

## **CONTROL DE CALIDAD EN RECEPCIÓN. Planes de muestreo**

**Víctor Yepes Piqueras**  
**Prof. Dr. Ing. Caminos**

## **CONTROL DE RECEPCIÓN**

- ⌘ **Conjunto de operaciones y métodos que adoptan el cliente y el proveedor a fin de obtener la garantía de que los lotes de productos presentados en recepción son de alta calidad.**
- ⌘ La compra de bienes y servicios es una actividad tan importante en la consecución de productos de calidad como el propio proceso de fabricación.

## LA ACEPTACIÓN POR LOTES

- ⌘ La toma de una **muestra** al azar y el análisis de cada una de las piezas que conforman la muestra suministran la información necesaria para decidir si se **acepta** o **se rechaza** el lote.
- ⌘ El rechazo puede suponer devolver el lote o efectuar una inspección 100% rectificante con o sin penalización.

## INSPECCIÓN 100%

- ⌘ Permite, teóricamente, conocer el número exacto de unidades defectuosas.
- ⌘ Puede realizarse si el coste de inspección es muy pequeño comparado con el daño económico producido al aceptar una pieza defectuosa (si no es destructivo).
- ⌘ Con porcentajes muy bajos de defectuosas puede llegar a la monotonía.

## VENTAJAS DEL MUESTREO FRENTE A INSPECCIÓN 100%

- ⌘ En general es más económico.
- ⌘ Menor número de inspectores.
- ⌘ Mayor rapidez en la toma de decisión (aceptar o rechazar).
- ⌘ Menor riesgo de error de los inspectores.
- ⌘ Necesario en pruebas destructivas.
- ⌘ Especialmente, el rechazo de lotes completos produce mayor presión sobre los proveedores.

## DESVENTAJAS DEL MUESTREO FRENTE A INSPECCIÓN 100%

- ⌘ Se obtiene **menos información** de una muestra que de todo el lote. Obtenemos "estimaciones".
- ⌘ **Riesgos del muestreo** (aceptar lotes de baja calidad -probabilidad  $\beta$ -, o rechazar lotes de calidad aceptable -probabilidad  $\alpha$ -).
- ⌘ **Costes administrativos** (almacenar datos de muestras anteriores).

## DEFINICIONES

- ⌘ **Pieza, unidad de producto, artículo:** parte del producto que será analizada para ser clasificada como defectuosa o correcta.
- ⌘ **Lote:** es el conjunto de piezas del que se toma la muestra y sobre el que hay que tomar la decisión de aceptar o rechazar.
- ⌘ **Muestra aleatoria simple:** es aquella que se toma de tal forma que todos los conjuntos de  $n$  piezas del lote tienen la misma probabilidad de constituir la muestra o, lo que es equivalente, que todas las piezas del lote tienen la misma probabilidad de formar parte de la muestra.

## DEFINICIONES (II)

- ⌘ **Defecto:** cualquier disconformidad con las prescripciones de calidad establecidas.
- ⌘ **Defecto crítico:** aquel que puede generar inseguridad física en las personas o que puede llegar a impedir la función para la que la pieza fue concebida.
- ⌘ **Defecto principal:** aquel que no siendo crítico puede reducir substancialmente la utilidad de la pieza para el fin con la que fue concebida.
- ⌘ **Defecto secundario:** aquel que no reduce la utilidad del producto.

## DEFINICIONES (III)

- ⌘ **Unidad defectuosa:** es un artículo que tiene al menos un defecto.
- ⌘ **Unidad defectuosa crítica:** es la que tiene al menos un defecto crítico, pudiendo tener o no defectos principales o secundarios.
- ⌘ **Unidad defectuosa principal:** la que no teniendo ningún defecto crítico tiene al menos un defecto principal, pudiendo tener o no defectos secundarios.
- ⌘ **Unidad defectuosa secundaria:** aquella que no teniendo defectos críticos ni principales, contiene al menos un defecto secundario.

## MUESTREO RECTIFICANTE

- ⌘ Cuando los ensayos son no destructivos, si el lote es rechazado, se somete a una inspección 100%, reemplazándose todas las unidades defectuosas por otras correctas.
- ⌘ De este modo el lote, si no existen errores de inspección, queda con 0 piezas defectuosas.
- ⌘ Lógicamente, por tratarse de un lote rechazado, los costes generados por esta rectificación son con cargo al proveedor.

