



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



UNIVERSIDADE
DE VIGO

Control Estadístico de la Calidad
Curso 2010-11

Tema 2: Conceptos básicos del control estadístico de la calidad

Salvador Naya
Departamento de Matemáticas
Universidad de A Coruña

Contenido del tema

- Causas asignables y no asignables.

Contenido del tema

- Causas asignables y no asignables.
- Las siete herramientas de Ishikawa.

Contenido del tema

- Causas asignables y no asignables.
- Las siete herramientas de Ishikawa.
- La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad.

Contenido del tema

- Causas asignables y no asignables.
- Las siete herramientas de Ishikawa.
- La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad.
- Metrología y control estadístico de procesos.

causas asignables y no asignables

Llamaremos **causas asignables** de variabilidad a las que producen efectos predecibles que aumentan la variabilidad. Por el contrario, llamaremos **causas no asignables o comunes** a aquellas que aparecen con efectos combinados, no predecibles de antemano e inherentes a la incertidumbre del proceso productivo.

Proceso bajo control

Un concepto muy importante en el control de calidad es el de **proceso bajo control**. Diremos que un proceso está bajo control cuando no intervienen causas de variabilidad asignables o lo que es lo mismo cuando solo intervienen causas aleatorias o fortuítas

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas
- Diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa)

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas
- Diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa)
- Diagramas de barras.

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas
- Diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa)
- Diagramas de barras.
- Análisis de Pareto

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas
- Diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa)
- Diagramas de barras.
- Análisis de Pareto
- Histogramas

Las 7 herramientas de Ishikawa. Guide to Quality Control (1972)

- Diagramas de flujo
- Tormenta de ideas
- Diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa)
- Diagramas de barras.
- Análisis de Pareto
- Histogramas
- Diagramas de dispersión

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos
- Gráficos de cuartiles. Box Plot (Tukey 1977)

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos
- Gráficos de cuartiles. Box Plot (Tukey 1977)
- Análisis de estratificación

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos
- Gráficos de cuartiles. Box Plot (Tukey 1977)
- Análisis de estratificación
- Gráficos de control

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos
- Gráficos de cuartiles. Box Plot (Tukey 1977)
- Análisis de estratificación
- Gráficos de control
- Métodos de Componentes Principales (PCA)

Otras herramientas estadísticas. Quality Improvement Tools (Juran Institute)

- Hojas de datos
- Mapa de procesos
- Gráficos de cuartiles. Box Plot (Tukey 1977)
- Análisis de estratificación
- Gráficos de control
- Métodos de Componentes Principales (PCA)
- Otros, ...

Ejemplo de Hojas de datos

Hoja de datos para atributos

		Gráfico de Atributos																																			
Plan	Trabajo	Defectos										Defectos / No conformes (P)										Defectos / Puntos de error										MC					
Fecha	Hora	Días																														Espec. / Defecto	Defecto				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			31	32		
Muestra N°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	N.º de defectos =			
Defecto	Defecto 1	0																																Espec. / Defecto			
	Defecto 2	0																																Espec. / Defecto			
	Defecto 3	0																																Espec. / Defecto			
	Defecto 4	0																																Espec. / Defecto			
	Defecto 5	0																																Espec. / Defecto			
	Defecto 6	0																																	Espec. / Defecto		
	Defecto 7	0																																	Espec. / Defecto		
	Defecto 8	0																																		Espec. / Defecto	
	Defecto 9	0																																		Espec. / Defecto	
	Defecto 10	0																																		Espec. / Defecto	
Muestra N.º																																Espec. / Defecto					
Muestra N.º																																Espec. / Defecto					
Muestra N.º																																Espec. / Defecto					
Muestra N.º																																Espec. / Defecto					
Muestra N.º																																Espec. / Defecto					

Ejemplo de Hojas de datos

Hoja de datos para atributos

Gráfico de Atributos																																																			
Plan	Trayecto	Código																								Objeto	Referencia (FMS)																								
[Grid for attribute data]																																																			

Hoja de datos para variables

B-206	F310 INSTALACION SPY-1F	 <small>Procedimiento AC/20270 control</small>
T01 PRIER	Control instalación polines antenas	

> Control de posición

	Coordenadas nominales			Coordenadas medidas			Medido nominal		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
PC	-38363.4	-3042.7	26099.6						
PI	-38272.9	-3832.2	26099.6						
PI2	-37493.9	-2153.2	26099.6						
PI3	-38152.7	-3273.4	24882.0						
PI4	-38814.1	-3812.0	27317.1						

