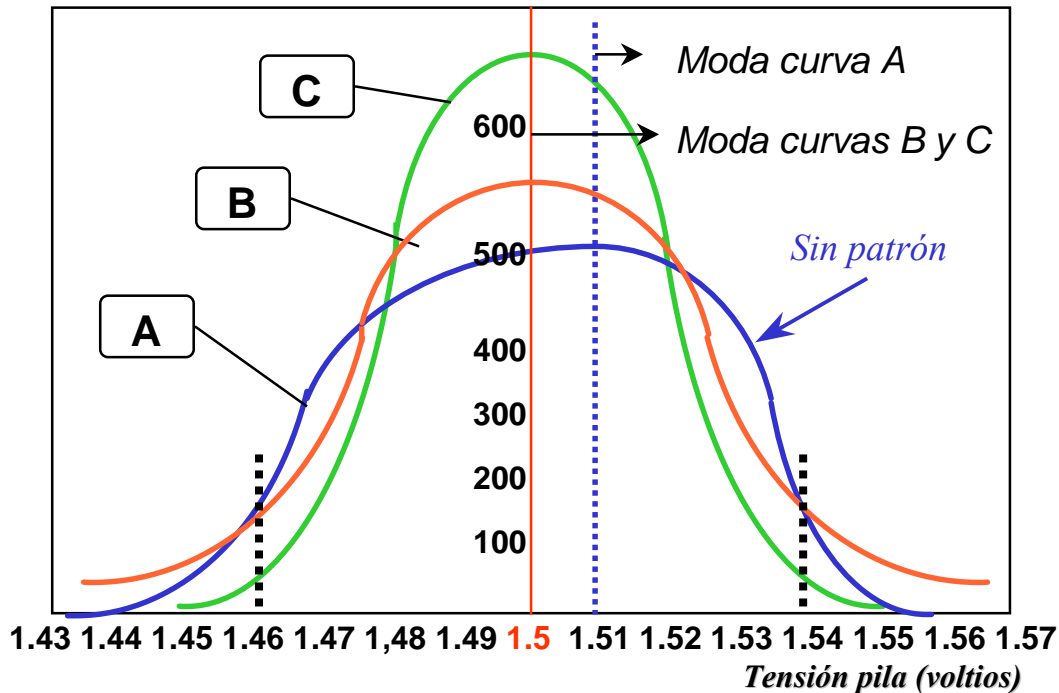




Límites de tolerancia



VARIABILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

Control de una característica de calidad de un producto :

Anotar la frecuencia de aparición de cada valor de la misma y construir la curva de *Distribución de frecuencias*. (P.e.:Pilas eléctricas con tensión normal 1.5 Volt.).

La curva de distribución de frecuencia informa de la VARIABILIDAD de la característica de calidad. Si no hubiera variabilidad los valores de la característica se concentrarían todos sobre la MODA.

Productos con valores fuera de los límites de tolerancia : Defectuosos.

Distribuciones :

- **Curva tipo A :** Distribución irregular (no centrada ni simétrica). Variabilidad (y defectos fuera de límites de tolerancia) provocada por CAUSAS DE TODO TIPO (aleatorias y asignables).
- **Curva tipo B :** Distribución centrada y simétrica (puede ser distribución NORMAL). En caso de distribución normal : Causas aleatorias (teorema del límite central). Proceso en "estado de control".
- **Curva tipo C :** Distribución centrada y simétrica (puede ser distribución NORMAL) con más valores CENTRADOS y de menor DISPERSIÓN. Habrá menor proporción de defectos fuera de límite. En caso de distribución normal : Causas aleatorias y proceso en "estado de control".



Defectos:

Determinados y controlados sobre **características de calidad**.

Tipos: **VARIABLES:** Magnitudes medibles cuantitativamente

ATRIBUTOS: No medibles (Solo dos valores: Aceptable o defectuoso)

Variante : N° DEFECTOS: Acumulación o flujo de defectos

Causas de defectos:

Determinadas por medio de los **diagramas de las herramientas básicas de la calidad**.

Tipos: **ASIGNABLES O ESPECIALES:** Causas concretas, identificables y eliminables.

Se refieren a procedimientos ejecutados incorrectamente.

COMUNES O ALEATORIAS: Multitud de pequeñas causas que actúan simultáneamente.

No pueden identificarse ni eliminarse. Dan lugar a variabilidad según distribución normal o gaussiana que puede (y debe) reducirse.

Se refieren a procesos ejecutados con «poca precisión»

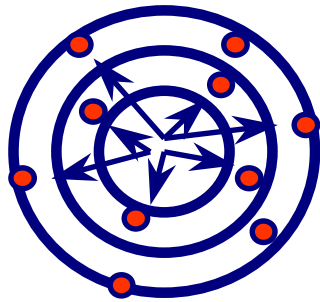
Actuación para la eliminación de defectos (características de calidad dentro de tolerancias):

- Identificar y eliminar las causas asignables.
- El proceso pasará a «estado de control» (distribución normal o gaussiana).
- Reducir la variabilidad de las causas aleatorias hasta que quede dentro de los límites de tolerancias.

