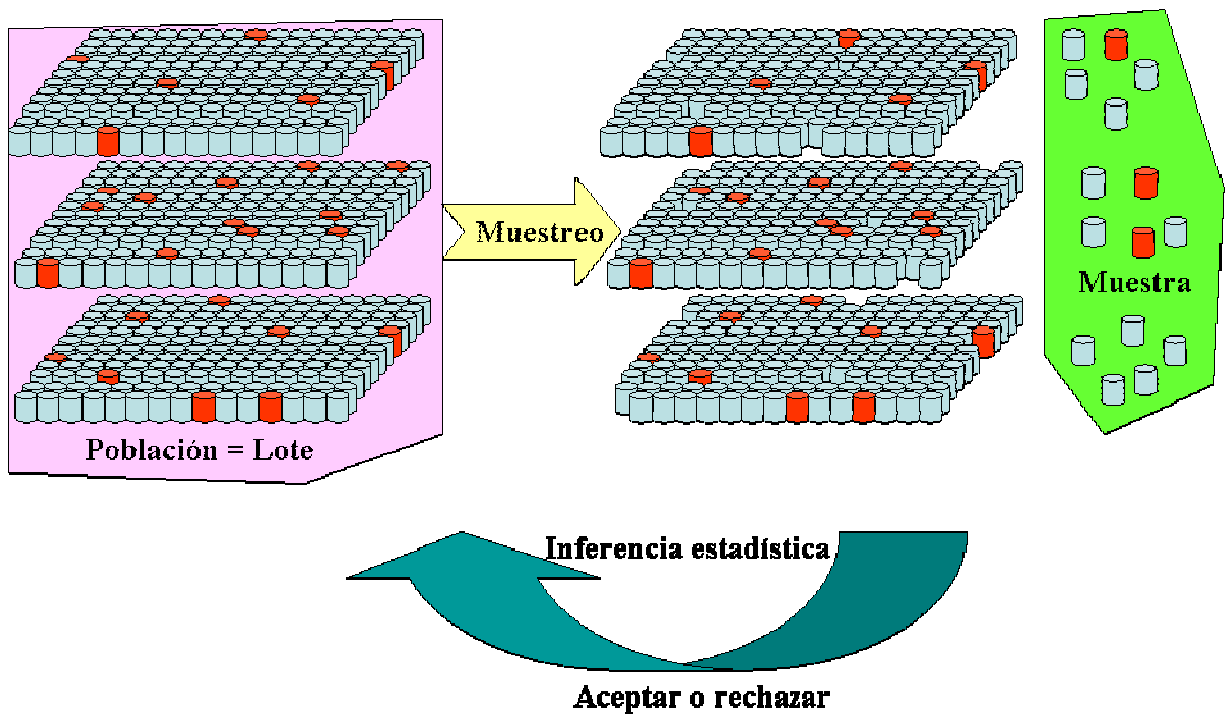


## INSPECCIÓN EN EL CONTROL DE CALIDAD

### **Introducción.**

En la elaboración de cualquier artículo o producto intervienen muchos factores y variables. Desde la calidad de la materia prima, que no siempre es la misma, errores humanos en el proceso productivo, desajustes o factores aleatorios de la maquinaria en el proceso productivo, etc., nos enfrentamos a aspectos que bien pueden influir sistemática o aleatoriamente en la calidad del producto específico (sea el final o una etapa de la producción del mismo, recuerde el concepto de cliente interno), dando como resultado variabilidad en la misma e incluso a productos no conformes. Entonces nos encontramos con la necesidad de saber cuantos productos no conformes hay en un lote de nuestra producción y para ello realizamos la inspección. Podemos definir la **inspección** como el **proceso de medir, examinar, ensayar o comparar la muestra con los requisitos o estándares establecidos**. No inspeccionar implica correr un riesgo, generalmente inaceptable, de entregar un producto que no va a satisfacer a nuestros clientes. Como en la industria de alimentos nuestros clientes finales son los seres humanos, evidentemente podemos poner en riesgo la salud de las personas, lo que tiene incluso implicaciones legales y responsabilidad penal. Por lo anterior en la actividad de control de calidad muchas veces es necesario inspeccionar lotes de materia prima, productos semiterminados o productos terminados para asegurar que cumplen ciertos niveles de calidad con un determinado grado de confianza que proteja tanto al productor como al cliente de una cantidad excesiva de productos no conformes.

