

Inspección

LA INSPECCIÓN

¿QUÉ ES LA INSPECCIÓN?

- Tradicionalmente, el control de calidad en un [proceso](#) de fabricación se caracterizaba por desarrollarse una vez terminada la fase de producción; es decir, los productos fabricados o los servicios resultantes eran sometidos, sólo entonces, a una inspección que permitía la separación de los aceptables de los defectuosos. Posteriormente evolucionó al **Control de Recepción**, el cuál se aplica a una partida de nuevo producto, sea éste materia prima, materiales, producto semielaborado o acabado, para inspeccionar que se verifican las especificaciones establecidas.
- La **Inspección** es la base del control de calidad de recepción.

Proceso: Conjunto de las fases sucesivas de cualquier actividad para elaborar un producto (bien o servicio).

¿CUÁNDO INSPECCIONAR?

Depende de las características concretas del proceso de producción.

- Normalmente se inspeccionará **al principio y al final del proceso**: a la recepción de materias primas y tras la obtención del producto terminado. Utilizar materias primas defectuosas puede hacer que todo el trabajo de la producción resulte inútil e incluso puede afectar al proceso (por ejemplo, estropeando maquinaria) y facturar productos fuera de las [especificaciones](#) puede hacernos perder clientes.
- Las inspecciones **durante el proceso** normalmente se realizarán antes de efectuar operaciones costosas, irreversibles o que puedan ocultar errores.

Especificación: Documento que establece las características de un bien o servicio, tales como los niveles de calidad, el funcionamiento o comportamiento, la seguridad o las dimensiones.

¿DONDE INSPECCIONAR?

- Cuando se inspeccionan materias primas el lugar será normalmente donde se reciban esas materias primas.
- Cuando se analicen productos terminados se hará donde sean obtenidos.

No obstante, dependiendo de qué características tenga la producción se inspeccionará en lugares diversos:

- En una disposición de posición fija, los inspectores habrán de ir hasta el producto.
- En una línea de producción mecanizada, el producto llega por la línea hasta la posición del inspector.
- En algunos casos, se hará necesario sacar el producto del lugar de producción para llevarlo a laboratorios debido a que se requieran equipo y habilidades especiales o a que resulte más económico hacer esto que llevar a los inspectores a la fábrica.

En definitiva, los lugares de inspección serán muy variados y se establecerán tratando de buscar la economía y la eficacia del proceso de control.

¿CÓMO INSPECCIONAR?

Existen dos tipos básicos de inspección: por variables y por atributos.

- La [inspección por variables](#) supone que se hacen mediciones precisas de las dimensiones, el peso, la longitud, la rugosidad u otras características del producto en cuestión, características que han de poderse medir en una escala continua.
- La [inspección por atributos](#) consiste en determinar si un producto es aceptable o rechazable en función de si sus características se encuentran dentro de ciertos límites.

INSPECCIÓN POR VARIABLES

Sus rasgos generales son:

- la característica de inspección responde a una escala variable,
- requiere dispositivos muy bien calibrados capaces de medir con precisión el producto,
- permite conocer la magnitud de la variación,
- requiere muestras más pequeñas,
- acepta o rechaza una única característica,
- exige mayores conocimientos al personal,
- es, normalmente, más cara, ya que requiere más tiempo y habilidad y equipos de mayor coste que una calificación de bueno o malo, además de mayores gastos administrativos.

INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS

Sus rasgos generales son:

- los dispositivos para comprobar los atributos están diseñados para proporcionar un veredicto rápido de la aceptación,
- la información es pobre (sirve-no sirve)
- necesita de muestras grandes,
- en ocasiones, requiere de juicios de valor subjetivos (Ej.: la cata de un vino),
- precisa de menos conocimientos del inspector,
- su coste suele ser menor.

FORMAS DE INSPECCIÓN

Se pueden definir dos formas de actuación:

- **Inspección al 100%:** Consiste en examinar todos y cada uno de los elementos de un conjunto. Este método es útil para pequeñas cantidades y se realiza sobre dimensiones o características críticas. Aunque se inspeccione la totalidad de los elementos, esto no es garantía de calidad total: Factores como el cansancio del inspector, la monotonía por la repetición, etc., conllevan a considerar como buenas unidades que son defectuosas. La mayor desventaja de este procedimiento es el elevado coste de inspección al tenerse que verificar el total de los elementos.
- **Inspección por muestreo:** Consiste en la inspección de un grupo reducido de elementos pertenecientes al conjunto total. Este método resulta más rápido y más económico que la inspección al 100%. Es muy útil en conjuntos de gran tamaño e imprescindible en ensayos destructivos.