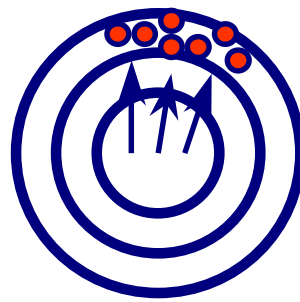


GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL (TQM)

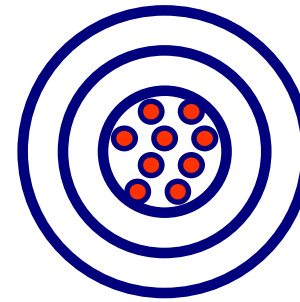
**Parámetros de control de una característica de calidad variable :
Centrado & Dispersión**



Centrado y disperso



Descentrado y poco disperso



Centrado y poco disperso

Media (\bar{X}) y desviación típica (S) :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Precisión : Centrado : Diferencia entre el valor nominal de la variable y la media aritmética

Dispersión : Desviación típica de los valores respecto a su media.

Procedimientos de control :

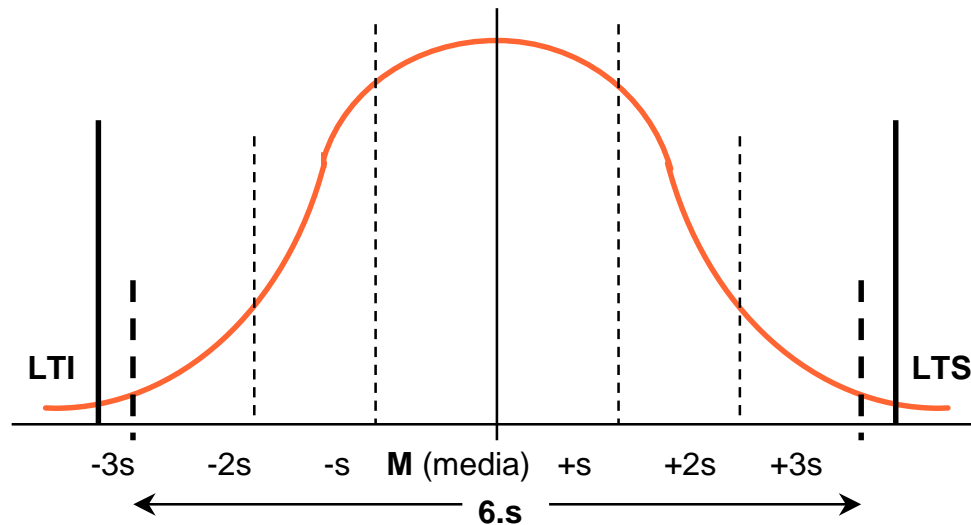
Inspección total : Se examinan todas las unidades producidas. Se lleva a cabo siempre que se puede (las máquinas cada vez tienden más a hacerlo automáticamente) y siempre que la fatiga no haga que se cometan errores.

Por muestreo : Se examina sólo una muestra de la producción. Existe un riesgo de error que puede ser controlado estadísticamente.



GESTION DE LA CALIDAD TOTAL (TQM)
Capacidad de los procesos

Proceso en «estado de control» cuya variabilidad obedece a una distribución normal



El intervalo $[M-3s, M+3s]$ de anchura $6.s$ deberá contener el 99,7% de las observaciones, es decir que con el proceso **en estado de control** hay una **probabilidad del 99,7%** de que un valor de la característica de calidad se halle dentro de este intervalo.

Si los límites de tolerancia están fuera de este intervalo, al menos el 99,7% de los productos serán aceptables. En este caso:

$$\text{Capacidad: } Cp = \frac{LTS - LTI}{6.s} \geq 1$$

Así pues para asegurar la calidad de un proceso:

- **Eliminar las causas asignables** y con ello situar el proceso en estado de control (distribución normal).
- **Reducir la variabilidad** hasta que el coeficiente de capacidad de un proceso sea igual o superior a uno.



Gráficos de control por variables

Evolución de los valores de la característica de calidad para distintas unidades de producto.

Se acompaña de los límites de tolerancia y los límites de control (para observaciones individuales marcan el intervalo $\bar{X}-3.S$ a $\bar{X}+3.S$ correspondiente al 99,7%).