Evidentemente la inspección implica un muestreo, entendiendo por tal el la acción organizada de extraer una muestra de un lote. Si muestreamos el 100 % de los productos esto puede tener costos excesivos y en muchos casos, cuando hay ensayos destructivos, es impracticable. Por ejemplo, si deseamos comprobar un determinado valor en leche ya envasada, si abrimos los envases, no encontraremos clientes que los acepten. Entonces necesitamos tomar una muestra, representativa del lote, para juzgar sobre la calidad del mismo. Por ello, en la esencia de los métodos de inspección y muestreo se encuentran los aspectos que ya estudiaron en probabilidad y estadística, comenzando por el de población, muestra y el proceso de inferencia estadística:



Es conveniente señalar que la inspección tradicional en ciertos casos se lleva a cabo usando métodos de trabajo que consumen mucho tiempo y que implican costos. Esto incrementa el tiempo de entrega a los clientes y el costo del producto. En muchos casos la inspección manual se lleva a cabo después del proceso habiendo transcurrido un lapso de tiempo significativo. Por ello en la actualidad, con el desarrollo de métodos automatizados y en línea se recurre cada vez más a:

- Inspección al 100 % automatizada
- Empleo de sensores que realizan la inspección en la línea durante o inmediatamente después del proceso
- Mayor control de las variables del proceso que determinan la calidad del producto en vez de controlar sólo al producto final
- Mayor uso del control estadístico de procesos

Resumiendo un tanto lo dicho, cuando se recibe un lote de materia prima o cualquier producto, hay tres opciones:

- Aceptarlo sin inspección.
- Inspección al 100%.
- Muestreo de aceptación

El **muestreo de aceptación** es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote. En esta unidad veremos los conceptos y técnicas de este tipo de muestreo.

## **Muestreo de aceptación**

El muestreo de aceptación es la inspección por muestras en la que se toma la decisión de aceptar o no un producto o servicio; también es la metodología que trata de los procedimientos por los que las decisiones de aceptar o no se basan sobre los resultados de la inspección de las muestras. Tiene como objetivo garantizar que se cumplan los requerimientos de calidad acordados entre el cliente y el proveedor. El muestreo para aceptación no es directamente un mecanismo de control de calidad ni deben ser utilizadas para determinar el porcentaje de elementos buenos o el valor promedio de una característica de calidad, simplemente se utiliza para aceptar o rechazar lotes. El muestreo de aceptación tiene en este sentido un alcance limitado pero que bajo ciertas condiciones específicas es una estrategia defensiva ante el posible deterioro de la calidad.

El muestreo de aceptación se utiliza cuando:

- La prueba es destructiva
- No se dispone de una inspección automatizada
- Es muy alto el costo de inspección o consume mucho tiempo
- Cuando el lote lo forman gran cantidad de artículos que habría que inspeccionar y la probabilidad de error en la inspección es suficientemente alta, de manera que la inspección al 100% podría dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestreo
- El historial de calidad del proveedor es bueno.