> Control de Ángulos de instalación

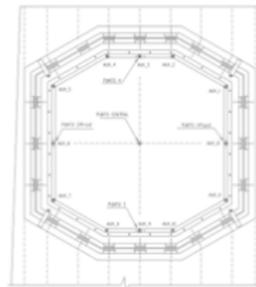
Componentes Vector Normal		
i	j	k

Ángulos de instalación	
AMI	Calculados
EM	
CM	

> Control de Planicidad

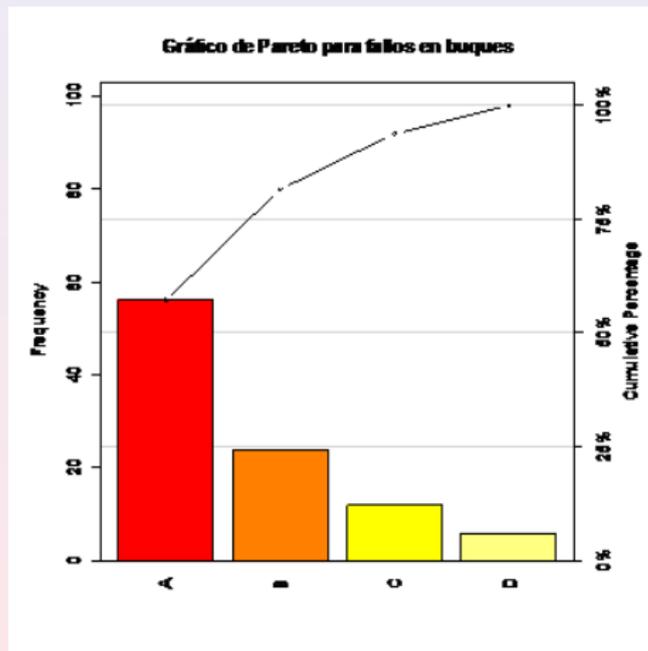
AUX_1	
AUX_2	
AUX_3	
AUX_4	
AUX_5	
AUX_6	
AUX_7	
AUX_8	
AUX_9	
AUX_10	
AUX_11	
AUX_12	
Máximo	
Mínimo	
Rango	

Datos respecto a "Best fit plane"

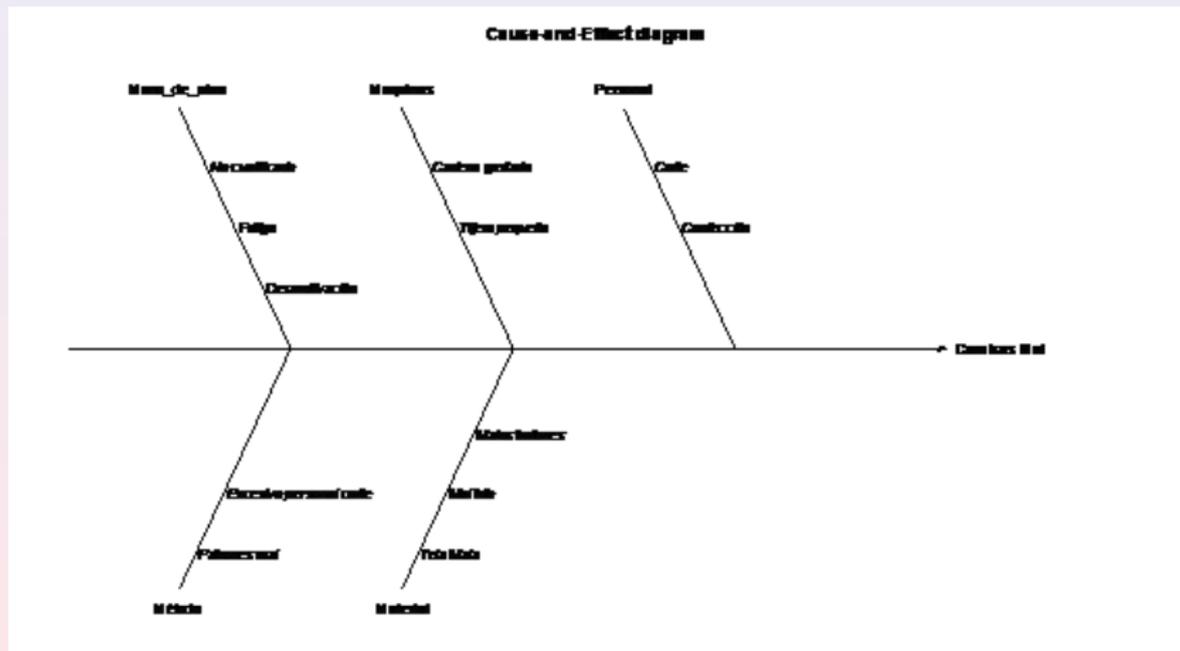


Dir:	datos mecanizado polin a	Fecha:	
------	--------------------------	--------	--