## COSTES EN EL MUESTREO

⌘ Coste de no inspección =  $N \cdot p \cdot A$

⌘ Coste inspección 100% =  $N \cdot I$

⌘ Coste muestreo =

$$n \cdot I + P_a \cdot p \cdot (N - n) \cdot A + (1 - P_a) \cdot (N - n) \cdot I$$

$N$  tamaño del lote

$n$  tamaño de la muestra

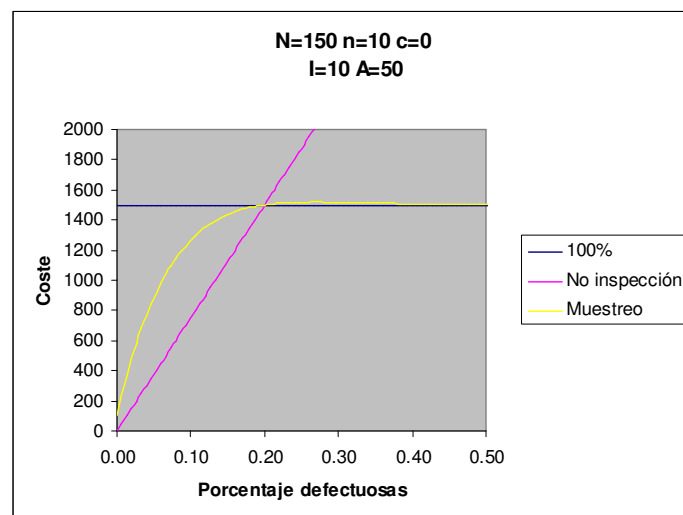
$p$  proporción de piezas defectuosas en el lote

$P_a$  probabilidad de aceptar el lote

$I$  coste de inspeccionar una pieza

$A$  coste que genera una unidad defectuosa que es aceptada con el lote

## COSTES EN EL MUESTREO



## INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS

⌘ Es aquella en virtud de la cual la unidad de producto se clasifica como defectuosa o no defectuosa, o bien, aquella en la que se computa el número de defectos de dicha unidad de producto, en relación con las especificaciones o normas dadas.



## TIPOS DE ERRORES

⌘ TIPO I: Rechazar la hipótesis nula cuando es cierta.

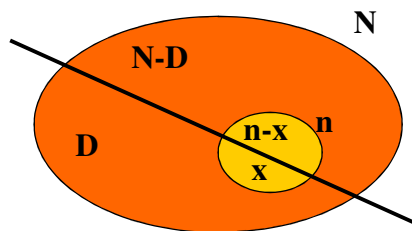
☒ La probabilidad que ocurra es  $\alpha$  (riesgo del fabricante)

⌘ TIPO II: Aceptar la hipótesis nula cuando es falsa.

☒ La probabilidad que ocurra es  $\beta$  (riesgo del comprador)

## DISTRIBUCIÓN HIPERGEOMÉTRICA

- ⌘ Población finita de  $N$  individuos.
- ⌘ Muestra extraída al azar de  $n$  individuos.
- ⌘ Característica (defectuosas) que identifica a  $D$  de los individuos de la población.



$$p(x) = \frac{\binom{D}{x} \cdot \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

## DISTRIBUCIÓN BINOMIAL

- ⌘ Población infinita de individuos.
- ⌘ Muestra extraída al azar de  $n$  individuos.
- ⌘ Característica (defectuosas) que se presenta en cada individuo, con una probabilidad  $p$ .

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

## DISTRIBUCIÓN DE POISSON

- ⌘ Muestra de tamaño infinito.
- ⌘ Una cierta característica  $A$  con una probabilidad  $p$  muy pequeña de presentarse en un elemento concreto de la muestra.
- ⌘ Un promedio de individuos de la muestra con la característica  $A$  moderado -finito- (llamémosle  $\lambda$ ).

$$\lambda = n \cdot p$$

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}$$

## NORMA UNE 66.020.73

Equivalente a ISO 2.859

### ⌘ Objeto:

- ☒ Establecer los planes de muestreo y los procedimientos para la inspección y recepción por atributos.
- ☒ Cuando así se indique por la autoridad competente y sea de aplicación esta norma, se citará en las especificaciones, contratos y demás documentos, siguiendo los métodos establecidos.
- ☒ La autoridad competente será designada en cualquiera de los citados documentos.

