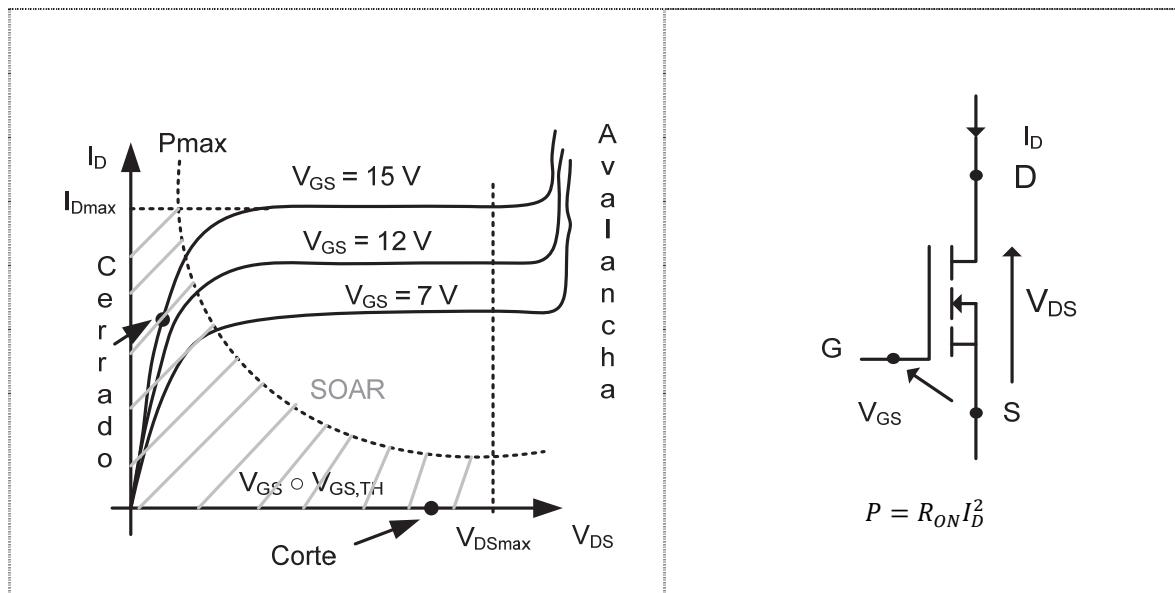
Circuitos de polarización de transistores bipolares

Polarización de corriente de base 	$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + h_{FE})R_E}$ $I_C = h_{FE}I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C \left(R_C + \frac{1 + h_{FE}}{h_{FE}} R_E \right) R_E$ Si $I_B \ll I_C, h_{FE} \gg 1$ $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + h_{FE}R_E}$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$
Polarización de tensión de base constante 	$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (1 + h_{FE})R_E}$ $I_C = h_{FE}I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C \left(R_C + \frac{1 + h_{FE}}{h_{FE}} R_E \right)$

<h3>Autopolarización</h3> 	<p>Idénticas fórmulas al caso anterior, siendo</p> $R_B = R_{B1} \parallel R_{B2} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$ $V_B = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$ $I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$ $V_E = V_B - V_{BE}$
<h3>Polarización de colector base</h3> 	$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + h_{FE})(R_C + R_E)}$ $I_C = h_{FE} I_B$ $V_{CE} = I_B R_B V_{BE}$ <p>El transistor nunca entra en saturación</p>

Transistor MOSFET

Curva característica



Para un MOSFET de canal inducido tipo n en su región lineal:

$$I_{D(Act)} = K \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

donde: $K = \frac{b\mu_n \epsilon}{LW}$ en la que b es el ancho del canal, μ_n la movilidad de los electrones, ϵ es la permitividad eléctrica de la capa de óxido, L la longitud del canal y W el espesor de capa de óxido.

Cuando el transistor opera en la región de saturación, la fórmula pasa a ser la siguiente:

$$I_{D(sat)} = \frac{K+1}{K_0} (V_{GS} - V_T)^2$$

Parámetros de corriente directa

Características de transferencia de un JFET

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(\text{corte})}} \right)^2$$

Transconductancia

$$g_m = g_{mo} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{DS(\text{corte})}} \right)^2$$

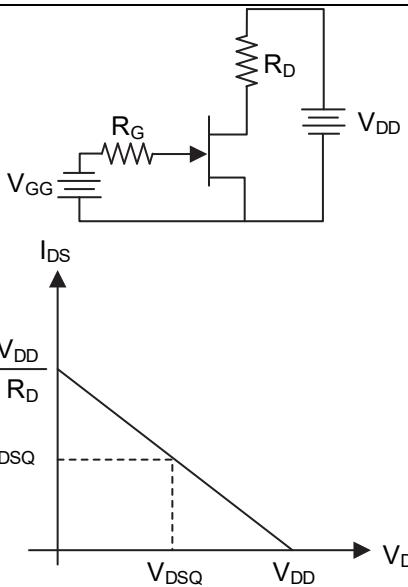
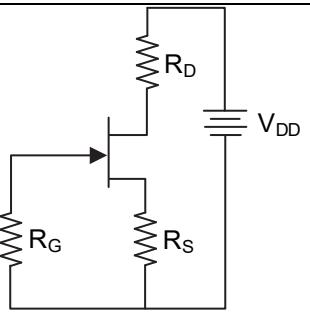
Transconductancia con $V_{GS} = 0$

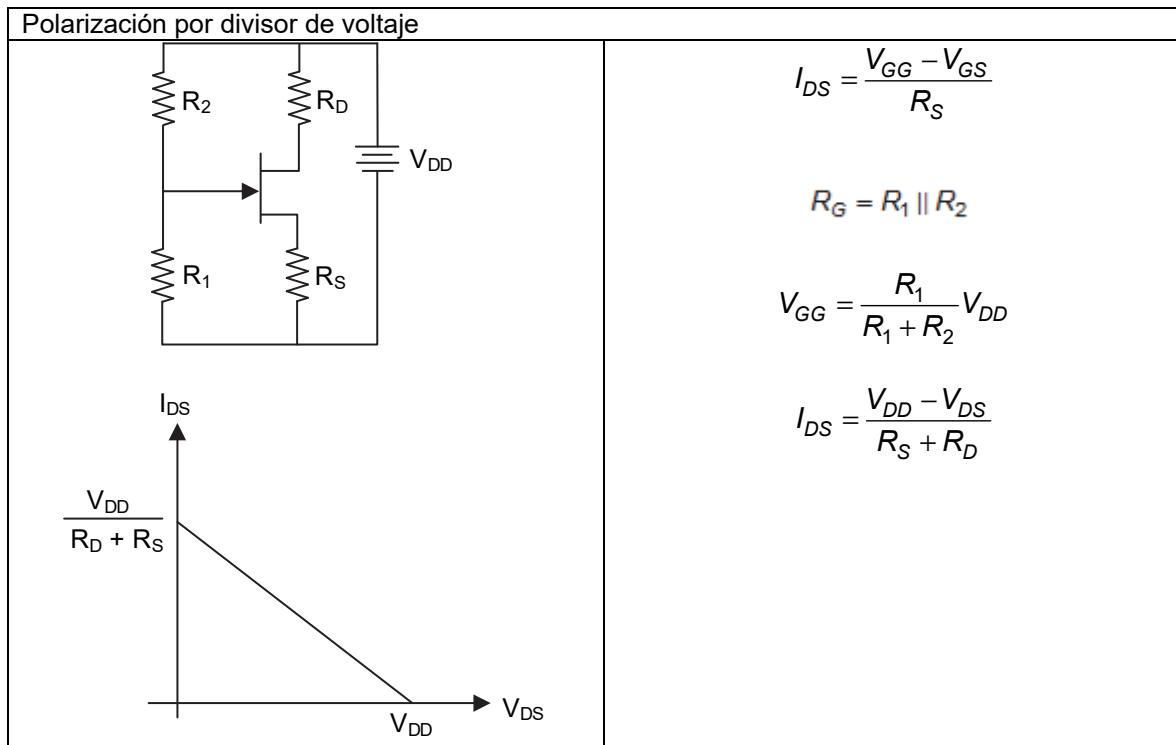
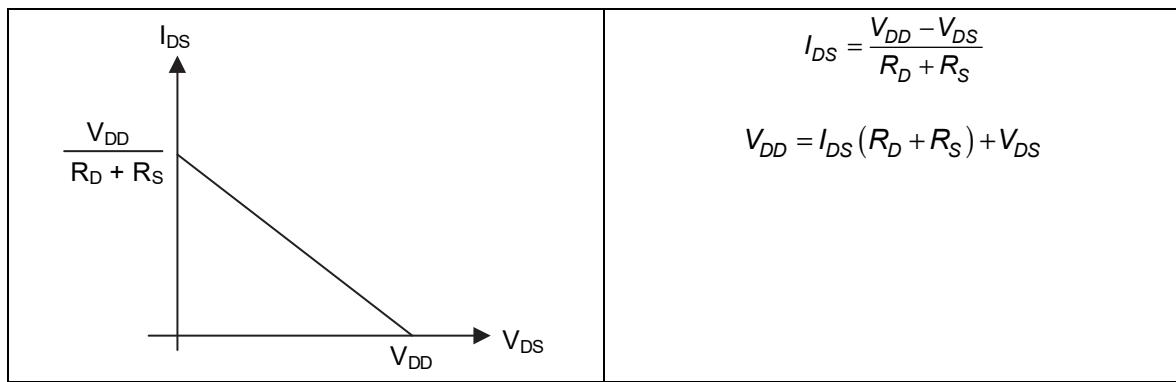
$$g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{|V_{GS(\text{corte})}|}$$

