



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
**E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

Control Estadístico de la Calidad

E. Gómez / J. Caja



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
**E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de
ingeniería
y **diseño**
industrial

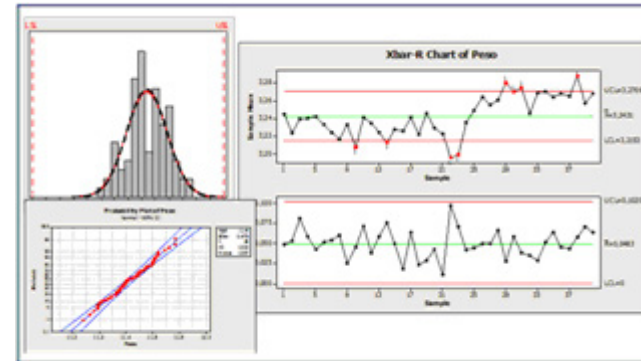
Evolución

Conceptos

Definiciones

Normativa

Control de procesos



Control de aceptación





POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

ALGUNOS HITOS: Los inicios

La revolución industrial comienza a exigir la fabricación masiva de productos.





POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

ALGUNOS HITOS: Los inicios

La revolución industrial comienza a exigir la fabricación masiva de productos.

La “gestión científica” de Taylor (1875). Primer intento de racionalización.

Henry Ford (1900) introduce la producción en serie en su “línea de montaje”.

Comienza a pensarse en términos de productividad.

Nace el concepto de normalización



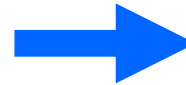
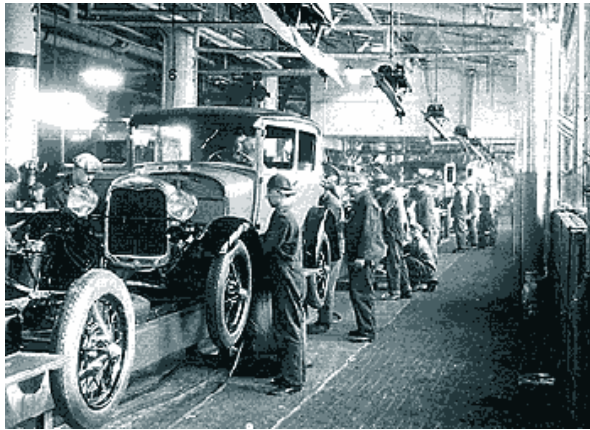
POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

ALGUNOS HITOS: Los inicios



Henry Ford (1900) introduce la producción en serie en su "línea de montaje".

Comienza a pensarse en términos de productividad.

Nace el concepto de normalización



ALGUNOS HITOS: Los inicios

La revolución industrial comienza a exigir la fabricación masiva de productos.

La “gestión científica” de Taylor (1875). Primer intento de racionalización.

Henry Ford (1900) introduce la producción en serie en su “línea de montaje”.

Comienza a pensarse en términos de productividad.

Nace el concepto de normalización



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

ALGUNOS HITOS: El "control"

Shewhart (1924) introduce las gráficas de control en los Laboratorios Bell.



WALTER SHEWHART

Físico, ingeniero, estadístico

Illinois, 1891 - 1967

Western Electric Company



ALGUNOS HITOS: El "control"

Shewhart (1924) introduce las gráficas de control en los Laboratorios Bell.

La estadística entra a formar parte del proceso industrial y aparece el control de la calidad como tal.

La II Guerra Mundial (1939-1945) establece las bases de la industria moderna.

Se acepta de forma general la necesidad de utilización de las técnicas estadísticas para el control y la mejora de la calidad.



ALGUNOS HITOS: El "control"

Shewhart (1924) introduce las gráficas de control en los Laboratorios Bell.

La estadística entra a formar parte del proceso industrial y aparece el control de la calidad como tal.

La II Guerra Mundial (1939-1945) establece las bases de la industria moderna.

Se acepta de forma general la necesidad de utilización de las técnicas estadísticas para el control y la mejora de la calidad.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

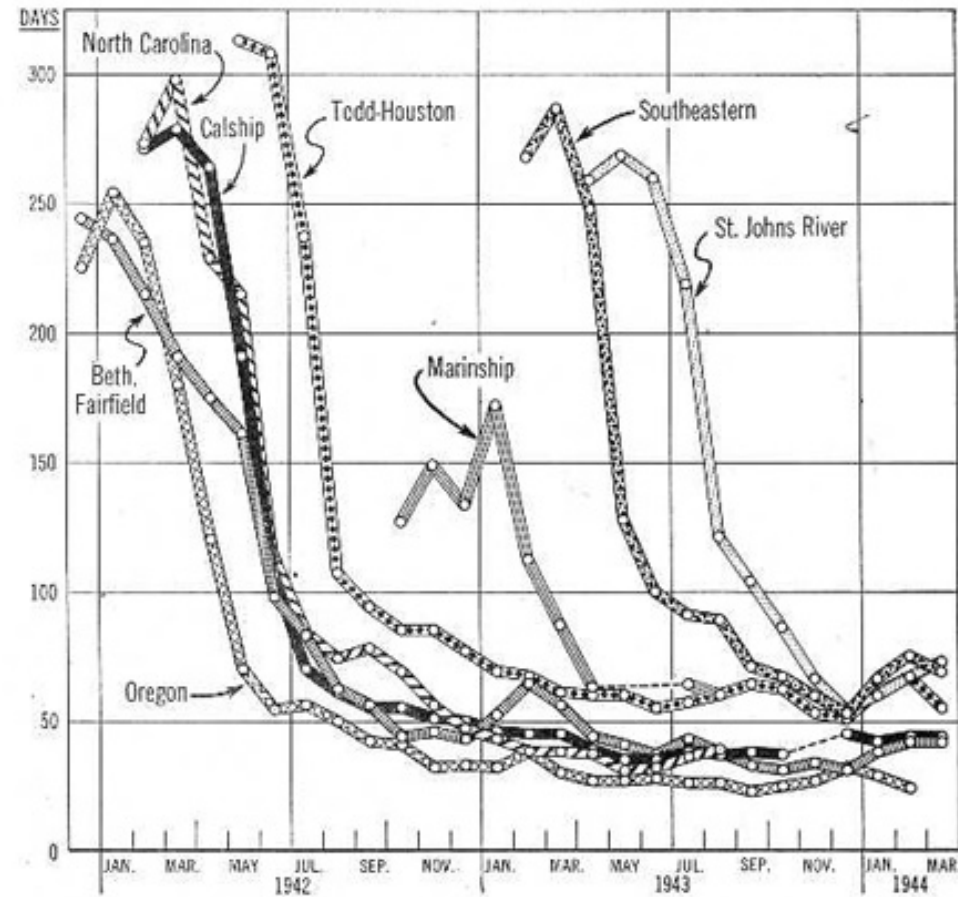
CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

CONSTRUCTION TIME OF LIBERTY SHIPS IN SELECTED YARDS

Average Number Of Days From Keel Laying To Delivery For Vessels Delivered Each Month, December 1941 – March 1944





ALGUNOS HITOS: La “garantía”

Deming viaja a Japón (1946) para impartir una serie de seminarios acerca de control y garantía de la calidad.

“Para reducir defectos dentro de las actividades de producción, lo más importante es reconocer que los mismos se originan en el proceso y que **las inspecciones sólo pueden descubrir esos defectos**”

Desarrollo de sistemas **poka-yoke** (a prueba de errores), **procedimientos** escritos, modelos de **auditoría** de suministros...



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

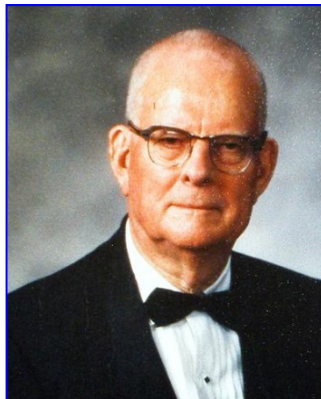
CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

ALGUNOS HITOS: La "gestión"

Aparecen los trabajos de Deming, Feigenbaum y Juran (década de 1950) sobre lo que hoy denominamos gestión de calidad.



E. DEMING

Físico, ingeniero eléctrico, profesor
Iowa, 1900 - 1993
Universidad de Yale



A. FEIGENBAUM

Dr. Por el MIT
USA 1922
Director de fabricación de General Electric



J. M. JURAN

Ingeniero eléctrico
Rumanía, 1904 – USA 2008
Western Electric. Bell Labs.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

ALGUNOS HITOS: La “gestión”

Comienza a extenderse el concepto de calidad a **toda la empresa**.

Nace el concepto “**calidad total**”.

Por calidad se entiende la **satisfacción del cliente**.

Se extiende la **certificación** de acuerdo a **normas de calidad (ISO)**.



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

ALGUNOS HITOS: La “excelencia”

En el año 1988 se crea la **EFQM** para promover la competitividad de las empresas europeas.

De forma generalizada, el poder está en manos de los **consumidores**.

La calidad se entiende como un elemento esencial de **supervivencia** de la empresa.

Solamente los mejores, es decir, **los excelentes**, tienen cabida.

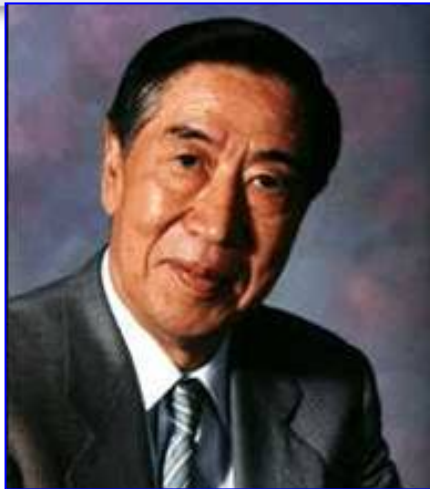


POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial



Ingeniero
Tokamachi (Japón) 1924
Nippon Telegraph and Telephone

GENICHI TAGUCHI

Conceptos fundamentales:

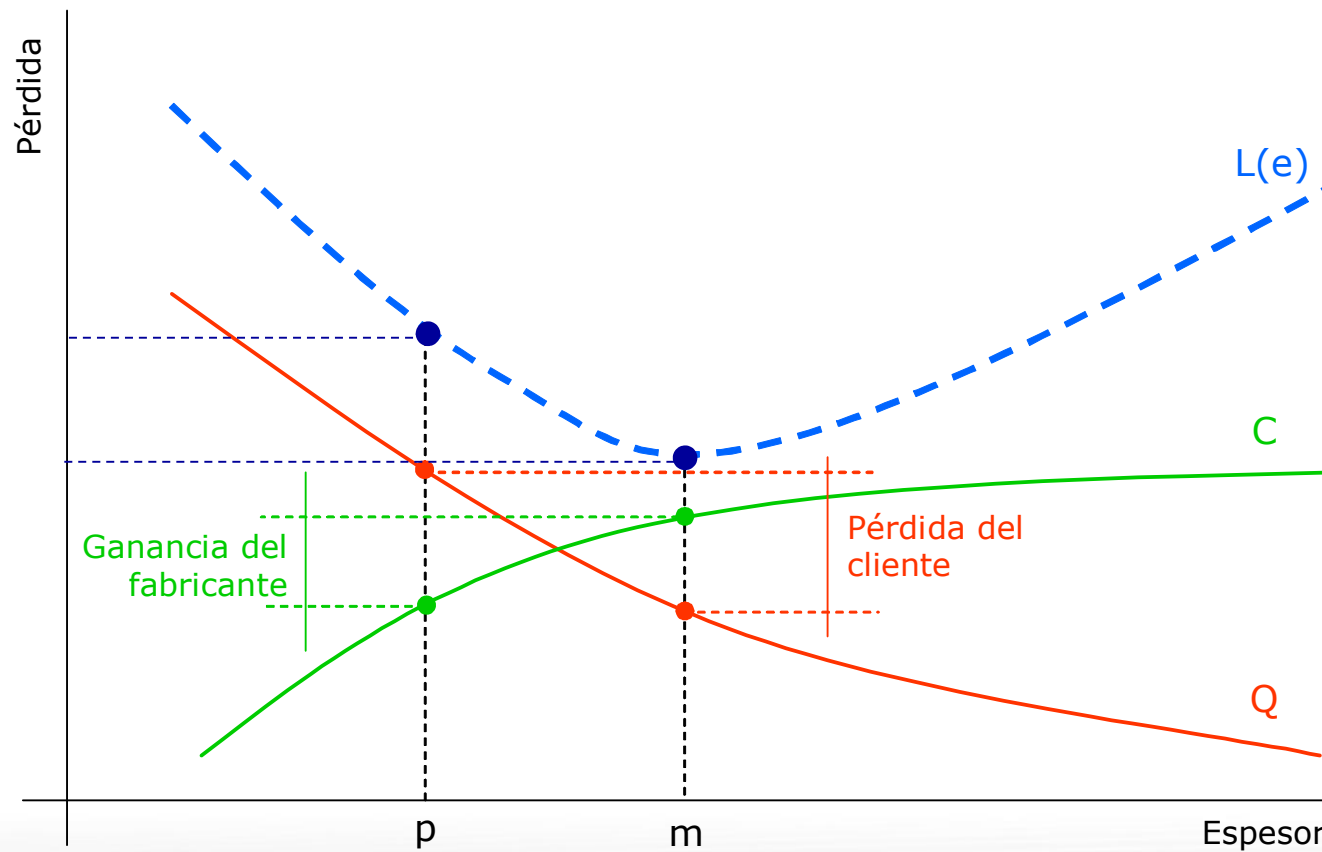
- 1- Productos atractivos al cliente.
- 2- Ofrecer mejores productos que la competencia.

Función de pérdida: a mayor variación de una especificación con respecto al valor nominal, mayor es la pérdida monetaria transferida al consumidor.

Mejora continua: la mejora continua del proceso productivo y la reducción de la variabilidad son indispensables para subsistir en la actualidad.