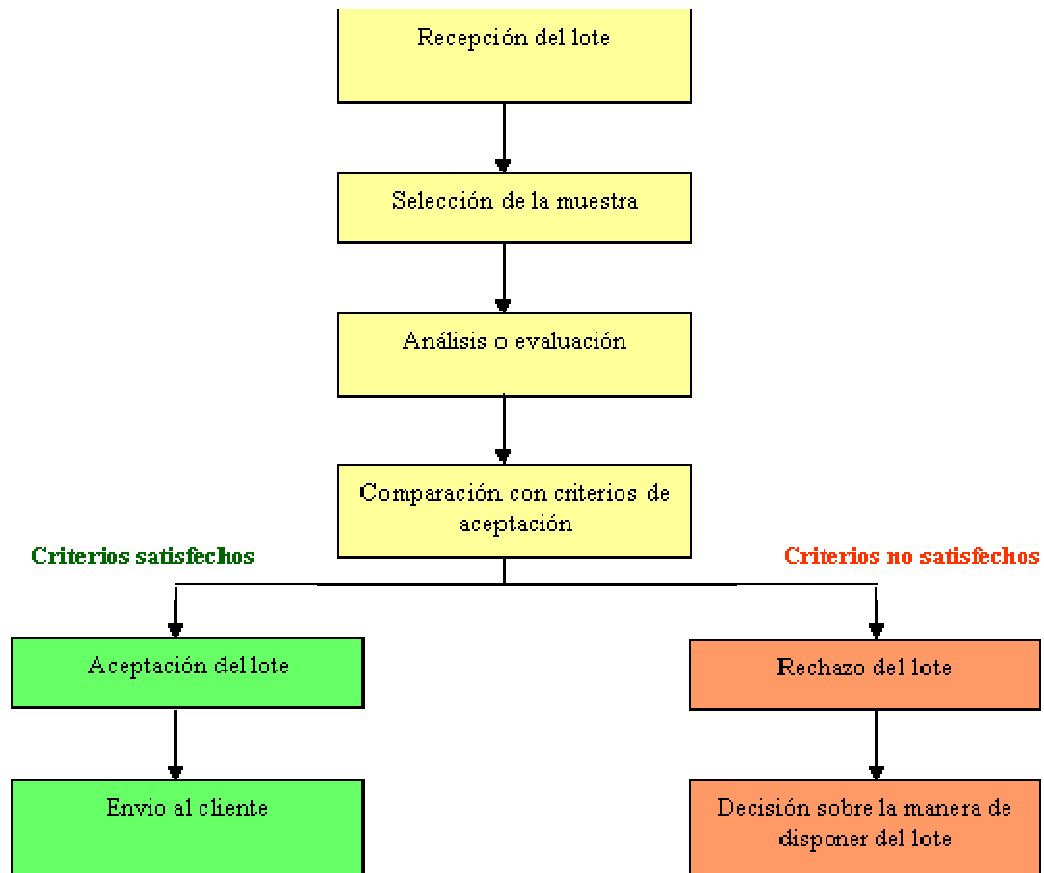
En comparación con la inspección al 100 %, el muestreo de aceptación tiene las siguientes ventajas:

- Menos costoso
- Reducción de daños por menor manejo de productos
- Puede aplicarse cuando las pruebas son destructivas
- Menos personal implicado en la inspección

Las desventajas asociadas son:

- Se pueden rechazar lotes buenos y aceptar lotes malos
- Se requiere una serie de cálculos y documentación que no son necesarios en una inspección al 100%
- Se genera menos información sobre el producto

El esquema general de un muestreo de aceptación se resume en la siguiente figura:



### **Plan, Esquema y Sistema de Muestreo para Aceptación.**

Un plan de muestreo para aceptación es un planteamiento del tamaño de la muestra que debe usarse y de los criterios de aceptación asociados para juzgar los lotes individuales. Un esquema de muestreo se define como un conjunto de procedimientos que consisten en planes de muestreo para aceptación en los que se relacionan el tamaño del lote, el tamaño de la muestra y los criterios de aceptación junto con la cantidad de inspección 100%. Un sistema de muestreo es una colección unificada de uno o más esquemas de muestreo para aceptación. La metodología de muestreo debe contener y definir claramente los sistemas esquemas y planes de muestreo con sus procedimientos asociados. La selección de un procedimiento de muestreo para aceptación depende del objetivo de la organización del muestreo, así como del historial de la empresa o unidad cuyo producto se muestrea.

### Tipos de planes de muestreo.

**El plan de muestreo** no es más que un planteamiento que indica el tamaño muestral que hay que utilizar y los criterios de aceptación o rechazo correspondientes para juzgar el lote.

**Dependiendo del tipo de característica de calidad a medir**, los planes de muestreo para aceptación se clasifican en planes de muestreo por atributos y en planes de muestreo por variables.