FORMAS DE INSPECCIÓN (II)

- Tendremos que habrá que **inspeccionar al 100%** cuando:

$$C_i \cdot N < C_d \cdot p \cdot N \Rightarrow \frac{C_i}{C_d} < p$$

Siendo C_i el coste de inspeccionar una unidad de producto, C_d el coste de dejar pasar una unidad defectuosa, N el número de unidades del lote y p la proporción de unidades defectuosas en ese lote.

- Será preferible realizar un **control por muestreo o no inspeccionar** si $C_i/C_d > p$.

- Por último, será más conveniente **no inspeccionar** si el coste de inspeccionar es superior al coste de dejar pasar unidades defectuosas, es decir, si:

$$c_i \cdot n > c_d \cdot p \cdot N$$

con **n**= número de elementos de la muestra

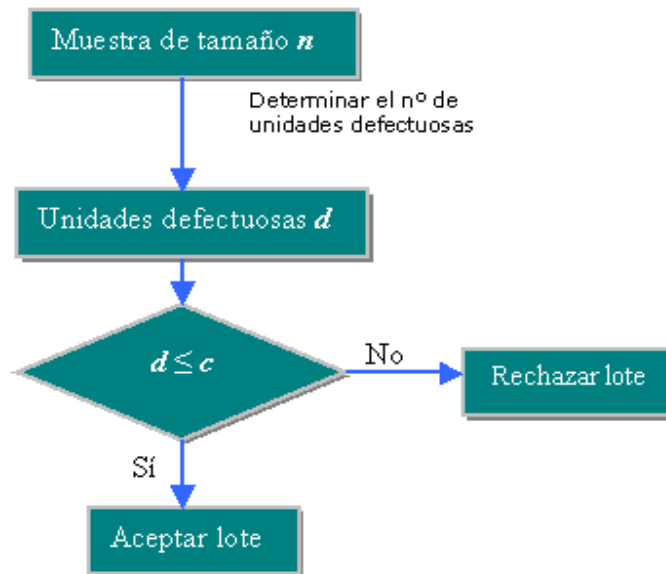
MUESTREO POR ACEPTACIÓN

- El muestreo por aceptación es una forma de test que implica tomar muestras aleatorias de lotes de productos, medirlos y compararlos con unas determinadas especificaciones. La calidad de la muestra se utiliza para juzgar la calidad de todos los elementos del lote.
- Los tipos de muestreo por aceptación son los siguientes:
 - 1. Por atributos:**
 - a) Muestreo simple.
 - b) Muestreo doble.
 - c) Muestreo múltiple.
 - d) Muestreo secuencial.
 - 2. Por variables:**
 - a) Caso de desviación típica conocida.
 - b) Caso de desviación típica desconocida.
- Lo más común cuando se aplica inspección por muestreo es realizarla por atributos, por lo que vamos a centrarnos en este tipo de muestreo.

MUESTREO SIMPLE

El muestreo simple viene especificado por dos valores: **el tamaño de la muestra (n)** y el **número máximo de unidades defectuosas (c)** que puede incluir el lote para que éste no sea rechazado.

Si en la muestra el número de defectos (d) es menor o igual que c se acepta el lote, en caso contrario, se rechaza todo el lote o se somete a una inspección al 100%.



MUESTREO DOBLE (I)

En el muestreo doble hay **dos niveles de muestreo**: los lotes muy buenos o muy malos son aceptados o rechazados en un primer nivel de muestreo, mientras que los lotes de calidad media se someten a una segunda inspección con una muestra adicional en base a la cual se decidirá su aceptación o rechazo.