## NORMA UNE 66.020.73

### ⌘ Campo de aplicación:

- ☒ Los planes de muestreo son de aplicación, sin carácter limitativo, a la inspección y recepción de: productos terminados, componentes y materias primas, operaciones, materiales en curso de fabricación, productos almacenados, operaciones de mantenimiento y entretenimiento, datos o informes, procedimientos administrativos.
- ☒ Los planes están preparados para **series continuas de lotes**. En caso de lote aislado deberá consultarse la CC para emplear un plan que proporcione la protección deseada.

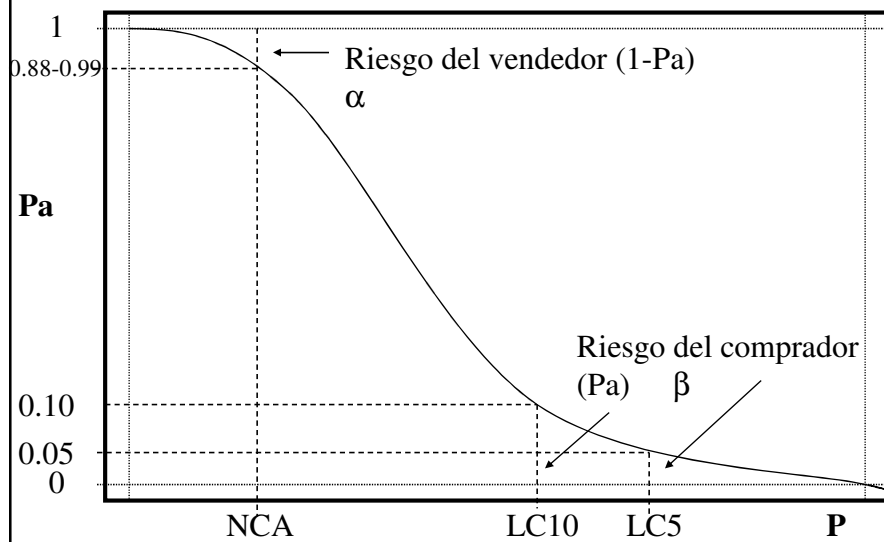
## PLAN DE MUESTREO

- ⌘ Indica el número de unidades de producto de cada lote que deberán ser inspeccionadas (tamaño de la muestra o series de tamaños de muestras) y los criterios para la determinación de la aceptabilidad del lote (números de aceptación y de rechazo).

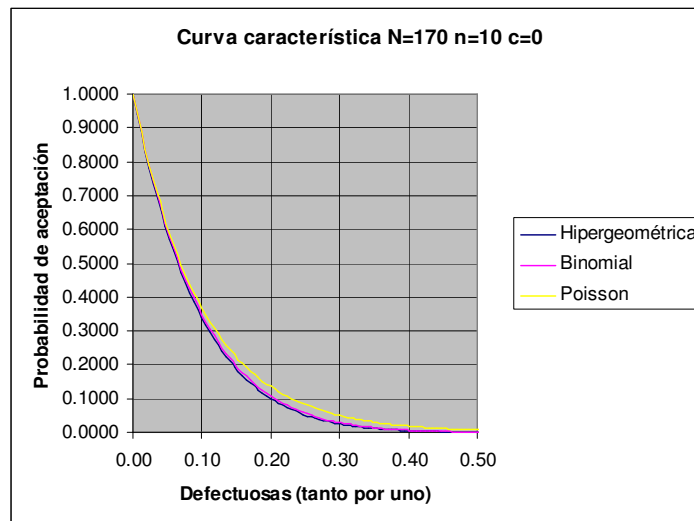
## CURVA CARACTERÍSTICA

- ⌘ Indica el porcentaje de lotes que puede esperarse que sean aceptados según los distintos **planes de muestreo** para una calidad determinada del proceso.
- ⌘ **Probabilidad** de aceptar el lote, en función del porcentaje de unidades defectuosas de dicho lote.
- ⌘ Gran influencia del **tamaño muestral**. Los planes de muestreo proporcionales pueden ser injustos.