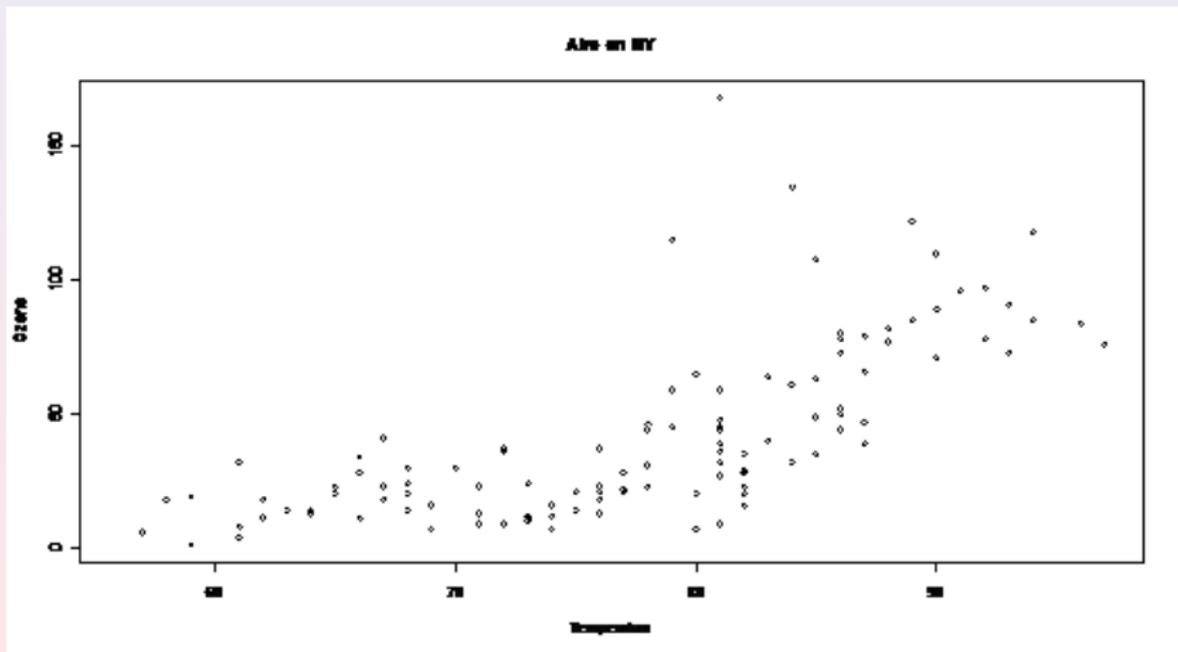
Diagramas de Pareto



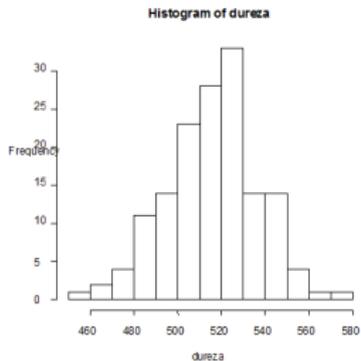
Diagramas causa - efecto



Diagramas de dispersión

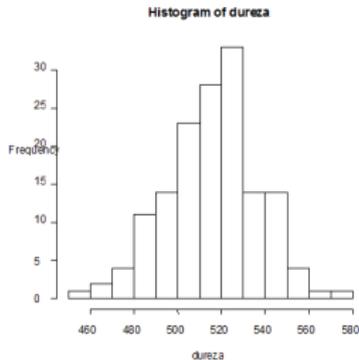


Proceso de producción de acero laminado

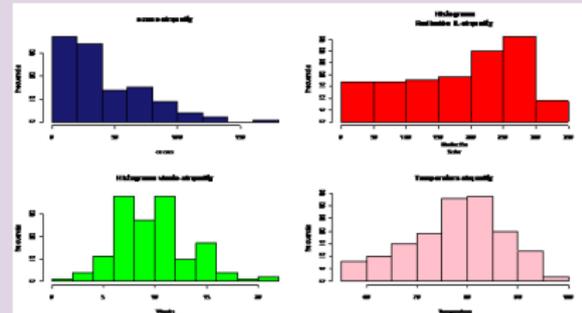


Histogramas

Proceso de producción de acero laminado

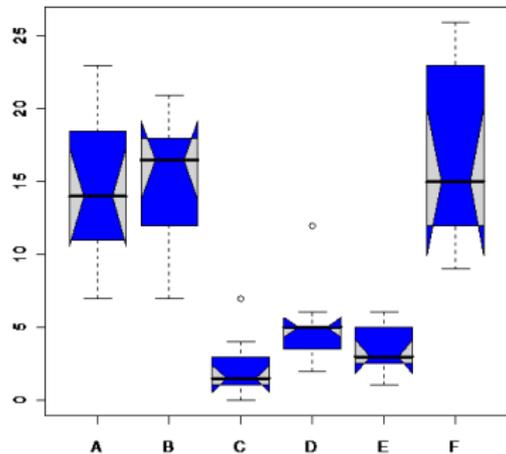


