



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

formulario

EXAMEN GENERAL PARA EL EGRESO DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017



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

CENEVAL®

formulario

EXAMEN GENERAL PARA EL EGRESO DE LA LICENCIATURA
EN **INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017

Este Formulario es un instrumento de apoyo para quienes sustentarán el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en alimentos (EGEL-IALI) y está vigente a partir de enero de 2016.

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-IALI agradecerán todos los comentarios que puedan enriquecer este material. Sírvase dirigirlos a:

Dirección del Área de los DAEGEL
Dirección del Programa de Evaluación de Egreso (EGEL) en Diseño, Ingenierías y
Arquitectura
Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A. C.
Av. Camino al desierto de los leones No. 37
Col. San Ángel
Del. Álvaro Obregón
C.P. 01000 México, CDMX
Tel: 01 (55) 5322-9200, ext. 5113
<http://www.ceneval.edu.mx>
Email: josue.flores@ceneval.edu.mx

D. R. © 2016
Centro Nacional de Evaluación
para la Educación Superior, A. C. (Ceneval)

Cuarta edición

Directorio

Dirección General

Dr. en Quím. Rafael López Castañares

Dirección del Área de los Exámenes Generales para el Egreso de la Licenciatura (DAEGEL)

M. en Ed. Luz María Solís Segura

Encargado del Despacho de la Dirección del Programa de Evaluación de Egreso (EGEL) en Diseño, Ingenierías y Arquitectura

Ing. Eduardo Ramírez Díaz

Coordinación del Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI)

Lic. Josué Flores Vargas

Representantes de instituciones educativas

Dra. María Leticia Calderón Fernández
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Enrique Sauri Duch
Instituto Tecnológico de Mérida

M. en C. María Magdalena Ramírez Gómez
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dra. Rebeca María García García
Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey

I. en A. María Alicia De Anda Salazar
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

M. en C. Virginia Pérez Flores
Universidad autónoma de Yucatán

Dra. Adriana Inés Rodríguez Hernández
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dra. María Elena Sosa Morales
Universidad de Guanajuato

M. en C. Cristina Martínez Cárdenas
Universidad de Guadalajara

Mtro. Eduardo Pérez Basurto
Universidad Juárez Autónoma de
Tabasco

Dra. Ruth Pedroza Islas
Universidad Iberoamericana

Representantes de asociaciones gremiales

Dra. Lilia Arely Prado Barragán
Asociación Mexicana de Ciencias de los
Alimentos (AMECA)

M. en C. Francisco Javier Ramírez
Castellanos
Colegio Mexicano de Ingenieros
Bioquímicos

Contenido

TRANSFERENCIA DE MOMENTO	11
Densidad relativa	11
Viscosidad absoluta	11
Viscosidad cinemática	11
Presión	11
Caída de presión y coeficiente de resistencia en accesorios	12
Número de Reynolds	12
Coeficiente de resistencia en accesorios	12
Tabla de coeficiente de resistencia en accesorios para régimen turbulento (K_f)	12
Caída de presión y factor de fricción en régimen laminar	13
Fanning	13
Darcy	13
Rugosidad relativa	13
Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria	14
Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI	15
Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody)	16
Rugosidad relativa	17
Ecuación de energía mecánica	18
Balance de energía mecánica	18
Medición del flujo	19
Tubo Pitot	19
Tubo Venturi	19
Flujos	19
Potencia de una bomba	19
Agitación y mezclado	20
Mezclado	20
Agitación	20
Aumento de escala en agitadores	20
TRANSFERENCIA DE CALOR	23
Intercambiadores de calor y evaporación	23
Coeficiente de ensuciamientos típicos	26
Datos térmicos de algunos productos alimenticios	28
Conductividades térmicas, densidades y viscosidades de alimentos	30
Eficiencia térmica	32
Transferencia de calor en estado estacionario	32
Conducción	32
Pared simple	32
Pared compuesta	32
En tuberías	33
Convección natural	33
Coeficiente global de transferencia de calor en un tubo	33
Superficies planas y cilindros verticales	34
Cilindros horizontales	34
Convección forzada	35

Diferencia moderada de temperaturas y flujo laminar.....	35
Superficies planas	35
Exterior de tubos.....	35
Radiación.....	36
Transferencia de calor en estado no estacionario	36
Conducción en estado no estacionario; temperatura en el centro de una esfera, una lámina y un cilindro de dimensiones infinitas.....	37
Esterilización.....	38
Pasteurización	38
Enfriamiento.....	39
Congelación.....	40
TRANSFERENCIA DE MASA	41
Balance general de materia y energía.....	41
Fracciones molares	41
Tiempo de secado	41
Gráfico psicométrico altas temperaturas	42
Cinética de reacción	43
Orden de reacción	43
Ecuación de Arrhenius.....	43
Liofilización	44
Presión osmótica	46
Cristalización	46
Difusividad	46
OPERACIONES FÍSICO MECÁNICAS	47
Filtración (a caída de presión constante)	47
Precipitación y sedimentación	48
Centrifugación.....	48
Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación	50
Reducción de tamaño.....	50
CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.....	51
Índice Cp.....	51
Índice K.....	51
Índice Z	51
Índice de Taguchi	52
Tabla para control de procesos	52
Tabla de gráficos por atributos	53
Tabla de muestreo sencillo por límite del promedio de calidad final (LPCF) 2.0%.....	54
Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 2.5%	55
Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%	56
Tabla de cálculo de los límites de control para las cartas \bar{X} y S con tamaño de muestra variable	57
Tabla de la carta de control de la fracción disconforme con tamaño de la muestra variable ..	58
Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MIL, STD 105E).....	59
Tabla para la inspección normal - muestreo único (MIL, STD 105E)	60
Tabla para la inspección reducida - muestreo único (MIL, STD 105E), tabla II-C.....	61
Curvas OC de la letra de código para el tamaño de la muestra K, (MIL, STD 105E).....	62
Tabla de inspección de Dodge-Romig – planes de muestreo único para AOQL = 3.0%	63

Tabla de inspección de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%	64
Tabla de los factores para construir cartas de control para variables.....	65
Tabla de valores de la función de distribución de U P(U < Uo); Uo es el argumento; n ₁ < n ₂ ; 3 < n ₂ < 10.....	66
ANEXOS	72
Tablas de equivalencia	72
Constante de los gases ideales (R).....	73
Aceleración de la gravedad	73
Tabla de propiedades del aire y el agua	74
Propiedades del agua saturada (líquido–vapor): Tabla de presiones.....	77
Propiedades del agua saturada (líquido–vapor): Tabla de temperaturas	78
Tabla de relaciones f_i/U : g para valores de $z = 10$ °C	79
Tabla para determinar el NMP de microorganismos.....	80

TRANSFERENCIA DE MOMENTO**Densidad relativa**

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_{fluido}}{\rho_{agua}}$$

ρ_{rel} = Densidad relativa

ρ_{fluido} = Densidad del fluido

ρ_{agua} = Densidad del agua

Viscosidad absoluta

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

μ = Viscosidad absoluta

τ = Esfuerzo de corte

$\dot{\gamma}$ = Velocidad de corte

Viscosidad cinemática

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

μ = viscosidad absoluta

μ_c = viscosidad cinemática

ρ = densidad del fluido

Presión

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

P_{abs} = Presión absoluta

P_{atm} = Presión atmosférica

P_{man} = Presión manométrica

$$P_{hid} = \rho gh$$

P_{hid} = Presión hidrostática

ρ = Densidad del fluido

g = Aceleración gravitacional

h = Altura del líquido

$$P_{vap\ alim} = a_w P_{vap\ agua}$$

$P_{vap\ alim}$ = Presión de vapor del alimento

a_w = actividad de agua

$P_{vap\ agua}$ = Presión de vapor del agua pura

a la misma temperatura

$\Delta P_{permisible}$ = Caída de presión permisible

$P_{sistema}$ = Presión según las condiciones del sistema

Caída de presión y coeficiente de resistencia en accesorios**Número de Reynolds**

$$N_{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$N_{Re\ gen} = \frac{D^n v^{2-n} \rho}{k8^{n-1}} \left(\frac{4n}{3n+1} \right)^n$$

 N_{Re} = Número de Reynolds ρ = Densidad del fluido μ = Viscosidad absoluta D = Diámetro del tubo v = Velocidad lineal k = Índice de consistencia n = Índice de comportamiento al flujo $N_{Re\ gen}$ = Número de Reynolds generalizado**Coefficiente de resistencia en accesorios**

$$K_f = \left(\frac{L}{D} \right) f_D$$

$$K_f = 4 \left(\frac{L}{D} \right) f_F$$

$$K_f = \frac{\Delta P_{acc} g_c}{v^2 \rho}$$

$$hfs_{acc} = \frac{\Delta P_{acc}}{\rho}$$

 f_D = Factor de fricción de Darcy f_F = Factor de fricción de Fanning ΔP_{acc} = Caída de presión en accesorios $\frac{L}{D}$ = Longitud equivalente ρ = Densidad v = Velocidad lineal g_c = Factor de conversión gravitacional K_f = Coeficiente de resistencia en accesorios hfs_{acc} = Pérdida por fricción en accesorios**Tabla de coeficiente de resistencia en accesorios para régimen turbulento (K_f)**

	Diámetro nominal, pulgadas											
	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	5	6	8-10	12-16	12-24
Válvula de compuerta (abierto)	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.1	0.096
Válvula de globo (abierto)	9.2	8.5	7.8	7.1	6.5	6.1	5.8	5.4	5.1	4.8	4.4	4.1
Codo estándar (atornillado) 90°	0.80	0.75	0.69	0.63	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36
Codo estándar (atornillado) 45°	0.43	0.40	0.37	0.34	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19
"T" estándar (flujo recto)	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24
"T" estándar (flujo cruzado)	1.62	1.50	1.38	1.26	1.14	1.08	1.02	0.96	0.90	0.84	0.78	0.72

Caída de presión y factor de fricción en régimen laminar**Fanning**

$$f_F = \frac{16}{N_{Re}}$$

$$\Delta P_{tr} = \frac{4f_F L V^2 \rho}{2Dg_c}$$

$$hfs_{tr} = \frac{\Delta P_{tr}}{\rho}$$

ΔP_{tr} = Caída de presión en tramo recto

L = Longitud de tubería

ρ = Densidad

V = Velocidad lineal

N_{Re} = Número de Reynolds

f_F = Factor de fricción de Fanning

f_D = Factor de fricción de Darcy

g_c = Factor de conversión gravitacional

hfs_{tr} = Pérdida por fricción en tramo recto

Darcy

$$f_D = \frac{64}{N_{Re}}$$

$$\Delta P_{tr} = \frac{f_D L V^2 \rho}{2Dg_c}$$

Rugosidad relativa

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\epsilon}{D}$$

ϵ = Rugosidad de la tubería

D = Diámetro de tubería

$$\frac{1}{\sqrt{f}} \approx -3.6 \log \left[\frac{6.9}{N_{Re}} + \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.1} \right]$$

Diámetro de tubería en acero inoxidable y sanitaria

Medida nominal (in)	Tubería de acero inoxidable cédula 40		Tubería sanitaria	
	Diámetro interno (in)	Diámetro externo (in)	Diámetro interno (in)	Diámetro externo (in)
0.5	0.622	0.84		
0.75	0.824	1.050		
1	1.049	1.315	0.902	1.000
1.5	1.610	1.900	1.402	1.500
2.0	2.067	2.375	1.870	2.000
2.5	2.469	2.875	2.370	2.500
3.0	3.068	3.500	2.870	3.000
4.0	4.026	4.500	3.834	4.000

Paul Sing R. y Heldman D.R. "Introduction to food engineering" 4th edition. Academic Press.

Especificaciones para tubos de acero comercial según norma ANSI

D_{Nominal} in	Cédula	D_{Interior} in	D_{Exterior} in
3/4	40	0.824	1.05
	80	0.742	
1	40	1.049	1.315
	80	0.957	
1 1/4	40	1.38	1.660
	80	1.278	
1 1/2	40	1.61	1.900
	80	1.50	
2	40	2.067	2.375
	80	1.939	
2 1/2	40	2.469	2.875
	80	2.323	
3	40	3.068	3.5
	80	2.900	
3 1/2	40	3.548	4.0
	80	3.364	
4	40	4.026	4.5
	80	3.826	
5	10 S	5.295	5.536
	40	5.047	
	80	4.813	
6	10 S	6.357	6.625
	40	6.065	
	80	5.761	
8	10 S	8.329	8.625
	30	8.071	
	80	7.625	
10	10 S	10.420	10.75
	30	10.192	
	XX	9.750	

Factor de fricción en régimen turbulento (Diagrama de Moody)

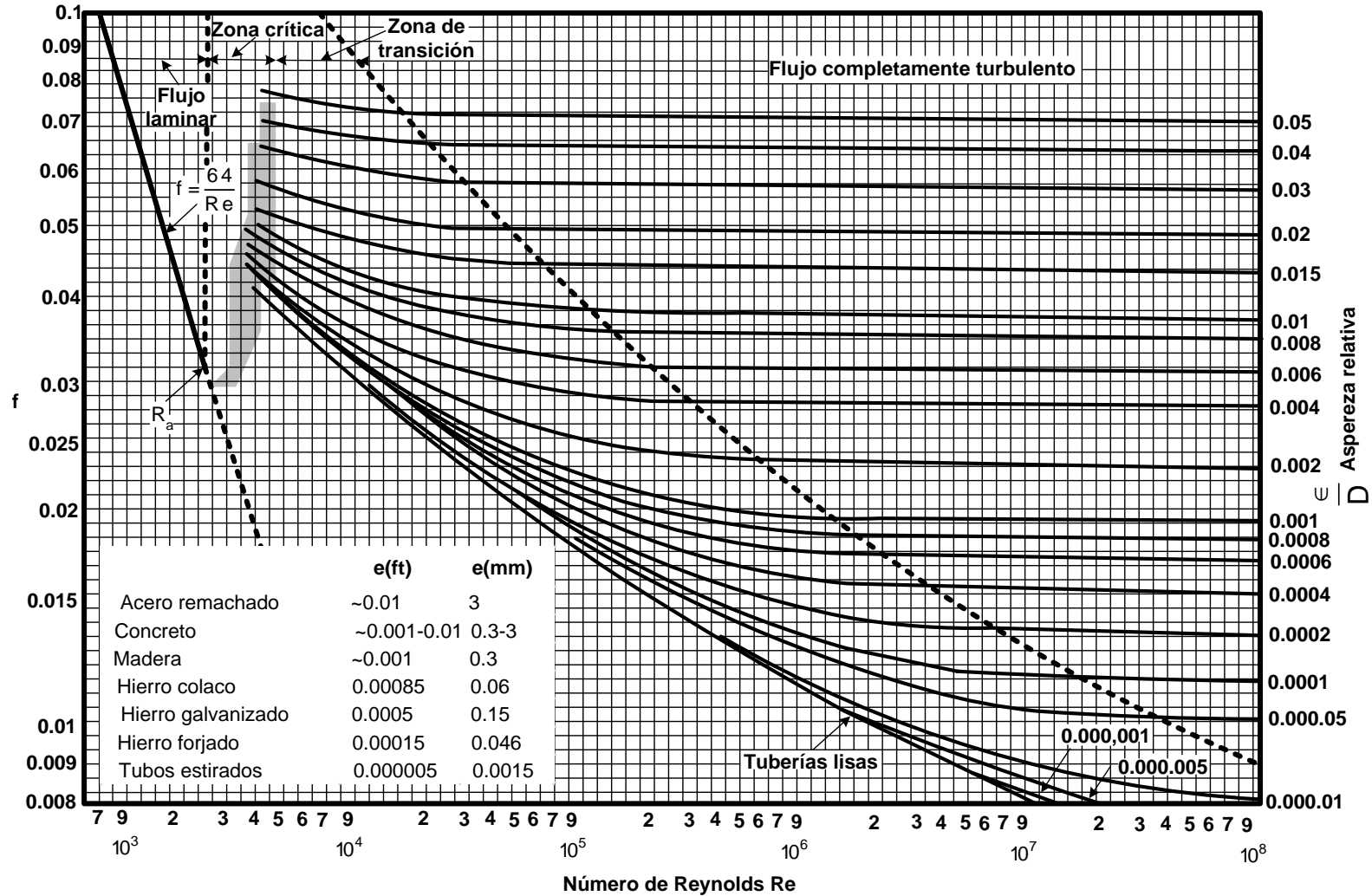
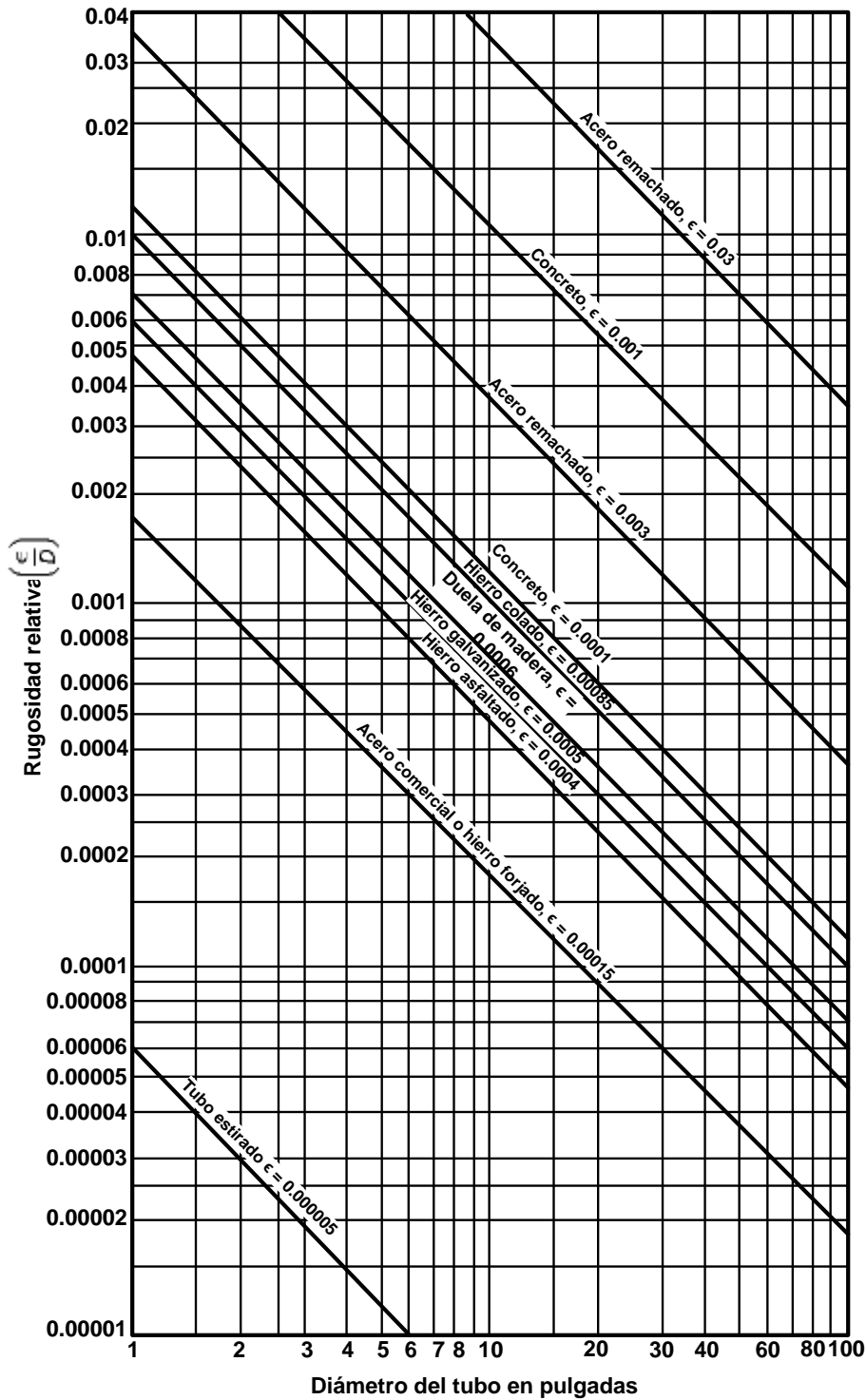