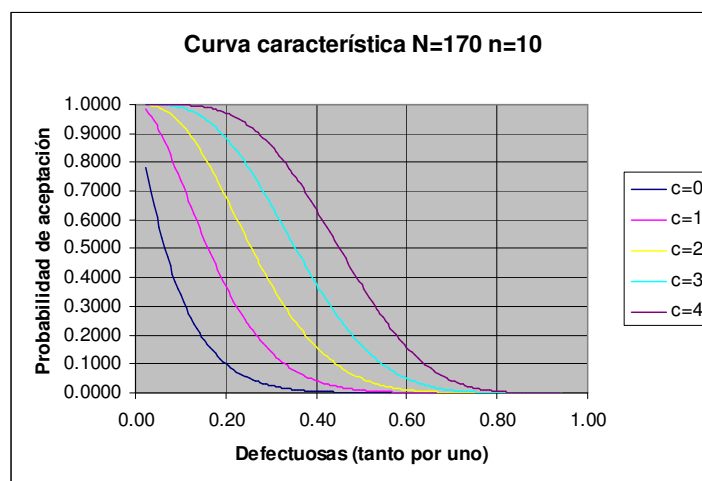
## CURVA CARACTERÍSTICA



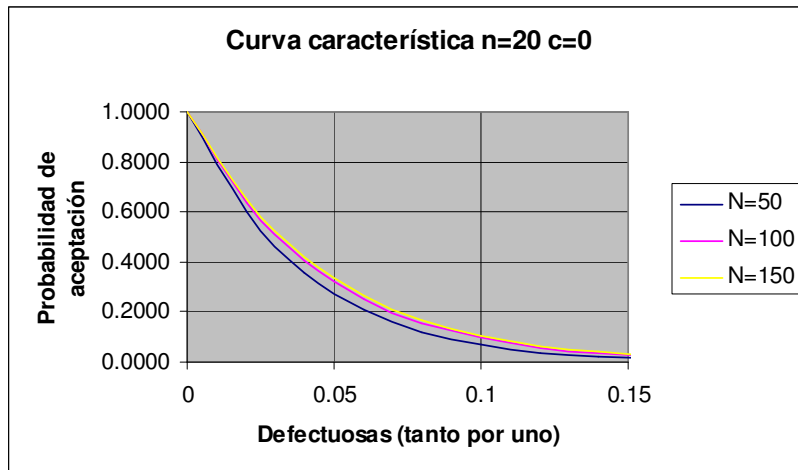
## CURVA CARACTERÍSTICA



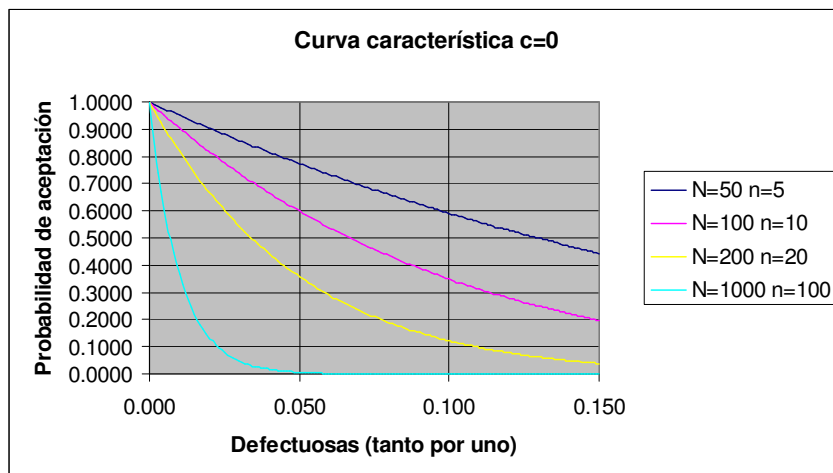
## CURVA CARACTERÍSTICA



## CURVA CARACTERÍSTICA



## CURVA CARACTERÍSTICA



## MUESTREO DE ACEPTACIÓN

### ⌘ Factores que afectan:

- ☒ Tamaño del lote
- ☒ Tamaño de la muestra
- ☒ Número de aceptación

### ⌘ ¿Cómo afectan?

- ☒ El tamaño del lote apenas afecta a la CC
- ☒ Si el número de aceptación es cero, la CC es cóncava
- ☒ Si aumenta el número de aceptación, la curva es menos pendiente
- ☒ Al aumentar el tamaño de muestra y número de aceptación, conjuntamente, la CC se acerca a la ideal

