



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EAN

Escuela de
**Administración de
Negocios**

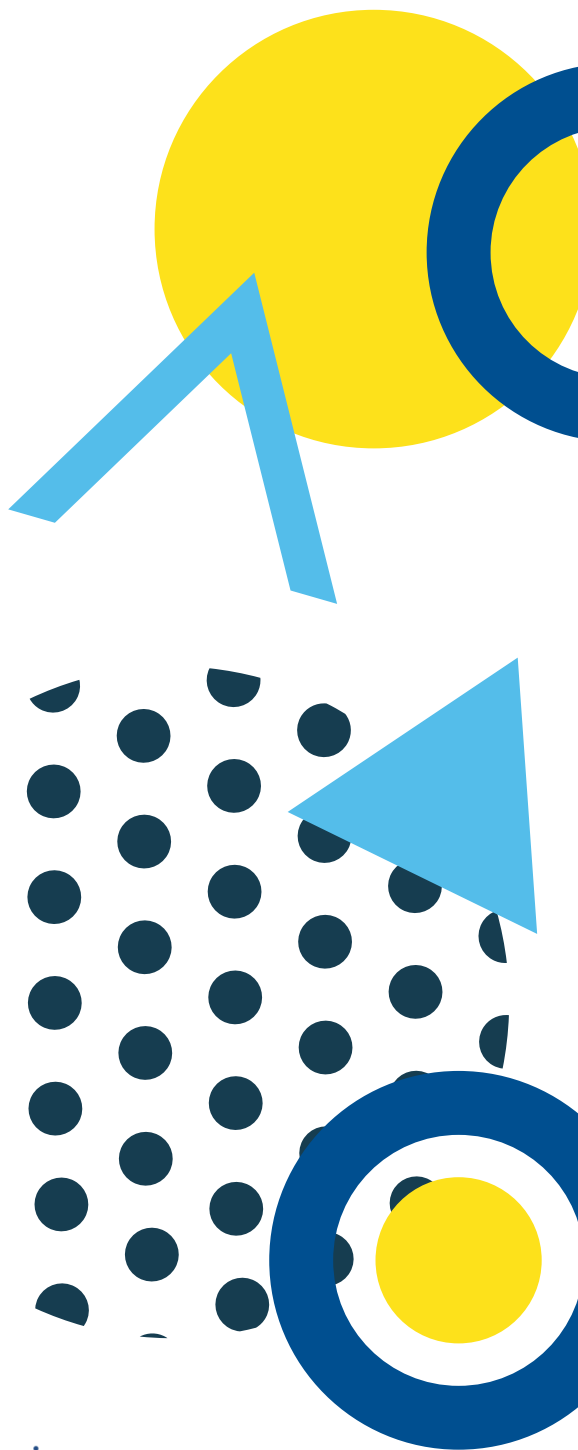
*Formulario de los
cursos:*

*DN-0105 Métodos
Cuantitativos I*

*DN-0110 Métodos
Cuantitativos II*

2026

Una larga trayectoria de excelencia...





ÍNDICE

1. ANÁLISIS DE DECISIONES	3
2. PRONÓSTICOS	4
MODELOS DE SERIES DE TIEMPO	4
MODELOS CAUSALES	6
MEDIDAS DE EXACTITUD DEL PRONÓSTICO	8
SEÑAL DE RASTREO	8
3. INVENTARIOS	9
SIMBOLOGÍA	9
FÓRMULAS	10
4. REDES PERT - CPM	12
5. TEORÍA DE COLAS	12
UNA COLA UN SERVIDOR.....	12
VARIAS FILAS VARIOS SERVIDORES	14
UNA COLA VARIOS SERVIDORES.....	14
COSTOS DEL SISTEMA DE COLAS.....	15
6. SIMULACIÓN	16
FÓRMULAS GENERADORAS.....	16
7. ANÁLISIS DE CAPACIDAD	17
ESTIMACIÓN DE LA TOLERANCIA Y DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO	17
CARTAS DE CONTROL PARA VARIABLES	18
CARTAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS	18
ÍNDICES DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD	20
CASO DE DESGASTE DE HERRAMIENTA	22
CASO DE REPROCESO Y DESECHO	22





1. ANÁLISIS DE DECISIONES

$$VME(alternativo) = \sum X_i P(X_i)$$

En donde:

VME= valor monetario esperado

X_i = pago para el estado de la naturaleza i

$P(X_i)$ = probabilidad de lograr el pago X_i

$$VECIP = \sum MPEN \times P(X_i)$$

En donde:

VECIP= valor esperado con información perfecta

MPEN= mejor pago en el estado de la naturaleza i

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

$$VEIP = VECIP - el\ mejor\ VME$$

En donde:

VEIP= valor esperado de la información perfecta

$$VEIM = (VECIM + Costo) - VESIM$$

En donde:

VEIM= valor esperado de la información de muestra

VECIM= valor esperado con información de muestra

VESIM= valor esperado sin información muestral

$$EIM = \frac{VEIM}{VEIP} 100\%$$

En donde:

EIM= eficiencia de la información de muestral

$$Utilidad\ de\ otro\ resultado = [(p)(UMR) + (1 - p)(UPR)]$$

En donde:

UMR= utilidad del mejor resultado

UPR= utilidad del peor resultado





2. PRONÓSTICOS

MODELOS DE SERIES DE TIEMPO

PROMEDIO SIMPLE

$$\hat{Y}_{t+1} = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{n}$$

En donde:

$\hat{Y}_{t+1}$ = valor de pronóstico para el siguiente periodo

Y_t = valor real para el periodo actual

n = longitud de la serie de datos

PROMEDIO MÓVIL

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-n+1}}{n}$$

En donde:

$\hat{Y}_{t+1}$ = valor de pronóstico para el siguiente periodo

Y_t = valor real para el periodo actual

n = longitud de la serie de datos

PROMEDIO MÓVIL PONDERADO

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{\omega_1 Y_t + \omega_2 Y_{t-1} + \omega_3 Y_{t-2} + \omega_n Y_{t-n+1}}{n}$$

En donde:

$\hat{Y}_{t+1}$ = valor de pronóstico para el siguiente periodo

Y_t = valor real para el periodo actual

ω = peso para la i -ésima observación

n = sumatoria de los pesos

PROMEDIO MÓVIL DOBLE

$$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-n+1}}{n}$$

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + M_{t-n+1}}{n}$$

$$a_t = 2M_t - M'_t$$

$$b_t = \frac{2}{n-1} (M_t - M'_t)$$





$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + (b_t \times p)$$

En donde:

$\hat{Y}_{t+p}$ = valor de pronóstico para el periodo t más p

Y_t = valor real para el periodo actual

M_t = primer promedio móvil

M'_t = segundo promedio móvil

a_t = diferencia entre promedios móviles

b_t = pendiente de la curva de pronóstico

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\hat{Y}_t$$

En donde:

$\hat{Y}_{t+1}$ = pronóstico para el próximo periodo

Y_t = valor real para la serie en el periodo t

$\hat{Y}_t$ = pronóstico anterior de la serie atenuada al periodo t- 1

α = constante de atenuación

MÉTODO DE HOLT

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$\hat{Y}_{t+p} = A_t + pT_t$$

En donde:

A_t = nuevo valor atenuado

Y_t = valor real para la serie en el periodo t

α = constante de atenuación

β = constante de atenuación de la estimación de la tendencia

T_t = estimación de la tendencia

p = periodos por pronosticar en el futuro

$\hat{Y}_{t+p}$ = valor de pronóstico para el periodo t más p





MÉTODO DE WINTER

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

$$\hat{Y}_{t+p} = (A_t + pT_t)S_{t-L+p}$$

En donde:

A_t = nuevo valor atenuado

Y_t = valor real para la serie en el periodo t

α = constante de atenuación

β = constante de atenuación de la estimación de la tendencia

T_t = estimación de la tendencia

γ = constante de atenuación de la estimación de la estacionalidad

S_t = estimación de la estacionalidad

p = periodos por pronosticar en el futuro

L = longitud de la estacionalidad

$\hat{Y}_{t+p}$ = valor de pronóstico para el periodo t más p

MODELOS CAUSALES

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

$$Y_t = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n(\bar{y})(\bar{x})}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

En donde:

Y_t = variable dependiente

x_t = variable independiente

a = intersección de la recta

b = pendiente de la recta

MEDICIÓN DEL AJUSTE DEL MODELO DE REGRESIÓN

$$SCT = \sum (Y - \bar{Y})^2$$





$$SCE = \sum (Y - \hat{Y})^2$$

$$SCR = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2$$

En donde:

SCT = suma de cuadrados total

SCE = suma de los cuadrados de los errores

SCR = suma de cuadrados debido a la regresión

Y = variable dependiente

$\bar{Y}$ = promedio de la variable dependiente

$\hat{Y}$ = variable dependiente pronosticada

$$r^2 = \frac{SCR}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT}$$

En donde:

r^2 = coeficiente de determinación

$$r = \pm \sqrt{r^2}$$

En donde:

r = coeficiente de correlación

DESCOMPOSICIÓN DE LA SERIES DE TIEMPO

D_t = Demandas mensuales se agrupan de acuerdo a su estacionalidad

En donde:

D_t = ventas mensuales reales agrupadas en periodos de acuerdo con su estacionalidad

$$PA = \frac{\sum D_t}{n}$$

En donde:

PA = promedio anual de D_t

n = número total de periodos

$$PMPA = \frac{\sum D_{mpa}}{n_{mpa}}$$

En donde:

$PMPA$ = promedio de los mismos periodos de agrupación

$\sum D_{mpa}$ = sumatoria de las demandas de los mismos periodos de agrupación

n_{mpa} = número de periodos para los mismos periodos agrupados





$$IE = \frac{PMPA}{PA}$$

En donde:

IE= índice estacional

MEDIDAS DE EXACTITUD DEL PRONÓSTICO

$$EMC = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

$$DMA = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

$$EMPA = \frac{\sum \left| \frac{\text{error}}{\text{real}} \right|}{n} \times 100\%$$

En donde:

EMC= error medio cuadrado

DMA= desviación media absoluta

EMPA= error medio absoluto porcentual

SEÑAL DE RASTREO

$$SR = \frac{SCEP}{DMA}$$

En donde:

SCEP= suma continua de los errores de proyección





3. INVENTARIOS

SIMBOLOGÍA

D= demanda anual en unidades

Co= costo de ordenar en dólares por orden

Ch= costo de conservación por unidad al año

Q= cantidad a ordenar en unidades

R= punto de re orden

Cu= costo unitario o de compra

Ia= índice de almacenamiento

L= tiempo de entrega del proveedor

$\bar{L}$ = tiempo de entrega promedio

Ca= costo de alistamiento o preparación

p= tasa de producción diaria

$\bar{d}$ = tasa de demanda diaria

t = duración de la corrida de producción en días

Cf = costo anual por faltantes por unidad que falta

F = faltante máximo, unidades pendientes

I_{max} = Nivel máximo de inventario

B = Inventario de seguridad

Z = Número de desviaciones estándar requeridas para el nivel de confiabilidad deseado

σ_L = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega





FÓRMULAS

MODELO DE LOTE ECONÓMICO

$$Q = \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Co + \frac{Q}{2}Ch$$

$$R = \bar{d} \times L$$

$$Ch = Cu \times Ia$$

$$Ia = \frac{\sum \text{costos y gastos asociados con mantenimiento}}{CMV + \text{Inventario Final}} + \text{Tasa Alt. de Inv.}$$

MODELO DE EOQ CON DESCUENTOS O DIFERENCIAS EN LOS PRECIOS

$$Q = \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Co + \frac{Q}{2}Ch + D \times Cu$$

MODELO DE EOQ CON COSTOS DE TRANSPORTE POR UNIDAD

$$Q = \sqrt{\frac{2DCo}{(Cu + Ctr) \times Ia}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Co + \frac{Q}{2}((Cu + Ctr) \times Ia) + D \times (Cu + Ctr)$$

MODELO DE EOQ CON COSTOS DE TRANSPORTE POR CONTENEDOR O EMBARQUE

$$Q = \sqrt{\frac{2D(Co + Ctr)}{Cu \times Ia}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}(Co + Ctr) + \frac{Q}{2}Cu \times Ia + D \times Cu$$





MODELO DE EOQ CON REABASTECIMIENTO GRADUAL

$$Q = \sqrt{\frac{2DCa}{Ch\left(1 - \frac{d}{p}\right)}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Ca + \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{d}{p}\right)Ch$$

MODELO DE EOQ CON COSTOS POR FALTANTES CONOCIDOS

$$Q = \sqrt{\frac{Ch + Cf}{Cf}} \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Co + \frac{(Q - F)^2}{2Q}Ch + \frac{F^2}{2Q}Cf$$

$$F = Q\left(\frac{Ch}{Ch + Cf}\right)$$

$$I_{max} = Q - F$$

$$R = DdL - F + B$$

$$B = E(x)_{DL} - F$$

MODELO DE EOQ CON INCERTIDUMBRE

$$Q = \sqrt{\frac{2DCo}{Ch}}$$

$$CT = \frac{D}{Q}Co + \left(\frac{Q}{2} + B\right)Ch + D \times Cu$$

$$R = Dd \times L + B$$

$$B = Z\sigma_L$$

Demanda variable y tiempo de entrega constante

$$R = \bar{d}L + Z(\sigma_d\sqrt{L})$$

Demanda constante y tiempo de entrega variable

$$R = \bar{d}\bar{L} + Z(d\sigma_L)$$

Demanda y tiempo de entrega variable

$$R = \bar{d}\bar{L} + Z\left(\sqrt{\bar{L}\sigma_d + \bar{d}^2\sigma_L^2}\right)$$