Histogramas de Calidad del aire en NY



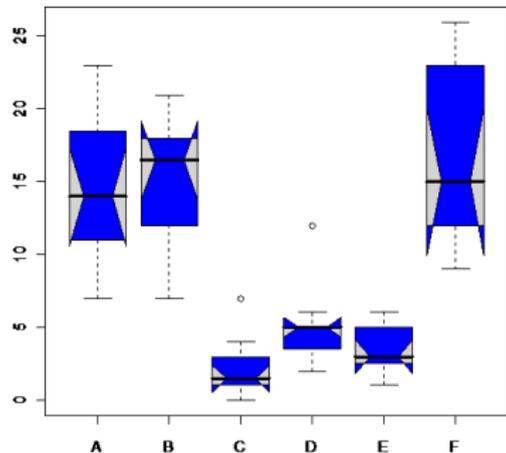
Ejemplo de Box-Plot

Gráfico Box-plot con muesca de mediana



Ejemplo de Box-Plot

Gráfico Box-plot con muesca de mediana



Ejemplo Box plot

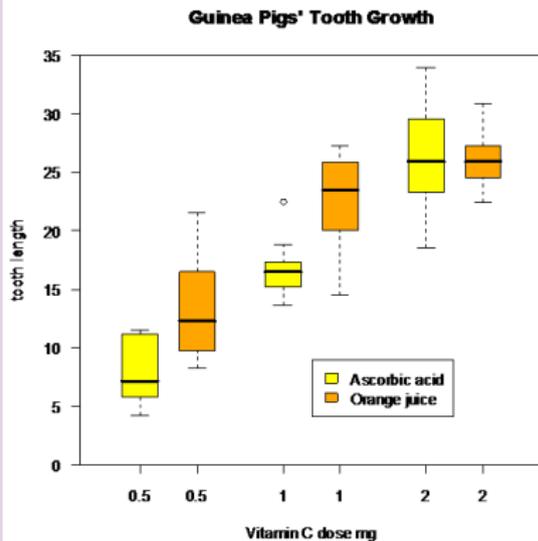


Gráfico variables

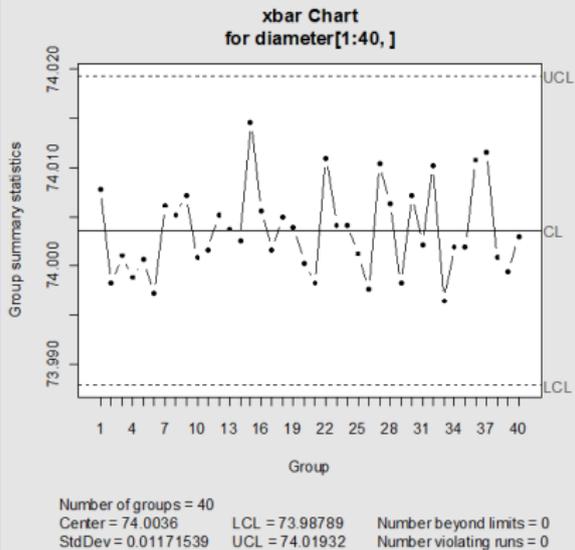
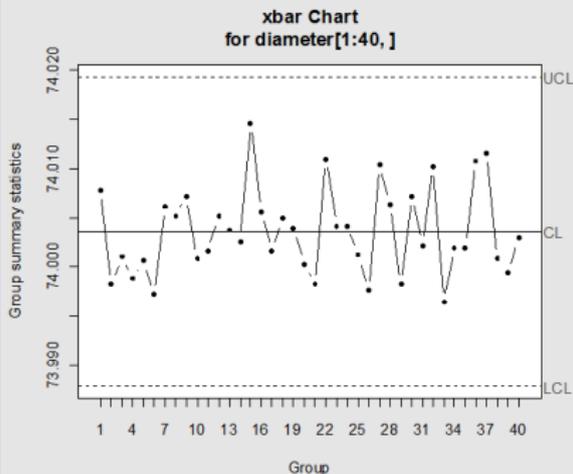
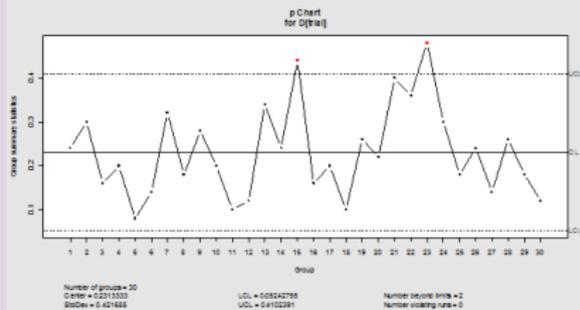