**En los planes por variables** se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra se le mide una característica de calidad de tipo continuo (longitud, peso, etc.). Con las mediciones se calcula un estadístico, que generalmente está en función de la media, la desviación estándar muestral y las especificaciones, y dependiendo del valor de este estadístico al compararlo con un valor permisible, se aceptará o rechazará todo el lote.

En los planes por atributos se extrae aleatoriamente una muestra de un lote y cada pieza de la muestra es clasificada de acuerdo a ciertos atributos como aceptable o defectuosa. Si el número de piezas que se encuentran defectuosas es menor o igual que un cierto número predefinido, entonces el lote es aceptado; en caso de que sea mayor, entonces el lote es rechazado.

Ejemplos:

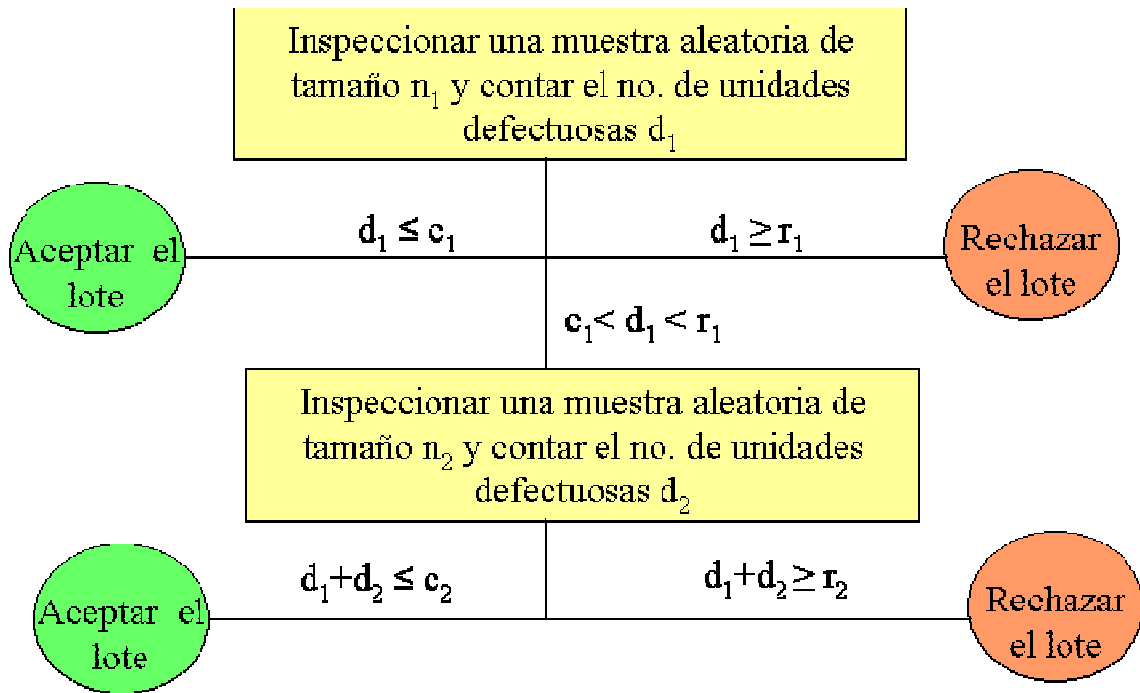
INSPECCIÓN POR VARIABLES	INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS
Medir el diámetro de una pieza cilíndrica.	Ver si una pieza cilíndrica cumple o no la tolerancia de su diámetro.
Determinar el contenido de grasa en una muestra de queso.	Determinar si en el envase del queso hay o no desperfectos.
Determinar la temperatura de un horno para el tostado de galletas y comparar con lo especificado en su manual de operación.	Determinar si cada bote de conserva tiene la fecha de caducidad, número de lote y fecha de fabricación.
Determinar el contenido de colorante en un alimento.	Selección de frutas en una empacadora de acuerdo a fotografías que ilustran grado de madurez aceptable.