4. REDES PERT - CPM

$$Tne (\mu) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

En donde:

a = tiempo optimista

m = tiempo más probable

b = tiempo pesimista

$$\sigma = \frac{b - a}{6}$$

$$\sigma_{RC} = \sqrt{\sum \text{de las } \sigma^2 \text{ de las actividades críticas}}$$

En donde:

σ_{RC} = Desviación estándar de la Ruta Crítica

5. TEORÍA DE COLAS

$$k = \frac{\mu_{requerida}}{\mu_{tasa \text{ de cambio}}}$$

En donde:

k = personal o activos necesarios para formar una cuadrilla o centro de servicio

UNA COLA UN SERVIDOR

$$\text{Estabilidad del modelo} = \lambda < \mu$$

En donde:

λ = tasa de llegada promedio

μ = tasa de servicio promedio





Longitud promedio de la cola

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Tiempo de espera promedio en la cola

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda}$$

Longitud promedio del sistema

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

Tiempo de espera promedio en el sistema

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Probabilidad de que el sistema esté vacío

$$Po = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

Tiempo de actividad del sistema

$$U = 1 - Po$$

Probabilidad de tener n unidades en el sistema

$$Pn = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n Po$$

Probabilidad de que la línea exceda a L

$$P(n > L) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{L+1}$$





Tasa de servicio requerida para un Wq meta

$$\mu = \frac{\lambda}{2} + \sqrt{\frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda}{Wq}}$$

VARIAS FILAS VARIOS SERVIDORES

$$\text{Estabilidad del sistema} = \frac{\lambda}{F} < \mu$$

En donde:

F = número de filas

Y se utilizan las fórmulas de una cola un servidor

UNA COLA VARIOS SERVIDORES

$$\text{Estabilidad del sistema} = \left(\frac{\lambda}{C \times \mu} \right) < 1$$

En donde:

C = número de servidores

Longitud promedio de la cola $C = 2$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^3}{4 - \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2}$$

Longitud promedio de la cola $C = 3$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{\left(3 - \frac{\lambda}{\mu} \right) \times \left[6 + \frac{4\lambda}{\mu} + \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 \right]}$$





Longitud promedio de la cola $C \geq 4$

$$Lq = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{C+1}}{C \times C! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \times P_0$$

Tiempo de espera promedio en la cola

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda}$$

Longitud promedio del sistema

$$L = Lq + \frac{\lambda}{\mu}$$

Tiempo de espera promedio en el sistema

$$W = \frac{L}{\lambda}$$

Probabilidad de que el sistema esté vacío

$$P_0 = \left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^C}{C! \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} + 1 + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1}{1!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{2!} + \dots + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{(C-1)}}{(C-1)!} \right]^{-1}$$

COSTOS DEL SISTEMA DE COLAS

$$CT = (Cw \times L \times F) + (Cs \times C \times k)$$

En donde:

Cw = Costo de espera

F = Número de filas en el sistema

Cs = Costo del servicio

C = Número de servidores en el sistema

k = Cantidad de empleados en el servidor





6. SIMULACIÓN

FÓRMULAS GENERADORAS

Distribución Uniforme

$$x = a + (b - a)R$$

En donde:

a = valor mínimo

b = valor máximo

Distribución Triangular

$$x = a + \sqrt{(b - a)(c - a)R} \quad \forall R \leq \frac{b - a}{c - a}$$

$$x = c - \sqrt{(c - b)(c - a)(1 - R)} \quad \forall R \geq \frac{b - a}{c - a}$$

En donde:

a = valor mínimo

b = moda

c = valor máximo

R = número aleatorio

Distribución Exponencial

$$x = -\mu \times \ln(R)$$

Distribución Normal

$$Z = \sqrt{2 \times -1 \times \ln \times (R_1)} \times \cos(2 \times \pi \times R_2)$$

$$x = \mu + (Z \times \sigma)$$

Distribución Erlang

$$x = -\mu \times \ln \left(\prod_{i=1}^k R_i \right)$$





7. ANÁLISIS DE CAPACIDAD

ESTIMACIÓN DE LA TOLERANCIA Y DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO

$$\text{Tolerancia} = \text{LS}_{\text{Esp}} - \text{LI}_{\text{Esp}}$$

Donde:

LS = Límite superior de la especificación

LI = Límite inferior de la especificación

Prueba de hipótesis para la normalidad de los datos

INTERVALOS DE CLASE

$$R = X_{\text{imax}} - X_{\text{imin}}$$

$$k \approx 1 + (3.3 \log n)$$

$$i = \frac{R}{k}$$

$$R_p = i_r \times k$$

$$d = R_p - R$$

$$m_d = \frac{d}{2}$$

$$L_i = X_{\text{imin}} - m_d$$

$$L_s = L_i + i$$

Media y Desviación estándar para datos agrupados.

$$\bar{x} = A + \frac{(\sum fo \times d) \times i}{n}$$

$$s = i \sqrt{\frac{\sum fo \times d^2}{n} - \frac{(\sum fo \times d)^2}{n^2}}$$

En donde:

d= desviación del punto medio con respecto a la posición de la media supuesta, es medida en unidades de intervalo de clase

i= amplitud o intervalo de clase

A= punto medio de la clase que contiene la media supuesta (clase de d=0)

fo = Frecuencias observadas en número de clases

n = tamaño de la muestra





PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE CHI CUADRADO

$$\text{Grados de libertad} = k - 1 - m$$

Estadístico de Chi-cuadrado para la prueba de bondad de ajuste:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

CARTAS DE CONTROL PARA VARIABLES

Desviación estándar: $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$

Carta de Promedios:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + (A_2 \times \bar{R})$$

$$LCC = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - (A_2 \times \bar{R})$$

Carta de Rangos o Intervalos:

$$LSC = D_4 \times \bar{R}$$

$$LCC = \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R}$$

Carta de Individuales:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + 3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

$$LCC = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - 3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

CARTAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

Carta p:

$$p_i = \frac{d_i}{n_i}$$

$$\bar{p} = \frac{\text{Total de defectuosos}}{\text{Total de inspeccionados}}$$





$$\bar{n} = \frac{\text{Total de inspeccionados}}{\text{Total de subgrupos}}$$

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LCC = \bar{p}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Carta p con límites variables:

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

$$LCC = \bar{p}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

Carta np:

$$LSC = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCC = n\bar{p}$$

$$LIC = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Carta c:

$$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de subgrupos}}$$

$$\sigma_{ci} = \sqrt{\bar{c}}$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCC = \bar{c}$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$





Carta u:

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

$$\bar{u} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}}$$

$$\sigma_{ui} = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LSC = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCC = \bar{u}$$

$$LIC = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

ÍNDICES DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD

$$Cp = \frac{LS_{Esp} - LI_{Esp}}{6\sigma}$$

$$Cpk = \min\left(\frac{\bar{\bar{x}} - LI_{Esp}}{3\sigma}\right) o \left(\frac{LS_{Esp} - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}\right)$$

$$Cpm = \frac{LS_{Esp} - LI_{Esp}}{6\sqrt{t}}$$

$$t = \sigma^2 + (\bar{\bar{x}} - LC_{Esp})^2$$

t = variabilidad total del proceso

Función de pérdida de calidad de Taguchi: $L = D^2C$

Índice de inestabilidad: $St = \left(\frac{\text{Número de casusas asignables}}{\text{Número total de puntos graficados}}\right) \times 100$





Estimación de los índices mediante una muestra:

$$\widehat{C}_p = \frac{LS_{Esp} - LI_{Esp}}{6s}$$

$$\widehat{C}_p \pm Z_{\alpha/2} \frac{\widehat{C}_p}{\sqrt{2(n-1)}}$$

$$\widehat{C}_{pk} = \min\left(\frac{\bar{x} - LI_{Esp}}{3s}\right) o \left(\frac{LS_{Esp} - \bar{x}}{3s}\right)$$

$$\widehat{C}_{pk} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\widehat{C}_{pk}^2}{2(n-1)} + \frac{1}{9n}}$$

$$\widehat{C}_{pm} = \frac{LS_{Esp} - LI_{Esp}}{6\left(\sqrt{s^2 + (\bar{x} - LC_{Esp})^2}\right)}$$

$$\widehat{C}_{pm} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\widehat{C}_{pm}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\frac{1}{2} + \frac{(\bar{x} - LC_{Esp})^2}{s^2}}{\left[1 + \frac{(\bar{x} - LC_{Esp})^2}{s^2}\right]^2}}$$





CASO DE DESGASTE DE HERRAMIENTA

Posición inicial de la media = $Ll_{Esp} + 3\sigma'$

Posición final de la media = $LS_{Esp} - 3\sigma''$

En donde σ' cuando la herramienta está nueva y σ'' cuando está gastada

CASO DE REPROCESO Y DESECHO

El costo esperado por pieza sería:

$$\text{Costo} = \frac{(Cm + Co + Cd)p_d + (Cm + Co)p_b + (Cm + Co + Cr)p_r}{p_b + p_r}$$