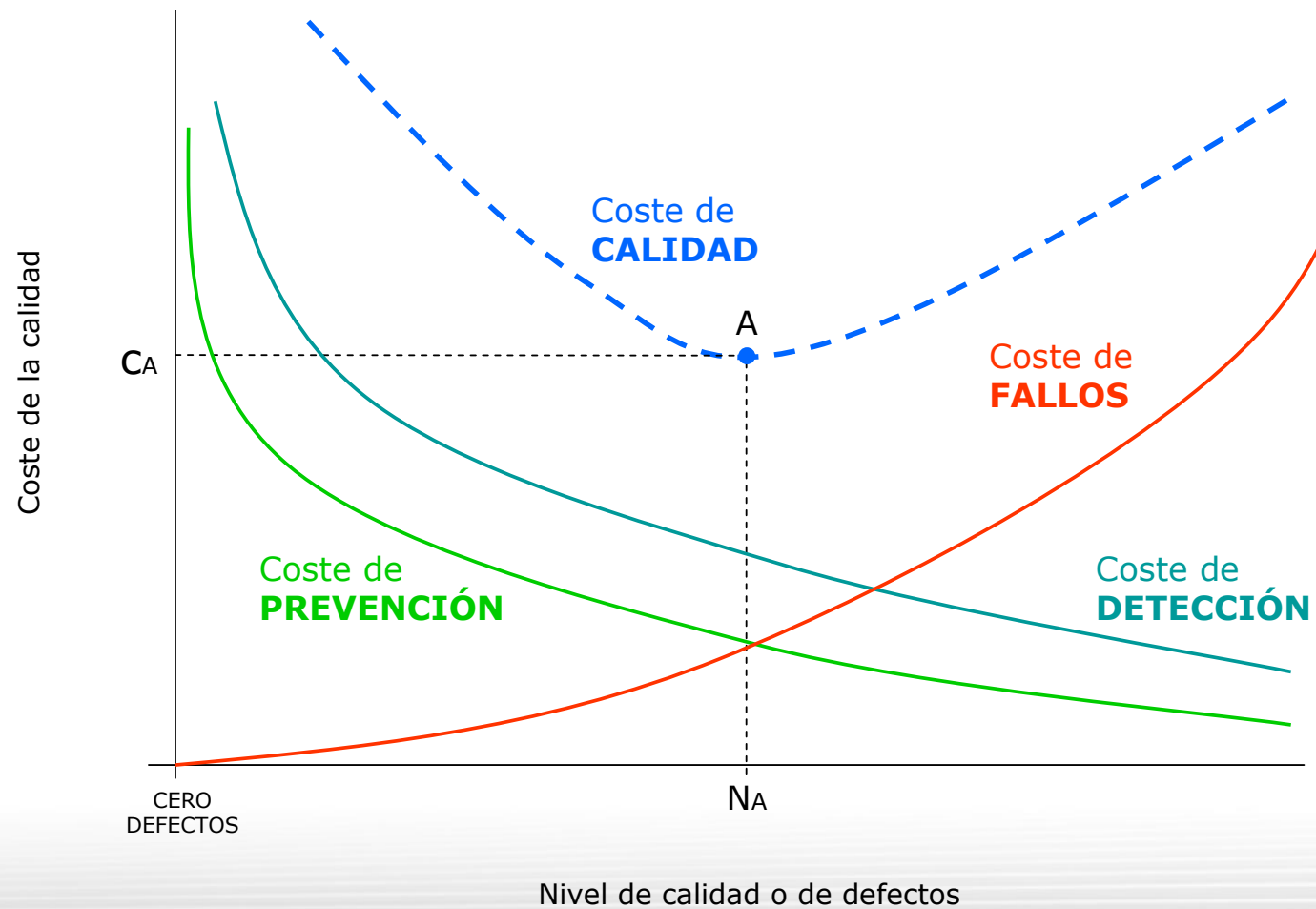


FUNCIÓN DE PÉRDIDA DE TAGUCHI



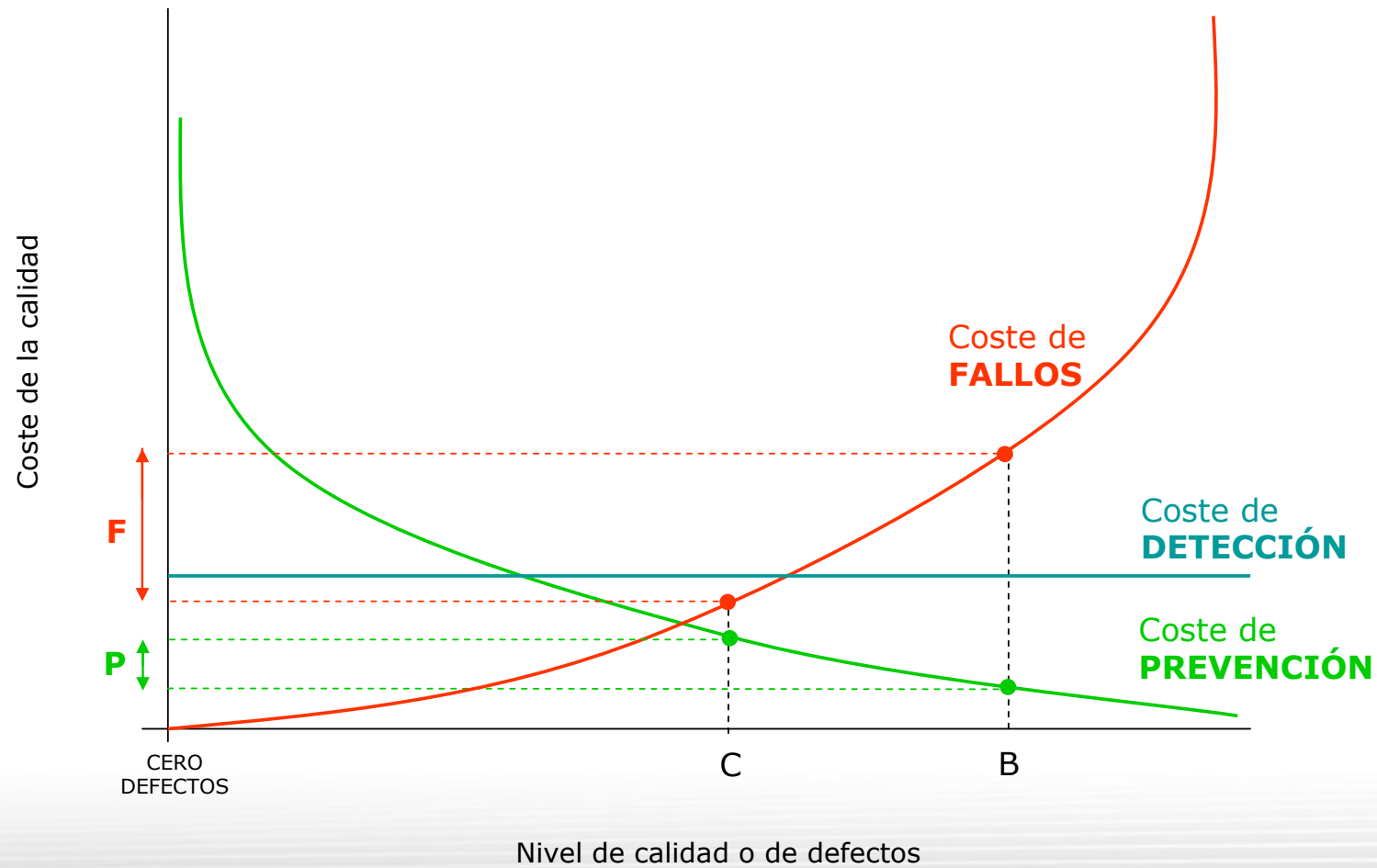


COSTES DE LA CALIDAD





COSTES DE LA CALIDAD





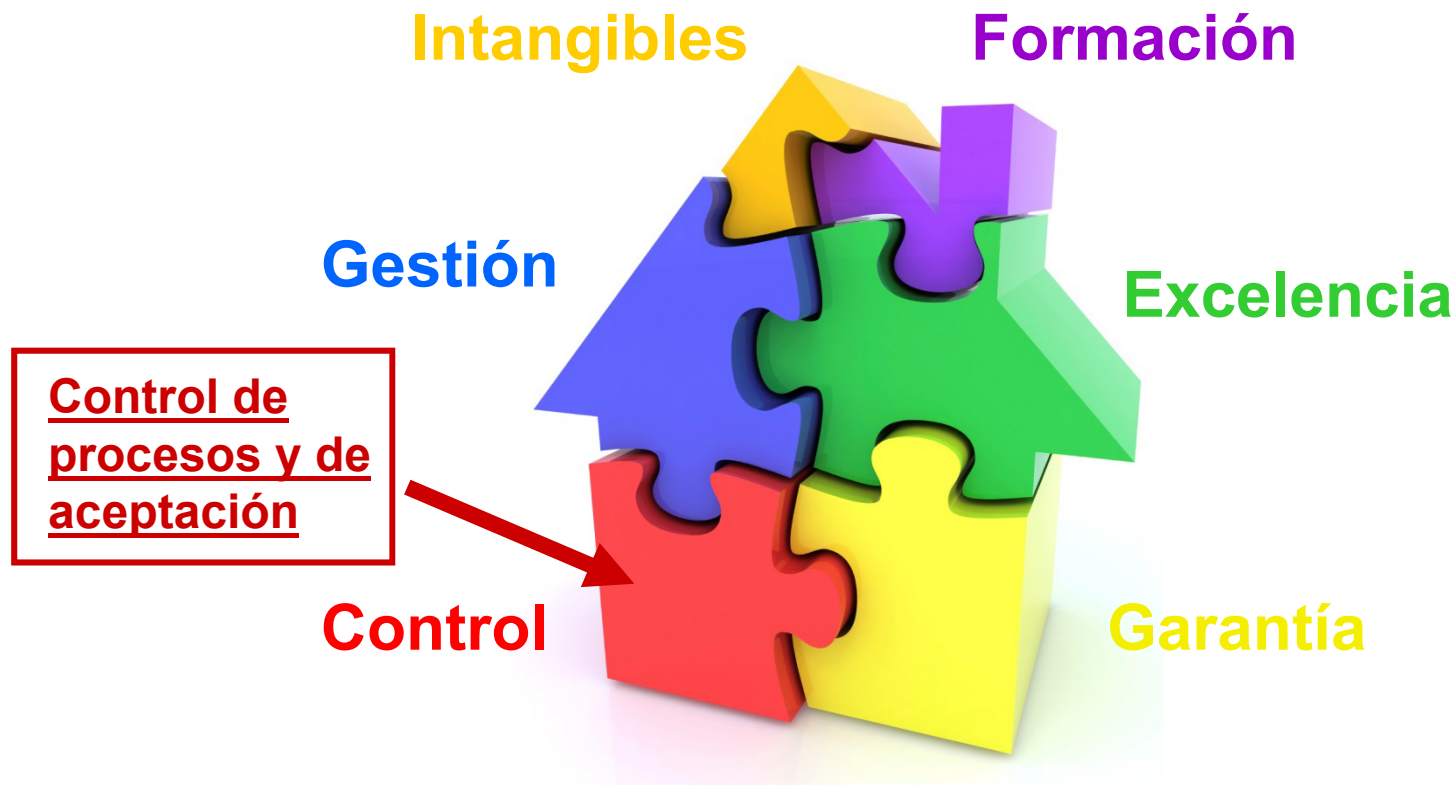
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial



El puzzle de la calidad



NORMATIVA DE LA CALIDAD

<u>Normas básicas de la familia ISO 9000</u>	Propósito
ISO 9000 – <i>Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario</i>	Establece un punto de partida para comprender las normas y define los términos fundamentales utilizados en la familia de normas ISO 9000, que se necesitan para evitar malentendidos en su utilización.
ISO 9001 – <i>Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos</i>	Esta es la norma de requisitos que se emplea para cumplir eficazmente los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables, para así conseguir la satisfacción del cliente.
ISO 9004 – <i>Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño</i>	Esta norma proporciona ayuda para la mejora del sistema de gestión de la calidad para beneficiar a todas las partes interesadas a través del mantenimiento de la satisfacción del cliente. La Norma ISO 9004 abarca tanto la eficiencia del sistema de gestión de la calidad como su eficacia.
ISO 19011 – <i>Directrices para la auditoría ambiental y de la calidad</i>	Proporciona directrices para verificar la capacidad del sistema para conseguir objetivos de la calidad definidos. Esta norma se puede utilizar internamente o para auditar a los proveedores.

ISO 9001

Sección 1 - **Ámbito**

Sección 2 - Referencias normativas

Sección 3 - Términos y Definiciones

Sección 4 - Requisitos del Sistema

Sección 5 - Responsabilidades de la Dirección

Sección 6 - Gestión de Recursos

Sección 7 - Realización del Producto

Sección 8 - Medición, Análisis y Mejora

7.1 Planificación de la elaboración del producto

7.2 Procesos relacionados con el cliente

7.3 Diseño y desarrollo

7.4 Compras

7.5 Producción y prestación del servicio

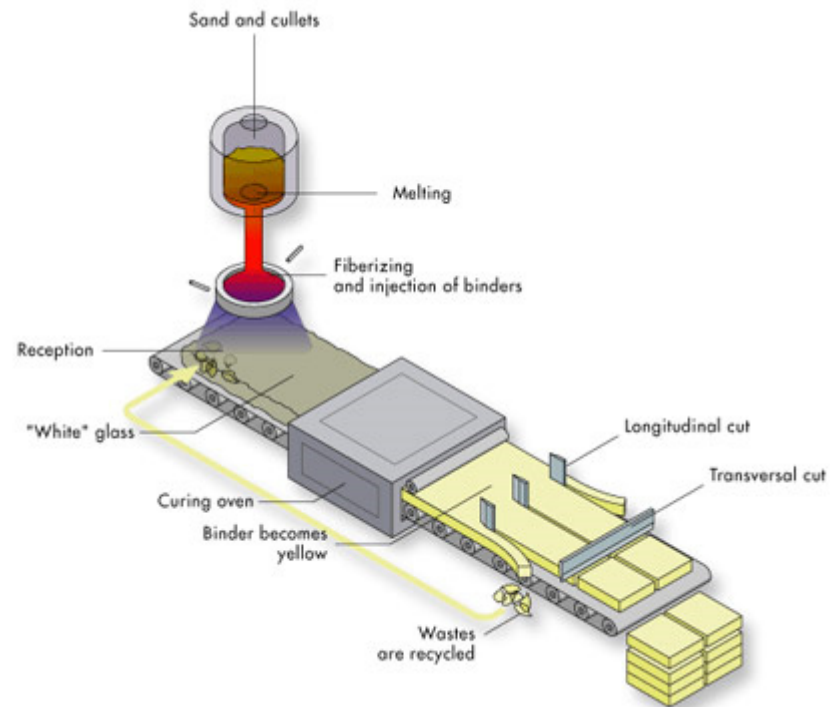
7.6 Control dispositivos de seguimiento y de medición



CONTROL DE PROCESOS

Modelo general de los procesos de fabricación (Leo Alting)

Material (e)
Energía (e)
Información (e)



Material (s)

Energía (s)

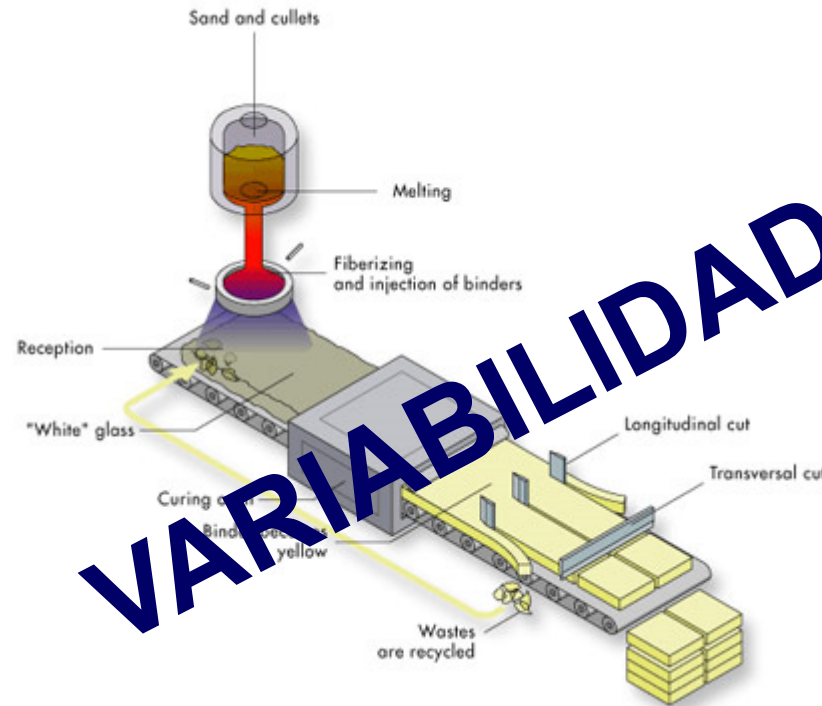
Información (s)



CONTROL DE PROCESOS

Modelo general de los procesos de fabricación (Leo Alting)

Material (e)
Energía (e)
Información (e)



VARIABILIDAD

Material (s)
Energía (s)
Información (s)



CONTROL DE PROCESOS

Modelo general de los procesos de fabricación (Leo Alting)

Material (e)
Energía (e)
Información (e)



CAUSAS NO ASIGNABLES

CAUSAS ASIGNABLES

Material (s)

Energía (s)

Información (s)



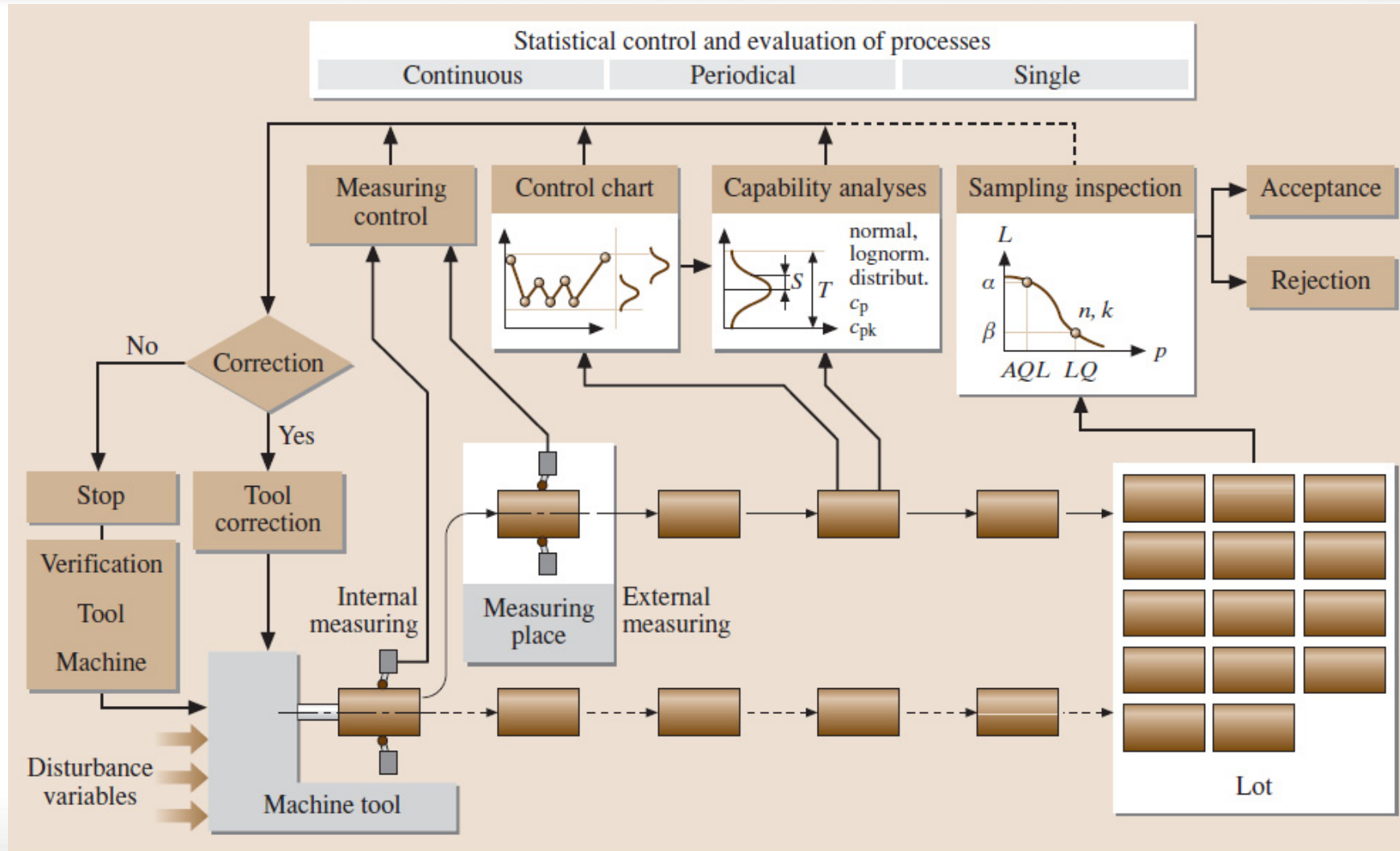
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial





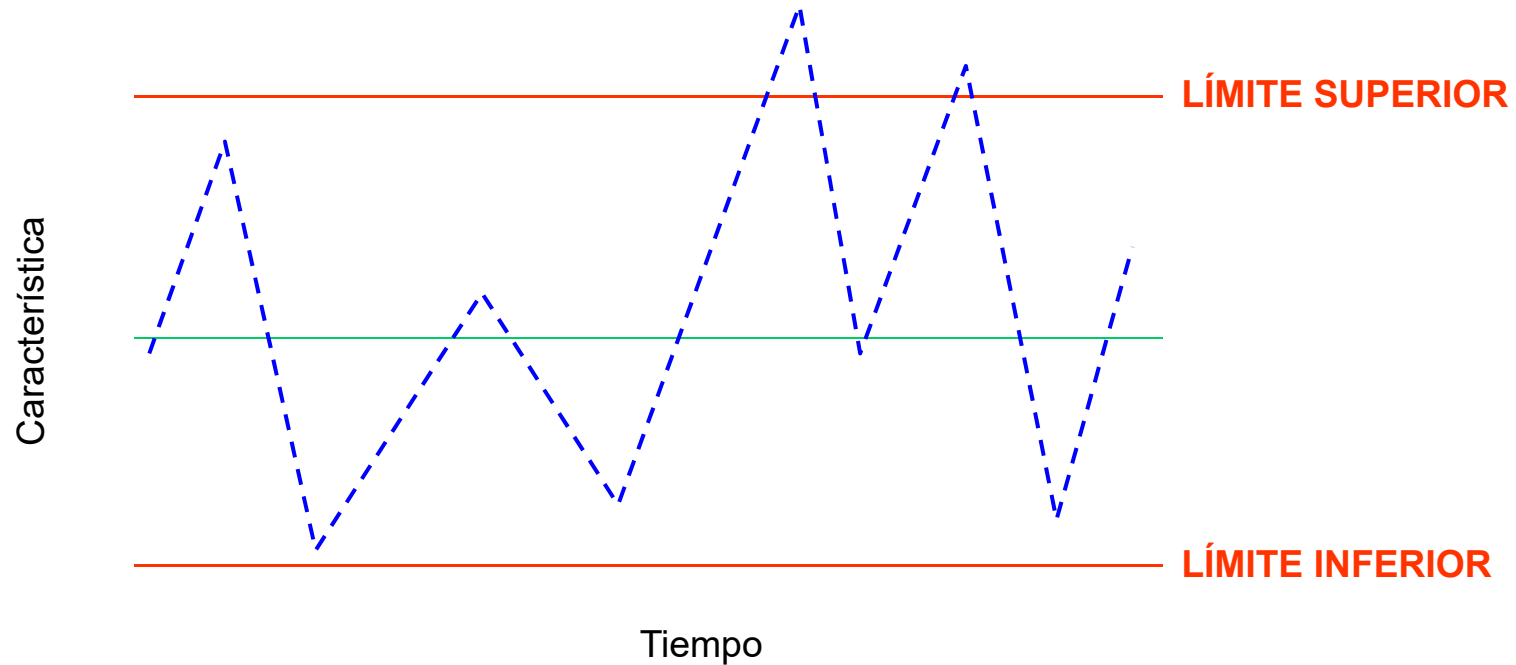
POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
**E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de
ingeniería
y **diseño**
industrial