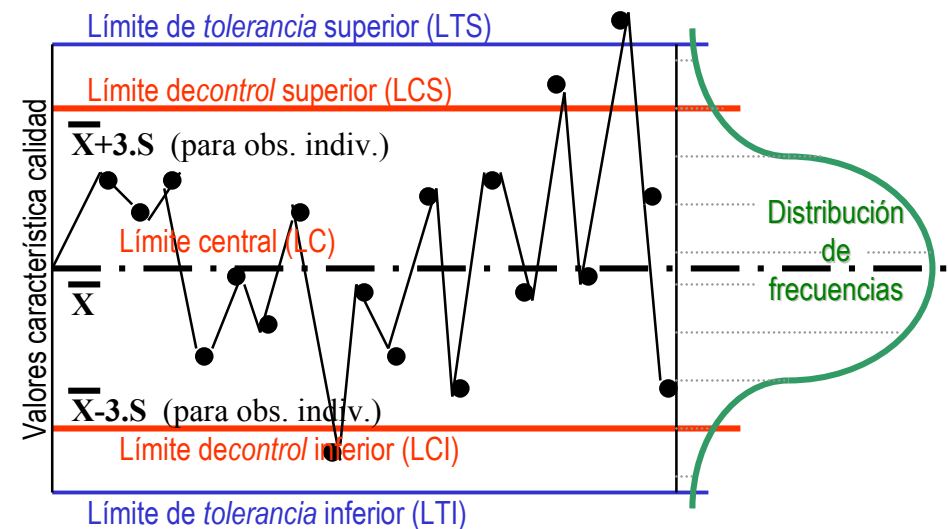
En lugar de obs. individuales suelen utilizarse medias:

Gráficos que agrupan observaciones en grupos de n de ellas.

Son más alisados y tienen menor dispersión (detectan cambios con mayor rapidez):

$$S_m = S / \sqrt{n}$$

Su media converge con la media de las observaciones individ.
Al tener menor dispersión no da una idea correcta de la misma.
Por ello se utilizan pares de gráficos: Centrado y dispersión.



- Tipos de gráficos:**
- ▶ Gráficos de MEDIAS - RANGOS (por grupos de observaciones).
 - ▶ Gráficos de MEDIAS - DESVIACIONES (por grupos de observaciones).
 - ▶ Gráficos de OBSERVACIONES INDIVIDUALES.
 - ▶ Gráficos de MEDIAS MOVILES - RANGOS MOVILES (agrup. móviles de observ.).



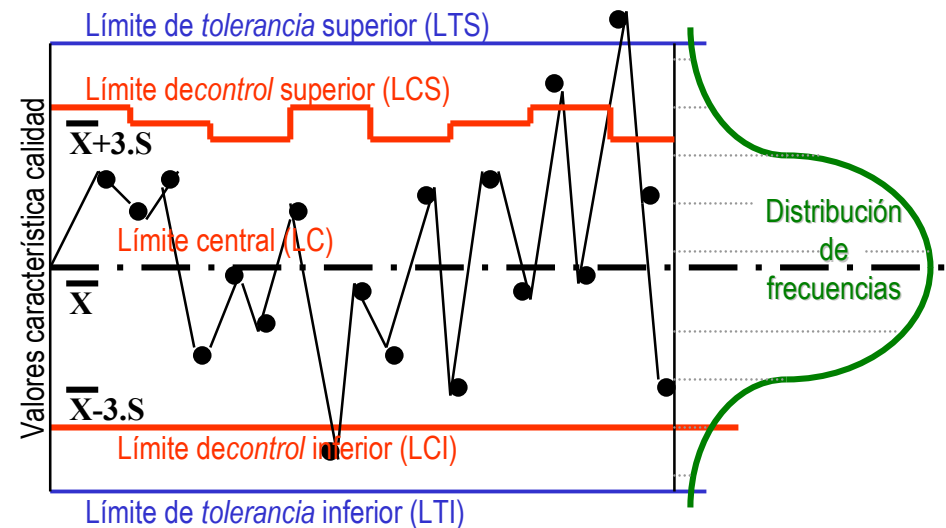
Gráficos de control por atributos

Evolución de la frecuencia absoluta o relativa de atributos de calidad o de la cantidad de defectos presentes en distintas unidades de producto.

Para control rápido y a bajo coste, para control recepción y envíos a clientes y como paso previo a control por variables (identificar problemas relevantes y sus parámetros)

Con número de defectos : Para defectos que aparecen en flujos de unidades del lote de producción.

Los gráficos de control por atributos y número de defectos se acompañan asimismo con los límites de control (que ahora pueden no ser fijos , con lo cual la línea puede no ser una recta).



- Tipos de gráficos:**
- ▶ Gráfico P: PORCENTAJE de UNIDADES DEFECTUOSAS.
 - ▶ Gráfico PN: CANTIDAD de UNIDADES DEFECTUOSAS.
 - ▶ Gráfico U: Cantidad de DEFECTOS POR UNIDAD inspeccionada.
 - ▶ Gráfico C: Cantidad de DEFECTOS EN TODA LA MUESTRA.