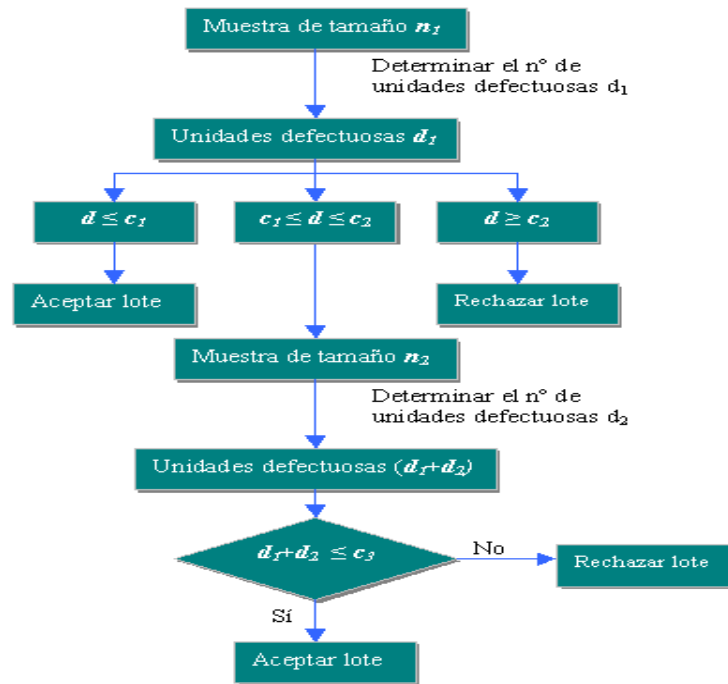
Este tipo de muestreo es el más utilizado porque el número de piezas inspeccionadas por lote suele ser menor que en el simple, aunque también la información obtenida es menor, pero por otra parte, los costes derivados de su aplicación son menores, sobretodo si la decisión se toma en la primera muestra. Por último, tiene el efecto psicológico de que los lotes tienen siempre una segunda oportunidad de ser aceptados.

MUESTREO DOBLE (II)

El proceso consiste en la extracción de una primera muestra de tamaño n_1 , esta se inspecciona y si el número de unidades defectuosas existentes d_1 no es superior a un determinado límite inferior c_1 , el lote **es aceptado**.

Por otro lado, si el número de defectos excede un determinado límite superior c_2 , el lote **se rechaza**.

Sin embargo, si el número de defectos se sitúa entre esos dos límites (c_1 y c_2) se toma una segunda muestra de tamaño n_2 y se determina el número de unidades defectuosas d_2 que contiene. Si el número de unidades defectuosas de ambas muestras ($d_1 + d_2$) es menor o igual que un determinado número límite c_3 el lote se acepta, en caso contrario, el lote se rechaza o se somete a una inspección al 100%, procediendo de la misma manera que en un muestreo simple.



MUESTREO MÚLTIPLE

El muestreo múltiple es una extensión del muestreo doble, en la que se van tomando sucesivamente r muestras de tamaños $n_1, n_2, n_3, \dots, n_r$, hasta que el lote sea rechazado o aceptado, dependiendo del número de unidades defectuosas halladas sucesivamente y de los límites superior e inferior de cada fase.

EJEMPLO

Un ejemplo de un procedimiento sencillo de muestreo múltiple sería el de la siguiente tabla:

Nº de muestra	Tamaño acumulado de la muestra	Límite inferior	Límite superior
1	20	0	4
2	40	1	5
3	60	3	6
4	80	5	8
5	100	8	10
6	120	9	11
7	140	10	11

En este ejemplo, el proceso de muestreo continúa hasta que se ha tomado la séptima muestra, ya que en ese momento debe tomarse la decisión de aceptar o rechazar.

MUESTREO SECUENCIAL

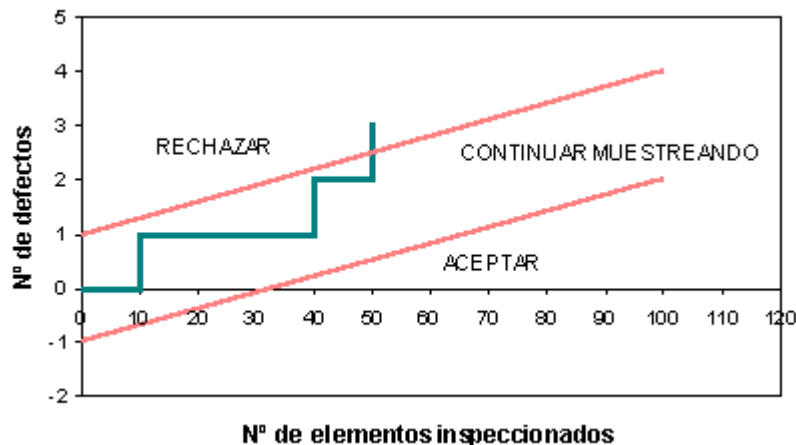
El muestreo secuencial consiste en ir tomando elementos de un lote y anotar si son defectuosos o no. Si el número de defectuosos conseguido en cada momento es superior a una determinada cifra para ese momento se rechaza el lote y si es inferior a otra cantidad se acepta el lote. Si ese número se encuentra entre esas dos cantidades se siguen tomando elementos del lote.