## MUESTREO DE ACEPTACIÓN

- ⌘ Si el número de aceptación es cero, la curva es de forma exponencial.
- ⌘ Si aumenta el tamaño de la muestra, aumenta la pendiente de la curva.
- ⌘ Si aumenta el número de aceptación, la curva se desplaza a la derecha.
- ⌘ Si el tamaño de la muestra se acerca al tamaño del lote, la curva se acerca a la curva característica perfecta.

## NIVEL DE CALIDAD ACCEPTABLE (NCA) -desafortunada denominación-

- ⌘ *Porcentaje máximo de unidades defectuosas (o número máximo de defectos por cada 100 unidades) alcanzable por la media del proceso para poder considerar a este último satisfactorio desde el punto de vista de la inspección por muestreo.*
- ⌘ La probabilidad oscila entre el 88 y 99% en función del tamaño de la muestra
- ⌘ Resulta necesario consultar la CC del plan para determinar qué protección tendrá el consumidor

## LÍMITE DE CALIDAD (LC)

- ⌘ Se suelen tomar valores de LC para los riesgos del consumidor (riesgo de aceptar un producto que es insatisfactorio) del 5% y del 10%
- ⌘ Puede ser de utilidad para establecer el NCA y los niveles de inspección para una serie de lotes, pues ello permite fijar el tamaño mínimo de las muestras cuando exista alguna razón para evitar con un riesgo del consumidor superior al dado, una proporción de unidades defectuosas superior a un límite fijado en cualquier lote individual

## CALIDAD MEDIA DE SALIDA

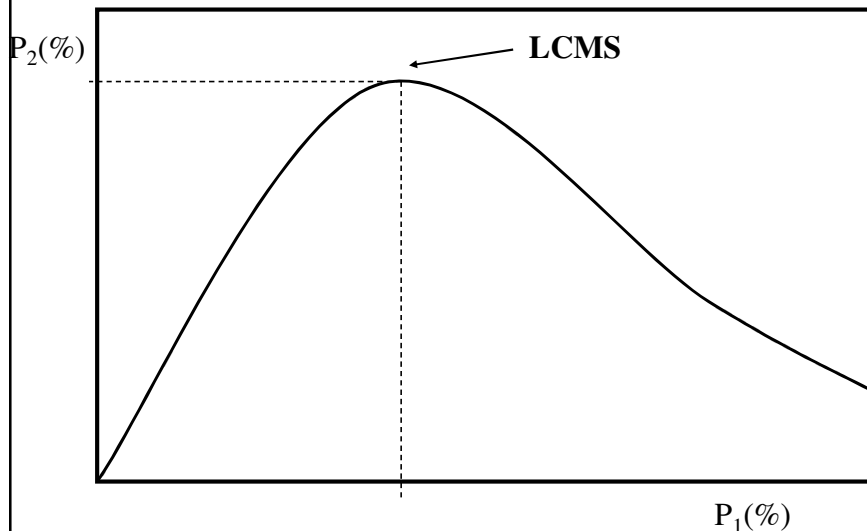
⌘ *Es la calidad media del producto obtenido, incluyendo tanto lotes aceptados como rechazados después de que estos han sido sometidos a muestreo rectificante*