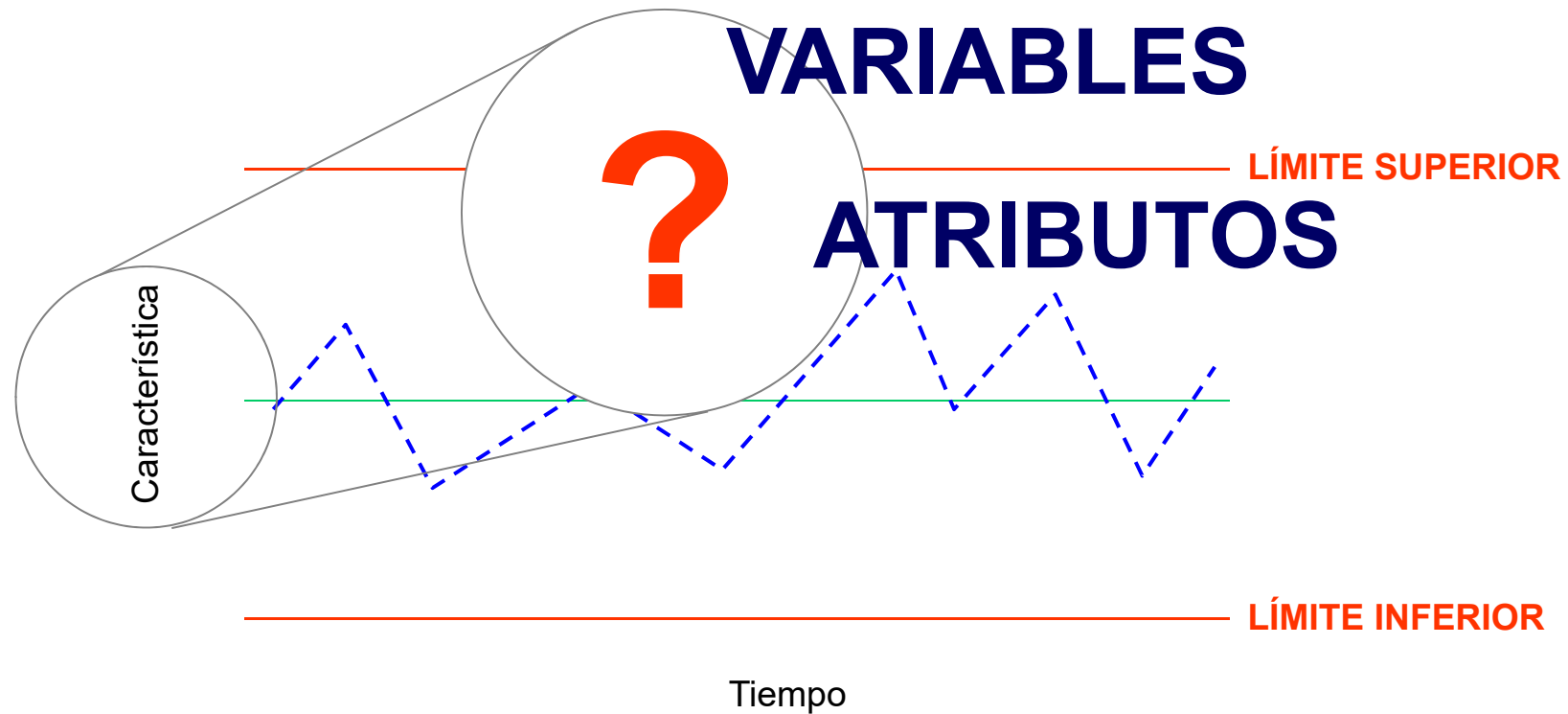
CONTROL DE PROCESOS



FUERA DE CONTROL



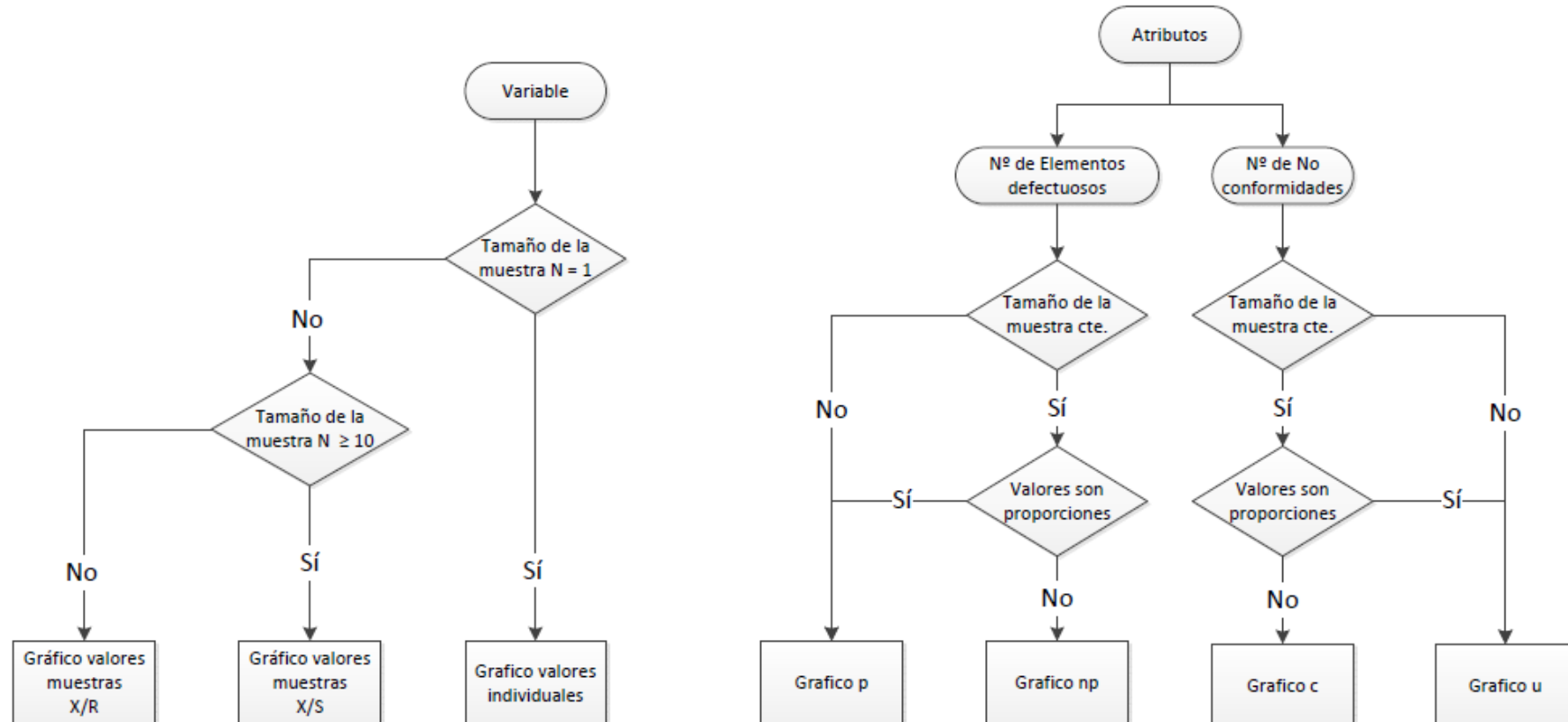
CONTROL DE PROCESOS



BAJO CONTROL

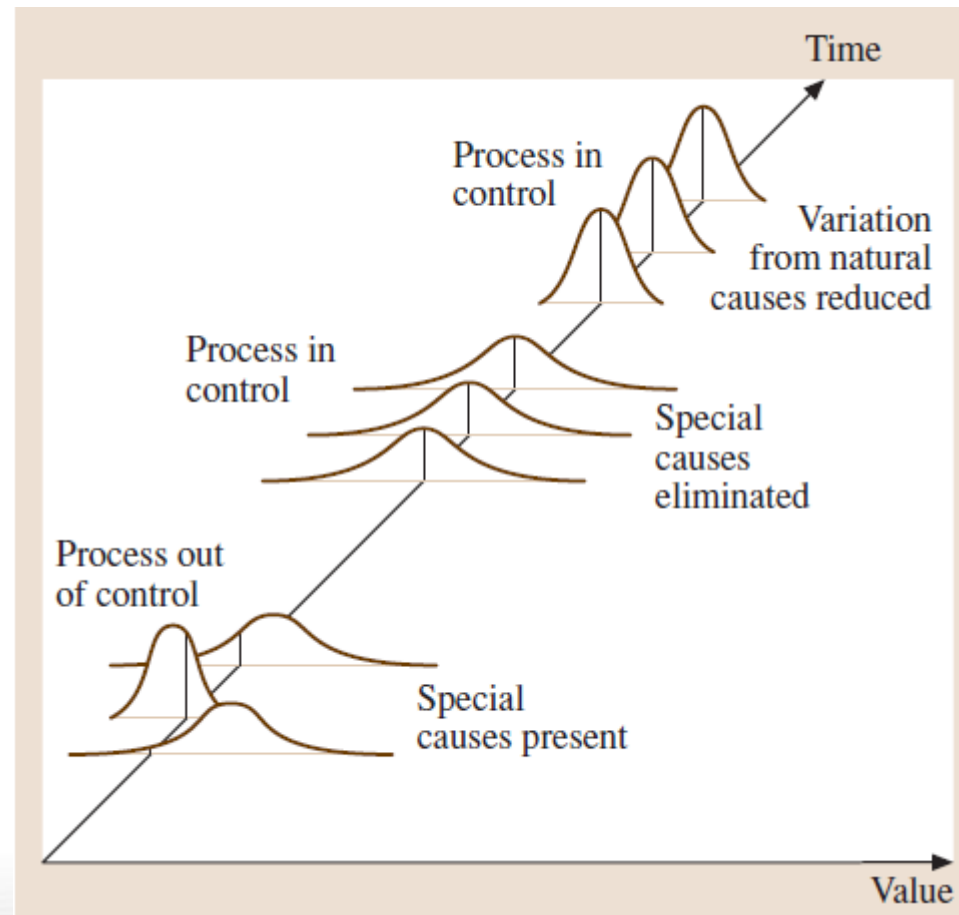


CONTROL DE PROCESOS





CONTROL DE PROCESOS





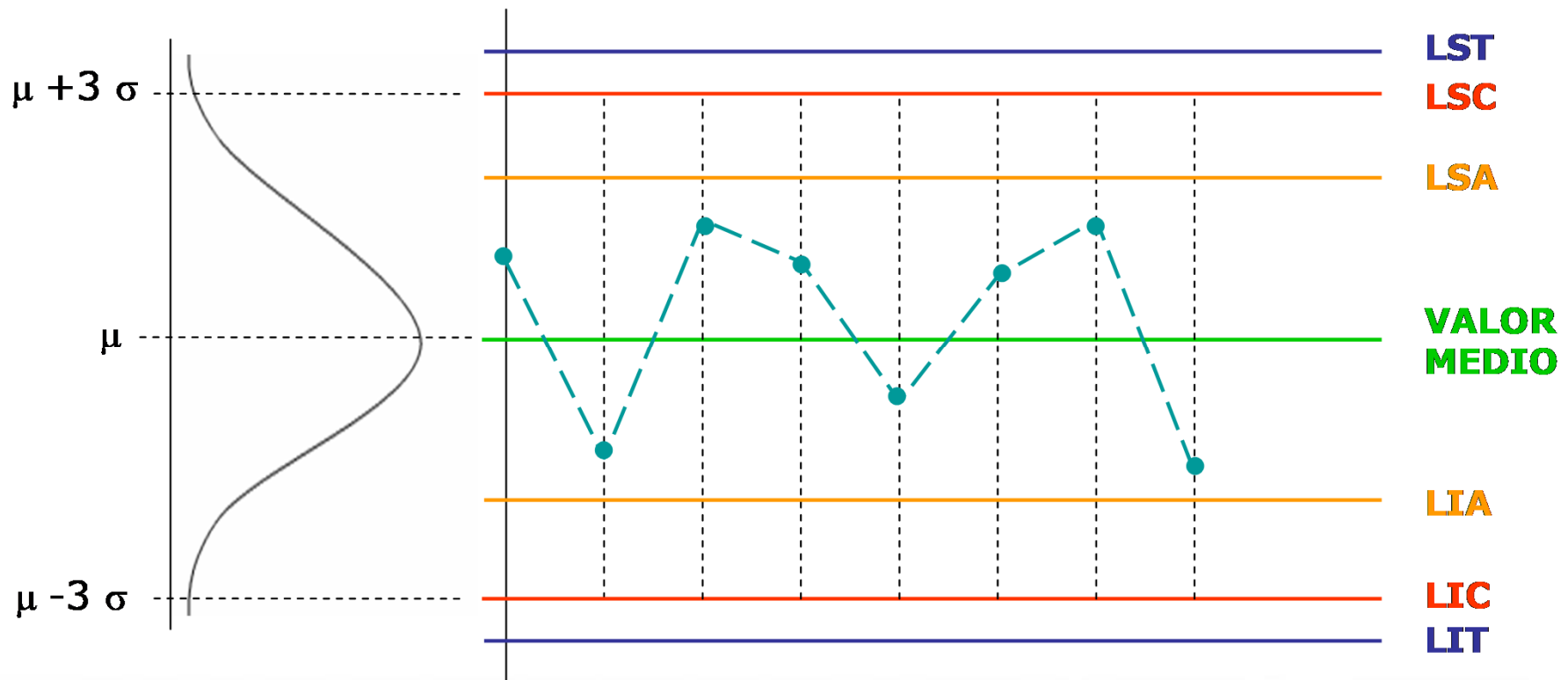
POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

CONTROL POR VARIABLES





CONTROL POR VARIABLES

TIPOS:

medias y recorridos (\bar{X}, R)

medias y desviaciones típicas (\bar{X}, S)

medianas y recorridos (MD, R)



CONTROL POR VARIABLES

TIPOS:

medias y recorridos (\bar{X} , R)

medias y desviaciones típicas (\bar{X} , S)

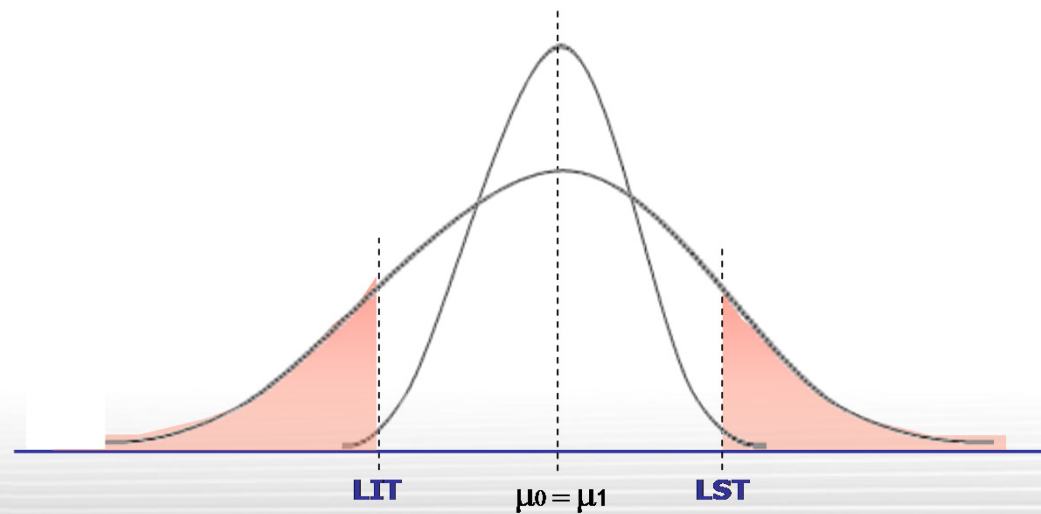
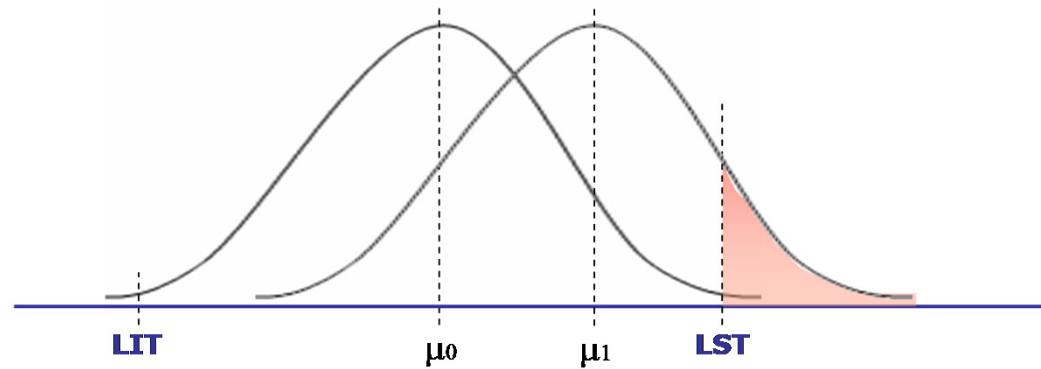
medianas y recorridos (MD , R)