**De acuerdo al número de etapas**, se clasifican en muestreos simples, dobles, múltiples y secuenciales.

Un plan de **muestreo simple** es un procedimiento en el que se toma una muestra de tamaño  $n$  y la decisión de aceptar o rechazar el lote dependerá de los resultados obtenidos de la inspección de dicha muestra. Se toma una muestra de  $n$  unidades y se determina el destino del lote en base a la información contenida en la muestra. Ejemplo: tomar una muestra de 80 bolsas de harina de un lote de 1000 y si hay más de 6 bolsas con menos peso del establecido en la muestra se rechaza el lote.

Un plan de muestreo **dobles** es aquel en el cual se selecciona una muestra inicial y se toma una decisión basada en la información de esta muestra y un criterio de aceptación  $c_1$  y de rechazo  $r_1$ : (1) aceptar el lote, (2) rechazar el lote, o (3) tomar una segunda muestra. Con la

primera muestra se acepta el lote si la calidad es muy buena y se rechaza si es muy mala. En caso contrario, se toma la segunda muestra. Se establece un criterio de aceptación  $c_2$  y otro de rechazo  $r_2$ . Esquemáticamente, juzgando por atributos, la figura siguiente resume lo expresado:



Un plan de muestreo múltiple es simplemente una generalización del muestreo doble y se da cuando se requiere del uso de más de dos muestras para tomar una decisión respecto al destino del lote.

Cuando no se especifica el último criterio de rechazo  $r$ , este es igual al último criterio de aceptación más 1, o sea  $c + 1$ .

Un plan de muestreo secuencial es una extensión del muestreo múltiple en el que se seleccionan artículos uno por uno y si el número de defectuosos es mayor que cierto límite  $LS$  se rechaza, si es menor que cierto límite inferior  $LI$  se acepta, y si está entre ambos límites se toma otra unidad.

## **Algunos aspectos importantes a considerar.**

### Las características del lote

La efectividad del plan de muestreo para aceptación puede verse afectada por la forma en que se conforma el lote. Hay tres recomendaciones básicas para esto:

Los lotes deben ser homogéneos, o sea sus unidades deben haber sido fabricadas bajo condiciones similares (máquinas, operadores, materia prima, tiempo, etc.). Cuando en el lote se mezclan unidades de diferentes fuentes, el muestreo de aceptación es menos efectivo. Por otra parte se hace más difícil tomar acciones correctivas que eliminan la causa de los productos defectuosos. Por ello al formar un pedido es mejor inspeccionar cada lote individual en vez de aplicar la inspección después de que se han mezclado los lotes que lo conforman.

Son preferibles los lotes grandes a los pequeños pues se logra un menor costo y una mayor eficiencia de la inspección. Esto, que es recomendable para el muestreo de aceptación, no es bueno para inspeccionar inventarios y producto terminado pues con lotes grandes se aumenta el costo en inventarios, el tiempo del ciclo del producto y no se detectan a tiempo defectos y anomalías, por lo que se debe aplicar con inteligencia.

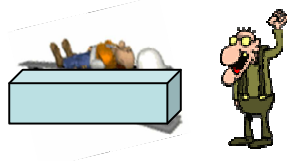
Los lotes deben ajustarse a los sistemas de manejo de materiales que se utilizan por el proveedor y el consumidor.