El muestreo secuencial se puede realizar también tomando muestras sucesivas en vez de tomar elemento por elemento.

Lo que se busca con este tipo de muestreo es, como en el caso del muestreo múltiple, la economía del proceso de inspección, ya que se trata de poder establecer un control igual de discriminante que el sencillo pero que requiera inspeccionar menos elementos. No obstante, con este sistema los costes de inspección variarán en función de la calidad de los lotes recibidos.

EJEMPLO

En la figura se aprecian tres zonas: la zona de rechazo, la zona de aceptación y la de continuar muestreando. Como se ve, hasta que no se han inspeccionado 50 elementos no se puede aceptar el lote, sí rechazarlo. La línea gruesa representa un ejemplo. En este ejemplo aparece el primer defectuoso al inspeccionar el décimo elemento. Como esto no nos hace salir de la zona de continuar muestreando seguimos inspeccionando. Al llegar al elemento 40 aparece otro defectuoso pero seguimos en la misma zona. Al inspeccionar el elemento 50 vemos que es defectuoso y, al serlo, nos vamos a la zona de rechazo con lo cual rechazamos el lote y finalizamos la inspección.



CURVA CARACTERÍSTICA DE UN PLAN DE MUESTREO

La **curva característica** de un plan de muestreo describe la capacidad de dicho plan para discriminar entre lotes buenos y malos. Una curva pertenece a un plan de muestreo específico, es decir, a la combinación del tamaño de la muestra n y al nivel de aceptación c .

Esta curva muestra la probabilidad de que el plan acepte lotes de diferentes niveles de calidad. Por ejemplo, si un pedido tiene un nivel de defectos inaceptable, se espera que la muestra refleje este hecho con una probabilidad muy alta (preferiblemente del 100%) de que el pedido sea rechazado.

Para representar la curva característica se determina, para cada porcentaje de unidades defectuosas reales en el lote, la probabilidad de que al realizar un muestreo de n unidades aparezcan un número de unidades defectuosas k igual o menor que el nivel de aceptación c .

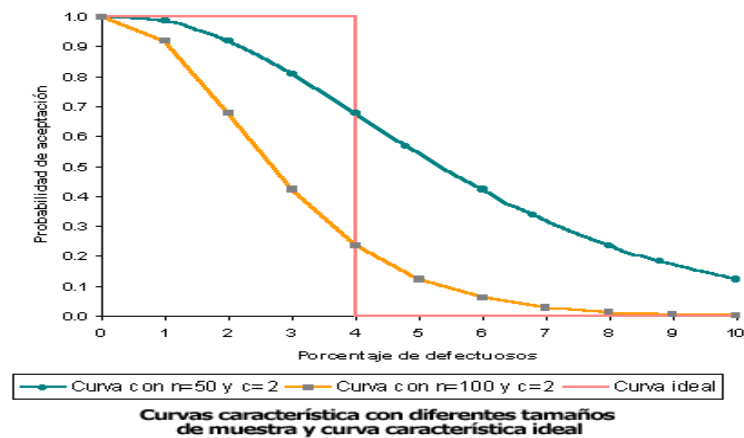
Gráficamente se representa en el eje horizontal el porcentaje de unidades defectuosas reales del lote en cuestión, y en el eje vertical la probabilidad de aceptación.

CURVA CARACTERÍSTICA DE UN PLAN DE MUESTREO (II)

Para representar la curva característica se determina, para cada porcentaje de unidades defectuosas reales en el lote, la probabilidad de que al realizar un muestreo de n unidades aparezcan un número de unidades defectuosas k igual o menor que el nivel de aceptación c .

Gráficamente se representa en el eje horizontal el porcentaje de unidades defectuosas reales del lote en cuestión, y en el eje vertical la [probabilidad de aceptación](#).

La curva ideal se obtiene si hacemos una inspección al 100% del lote. En ese caso la curva tendrá la forma que se indica en la figura si rechazamos los lotes con más de un 4% de defectuosos. Al aumentar n las curvas se aproximan a la forma de la curva con inspección al 100%, en la que, como vemos, la probabilidad de aceptar un lote, si tiene una proporción de defectuosos igual o inferior a la requerida, es del 100%.



PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN

La probabilidad de aceptación se puede determinar utilizando la **distribución de probabilidad binomial** que viene dada por la fórmula:

$$P(k \leq c) = \sum_{k=0}^c C_n^k \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$$

donde:

n es el número de elementos de la muestra,

p es el porcentaje real de defectuosos en el lote, y

k es el número de defectuosos encontrados en la muestra.

Cuando el tamaño de la muestra **n** es grande y el porcentaje de defectos **p** es bajo, se puede utilizar la **distribución de Poisson** como aproximación a la fórmula binomial. Este hecho es bastante útil porque los cálculos con la binomial pueden resultar ciertamente complejos.

La fórmula es ahora:

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

Para mayor facilidad, la probabilidad de **k** o menos ocurrencias, en un suceso cuyo número medio de ocurrencias es **np**, se puede calcular directamente de la [tabla de distribución de Poisson](#).

En la aproximación de la binomial a través de la Poisson, la media de la binomial, que es **np**, se utiliza como media de Poisson, que es λ , esto es:

$$\lambda = np$$

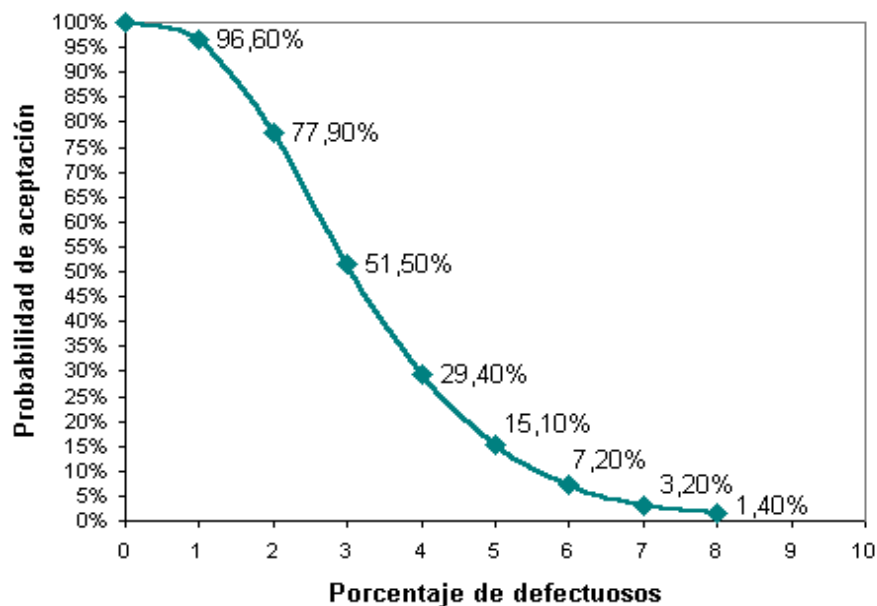
EJEMPLO

Un pedido de 2.000 baterías portátiles para computadores personales va a ser inspeccionada por un importador malayo. Construir la curva característica para el plan de tamaño de la muestra $n=120$ piezas y un nivel de aceptación $c \leq 3$.

Para construir la curva característica, damos valores a p , por ejemplo hasta 0,08 y los multiplicamos por el tamaño de la muestra $n = 120$ para obtener los distintos valores de λ . Con estos valores y $c=3$ obtendremos de las [tablas de la distribución de Poisson](#) (al final del tema expuesta) las distintas probabilidades de aceptación, tal y como se indica en la [TABLA](#) siguiente.