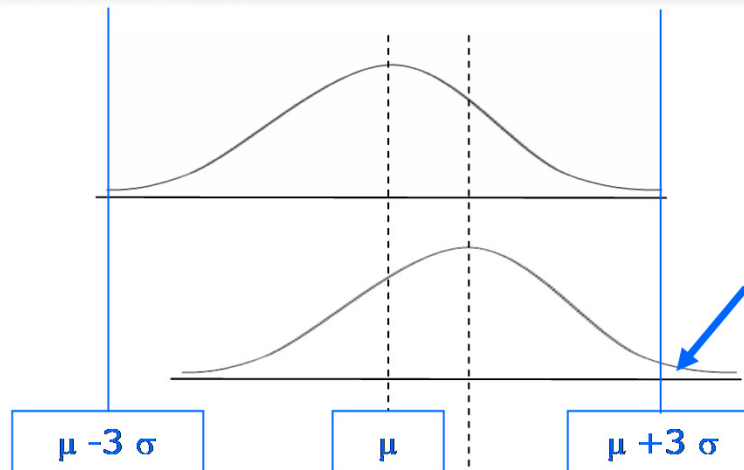


PROMEDIO DISPERSIÓN



CONTROL POR VARIABLES



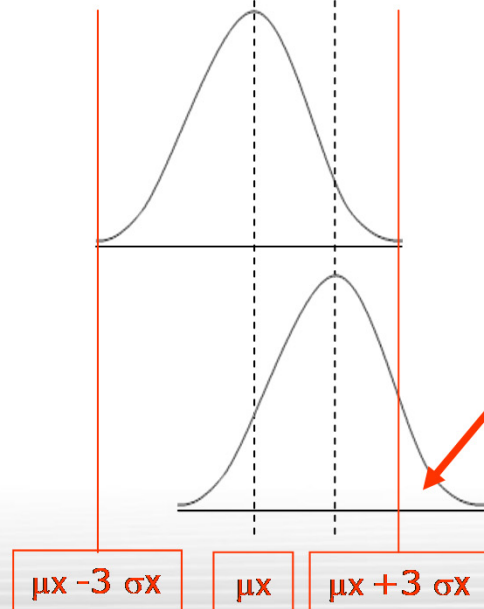


DISTRIBUCIÓN INICIAL: $N(100,5)$

Probabilidad de que una unidad exceda los límites naturales: 0.27 %

DISTRIBUCIÓN con una desviación del proceso: $N(105,5)$

Probabilidad de que una unidad exceda los límites naturales INICIALES: 2.275 %



DISTRIBUCIÓN INICIAL PARA UNA MUESTRA DE CUATRO UNIDADES: $N(100,2.5)$

Probabilidad de que una MUESTRA exceda los límites naturales: 0.27 %

DISTRIBUCIÓN CON UNA DESVIACIÓN DEL PROCESO PARA UNA MUESTRA DE CUATRO UNIDADES: $N(105,2.5)$

Probabilidad de que una MUESTRA exceda los límites naturales iniciales: 15.866 %



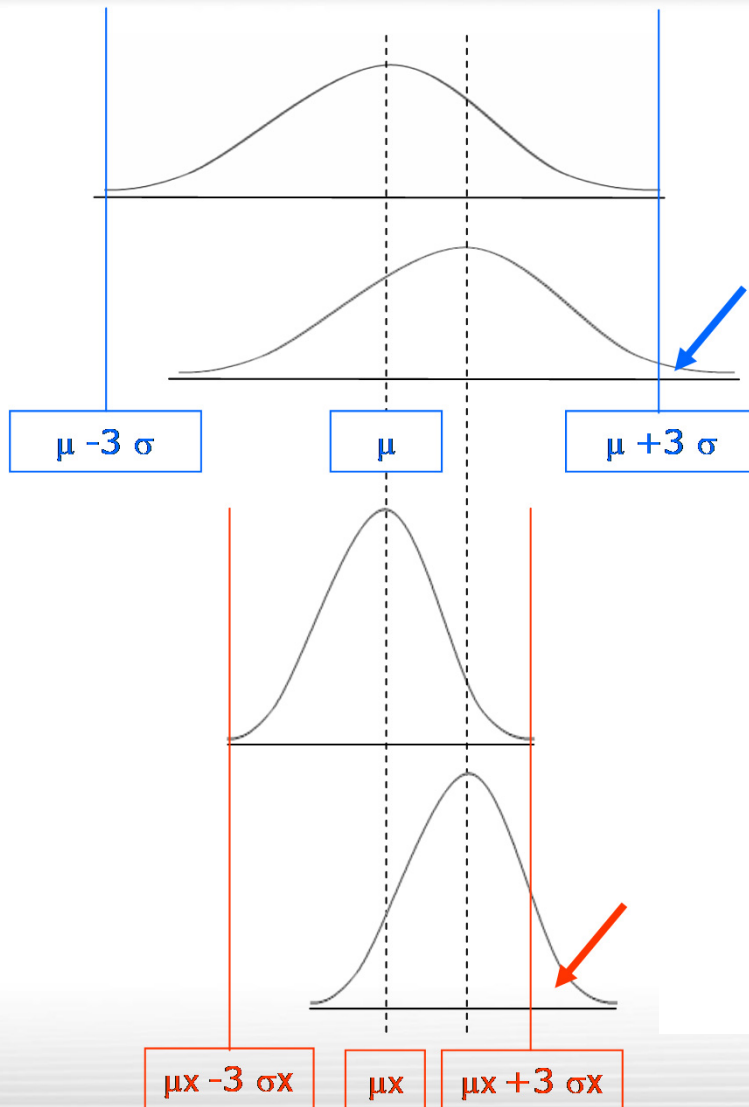
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial



Función de distribución de probabilidad $N(\mu, \sigma)$.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\left[\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \Rightarrow -\infty < x < \infty$$

Normalización $N(0,1)$.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$N(100,5)$ probabilidad de que una unidad exceda los límites naturales

$$P(85 > x > 115)$$

$$1 - P(85 \leq x \leq 115)$$

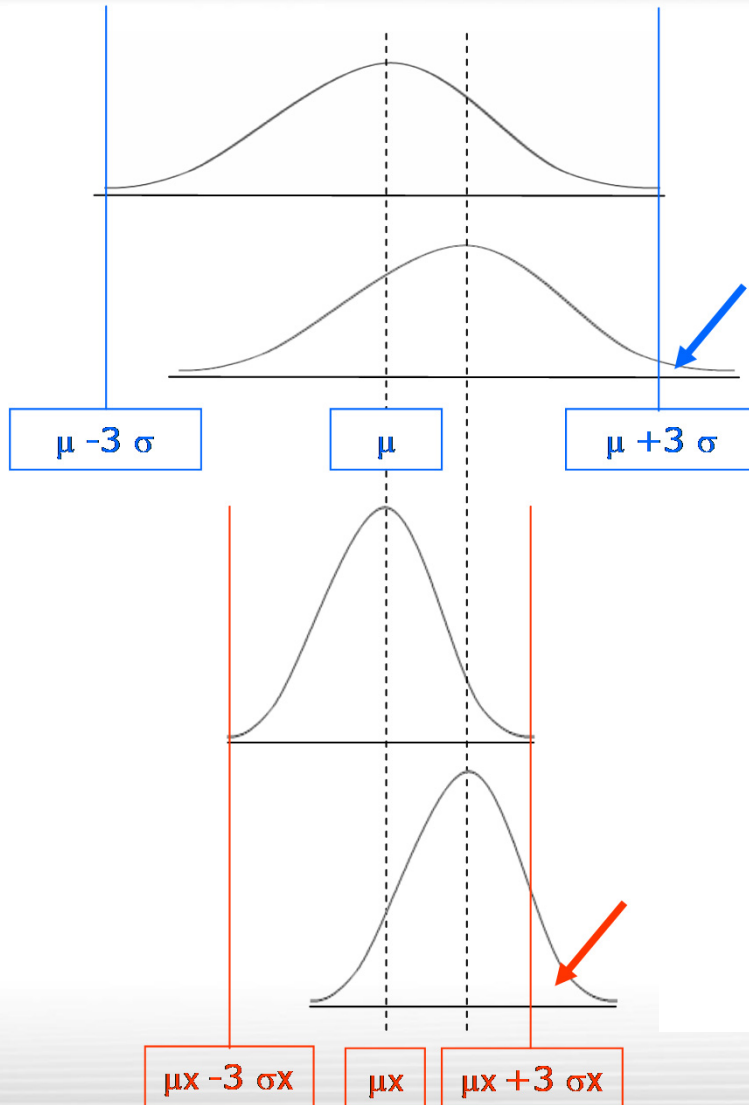
$$1 - [P(x \leq 115) - P(x \leq 85)]$$

$$1 - \left[P\left(x \leq \frac{115 - 100}{5}\right) - P\left(x \leq \frac{85 - 100}{5}\right) \right]$$

$$1 - [P(x \leq 3) - P(x \leq -3)]$$

$$1 - [P(x \leq 3) - [1 - P(x \leq 3)]]$$

$$1 - [0,998650 - [1 - 0,998650]] = 0,0027$$



$N(105,2,5)$ probabilidad de que una muestra de 4 unidades exceda los límites naturales

$$P(92,5 > x > 107,5)$$

$$1 - P(92,5 \leq x \leq 107,5)$$

$$1 - [P(x \leq 107,5) - P(x \leq 92,5)]$$

$$1 - \left[P\left(x \leq \frac{107,5 - 105}{5/\sqrt{4}}\right) - P\left(x \leq \frac{92,5 - 105}{5/\sqrt{4}}\right) \right]$$

$$1 - [P(x \leq 1) - P(x \leq -5)]$$

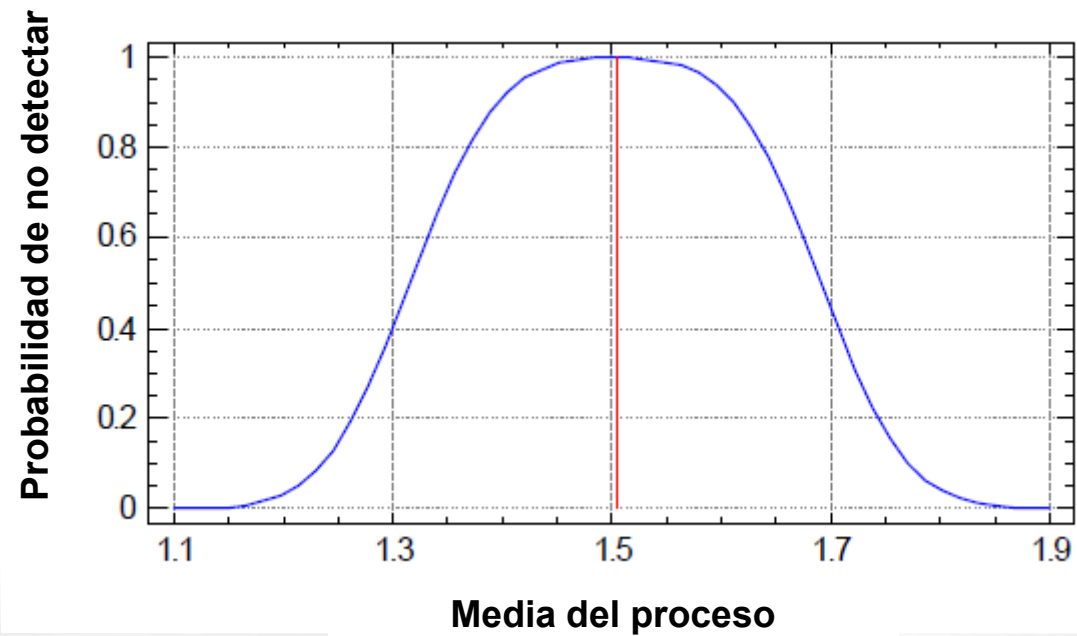
$$1 - [P(x \leq 1) - [1 - P(x \leq 5)]]$$

$$1 - [0,841345 - [1 - 1]] = 0,15866$$



Gráfica de Característica Operativa (OC)

Evalúa la probabilidad de no detectar la gráfica de control el cambio cuando la media del proceso cambia.

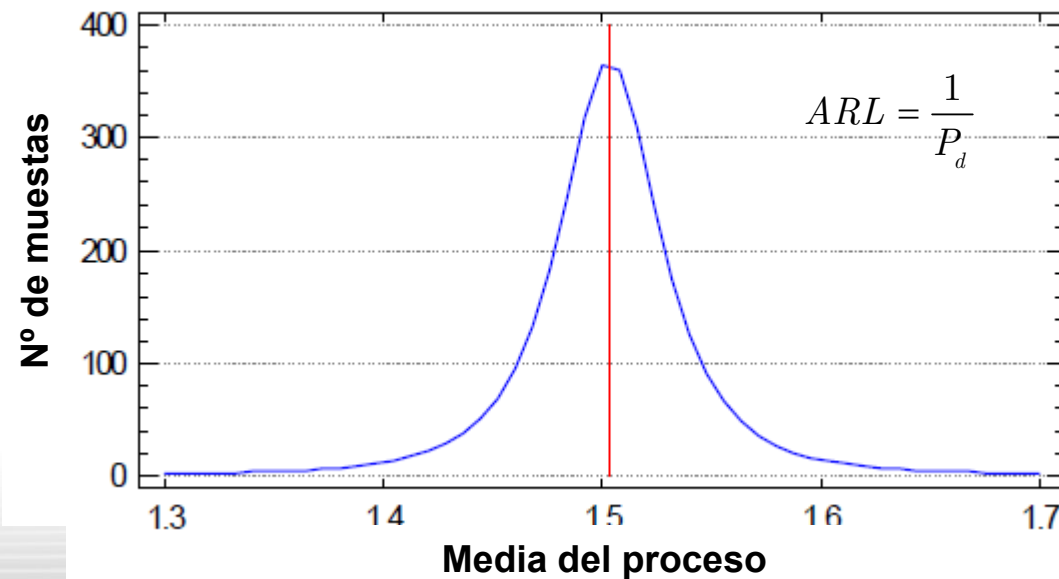




Gráfica ARL (*Average Run Length*)

Evalúa el número de muestras necesarias (en promedio) para detectar un cambio en la media del proceso (muestra fuera de los límites de control)

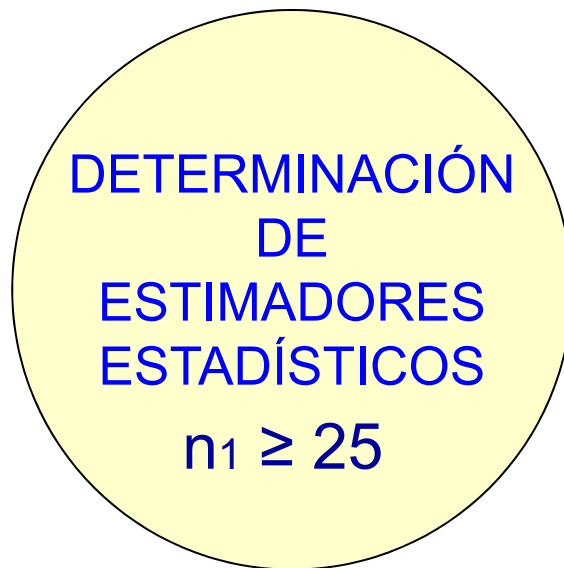
P_d Probabilidad de que una muestra esté fuera de los límites de control





CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES

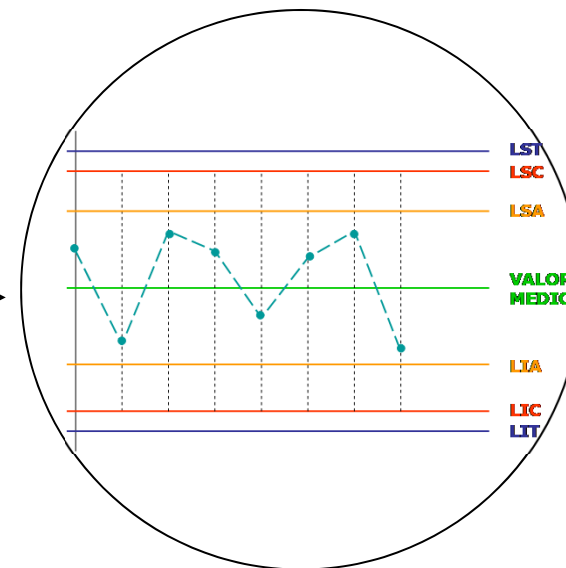
FASE 1



PERÍODO BASE

(μ_0 , σ_0 : DATOS)

FASE 2



PERÍODO DE SEGUIMIENTO



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES



$$\mu_0 \pm 3\sigma_{\bar{X}} = \mu_0 \pm \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LSC = \mu_0 + A \sigma_0$$

$$LIC = \mu_0 - A \sigma_0$$

$$\mu_0 = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j, \text{ siendo } \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

$$\sigma_0 = \frac{\bar{S}}{C_2}, \text{ siendo } \bar{S} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k S_j$$

$$\bar{\bar{x}} \pm \frac{3\bar{S}}{C_2 \sqrt{n}}$$

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_1 \bar{S} \quad LIC = \bar{\bar{x}} - A_1 \bar{S}$$



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES



$$\mu_0 \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \mu_0 \pm \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LSC = \mu_0 + A \sigma_0$$

$$LIC = \mu_0 - A \sigma_0$$

$$\mu_0 = \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j, \text{ siendo } \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

$$\sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}, \text{ siendo } \bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$$

$$\bar{x} \pm \frac{3\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

$$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} \quad LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES



$$\mu_S = C_2 \sigma_0$$

$$\sigma_S = \sigma_0 \sqrt{1 - C_2^2 - \frac{1}{n}}$$

$$LSC_S = \left[C_2 + 3 \sqrt{1 - C_2^2 - \frac{1}{n}} \right] \sigma_0 = B_2 \sigma_0$$

$$LIC_S = \left[C_2 - 3 \sqrt{1 - C_2^2 - \frac{1}{n}} \right] \sigma_0 = B_1 \sigma_0$$

$$\mu_S = C_2 \frac{\bar{S}}{C_2} = \bar{S}$$

$$LSC_S = \left[1 + \frac{3}{C_2} \sqrt{1 - C_2^2 - \frac{1}{n}} \right] \bar{S} = B_4 \bar{S}$$

$$LIC_S = \left[1 - \frac{3}{C_2} \sqrt{1 - C_2^2 - \frac{1}{n}} \right] \bar{S} = B_3 \bar{S}$$



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES

Ejemplo: $\mu_0 = 30 \text{ mm}$, $\sigma_0 = 20 \text{ }\mu\text{m}$, $n = 5$

Gráfico del promedio:

$$LC = \mu_0 = 30 \text{ mm}$$

$$LSC = \mu_0 + \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}} = 30 + 3 \frac{0.02}{\sqrt{5}} = 30.027 \text{ mm}$$

$$LIC = \mu_0 - \frac{3\sigma_0}{\sqrt{n}} = 30 - 3 \frac{0.02}{\sqrt{5}} = 29.973 \text{ mm}$$

Gráfico de dispersión:

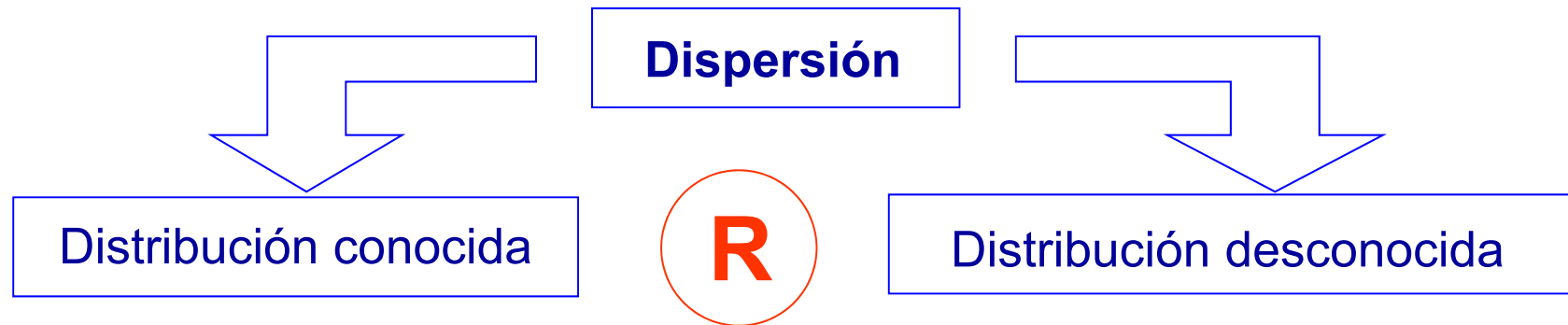
$$LCs = C2 \sigma_0 = 0,8407 \cdot 0.02 = 0.017 \text{ mm}$$

$$LSCs = B2 \sigma_0 = 1.756 \cdot 0.02 = 0.035 \text{ mm}$$

$$LICs = B1 \sigma_0 = 0 \cdot 0,02 = 0 \text{ mm}$$



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES



$$\mu_R = d_2 \sigma_0$$

$$\sigma_R = d_3 \sigma_0$$

$$d_2 \sigma_0 \pm 3 d_3 \sigma_0 = (d_2 \pm 3 d_3) \sigma_0$$

$$LSC_R = [d_2 + 3 d_3] \sigma_0 = D_2 \sigma_0$$

$$LIC_R = [d_2 - 3 d_3] \sigma_0 = D_1 \sigma_0$$

$$\mu_R = \bar{R}$$

$$\mu_R \pm 3 \sigma_R = \bar{R} \pm 3 d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 \pm 3 \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R}$$

$$LSC_R = \left[1 + 3 \frac{d_3}{d_2}\right] \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = \left[1 - 3 \frac{d_3}{d_2}\right] \bar{R} = D_3 \bar{R}$$



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
**E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de
ingeniería
y **diseño**
industrial

CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES

WINspc

<http://www.winspc.com/>

SPCinspéctor

<http://www.spc-inspector.com/>

Factory SPC 6

<http://www.elecsoft.com/>



CREACIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES

Implantar un control por variables para el volumen de llenado de envases.