Gráfico variables



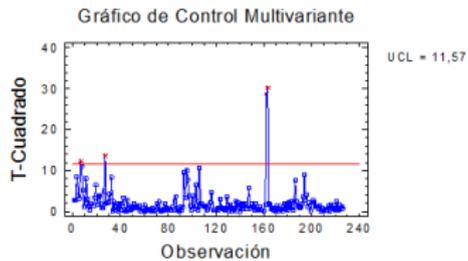
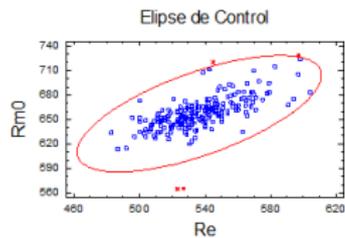
Number of groups = 40
Center = 74.0036 LCL = 73.98789 Number beyond limits = 0
StdDev = 0.01171539 UCL = 74.01932 Number violating runs = 0

Gráficos atributos



Number of groups = 30
Center = 0.231333
StdDev = 0.021686 LCL = 0.05242765 UCL = 0.4102391 Number beyond limits = 1
Number violating runs = 0

Gráficos Multivariantes



La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras
- Mejora continua, Entrenamiento

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras
- Mejora continua, Entrenamiento
- Liderazgo, Generar confianza

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras
- Mejora continua, Entrenamiento
- Liderazgo, Generar confianza
- Romper barreras, borrar slogans

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras
- Mejora continua, Entrenamiento
- Liderazgo, Generar confianza
- Romper barreras, borrar slogans
- Eliminar cuotas, logros personales

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 14 puntos de Deming para mejorar la calidad. Out of the crisis (1986))

- Constancia, Nueva Filosofía
- Inspección, Compras
- Mejora continua, Entrenamiento
- Liderazgo, Generar confianza
- Romper barreras, borrar slogans
- Eliminar cuotas, logros personales
- Capacitación, Transformación (todos deben contribuir en la mejora de la calidad (TQM))

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas
- Informe sobre logros y progresos obtenidos

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas
- Informe sobre logros y progresos obtenidos
- Dé reconocimiento

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas
- Informe sobre logros y progresos obtenidos
- Dé reconocimiento
- Comunique los resultados

La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas
- Informe sobre logros y progresos obtenidos
- Dé reconocimiento
- Comunique los resultados
- Mantenga registros

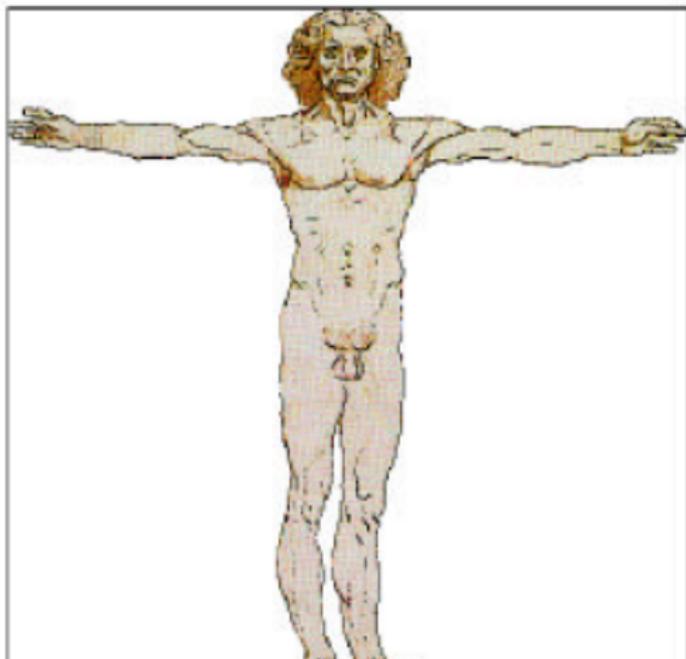
La filosofía de Deming y Juran en el aseguramiento de la calidad

Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad

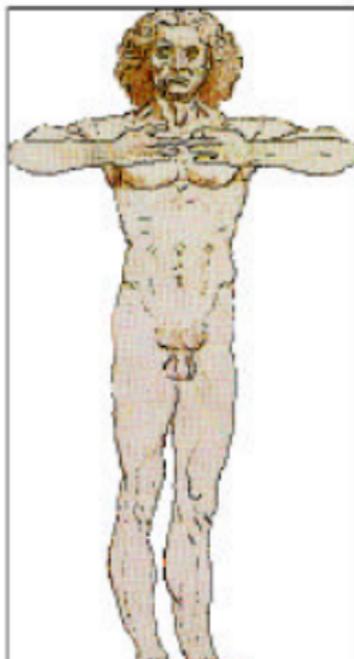
- Construya la Conciencia de la Calidad y la oportunidad para la mejora
- Establezca metas para la mejora
- Organice el logro de Objetivos
- Proporcione el entrenamiento
- Realice proyectos para resolver los problemas
- Informe sobre logros y progresos obtenidos
- Dé reconocimiento
- Comunique los resultados
- Mantenga registros
- Mantenga el impulso de hacer mejoras anuales como parte de la estrategia de la Organización

Primeras medidas antropomórficas anteriores al metro. Metrología ciencia que se ocupa de la medición.

La braza



La vara



Pruebas R y R: Repetitividad y Reproducibilidad

Estudios RyR

Modelo de medición para un estudio RyR

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk},$$

donde,

$$\alpha_i \approx N(0, \sigma_\alpha^2) \quad \text{Efecto piezas}$$

$$\beta_j \approx N(0, \sigma_\beta^2) \quad \text{Efecto operadores}$$

$$\alpha\beta_{ij} \approx N(0, \sigma_{\alpha\beta}^2) \quad \text{Interacción piezas-operadores}$$

$$\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \sigma^2) \quad \text{Error}$$

Nota: Los efectos y el termino de error se consideran independientes.

Pruebas R y R: Repetitividad y Reproducibilidad

Estudios RyR

Modelo de medición para un estudio RyR

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk},$$

donde,

$$\alpha_i \approx N(0, \sigma_\alpha^2) \quad \text{Efecto piezas}$$

$$\beta_j \approx N(0, \sigma_\beta^2) \quad \text{Efecto operadores}$$

$$\alpha\beta_{ij} \approx N(0, \sigma_{\alpha\beta}^2) \quad \text{Interacción piezas-operadores}$$

$$\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \sigma^2) \quad \text{Error}$$

Nota: Los efectos y el término de error se consideran independientes.

Pruebas R y R: Repetitividad y Reproducibilidad

Variabilidad del instrumento de medición:

$$\hat{\sigma}_{repet.}^2 = \hat{\sigma}^2, \quad (\text{repetitividad}).$$

Variabilidad debida al operador:

$$\hat{\sigma}_{repro.}^2 = \sqrt{\hat{\sigma}_\beta^2 + \hat{\sigma}_{\alpha\beta}^2}, \quad (\text{reproducibilidad}).$$

Variabilidad del sistema de medición:

$$\hat{\sigma}_{RyR} = \sqrt{\hat{\sigma}_{repet.}^2 + \hat{\sigma}_{repro.}^2}.$$

Índices en Metrología

Calidad del instrumento de medición

$$\delta = \frac{\sigma_{piezas}^2}{\sigma_{RyR}^2} .$$

Cociente Repetibilidad-Tolerancia:

$$P/T = k \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{(LSE - LIE)},$$

Cociente Error de Medición-Variabilidad Total:

$$EM/VT = \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{RyR}^2 + \hat{\sigma}_{piezas}^2}} = \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{\hat{\sigma}_{total}}$$

Índices en Metrología

Calidad del instrumento de medición

$$\delta = \frac{\sigma_{piezas}^2}{\sigma_{RyR}^2}$$

Cociente Repetibilidad-Tolerancia:

$$P/T = k \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{(LSE - LIE)},$$

Cociente Error de Medición-Variabilidad Total:

$$EM/VT = \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{RyR}^2 + \hat{\sigma}_{piezas}^2}} = \frac{\hat{\sigma}_{RyR}}{\hat{\sigma}_{total}}$$

Índices en Metrología

Clasificación de sistemas de medición, de acuerdo a la magnitud de la métrica P/T.