Característica de transferencia de E – MOSFET

$$I_D = K(V_{GS} - V_{GS(\text{umbral})})^2$$

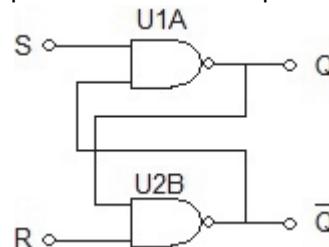
Polarización

<p>Polarización fija</p>  <p>I_{DS}</p> <p>$\frac{V_{DD}}{R_D}$</p> <p>I_{DSQ}</p> <p>V_{DSQ}</p> <p>V_{DD}</p>	$V_{GS} = -V_{GG}$ $I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_D}$ $V_{DD} = I_{DS} + V_{DS}$
<p>Autopolarización</p> 	$I_{DS} = -\frac{V_{GS}}{R_S}$ $R_S = \left \frac{V_{GS(\text{OFF})}}{I_{DSS}} \right $ $I_{DS} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(\text{OFF})}} \right)^2$ $I_{DS} = K_1 I_{DSS}$ $ K_1 = 0.382$ $V_{GSQ} = 0.382 V_{GS_{\text{off}}}$



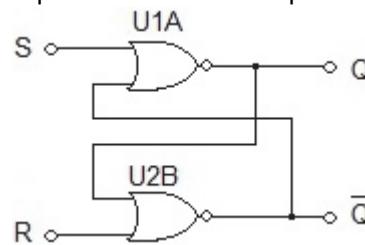
Flip-flops

Flip-flop SR básico con compuerta NAND



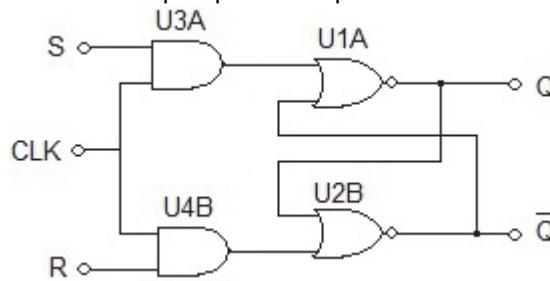
S	R	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	inválido	inválido
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	$Q(t)$	$\bar{Q}(t)$

Flip-flop SR básico con compuerta NOR



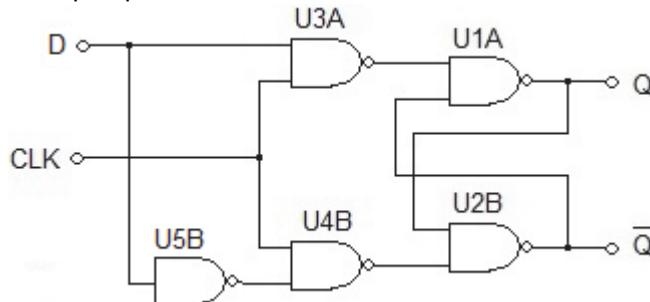
S	R	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	$Q(t)$	$\bar{Q}(t)$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	inválido	inválido

Flip-flop SR Temporizado



Q	S	R	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	indeterminado	indeterminado
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	indeterminado	indeterminado

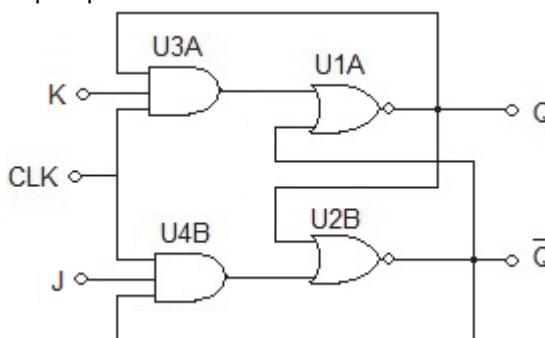
Flip-flop D



Q	D	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	0

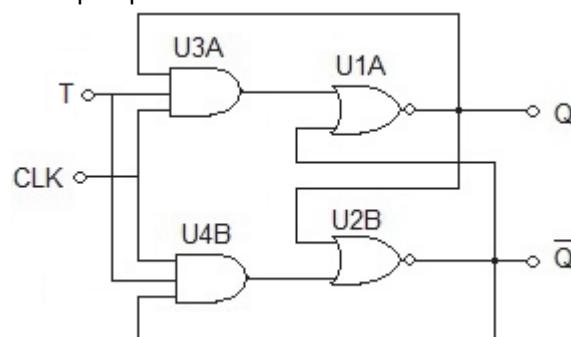


Flip-flop JK



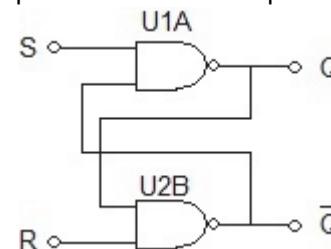
Q	J	K	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1

Flip-flop T



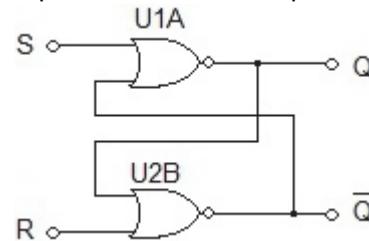
Q	T	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Flip-flop SR básico con compuerta NAND



S	R	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	inválido	inválido
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Q(t)	$\bar{Q}(t)$

Flip-flop SR básico con compuerta NOR



S	R	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
0	0	Q(t)	$\bar{Q}(t)$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	inválido	inválido

Flip-flop SR Temporizado				
Q	S	R	Q(t+1)	\bar{Q} (t+1)
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	indeterminado	indeterminado
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	indeterminado	indeterminado

Flip-flop D				
Q	D	Q(t+1)	\bar{Q} (t+1)	
0	0	0	1	
0	1	1	0	
1	0	0	1	
1	1	1	0	

Flip-flop JK				
Q	J	K	Q(t+1)	\bar{Q} (t+1)
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1

Flip-flop T				
Q	T	Q(t+1)	\bar{Q} (t+1)	
0	0	0	1	
0	1	1	0	
1	0	1	0	
1	1	0	1	



Tabla de transformadas de Laplace

$f(t)$	$F(s)$
Impulso unitario $\delta(t)$	1
Escalón unitario $1(t)$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$	$\frac{1}{s^n}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
$\frac{1}{(n-1)!}t^{n-1}e^{-at}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
$t^n e^{-at}$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
$\frac{1}{a}(1 - e^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)}$
$e^{-at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$
$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1-\xi^2} t$	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$
$-\frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2} t - \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$	$\frac{s}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$
$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi \omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2} t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2)}$

Tabla de propiedades de la transformada de Laplace

Linealidad	$\mathcal{L}\{af(t) \pm bg(t)\} = a\mathcal{L}\{f(t)\} \pm b\mathcal{L}\{g(t)\}$
Diferenciación real (caso general)	$\mathcal{L}\left\{\frac{d}{dt}f(t)\right\} = sF(s) - f(0)$
	$\mathcal{L}\left\{\frac{d^2}{dt^2}f(t)\right\} = s^2F(s) - sf(0) - f'(0)$
	$\mathcal{L}\left\{\frac{d^n}{dt^n}f(t)\right\} = s^nF(s) - \sum_{k=1}^n s^{n-k}f^{(k-1)}(0)$ Donde $f^{(k-1)}(t) = \frac{d^{k-1}}{dt^{k-1}}f(t)$
Diferenciación con condiciones iniciales nulas	$\mathcal{L}\left\{\frac{d^n}{dt^n}f(t)\right\} = s^nF(s)$
Integración real (caso general)	$\mathcal{L}\left\{\int_0^t f(t)dt\right\} = \frac{1}{s}F(s) + \frac{1}{s} \left[\int f(0)dt \right]$
	$\mathcal{L}\left\{\int \dots \int f(t)(dt)^n\right\} = \frac{1}{s^n}F(s) + \sum_{k=1}^n \frac{1}{s^{n-k+1}} \left[\int \dots \int f(0)(dt)^k \right]$
Integración con condiciones iniciales nulas	$\mathcal{L}\left\{\int_0^t f(t)dt\right\} = \frac{1}{s}F(s)$
Traslación real	$\mathcal{L}\{e^{-at}f(t)\} = F(s+a)$
Traslación compleja	$\mathcal{L}\{f(t-a)1(t-a)\} = e^{-as}F(s); a \geq 0$

Tipos de respuesta

Sistemas de primer orden: $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{k}{\tau s + 1}$

La respuesta es:

$$y(t) = K(1 - e^{-t/\tau})$$

Ubicación de polos: $s = -\frac{1}{\tau}$

Ganancia estática: $k = \frac{\text{amplitud de salida}}{\text{amplitud de entrada}} = \frac{y(t_f) - y(t_0)}{u(t_f) - u(t_0)}$

Tiempo de asentamiento (criterio al 2%): $t_s = 4\tau$

Respuesta transitoria para diferentes señales típicas de entrada:

Nombre	$u(t)$	$y(t)$
Impulso	$A\delta(t)$	$\frac{KA}{\tau} \left(e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$
Escalón	A	$KA \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$
Rampa	At	$KA\tau \left(\frac{t}{\tau} - 1 + e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$
Parábola	$\frac{1}{2}At^2$	$KA\tau^2 \left(\frac{t^2}{\tau^2} - \frac{t}{\tau} + 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$