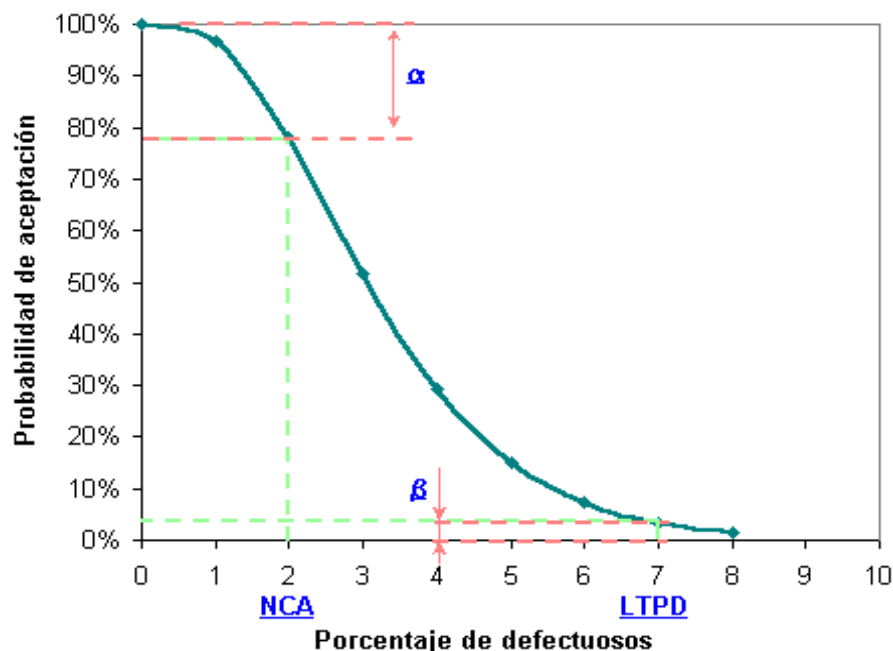
Porcentaje de defectuosos (p)	Media de la Poisson ($\lambda = n \cdot p$)	Probabilidad de aceptación (P) (de tablas)
0,01	1,20	0,966
0,02	2,40	0,779
0,03	3,60	0,515
0,04	4,80	0,294
0,05	6,00	0,151
0,06	7,20	0,072
0,07	8,40	0,032
0,08	9,60	0,014

Representando estos valores obtenemos la [CURVA CARACTERÍSTICA](#), siguiente:



CURVA CARACTERÍSTICA DE UN PLAN DE MUESTREO (III)

En el muestreo de aceptación están involucradas dos partes: el productor o proveedor y el consumidor o cliente. En la especificación de un plan de muestreo cada parte quiere evitar los costosos errores en la aceptación o rechazo de lotes. Por esto es importante fijar ciertos **puntos representativos de la curva característica**:



NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (NCA o AQL)

Porcentaje de defectuosos del lote por debajo del cual el proveedor no querrá que el lote sea rechazado, sino que el consumidor lo acepte como un lote bueno. **NCA o AQL** : Del inglés *Acceptable Quality Level*

PORCENTAJE DE UNIDADES DEFECTUOSAS TOLERADAS EN UN LOTE (LTPD)

Porcentaje máximo de defectuosos a partir del cual el consumidor rechazará el lote. **LTPD**: Del inglés *Lot Tolerante Perfect Defective*

RIESGO DEL PRODUCTOR (α)

Es el riesgo de que un lote bueno, es decir, con un porcentaje de defectuosos menor que el **NCA**, sea rechazado. El valor más usual en los planes de muestreo es $\alpha = 5\%$.

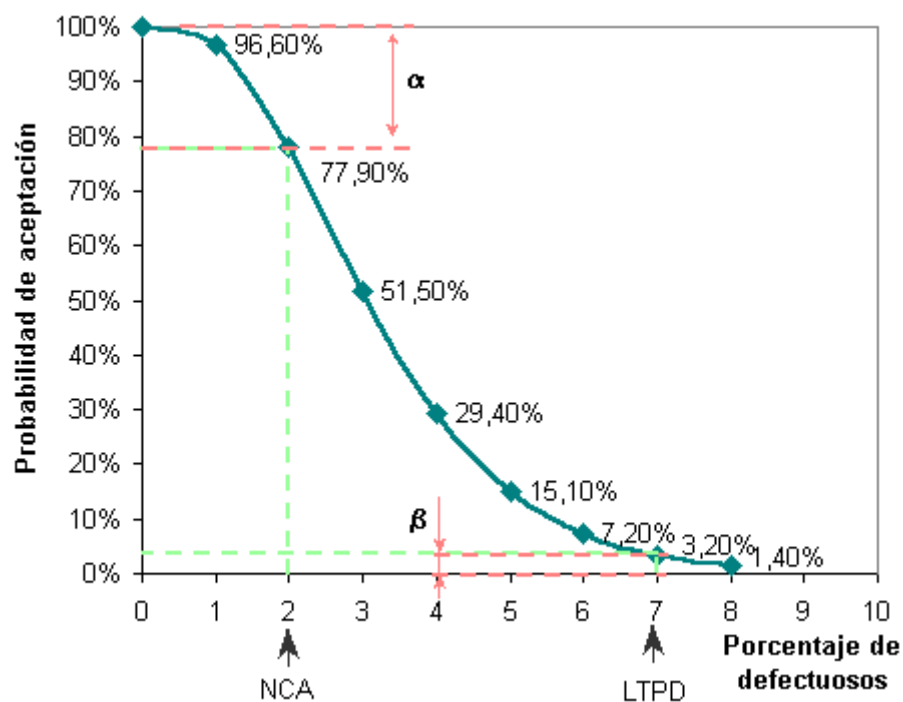
RIESGO DEL CONSUMIDOR (β)

Es el riesgo de que un lote malo, es decir, con un porcentaje de defectuosos superior a **LTPD**, sea aceptado. El valor más usual en los planes de muestreo es $\beta = 10\%$.