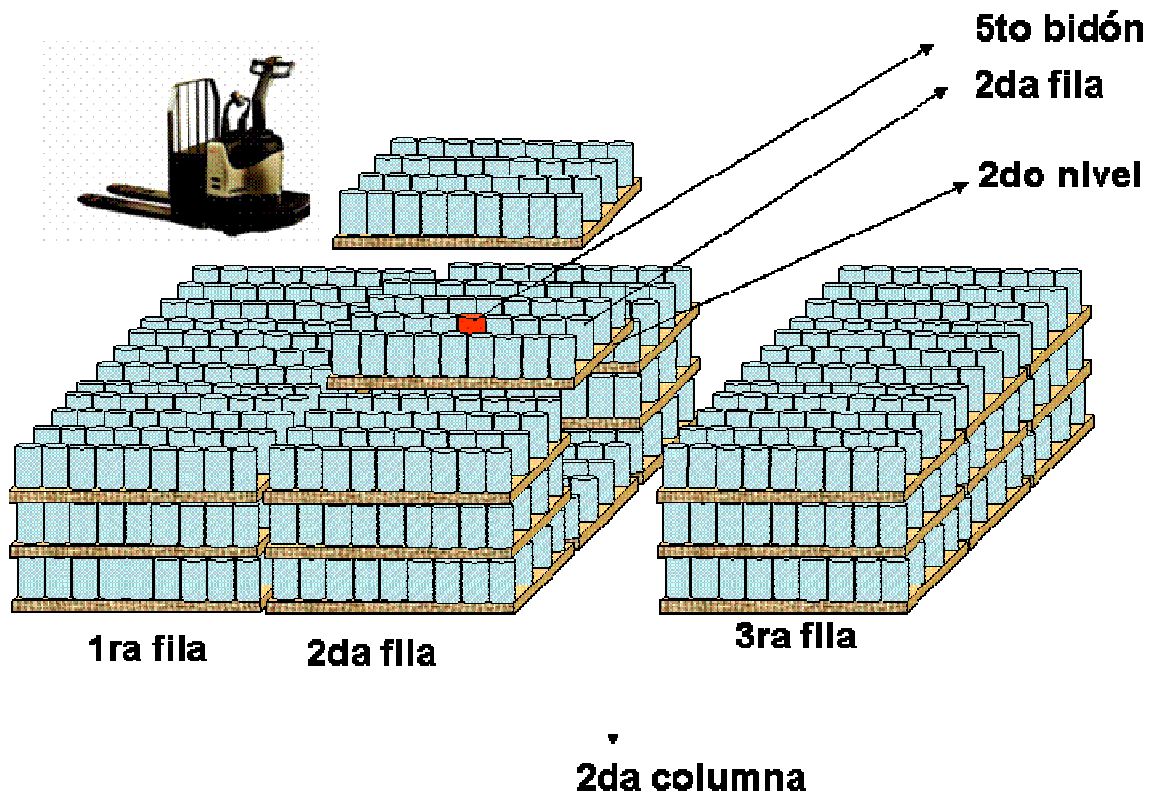
Se requiere un muestreo que de muestras insesgadas; tal método es el muestreo aleatorio simple.

### La selección de la muestra

Todos los planes de muestreo de aceptación se basan en que las unidades seleccionadas para conformación de la muestra son representativas de todo el lote. Como se requiere un muestreo que de muestras insesgadas es recomendable aplicar un muestreo aleatorio. Es fundamental prevenir y corregir las malas prácticas derivadas de querer hacer el menor esfuerzo al seleccionar la muestra. Por ejemplo si se tiene un gran número de unidades paletizadas, resulta más cómodo seleccionar las unidades de la muestra entre las que se encuentran más accesibles. Es necesaria la acción enérgica del inspector para que se tomen las muestras correctamente, aunque ello implique retirar unidades exteriores para acceder a las que se encuentran en el interior del embarque.

Generalmente la técnica de muestreo que se utiliza es el muestreo aleatorio simple, donde se asigna un número aleatorio simple a cada artículo del lote y se seleccionan  $n$  artículos entre los  $N$  artículos del lote de acuerdo a los números aleatorios escogidos. Esto se simplifica si los artículos tienen un código o número de identificación. También se pueden escoger los números aleatorios de acuerdo a la ubicación física. Por ejemplo, supongamos que un número aleatorio escogido, el 22225, nos indica seleccionar el quinto bidón ubicado en la segunda fila del pallet ubicado en el segundo nivel de la segunda columna de la segunda fila de pallets. Cuando no se puede asignar un número a cada unidad, es posible emplear otros métodos de muestreo que aseguren que el muestreo es aleatorio o representativo. Por ejemplo estratificando el lote.





Si se utilizan métodos arbitrarios para seleccionar una muestra, las bases teóricas del muestreo de aceptación no se cumplen y por tanto las decisiones sobre el lote no tendrán un respaldo estadístico.

El tamaño de la muestra dependerá, por supuesto del tamaño del lote. Veremos posteriormente como determinar esto. En general se considera que un lote es grande con respecto a la muestra cuando esta última no rebasa el 10% del tamaño del lote.