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, Trans. ASME, vol. 66, 1944.)

Rugosidad relativa



Ecuación de energía mecánica**Balance de Bernoulli**

$$\left(\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + W_f \right)_{Entrada} = \left(\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} \right)_{Salida}$$

 g = Aceleración gravitacional v = Velocidad lineal Z = Altura P = Presión del sistema W_f = Trabajo de flecha g_c = Factor de conversión gravitacional α = Factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento $\alpha = 2$) ρ = Densidad**Balance de energía mecánica**

$$\left(\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + W_f \right)_{Entrada} = \left(\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2\alpha g_c} + \frac{Z \cdot g}{g_c} + \sum hfs \right)_{Salida}$$

 $\sum hfs$ = Pérdidas por fricción en tramo recto, accesorios y equipo g = Aceleración gravitacional v = Velocidad lineal Z = Altura P = Presión del sistema W_f = Trabajo de flecha g_c = Factor de conversión gravitacional α = Factor de corrección de energía cinética (régimen turbulento $\alpha=2$) ρ = Densidad

Medición del flujo

Tubo Pitot

$$v = C_p \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}}$$

v = Velocidad lineal

C_p = Constante adimensional cuyo valor va de 0.989 a 1.

$P_2 - P_1$ = Presión en el punto 1 y 2, respectivamente

ρ = Densidad

v_2 = Velocidad en el estrechamiento

Tubo Venturi

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

D_1 y D_2 = Diámetro en el punto 1 y 2, respectivamente

Flujos

$$\dot{V} = Av$$

\dot{m} = Flujo másico

ρ = Densidad del fluido

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

\dot{V} = Flujo volumétrico

A = Área transversal

v = Velocidad lineal

Potencia de una bomba

$$P_b = E_m \dot{m}$$

P_b = Potencia de la bomba

E_m = Energía mecánica

\dot{m} = Flujo másico

Agitación y mezclado**Mezclado**

$$N_p = \frac{P}{N^3 \rho D_a^5}$$

$$N'_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu}$$

$$N_{Fr} = \frac{N^2 D_a}{g}$$

Agitación

Flujo laminar

$$P = K_L N^2 D^3 \mu$$

Flujo turbulento

$$P = K_T N^3 \rho D_a^5$$

Dispersión de líquidos con agitadores de turbina

$$\bar{D}_s = 0.224 \left[\frac{(\sigma g_c)^{0.6}}{(P g_c / \nu)^{0.4} \rho_L^{0.2}} \right] \psi^{1/2} \left(\frac{\mu_d}{\mu_C} \right)^{1/4}$$

Aumento de escala en agitadores

$$R = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1/3} = \frac{D_{T2}}{D_{T1}}$$

 N_p = Número de potencia N'_{Re} = Número Reynolds del impulsor N_{Fr} = Número de Froude P = Potencia del impulsor ρ = Densidad N = Velocidad de giro D = Diámetro del impulsor ν = Velocidad lineal μ = Viscosidad absoluta K_L, K_T = Constante para tanques
(ver tabla 1) D_a = Diámetro del agitador g = Aceleración gravitacional σ = Tensión superficial Ψ = Fracción volumétrica de líquido o gas en la dispersión \bar{D}_s = Diámetro medio de la gota V = Velocidad g_c = Factor de conversión gravitacional μ_d = Viscosidad dinámica μ_C = Viscosidad cinemática V_1 = Volumen del tanque original V_2 = Volumen final del tanque deseado R = Relación o razón de aumento de escala (adimensional) D_{T1} = Altura del líquido en el tanque original D_{T2} = Altura final del líquido en el tanque

$$N_2 = N_1 \left(\frac{J}{R} \right)^n$$

$$D_{T2} = R D_{T1}$$

$$J_2 = R J_1$$

$$W_2 = R W_1$$

J_1 = Grosor de la pared del tanque original

J_2 = Grosor de la pared final deseada

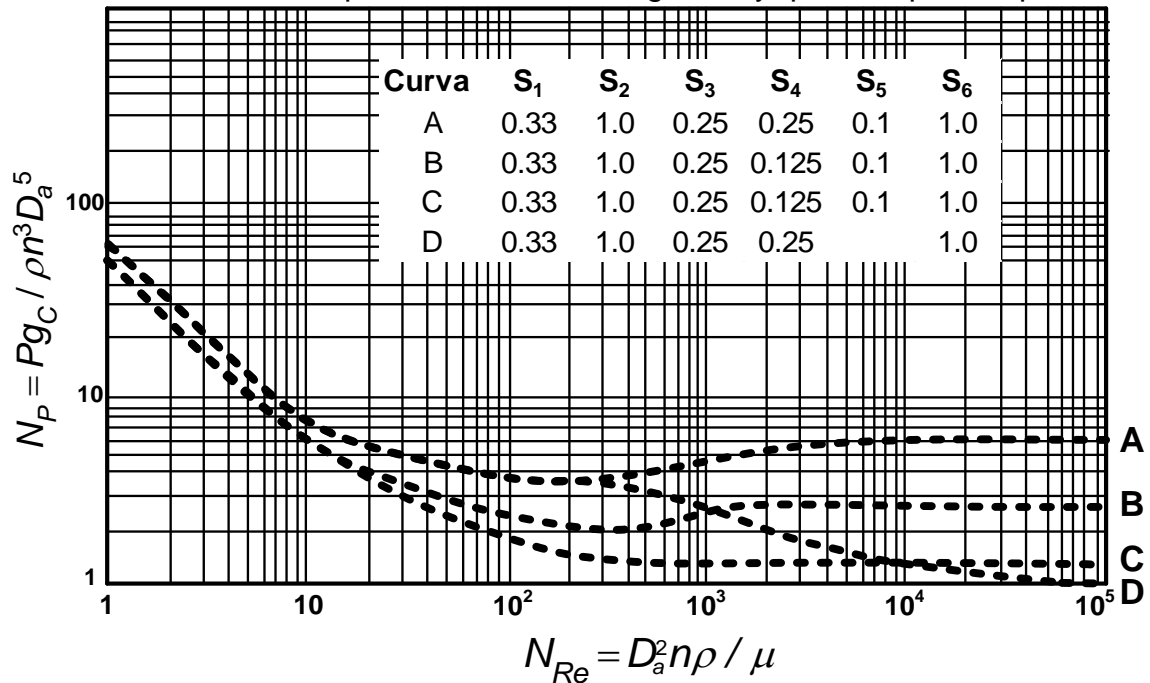
W_1 = Altura o anchura del agitador original

W_2 = Altura o anchura final del agitador

N_1 = Velocidad del agitador original

N_2 = Velocidad final del agitador

Número de potencia N_P frente a N_{Re} para turbinas de seis palas. Para la porción de trazos de la curva D, el valor de N_P que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por N_{Fr}



Número de potencia N_P frente a N_{Re} para rodetes de tres palas. Para las porciones de trazos de las curvas B, C y D, el valor de N_P que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por N_{Fr}

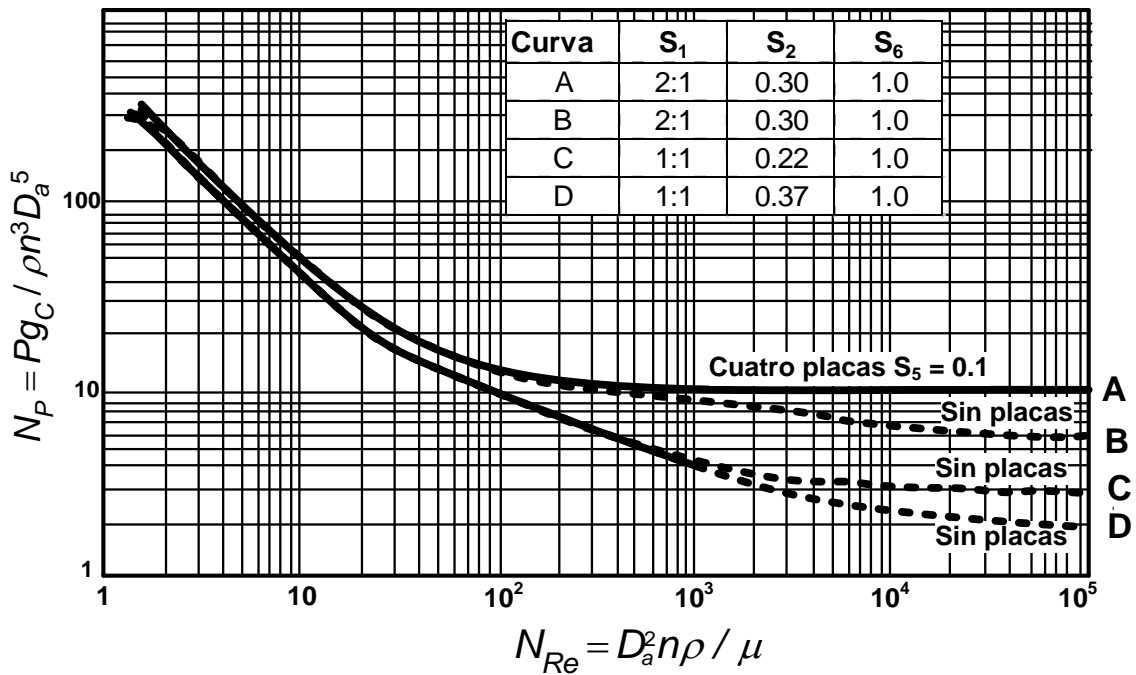


Tabla 1. Valores de las constantes K_L y K_T para tanques que tienen cuatro deflectores, con anchura igual al 10% del diámetro del tanque

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0	41	0.32
Paso 1.5	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas ($S_3 = 0.25$, $S_4 = 0.2$)	65	5.75
Seis palas inclinadas (45° , $S_4 = 0.2$)	---	1.63
Cuatro palas inclinadas (45° , $S_4 = 0.2$)	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas ($S_2 = 0.2$)	36.5	1.70
Impulsor HE ₃	43	0.28
Cinta helicoidal	52	---
Ancla	300	0.35
Hélice, paso cuadrado, tres palas	41.0	0.32
Paso de 2, tres palas	43.5	1.00
Turbina, seis palas planas	71.0	6.30
Seis palas curvas	70.0	4.80
Turbina de ventilador, 6 palas	70.0	1.65
Palas planas, dos palas	36.5	1.70
Turbina cerrada 6 palas curvas	97.2	1.08
Con estator, sin deflectores	172.5	1.12

TRANSFERENCIA DE CALOR

Intercambiadores de calor y evaporación

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{hi} - T_{c0}) - (T_{h0} - T_{ci})}{\ln \left[\frac{(T_{hi} - T_{c0})}{(T_{h0} - T_{ci})} \right]}$$

ΔT_{ml} = Media logarítmica de la diferencia de temperatura

T_{hi} = Temperatura de entrada del fluido caliente

T_{h0} = Temperatura de salida del fluido caliente

T_{ci} = Temperatura de entrada del fluido frío

T_{c0} = Temperatura de salida del fluido frío

Z = Relación adimensional para el cálculo del factor corrección

Y = Relación adimensional para el cálculo del factor corrección

ΔT_m = Diferencia de temperatura corregida

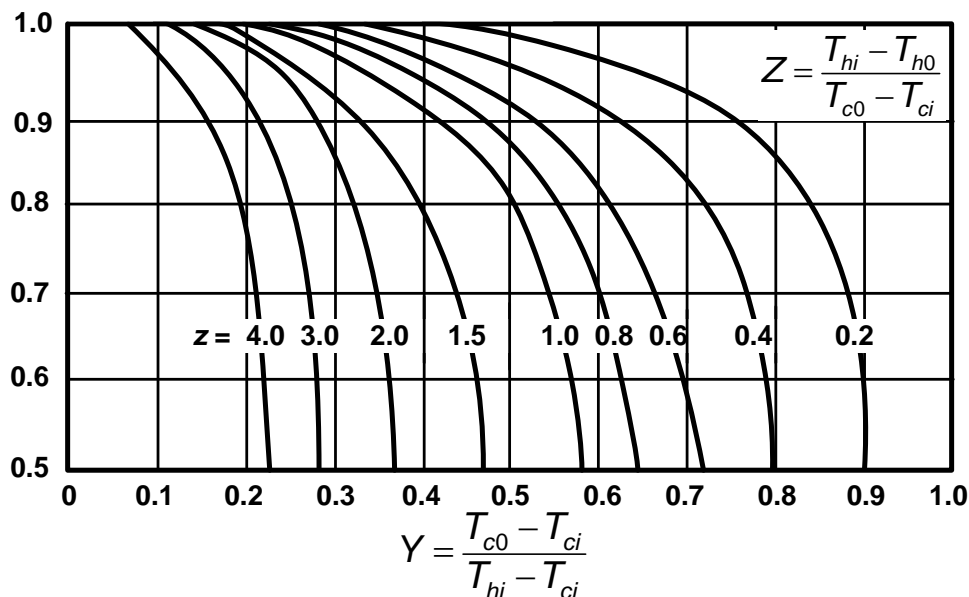
F_T = Factor de corrección

$$Z = \frac{T_{hi} - T_{h0}}{T_{c0} - T_{ci}}$$

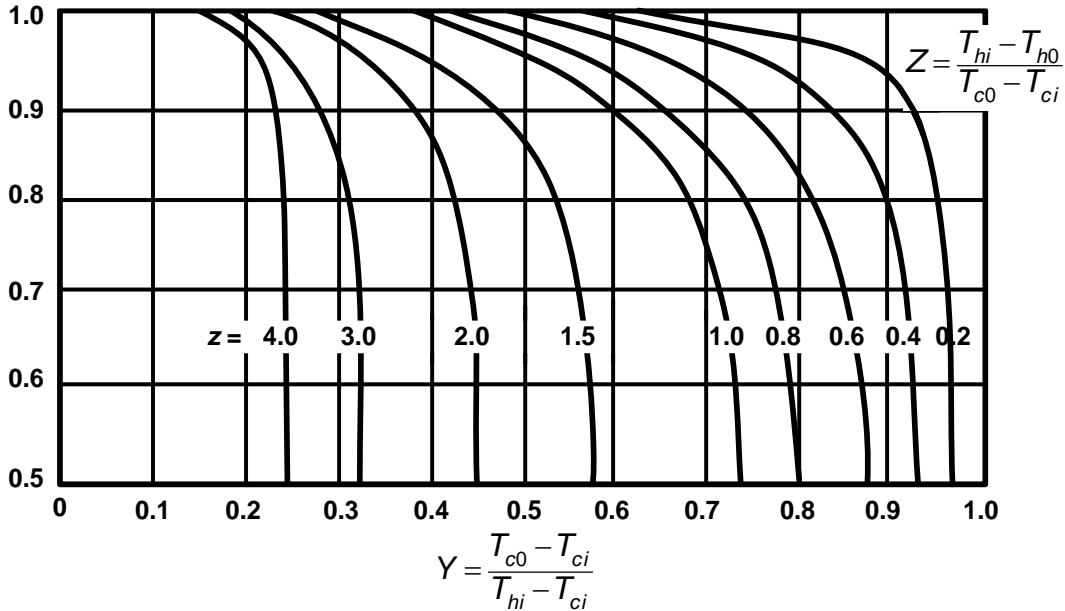
$$Y = \frac{T_{c0} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{ci}}$$