EJEMPLO (II)

Supongamos que en nuestro ejemplo, el productor y el importador han establecido un plan de muestreo donde α está limitado al 5%, con un NCA del 2% de defectos, y β fijado al 10%, con un LTPD del 7% de defectos. ¿Satisface este plan los requisitos del productor y del importador (cliente)?

Representamos en la curva siguiente sus **valores característicos** y veamos si satisface los requisitos de calidad y riesgo del consumidor y del productor de baterías:



Para un NCA=2% ($p=0.02=2\%$) de defectos, la P es del 0,779, esto conlleva un $\alpha = 1 - 0.779 = 0.221 = 22.1\%$ que excede considerablemente el nivel del 5% deseado por el productor.

Para un LTPD=7% ($p=0.07$), tenemos $P=0.032 = 3.2\%$, por debajo del 10% perseguido por el consumidor, y por tanto, aceptable.

Parece ser que, dado que no se cumplen los requisitos del productor, son necesarios nuevos cálculos con una muestra más grande si el valor de α debe ser reducido.

TABLAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON

Las tablas muestran 1.000 veces la probabilidad de c o menos ocurrencias de un suceso que tiene un número medio de ocurrencias λ .

λ	VALORES DE c										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,02	980	1000									
0,04	961	999	1000								
0,06	942	998	1000								
0,08	923	997	1000								
0,10	95	995	1000								
0,15	861	990	999	1000							
0,20	819	982	999	1000							
0,25	779	974	998	1000							
0,30	741	963	996	1000							
0,35	705	951	994	1000							
0,40	670	938	992	999	1000						
0,45	638	925	989	999	1000						
0,50	607	910	986	998	1000						
0,55	577	894	982	998	1000						
0,60	549	878	977	997	1000						
0,65	522	861	972	996	999	1000					
0,70	497	844	966	994	999	1000					
0,75	472	827	959	993	999	1000					
0,80	449	809	953	991	999	1000					
0,85	427	791	945	989	998	1000					
0,90	407	772	937	987	998	1000					
0,95	387	754	929	984	997	1000					
1,00	368	736	920	981	996	999	1000				
1,1	333	699	900	974	995	999	1000				
1,2	301	663	879	966	992	998	1000				
1,3	273	627	857	957	989	998	1000				
1,4	247	592	833	946	986	997	999	1000			
1,5	223	558	809	934	981	996	999	1000			
1,6	202	525	783	921	976	994	999	1000			
1,7	183	493	757	907	970	992	998	1000			
1,8	165	463	731	891	964	990	997	999	1000		
1,9	150	434	704	875	956	987	997	999	1000		
2,0	135	406	677	857	947	983	995	999	1000		