Sistemas de segundo orden

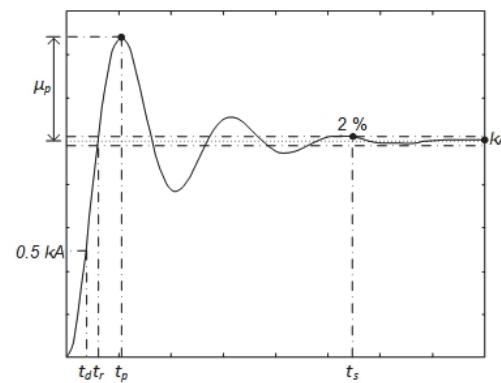
$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{k\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Ubicación de polos:

Para:	$s_{1,2} =$
$\xi > 1$	$-\xi\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\xi^2 - 1}$
$\xi = 1$	$-\xi\omega_n$
$0 < \xi < 1$	$-\xi\omega_n \pm \omega_n\sqrt{1 - \xi^2}$
$\xi = 0$	$\pm j\omega_n$

Características de la respuesta subamortiguada a una entrada escalón:

$$y(t) = kA \left[1 - \frac{\omega_n}{\omega_d} e^{-\sigma t} \sin \left(\omega_d t + \arctan \frac{\omega_d}{\sigma} \right) \right]$$



Atenuación: $\sigma = \xi \omega_n$

Frecuencia natural amortiguada: $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$

Sobreimpulso: $\% \mu_p = 100 e^{-\frac{\pi \sigma}{\omega_d}} = 100 e^{-\frac{\pi \xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$

Tiempo pico: $t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$

Tiempo de asentamiento: $t_s = \frac{4}{\sigma}$

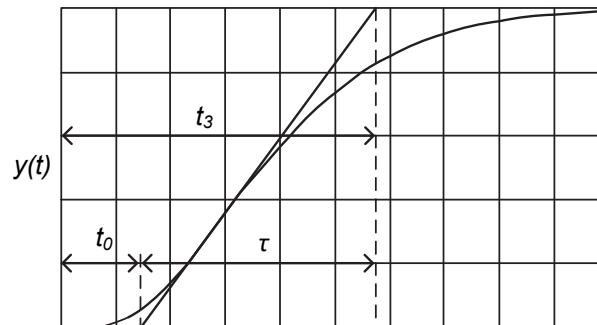
Tiempo de levantamiento: $t_p = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}; \quad \beta = \arctan\left(\frac{\omega_d}{\sigma}\right)$

Aproximación de sistemas de orden superior mediante un sistema de primer orden con tiempo muerto

$$G(s) = \frac{k e^{-t_0 s}}{\tau s + 1}$$

Método de Ziegler Nichols

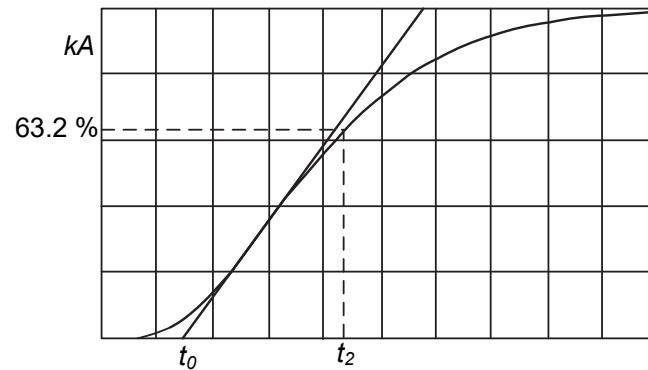
$$\tau = t_3 - t_0$$





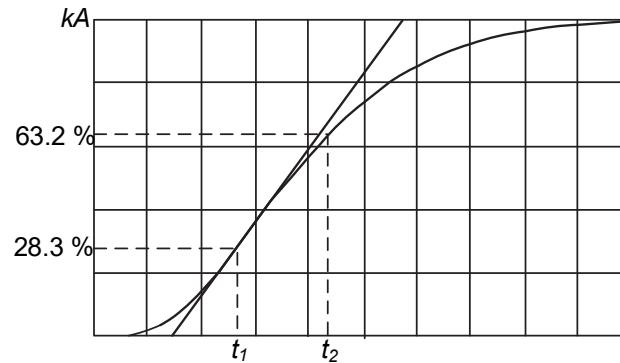
Método de Miller

$$\tau = t_2 - t_0$$



Método de Smith

$$\begin{aligned} t_2 &= t_0 + \tau \\ \tau &= 1.5(t_2 - t_1) \\ t_0 &= t_2 - \tau \end{aligned}$$



Aproximación de Padé para la función de retardo:

Aproximación de primer orden:	Aproximación de segundo orden:
$e^{-t_0 s} \cong \frac{1 - \frac{t_0}{2}s}{1 + \frac{t_0}{2}s}$	$e^{-t_0 s} \cong \frac{1 - \frac{t_0}{2}s + \frac{t_0^2}{4}s^2}{1 + \frac{t_0}{2}s + \frac{t_0^2}{4}s^2}$

Error en estado estacionario:

e_{ss}	Entrada escalón $r(t) = A$	Entrada rampa $r(t) = At$	Entrada parábola $r(t) = \frac{A}{2}t^2$
Sistema tipo 0	$\frac{A}{1+k_p}$	∞	∞
Sistema tipo 1	0	$\frac{A}{k_v}$	∞
Sistema tipo 2	0	0	$\frac{A}{k_a}$

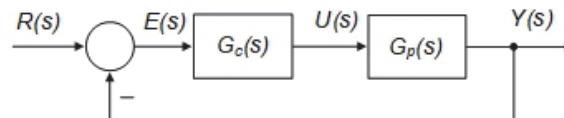
donde:

$$k_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)$$

$$k_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)$$

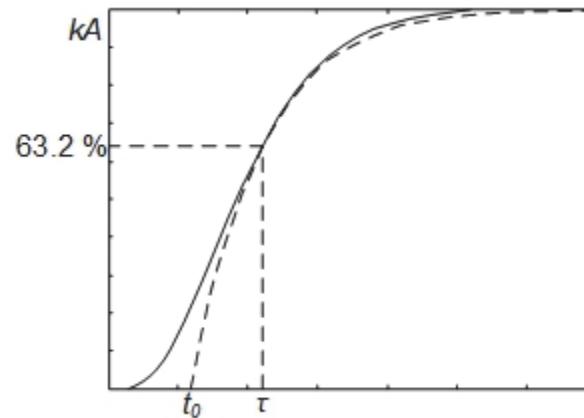
$$k_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)$$

Control clásico



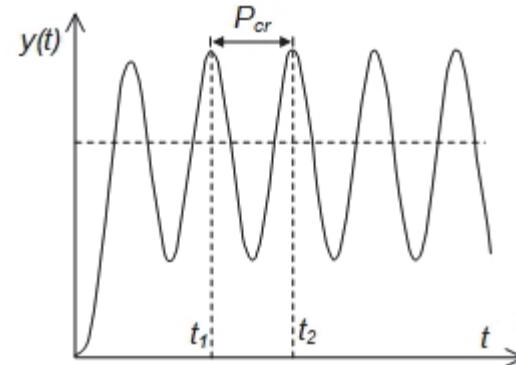
Planta $G_p(s)$	Control $G_c(s)$	Sintonización
K	I	$K_i = \frac{1}{\tau_c K}$
$\frac{K}{s}$	P	$K_c = \frac{1}{\tau_c K}$
$\frac{k}{\tau s + 1}$	PI	$K_c = \frac{(2\xi\omega_n\tau - 1)}{k}$ $K_i = \frac{\tau\omega_n^2}{k}$
$\frac{K}{s(s+a)}$	PD	$K_d = \frac{2\xi\omega_n - a}{K}$ $K_c = \frac{\omega_n^2}{K}$
$\frac{K}{(s+a_1)(s+a_2)}$	PID	$K_c = \frac{2\xi\omega_n\alpha + \omega_n^2 - a_1a_2}{K}$ $K_i = \frac{\alpha\omega_n^2}{K}$ $K_d = \frac{\alpha + 2\xi\omega_n - a_1 - a_2}{K}$

Sintonización por Ziegler – Nichols de lazo abierto



Algoritmo	K_c	τ_i	τ_d
PI	$\frac{0.9\tau}{Kt_0}$	$3.33t_0$	---
PID	$\frac{1.2\tau}{Kt_0}$	$2t_0$	$\frac{t_0}{2}$

Sintonización por Ziegler – Nichols de lazo cerrado



$$P_u = \frac{2\pi}{\omega_u}$$

Algoritmo	K_c	τ_i	τ_d
PI	$\frac{K_u}{2.2}$	$\frac{P_u}{1.2}$	---
PID	$\frac{K_u}{1.7}$	$\frac{P_u}{2}$	$\frac{P_u}{8}$



Análisis en frecuencia:

$$G(j\omega) = M e^{j\phi}$$

$$M = |G(j\omega)| = \frac{B}{A}$$

$$e^{j\phi} = \angle G(j\omega) = \arctan \left[\frac{\text{Im}\{G(j\omega)\}}{\text{Re}\{G(j\omega)\}} \right]$$

$$u(t) = A \sin \omega t$$

Magnitud en decibeles:

$$M_{dB} = 20 \log M = 20 \log |G(j\omega)|$$

Estabilidad relativa:

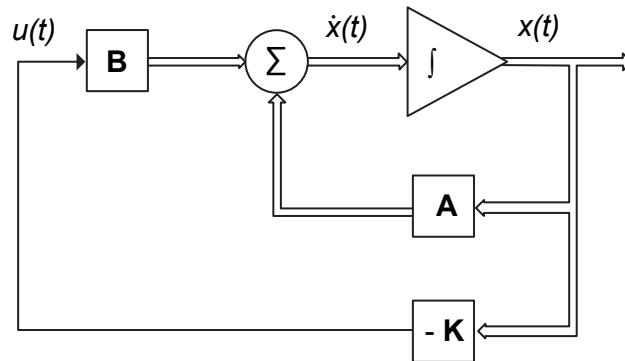
$$M_f = 180 + \phi = 180 + \angle G(j\omega_l)$$

$$M_g = \left| \frac{1}{G(j\omega_\pi)} \right|$$

$$M_g [dB] = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{G(j\omega_\pi)} \right| = -20 \log_{10} |G(j\omega_\pi)|$$

Control moderno

Regulador por retroalimentación de estados: $u = -\mathbf{K}\mathbf{x}$



Matriz de controlabilidad

$$\mathbf{M}_c = [\mathbf{B} \mid \mathbf{AB} \mid \mathbf{A}^2\mathbf{B} \mid \cdots \mid \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}]$$

Fórmula de Ackerman:

$$\mathbf{K} = [0 \ \cdots \ 0 \ 1] [\mathbf{M}_c]^{-1} \rho_d(\mathbf{A})$$

Transformada Z

$$X(z) = \mathcal{Z}\{x(t)\} = \mathcal{Z}\{x(kT)\} = \sum_{k=0}^{\infty} x(kT) z^{-k}$$

Tabla de transformadas de Laplace y Z

$F(s)$	$f(t)$	$f(kT)$ o $f(k)$	$F(z)$
$\frac{e^{-as}}{s}$	$\mu(t-a), a \geq 0$	$1(k)$	$\frac{1}{1-z^{-1}}$
$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}	e^{-akT}	$\frac{1}{1-e^{-aT}z^{-1}}$
$\frac{1}{s^2}$	t	kT	$\frac{Tz^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$
$\frac{2}{s^3}$	t^2	$(kT)^2$	$\frac{T^2z^{-1}(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})^3}$
$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-e^{-at}$	$1-e^{-akT}$	$\frac{(1-e^{-aT})z^{-1}}{(1-z^{-1})(1-e^{-aT}z^{-1})}$

$F(s)$	$f(t)$	$f(kT)$ o $f(k)$	$F(z)$
$\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$	$e^{-at} - e^{-bt}$	$e^{-akT} - e^{-bkT}$	$\frac{(e^{-aT} - e^{-bT})z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})(1-e^{-bT}z^{-1})}$
$\frac{1}{(s+a)^2}$	te^{-at}	kTe^{-akT}	$\frac{Te^{-aT}z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})^2}$
$\frac{s}{(s+a)^2}$	$(1-at)e^{-at}$	$(1-akT)e^{-akT}$	$\frac{1-(1+aT)e^{-aT}z^{-1}}{(1-e^{-aT}z^{-1})^2}$
$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$	$\sin \omega kT$	$\frac{(\sin \omega T)z^{-1}}{1-(2\cos \omega T)z^{-1}+z^{-2}}$
$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos \omega t$	$\cos \omega kT$	$\frac{1-(\cos \omega T)z^{-1}}{1-(2\cos \omega T)z^{-1}+z^{-2}}$
$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$e^{-at} \sin \omega t$	$e^{-akT} \sin \omega kT$	$\frac{e^{-aT} (\sin \omega T)z^{-1}}{1-(2e^{-aT} \cos \omega T)z^{-1}+e^{-2aT}z^{-2}}$
$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$e^{-at} \cos \omega t$	$e^{-akT} \cos \omega kT$	$\frac{1-e^{-aT} (\cos \omega T)z^{-1}}{1-(2e^{-aT} \cos \omega T)z^{-1}+e^{-2aT}z^{-2}}$



Tabla de propiedades de la transformada Z

Linealidad	$X(z) = \mathcal{Z}\{\alpha f_k + \beta g_k\} = \alpha \mathcal{Z}\{f_k\} + \beta \mathcal{Z}\{g_k\} = \alpha F(z) + \beta G(z)$
Multiplicación por a^k	$\mathcal{Z}\{a^k x_k\} = \sum_{k=0}^{\infty} a^k x_k z^{-k} = \sum_{k=0}^{\infty} x_k (a^{-1}z)^{-k} = X(a^{-1}z)$
Teorema de corrimiento (Traslación real)	$\mathcal{Z}\{f(t-nT)\} = z^{-n} F(z)$
	$\mathcal{Z}\{f(t+nT)\} = z^n \left[F(z) - \sum_{k=0}^{n-1} f(kT) z^{-k} \right]$
Traslación compleja	$\mathcal{Z}\{e^{-at} f(t)\} = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) e^{-akT} z^{-k} = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) (ze^{aT})^{-k} = F(ze^{aT})$
Teorema del valor inicial	$y(0) = \lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$
Teorema del valor final	$\lim_{k \rightarrow \infty} y_k = \lim_{z \rightarrow 1} \left[(1-z^{-1}) F(z) \right]$

Equivalencia de elementos de sistemas dinámicos

Tipo de sistema	Mecánico translacional	Mecánico rotacional	Eléctrico	Flujo	Térmico
Variable tipo A	Velocidad, v	Velocidad, Ω	Voltaje, e	Presión, P	Temperatura, T
Elemento tipo A	Masa, m	Momento de inercia, J	Capacitor, C	Flujo del capacitor, C_f	Capacitor térmico, C_h
Ecuaciones elementales	$F = m \frac{dv}{dt}$	$T = J \frac{d\Omega}{dt}$	$i = C \frac{de}{dt}$	$Q_f = C_f \frac{dP}{dt}$	$Q_h = C_h \frac{dT}{dt}$
Energía almacenada	Cinética	Cinética	Campo eléctrico	Potencial	Térmica
Ecuaciones de energía	$\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} mv^2$	$\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} J \Omega^2$	$\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} C e^2$	$\mathcal{E}_p = \frac{1}{2} C_f P^2$	$\mathcal{E}_t = \frac{1}{2} C_h T^2$
Variable tipo T	Fuerza, F	Torque, T	Corriente, i	Tasa de flujo, Q_f	Flujo de calor, Q_h
Elemento tipo T	Esfuerzo, 1/k	Esfuerzo, 1/k	Inductor, L	Tensor de inercia, I	Ninguno
Ecuaciones elementales	$v = \frac{1}{k} \frac{dF}{dt}$	$\Omega = \frac{1}{K} \frac{dT}{dt}$	$e = L \frac{di}{dt}$	$P = I \frac{dQ_f}{dt}$	Ninguno
Energía almacenada	Potencial	Potencial	Campo magnético	Cinética	Ninguna
Ecuaciones de energía	$\mathcal{E}_p = \frac{1}{2k} F^2$	$\mathcal{E}_p = \frac{1}{2K} T^2$	$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} Li^2$	$\mathcal{E}_k = \frac{1}{2} IQ_f^2$	Ninguna
Elemento tipo D	Amortiguador, b	Amortiguador rotacional, B	Resistor, R	Resistencia al flujo, R_f	Resistor térmico, R_h
Ecuaciones elementales	$F = bv$	$T = B\Omega$	$i = \frac{1}{R} e$	$Q_f = \frac{1}{R_f} P$	$Q_h = \frac{1}{R_h} T$
Energía disipada	$\begin{aligned} \frac{dE_D}{dt} &= Fv \\ &= \frac{1}{b} F^2 \\ &= bv^2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \frac{dE_D}{dt} &= T\Omega \\ &= \frac{1}{B} T^2 \\ &= B\Omega^2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \frac{dE_D}{dt} &= ie \\ &= Ri^2 \\ &= \frac{1}{R} e^2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \frac{dE_D}{dt} &= Q_f P \\ &= R_f Q_f^2 \\ &= \frac{1}{R_f} P^2 \end{aligned}$	$\frac{dE_D}{dt} = Q_h$



Criterio de estabilidad de Routh–Hurwitz

Ecuación característica:

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \cdots + a_{n-1} s + a_n = 0$$

$$\begin{array}{c|ccccccc|c|ccccc|c} s^n & a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \cdots & \alpha_1 & \frac{(a_{n-1} * a_{n-2}) - (a_n * a_{n-3})}{a_{n-1}} & \beta_1 & \frac{(\alpha_1 * a_{n-3}) - (a_{n-1} * \alpha_2)}{\alpha_1} & \cdots \\ s^{n-1} & a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \cdots & \alpha_2 & \frac{(a_{n-1} * a_{n-4}) - (a_n * a_{n-5})}{a_{n-1}} & \beta_2 & \frac{(\alpha_1 * a_{n-5}) - (a_{n-1} * \alpha_3)}{\alpha_1} & \cdots \\ s^{n-2} & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \cdots & \alpha_3 & \frac{(a_{n-1} * a_{n-6}) - (a_n * a_{n-7})}{a_{n-1}} & \beta_3 & \frac{(\alpha_1 * a_{n-7}) - (a_{n-1} * \alpha_4)}{\alpha_1} & \cdots \\ s^{n-3} & \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ s^2 & \vdots \\ s^1 & \vdots \\ s^0 & \delta_1 & & & & & & & & \vdots \end{array}$$