$$\Delta T_m = F_T \Delta T_{ml}$$

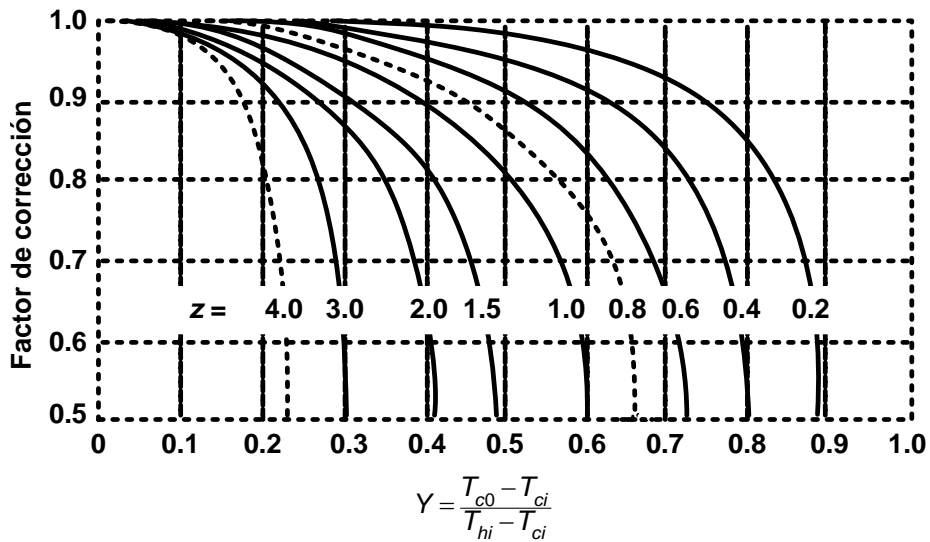
Factor de corrección F_T para la media logarítmica de las diferencias de temperaturas en intercambiadores de un paso por la coraza y dos pasos por los tubos (intercambiador 1-2)



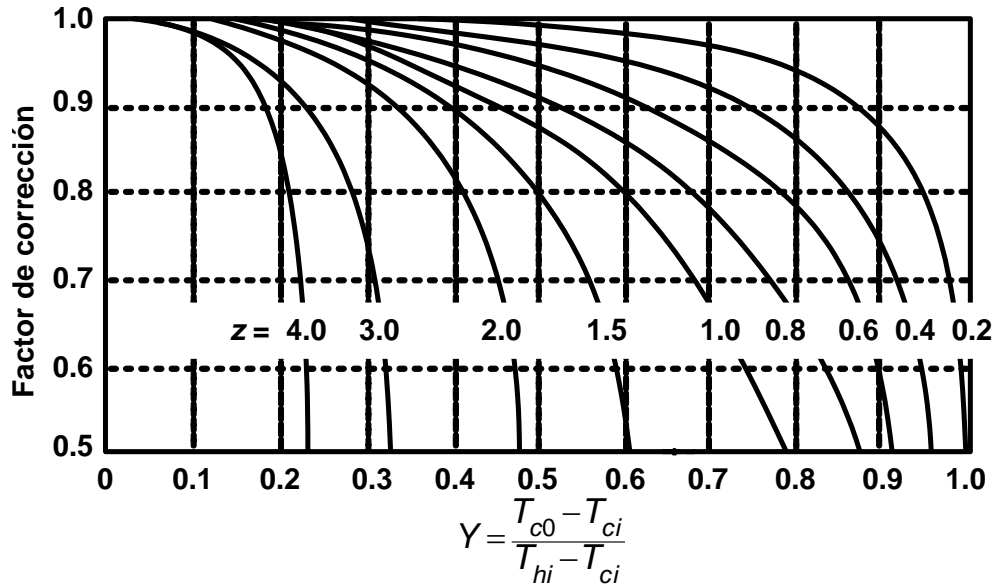
Factor de corrección F_T para la media logarítmica de las diferencias de temperaturas en intercambiadores de dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos (intercambiador 2-4)



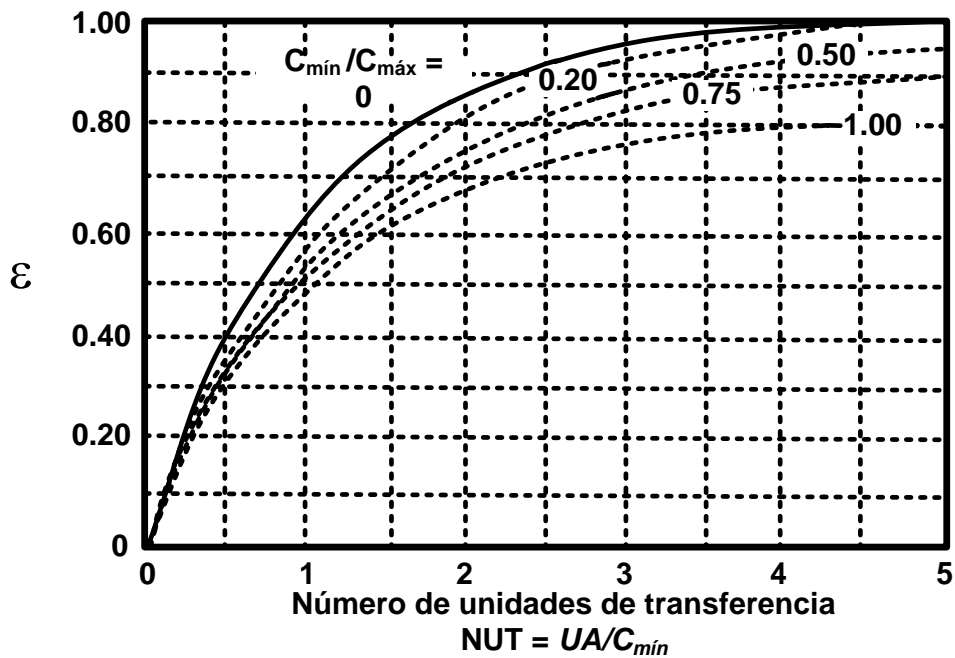
Factor de corrección F_T para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [$Z = (T_{hi} - T_{h0}) / (T_{c0} - T_{ci})$]
 Paso sencillo, fluido mezclado en la coraza, otro fluido no mezclado.



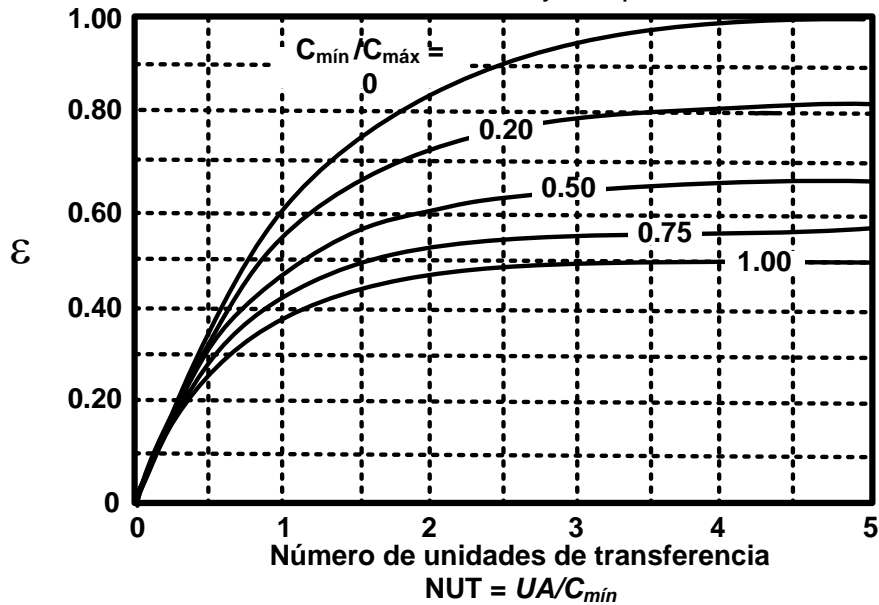
Factor de corrección FT para la media logarítmica de las diferencias de temperatura para intercambiadores de flujo transversal [$Z = (T_{hi} - T_{ho}) / (T_{co} - T_{ci})$] Paso sencillo, ambos fluidos no mezclados.



Eficiencia ϵ de un intercambiador de calor a contracorriente



Eficiencia ϵ de un intercambiador de calor de flujo en paralelo



Coefficiente de ensuciamientos típicos

	h_d (W/m ² · K)	h_d (btu/h · ft ² · °F)
Agua destilada y de mar	11350	2000
Agua municipal	5680	1000
Agua fangosa	1900-2840	350-500
Gases	2840	500
Líquidos volátiles	2840	500
Aceites vegetales y minerales	1990	350

Valores típicos de los coeficientes de transferencia de calor globales en los intercambiadores de tubo y coraza

	$\frac{U}{(W / m^2 \cdot K)}$	$\frac{U}{(Btu / h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F)}$
De agua a agua	1140-1700	200-300
De agua a solución salina	570-1140	100-200
De agua a líquidos orgánicos	570-1140	100-200
De agua a vapor de condensación	1420-2270	250-400
De agua a gasolina	340-570	60-100
De agua a gas de petróleo	140-340	25-60
De agua a aceite vegetal	110-285	20-50
De gas de petróleo a gasóleo	110-285	20-50
De vapor a agua hirviendo	1420-2270	250-400
De agua a aire (tubo con aletas)	110-230	20-40
De orgánicos ligeros a orgánicos ligeros	230-425	40-75
De orgánicos pesados a orgánicos pesados	55-230	10-40

Datos térmicos de algunos productos alimenticios

	Punto de congelación		% agua	Calor específico kJ/kg °C		Calor latente de fusión	
	°F	°C		Encima de congelación	Debajo de congelación	Btu/lb	kJ/kg
Frutas							
Manzanas	28	-2	84	3.60	1.88	120.4	280
Plátanos	28	-2	75	3.35	1.76	109.6	255
Toronjas	28	-2	89	3.81	1.93	126	293
Melocotón	28	-2	87	3.78	1.93	124	289
Piña tropical	28	-2	85	3.68	1.88	123	285
Sandías	28	-2	92	4.06	2.01	132	306
Legumbres							
Espárragos	30	-1	93	3.93	2.01	133	310
Judías verdes	30	-1	89	3.81	1.97	128	297
Col	30	-1	92	3.93	1.97	132	306
Zanahoria	30	-1	88	3.60	1.88	126	293
Maíz	30	-1	76	3.35	1.80	108	251
Guisantes	30	-1	74	3.31	1.76	106	247
Tomates	30	-1	95	3.98	2.01	133	310
Carne							
Tocino	28	-2	20	2.09	1.26	30.5	71
Vaca	28	-2	75	3.22	1.67	109.6	255
Pescado	28	-2	70	3.18	1.67	119	276
Cordero	28	-2	70	3.18	1.67	119	276
Cerdo	28	-2	60	2.85	1.59	85	197
Ternera	28	-2	63	2.97	1.67	90	209
Misceláneos							
Cerveza	28	-2	92	4.19	2.01	129	301
Pan	28	-2	32-37	2.93	1.42	47-52	109-121
Huevo	27	-3		3.2	1.67	119	276
Helado	27 a -0.4	-3 a -18	58-66	3.3	1.88	95	222
Leche	30	-1	87.5	3.9	2.05	124	289
Agua	32	0	100	4.19	2.05	144	335

Capacidades caloríficas de alimentos (valores promedio de C_p a 273-373 K o 0-100 °C)

Material	H₂O (% en peso)	C_p (kJ/kg·K)
Manzanas	75-85	3.73-4.02
Puré de manzana		4.02*
Espárragos:		
Frescos	93	3.94 [†]
Congelados	93	2.01 [‡]
Tocino magro	51	3.43
Puré de plátano		3.66 [§]
Carne de res	72	3.43
Pan blanco	44-45	2.72-2.85
Mantequilla	15	2.30 [¶]
Melón	92.7	3.94 [†]
Zanahoria	88.2	3.81-3.94
Queso suizo	55	2.68 [†]
Maíz dulce:		
Fresco		3.32 [†]
Congelado		1.77 [‡]
Crema con 45-60% de grasa	57-73	3.06-3.27
Pepino	97	4.10
Huevos:		
Frescos		3.18 [†]
Congelados		1.68 [‡]
Yema de huevo	4.00	2.81
Bacalao:		
Fresco	70	3.18
Congelado	70	1.72 [‡]
Harina	12-13.5	1.80-1.88
Hielo	100	1.958
Helado:		
Fresco	58-66	3.27 [†]
Congelado	58-66	1.88 [‡]
Cordero	70	3.18*
Macarrones	12.5-13.5	1.84-1.88
Leche de vaca:		
Entera	87.5	3.85
Descremada	91	3.98-4.02
Aceite de oliva		2.01**
Naranjas:		
Frescas	87.2	3.77 [†]
Congeladas	87.2	1.93 [‡]
Guisantes secos	14	1.84
Guisantes verdes:		

Material	H ₂ O (% en peso)	C _p (kJ/kg·K)
Frescos	74.3	3.31 [†]
Congelados	74.3	1.76 [‡]
Sopa de guisantes		4.10
Ciruelas	75-78	3.52
Cerdo:		
Fresco	60	2.85 [†]
Congelado	60	1.34 [‡]
Papas	75	3.52
Aves:		
Frescas	74	3.31 [†]
Congeladas	74	1.55 [‡]
Sardinias	57.4	3.01
Salchichas alemanas:		
Frescas	60	3.60 [†]
Congeladas	60	2.35 [†]
Alubias:		
Frescas	88.9	3.81 [†]
Congeladas	88.9	1.97 [†]
Tomates	95	3.98 [†]
Tenera	63	3.22
Agua	100	4.185 ^{**}

* 32.8 °C

† 4.4 °C.

‡ Por encima del punto de congelación.

‡ -20 °C.