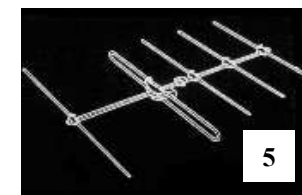
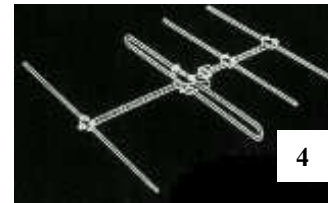
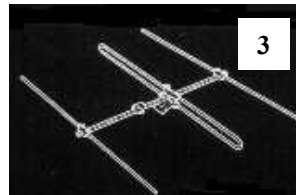
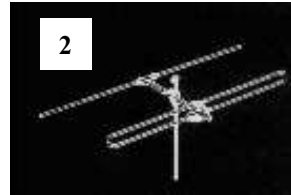
La calidad en la producción:

Caso práctico.

• Caso Práctico



ANTENAS TV-FM : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MODELOS ATV-BI

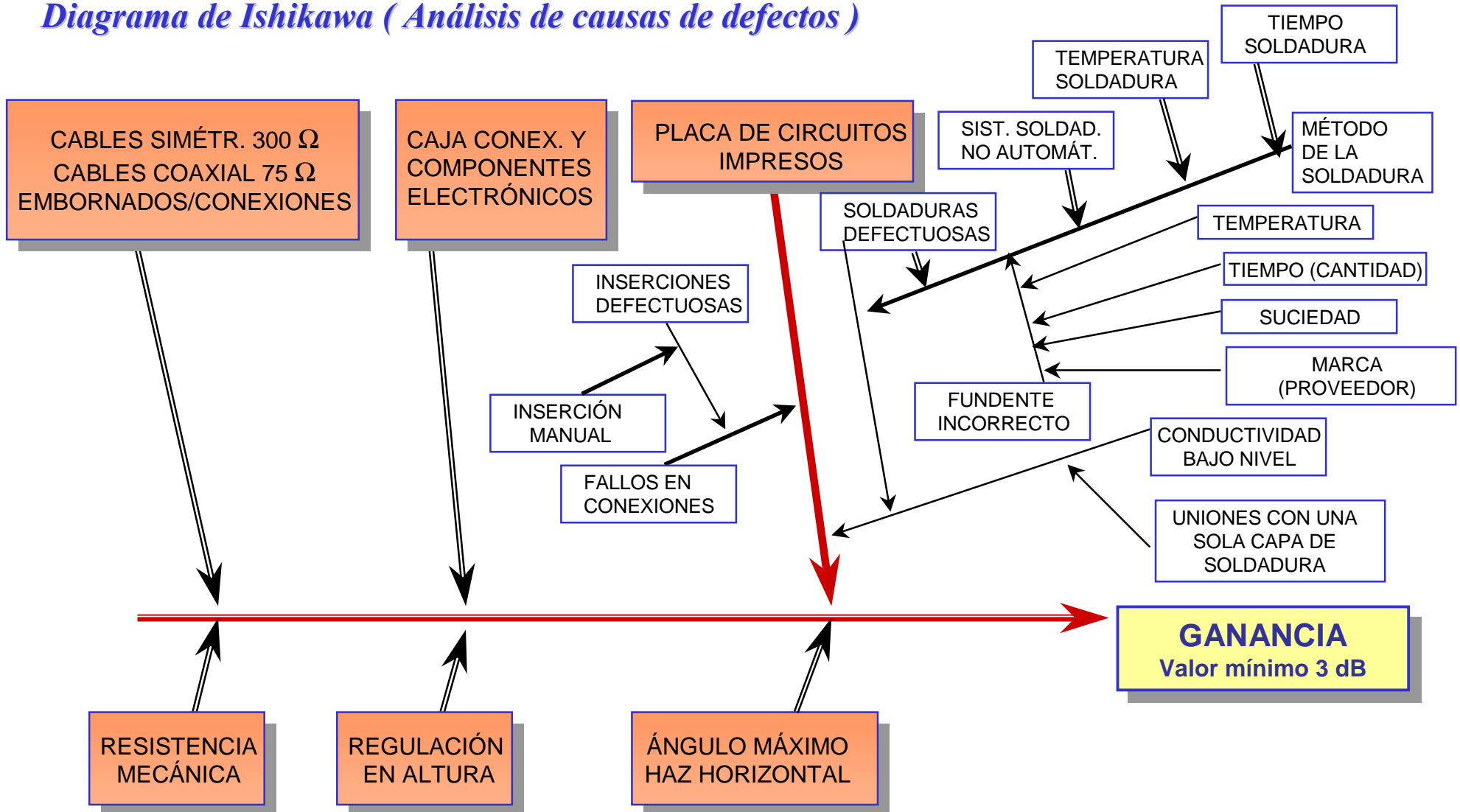


Nº ELEM.	BANDA	REF. MODELOS	CANALES	LONG. ELÉCTRICA	GANANCIA (dB)	RELACIÓN DE DIRECTIVIDAD (dB/dB)	ÁNGULO DE HAZ HORIZONTAL	ÁNGULO INCLINACIÓN REGULABLE	LONG. ÚTIL (mm)	RESIS. VIENTO (KG/m ²)
2	I	ATV-BI2	4	0.18 l	3	10 / 1	80 °	SI	960	6.5
	II	ATV-BI2II	4	0.18 l	3	10 / 1	80 °	SI	960	6.5
3	I	ATV-BI3/2	2	0.28 l	5	16 / 1	70 °	SI	1.440	8.5
	I	ATV-BI	4	0.28 l	5	16 / 1	70 °	SI	1.620	8.5
4	I	ATV-BI	3	0.37 l	7	20 / 1	65 °	SI	1.920	9.5
	I	ATV-BI	4	0.37 l	7	20 / 1	65 °	SI	2.050	9.5
5	I	ATV-BI	2	0.45 l	9	22 / 1	60 °	SI	2.200	10
	I	ATV-BI	3	0.45 l	9	22 / 1	60 °	SI	2.320	10
	I	ATV-BI	4	0.45 l	9	22 / 1	60 °	SI	2.450	10