Fuente: Miranda Medrano, J. A. Fundamentos de la Medición y Control de Procesos. Palibrio

Implementación de sistemas mecatrónicos

Filtros activos

Ancho de banda de un filtro pasa bajas

$$AB = f_c$$

Ancho de banda de un filtro pasa banda

$$AB = f_{cs} - f_{ci}$$

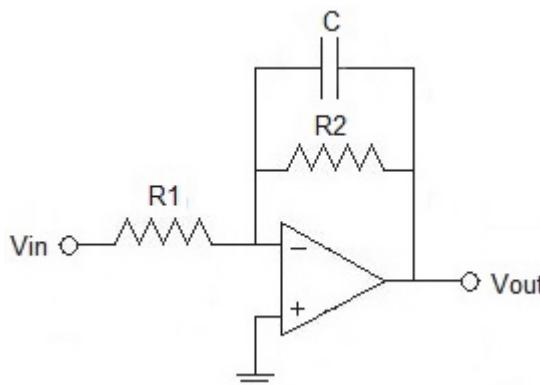
Frecuencia central de un filtro pasa banda

$$f_0 = \sqrt{f_{cs} \cdot f_{ci}}$$

Factor de calidad de un filtro pasa banda

$$Q = \frac{f_0}{AB}$$

Filtro pasa bajas de primer orden



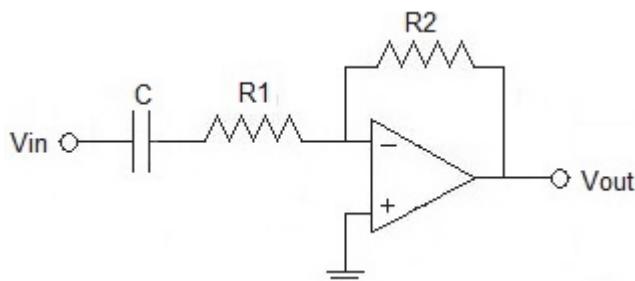
Ganacia en la región de paso

$$H_{0LP} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Frecuencia de corte

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

Filtro pasa altas de primer orden



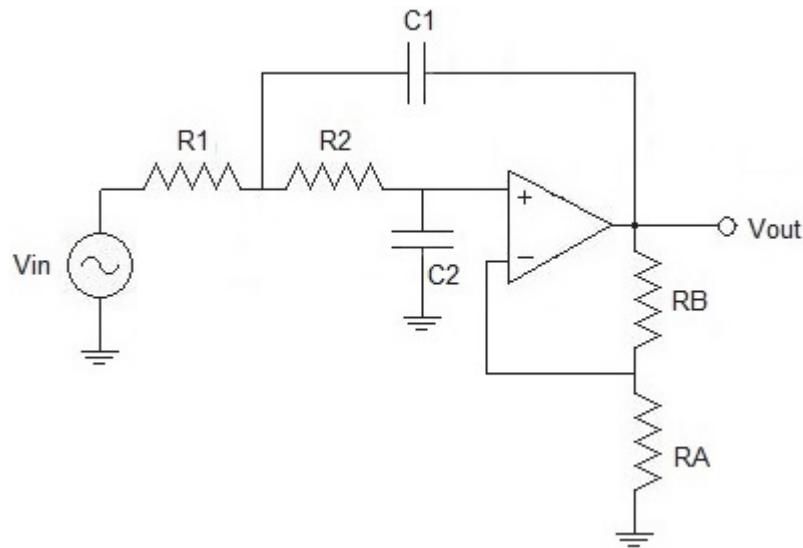
Ganacia en la región de paso

$$H_{0HP} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Frecuencia de corte

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

Filtro pasa bajas Sallen&Key (KRC) de segundo orden



Si $R_1 = R_2 = R$ y

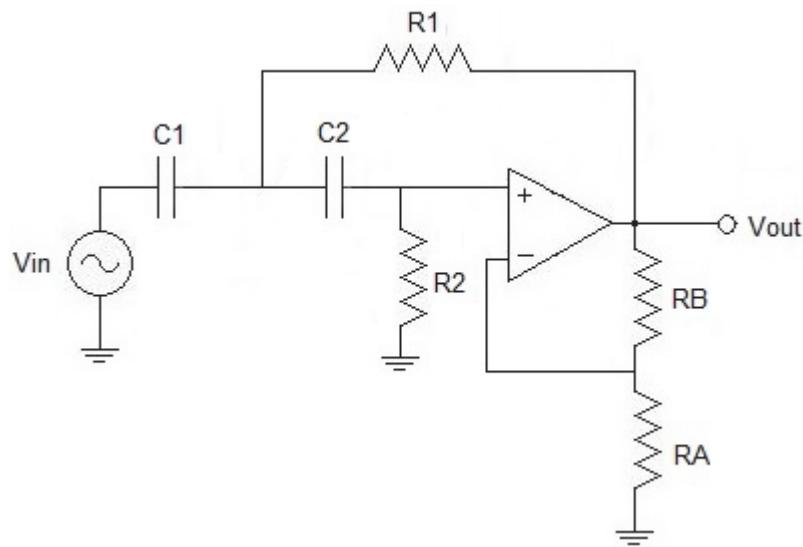
$$C_1 = C_2 = C$$

$$H_{0LP} = K = 1 + \frac{R_B}{R_A}$$

$$\omega_O = \frac{1}{RC}$$

$$Q = \frac{1}{3 - K}$$

Filtro pasa altas Sallen&Key (KRC) de segundo orden



Si $R_1 = R_2 = R$ y

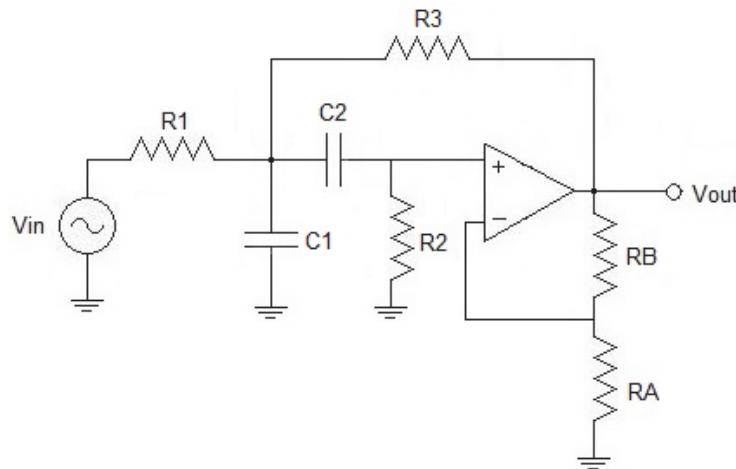
$$C_1 = C_2 = C$$

$$H_{0HP} = K = 1 + \frac{R_B}{R_A}$$

$$\omega_O = \frac{1}{RC}$$

$$Q = \frac{1}{3 - K}$$

Filtro pasa banda Sallen&Key (KRC) de segundo orden



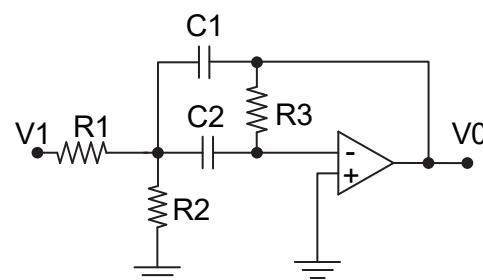
Si $R_1 = R_2 = R_3 = R$ y
 $C_1 = C_2 = C$

$$H_{0BP} = \frac{K}{4 - K}$$

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{2}}{RC}$$

$$Q = \frac{\sqrt{2}}{4 - K}$$

Filtros rechazo de banda



$$R_1 = \frac{1}{2Q_0\omega_0 C}$$

$$R_2 = \frac{2Q_0}{\omega_0 C}$$

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Tabla de diseño de filtros activos

<i>Butterworth low-pass filter</i>						
n	f₀₁	Q₁	f₀₂	Q₂	f₀₃	Q₃
2	1	0.707				
3	1	1.000	1			
4	1	0.541	1	1.306		
5	1	0.618	1	1.620	1	

<i>Bessel low-pass filter</i>						
n	f₀₁	Q₁	f₀₂	Q₂	f₀₃	Q₃
2	1.274	0.577				
3	1.453	0.691	1.327			
4	1.419	0.522	1.591	0.806		
5	1.561	0.564	1.760	0.917	1.507	

<i>0.10-dB ripple Chebyshev low-pass filter</i>						
n	f₀₁	Q₁	f₀₂	Q₂	f₀₃	Q₃
2	1.820	0.767				
3	1.200	1.341	0.969			
4	1.153	2.183	0.789	0.619		
5	1.093	3.282	0.797	0.915	0.539	



1.00-dB ripple Chebyshev low-pass filter

n	f ₀₁	Q ₁	f ₀₂	Q ₂	f ₀₃	Q ₃
2	1.050	0.957				
3	0.997	2.018	0.494			
4	0.993	3.559	0.529	0.785		
5	0.994	5.556	0.655	1.399	0.289	

donde:

n = orden del filtro

$\omega_0 = 2\pi f_c f_{0n}$ para el filtro pasa bajas

$\omega_0 = 2\pi f_c / f_{0n}$ para el filtro pasa altas

Filtros *Butterworth*

La magnitud de la función de transferencia al cuadrado es:

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \omega^{2n}}$$

La función de transferencia para un filtro *Butterworth* se expresa como:

$$H(s) = \frac{1}{B_n(s)}$$

Los polinomios normalizados para los filtros *Butterworth* son:

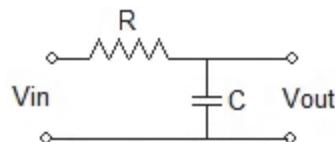
$$B_1(s) = s + 1$$

$$B_2(s) = s^2 + 1.4142s + 1$$

$$B_3(s) = s^3 + 2s^2 + s + 1$$

Filtros pasivos

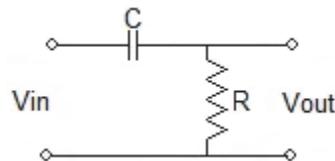
Filtro pasa bajas de primer orden



Frecuencia de corte

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

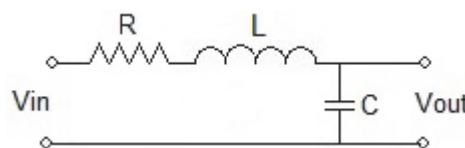
Filtro pasa altas de primer orden



Frecuencia de corte

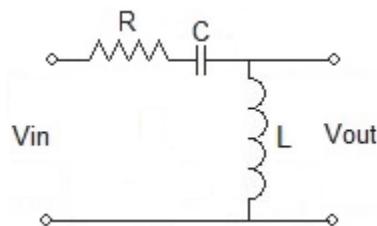
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Filtro pasa bajas de segundo orden



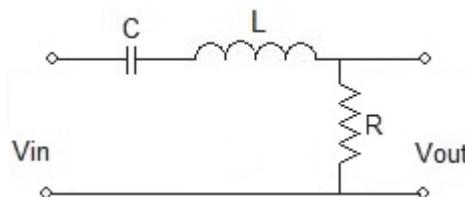
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Filtro pasa altas de segundo orden



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Filtro pasa banda de segundo orden



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Configuraciones básicas de amplificadores operacionales

Configuración	Diagrama	Relación entrada-salida
Seguidor		$V_{out} = V_{in}$
Inversor		$V_{out} = -V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}$
No inversor		$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$
Sumador inversor		$V_{out} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n}\right)$
Restador		$V_{out} = V_2 \left(\frac{(R_3 + R_1)R_4}{(R_4 + R_2)R_1}\right) - V_1 \left(\frac{R_3}{R_1}\right)$
Integrador		$V_{out} = - \int_0^t \frac{V_{in}}{RC} dt + V_{initial}$
Derivador		$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$

Configuración	Diagrama	Relación entrada-salida
Amplificador de instrumentación		$I_g = (V_2 - V_1) \left(\frac{1}{R_g} \right)$ $V_{intermedio} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right)$ $V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \frac{R_3}{R_2}$
Puente de Wheatstone		En condición de equilibrio, se cumple que: $R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$



Integración de tecnologías para sistemas mecatrónicos

Redes (diagrama PERT)

$$d_{ij} = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

d_{ij} = duración de la actividad

a = duración optimista

m = duración más probable

b = duración pesimista

Tiempo más temprano t_i

Tiempo más tardío T_j

$$t_i = \max(t_i + d_{ij})$$

$$Tj = \min(Ti + dij)$$

j = suceso cuya fecha hay que calcular

i = etapas origen de actividades que llegan a él

Toma de decisiones (árboles de decisión)

$$VE(d_i) = \sum_{j=1}^N (P(s_j) \cdot V_{ij})$$

VE = valor esperado de la alternativa de decisión

d_i = alternativa de decisión

$P(s_j)$ = probabilidad del estado de la naturaleza s_j

V_{ij} = resultado correspondiente a la alternativa de decisión d_i y el estado de la naturaleza

s_j

N = número de estados de la naturaleza

Punto de equilibrio

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{P \times Q}}$$

CF = costos fijos totales

CV = costos variables totales

P = precio del producto

Q = cantidad de productos vendidos



Ingeniería económica

Glosario de términos para ingeniería económica

I:	Inversión	\hat{A} :	Factor de pago continuo
n:	Periodo	RC:	Factor de recuperación de capital
i:	Tasa de interés	Vs:	Valor de salvamento
P:	Valor presente	Θ :	Tasa mixta
F:	Valor futuro	Pr:	Periodo de recuperación
A:	Serie uniforme	B:	Beneficio
G:	Gradiente	C:	Costo
i_{ef} :	Tasa efectiva	D:	Desventaja
R:	Tasa de interés divisible	e:	Base de logaritmos neperianos
m:	Periodo de intervalo		

Interés simple

$$I = niP$$

Interés compuesto

$$i = \sqrt[n]{\frac{F}{P}} - 1$$

Valor futuro pago único

$$F = P(1+i)^n$$

Valor presente pago único

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

Cantidad compuesta serie uniforme

$$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

Fondo de amortización

$$A = F \left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right)$$



Recuperación del capital de una serie uniforme

$$A = P \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right)$$

Valor presente de una serie uniforme

$$P = A \left(\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right)$$

Series de gradiente

$$A = G \left(\frac{\frac{1}{i-n}}{(1+i)^n - 1} \right)$$

Tasa efectiva de interés anual

$$i_{ef} = \left(1 + \frac{r}{m} \right)^m - 1$$

Capitalización continua

$$i = \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{m} \right)^m - 1 = e^r - 1$$

Definición de "e"

$$i = \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{m} \right)^m = e$$

$$\frac{F}{P} = e^m$$

$$\frac{P}{F} = e^{-m}$$

$$\frac{F}{A} = \frac{(e^m - 1)}{(e^r - 1)}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{(1 - e^{-m})}{(e^r - 1)}$$



$$\frac{A}{G} = \left(\frac{1}{1-e^{-m}} \right) - \left(\frac{n}{e^m - 1} \right)$$

Pagos continuos

$$\frac{F}{\hat{A}} = \frac{(e^m - 1)}{r}$$

$$\frac{P}{\hat{A}} = \frac{(e^m - 1)}{re^m}$$

Tasa mixta

$$\theta = \frac{(i - \lambda)}{(1 - \lambda)}$$

Inversión inicial

$$II = CO + CP + CA$$

donde:

II = Inversión inicial

CO = Costos de operación

CP = Costos de producción

CA = Costos de administración y ventas

Tasa mínima aceptable de rendimiento

$$TMAR = (\mu * i)^n$$

donde:

TMAR = Tasa mínima aceptable de rendimiento

μ = Monto

i = Tasa de interés

n = Número de períodos a considerar

Tasa mínima aceptable de rendimiento mixta

$$TMAR_{mixta} = [I_1 + PR_1 + \%I_1 + \%PR_1] + [I_2 + PR_2 + \%I_2 + \%PR_2] + \dots + [I_n + PR_n + \%I_n + \%PR_n]$$

donde:

TMAR_{mixta} = Tasa mínima aceptable de rendimiento mixta

I_n = Inflación

PR_n = Premio al riesgo

%I_n = Inflación ÷ 100

%PR_n = Premio al riesgo ÷ 100



Valor presente neto (con TMAR)

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

donde:

VPN = Valor presente neto

S_0 = Inversión inicial

S_t = Flujo de efectivo neto del periodo t

n = Número de periodos de la vida del proyecto

i = Tasa de recuperación mínima atractiva

t = periodos en años

Valor presente neto (con anualidad e interés)

$$VPN = -P + A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + VS$$

donde:

VPN = Valor presente neto

P = Inversión inicial

A = Anualidad

i = Tasa de interés

VS = Valor de salvamento al final del periodo n

n = Número de periodos

Tasa interna de retorno

$$TIR = \sum_1^n \frac{FNE_n}{(1+i)^n} + \frac{VS}{(1+i)^n}$$

donde:

TIR = Tasa interna de retorno

FNE = Flujo neto de efectivo del periodo n, o beneficio neto después de impuesto más depreciación

VS = Valor de salvamento al final del periodo n

i = Tasa de interés

n = Número de periodos

Periodo de recuperación de la inversión

$$ROI = \frac{UN}{I}$$

donde:

ROI = Periodo de recuperación de la inversión

UN = Utilidad neta

I = Inversión



Punto de equilibrio en ventas

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{VT}}$$

donde:

PE = Punto de equilibrio

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

VT = Ventas totales

Costo beneficio

$$\frac{B}{C} = \frac{B - D}{C}$$

donde:

B = Beneficios asociados al proyecto

C = Costo neto del proyecto

D = Valor de las desventajas

Costo anual uniforme equivalente (CAUE)

$$Vp = \left(\sum_{j=0}^n Flujo(P/F, i, j) \right)^* (A/P, i, j)$$

Serie uniforme equivalente

$$SAUE = -CAUE$$

Recuperación de capital

$$CAUE = -SAUE = RC$$

$$(P - V_s) \left(\frac{A}{P, i, n} \right) + iV_s$$

Retiro y reemplazo

$$CAUE(j) = RC(j) + A(j)$$

Relación costo-beneficio

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{ingresos} - \text{egresos}}{\text{costos}}$$

Depreciación

$$D_t = \frac{B - VS}{n}$$



D_t = cargo por depreciación anual

B = costo inicial o base no ajustada

VS = valor de salvamento

n = vida depreciable esperada o periodo de recuperación

Rotación de inventarios

$$\text{Rotación de inventarios} = \frac{\text{costo de ventas}}{\text{inventario}}$$

Rotación de los activos totales

$$\text{Rotación de activos totales} = \frac{\text{ventas}}{\text{activos totales}}$$