§ Por debajo del punto de congelación

** 20 °C.

§ 24.4 °C

Conductividades térmicas, densidades y viscosidades de alimentos

Material	H ₂ O (%en peso)	Temperatura (K)	k (W/m·k)	P (kg/m ³)	μ [(Pa·s)10 ³ , o cP]
Jugo de manzana	87.4	293.2	0.559		
Puré de manzana		295.7	0.692		
Manzana	85.6	275.2-309.2	0.393		
Carne de res, magra	78.8	308.2	0.458		
Carne de res, con grasa			0.19		
Mantequilla	15	277.6	0.197	998	
Melón			0.571		
Huevo:					
Clara		309.2	0.577		
Yema		306.2	0.338		
Pescado:					
Fresco		273.2	0.431		
Congelado		263.2	1.22		

INGENIERIA EN ALIMENTOS FORMULARIO 2019, EXAMEN CENEVAL ACTUALIZADO
Formulario para el sustentante del
 Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI)
 Dirección de Diseño, Ingenierías y Arquitectura

Material	H ₂ O (%en peso)	Temperatura (K)	k (W/m·k)	P (kg/m ³)	μ [(Pa·s)10 ³ , o cP]
Harina de trigo	8.8		0.450		
Miel	12.6	275.4	0.50		
Hielo	100	273.2	2.25		
	100	253.2	2.42		
Cordero	71	278.8	0.415		
Leche:					
Entera		293.2		1 030	2.12
Descremada		274.7	0.538		
		298.2		1 041	1.4
Aceite:					
Hígado de bacalao		298.2		924	
Maíz		288.2		921	
Olivo		293.2	0.168	919	84
Cacahuete		277.1	0.168		
Frijol de soya		303.2		919	40
Naranjas	61.2	303.5	0.431		
Peras		281.9	0.595		
Carne de puerco magra:					
Fresca	74	275.4	0.460		
Congelada		258.2	1.109		
Papas:					
Crudas			0.554		
Congeladas		260.4	1.09	977	
Salmón:					
Fresco	67	277.1	0.50		
Congelado	67	248.2	1.30		
Solución sacarosa	80	294.3		1 073	1.92
Pavo:					
Fresco	74	276.0	0.502		
Congelado		248.2	1.675		
Ternera:					
Fresca	75	335.4	0.485		
Congelada	75	263.6	1.30		
Agua	100	293.2	0.602		
	100	273.2	0.569		

$$Q = m C_p \Delta T$$

Q = Cantidad de calor

m = Masa de producto

C_p = Calor específico

ΔT = Diferencia de temperatura

$$Q = \lambda m_v$$

Q = Cantidad de calor

λ = Calor latente

m_v = Masa de vapor

$$C_p = 4.19(Y) + 0.84(X) \text{ (J/kg}^\circ\text{C)}$$

C_p = Calor específico

Y = Fracción masa de agua

X = Fracción masa de sólidos

Eficiencia térmica

$$\varepsilon = \frac{\text{Energía teórica}}{\text{Energía real consumida}} \times 100$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

P = Potencia

Q = Cantidad de calor

t = Tiempo (s)

Transferencia de calor en estado estacionario

Conducción

Pared simple

$$Q = \frac{k}{x} A \Delta T$$

Q = Cantidad de calor

k = Conductividad térmica

x = Espesor de la pared

A = Área de transferencia de calor

ΔT = Diferencia de temperatura

Pared compuesta

$$Q = A \Delta T (\sum R)$$

Q = Cantidad de calor

$\sum R$ = Sumatoria de las resistencias de paredes

A = Área de transferencia de calor

ΔT = Diferencia de temperatura

$$\sum R = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n}}$$

k = Conductividad térmica
 x = Espesor

En tuberías

$$Q = 2\pi kL \frac{\Delta T}{\ln(r_o / r_i)}$$

Q = Cantidad de calor
 k = Conductividad térmica
 r_o = Radio externo del tubo
 r_i = Radio interno del tubo
 L = Longitud del tubo
 ΔT = Diferencia de temperatura

Convección Natural

Coefficiente global de transferencia de calor en un tubo

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{(r_o - r_i)}{k_A} \left(\frac{A_i}{A_{alm}} \right) + \frac{A_i}{A_o h_o}}$$

U = Coeficiente global de transferencia de calor
 h_i = Coeficiente de película interno
 h_o = Coeficiente de película externo
 A_i = Área interna
 A_o = Área externa
 A_{alm} = Área media logarítmica
 r_o = Radio externo
 r_i = Radio interno

Superficies planas y cilindros verticales

$$Nu = 0.53(Pr \times Gr)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

$$Nu = 0.12(Pr \times Gr)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

$$Nu = \frac{h_c D}{k}$$

$$Pr = \frac{C_p}{k} \mu$$

$$Gr = \frac{D^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2}$$

Si el fluido es aire:

Para flujo laminar

$$h_c = 1.42(\Delta T / L)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.31(\Delta T)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

 Nu = Número de Nusselt Pr = Número de Prandtl Gr = Número de Grashof h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección L = Longitud ΔT = Diferencia de temperatura D = Diámetro o Longitud en algunos casos (m) k = Conductividad térmica C_p = Calor específico μ = Viscosidad absoluta ρ = Densidad g = Aceleración

gravitacional

 β = Coeficiente de expansión térmica ($1/T_{abs}$)**Cilindros horizontales**

$$Nu = 0.54(Pr \times Gr)^{0.25} \text{ para } 10^3 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Si el fluido es aire:

Para flujo laminar

$$h_c = 1.32(\Delta T / d)^{0.25} \text{ para } 10^4 < (Pr \times Gr) < 10^9$$

Para flujo turbulento

$$h_c = 1.24(\Delta T)^{0.33} \text{ para } 10^9 < (Pr \times Gr) < 10^{12}$$

Convección Forzada**Diferencia moderada de temperaturas y flujo laminar**

$$Nu = 4$$

Flujo turbulento

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n$$

para $Re > 2100$ y $Pr > 0.5$

$$Nu = 0.027 \left(\mu / \mu_s \right)^{0.14} Re^{0.8} Pr^n$$

para $Re > 1000$

Para gases

$$Nu = 0.02 Re^{0.8}$$

Superficies planas

$$Nu = 0.036 Re^{0.8} Pr^{0.33}$$

para $Re > 2 \times 10^4$

Para aire

$$h_c = 5.7 + 3.9v; \text{ para } v < 5 \text{ m/s}$$

$$h_c = 7.4v^{0.8}; \text{ para } 5 < v < 30 \text{ m/s}$$

Exterior de tubos

$$Nu = 0.26 Re^{0.6} Pr^{0.3}$$

para $Re > 200$

$$Nu = 0.86 Re^{0.43} Pr^{0.3}$$

para $1 < Re < 200$

 Nu = Número de Nusselt Re = Número de Reynolds Pr = Número de Prandtl μ = Viscosidad del fluido μ_s = Viscosidad superficial $n = 0.3$ enfriamiento $n = 0.4$ calentamiento Nu = Número de Nusselt Re = Número de Reynolds Pr = Número de Prandtl h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección v = Velocidad del aire Nu = Número de Nusselt Re = Número de Reynolds Pr = Número de Prandtl

Radiación

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

$$\sigma = 5.73 \times 10^{-8} \frac{J}{m^2 sK^4}$$

q = velocidad de transmisión de calor

A = Área de transmisión de calor

ε = Emisividad

σ = Constante Stefan-Boltzman

T_1 = Temperatura absoluta del emisor

T_2 = Temperatura absoluta del receptor

Transferencia de calor en estado no estacionario

$$Bi = \frac{h_c d}{k}$$

Bi = Número de Biot

h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección

d = Dimensión media característica

k = Conductividad térmica del producto

Cuando $Bi < 0.2$

$$\theta = \frac{mC_p}{h_c A} \ln \left(\frac{T_0 - T_1}{T_0 - T_2} \right)$$

θ = Tiempo

m = Masa del producto

C_p = Calor específico del producto

h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección

A = Área

Y = Relación adimensional de temperaturas

T_0 = Temperatura del fluido que calienta o enfría

T_1 = Temperatura inicial del producto

T_2 = Temperatura final del producto

d = Dimensión media característica

F_o = Número de Fourier

k = Conductividad térmica del producto

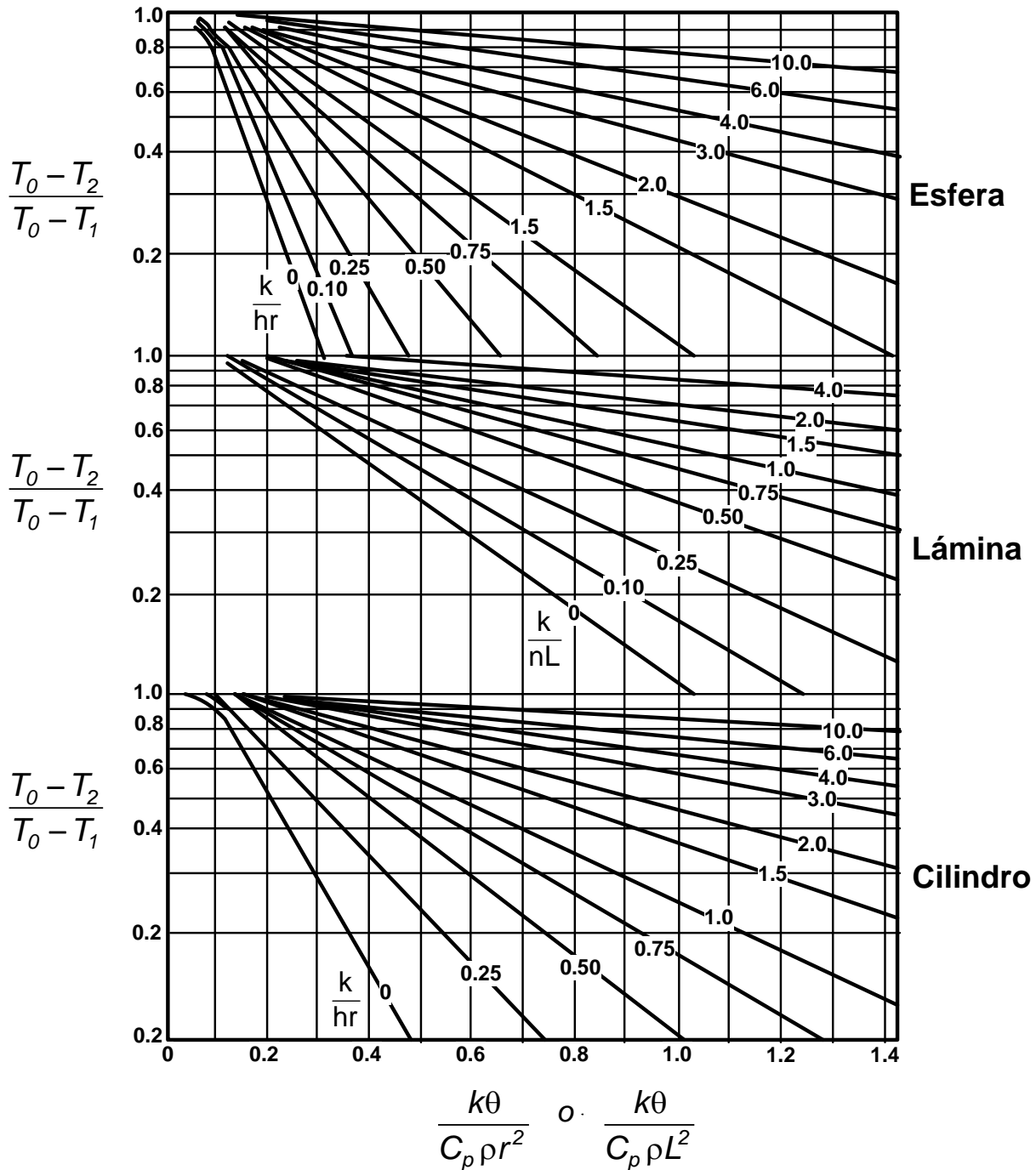
ρ = Densidad

Cuando $Bi > 0.2$

$$Y = \frac{T_0 - T_2}{T_0 - T_1}$$

$$F_o = \frac{k\theta}{C_p \rho d^2}$$

Conducción en estado no estacionario; temperatura en el centro de una esfera, una lámina y un cilindro de dimensiones infinitas.



Esterilización

$$t = 12 \frac{2.303}{k} = 12D$$

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

$$F_0 = t_1 \cdot 10^{\frac{T_1 - 121.1}{z}} + t_2 \cdot 10^{\frac{T_2 - 121.1}{z}} + \dots + t_n \cdot 10^{\frac{T_n - 121.1}{z}}$$

D = Tiempo para reducir un logaritmo base 10 la población inicial de *Clostridium botulinum*

t = Tiempo de muerte térmica

k = Velocidad de reacción

A = Factor de Arrhenius

R = Constante de los gases

T = Temperatura absoluta

E = Energía de activación

t_1, t_2, \dots, t_n = Tiempo de cada periodo de calentamiento, retención o enfriamiento.

T_1, T_2, \dots, T_n = Temperatura de cada periodo de calentamiento

F_0 = Tiempo en minutos a 121.1 °C

z = Cambio de temperatura para reducir 10 veces el valor de D

Pasteurización

$$F_{T_1}^z = D_{T_1} \log_{10} \frac{N_0}{N}$$

$$F_{T_1}^z = t \cdot 10^{(T - T_1)/z}$$

$F_{T_1}^z$ = Tiempo de proceso

T_1 = Temperatura estándar a 62.8°C

T = Temperatura del proceso real

t = Tiempo de muerte térmica

z = Cambio de temperatura para reducir 10 veces el valor de D

N_0 = Número original de organismos viables

N = Número de organismos viables en un tiempo dado

D_{T_1} = Tiempo de reducción decimal a la T_1

Enfriamiento

$$q = h_c A (T_s - T_1)$$

(alimentos cuasihomogéneos)

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\phi_i}{k_i}}$$

(las capas siguen la misma trayectoria que el flujo de calor)

$$k = \sum_{i=1}^n k_i \phi_i$$

$$q = m \lambda$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

$$\frac{1}{Bi} = \frac{k}{h_c x_1}$$

 q = velocidad de transmisión de calor A = Área T_s = Temperatura en la superficie del material que se va a enfriar T_1 = Temperatura del medio ambiente C_p = Capacidad calorífica ρ = densidad h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección x = Dimensión del material a enfriar $x_1 = x/2$ m = flujo másico λ = Constante de calor latente k_i = Conductividad térmica de cada componente k = Conductividad térmica ϕ_i = Fracción volumétrica de cada componente α = Difusividad térmica $\frac{1}{Bi}$ = Inverso del número de Biot

Congelación

$$Q = \frac{kA}{x}(T_f - T_s)$$

$$t = \frac{\lambda\rho}{T_f - T_1} \left(\frac{a}{2h_c} + \frac{a^2}{8k} \right)$$

(para otras formas geométricas)

$$t = \frac{\lambda\rho}{T_f - T_1} \left(\frac{Pa}{h_c} + \frac{Ra^2}{k} \right)$$

$$Y = \frac{T_c - T_0}{T_1 - T_0}$$

$$F_0 = \frac{\alpha_{1\Delta t}}{\Delta x^2}$$

$$m = \frac{1}{Bi} = \frac{k_1}{hx_1}$$

Q = Cantidad de calor

A = Área superficial

t = Tiempo de congelación

 ρ = Densidad del material que se está congelando λ = Calor latente T_s = Temperatura en la superficie del material que se va a congelar T_f = Temperatura de congelación T_1 = Temperatura del medio ambiente $P = \frac{1}{2}$ para una placa infinita, $\frac{1}{6}$ para una esfera, $\frac{1}{4}$ para un cilindro infinito $R = \frac{1}{8}$ para una placa infinita, $\frac{1}{24}$ para una esfera, $\frac{1}{16}$ para un cilindro infinito

a = Espesor de placa a congelar

x = Espesor de capa congelada

k = Conductividad térmica del material congelado

 h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección F_0 = Número de Fourier α = Difusividad térmica Δt = Gradiente de tiempo Δx = Gradiente de espesor

Bi = Número de Biot

TRANSFERENCIA DE MASA**Balance general de materia y energía**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada por las} \\ \text{fronteras del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Salida por las} \\ \text{fronteras del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Generación dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumulación dentro} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\}$$

Fracciones molares

$$\text{fracción molar de } A = \frac{(\text{moles de } A)}{(\text{moles totales})}$$

$$\text{fracción en masa de } A = \frac{(\text{masa de } A)}{(\text{masas totales})}$$