Tabla 1

λ	VALORES DE c																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
2,2	111	359	623	819	925	975	993	998	1000														
2,4	091	308	570	779	904	964	988	997	999	1000													
2,6	074	267	518	736	877	951	983	995	999	1000													
2,8	061	231	469	692	848	935	976	992	998	999	1000												
3,0	050	199	423	647	815	916	966	988	996	999	1000												
3,2	041	171	380	603	781	895	955	983	994	998	1000												
3,4	033	147	340	558	744	871	942	977	992	997	999	1000											
3,6	027	126	303	515	706	844	927	969	985	996	999	1000											
3,8	022	107	269	473	668	816	909	960	984	994	998	999	1000										
4,0	018	092	238	433	629	785	889	949	979	992	997	999	1000										
4,2	015	078	210	395	590	753	867	936	972	989	996	999	1000										
4,4	012	066	185	359	551	720	844	921	964	985	994	998	999	1000									
4,6	010	056	163	326	513	686	818	905	955	980	992	997	999	1000									
4,8	008	048	143	294	476	651	791	887	944	975	990	996	999	1000									
5,0	007	040	125	265	440	616	762	867	932	968	986	995	998	999	1000								
5,2	006	034	109	238	406	581	732	845	918	960	982	993	997	999	1000								
5,4	005	029	095	213	373	546	702	822	903	951	977	990	996	999	1000								
5,6	004	024	082	191	342	512	670	797	886	941	972	988	995	998	999	1000							
5,8	003	021	072	170	313	478	638	771	867	929	965	984	993	997	999	1000							
6,0	002	017	062	151	285	446	606	744	847	916	957	980	991	996	999	999	1000						
6,2	002	015	054	134	259	414	574	716	826	902	949	975	989	995	998	999	1000						
6,4	002	012	046	119	235	384	542	687	803	886	939	969	986	994	997	999	1000						
6,6	001	010	040	105	213	355	511	658	780	869	927	963	982	992	997	999	999	1000					
6,8	001	009	034	093	192	327	480	628	755	850	915	955	978	990	996	998	999	1000					
7,0	001	007	030	082	173	301	450	599	729	830	901	947	973	987	994	998	999	1000					
7,2	001	006	025	072	156	276	420	569	703	810	887	937	967	984	993	997	999	999	1000				
7,4	001	005	022	063	140	253	392	539	676	788	871	926	961	980	991	996	998	999	1000				
7,6	001	004	019	055	125	231	365	510	648	765	854	915	954	976	989	995	998	999	1000				
7,8	000	004	016	048	112	210	338	481	620	741	835	902	945	971	986	993	997	999	1000				
8,0	000	003	014	042	100	191	313	453	593	717	816	888	936	966	983	992	996	998	999	1000			
8,5	000	002	009	030	074	150	256	386	523	653	763	849	909	949	973	986	993	997	999	999	1000		
9,0	000	001	006	021	055	116	207	324	456	587	706	803	876	926	959	978	989	995	998	999	1000		
9,5	000	001	004	015	040	089	165	269	392	522	645	752	836	898	940	967	982	991	996	998	999	1000	
10,0	000	000	003	010	029	067	130	220	333	458	583	697	792	864	917	951	973	986	993	997	998	999	1000

Tabla 2. Continuación.



EJERCICIO PROPUESTO

Cada semana una cadena de tiendas recibe un lote de 1.000 relojes. La cadena de tiendas y el productor de los relojes han acordado el siguiente plan de muestreo: α está limitado al 5%, con un NCA del 1% de defectos, y β fijado al 10%, con un TLPD del 5% de defectos.

Construya la curva CO para el plan de muestreo con un tamaño de la muestra $n=100$ piezas y un nivel de aceptación $c \leq 2$. ¿Satisface este plan los requisitos del productor y del cliente?.

Nota 1: Utilice las **tablas de Poisson** para determinar los distintos valores de la probabilidad de aceptación (P) según los distintos valores de λ ($\lambda=n \cdot p$) y del valor c.

Nota 2: Es suficiente con que de valores de p hasta 0,08.

XXXX

BIBLIOGRAFÍA (I)

- CASAS SÁNCHEZ, J.M.; SANTOS PEÑAS, J. (1999): **"Introducción a la Estadística para Administración y Dirección de Empresas"**. Editorial de Centro de Estudios Ramón Aceres, Madrid.
- CUATRECASES, L. (1999): **"Gestión Integral de la Calidad"**. Gestión 2000. Barcelona.
- GRUPO INI (1992): **"Prontuario. Gestión de la Calidad"**. Dirección de Comunicación del Grupo INI. Madrid.
- HEIZER, J.; RENDER, B. (1997): **"Dirección de la Producción. Decisiones Tácticas"**. Ed. Prentice Hall Iberia. Madrid.
- JAMES, P. (1997): **"Gestión de la Calidad Total"**. Ed. Prentice Hall.

BIBLIOGRAFÍA (II)

- MARTÍNEZ LORENTE, A. R. (1996): **"Gestión de la Calidad en la Producción. Revisión Teórica y Análisis de su Implantación y Resultados en España"**. Tesis Doctoral.
- PEÑA SÁNCHEZ DE RIVERA, D. (1995): **"Estadística. Modelos y Métodos"**. Alianza Universidad Textos.
- POLA MASEDA, A. (1988): **"Aplicación de la Estadística al Control de Calidad"**. Colección Productiva. Ed. Marcombo, Barcelona.
- SEBASTIÁN PÉREZ, M.A. y otros (1998): **"Gestión y Control de Calidad"**. UNED, Madrid.

----- 00000 -----