⌘ Tiene sentido sólo en ensayos no destructivos

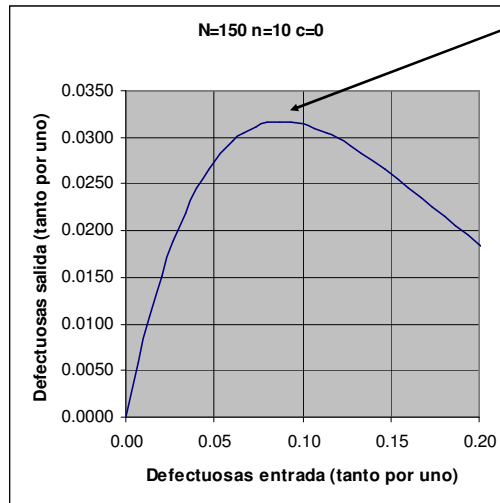
⌘ **Límite de calidad media de salida (LCMS):**

☒ Es el valor máximo de los CMS de entre todas las calidades posibles de entrada

## CALIDAD MEDIA DE SALIDA



## CALIDAD MEDIA DE SALIDA



LCMS=0.0317 ( $p_1=0.0933$ )

$$CMS = p \cdot p_a \left( 1 - \frac{n}{N} \right)$$

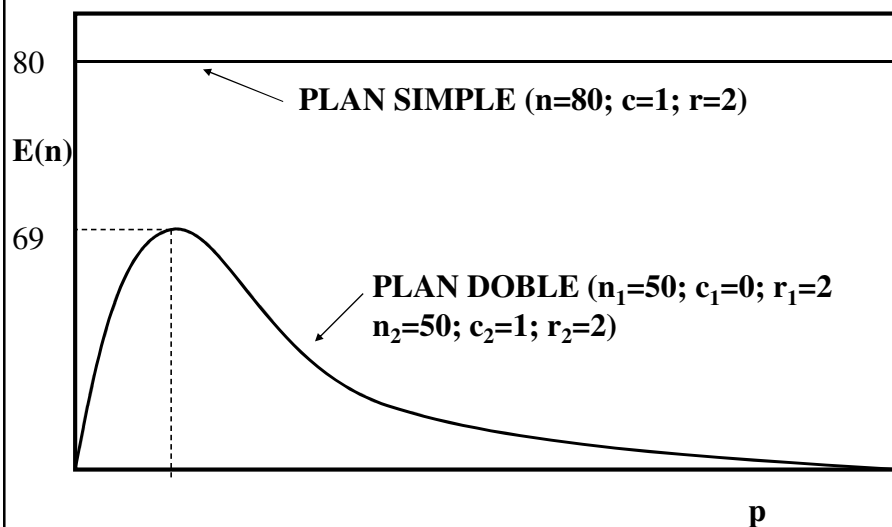
## TIPO DE MUESTREO

- ⌘ **Muestreo Simple:** Una etapa.
- ⌘ **Muestreo Doble:** Dos etapas.
- ⌘ **Muestreo Múltiple:** Siete etapas.
- ⌘ En cada etapa se acepta, se rechaza o se continúa.
- ⌘ En realidad, independientemente del tipo de muestreo, se define la misma CC.

## TAMAÑO MEDIO MUESTRAL ( $E(n)$ )

- ⌘ Indica los tamaños medios de las muestras que pueden presentarse según los diversos planes de muestreo para una calidad dada del proceso.
- ⌘ Ahorra, por término medio, el coste de inspección.

## TAMAÑO MEDIO MUESTRAL



## INSPECCIÓN TOTAL MEDIA

⌘ La inspección total media (ITM) es la suma del número ensayos necesarios para la muestra más los que deberían hacerse por muestreo rectificante en caso de ser rechazado un lote.

⌘ En el caso de un plan simple:

$$ITM = p_a \cdot n + (1 - p_a) \cdot N$$

## NIVEL DE INSPECCIÓN

⌘ *Determina la relación que existe entre el tamaño del lote y el de la muestra.*

- ⊞ Normalmente se empleará el Nivel II
- ⊞ Nivel I para menor severidad
- ⊞ Nivel III para mayor severidad
- ⊞ Niveles Especiales (S-1, S-2, S-3, S-4) para tamaños de muestra pequeños y situaciones en las que se puedan tolerar mayores riesgos en el muestreo.