Análisis de la deuda

Razón de deuda

$$\text{Razón de deuda} = \frac{\text{pasivos totales}}{\text{activos totales}}$$

Razón de la capacidad de pago de intereses

$$\text{Razón de la capacidad de pago de intereses} = \frac{\text{utilidad antes de intereses e impuestos}}{\text{intereses}}$$

Análisis de la rentabilidad

Margen de utilidad bruta

$$\text{Margen de utilidad bruta} = \frac{\text{ventas} - \text{costo de ventas}}{\text{ventas}} = \frac{\text{utilidad bruta}}{\text{ventas}}$$

Margen de utilidad operativa

$$\text{Margen de utilidad neta} = \frac{\text{utilidad neta después de impuestos}}{\text{ventas}}$$

Rendimiento sobre los activos

$$\text{Rendimiento sobre los activos} = \frac{\text{utilidad neta después de impuestos}}{\text{activos totales}}$$

Rendimiento sobre el capital contable

$$\text{Rendimiento sobre el capital contable} = \frac{\text{utilidad neta después de impuestos}}{\text{capital contable}}$$



Análisis de la liquidez

Capital de trabajo neto

Capital de trabajo neto = activo circulante – pasivo circulante

Razón circulante

$$\text{Razón circulante} = \frac{\text{activo circulante}}{\text{pasivo circulante}}$$

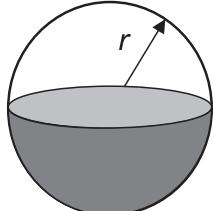
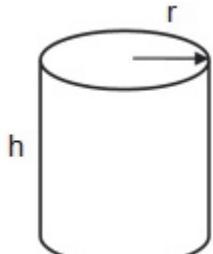
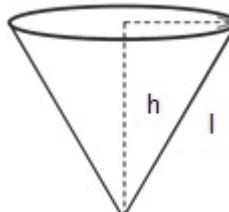
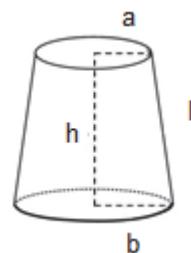
Razón rápida (prueba del ácido)

$$\text{Razón rápida} = \frac{\text{activo circulante} - \text{inventario}}{\text{pasivo circulante}}$$



Anexos

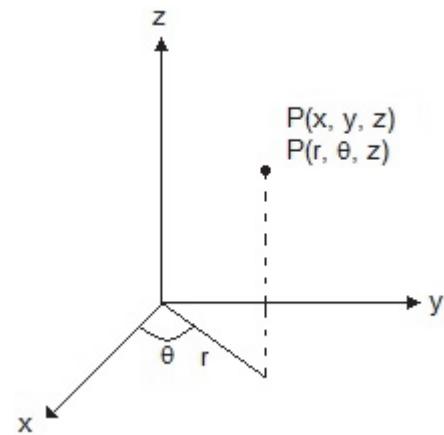
Geometría

Áreas	
Esfera	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$ $A = 4\pi r^2$ 
Cilindro $V = \pi r^2 h$	$A = 2\pi r h$ 
Cono	$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ $A = \pi r \sqrt{r^2 + h^2} = \pi r l$ 
Cono truncado $V = \frac{1}{3}\pi h(a^2 + ab + b^2)$	$A = \begin{cases} \pi(a+b)\sqrt{h^2 + (b-a)^2} \\ \pi(a+b)l \end{cases}$ 

Sistemas de coordenadas

Coordenadas cilíndricas

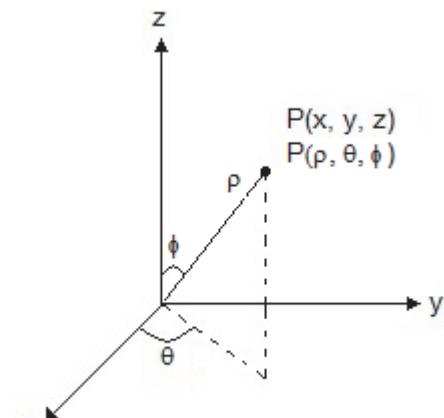
$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \\ z = z \end{cases} \quad \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ z = z \end{cases}$$



Coordenadas esféricas

$$\begin{cases} x = \rho \sin\phi \cos\theta \\ y = \rho \sin\phi \sin\theta \\ z = \rho \cos\phi \end{cases}$$

$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ \phi = \cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right) \end{cases}$$



Trigonometría

Con frecuencia no se indica específicamente la unidad, como en la siguiente tabla.

α	0°	30°	45°	60°	75°	90°	180°	270°	360°
$\hat{\alpha}$	0	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$5\pi/12$	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π
	0	0.52	0.78	1.05	1.31	1.57	3.14	4.71	6.28

Equivalencias

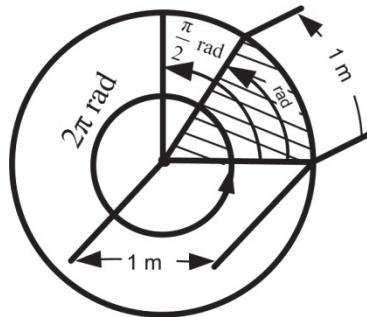
Por definición:

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}, \quad 1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.2967^\circ$$

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} = 0.017453 \text{ rad}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\pi}{180} \alpha = \frac{\alpha}{57.2967}$$

$$\hat{\alpha} = \text{arc } \alpha = \frac{\text{longitud de arco}}{\text{radio}}$$



Tablas de derivadas

$\frac{d}{dx}(c) = 0$	$\frac{d}{dx}(cx) = c$
$\frac{d}{dx}(cx^n) = ncx^{n-1}$	$\frac{d}{dx}(u \pm v \pm w \pm \dots) = \frac{du}{dx} \pm \frac{dv}{dx} \pm \frac{dw}{dx} \dots$
$\frac{d}{dx}(cu) = c \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx}(uv) = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$
$\frac{d}{dx}(uvw) = u v \frac{dw}{dx} + u w \frac{dv}{dx} + v w \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx}\left(\frac{u}{v}\right) = \frac{v \left(\frac{du}{dx}\right) - u \left(\frac{dv}{dx}\right)}{v^2}$
$\frac{d}{dx}(u^n) = nu^{n-1} \frac{du}{dx}$	$\frac{du}{dx} = \frac{1}{\frac{dx}{du}}$
$\frac{dF}{dx} = \frac{dF}{du} \frac{du}{dx}$ (Regla de la cadena)	



Derivadas de las funciones exponenciales y logarítmicas

$\frac{d}{dx} u^v = \frac{d}{dx} e^{v \ln u} = e^{v \ln u} \frac{d}{dx} [v \ln u] =$ $vu^{v-1} \frac{du}{dx} + u^v \ln u \frac{dv}{dx}$	$\frac{d}{dx} \log_a u = \frac{\log_a e}{u} \frac{du}{dx} \quad a > 0, \quad a \neq 1$
$\frac{d}{dx} a^u = a^u \ln a \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx} \ln u = \frac{d}{dx} \log_e u = \frac{1}{u} \frac{du}{dx}$
$\frac{d}{dx} e^u = e^u \frac{du}{dx}$	

Derivadas de las funciones trigonométricas y de las trigonométricas inversas

$\frac{d}{dx} \sin u = \cos u \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx} \cot u = -\csc^2 u \frac{du}{dx}$
$\frac{d}{dx} \cos u = -\sin u \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx} \sec u = \sec u \tan u \frac{du}{dx}$
$\frac{d}{dx} \tan u = \sec^2 u \frac{du}{dx}$	$\frac{d}{dx} \csc u = -\csc u \cot u \frac{du}{dx}$
$\frac{d}{dx} \cos^{-1} u = \frac{-1}{\sqrt{1-u^2}} \frac{du}{dx} \quad [0 < \cos^{-1} u < \pi]$	$\frac{d}{dx} \sin^{-1} u = \frac{1}{\sqrt{1-u^2}} \frac{du}{dx} \quad [-\frac{\pi}{2} < \sin^{-1} u < \frac{\pi}{2}]$
$\frac{d}{dx} \tan^{-1} u = \frac{1}{1+u^2} \frac{du}{dx} \quad [-\frac{\pi}{2} < \tan^{-1} u < \frac{\pi}{2}]$	$\frac{d}{dx} \cot^{-1} u = \frac{-1}{1+u^2} \frac{du}{dx} \quad [0 < \cot^{-1} u < \pi]$
$\frac{d}{dx} \sec^{-1} u = \frac{1}{ u \sqrt{u^2-1}} \frac{du}{dx} = \frac{\pm 1}{u\sqrt{u^2-1}} \frac{du}{dx},$ $\begin{cases} +si & 0 < \sec^{-1} u < \frac{\pi}{2} \\ -si & \frac{\pi}{2} < \sec^{-1} u < \pi \end{cases}$	$\frac{d}{dx} \csc^{-1} u = \frac{-1}{ u \sqrt{u^2-1}} \frac{du}{dx} = \frac{\mp 1}{u\sqrt{u^2-1}} \frac{du}{dx},$ $\begin{cases} -si & 0 < \csc^{-1} u < \frac{\pi}{2} \\ +si & -\frac{\pi}{2} < \csc^{-1} u < 0 \end{cases}$