P/T	Interpretación
P/T < 10%	Desempeño excelente
10% < P/T < 20%	Desempeño adecuado
20% < P/T < 30%	Desempeño marginal
30% < P/T	Desempeño inadecuado

Índices en Metrología y capacidad (cpk)

Relación entre los índices Cpk y P/T, EM/VT y δ :

$$Cpk = \frac{1}{\sqrt{1+(P/T)^2}}$$

$$Cpk = \frac{1}{\sqrt{1-(EM/VT)^2}}$$

$$Cpk = \frac{1}{\sqrt{1+1/\delta}}$$

Índices en Metrología y capacidad (cpk)

Relación entre los índices Cpk y P/T, EM/VT y δ :

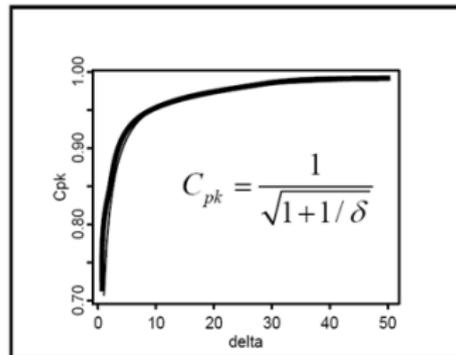
$$C_{pk} = \frac{1}{\sqrt{1+(P/T)^2}}$$

$$C_{pk} = \frac{1}{\sqrt{1-(EM/VT)^2}}$$

$$C_{pk} = \frac{1}{\sqrt{1+1/\delta}}$$

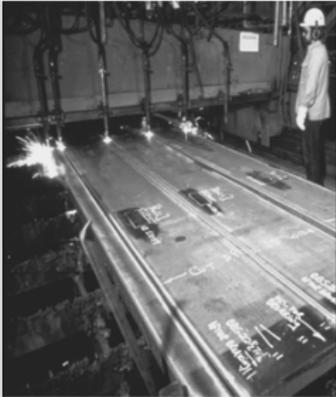
Índices en Metrología y capacidad (cpk)

Relación entre el índice Cpk y el índice δ .



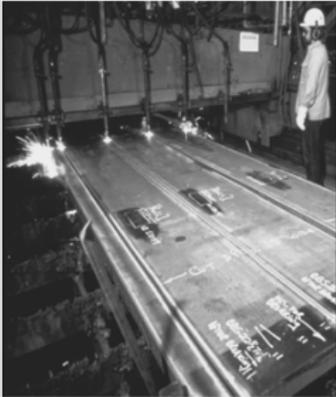
Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Proceso de soldadura naval



Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Proceso de soldadura naval



Portaaviones



Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Datos de longitud de hilo de soldadura (mm)

Pieza	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op.5
1	3.481	3.448	3.485	3.475	3.472
	3.477	3.472	3.464	3.472	3.470
	3.470	3.470	3.477	3.473	3.474
2	3.258	3.254	3.256	3.249	4.241
	3.254	3.247	3.257	3.238	3.250
	3.258	3.239	3.245	3.240	3.254

Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Datos de longitud de hilo de soldadura (mm)

Pieza	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op.5
1	3.481	3.448	3.485	3.475	3.472
	3.477	3.472	3.464	3.472	3.470
	3.470	3.470	3.477	3.473	3.474
2	3.258	3.254	3.256	3.249	4.241
	3.254	3.247	3.257	3.238	3.250
	3.258	3.239	3.245	3.240	3.254

Estimaciones de componentes de la varianza

Índices y razones de diferentes componentes de variabilidad

Cantidad	Estim (EE)	Lim. Inf.	Lim. Sup.
σ	.00687 (.00109)	.00528	.00993
σ_{repro}	.00392 (.00244)	.00000	.01430
σ_{RyR}	.00792 (.00133)	.000643	.01599
σ_{Piezas}	.15785 (.11165)	.07036	5.02350
$\sigma^2 / \sigma_{RyR}^2$.75431 (.25257)	.00000	1.000
$\sigma_{piezas} / \sigma_{RyR}$	19.940 (14.500)	4.47	587.2

Riesgos del productor y comprador

A = la unidad es conforme

B = La unidad se clasifica como no conforme después de la medición.