## TIPOS DE INSPECCIÓN

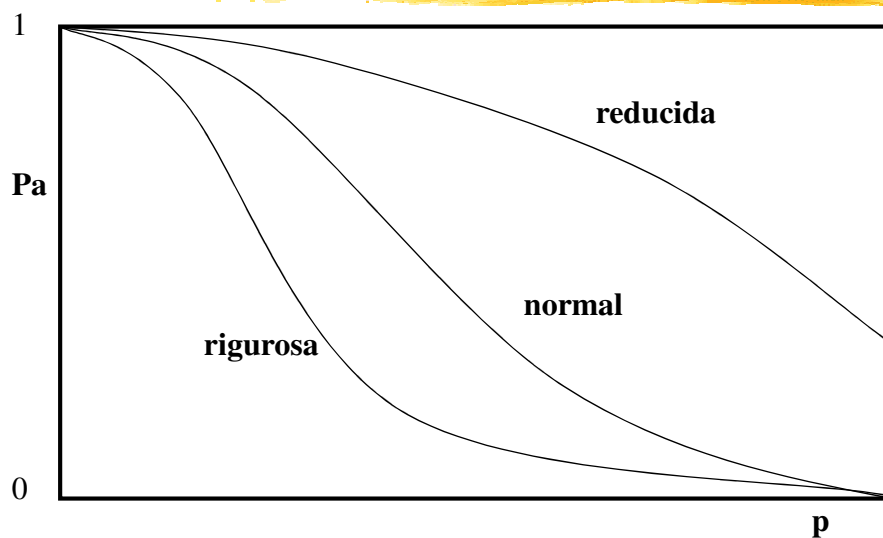
⌘ Hace referencia a la exigencia de la calidad de los lotes. Se traduce en CC más o menos rigurosas:

- ☒ Inspección Normal.
- ☒ Inspección Rigurosa.
- ☒ Inspección Reducida.

Riguroso: la CC cae rápidamente  
Poco riguroso: más horizontal

⌘ La Inspección Normal se llevará a cabo al comienzo de la inspección. Se conservarán los datos de cada proveedor y se pasará a rigurosa o reducida según su "historia".

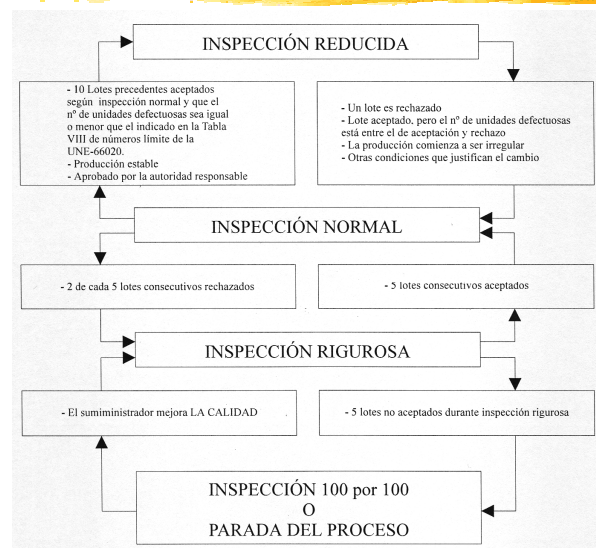
## TIPOS DE INSPECCIÓN



## LETRAS CÓDIGO

- ⌘ Los tamaños de las muestras se designan por medio de letras código. Esta letra se obtiene en función del tamaño del lote de que se trate y del nivel de inspección prescrito.
- ⌘ Por ejemplo para los niveles de inspección para usos generales:
  - ☑ Nivel I y tamaño del lote de 10001 a 35000, la letra es K.

## CUADRO RESUMEN PARA EL CAMBIO DE CLASE DE INSPECCIÓN



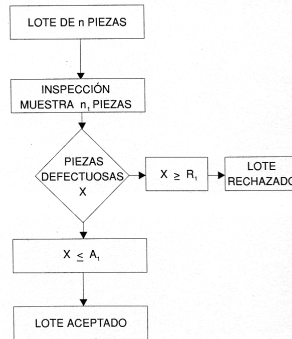
# MUESTRO SIMPLE

Los números que figuran en las tablas de muestreo simple tiene el siguiente significado