Datos:

$$V = 1000 \pm 20 \text{ cm}^3$$

$$\text{LIT} = 980 \text{ cm}^3$$

$$\text{LST} = 1020 \text{ cm}^3$$

$$n = 5$$

Valores obtenidos en el periodo base

Nº	MUESTRAS HORARIAS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	993	996	998	997	998	988	995	1009	998	1004	996	988	994	998	988	1004	991	992	993	995
2	997	994	999	1002	985	995	1006	993	1009	991	994	1000	997	1004	998	997	998	996	992	997
3	996	998	998	998	986	999	998	990	996	996	990	996	998	1012	985	1001	1003	993	993	999
4	1005	991	1001	996	991	989	1002	996	1003	993	993	995	999	1008	997	999	992	990	991	995
5	990	995	1000	1001	999	987	990	996	1009	992	997	997	998	1006	1003	988	1006	991	994	996

$$\bar{\bar{X}} = 996.4 \text{ cm}^3, \bar{R} = 11.1 \text{ cm}^3$$

Determinación de la línea central y límites de control promedio:

$$\text{- LC} = \bar{\bar{X}} = 996.4$$

$$\text{- LSC} = \bar{\bar{X}} + A2 \bar{R} = 996.4 + 0.577 \cdot 11.1 = 1002.8$$

$$\text{- LIC} = \bar{\bar{X}} - A2 \bar{R} = 996.4 - 0.577 \cdot 11.1 = 990.0$$

Determinación de la línea central y límites de control para el gráfico de dispersión (gráfico de \bar{R} , por ejemplo):

$$\text{- LC}_R = \bar{R} = 11.1$$


$$\text{- LSC}_R = D4 \bar{R} = 2.115 \cdot 11.1 = 23.5$$

$$\text{- LIC}_R = D3 \bar{R} = 0 \cdot 11.1 = 0$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES MODIFICADOS

Tolerancia = 40 cm³

$$6\sigma = 6 \frac{\bar{R}}{d_2} = 6 \frac{10.6}{2.326} = 27.3$$




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES MODIFICADOS

Tolerancia = 40 cm³

$$6\sigma = 6 \frac{\bar{R}}{d_2} = 6 \frac{10.6}{2.326} = 27.3$$

$$LST - LIT = 6 \frac{\bar{R}}{d_2};$$

$$\bar{R}_{MÁX} = \frac{d_2}{6} (LST - LIT) = \frac{2.326}{6} 40 = 15.5$$

$$LSC_{MOD} = 1000 + 0.577 \cdot 15.5 = 1008.9$$

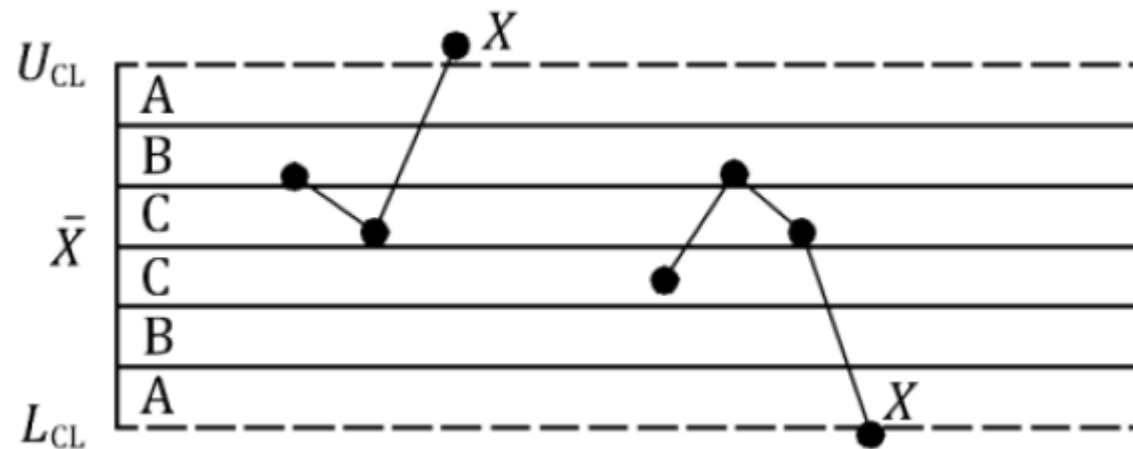
$$LIC_{MOD} = 1000 - 0.577 \cdot 15.5 = 991.1$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

1. Un punto más allá de la Zona A.

↳ Proceso fuera de control → Análisis de la causa

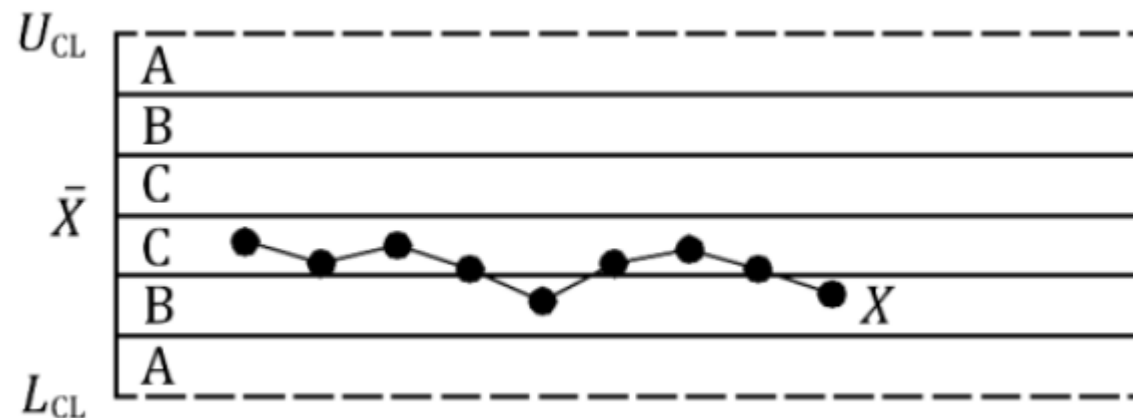




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

2. Nueve puntos seguidos en la zona C o más lejos a un lado de la línea central (Racha)

↳ { Probabilidad de Racha → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa

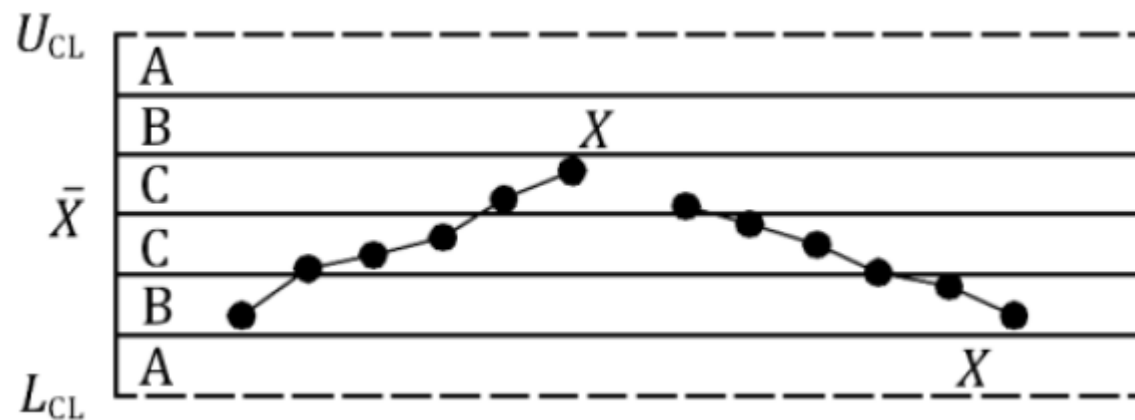




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

3. Seis puntos seguidos creciendo o decreciendo (Tendencia)

↳ Probabilidad de Tendencia → Prácticamente nula
↳ Proceso fuera de control → Análisis de la causa

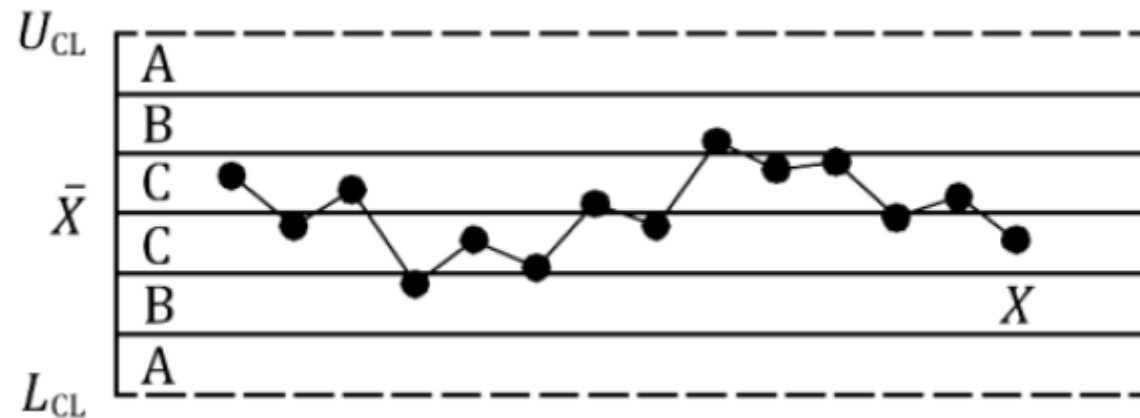




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

4. Catorce puntos seguidos alternando arriba y abajo respecto a la media.

↳ { Probabilidad → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa

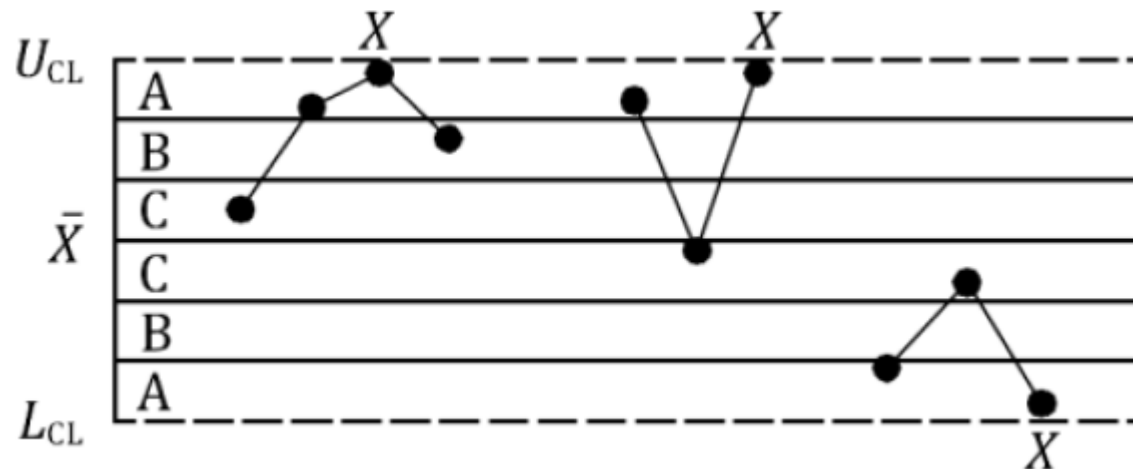




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

5. Dos puntos de tres puntos seguidos en la zona A o más lejos a un lado de la línea central.

↳ { Probabilidad → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa

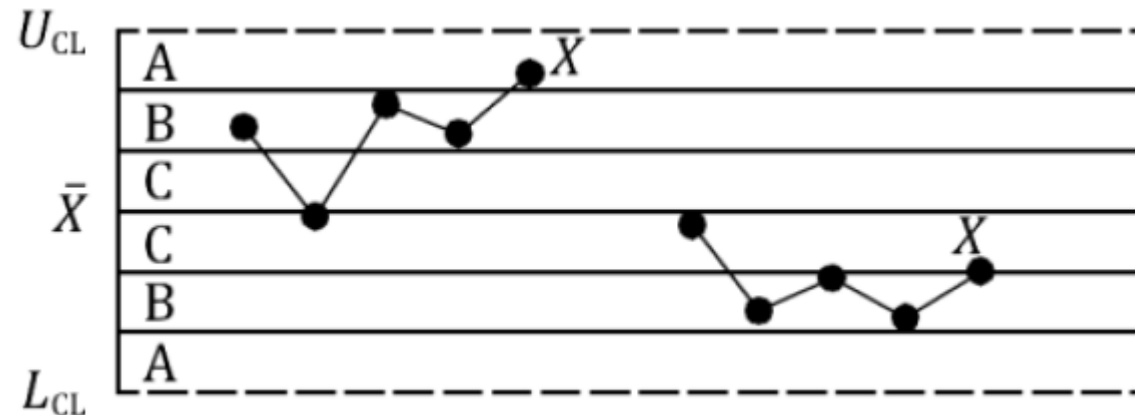




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

6. Cuatro puntos de cinco puntos seguidos en la zona B o más lejos a un lado de la línea central.

↳ { Probabilidad → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa

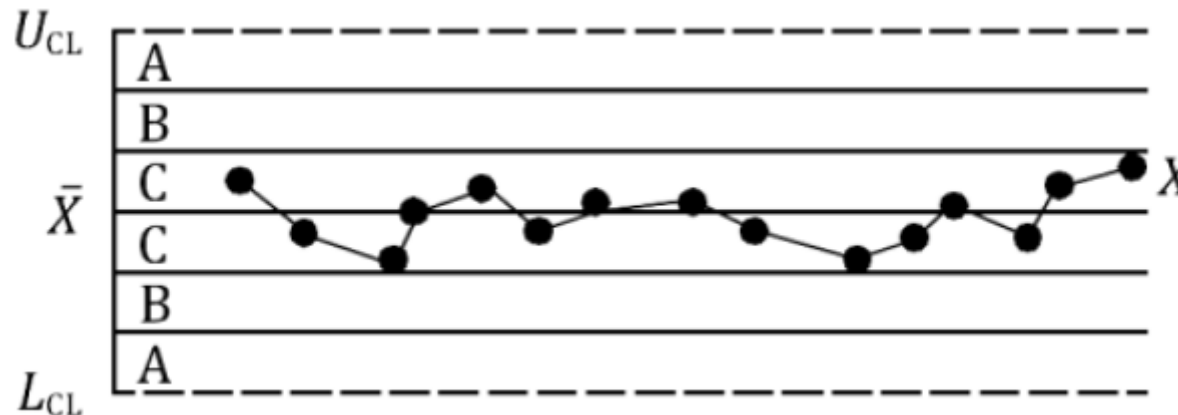




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

7. 15 puntos seguidos en la zona C alrededor de la línea central

↳ { Probabilidad → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa

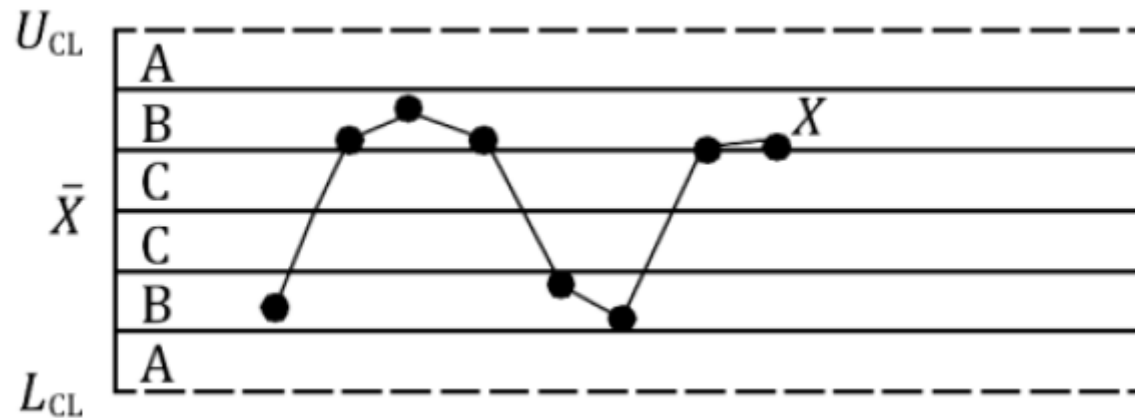




GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES - INTERPRETACIÓN

8. 8 puntos seguidos a ambos lados de la línea central y ninguno en la zona C.