Riesgo del productor:

$$\alpha = P(B | A) = P(A \cap B) / P(A)$$

Riesgo del consumidor:

$$\beta = P(B^c | A^c) = P(A^c \cap B^c) / P(A^c)$$

Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Riesgos del productor y comprador

A = la unidad es conforme

B = La unidad se clasifica como no conforme después de la medición.

Riesgo del productor:

$$\alpha = P(B | A) = P(A \cap B) / P(A)$$

Riesgo del consumidor:

$$\beta = P(B^c | A^c) = P(A^c \cap B^c) / P(A^c)$$

Distribución de la incertidumbre de medición Y

X = valor real de la característica de interés

Y = valor de medición

$Y = X + \varepsilon$

ε = error de medición

Se tiene que:

$$X \approx N(\mu_p, \sigma_p^2) \text{ y } \varepsilon \approx N(0, \sigma_{RyR}^2)$$

$$E(Y) = E(X + \varepsilon) = E(X) + E(\varepsilon) = \mu$$

$$V(Y) = V(X + \varepsilon) = V(X) + V(\varepsilon) = \sigma_p^2 + \sigma_{RyR}^2$$

$$Cov(X, Y) = E\{(X - \mu_p)(Y - \mu_p)\} = \sigma_p^2$$

Riesgos del productor y comprador

	Realmente dentro de especificaciones	Realmente fuera de especificaciones
Clasificada dentro de especificaciones	$P(A \cap B^c)$	$P(A^c \cap B^c)$
Clasificada fuera de especificaciones	$P(A \cap B)$	$P(A^c \cap B)$

Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Riesgos del productor y comprador

	Realmente dentro de especificaciones	Realmente fuera de especificaciones
Clasificada dentro de especificaciones	$P(A \cap B^c)$	$P(A^c \cap B^c)$
Clasificada fuera de especificaciones	$P(A \cap B)$	$P(A^c \cap B)$

Distribución de la incertidumbre de medición Y

Distribución de X y Y?

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \approx N \left(\begin{pmatrix} \mu_X \\ \mu_Y \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_p^2 & \sigma_p^2 \\ \sigma_p^2 & \sigma_p^2 + \sigma_{RR}^2 \end{pmatrix} \right) = N \left(\begin{pmatrix} 3.60 \\ 3.60 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} .02492 & .02492 \\ .02492 & .02498 \end{pmatrix} \right)$$

Estimación de los riesgos del productor y comprador

$$P(A) = P(3 < X < 4) = .994291, \quad P(A^c) = .005709$$

Realidad \ Clasificación	Realmente dentro de especificaciones	Realmente fuera de especificaciones
Clasificada dentro de especificaciones	$P(A \cap B^c)$ = .9939334	$P(A^c \cap B^c)$ = .0003036
Clasificada fuera de especificaciones	$P(A \cap B)$ = .0003566	$P(A^c \cap B)$ = .0054064

Riesgos

Ejemplo de aplicación de Metrología a soldadura naval

Estimación de los riesgos del productor y comprador

$$P(A) = P(3 < X < 4) = .994291, P(A^c) = .005709$$

Realidad \ Clasificación	Realmente dentro de especificaciones	Realmente fuera de especificaciones
Clasificada dentro de especificaciones	$P(A \cap B^c)$ = .9939334	$P(A^c \cap B^c)$ = .0003036
Clasificada fuera de especificaciones	$P(A \cap B)$ = .0003566	$P(A^c \cap B)$ = .0054064

Riesgos

Estimaciones de los errores de tipo I y II

Riesgos

$$\text{R. del fabricante } \alpha = .0003566 / .994291 = .0003586$$

$$\text{R. del consumidor } \beta = .00030360 / .005709 = .053179$$

Referencias

-  RICHARD L. THOMPSON, CONNIE DOTSON Y ROGER HARLOW (2002). *Fundamentals of Dimensional Metrology*. Thomson Learning.
-  CAROT-ALONSO, V. (1998). *Control Estadístico de la Calidad. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia*
-  DEL CASTILLO E. (2002). *Statistical Process Adjustment for Quality Control*. Wiley.
-  JURAN J. Y GODFREY B. (2005). *Manual de Calidad (tomos I y II)*. McGrawHill.
-  MONTGOMERY D. C. (2005/09). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.