$n_i$  = tamaño de la muestra       $A_i$  = n° de defectos aceptados  
 $R_i$  = n° de defectos rechazados

|   |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| N | 500  | ↓   | ↓   | 0 1 | ↓   | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8   | 10 11 |
| P | 800  | ↓   | ↓   | 0 1 | ↓   | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8   | 10 11 |
| Q | 1250 | 0 1 | 0 1 | ↓   | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 |
|   |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       | 21 22 |

El diagrama de actuación para una muestra simple es el siguiente:



# MUESTRO DOBLE Y MÚLTIPLE

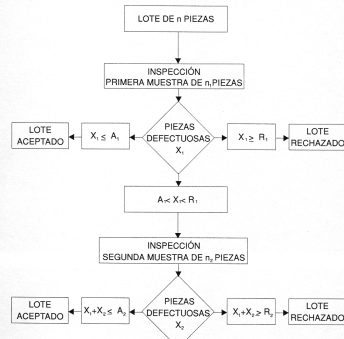
Los números que figuran en las tablas de muestreo doble tienen el siguiente significado

$n_1$  = unidades 1ª muestra      Rechazo 1ª muestra =  $R_1$   
 Aceptación 1ª muestra =  $A_1$

|   |    |     |     |   |   |     |     |     |     |
|---|----|-----|-----|---|---|-----|-----|-----|-----|
| N | 1ª | 315 | 315 | ↓ | ↓ | 0 2 | 0 3 | 1 4 | 2 5 |
|   | 2ª | 315 | 630 | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 |

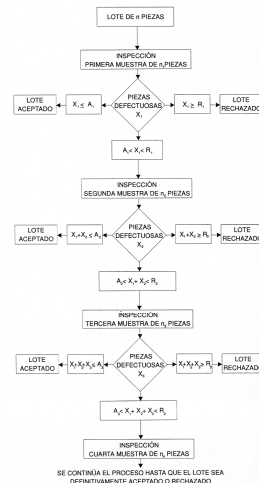
Aceptación 2ª muestra =  $A_2$   
 $n_2$  = unidades 2ª muestra      Rechazo 2ª muestra =  $R_2$

El diagrama de actuación para un muestreo doble es el siguiente



Los números que figuran en las tablas para muestreo múltiple tienen un significado ara cada muestra escogida, igual que el que se indicó para el muestreo doble.

El diagrama de actuación para un muestreo múltiple es el siguiente:



## TABLA I: LETRA CÓDIGO PARA LA MAGNITUD MUESTRAL

| Tamaño del lote o partida |       |        |  | Niveles de inspección especiales |     |     |     | Niveles de inspección generales |    |     |
|---------------------------|-------|--------|--|----------------------------------|-----|-----|-----|---------------------------------|----|-----|
|                           |       |        |  | S-1                              | S-2 | S-3 | S-4 | I                               | II | III |
| 2                         | a     | 8      |  | A                                | A   | A   | A   | A                               | A  | B   |
| 9                         | a     | 15     |  | A                                | A   | A   | A   | A                               | A  | 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     | 1200   |  | C                                | C   | E   | F   | G                               | J  | K   |
| 1201                      | a     | 3200   |  | C                                | D   | E   | G   | H                               | K  | L   |
| 3201                      | a     | 10000  |  | C                                | D   | F   | G   | J                               | L  | M   |
| 10001                     | a     | 35000  |  | C                                | D   | F   | H   | K                               | M  | N   |
| 35001                     | a     | 150000 |  | D                                | E   | G   | J   | L                               | N  | P   |
| 150001                    | a     | 500000 |  | D                                | E   | G   | J   | M                               | P  | Q   |
| 500001                    | o más |        |  | D                                | E   | H   | K   | N                               | Q  | R   |

## TABLA II: PLANES DE INSPECCIÓN SIMPLE PARA INSPECCIÓN NORMAL

| Letra código para el tamaño muestral | Tamaño muestral | Niveles de Calidad aceptables (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 | 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            |                                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

↓ = Utilizar el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si la magnitud muestral es igual o excede de la magnitud del lote, hacer inspección cien por cien.  
 ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo encima de la flecha.  
 Ac = Número de aceptación.  
 Re = Número de rechazo.

### TABLA III: PLANES DE INSPECCIÓN DOBLE PARA INSPECCIÓN NORMAL

[illegible]