FABRICACIÓN DE ANTENAS TV-FM : MODELOS ATV-BI

Diagrama de Ishikawa (Análisis de causas de defectos)





**FABRICACIÓN DE ANTENAS TV-FM :
MODELOS ATV-BI**

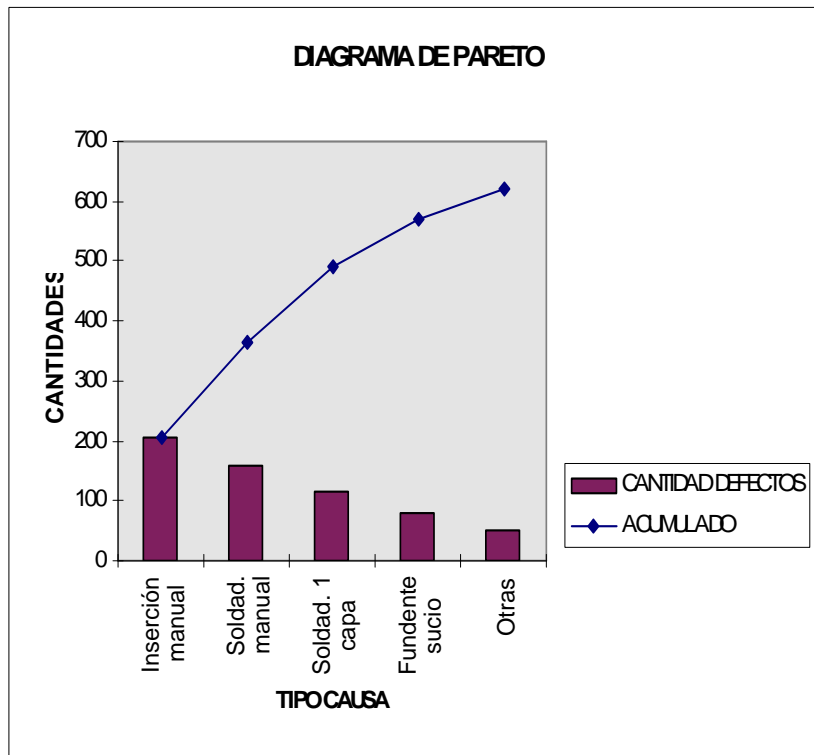


Diagrama de Pareto

CANTIDAD INSPECCIONADA		720		
TIPO DE CAUSA	CANTIDAD DE DEFECTOS	% DEL TOTAL	% DEL TOTAL DEFECTUOSO	% ACUMULADO
Inserción manual	205	28.47	33.61	33.61
Soldadura manual	160	22.22	26.23	59.84
Soldadura 1 capa	115	15.97	18.85	78.69
Fundente sucio	80	11.11	13.11	91.80
Otras	50	6.94	8.20	100.00
TOTAL	610	84.72		

• Caso Práctico: Fabricación y montaje de antenas TV y FM



Características de calidad:

X: Ganancia (dB)

Y: Relación de directividad

	Xi	Yi
1	5,2	16
2	5	16,2
3	5,8	17,5
4	6	18
5	6,4	18,8
6	5,9	17,6
7	4,7	16
8	4,5	15,5
9	5,7	17
10	5,4	17
11	6	18
12	6,2	18
13	5,4	17,5
14	5,9	17,7
15	6,3	17,5
16	7	18,3
17	7,2	18,4
18	6,9	18
19	6,5	17,6
20	6	17
21	5,4	16,6
22	5,8	17,1
23	5	16
24	4,5	15,5
25	6,5	17