#### Los riesgos del proveedor y del cliente

Cuando un cliente y un proveedor establecen en una relación un plan de muestreo, hay que conciliar dos intereses: por un lado, el proveedor quiere que todos los lotes que cumplen con un nivel de calidad aceptable para él sean aceptados, y por el otro, el cliente desea que todos los lotes que no tienen un nivel de calidad aceptable para él, sean rechazados. Como ambos intereses no pueden ser satisfechos de manera simultánea (lo que se fundamentará más adelante) se diseñan planes de muestreo de aceptación que tenga alta probabilidad de aceptar lotes buenos, y una baja probabilidad de aceptar lotes malos. Como juzgamos por una muestra que trata de juzgar en base a criterios estadísticos la calidad del lote, recordando un poco lo que vimos en Matemáticas III, podemos relacionar los riesgos del proveedor y el cliente con los errores  $\alpha$  y  $\beta$  como se muestra a continuación:



		El lote realmente es	
		Bueno	Malo
Según la muestra el lote es	Bueno	No hay error	Error de tipo 2, $\beta$ Riesgo del cliente
	Malo	Error de tipo 1, $\alpha$ Riesgo del productor	No hay error

Tomando en cuenta lo anterior, se definen dos términos importantes:

**Nivel de calidad aceptable, NCA** (o AQL – acceptable quality level en inglés). El NCA se define como el porcentaje máximo de unidades que no cumplen con la calidad especificada, que para propósitos de inspección por muestreo se puede considerar como satisfactorio o aceptable como un promedio para el proceso. El NCA también se lo conoce como nivel de calidad del productor y se expresa en porcentajes de unidades que no cumplen con la calidad especificada. Al ser el NCA el nivel de calidad que se considera satisfactorio, entonces la probabilidad de aceptar un lote que tenga esa calidad debe ser alta (generalmente 0.95) (ver figura 9). A la probabilidad de aceptar lotes que tengan un nivel da calidad aceptable (NCA), se lo designa con  $1 - \alpha$ , donde  $\alpha$  es por lo general un número pequeño (0.05, 0.10). Veremos en los fundamentos estadísticos que la probabilidad de aceptar lotes de calidad aceptable no es igual a 1 y por tanto hay un riesgo de no aceptar este tipo de lotes. A este riesgo que tiene probabilidad igual a  $\alpha$  se le conoce como riesgo del productor. Es bueno señalar que en una empresa se debe trabajar porque la producción tenga una calidad superior al NCA y por lo tanto no es el NCA una meta a alcanzar.

**Porcentaje de defectivos tolerable por lote, PDTL**. Es el nivel de calidad que se considera como no satisfactorio y los lotes que tengan este tipo de calidad deben ser rechazados casi siempre Al ser el PDTL un nivel de calidad no satisfactorio, entonces la probabilidad de aceptarlo debe ser muy baja (generalmente de 0.05, 0.10). La probabilidad de aceptar lotes de calidad no satisfactorio no es cero y por tanto hay un riesgo de no rechazar este tipo de lotes. A este riesgo que tiene probabilidad igual a  $\beta$  se lo conoce como riesgo del consumidor.

## **Muestreo de aceptación por atributos.**

En la industria el muestreo de aceptación que más se utiliza es el muestreo por atributos. Comenzaremos por este, tomando en cuenta que algunos conceptos se aplican también al muestreo de aceptación por variables.

En los sistemas de muestreo para aceptación se emplean mucho los términos defectivo y defecto. Una unidad defectuosa es la que no cumple con las especificaciones en algún aspecto, o sea tiene uno o más defectos. Un defecto es una falta de conformidad con alguna especificación. Cuando hablamos del porcentaje de unidades defectuosas suponemos que si es totalmente defectuosa, el número de defectos no tiene importancia. Los defectos pueden ser independientes o estar correlacionados positiva o negativamente. Resulta conveniente mantener registros de todos los defectos posibles. Los defectos se pueden clasificar como:

- Mayores: Vuelven inútil el artículo
- Menores: Hacen el artículo menos útil de lo que debería ser pero no necesariamente inútil.
- Crítico: Vuelven al artículo no solamente inútil sino peligroso.