Tiempo de secado

Tiempo de secado por aspersión en partículas esféricas

$$t = \frac{\lambda D^2 \rho}{12 k_d \Delta T} \Delta H$$

Tiempo de secado a periodo de velocidad constante

$$t_{cte} = \frac{V_{cte}}{H_{inicial} - H_{crítica}}$$

$$v_{cte} = \frac{h_c A}{\lambda} (T_a - T_s)$$

t = Tiempo de secado

λ = Calor latente de vaporización

D = Diámetro de partícula

ρ = Densidad

k_d = Conductividad térmica del aire alrededor de la gota

ΔT = Diferencia de temperatura

ΔH = Diferencia de humedad

t_{cte} = Tiempo de secado a periodo de velocidad constante

V_{cte} = velocidad de secado

$H_{inicial}$ = Humedad inicial del producto

$H_{crítica}$ = Humedad crítica del producto

h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección

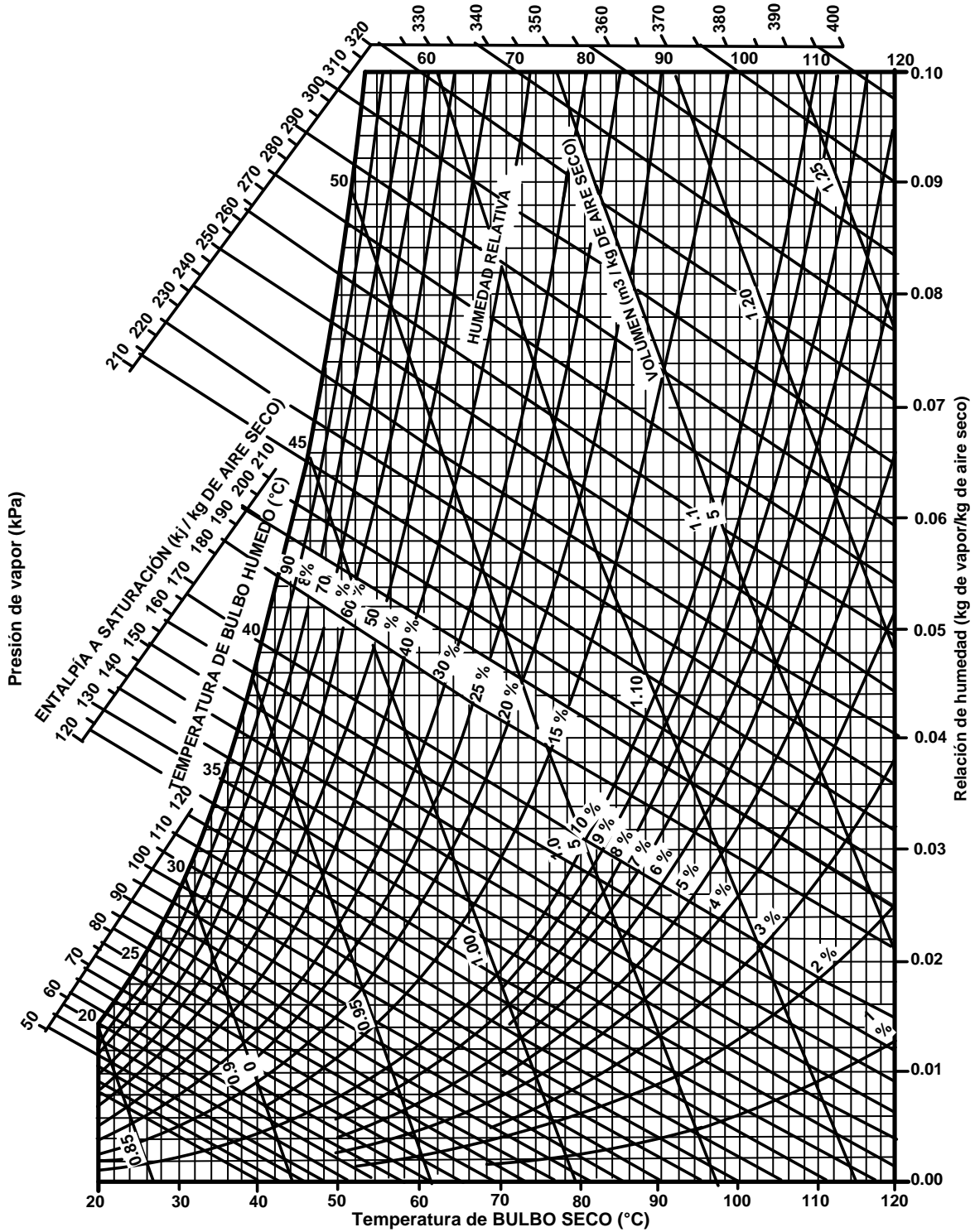
A = Área superficial

T_a = Temperatura de bulbo seco del aire

T_s = Temperatura de bulbo húmedo del aire

Gráfico Psicrométrico Altas temperaturas

Presión atmosférica 1 atm



Cinética de reacción**Orden de reacción**

Primer orden

$$kt = -\ln(1 - x_A) = -\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$$

 k = constante de velocidad t = tiempo de reacción x_A = fracción molar del compuesto A al tiempo t C_A = concentración del compuesto A al tiempo t C_{A0} = concentración inicial del compuesto A

Segundo orden

 $A + B \rightarrow \text{Productos}$

$$kt(C_{B0} - C_{A0}) = \ln \frac{1 - x_B}{1 - x_A} = \ln \frac{M - x_A}{M(1 - x_A)}$$

 C_B = concentración del compuesto B al tiempo t C_{B0} = concentración inicial del compuesto B x_B = fracción molar del compuesto B al tiempo t $M = C_{B0}/C_{A0}$

$$\ln \left(\frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} \right) = \ln \frac{C_B}{M C_A} = C_{A0} (M - 1) kt$$

 $2a \rightarrow \text{Productos}$

$$kt = \frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = \frac{1}{C_{A0}} \frac{x_A}{1 - x_A}$$

Ecuación de Arrhenius

$$k = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

 A = Factor pre-exponencial E = Energía de activación R = Constante de los gases ideales T = Temperatura k = Constante cinética de reacción una temperatura T

Lixiviación

Balance de Flujo

$$L_0 + Q_2 = L_1 + Q_1 = M$$

Balance de composición

$$L_0 y_{A0} + Q_2 x_{A2} = L_1 y_{A1} + Q_1 x_{A1} = M x_{AM}$$

$$B = N_0 L_0 + 0 = N_1 L_1 + 0 = N_M M$$

L_0 = Flujo másico de sólido a la entrada

Q_2 = Flujo másico de solvente utilizado en la extracción a la entrada

L_1 = Flujo másico de sólido a la salida

Q_1 = Flujo másico del extracto

M = Velocidad de flujo total de la mezcla

y_{A0} = Composición del soluto en la entrada

x_{A2} = Fracción del solvente a la entrada

y_{A1} = Composición del soluto en la entrada

x_{A1} = Fracción del solvente a la salida

x_{AM} = Fracción del soluto en la salida

B = Flujo del sólido inerte

N_0 = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles a la entrada

N_1 = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles a la salida

N_M = Relación de pesos de sustancias solubles e insolubles en la mezcla

Liofilización

$$q = h_c (T_e - T_s) = \frac{k}{\Delta} (T_s - T_f) = \frac{l}{\frac{l}{h_c} + \frac{\Delta L}{k}} (T_e - T_f)$$

q = Flujo específico de calor

h_c = Coeficiente externo de transferencia de calor

T_e = Temperatura externa del gas

T_s = Temperatura de la superficie del sólido seco

$$q_A = \frac{1}{\frac{1}{kg} + \frac{v_s T \Delta L}{D'}} (P_{fw} - P_{ew})$$

$$t = \left(\frac{L^2}{4kV_s} \right) \left(\frac{\Delta H_s}{M_A} \right) \left(\frac{1}{T_e - T_f} \right) \left(x_1 - x_2 - \frac{x_1^2}{2} + \frac{x_2^2}{2} \right)$$

T_f = Temperatura del plano de sublimación o capa congelada

k = Conductividad térmica del sólido seco

ΔL = Espesor de la capa seca

q_A = Flujo específico del vapor de agua

kg = Coeficiente externo de transferencia de masa

T = temperatura promedio en la capa seca

D' = Difusividad promedio efectiva en la capa seca

P_{ew} = Presión parcial de agua en la fase vapor

P_{fw} = Presión parcial del vapor de agua en equilibrio con el plano congelado de sublimación

V_s = Velocidad de secado

t = Tiempo de secado entre los límites de $t = 0$ cuando $x_1 = 1.0$, y $t = t$ cuando $x_2 = x_2$

L = Espesor de la muestra

M_A = Peso molecular del agua

V_s = Volumen del material sólido ocupado inicialmente por una unidad de kg de agua

$\Delta H_s / M_A$ = Calor de sublimación

ΔH_s = Calor latente de sublimación del hielo

x_1 = Humedad en tiempo inicial

x_2 = Humedad en tiempo final

Presión Osmótica

$$\Pi = \frac{cRT}{M} = \frac{RT \ln X_A}{V_m}$$

Π = Presión osmótica

c = Concentración molar

T = Temperatura

R = Constante universal de los gases

M = Peso molecular

V_m = Volumen molar del líquido puro

X_A = Fracción molar del líquido puro

Cristalización

$$\frac{\bar{N}_A}{A_l} = k_y (y_A - y'_A) = K_y (y'_A - y_{Ae})$$

$$= k (y_A - y_{Ae})$$

K = coeficiente total de transferencia

k_y = coeficiente normal de transferencia de masa

y_A = fracción mol de A de sobresaturación

y'_A = fracción mol de A en la superficie

y_{Ae} = fracción mol de A de saturación

\bar{N}_A = velocidad en kg mol de A/s

A_l = área de la superficie del cristal

G = velocidad de crecimiento

$D_2 - D_1$ = dimensión lineal con respecto al tiempo

$t_2 - t_1$ = tiempo

Difusividad**Ley de Fick**

$$J'_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

J'_{Az} = Flujo molar del componente A en la dirección z

D_{AB} = difusividad másica de la molécula A en B

C_A = Concentración de A

z = distancia de difusión

OPERACIONES FÍSICO MECÁNICAS**Filtración (a caída de presión constante)**

$$\frac{t}{V} = \frac{K_p V}{2} + B$$

$$B = \frac{\mu R_m}{A(\Delta P)}$$

$$K_p = \frac{\mu \alpha C_s}{A^2 (\Delta P)}$$

A = Área de filtración

V = Volumen total de filtrado

t = Tiempo

K_p = Pendiente de la recta

R_m = Resistencia del medio filtrante

μ = Viscosidad del líquido

C_s = Concentración de sólidos

α = Resistencia específica de la torta

B = Constante de filtración

ΔP = Cambio o caída de presión

Precipitación y sedimentación

$$v_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho)gD_p}{3C_D\rho}}$$

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

v_t = Velocidad de precipitación libre

g = Aceleración de la gravedad

D_p = Diámetro de partícula

ρ_p = Densidad de la partícula sólida

ρ = Densidad del líquido

C_D = coeficiente de resistencia al flujo

Re = Número de Reynolds

Centrifugación

$$\frac{F_c}{F_g} = 0.001118rN^2$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

$$V = \pi b(r_2^2 - r_1^2)$$

F_c = Fuerza centrífuga

F_g = Fuerza de gravedad

r = Radio

N = Revoluciones por minuto

ω = Velocidad angular

V = Volumen del tazón de la centrífuga

b = Altura del tazón de la centrífuga

r_2^2 = Radio 2 de la centrífuga

r_1^2 = Radio 1 de la centrífuga

$$q_c = \frac{\omega(\rho_p - \rho)D_{pc}}{18\mu \ln \left[\frac{2r_2}{r_1 + r_2} \right]} \left[\pi b(r_2^2 - r_1^2) \right]$$

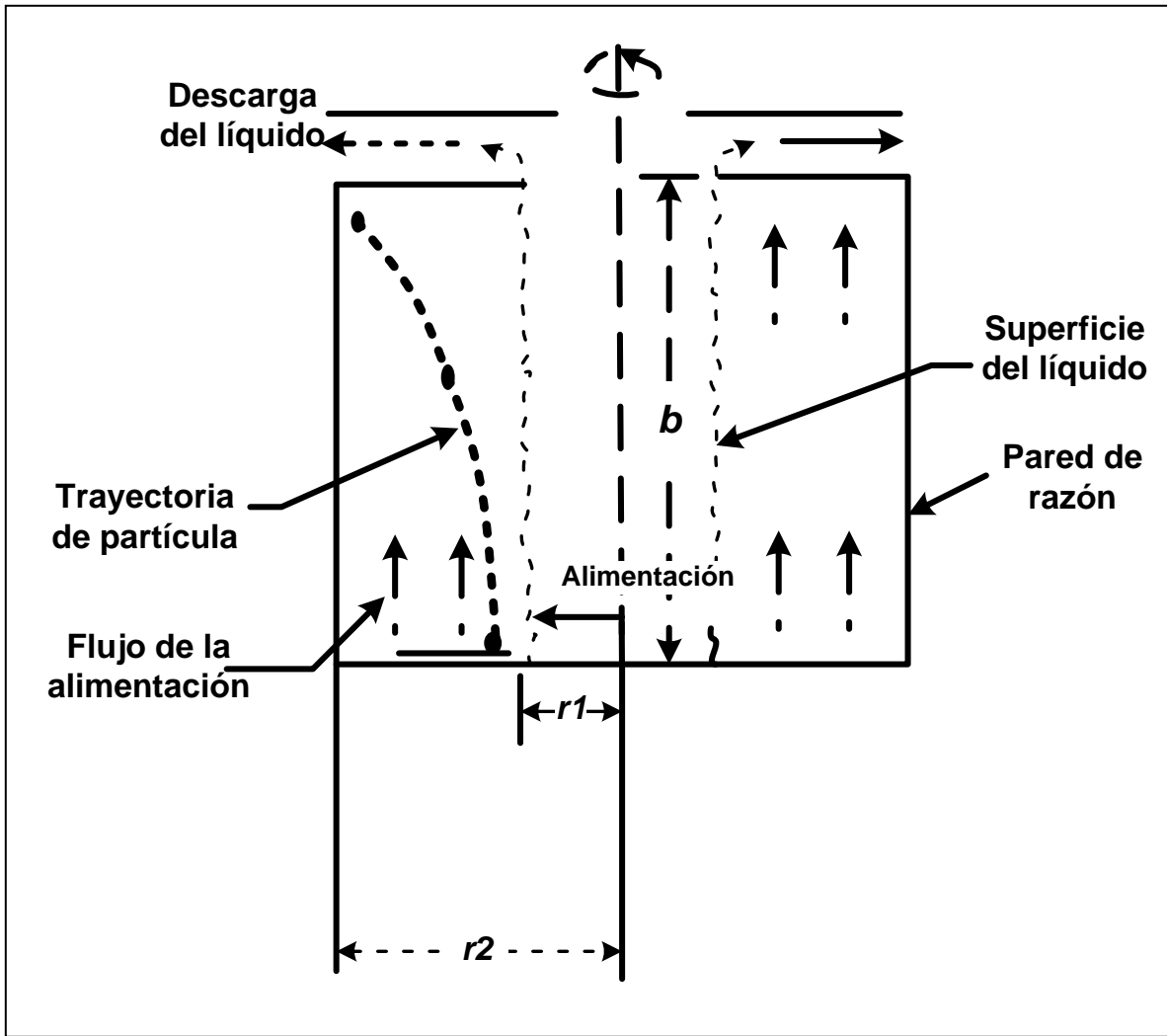
q_c = Velocidad de flujo

ρ_p = Densidad de la partícula sólida

ρ = Densidad del líquido

μ = Viscosidad del líquido

D_{pc} = Diámetro de la partícula crítico



- Representación esquemática del proceso de centrifugación

Desplazamiento lineal de las partículas en flotación y sedimentación

$$v = \frac{D_p^2 (\rho_L - \rho_p) g}{18\mu}$$

$$v = \frac{D_p^2 (\rho_p - \rho_L) g}{18\mu}$$

v = Velocidad de desplazamientos

D_p = Diámetro de la partícula

μ = Viscosidad del líquido

ρ_L = Densidad del líquido

ρ_p = Densidad de la partícula

g = Aceleración de la gravedad

Reducción de tamaño

$$i = \frac{Dp_1}{Dp_2}$$

$$\varepsilon = \frac{P}{P_m} \times 100$$

i = Grado de reducción de tamaño

P = Potencia teórica

P_m = Potencia de motor real

T = Alimentación

Dp_1 = Diámetro promedio de partículas de alimentación

Dp_2 = Diámetro promedio de partículas de producto

E_i = Índice de trabajo

E_i = Índice de trabajo

K_R = Constante de Rittinger

K_K = Constante de Kick

Ley de Rittinger

$$\frac{P}{T} = 1.46 E_i \left[\frac{1}{\sqrt{Dp_2}} - \frac{1}{\sqrt{Dp_1}} \right]$$

Ley de Bond

$$\frac{P}{T} = K_R \left[\frac{1}{Dp_2} - \frac{1}{Dp_1} \right]$$

Ley de Kick

$$\frac{P}{T} = K_K \ln \frac{Dp_1}{Dp_2}$$

CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO**Índice Cp**

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

$$C_r = \frac{6\sigma}{ES - EI}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Índice K

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} \times 100$$

Índice Z

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma}$$

$$Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma}$$

Índice de Taguchi

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Tabla para control de procesos

Límites para el control de procesos						
	Con valores específicos y σ conocidos			Sin valores específicos μ y σ desconocidos		
Tipo	LCC	LSC	LIC	LCC	LSC	LIC
\bar{X} y R Subgrupos reducidos	Para medias: μ	$\mu + A \sigma$	$\mu - A \sigma$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$
	Para rangos: $D_2 \sigma$	$D_2 \sigma$	$D_1 \sigma$	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$	$D_3 \bar{R}$
\bar{X} y S Subgrupos reducidos	Para medias: μ	$\mu + A \sigma$	$\mu - A \sigma$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$	$\bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$
	Para desv. estándar: $c_3 \sigma$	$B_6 \sigma$	$B_5 \sigma$	\bar{S}	$B_4 \bar{S}$	$B_3 \bar{S}$
\bar{X} y S Subgrupos grandes	Para medias: μ	$\mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$	$\bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$
	Para desv. estándar: σ	$\sigma + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$	$\sigma - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$	\bar{S}	$\bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{2n}}$	$\bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{\sqrt{2n}}$