	xi=Xi-Mx	yi=Yi-My	xi ²	yi ²
1	-0,6	-1,2	0,4	1,4
2	-0,8	-1,0	0,7	1,0
3	-0,0	0,3	0,0	0,1
4	0,2	0,8	0,0	0,7
5	0,6	1,6	0,4	2,6
6	0,1	0,4	0,0	0,2
7	-1,1	-1,2	1,2	1,4
8	-1,3	-1,7	1,7	2,9
9	-0,1	-0,2	0,0	0,0
10	-0,4	-0,2	0,2	0,0
11	0,2	0,8	0,0	0,7
12	0,4	0,8	0,2	0,7
13	-0,4	0,3	0,2	0,1
14	0,1	0,5	0,0	0,3
15	0,5	0,3	0,2	0,1
16	1,2	1,1	1,4	1,2
17	1,4	1,2	1,9	1,5
18	1,1	0,8	1,2	0,7
19	0,7	0,4	0,5	0,2
20	0,2	-0,2	0,0	0,0
21	-0,4	-0,6	0,2	0,4
22	-0,0	-0,1	0,0	0,0
23	-0,8	-1,2	0,7	1,4
24	-1,3	-1,7	1,7	2,9
25	0,7	-0,2	0,5	0,0

REGRESION

Y	X
16,5	16,3
16,3	16,0
17,2	17,2
17,4	17,5
17,8	18,0
17,3	17,3
16,0	15,6
15,8	15,3
17,1	17,0
16,8	16,6
17,4	17,5
17,6	17,7
16,8	16,6
17,3	17,3
17,7	17,9
18,5	18,9
18,7	19,2
18,4	18,7
17,9	18,2
17,4	17,5
16,8	16,6
17,2	17,2
16,3	16,0
15,8	15,3
17,9	18,2

Medias: 5,8 17,2
(Mx) (My)

Total: -0,0 0,0 13,2 20,2

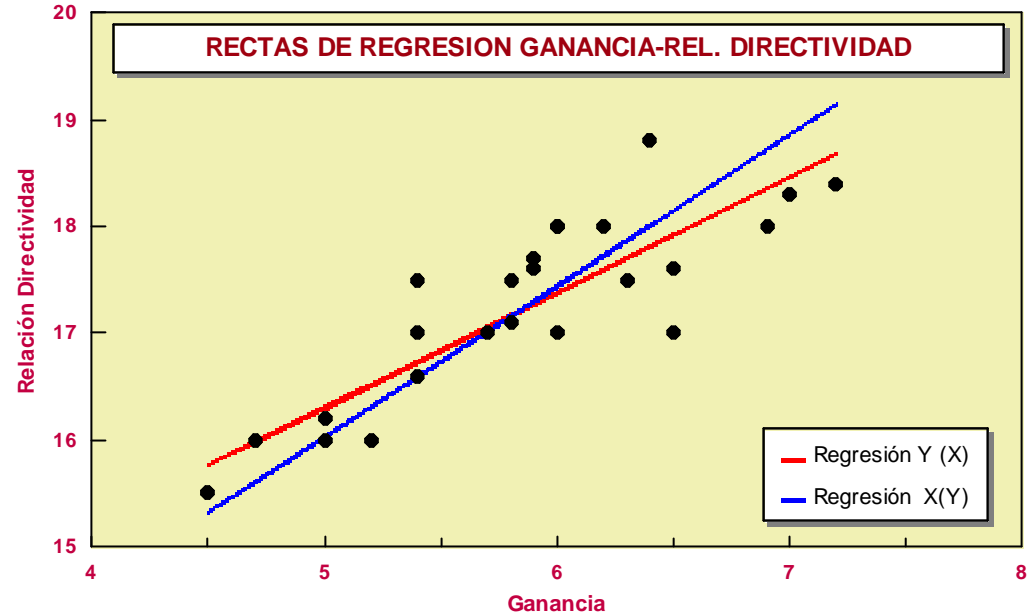
r = 0,87

Recta de regresión de Y en X:
$$Y - My = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sum x_i^2} \cdot (X - Mx)$$

$$Y - 17,2 = 14,3 / 13,2 \cdot x (X - 5,8) \quad \gg \gg \quad Y - 17,2 = 1,1 \cdot x (X - 5,8)$$

Recta de regresión de X en Y:
$$Y - My = \frac{\sum y_i^2}{\sum x_i \cdot y_i} \cdot (X - Mx)$$

$$Y - 17,2 = 20,2 / 14,3 \cdot x (X - 5,8) \quad \gg \gg \quad Y - 17,2 = 1,4 \cdot x (X - 5,8)$$



• Caso Práctico: Fabricación y montaje de antenas TV y FM



Características de calidad:

X: Ganancia (dB)

Y: Relación de directividad

Recta de regresión de Y en X:

$$Y - 17,2 = 1,1x (X - 5,8)$$

Recta de regresión de X en Y:

$$Y - 17,2 = 1,4x (X - 5,8)$$

Coefficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i^2}} = 0,87$$

Bandas de fluctuación:

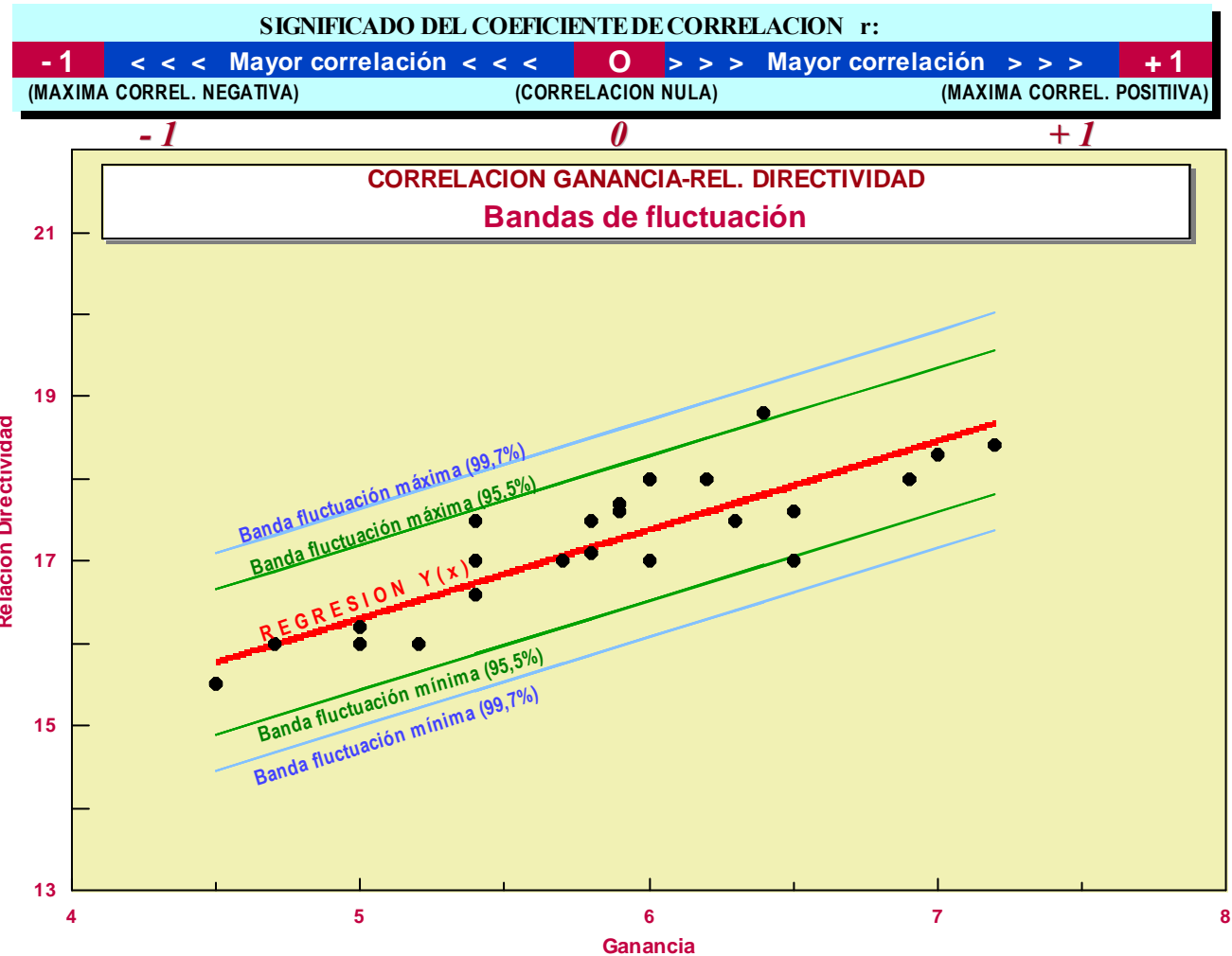
$$u = \sqrt{\sum y_i^2 \cdot \frac{1-r^2}{n}} = 0,44$$

(la fluctuación se reduce al acercarse r a 1 o a -1)

Anchura de bandas según % observaciones incluidas:

Para 95,5%: $2 \times u = 0,88$

Para 99,7%: $3 \times u = 1,32$





FABRICACIÓN DE ANTENAS TV-FM : MODELOS ATV-BI

Característica de calidad : **GANANCIA (dB)**

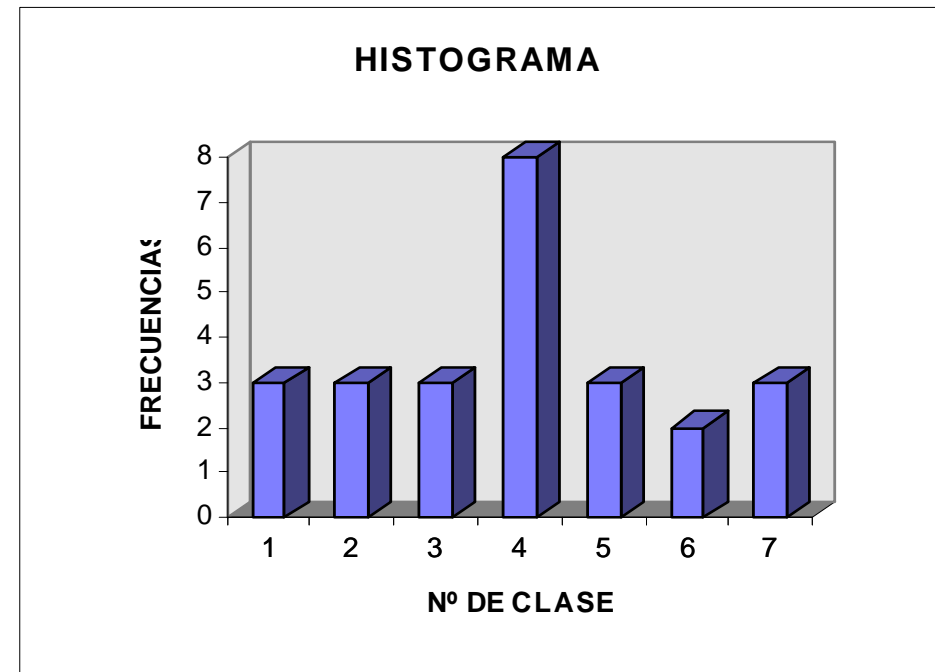
Muestra : La obtenida para el *diagrama de dispersión*

Tamaño de la muestra : 25

	DATOS
1	5.2
2	5
3	5.8
4	6
5	6.4
6	5.9
7	4.7
8	4.5
9	5.7
10	5.4
11	6
12	6.2
13	5.4
14	5.9
15	6.3
16	7
17	7.2
18	6.9
19	6.5
20	6
21	5.4
22	5.8
23	5
24	4.5
25	6.5

MEDIA	5.808
DESVIACIÓN TÍPICA	0.727142532

CLASE N°	INFERIOR	SUPERIOR	FREC.
1	4.5	4.885714286	3
2	4.885714286	5.271428571	3
3	5.271428571	5.657142857	3
4	5.657142857	6.042857143	8
5	6.042857143	6.428571429	3
6	6.428571429	6.814285714	2
7	6.814285714	7.2	3



• Caso Práctico: Fabricación y montaje de antenas TV y FM



Característica de calidad: GANANCIA (dB)

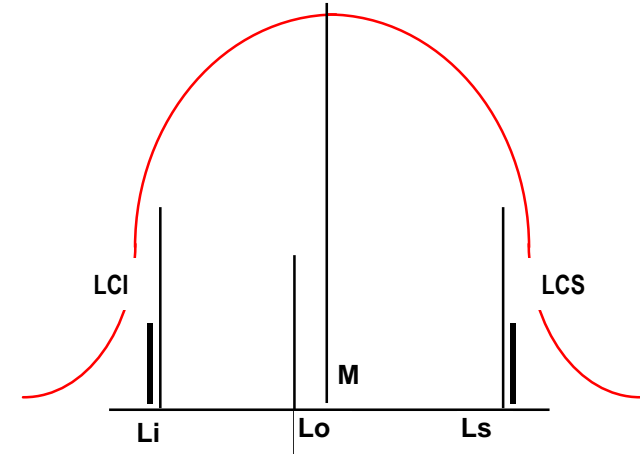
Nominal (Lo):	5
Límite tolerancia superior (Ls):	5.75
Límite tolerancia inferior (Li):	4.25

Valores de la serie producida:

Unidad	Ganancia
1	4.81
2	4.74
3	5.05
4	4.9
5	5.2
6	5.12
7	5.32
8	5.22
9	5.35
10	4.95
11	4.89
12	5.6
13	5.23
14	5.05
15	5.12
16	4.78
17	5.02
18	5.55
19	4.77
20	4.99
21	5.43
22	4.76
23	4.92
24	5.34
25	5.15

Media de la serie (M): 5.0904
 Desviación típica serie (s): 0.24292

Límite de control superior LCS=M+3.s: 5.81917
 Límite de control inferior LCI=M-3.s: 4.36163



GRADO DE «ESTADO DE CONTROL» DE LA SERIE DE OBSERVACIONES:

Rango de la serie: Máximo valor - Mínimo valor: 5,60 - 4,74 = 0.86

Intervalo entre LCS y LCI: 5,8192 - 4,3616 = 1.45754

Por tanto no hay valores de la serie fuera de los límites de control: Existe control pero no necesariamente distribución normal.

Indice de capacidad Cp:
$$\frac{Ls - Li}{6.s} = \frac{5,75 - 4,25}{6 \times 0,2429} = 1.029 \rightarrow \text{NORMALMENTE SUFICIENTE}$$

Indice de capacidad Cpk:
$$Cp \cdot \left[1 - \frac{|M - Lo|}{(Ls - Li) / 2} \right] = 1,029 \times \left[1 - \frac{|5,0904 - 5,00|}{(5,75 - 4,25) / 2} \right] = 0.905 \rightarrow \text{INSUFICIENTE}$$