↳ { Probabilidad → Prácticamente nula
Proceso fuera de control → Análisis de la causa





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería y Diseño Industrial



DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

LIT = 10, LST = 18, Q = 14, $\sigma = 0.666$

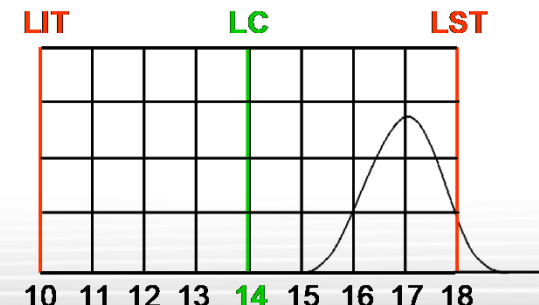
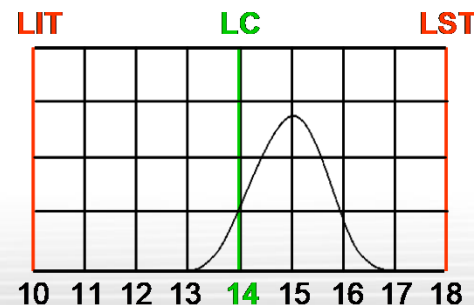
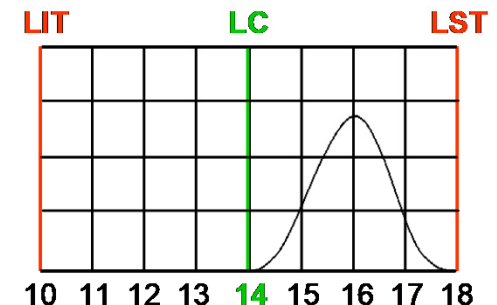
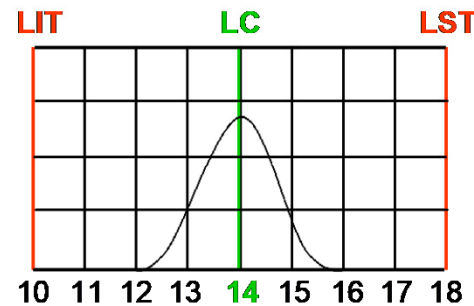
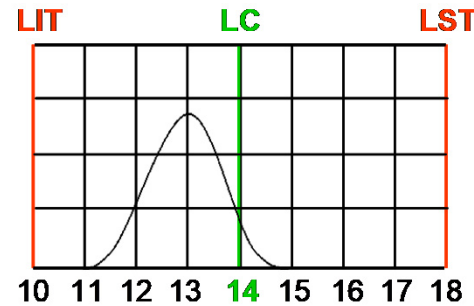
$$C_p = \frac{LST - LIT}{6\sigma}$$

$$CPU = \frac{LST - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LIT}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(CPU, CPL)$$

μ	Cp	Cpk	Cpm
13	2,0	1,5	1,1
14	2,0	2,0	2,0
15	2,0	1,5	1,1
16	2,0	1,0	0,6
17	2,0	0,5	0,4





DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Coeficiente k: $k = \frac{m - \bar{X}}{LST - LIT} \quad m = \frac{LST + LIT}{2} \quad C_{pk} = C_p (1 - k)$

Índice de Capacidad recíproco $CR = \frac{6\sigma}{LST - LIT} = \frac{1}{C_p}$

Índice de Capacidad modificado $C_{pm} = \frac{LST - LIT}{6\sqrt{\sigma^2 + (\bar{X} - m)^2}} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \delta^2}} \quad \delta = \frac{\bar{X} - m}{\sigma}$

$$C_{pmk} = \frac{\min \left[\left(LST - \bar{X} \right), \left(\bar{X} - LIT \right) \right]}{3\sqrt{\sigma^2 + (\bar{X} - m)^2}}$$



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Proceso	Especificación Bilateral	Especificación Unilateral
Existente	1,33	1,25
Nuevo	1,50	1,45
Proceso Crítico	Especificación Bilateral	Especificación Unilateral
Existente	1,50	1,45
Nuevo	1,67	1,60



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS



ILUMINA



NO ILUMINA



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

distribución Binomial:

$$P(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}$$

$$\mu = np \quad \sigma = \sqrt{npq} = \sqrt{np(1 - p)}$$

Correcto funcionamiento:

$$np \geq 5 \quad \text{o} \quad n \geq \frac{5}{p}$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

distribución Binomial:

$$\mu = np_0 \quad \sigma = \sqrt{np_0(1-p_0)}$$

intervalo de confianza:

$$np_0 \pm 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$$

línea central:

$$LC = np_0$$

límites de control:

$$LSC = np_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$$

$$LIC = np_0 - 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Número de unidades defectuosas: **(np)**

Fracción defectuosa: **(p)**

Porcentaje de unidades defectuosas: **(100p)**



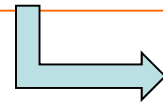
GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Número de unidades defectuosas: **(np)**

distribución Binomial:

$$\mu = n\bar{p} \quad \sigma = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Tamaño muestra = constante



Si n es grande $N\left(n\bar{p}, \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}\right)$

estimación:

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k p_i \quad p_i = \frac{x_i}{n} \quad \bar{x} = n\bar{p}$$

línea central:

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

límites de control:

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

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

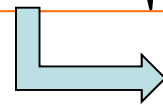


GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Fracción defectuosa: **(p)**

Tamaño muestra = NO
constante

distribución Binomial: $\mu = \bar{p}$ $\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$



Si n es grande

$$N\left(\bar{p}, \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}\right)$$

estimación:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k p_i \quad p_i = \frac{x_i}{n_i}$$

línea central:

$$LC = \bar{p}$$

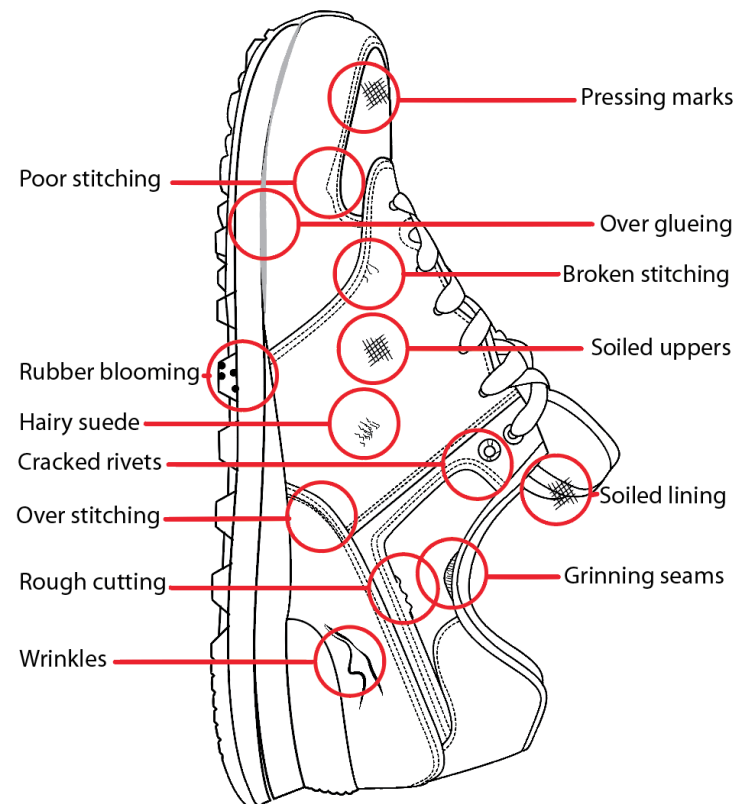
límites de control:

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

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



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS





GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

distribución Poisson:

$$P(X = d) = \frac{e^{-c} c^d}{d!}$$

$$\mu = c \quad \sigma = \sqrt{c}$$

Correcto funcionamiento:

$$c > 5$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

distribución Poisson:

$$\mu = c \quad \sigma = \sqrt{c}$$

intervalo de confianza:

$$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$$

línea central:

$$LC = c_0$$

límites de control:

$$LSC = c_0 + 3\sqrt{c_0}$$

$$LIC = c_0 - 3\sqrt{c_0}$$



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Número de no conformidades: **(c)**

Número de no conformidades por unidad: **(u)**



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Número de no conformidades: (c)

distribución Poisson:

$$\mu = \bar{c} \quad \sigma = \sqrt{\bar{c}}$$

Unidad de medida = constante



Si c es grande $N(\bar{c}, \sqrt{\bar{c}})$

estimación:

$$\bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i$$

línea central:

$$LC = \bar{c}$$

límites de control:

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



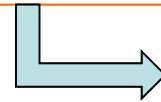
GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Número de no conformidades por unidad: **(u)**

distribución Poisson:

$$\mu = \bar{c} \quad \sigma = \sqrt{\bar{c}/n_i}$$

Unidad de medida = NO constante



Si n es grande $N\left(\bar{c}, \sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}\right)$

estimación:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

línea central:

$$LC = \bar{u}$$

límites de control:

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$$



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Ejemplo 4.- Con el objeto de controlar la fabricación de pernos de titanio, se examinan 25 muestras de 100 unidades, obteniendo los defectos que se indican en la tabla siguiente. Determinar los límites de control empleando un gráfico c.

DEFECTOS	NÚMERO DE MUESTRA																								
	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
VÁSTAGO	-	1	-	2	1	1	-	1	-	1	2	-	1	-	-	-	2	1	-	2	1	1	-	-	1
ROSCA	3	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	2	1	2	-	-	-	2	-	1
EXCENTRICIDAD	2	-	-	2	1	-	-	2	1	-	-	3	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	2	-	-
REBABAS	-	1	2	1	-	-	2	1	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
MARCADO	1	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	3	1	1	-	-	-	1	2	3
TOTAL DEFECTOS	6	2	3	5	3	1	4	6	1	3	2	5	2	1	4	1	7	4	4	2	2	1	6	2	5



GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

estimación:

$$\lambda_c = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i = \bar{c} = \frac{82}{25} = 3.28$$

línea central:

$$LC = \bar{c} = 3.28$$

límites de control:

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 3.28 + 3\sqrt{3.28} = 8.71$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 3.28 - 3\sqrt{3.28} = -1.53$$

se toma 0



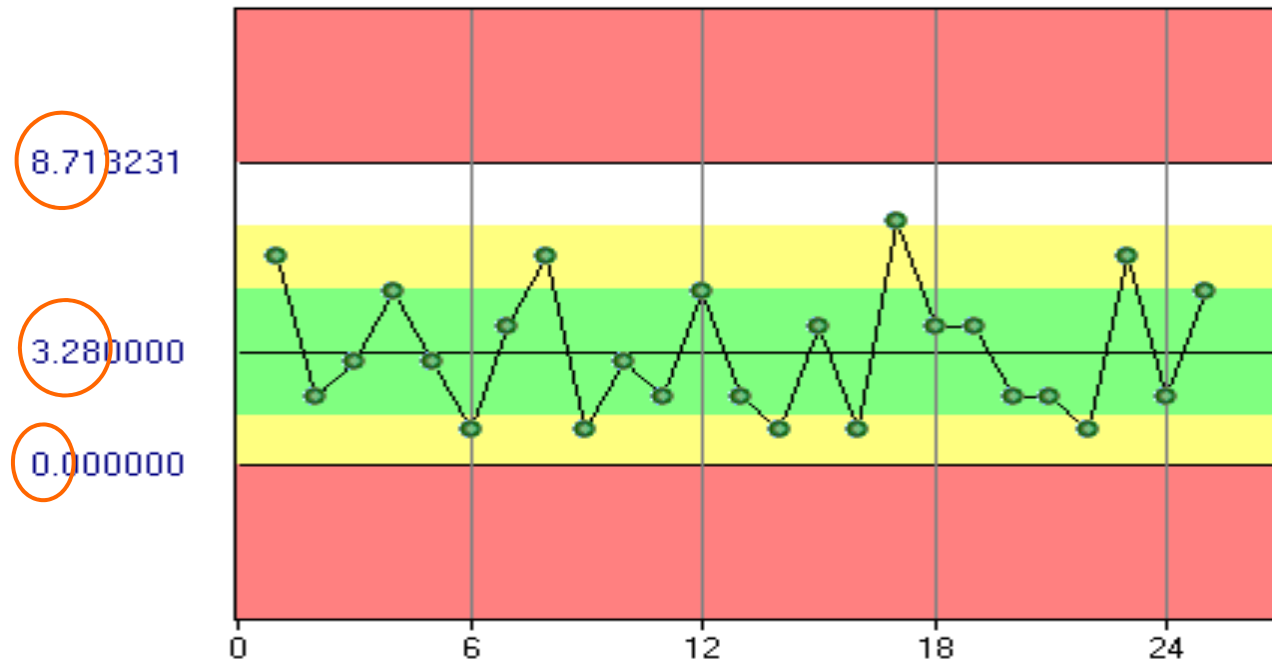
POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y diseño
industrial

GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS





DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Número de unidades defectuosas: **(np)**

Fracción defectuosa: **(p)**

Porcentaje de unidades defectuosas: **(100p)**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Número de unidades defectuosas: } (np) \\ \text{Fracción defectuosa: } (p) \\ \text{Porcentaje de unidades defectuosas: } (100p) \end{array} \right\} C = 1 - p$$

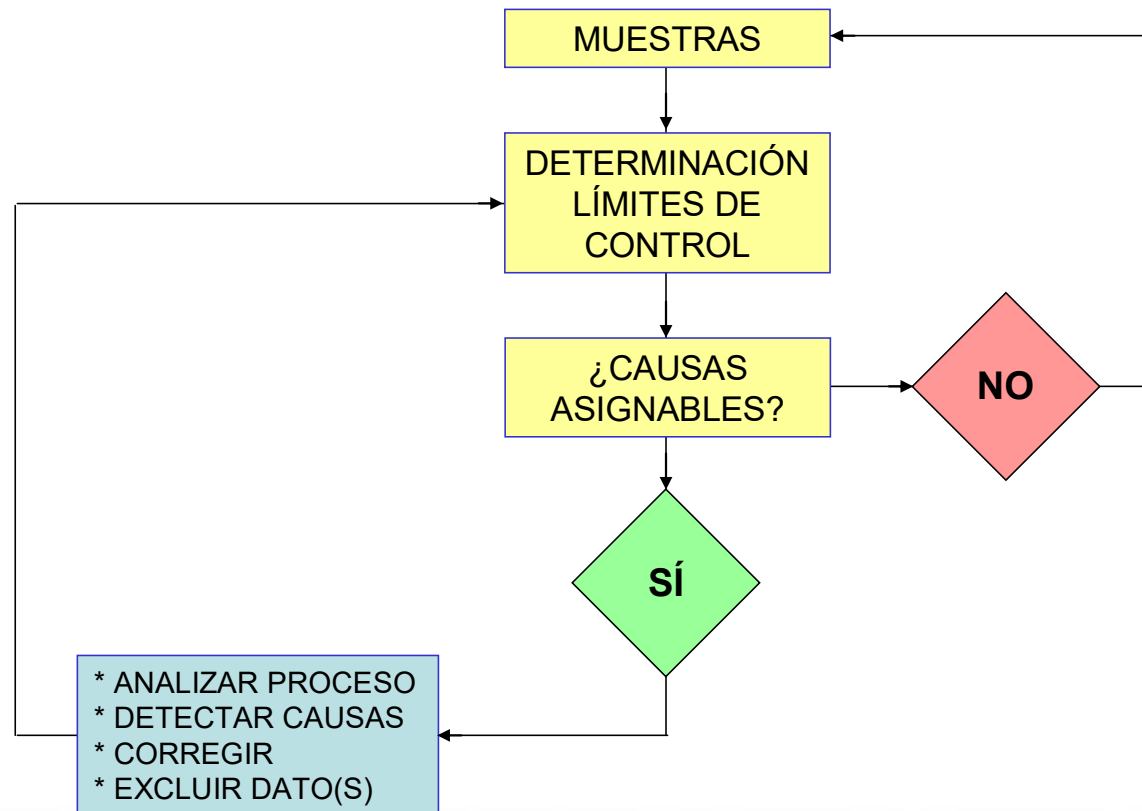
Número de no conformidades: **(c)**

Número de no conformidades por unidad: **(u)**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Número de no conformidades: } (c) \\ \text{Número de no conformidades por unidad: } (u) \end{array} \right\} C = c \text{ ó } u$$

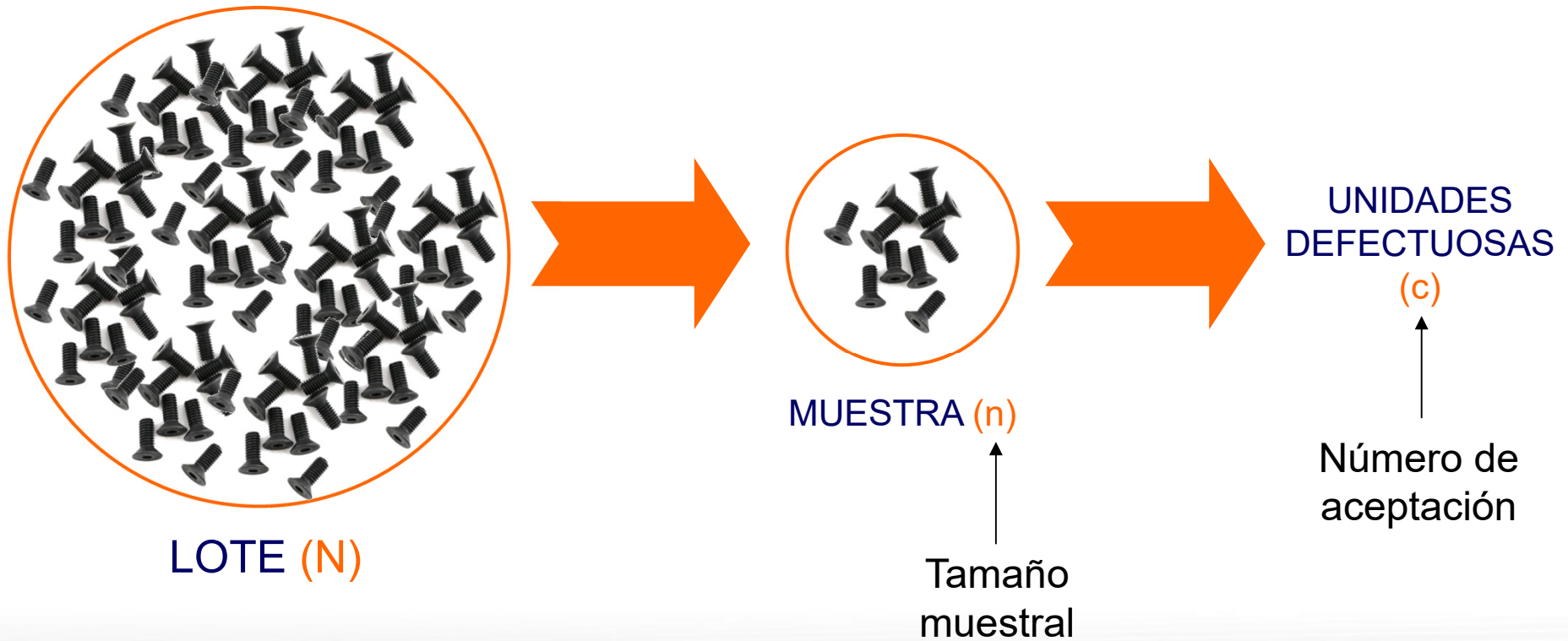


CONTROL CONTINUO DEL PROCESO





CONTROL DE ACEPTACIÓN





CONTROL DE ACEPTACIÓN

distribución de Poisson:

$$P(x \leq c) = \sum_{x=0}^{x=c} e^{-np} \frac{(np)^x}{x!}$$



CONTROL DE ACEPTACIÓN

distribución de Poisson:

$$P(x \leq c) = \sum_{x=0}^{x=c} e^{-np} \frac{(np)^x}{x!}$$

fabricante: $p_1 \leq 0.83 \%$
 $P_1 = 95 \%$

cliente: $p_2 \geq 2.94 \%$
 $P_2 = 10 \%$



CONTROL DE ACEPTACIÓN

distribución de Poisson:

$$P(x \leq c) = \sum_{x=0}^{x=c} e^{-np} \frac{(n p)^x}{x!}$$

fabricante: $p_1 \leq 0.83 \%$
 $P_1 = 95 \%$

cliente: $p_2 \geq 2.94 \%$
 $P_2 = 10 \%$

$$P_1 \leq \sum_{x=0}^{x=c} e^{-np_1} \frac{(n p_1)^x}{x!}$$

$$P_2 \geq \sum_{x=0}^{x=c} e^{-np_2} \frac{(n p_2)^x}{x!}$$

$$0.95 \leq \sum_{x=0}^{x=c} e^{-0.0083 n} \frac{(0.0083 n)^x}{x!}$$

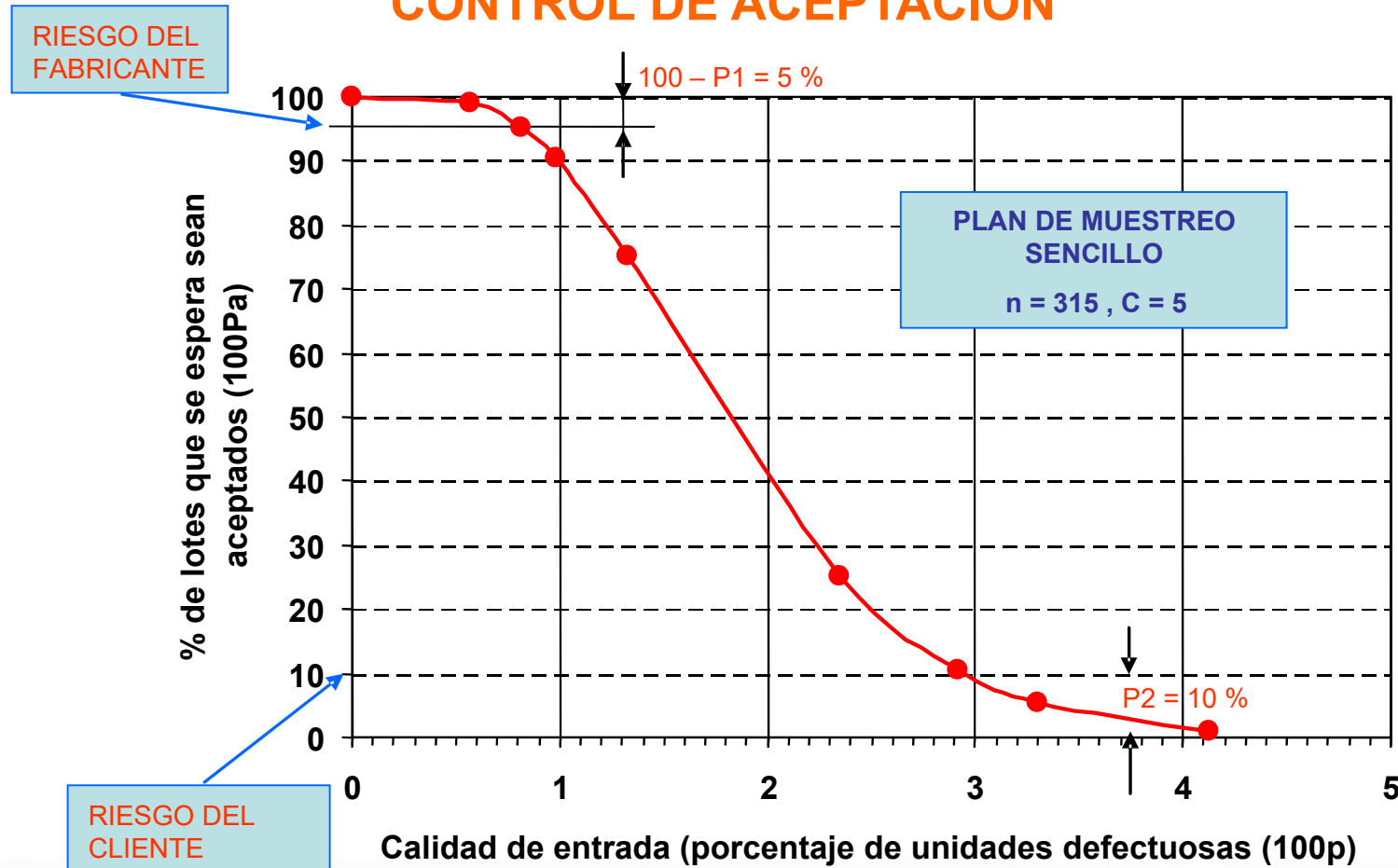
$$0.10 \geq \sum_{x=0}^{x=c} e^{-0.0294 n} \frac{(0.0294 n)^x}{x!}$$

n, c

$$\left\{ \begin{array}{l} n = 315 \\ c = 5 \end{array} \right.$$



CONTROL DE ACEPTACIÓN

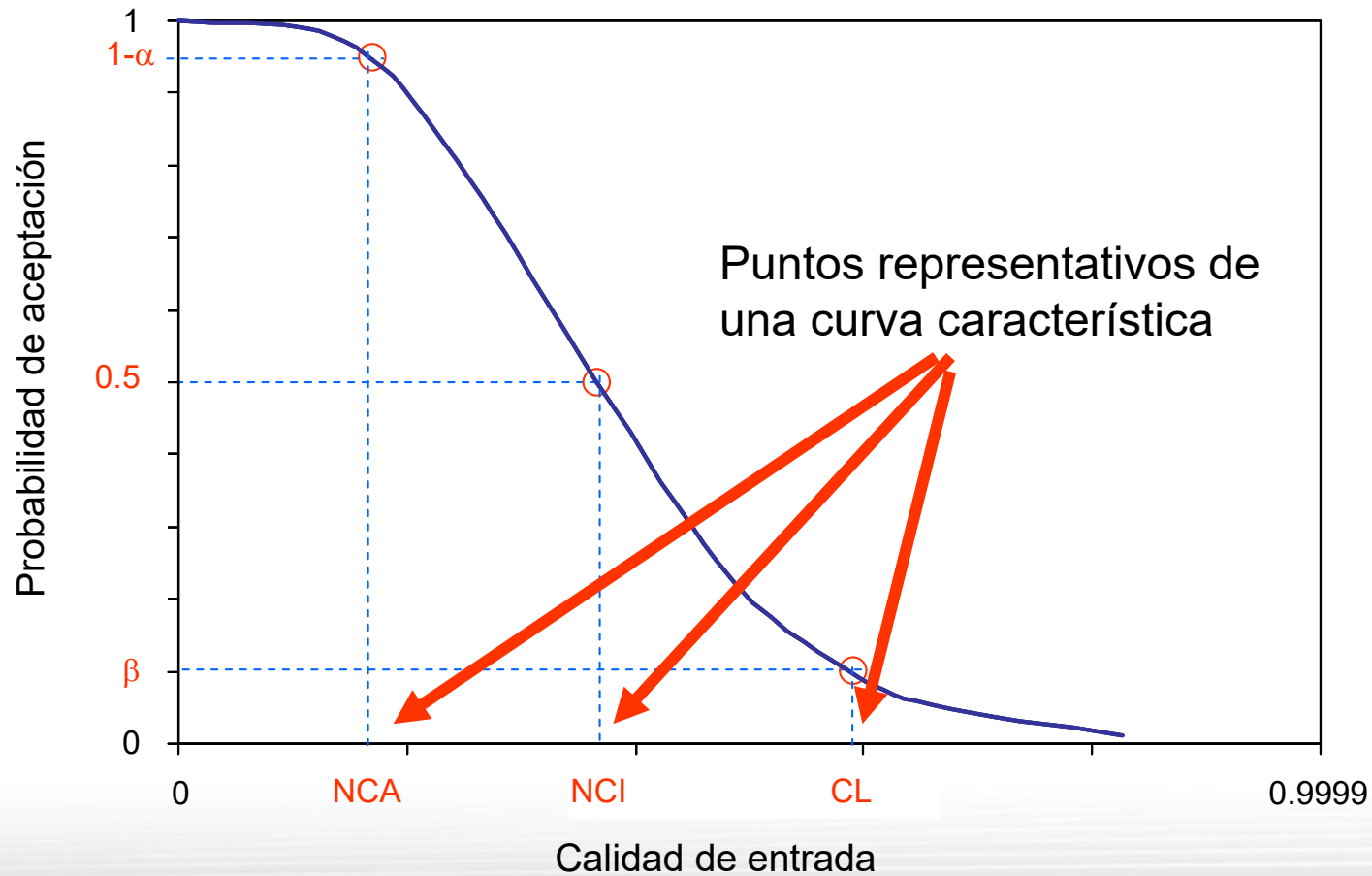


fabricante: $p_1 = 0.83\%$ $P_1 = 95\%$

cliente: $p_2 = 2.94\%$ $P_2 = 10\%$

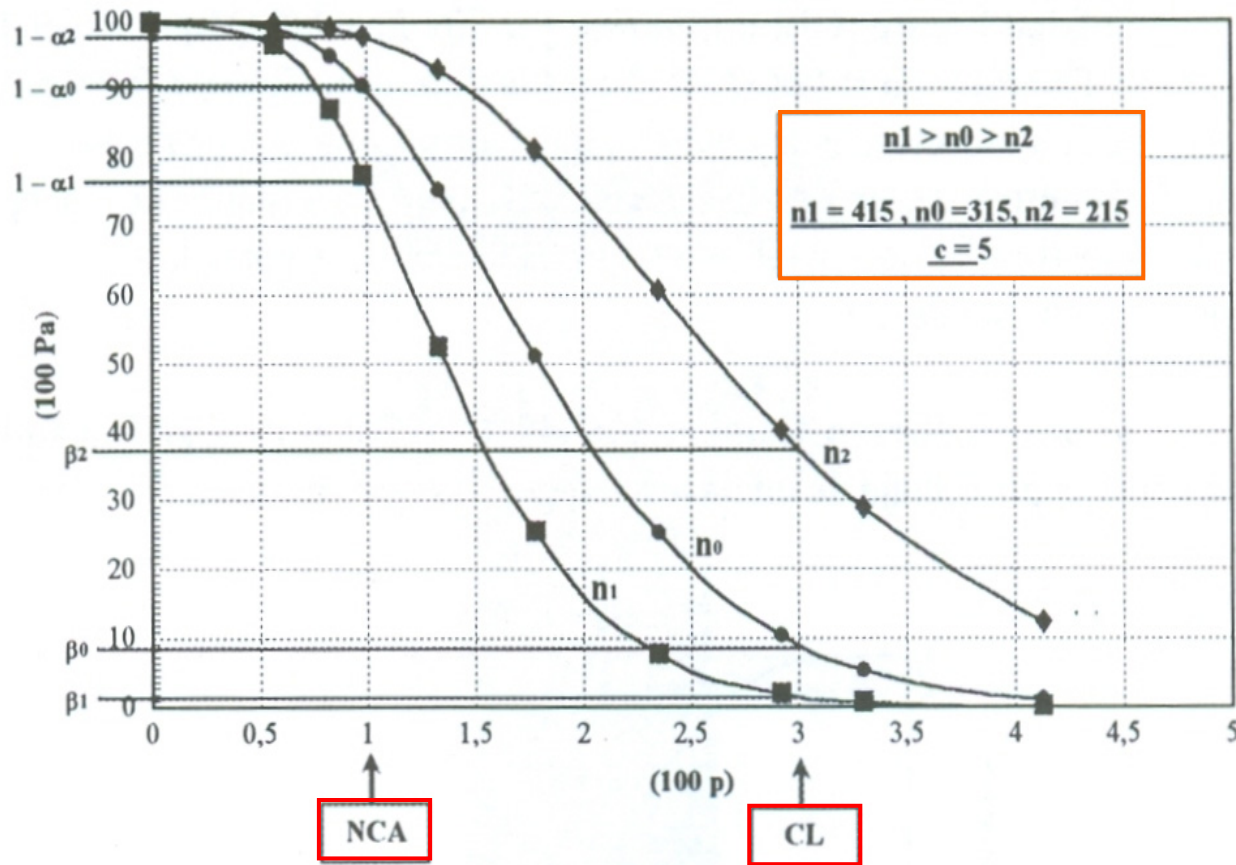


CONTROL DE ACEPTACIÓN



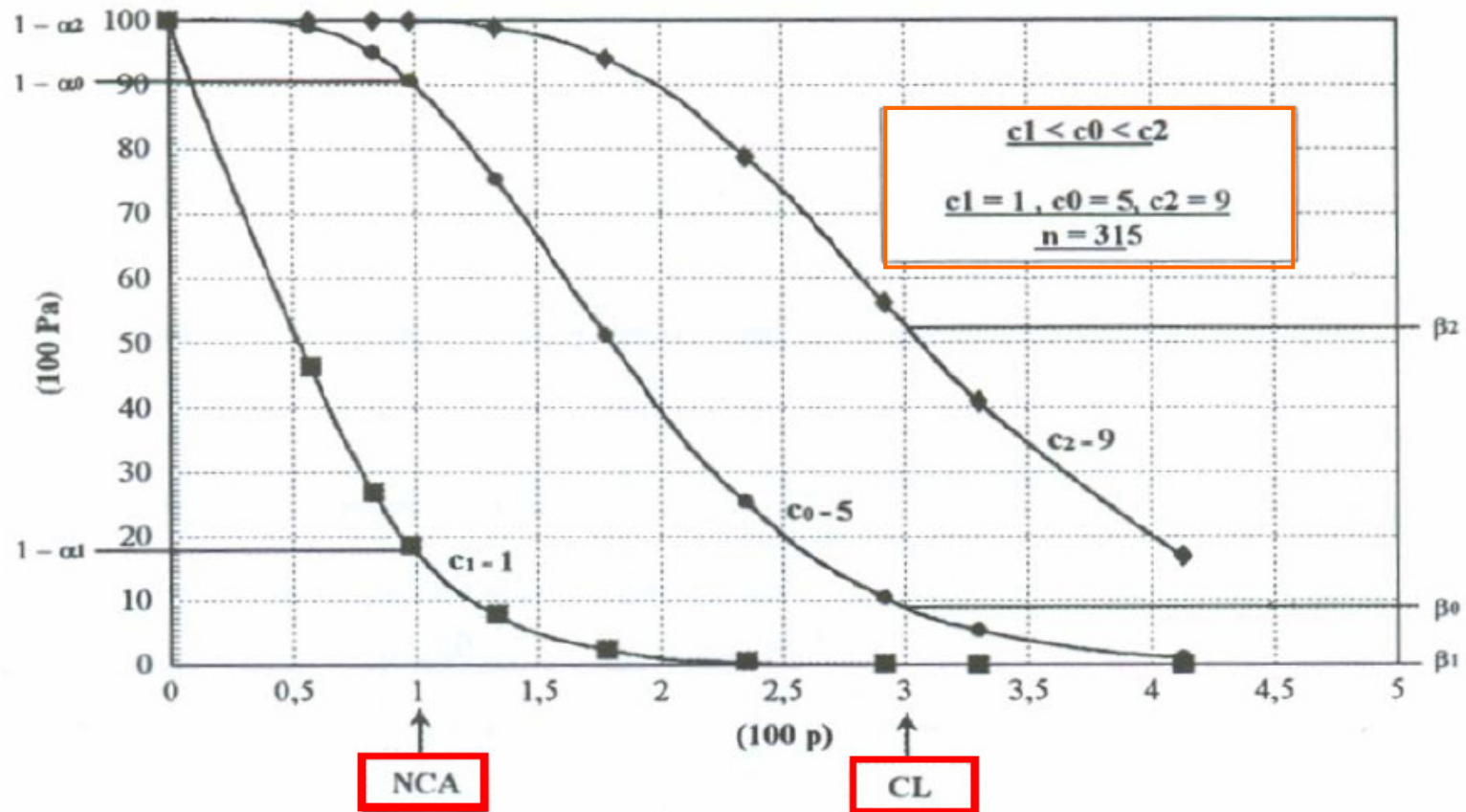


CONTROL DE ACEPTACIÓN



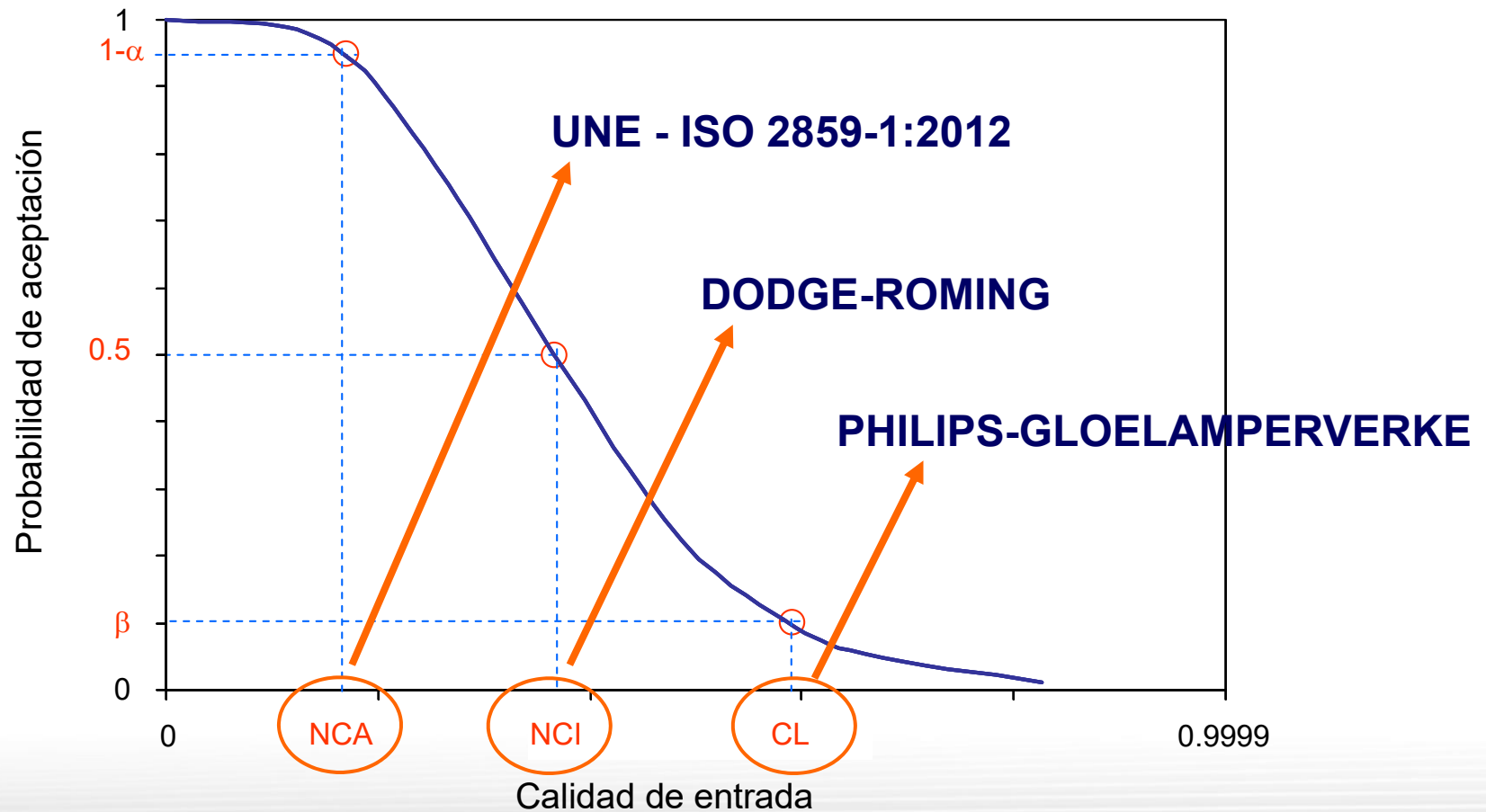


CONTROL DE ACEPTACIÓN





CONTROL DE ACEPTACIÓN





CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

MIL-STD-105-D \equiv UNE - ISO 2859-1:2012

Tipos de inspección: normal , rigurosa , reducida (riesgo)