Reglas de integración

Formas fundamentales

$$\int u \, dv = uv - \int v \, du$$

$$\int e^u \, du = e^u + C$$

$$\int u^n \, du = \frac{1}{n+1} u^{n+1} + C \quad n \neq -1$$

$$\int a^u \, du = \frac{a^u}{\ln a} + C$$

$$\int \frac{du}{u} = \ln |u| + C$$



Formas trigonométricas

$\int \sin u \, du = -\cos u + C$	$\int \csc u \cot u \, du = -\csc u + C$
$\int \cos u \, du = \sin u + C$	$\int \tan u \, du = \ln \sec u + C$
$\int \sec^2 u \, du = \tan u + C$	$\int \cot u \, du = \ln \sin u + C$
$\int \csc^2 u \, du = -\cot u + C$	$\int \sec u \, du = \ln \sec u + \tan u + C$
$\int \sec u \tan u \, du = \sec u + C$	$\int \csc u \, du = \ln \csc u - \cot u + C$

Constantes universales

Carga electrón y protón	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa electrón	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa protón	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
k	$9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
ϵ_0	$8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$
μ_0	$4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm}$
Constante dieléctrica	$8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
Constante de permeabilidad	$1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$
Constante gravitacional G	$6.672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Tabla de conversiones

Dimensión	Métrico	Métrico/Inglés
Masa	1 t métrica = 1 000 kg	$1 \text{ kg} = 2.2046 \text{ lb}_m$ $1 \text{ lb}_m = 0.4536 \text{ kg}$ $1 \text{ onza} = 28.3495 \text{ g}$ $1 \text{ slug} = 32.174 \text{ lb}_m$ $= 14.5939 \text{ kg}$ $1 \text{ t corta} = 907.1847 \text{ kg}$
Longitud	$1 \text{ m} = 10^6 \mu\text{m}$	$1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$ $= 0.3048 \text{ m}$ $1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$ $1 \text{ m} = 39.370 \text{ in}$ $= 3.2808 \text{ ft}$ $= 1.0936 \text{ yd}$ $1 \text{ milla} = 5 280 \text{ ft}$ $= 1.6093 \text{ km}$
Fuerza	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ $= 10^5 \text{ dina}$ $1 \text{ dina} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm/s}^2$ $1 \text{ kg}_f = 9.8070 \text{ N}$	$1 \text{ N} = 0.2248 \text{ lb}_f$ $1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb}_m \cdot \text{ft/s}^2$ $= 4.448 \text{ N}$
Presión	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa} = 10^{-3} \text{ MPa}$ $1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$ $= 1.01325 \text{ bar}$ $= 10.33 \text{ mca} (\text{metros de columna de agua})$ $= 29.92 \text{ in Hg}$ $= 760 \text{ mm Hg a } 0^\circ\text{C}$ $= 1.03323 \text{ kg/cm}^2$ $1 \text{ mm Hg} = 0.1333 \text{ kPa}$ $= 1 \text{ torr}$	$1 \text{ Pa} = 1.4504 \times 10^{-4} \text{ psia}$ $= 0.020886 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$ $1 \text{ psi} = 144 \text{ lb}_f/\text{ft}^2$ $= 6.8948 \text{ kPa}$ $1 \text{ atm} = 14.696 \text{ psia}$ $= 29.92 \text{ in Hg a } 30^\circ\text{F}$ $1 \text{ in Hg} = 3.387 \text{ kPa}$
Temperatura	$T (\text{°R}) = T (\text{°F}) + 459.67$ $T (\text{°F}) = 1.8 T (\text{°C}) + 32$ $T (\text{°R}) = 1.8 (T (\text{°C}) + 273.15)$ $T (\text{°C}) = 0.556 (T (\text{°R}) - 491.67)$ $\Delta T (\text{°F}) = \Delta T (\text{°R}) = 1.8 \Delta T (\text{°C})$	$T (\text{°R}) = T (\text{°F}) + 459.67$ $T (\text{°F}) = 1.8 T (\text{°C}) + 32$ $T (\text{°R}) = 1.8 (T (\text{°C}) + 273.15)$ $T (\text{°C}) = 0.556 (T (\text{°R}) - 491.67)$ $\Delta T (\text{°F}) = \Delta T (\text{°R}) = 1.8 \Delta T (\text{°C})$
Volumen	$1 \text{ m}^3 = 1 000 \text{ L}$ $= 10^6 \text{ cm}^3 (\text{cc})$ $= 1 000 \text{ dm}^3$ $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$	$1 \text{ m}^3 = 6.1024 \times 10^4 \text{ in}^3$ $= 35.315 \text{ ft}^3$ $= 264.17 \text{ gal (U.S.)}$ $1 \text{ gal(U.S.)} = 231 \text{ in}^3$ $= 3.7854 \text{ L}$ $1 \text{ fl onza} = 29.5735 \text{ cm}^3$ $= 0.0295735 \text{ L}$ $1 \text{ gal(U.S.)} = 128 \text{ fl onzas}$
Volumen específico	$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 1 000 \text{ L/kg} = 1 000 \text{ cm}^3/\text{g}$	$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.02 \text{ ft}^3/\text{lb}_m$ $1 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$
Viscosidad	$1 \text{ poise} = 1 \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ $1 \text{ cp (centipoise)}$ $= 0.01 \text{ poise}$ $= 0.1 \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ $1 \text{ cSt (centistoke)}$ $= 10^{-2} \text{ St (stoke)}$ $= 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	

Energía, calor, trabajo, energía interna, entalpía	1 cal = 4.1868 J 1 kWh = 3 600 kJ	$1 \text{ kJ} = 0.9478 \text{ BTU}$ $1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg}$ $= 6.242 \times 1018 \text{ eV}$ $1 \text{ BTU} = 1.0551 \text{ kJ}$ $= 0.2521 \text{ kcal}$ $= 3.9290 \times 10^{-4} \text{ hp.h}$ $= 5.4040 \text{ psia} \cdot \text{ft}^3$ $= 778.169 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}$ $= 6.5850 \times 10^{21} \text{ eV}$ $1 \text{ BTU/lb}_m = 25.037 \text{ ft}^2/\text{s}^2$ $= 2.326 \text{ kJ/kg}$ $1 \text{ kJ/kg} = 0.430 \text{ BTU/lb}_m$ $1 \text{ kWh} = 3\,412.14 \text{ BTU}$ $1 \text{ Tesla} = 10\,000 \text{ Gauss}$
Potencia, velocidad de transferencia de calor	1 W = 1 J/s 1 W = 0.860 kcal/h 1 kW = 1.341 hp 1 hp = 745.7 W	$1 \text{ kW} = 3\,412.14 \text{ BTU/h}$ $= 737.56 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/s}$ $1 \text{ hp} = 1.014 \text{ CV}$ $= 550 \text{ lb}_f \cdot \text{ft/s}$ $= 0.7068 \text{ BTU/s}$ $= 42.41 \text{ BTU/min}$ $= 2\,544.6 \text{ BTU/h}$ $= 178.1 \text{ cal/s}$ $1 \text{ hp de caldera} = 33.475 \text{ BTU/h}$ $1 \text{ BTU/h} = 1.0551 \text{ kJ/h}$ $1 \text{ t de refrigeración} = 200 \text{ BTU/min}$
Coeficiente de transferencia de calor	$1 \text{ W/m}^2 \cdot {}^\circ\text{C} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	$1 \text{ W/m}^2 \cdot {}^\circ\text{C} = 0.1761 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot {}^\circ\text{F}$
Flujo de calor	$1 \text{ W/cm}^2 = 10^4 \text{ W/m}^2$	$1 \text{ W/m}^2 = 0.3171 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2$
Calor específico	$1 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C} = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$1 \text{ BTU/lb}_m \cdot {}^\circ\text{F} = 4.1868 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$ $1 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C} = 0.23885 \text{ BTU/lb}_m \cdot {}^\circ\text{F}$ $= 0.23885 \text{ BTU/lb}_m \cdot {}^\circ\text{R}$
Conductividad térmica	$1 \text{ W/m} \cdot {}^\circ\text{C} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$	$1 \text{ W/m} \cdot {}^\circ\text{C} = 0.57782 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft} \cdot {}^\circ\text{F}$

Consejo Técnico

Representantes de Instituciones de Educación Superior

M.C. David César Malpica Moreda
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dra. Yamel Ungson Almeida
Centro de Enseñanza Técnica y Superior

Mtro. Miguel de Jesús Ramírez Cadena
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Mtra. Isabel Lascurain Gutiérrez
Universidad Anáhuac México

Dr. Oscar Omar Ovalle Osuna
Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Ángel Flores Abad
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Eliezer Garza González
Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Jorge Aurelio Brizuela Mendoza
Universidad de Guadalajara

Mtro. Mauricio Alberto Ortega Ruíz
Universidad del Valle de México

Mtro. Jorge Alonso Ramírez Márquez
Universidad Politécnica de Aguascalientes

Dr. José Luis Barahona Ávalos
Universidad Tecnológica de la Mixteca

Dr. Ricardo Oscar Magos Pérez
Universidad Tecnológica de México

Este Formulario es un instrumento de apoyo para quienes sustentarán el Examen General para el Egreso de Ingeniería Mecatrónica (EGEL Plus IMECATRO).

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 Plus IMECATRO 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. 5102

www.ceneval.edu.mx

abraham.maya@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; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma del Estado de México; Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Universidad Autónoma de Yucatán; Universidad Nacional Autónoma de México*; 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 en el Registro Nacional de Instituciones Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con el número 506 desde el 10 de marzo de 1995. También es miembro de la International Association for Educational Assessment.

* A petición de la institución, sus derechos y obligaciones en el Ceneval se encuentran suspendidos.