LSC: Límite superior de control

LIC: Límite inferior de control

LCC: Límite central de control

Tabla de gráficos por atributos

Gráficos por atributos

Tipo	LCC	LSC	LIC
Proporción defectuosa			
1. Con una especificación dada	P'	$P' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$	$P' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$
2. Sin especificación	\bar{P}	$\bar{P} + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	$\bar{P} - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$
Número de elementos defectuosos			
3. Con una especificación dada	$n P'$	$n P' + 3\sqrt{np'(1-p')}$	$n P' - 3\sqrt{np'(1-p')}$
4. Sin especificación	$n \bar{P}$	$n \bar{P} + 3\sqrt{np(1-p)}$	$n \bar{P} - 3\sqrt{np(1-p)}$
Número de defectos			
5. Con una especificación dada	C'	$C' + 3\sqrt{C'}$	$C' - 3\sqrt{C'}$
6. Sin especificación	\bar{C}	$\bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$	$\bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$
Número de defectos por unidad			
7. Con una especificación dada	$\frac{C'}{n}$	$\frac{C'}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{C'}$	$\frac{C'}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{C'}$
8. Sin especificación	$\frac{\bar{C}}{n}$	$\frac{\bar{C}}{n} + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\bar{C}}$	$\frac{\bar{C}}{n} - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\bar{C}}$
Gráfico de deméritos			
	\bar{D}	$\bar{D} + 3\sqrt{W_1^2\bar{C}_1 + W_2^2\bar{C}_2 + \dots + W_k^2\bar{C}_k}$	$\bar{D} - 3\sqrt{W_1^2\bar{C}_1 + W_2^2\bar{C}_2 + \dots + W_k^2\bar{C}_k}$

Tabla de muestreo sencillo por límite del promedio de calidad final (LPCF) 2.0%

TABLA DE MUESTREO SENCILLO POR LÍMITE DEL PROMEDIO DE CALIDAD FINAL (LPCF) = 2.0%																		
Tamaño de lote	Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso		
	0 a 0.04%			0.05 a 0.40%			0.41 a 0.80%			0.81 a 1.20%			1.21 a 1.60%			1.61 a 2.00%		
	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %	n	c	P _t %
1-15	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...
16-50	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6
51-100	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4
101-200	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	35	1	10.5	35	1	10.5
201-300	17	0	12.3	17	0	12.3	17	0	12.3	37	1	10.2	37	1	10.2	37	1	10.2
301-400	18	0	11.8	18	0	11.8	38	1	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	60	2	8.5
401-500	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
501-600	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
601-800	18	0	11.9	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.0	65	2	8.0	85	3	7.5
801-1000	18	0	12.0	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.1	65	2	8.1	90	3	7.4
1001-2000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5
2001-3000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5	180	6	5.8
3001-4000	18	0	12.0	42	1	9.3	65	2	8.2	95	3	7.0	155	5	6.0	210	7	5.5
4001-5000	18	0	12.0	42	1	9.3	70	2	7.5	125	4	6.4	155	5	6.0	245	8	5.3
5001-7000	18	0	12.0	42	1	9.3	95	3	7.0	125	4	6.4	185	6	5.6	280	9	5.1
7001-10 000	42	1	9.3	70	2	7.5	95	3	7.0	155	5	6.0	220	7	5.4	350	11	4.8
10 001-20 000	42	1	9.3	70	2	7.6	95	3	7.0	190	6	5.6	290	9	4.9	460	14	4.4
20 001-50 000	42	1	9.3	70	2	7.6	125	4	6.4	220	7	5.4	395	12	4.5	720	21	3.9
50 001-100 000	42	1	9.3	95	3	7.0	160	5	5.9	290	9	4.9	505	15	4.2	955	27	3.7

Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 2.5%

Tamaño de lote	Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso					
	0 a 0.05%			0.06 a 0.50%			0.51 a 1.00%			1.01 a 1.50%			1.51 a 2.00%			2.01 a 2.50%		
	n	c	P _r %	n	c	P _r %	n	c	P _r %	n	c	P _r %	n	c	P _r %	n	c	P _r %
1-10	Todas		...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...
11-50	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6
51-100	13	0	15.3	13	0	15.6	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3
101-200	14	0	14.7	14	0	14.7	14	0	14.7	29	1	12.9	29	1	12.9	29	1	12.9
201-300	14	0	14.9	14	0	14.9	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7
301-400	14	0	15.0	14	0	15.0	31	1	12.3	31	1	12.3	31	1	12.3	48	2	10.7
401-500	14	0	15.0	14	0	15.0	32	1	12.0	32	1	12.0	49	2	10.6	49	2	10.6
501-600	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.4	50	2	10.4	70	3	9.3
601-800	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.5	50	2	10.5	70	3	9.4
801-1000	15	0	14.2	33	1	11.7	33	1	11.7	50	2	10.6	70	3	9.4	90	4	8.5
1001-2000	15	0	14.2	33	1	11.7	55	2	9.3	75	3	8.8	95	4	8.0	120	5	7.6
2001-3000	15	0	14.2	33	1	11.8	55	2	9.4	75	3	8.8	120	5	7.6	145	6	7.2
3001-4000	15	0	14.3	33	1	11.8	55	2	9.5	100	4	7.9	125	5	7.4	195	8	6.6
4001-5000	15	0	14.3	33	1	11.8	75	3	8.9	100	4	7.9	150	6	7.0	225	9	6.3
5001-7000	33	1	11.8	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	175	7	6.7	250	10	6.1
7001-10 000	34	1	11.4	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	200	8	6.4	310	12	5.8
10 001-20 000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	150	6	7.0	260	10	6.0	425	16	5.3
20 001-50 000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	180	7	6.7	345	13	5.5	640	23	4.8
50 001-100 000	34	1	11.4	80	3	8.4	125	5	7.4	235	9	6.1	435	16	5.2	800	28	4.5

n = tamaño de muestra; c = número de aceptación.

Todos = indica que todas las piezas del lote se deben de inspeccionar.

P_r= porcentaje de defectuosos tolerable en el lote con un riesgo del consumidor (P_c) de 0.10

Tabla de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%

Tamaño de lote	Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso			Promedio del proceso		
	0 a 0.05%			0.06 a 0.50%			0.51 a 1.00%			1.01 a 1.50%			1.51 a 2.00%			2.01 a 2.50%		
	n	c	Pr%	n	c	Pr%	n	c	Pr%	n	c	P.%	n	c	P.%	n	c	P.%
1-10	Todas		...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...	Todas	0	...
11-50	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6	11	0	17.6
51-100	13	0	15.3	13	0	15.6	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3
101-200	14	0	14.7	14	0	14.7	14	0	14.7	29	1	12.9	29	1	12.9	29	1	12.9
201-300	14	0	14.9	14	0	14.9	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7
301-400	14	0	15.0	14	0	15.0	31	1	12.3	31	1	12.3	31	1	12.3	48	2	10.7
401-500	14	0	15.0	14	0	15.0	32	1	12.0	32	1	12.0	49	2	10.6	49	2	10.6
501-600	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.4	50	2	10.4	70	3	9.3
601-800	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.5	50	2	10.5	70	3	9.4
801-1000	15	0	14.2	33	1	11.7	33	1	11.7	50	2	10.6	70	3	9.4	90	4	8.5
1001-2000	15	0	14.2	33	1	11.7	55	2	9.3	75	3	8.8	95	4	8.0	120	5	7.6
2001-3000	15	0	14.2	33	1	11.8	55	2	9.4	75	3	8.8	120	5	7.6	145	6	7.2
3001-4000	15	0	14.3	33	1	11.8	55	2	9.5	100	4	7.9	125	5	7.4	195	8	6.6
4001-5000	15	0	14.3	33	1	11.8	75	3	8.9	100	4	7.9	150	6	7.0	225	9	6.3
5001-7000	33	1	11.8	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	175	7	6.7	250	10	6.1
7001-10 000	34	1	11.4	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	200	8	6.4	310	12	5.8
10 001- 20 000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	150	6	7.0	260	10	6.0	425	16	5.3
20 001-50 000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	180	7	6.7	345	13	5.5	640	23	4.8
50 001-100 000	34	1	11.4	80	3	8.4	125	5	7.4	235	9	6.1	435	16	5.2	800	28	4.5

n = tamaño de muestra; c = número de aceptación.

Todos = indica que todas las piezas del lote se deben de inspeccionar.

Pr= porcentaje de defectuosos tolerable en el lote con un riesgo del consumidor (P_c) de 0.10

Tabla de cálculo de los límites de control para las cartas \bar{X} y S con tamaño de muestra variable

Muestra	n	\bar{x}	S	A ₃	Carta \bar{x}		B ₃	B ₄	Carta S	
					LCL	UCL			LCL	UCL
1	5	74.010	0.0148	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
2	3	73.996	0.0046	1.954	73.982	74.020	0	2.568	0	0.025
3	5	74.008	0.0147	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
4	5	74.003	0.0091	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
5	5	74.003	0.0122	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
6	4	73.996	0.0099	1.628	73.985	74.017	0	2.266	0	0.022
7	4	73.999	0.0055	1.628	73.985	74.017	0	2.266	0	0.022
8	5	73.997	0.0123	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
9	4	74.004	0.0064	1.628	73.985	74.017	0	2.266	0	0.022
10	5	73.998	0.0063	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
11	5	73.994	0.0029	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
12	5	74.001	0.0042	0.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
13	3	73.994	0.0100	0.954	73.982	74.020	0	2.568	0	0.025
14	5	73.990	0.0153	0.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
15	s	74.008	0.0087	1.954	73.982	74.020	0	2.568	0	0.025
16	5	73.997	0.0078	1.427	73.987	74.105	0	2.089	0	0.020
17	4	73.999	0.0115	0.628	73.985	74.017	0	2.226	0	0.022
18	5	74.007	0.0070	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
19	5	73.998	0.0085	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
20	3	74.008	0.0068	0.954	73.982	74.020	0	2.568	0	0.025
21	5	74.000	0.0122	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
22	5	74.002	0.0074	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
23	3	74.002	0.0119	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
24	5	74.005	0.0087	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020
25	5	73.998	0.0162	1.427	73.987	74.015	0	2.089	0	0.020

Tabla de la carta de control de la fracción disconforme con tamaño de la muestra variable

Número de muestra i	Tamaño de la muestra n_i	Número de unidades disconformes D_i	Fracción disconforme muestra $\hat{p} = D_i/n_i$	Desviación estándar	Límites de control	
				$\hat{\sigma}_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{(0.096)(0.904)}{n_i}}$	LCL	UCL
1	100	12	0.120	0.029	0.009	0.183
2	80	8	0.100	0.033	0.000	0.195
3	80	6	0.075	0.033	0.000	0.195
4	100	9	0.090	0.029	0.009	0.183
5	110	10	0.091	0.028	0.012	0.180
6	110	12	0.109	0.028	0.012	0.180
7	100	11	0.110	0.029	0.009	0.183
8	100	16	0.160	0.029	0.009	0.183
9	90	10	0.110	0.031	0.003	0.189
10	90	6	0.067	0.031	0.003	0.189
11	110	20	0.182	0.028	0.012	0.180
12	120	15	0.125	0.027	0.015	0.177
13	120	9	0.075	0.027	0.015	0.177
14	120	8	0.067	0.027	0.015	0.177
15	110	6	0.055	0.028	0.012	0.180
16	80	8	0.100	0.033	0.000	0.195
17	80	10	0.125	0.033	0.000	0.195
18	80	7	0.088	0.033	0.000	0.195
19	90	5	0.056	0.031	0.003	0.189
20	100	8	0.080	0.029	0.009	0.183
21	100	5	0.050	0.029	0.009	0.183
22	100	8	0.080	0.029	0.009	0.183
23	100	10	0.100	0.029	0.009	0.183
24	90	6	0.067	0.031	0.003	0.189
25	90	9	0.100	0.031	0.003	0.189
	2450	234	0.096			

Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MIL, STD 105E)

Tamaño del lote o carga	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	O
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	B	G	H	K	L
3201 a 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 a 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 00 1 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla para la inspección normal - muestreo único (MIL, STD 105E)

Letra del código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles de calidad aceptables (inspección normal)																											
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31			
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45			
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45				
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑			
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
R	2 000	↑	↑	1 2	2 3	1 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	





-  = Usar el primer plan debajo de la flecha
-  = Usar el primer plan arriba de la flecha
- AC = Número de aceptación
- Re = Número de rechazo

Tabla para la inspección reducida - muestreo único (MIL, STD 105E), tabla II-C

Letra del código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles de calidad aceptables (inspección reducida)																															
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		100		150		250		400		650		1 000	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 3	2 4	3 5	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	800	↑	↑	0 2	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

-  = Usar el primer plan debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual, o excede el tamaño de lote o de la carga, hacer una inspección al 100%
-  = Usar el primer plan arriba de la flecha
- AC = Número de aceptación
- Re = Número de rechazo

Curvas OC de la letra de código para el tamaño de la muestra K, (MIL, STD 105E)

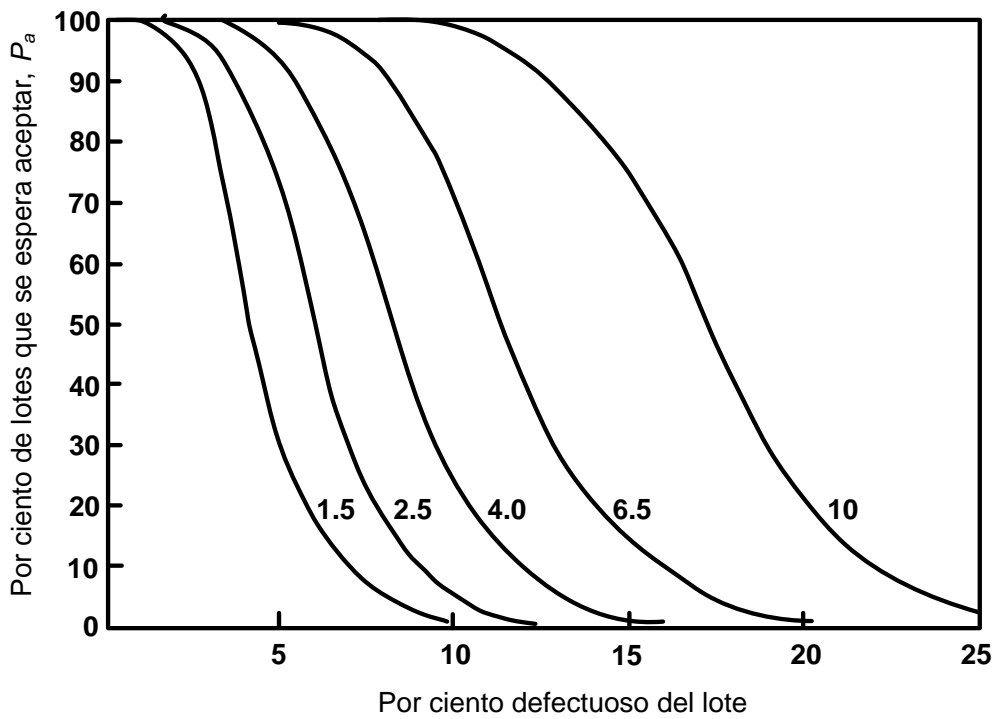
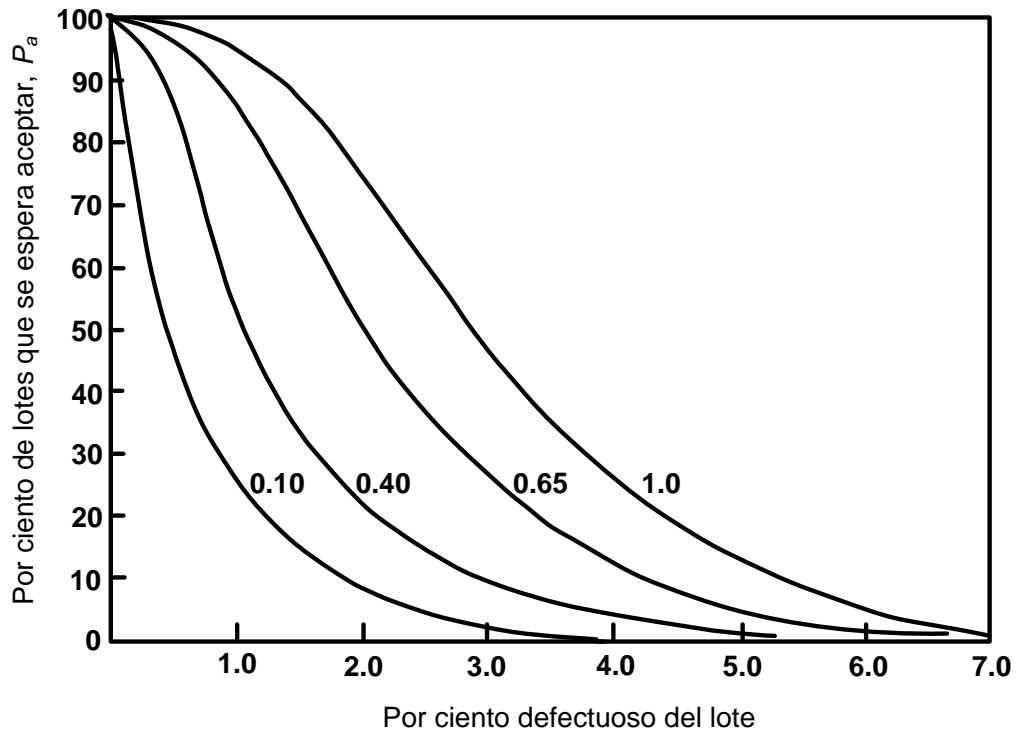