Niveles de inspección: I , II , III - S-1 , S-2 , S-E , S-4 (n/N)

Planes de muestreo: simple , doble, triple... , múltiple



CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

MIL-STD-105-D \equiv UNE - ISO 2859-1:2012

Tipos de inspección: **normal**, rigurosa, reducida

Niveles de inspección: I, **II**, III - S-1, S-2, S-E, S-4

Planes de muestreo: **simple**, doble, triple... , múltiple



CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

MIL-STD-105-D \equiv UNE - ISO 2859-1:2012

DATOS

- Tamaño del lote: **N = 15000**
- Tipo de inspección: **normal**
- Nivel de inspección: **general II**
- Plan de muestreo: **simple**
- NCA: **1,0 %**



n , Ac, Re
c



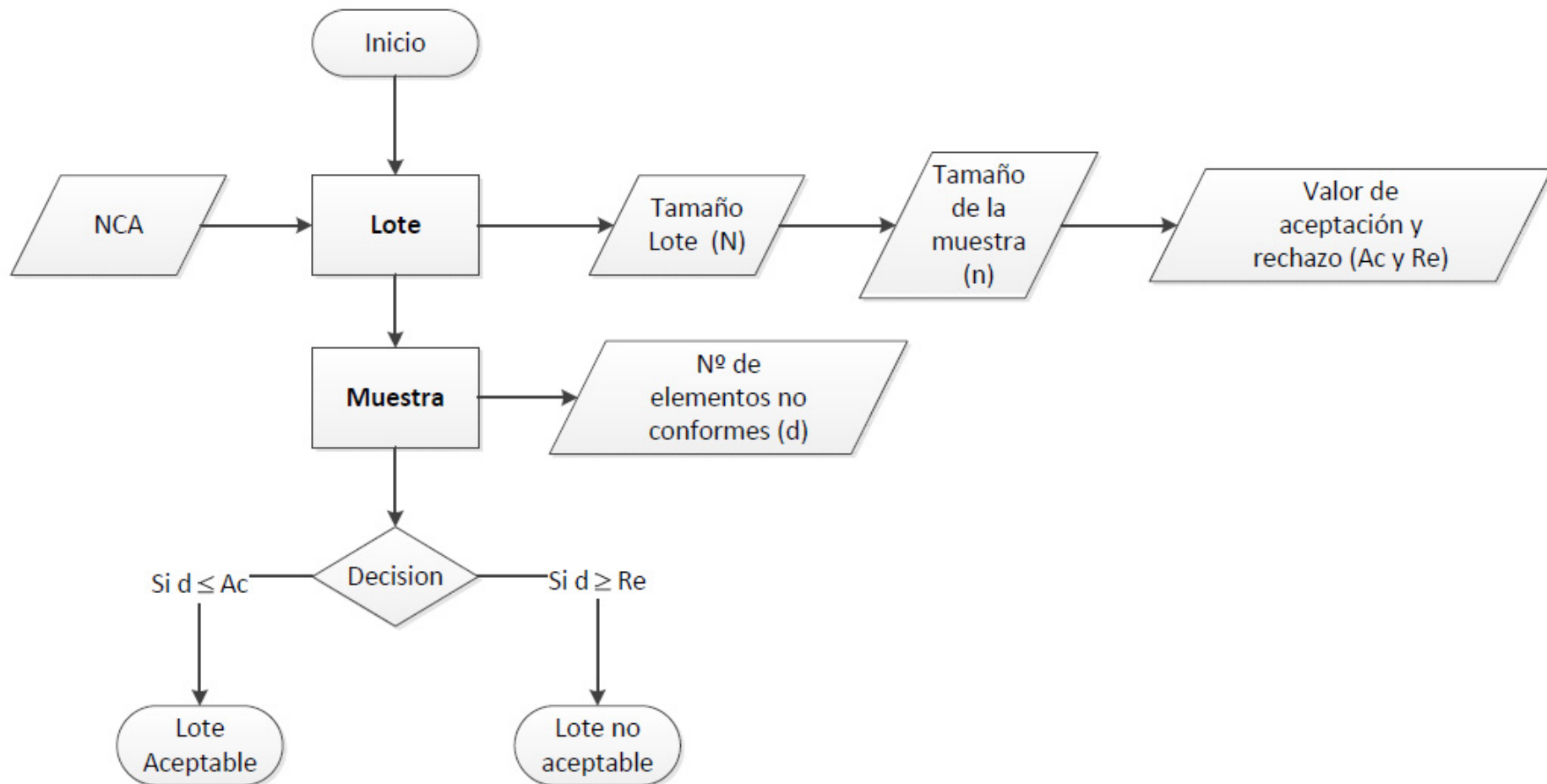
CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Tabla 1
Letras código del tamaño de muestra (véanse apartados 10.1 y 10.2)

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	II
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	G
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	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R



CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería y Diseño Industrial



CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Tabla 2-A
Planes de muestreo simple en inspección normal (tabla general)

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																										
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000	
		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	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2																											
B	3																											
C	5																											
D	8																											
E	13																											
F	20																											
G	32																											
H	50																											
J	80																											
K	125																											
L	200																											
M	315																											
N	500																											
P	800																											
Q	1250																											
R	2000																											

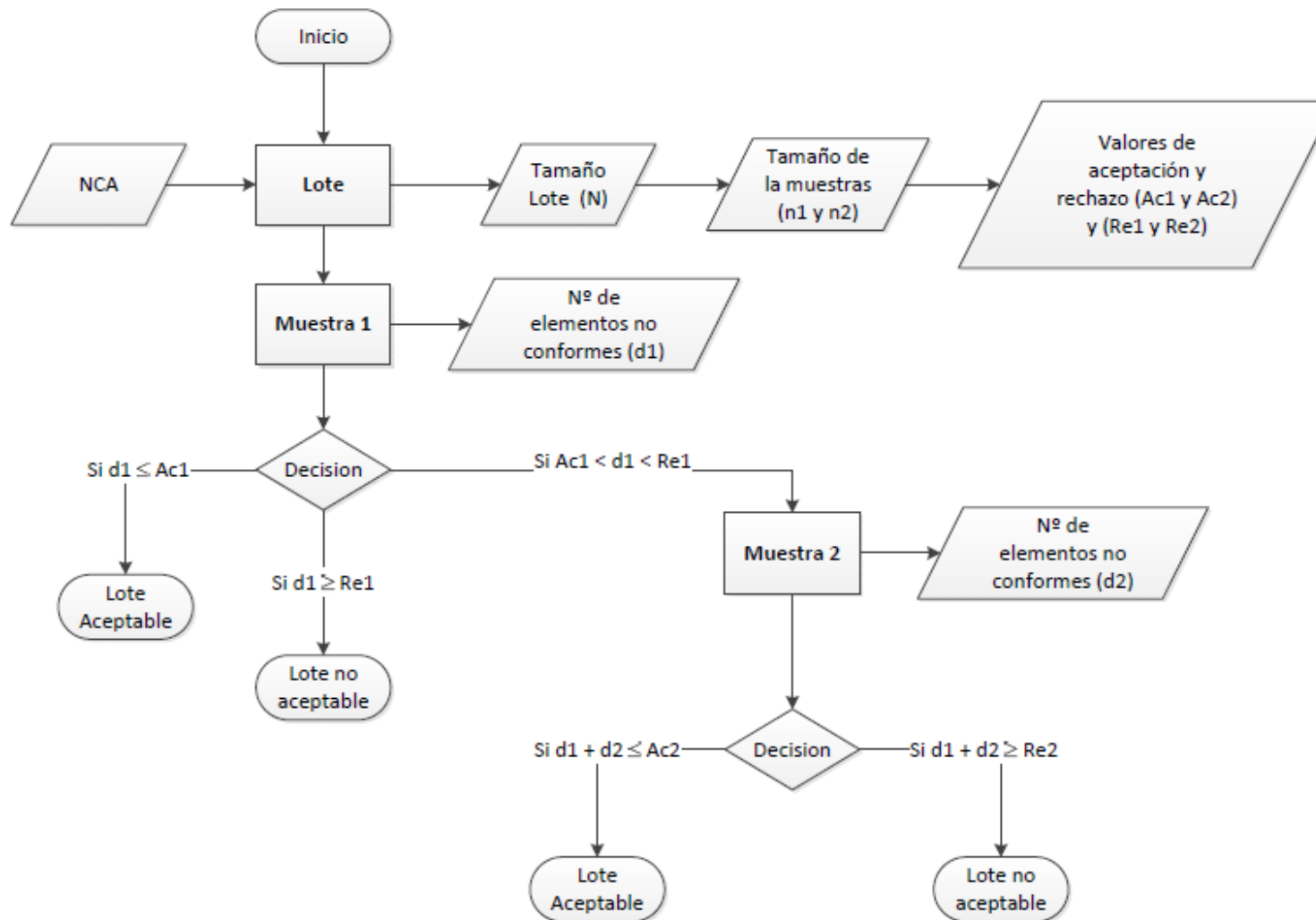
Probabilidad de aceptar un lote con 222 unidades defectuosas:

$$p = 222/15000 = 0.0148$$

$$P(x \leq 7) = \sum_{x=0}^{x=7} e^{-315 \cdot 0.0148} \frac{(315 \cdot 0.0148)^x}{x!} = 0.9$$

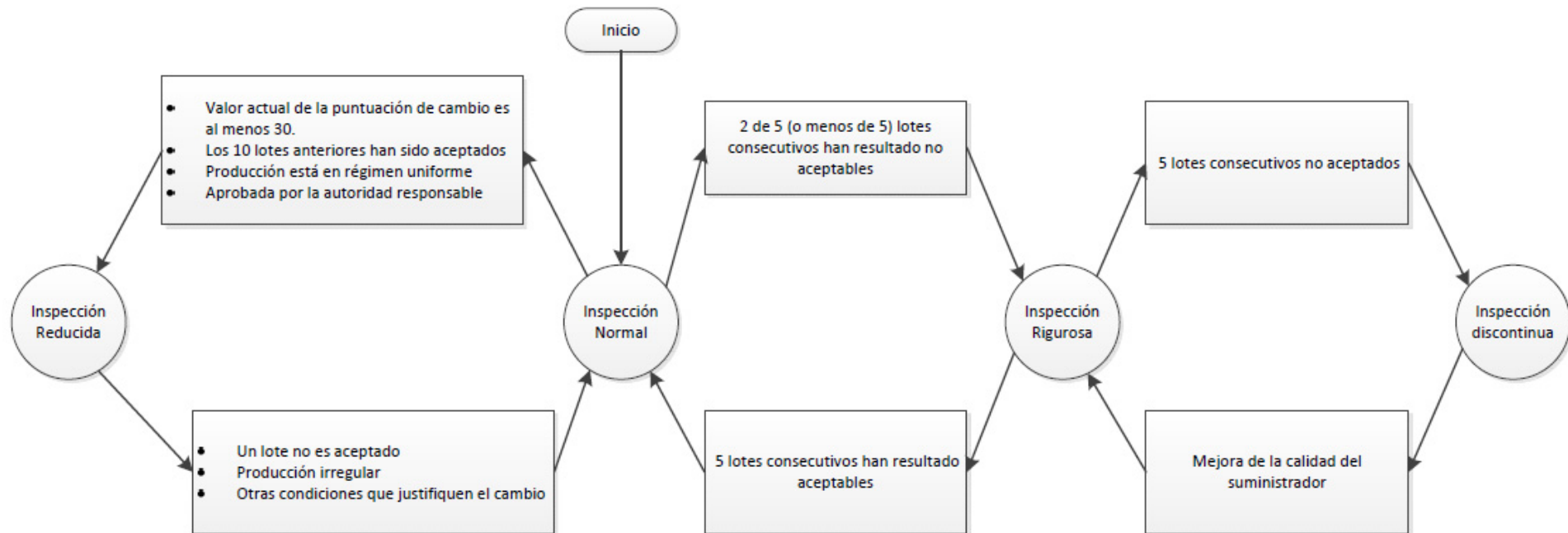


CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO





CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO





CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Puntuación de cambio

Plan de muestreo simple

Si Ac es 2 o mayor:

- Si es lote hubiera sido aceptado → Puntuación de cambio +3
- En caso contrario → Restablecer la puntuación de cambio a 0

Si Ac es 0 o 1:

- Si es lote hubiera sido aceptado → Puntuación de cambio +2
- En caso contrario → Restablecer la puntuación de cambio a 0



CONTROL DE ACEPTACIÓN: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Puntuación de cambio

Plan de muestreo doble o múltiple

Si se emplea un plan de muestreo doble:

- Si es lote hubiera sido aceptado después de la primera muestra
 - Puntuación de cambio +3
- En caso contrario → Restablecer la puntuación de cambio a 0

Si se emplea un plan de muestreo múltiple:

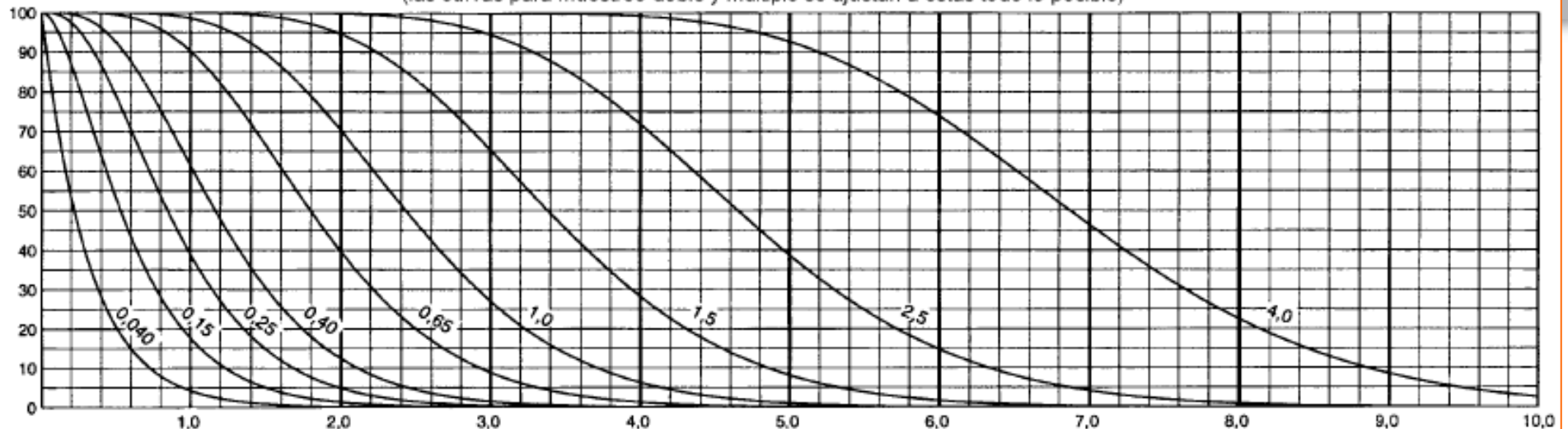
- Si es lote hubiera sido aceptado en la tercera muestra
 - Puntuación de cambio +3
- En caso contrario → Restablecer la puntuación de cambio a 0



Porcentaje de lotes que se espera sean aceptados (P_a)

Tabla 10-M
Tablas para la letra código de tamaño de muestra M (planes individuales)

Gráfico M Curvas características de operación de planes de muestreo simple
(las curvas para muestreo doble y múltiple se ajustan a éstas todo lo posible)



Calidad de los productos presentados (p , en porcentaje de elementos no conformes para los NCA ≤ 10 , en no conformidades por 100 unidades para los NCA > 10)

NOTA – Los valores indicados sobre las curvas son niveles de calidad aceptable (NCA) en inspección normal.

Tabla 10-M-1
Valores tabulados de curvas características de operación de planes de muestreo simple

P_a	Nivel de calidad aceptable, inspección normal (en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades)																							
	0,040	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	0,040	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0						
	p (en porcentaje de elementos no conformes)										p (en no conformidades por 100 unidades)													
99,0	0,00319	0,047	0,139	0,262	0,570	0,929	1,12	1,53	1,95	2,40	3,33	4,05	0,00319	0,047	0,138	0,261	0,567	0,923	1,11	1,51	1,94	2,37	3,28	3,99
95,0	0,0163	0,113	0,260	0,435	0,833	1,27	1,50	1,97	2,46	2,96	3,99	4,78	0,0163	0,113	0,260	0,434	0,830	1,26	1,49	1,96	2,44	2,94	3,95	4,73
90,0	0,0334	0,169	0,350	0,555	1,00	1,48	1,73	2,24	2,76	3,29	4,37	5,20	0,0334	0,169	0,350	0,554	1,00	1,48	1,72	2,23	2,74	3,27	4,34	5,16
75,0	0,0913	0,305	0,549	0,805	1,34	1,89	2,17	2,74	3,32	3,90	5,07	5,95	0,0913	0,305	0,548	0,805	1,34	1,89	2,17	2,74	3,31	3,89	5,05	5,93
50,0	0,220	0,532	0,848	1,16	1,80	2,43	2,75	3,38	4,02	4,65	5,92	6,87	0,220	0,533	0,849	1,17	1,80	2,43	2,75	3,39	4,02	4,66	5,93	6,88
25,0	0,439	0,853	1,24	1,62	2,35	3,06	3,41	4,11	4,81	5,49	6,86	7,87	0,440	0,855	1,24	1,62	2,36	3,07	3,43	4,13	4,83	5,52	6,90	7,92
10,0	0,728	1,23	1,68	2,11	2,92	3,71	4,09	4,85	5,59	6,33	7,77	8,84	0,731	1,23	1,69	2,12	2,94	3,74	4,13	4,89	5,64	6,39	7,86	8,95
5,0	0,947	1,50	1,99	2,44	3,31	4,13	4,54	5,33	6,10	6,86	8,36	9,46	0,951	1,51	2,00	2,46	3,34	4,17	4,58	5,38	6,17	6,95	8,47	9,60
1,0	1,45	2,09	2,64	3,15	4,11	5,01	5,44	6,29	7,12	7,93	9,51	10,7	1,46	2,11	2,67	3,19	4,16	5,08	5,52	6,40	7,24	8,08	9,71	10,9
	0,065	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	0,065	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0								

Nivel de calidad aceptable, inspección rigurosa (en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades)

NOTA – Se utiliza la distribución binomial para las entradas correspondientes a la inspección de elementos no conformes, se utiliza la distribución de Poisson para la inspección del número de conformidades.



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingeniería
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de
ingeniería
y **d**iseño
industrial

POLITÉCNICA

Asignatura

Metrología y Calidad

E. Gómez / J. Caja