Tabla de inspección de Dodge-Romig – planes de muestreo único para AOQL = 3.0%

Promedio del proceso

Tamaño del lote	0 — 0.06%			0.07 — 0.60%			0.61 — 1.20%			01.21— 1.80%			1.81 — 2.40%			2.41 — 3.00%		
	LTPD			LTPD			LTPD			LTPD			LTPD			LTPD		
	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%	n	c	%
1-10	Todos	0	—	Todos	0	—	Todos	0	—	Todos	0	—	Todos	0	—	Todos	0	—
11-50	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0
51-100	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	22	1	16.4
101-200	12	0	17.0	12	0	17.0	12	0	17.0	25	1	15.1	25	1	15.1	25	1	15.1
201-300	12	0	17.0	12	0	17.0	26	1	14.6	26	1	14.6	26	1	14.6	40	2	12.8
301-400	12	0	17.1	12	0	17.1	26	1	14.7	26	1	14.7	41	2	12.7	41	2	12.7
401-500	12	0	17.2	27	1	14.1	27	1	14.1	42	2	12.4	42	2	12.4	42	2	12.4
501-600	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	42	2	12.4	42	2	12.4	60	3	10.8
601-800	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	43	2	12.1	60	3	10.9	60	3	10.9
801-1000	12	0	17.4	27	1	14.2	44	2	11.8	44	2	11.8	60	3	11.0	80	4	9.8
1001-2000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	80	4	9.8	100	5	9.1
2001-3000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	100	5	9.1	140	7	8.2
3001-4000	12	0	17.5	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	165	8	7.8
4001-5000	28	1	13.8	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	5.5	125	6	8.4	210	10	7.4
5001-7000	28	1	13.8	45	2	11.8	65	3	10.3	105	5	8.8	145	7	8.1	235	11	7.1
7001-10000	28	1	13.9	46	2	11.6	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	280	13	6.8
10001-20000	28	1	13.9	46	2	11.7	85	4	9.5	125	6	8.4	215	10	7.2	380	17	6.2
20001-50000	28	1	13.9	65	2	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	310	14	6.5	560	24	5.7
50 001-100 000	28	1	13.9	65	2	10.3	125	6	8.4	215	10	7.2	385	17	6.2	690	29	5.4

Tabla de inspección de Dodge-Romig de muestreo único para una tolerancia del porcentaje defectuoso en un lote (LTPD) = 1.0%

		Promedio del proceso																	
		0 — 0.01%		0.011 — 0.10%		0.11 — 0.20%		0.21 — .30%		0.31 — 0.40%		0.41 — 0.50%							
tamaño del lote		AOQL		AOQL		AOQL		AOQL		AOQL		AOQL		AOQL		AOQL			
1-120	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	Todos	0	0	
121-150	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	
151-200	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	
201-300	165	0	0.1	165	0	0.1	165	0	0.1	165	0	0.1	165	0	0.1	165	0	0.10	
301-400	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	
401-500	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	
501-600	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	305	1	0.14	
601-800	200	0	0.14	200	0	0.14	200	0	0.14	330	1	0.15	330	1	0.15	330	1	0.15	
801-1000	205	0	0.14	205	0	0.14	205	0	0.14	335	1	0.17	335	1	0.17	335	1	0.17	
1001-2000	220	0	0.15	220	0	0.15	360	1	0.19	490	2	0.21	490	2	0.21	610	3	0.22	
2001-3000	220	0	0.15	375	1	0.2	505	2	0.23	630	3	0.24	745	4	0.26	870	5	0.26	
3001-4000	225	0	0.15	380	1	0.2	510	2	0.23	645	3	0.25	880	5	0.28	1000	6	0.29	
4001-5000	225	0	0.16	380	1	0.2	520	2	0.24	770	4	0.28	895	5	0.29	1120	7	0.31	
5001-7000	230	0	0.16	385	1	0.21	655	3	0.27	780	4	0.29	1020	6	0.32	1260	8	0.34	
7001-10000	230	0	0.16	520	2	0.25	660	3	0.28	910	5	0.32	1 150	7	0.34	1500	10	0.37	
10001-20000	390	1	0.21	525	2	0.26	785	4	0.31	1 040	6	0.35	1 400	9	0.39	1980	14	0.43	
20001-50000	390	1	0.21	530	2	0.26	920	5	0.34	1 300	g	0.39	1 890	13	0.44	2570	19	0.48	
50001-100000	390	1	0.21	670	3	0.29	1 040	6	0.36	1 420	9	0.41	2 120	15	0.47	3150	23	0.50	

Tabla de los factores para construir cartas de control para variables

Observaciones en la muestra	Carta de promedios			Carta para desviaciones estándar						Carta para rangos						
	Factores para los límites de control			Factores para la línea central			Factores para los límites de control			Factores para la línea central			Factores para los límites de control			
	A	A2	A3	C4	1/C4	B3	B4	B5	B6	d2	1/d2	d3	D1	D2	D3	D4
n																
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.8865	0.853	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.5907	0.888	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.4857	0.880	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.4299	0.864	0.000	4.918	0.000	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0.000	5.078	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.213	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.628
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

para n>25

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_4 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

**Tabla de valores de la función de distribución de U $P(U < U_0)$; U_0 es el argumento;
 $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$.**

$n_2 = 3$			
U_0	n_1		
	1	2	3
0	0.25	0.10	0.05
1	0.50	0.20	0.10
2		0.40	0.20
3		0.60	0.35
4			0.50

$n_2 = 4$				
U_0	n_1			
	1	2	3	4
0	0.2000	0.0667	0.0286	0.0143
1	0.4000	0.1333	0.0571	0.0286
2	0.6000	0.2667	0.1143	0.0571
3		0.4000	0.2000	0.1000
4		0.6000	0.3143	0.1714
5			0.4286	0.2429
6			0.5714	0.3429
7				0.4429
8				0.5571

$n_2 = 5$					
U_0	n_1				
	1	2	3	4	5
0	0.1667	0.0476	0.0179	0.0079	0.0040
1	0.3333	0.0952	0.0357	0.0159	0.0079
2	0.5000	0.1905	0.0714	0.0317	0.0159
3		0.2857	0.1250	0.0556	0.0278
4		0.4286	0.1964	0.0952	0.0476
5		0.5714	0.2857	0.1429	0.0754
6			0.3929	0.2063	0.1111
7			0.5000	0.2778	0.1548
8				0.3651	0.2103
9				0.4524	0.2738
10				0.5476	0.3452
11					0.4206
12					0.5000

Tabla de valores de la función de distribución de U $P(U < U_0)$; U_0 es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$. Continuación 1

$n_2 = 6$						
U_0	n_1					
	1	2	3	4	5	6
0	0.1429	0.0357	0.0119	0.0048	0.0022	0.0011
1	0.2857	0.0714	0.0238	0.0095	0.0043	0.0022
2	0.4286	0.1429	0.0476	0.0190	0.0087	0.0043
3	0.5714	0.2143	0.0833	0.0333	0.0152	0.0076
4		0.3214	0.1310	0.0571	0.0260	0.0130
5		0.4286	0.1905	0.0857	0.0411	0.0206
6		0.5714	0.2738	0.1286	0.0628	0.0325
7			0.3571	0.1762	0.0887	0.0465
8			0.4524	0.2381	0.1234	0.0660
9			0.5476	0.3048	0.1645	0.0898
10				0.3810	0.2143	0.1201
11				0.4571	0.2684	0.1548
12				0.5429	0.3312	0.1970
13					0.3961	0.2424
14					0.4654	0.2944
15					0.5346	0.3496
16						0.4091
17						0.4686
18						0.5314

Tabla de valores de la función de distribución de U P ($U < U_0$); U_0 es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$. Continuación 2

$n_2 = 7$							
U_0	n_1						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0.1250	0.0278	0.0083	0.0030	0.0013	0.0006	0.0003
1	0.2500	0.0556	0.0167	0.0061	0.0025	0.0012	0.0006
2	0.3750	0.1111	0.0333	0.0121	0.0051	0.0023	0.0012
3	0.5000	0.1667	0.0583	0.0212	0.0088	0.0041	0.0020
4		0.2500	0.0917	0.0364	0.0152	0.0070	0.0035
5		0.3333	0.1333	0.0545	0.0240	0.0111	0.0055
6		0.4444	0.1917	0.0818	0.0366	0.0175	0.0087
7		0.5556	0.2583	0.1152	0.0530	0.0256	0.0131
8			0.3333	0.1576	0.0745	0.0367	0.0189
9			0.4167	0.2061	0.1010	0.0507	0.0265
10			0.5000	0.2636	0.1338	0.0688	0.0364
11				0.3242	0.1717	0.0903	0.0487
12				0.3939	0.2159	0.1171	0.0641
13				0.4636	0.2652	0.1474	0.0825
14				0.5364	0.3194	0.1830	0.1043
15					0.3775	0.2226	0.1297
16					0.4381	0.2669	0.1588
17					0.5000	0.3141	0.1914
18						0.3654	0.2279
19						0.4178	0.2675
20						0.4726	0.3100
21						0.5274	0.3552
22							0.4024
23							0.4508
24							0.5000

Tabla de valores de la función de distribución de U $P(U < U_0)$; U_0 es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$. Continuación 3 $n_2 = 8$

U_0	n_1							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0.1111	0.0222	0.0061	0.0020	0.0008	0.0003	0.0002	0.0001
1	0.2222	0.0444	0.0121	0.0040	0.0016	0.0007	0.0003	0.0002
2	0.3333	0.0889	0.0242	0.0081	0.0031	0.0013	0.0006	0.0003
3	0.4444	0.1333	0.0424	0.0141	0.0054	0.0023	0.0011	0.0005
4	0.5556	0.2000	0.0667	0.0242	0.0093	0.0040	0.0019	0.0009
5		0.2667	0.0970	0.0364	0.0148	0.0063	0.0030	0.0015
6		0.3556	0.1394	0.0545	0.0225	0.0100	0.0047	0.0023
7		0.4444	0.1879	0.0768	0.0326	0.0147	0.0070	0.0035
8		0.5556	0.2485	0.1071	0.0466	0.0213	0.0103	0.0052
9			0.3152	0.1414	0.0637	0.0296	0.0145	0.0074
10			0.3879	0.1838	0.0855	0.0406	0.0200	0.0103
11			0.4606	0.2303	0.1111	0.0539	0.0270	0.0141
12			0.5394	0.2848	0.1422	0.0709	0.0361	0.0190
13				0.3414	0.1772	0.0906	0.0469	0.0249
14				0.4040	0.2176	0.1142	0.0603	0.0325
15				0.4667	0.2618	0.1412	0.0760	0.0415
16				0.5333	0.3108	0.1725	0.0946	0.0524
17					0.3621	0.2068	0.1159	0.0652
18					0.4165	0.2454	0.1405	0.0803
19					0.4716	0.2864	0.1678	0.0974
20					0.5284	0.3310	0.1984	0.1172
21						0.3773	0.2317	0.1393
22						0.4259	0.2679	0.1641
23						0.4749	0.3063	0.1911
24						0.5251	0.3472	0.2209
25							0.3894	0.2527
26							0.4333	0.2869
27							0.4775	0.3227
28							0.5225	0.3605
29								0.3992
30								0.4392
31								0.4796
32								0.5204

Tabla de valores de la función de distribución de $U P(U < U_0)$; U_0 es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$. Continuación 4

U_0	n_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.1000	0.0182	0.0045	0.0014	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
1	0.2000	0.0364	0.0091	0.0028	0.0010	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000
2	0.3000	0.0727	0.0182	0.0056	0.0020	0.0008	0.0003	0.0002	0.0001
3	0.4000	0.1091	0.0318	0.0098	0.0035	0.0014	0.0006	0.0003	0.0001
4	0.5000	0.1636	0.0500	0.0168	0.0060	0.0024	0.0010	0.0005	0.0002
5		0.2182	0.0727	0.0252	0.0095	0.0038	0.0017	0.0008	0.0004
6		0.2909	0.1045	0.0378	0.0145	0.0060	0.0026	0.0012	0.0006
7		0.3636	0.1409	0.0531	0.0210	0.0088	0.0039	0.0019	0.0009
8		0.4545	0.1864	0.0741	0.0300	0.0128	0.0058	0.0028	0.0014
9		0.5455	0.2409	0.0993	0.0415	0.0180	0.0082	0.0039	0.0020
10			0.3000	0.1301	0.0559	0.0248	0.0115	0.0056	0.0028
11			0.3636	0.1650	0.0734	0.0332	0.0156	0.0076	0.0039
12			0.4318	0.2070	0.0949	0.0440	0.0209	0.0103	0.0053
13			0.5000	0.2517	0.1199	0.0567	0.0274	0.0137	0.0071
14				0.3021	0.1489	0.0723	0.0356	0.0180	0.0094
15				0.3552	0.1818	0.0905	0.0454	0.0232	0.0122
16				0.4126	0.2188	0.1119	0.0571	0.0296	0.0157
17				0.4699	0.2592	0.1361	0.0708	0.0372	0.0200
18				0.5301	0.3032	0.1638	0.0869	0.0464	0.0252
19					0.3497	0.1942	0.1052	0.0570	0.0313
20					0.3986	0.2280	0.1261	0.0694	0.0385
21					0.4491	0.2643	0.1496	0.0836	0.0470
22					0.5000	0.3035	0.1755	0.0998	0.0567
23						0.3445	0.2039	0.1179	0.0680
24						0.3878	0.2349	0.1383	0.0807
25						0.4320	0.2680	0.1606	0.0951
26						0.4773	0.3032	0.1852	0.1112
27						0.5227	0.3403	0.2117	0.1290
28							0.3788	0.2404	0.1487
29							0.4185	0.2707	0.1701
30							0.4591	0.3029	0.1933
31							0.5000	0.3365	0.2181
32								0.3715	0.2447
33								0.4074	0.2729
34								0.4442	0.3024
35								0.4813	0.3332
36								0.5187	0.3652
37									0.3981
38									0.4317
39									0.4657
40									0.5000

Tabla de valores de la función de distribución de U P ($U < U_0$); U_0 es el argumento; $n_1 < n_2$; $3 < n_2 < 10$. Continuación 5 $n_2 = 10$

U_0	n_1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.0909	0.0152	0.0035	0.0010	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.1818	0.0303	0.0070	0.0020	0.0007	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.2727	0.0606	0.0140	0.0040	0.0013	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
3	0.3636	0.0909	0.0245	0.0070	0.0023	0.0009	0.0004	0.0002	0.0001	0.0000
4	0.4545	0.1364	0.0385	0.0120	0.0040	0.0015	0.0006	0.0003	0.0001	0.0001
5	0.5455	0.1818	0.0559	0.0180	0.0063	0.0024	0.0010	0.0004	0.0002	0.0001
6		0.2424	0.0804	0.0270	0.0097	0.0037	0.0015	0.0007	0.0003	0.0002
7		0.3030	0.1084	0.0380	0.0140	0.0055	0.0023	0.0010	0.0005	0.0002
8		0.3788	0.1434	0.0529	0.0200	0.0080	0.0034	0.0015	0.0007	0.0004
9		0.4545	0.1853	0.0709	0.0276	0.0112	0.0048	0.0022	0.0011	0.0005
10		0.5455	0.2343	0.0939	0.0376	0.0156	0.0068	0.0031	0.0015	0.0008
11			0.2867	0.1199	0.0496	0.0210	0.0093	0.0043	0.0021	0.0010
12			0.3462	0.1518	0.0646	0.0280	0.0125	0.0058	0.0028	0.0014
13			0.4056	0.1868	0.0823	0.0363	0.0165	0.0078	0.0038	0.0019
14			0.4685	0.2268	0.1032	0.0467	0.0215	0.0103	0.0051	0.0026
15			0.5315	0.2697	0.1272	0.0589	0.0277	0.0133	0.0066	0.0034
16				0.3177	0.1548	0.0736	0.0351	0.0171	0.0086	0.0045
17				0.3666	0.1855	0.0903	0.0439	0.0217	0.0110	0.0057
18				0.4196	0.2198	0.1099	0.0544	0.0273	0.0140	0.0073
19				0.4725	0.2567	0.1317	0.0665	0.0338	0.0175	0.0093
20				0.5275	0.2970	0.1566	0.0806	0.0416	0.0217	0.0116
21					0.3393	0.1838	0.0966	0.0506	0.0267	0.0144
22					0.3839	0.2139	0.1148	0.0610	0.0326	0.0177
23					0.4296	0.2461	0.1349	0.0729	0.0394	0.0216
24					0.4765	0.2811	0.1574	0.0864	0.0474	0.0262
25					0.5235	0.3177	0.1819	0.1015	0.0564	0.0315
26						0.3564	0.2087	0.1185	0.0667	0.0376
27						0.3962	0.2374	0.1371	0.0782	0.0446
28						0.4374	0.2681	0.1577	0.0912	0.0526
29						0.4789	0.3004	0.1800	0.1055	0.0615
30						0.5211	0.3345	0.2041	0.1214	0.0716
31							0.3698	0.2299	0.1388	0.0827
32							0.4063	0.2574	0.1577	0.0952
33							0.4434	0.2863	0.1781	0.1088
34							0.4811	0.3167	0.2001	0.1237
35							0.5189	0.3482	0.2235	0.1399
36								0.3809	0.2483	0.1575
37								0.4143	0.2745	0.1763
38								0.4484	0.3019	0.1965
39								0.4827	0.3304	0.2179
40								0.5173	0.3598	0.2406
41									0.3901	0.2644
42									0.4211	0.2894
43									0.4524	0.3153
44									0.4841	0.3421
45									0.5159	0.3697
46										0.3980
47										0.4267
48										0.4559
49										0.4853

ANEXOS**Tablas de equivalencia****Longitud**

	m	in	ft	mi
1 metro	1	39.37	3.281	6.214×10^{-4}
1 pulgada	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.578×10^{-5}
1 pie	0.3048	12	1	1.894×10^{-4}
1 milla	1609	6.336×10^4	5280	1

Masa

	kg	lb
1 kilogramo	1	2.205
1 libra	0.4536	1

Fuerza

	dina	N	lbf	kgf
1 dina	1	10^{-5}	2.248×10^{-6}	1.020×10^{-6}
1 newton	10^5	1	0.2248	0.1020
1 libra fuerza	4.448×10^5	4.448	1	0.4536
1 kilogramo fuerza	9.807×10^5	9.807	2.205	1

Presión

	atm	mm Hg	in Hg	Pa	kPa	bar	torr	lb/in ²
1 atmósfera	1	760	29.92	1.013×10^5	101.325	1.013	760	14.7
1 mm Hg	1.316×10^{-3}	1	0.04	133.3	0.13	1.333×10^{-3}	1	0.02
1 in Hg	0.033	25.4	1	3386.4	3.38	0.034	25.4	0.49
1 pascal	9.869×10^{-6}	7.501×10^{-3}	2.95×10^{-4}	1	1×10^{-3}	1×10^{-5}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}
1 kilo pascal	9.87×10^{-3}	7.5	0.3	1×10^3	1	0.01	7.5	0.145
1 bar	0.987	750.062	29.53	10^5	100	1	750	14.5
1 torr	1.3×10^3	1	0.04	133.32	0.133	1.33×10^{-3}	1	0.02
1 lb/in ²	0.068	51.71	2.04	6894.8	6.894	0.07	51.71	1

Energía, trabajo, calor

	Btu	hp·h	J	cal	kWh
1 Btu	1	3.929×10^{-4}	1055	252	2.930×10^{-4}
1 hp·h	2545	1	2.385×10^6	6.413×10^5	0.7457
1 joule	9.481×10^{-4}	3.725×10^{-7}	1	0.2389	2.778×10^{-7}
1 caloría	3.969×10^{-3}	1.560×10^{-6}	4.186	1	1.163×10^{-6}
1 kWh	3413	1.341	3.600×10^6	8.600×10^5	1

Volumen

	m ³	L	ft ³	gal	onza
1 m ³	1	1000	35.31	264.17	33814
1 L	1×10^{-3}	1	0.04	0.264	33.81
1 ft ³	0.03	28.3	1	7.48	957.5

1 galón	3.79×10^{-3}	3.79	0.134	1	128
1 onza	2.96×10^{-5}	2.96×10^{-2}	1×10^{-3}	7.8×10^{-3}	1

Viscosidad

	cP	P	Pa.s
1 centi Poise	1	10^{-2}	10^{-3}
1 Poise	100	1	0.1
1 Pa.S	1×10^3	10	1

Constante de los gases ideales (R)

Valor numérico	Unidades
1.9872	cal g/g mol · K
1.9872	btu/mol lb · °R
82.057	cm ³ atm/mol g · K
8314.34	J/mol kg · K
82.057×10^{-3}	m ³ · atm/kg mol · K
8314.34	kg · m ² /s ² · kg mol · K
0.7302	ft ³ · atm/lb mol · °R
1545.3	ft · lb _f /lb mol · °R
8314.34	m ³ Pa/kg mol · K

Aceleración de la gravedad

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

$$g_c = (\text{factor de conversión gravitatorio}) = 32.1740 \text{ lb}_m \cdot \text{ft}/\text{lb}_f \cdot \text{s}^2$$

$$= 9.80665 \text{ kg}_m \cdot \text{m}/\text{kg}_f \cdot \text{s}^2$$

Tabla de propiedades del aire y el agua

Temperatura (° C)	Conductividad térmica (J m ⁻¹ s ⁻¹ ° C ⁻¹)	Viscosidad (N sm ⁻²)	Calor específico (KJ kg ⁻¹ ° C ⁻¹)	Densidad (Kg m ⁻³)
<u>AIRE</u>				
-73	0.0189	1.36 x 10 ⁻⁵	0.996	1.76
-18	0.0230	1,65 x 10 ⁻⁵	1.00	1.38
0	0.0242	1,73 x 10 ⁻⁵	1.005	1.29
38	0.0267	1,91 x 10 ⁻⁵	1.005	1.14
93	0.031	2,15 x 10 ⁻⁵	1.009	0.96
149	0.0334	2.40 x 10 ⁻⁵	1.017	0.83
204	0.0367	2.60 x 10 ⁻⁵	1.026	0.74
<u>AGUA</u>				
-20	2.39	na	1.943	919.4
-10	2.25	na	2.027	918.9
(Hielo) 0	2.22	na	2.050	916.2
0	0,57	1,87 x 10 ⁻³	4.23	1000
4	0.57	1,53 x 10 ⁻³	4.23	1000
16	0.59	1,16 x 10 ⁻³	4.19	1000
27	0.61	0,87 x 10 ⁻³	4.19	998
38	0.62	0,68 x 10 ⁻³	4.19	992
66	0.66	0,43 x 10 ⁻³	4.19	977
93	0.68	0,30 x 10 ⁻³	4.19	965
100	0.68	0,28 x 10 ⁻³	4.18	958

Extraído de *Una Introducción a la transferencia de calor*, Fishenden, M. y Saunders, O. A., con permiso de la Clarendon Press, Oxford.

Calores normales de formación a 25 °C

COMPUESTO	ΔH° kcal/gmol
SO ₂ (g)	-70.94
SO ₃ (g)	-94.39
CO(g)	-26.416
CO ₂ (g)	-94.052
CaCO ₃ (s)	-289.5
CaCO(s)	-151.7
H ₂ O(l)	-68.3174
H ₂ O(g)	-57.7979
HCl(g)	-22.063
H ₂ SO ₄ (l)	-193.91
H ₂ S(g)	-4.815
HNO ₃ (l)	-41.404
H ₃ PO ₄ (s)	-1281.1
NH ₃ (g)	-75.23
NH ₄ OH(aq)	-87.59
NO(g)	-7.96
NO ₂ (g)	-10
KCl(s)	-103.8
KOH(s)	-102.02
NaCl(s)	-98.321
NH ₄ Cl(s)	-75.38
CH ₄ (g)	-17.889
CH ₃ OH(l)	-57.04
CH ₃ CH ₂ OH(l)	-66.35

Calores normales de combustión a 25 °C

COMPUESTO	ΔH° kcal/gmol (agua líquida y CO₂)
C(s)	-94.0518
CO(g)	-67.6361
H ₂ (g)	-68.3174
CH ₄ (g)	-212.78
C ₂ H ₆ (g)	-372.820
C ₃ H ₈ (g)	-530.605
C ₄ H ₁₀ (g)	-687.982
C ₆ H ₆ (g)	-789.08
C ₂ H ₅ OH(l)	-326.7
CH ₄ O(l)	-173.65
C ₂ H ₄ O ₂ (l)	-208.34
C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-673
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s)	-1350.1
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s)	-1348.9

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones

Presión	Temp.	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		m ³ /kg		kJ/kg		kJ/kg			kJ/kg, K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
bar	° C	sat, v _l x 10 ³	sat, v _g	sat, u _f	sat, u _g	sat, h _f	vaportz h _{fg}	sat, h _g	sat, s _f	sat, s _g
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346
0.90	96.71	1.0410	1.869	45.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.9	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772
100	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141
110	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527
120	324.8	1.5267	0.01426	1473.0	2513.7	1491.3	1193.6	2684.9	3.4962	5.4924

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de temperaturas

Table with columns for Temp, Presión, Volumen específico, Energía interna, Entalpía, and Entropía, containing data for water properties from 0.1 to 374.14 degrees Celsius.

Fuente: Foust/Wenzel/Clump/Maus/Andersen. Principios de Operaciones Unitarias.

INGENIERIA EN ALIMENTOS FORMULARIO 2019, EXAMEN CENEVAL ACTUALIZADO
Formulario para el sustentante del
Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos (EGEL-IALI)
Dirección del Programa de Evaluación de Egreso (EGEL) en Diseño, Ingenierías y
Arquitectura

Rugosidad relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales (1 in=2.54cm)

Tabla de relaciones f_h/U : g para valores de $z = 10\text{ }^\circ\text{C}$

f_h/U	Valores de g ($^\circ\text{C}$) cuando j es:								
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.2	$2.27 \cdot 10^{-5}$	$2.46 \cdot 10^{-5}$	$2.64 \cdot 10^{-5}$	$2.83 \cdot 10^{-5}$	$3.02 \cdot 10^{-5}$	$3.20 \cdot 10^{-5}$	$3.39 \cdot 10^{-5}$	$3.58 \cdot 10^{-5}$	$3.76 \cdot 10^{-5}$
0.4	$7.39 \cdot 10^{-3}$	$7.94 \cdot 10^{-3}$	$8.44 \cdot 10^{-3}$	$9.00 \cdot 10^{-3}$	$9.50 \cdot 10^{-3}$	$1.00 \cdot 10^{-2}$	$1.06 \cdot 10^{-2}$	$1.11 \cdot 10^{-2}$	$1.16 \cdot 10^{-2}$
0.6	$4.83 \cdot 10^{-2}$	$5.24 \cdot 10^{-2}$	$5.66 \cdot 10^{-2}$	$6.06 \cdot 10^{-2}$	$6.44 \cdot 10^{-2}$	$6.83 \cdot 10^{-2}$	$7.28 \cdot 10^{-2}$	$7.67 \cdot 10^{-2}$	$8.06 \cdot 10^{-2}$
0.8	0.126	0.136	0.148	0.159	0.171	0.182	0.194	0.205	0.217
1	0.227	0.248	0.269	0.291	0.312	0.333	0.354	0.376	0.397
2	0.85	0.92	1.00	1.07	1.15	1.23	1.30	1.38	1.45
3	1.46	1.58	1.69	1.81	1.93	2.04	2.16	2.28	2.39
4	2.01	2.15	2.30	2.45	2.60	2.74	2.89	3.04	3.19
5	2.47	2.64	2.82	3.00	3.17	3.35	2.53	3.71	3.88
6	2.86	3.07	3.27	3.47	3.67	3.88	4.08	4.28	4.48
7	3.21	3.43	3.66	3.89	4.12	4.34	4.57	4.80	5.03
8	3.49	3.75	4.00	4.26	4.51	4.76	5.01	5.26	5.52
9	3.76	4.03	4.31	4.58	4.86	5.13	5.41	5.68	5.96
10	3.98	4.28	4.58	4.88	5.18	5.48	5.77	6.07	6.37
20	5.46	5.94	6.42	6.89	7.37	7.84	8.32	8.79	9.27
30	6.39	6.94	7.56	8.11	8.72	9.33	9.89	10.5	11.1
40	7.11	7.72	8.39	9.06	9.72	10.4	11.1	11.7	12.4
50	7.67	8.39	9.11	9.83	10.6	11.3	12.0	12.7	13.4
60	8.22	8.94	9.72	10.5	11.2	12.0	12.7	13.5	14.3
70	8.67	7.78	10.2	11.1	11.8	12.6	13.4	14.2	15.0
80	9.01	9.89	10.7	11.6	12.3	13.2	14.0	14.8	15.6
90	9.44	10.28	11.2	12.0	12.8	13.7	14.5	15.3	16.2
100	9.78	10.7	11.6	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.7

Tabla para determinar el NMP de microorganismos

Para 3 tubos, cada uno con 0.1, 0.01 y 0.001 g de inóculo, los NMP por gramo y con intervalos de confianza de 95 por ciento.

Tubos positivos			NMP/g	Lim.Conf.		Tubos positivo			NMP/g	Lim.Conf.	
0.1	0.01	0.001		Bajo	alto	0.1	0.01	0.001		Bajo	Alto
0	0	0	<3.0	--	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	--

Tabla para determinar el NMP de microorganismos

Para 5 tubos, cada uno con 0.1, 0.01 y 0.001 g de inculo, los NMP por gramo y con intervalos de confianza de 95%.											
Tubos positivo			NMP/g	Lím. conf.		Tubos positivo			NMP/g	Lím. conf.	
0.1	0.01	0.001		Bajo	Alto	0.1	0.01	0.001		Bajo	Alto
0	0	0	<1.8	--	6.8	4	0	2	21	6.8	40
0	0	1	1.8	0.09	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	1	0	1.8	0.09	6.9	4	1	0	17	6	40
0	1	1	3.6	0.7	10	4	1	1	21	6.8	42
0	2	0	3.7	0.7	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	1	3	31	10	70
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
1	0	0	2	0.1	10	4	2	1	26	9.8	70
1	0	1	4	0.7	10	4	2	2	32	10	70
1	0	2	6	1.8	15	4	2	3	38	14	100
1	1	0	4	0.7	12	4	3	0	27	9.9	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	1	33	10	70
1	1	2	8.1	3.4	22	4	3	2	39	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	0	34	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	1	40	14	100
1	3	0	8.3	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	1	10	3.5	22	4	5	0	41	14	100
1	4	0	11	3.5	22	4	5	1	48	15	120
2	0	0	4.5	0.79	15	5	0	0	23	6.8	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	1	31	10	70
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	2	43	14	100
2	1	0	6.8	1.8	17	5	0	3	58	22	150
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	0	33	10	100
2	1	2	12	4.1	26	5	1	1	46	14	120
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	2	63	22	150
2	2	1	12	4.1	26	5	1	3	84	34	220
2	2	2	14	5.9	36	5	2	0	49	15	150
2	3	0	12	4.1	26	5	2	1	70	22	170
2	3	1	14	5.9	36	5	2	2	94	34	230
2	4	0	15	5.9	36	5	2	3	120	36	250
3	0	0	7.8	2.1	22	5	2	4	150	58	400
3	0	1	11	3.5	23	5	3	0	79	22	220
3	0	2	13	5.6	35	5	3	1	110	34	250
3	1	0	11	3.5	26	5	3	2	140	52	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	3	180	70	400
3	1	2	17	6	36	5	3	4	210	70	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	0	130	36	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	1	170	58	400
3	2	2	20	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	3	0	17	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	4	350	100	710
3	3	2	24	9.8	70	5	4	5	430	150	1,100
3	4	0	21	6.8	40	5	5	0	240	70	710
3	4	1	24	9.8	70	5	5	1	350	100	1100
3	5	0	25	9.8	70	5	5	2	540	150	1700
4	0	0	13	4.1	35	5	5	3	920	220	2600
4	0	1	17	5.9	36	5	5	4	1600	400	4600
						5	5	5	>1600	700	--

Ceneval, A.C.

Camino al Desierto de los Leones (Altavista) 19,
Col. San Ángel, Del. Álvaro Obregón, C.P. 01000, México, CDMX
www.ceneval.edu.mx

El Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior es una asociación civil sin fines de lucro que quedó formalmente constituida el 28 de abril de 1994, como consta en la escritura pública número 87036 pasada ante la fe del notario 49 de la Ciudad de México. 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, así como los porcentajes que les corresponden en la toma de decisiones:

Asociaciones e instituciones educativas

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, A.C. (ANUIES); Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior, A.C. (FIMPES); Instituto Politécnico Nacional (IPN); Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM); Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP); Universidad Autónoma de Yucatán (UADY); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP); Universidad Tecnológica de México (UNITEC).

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 Asociaciones 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.

- Ceneval, A.C.®, EXANI-I®, EXANI-II® son marcas registradas ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial con el número 478968 del 29 de julio de 1994. EGEL®, con el número 628837 del 1 de julio de 1999, y EXANI-III®, con el número 628839 del 1 de julio de 1999.
- 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.
- Organismo Certificador acreditado por el Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (CONOCER) (1998).
- Miembro de la International Association for Educational Assessment.
- Miembro de la European Association of Institutional Research.
- Miembro del Consortium for North American Higher Education Collaboration.
- Miembro del Institutional Management for Higher Education de la OCDE.



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

Dirección del Área de los EGEL

ENERO • 2017