A continuación se definen algunos términos que se utilizarán:

$N$  = número de unidades en un lote determinado;

$n$  = número de unidades en las muestras;

$D$  = número de unidades defectuosas en un lote;

$d$  = número de unidades defectuosas en una muestra;

$p$  = fracción defectuosa. En un lote dado presentado para inspección, es  $D/N$ ; en una muestra dada es,  $d/n$ ;

$P_a$  = probabilidad de aceptación;

$c$  = número de unidades defectuosas que se aceptan en una muestra;

$r$  = número de unidades defectuosas que condicionan el rechazo de una muestra.

En los planes de muestreo por atributos se extrae aleatoriamente una muestra de un lote, y cada unidad de la muestra es clasificada de acuerdo con ciertos atributos como aceptable o defectuosa. Si el número de piezas defectuosas es menor o igual que un cierto número predefinido, entonces el lote es aceptado, en caso de que sea mayor el lote es rechazado. Como ya vimos tenemos diferentes tipos de muestreo de aceptación por atributos: simple, doble y múltiple.

Ejemplos:

### **Muestreo simple:**

Tamaño de la muestra: 125;

Número de aceptación: 3 defectivos;

Número de rechazo: 4 defectivos.

Procedimiento: Se toman 125 unidades, si hay 3 defectivos o menos se acepta el lote. Si hay 4 o más defectivos se rechaza el lote y se toman las medidas para su disposición (que puede ser realizar una inspección al 100 % y retirar los defectivos o reenviar al proceso, etc.).

### **Muestreo doble:**

Primera muestra: 125

Número de aceptación: 1 defectivo

Número de rechazo: 4 defectivos

Segunda muestra: 125

Tamaño de muestra combinada: 250

Número de aceptación: 4 defectivos

Número de rechazo: 5 defectivos

Procedimiento: Se toman 125 unidades, si hay como máximo un defectivo se acepta el lote. Si hay 4 o más defectivos, se rechaza el lote (es demasiado malo), tomando medidas para su disposición. Si hay 2 ó 3 defectivos se hace un segundo muestreo tomando 125 unidades más. Se determinan los defectivos y su número se suma a los de la primera muestra. Si en total hay 4 o menos defectivos, se acepta el lote. Si hay 5 o más defectivos, se rechaza el lote, tomando medidas para su disposición.

Por supuesto estos números de muestra, defectivos para aceptar o rechazar no son arbitrarios y se toman de tablas o nomogramas que tienen un estricto fundamento estadístico.

### Fundamento estadístico del muestreo de aceptación.

Como ya mencionamos, debido a la existencia de muchos factores aleatorios, no existen dos unidades de un producto exactamente iguales. Esto conduce en algunos casos a que haya productos no conformes con la función que el cliente requiere, bien debido a que hay una falla para lograr el desempeño requerido por diseño o a una variación excesiva alrededor de ese desempeño nominal. Las fuentes de variación conducen a desperdicios e ineficiencias y cada vez que se identifica o se remueve una de ellas se logra un incremento en calidad del producto y una mayor productividad. La excesiva variabilidad conduce a desperdicios. Como la variabilidad se describe en términos estadísticos, los métodos estadísticos están en la esencia de los planes de muestreo. Es conveniente que el alumno repase los conceptos estadísticos vistos en Matemáticas III.

#### La curva de operación característica (CO)

La curva CO de un plan de muestreo proporciona una caracterización del potencial desempeño del mismo, ya que con ésta se puede saber la probabilidad de aceptar o rechazar un lote que tiene determinada calidad. Para cualquier fracción defectuosa  $p$  en un lote, la curva OC muestra la probabilidad  $P_a$  de que se aceptará ese lote con el plan de muestreo que se emplee, lo que es igual al porcentaje a largo plazo de lotes que se aceptarían si se presentasen muchos lotes de cualquier calidad expresada, para inspección.

Para obtener la CO de lotes grandes se aplica la distribución binomial. Bajo esta condición, la distribución del número de artículos defectuosos,  $x$ , en la muestra aleatoria de tamaño  $n$ , es binomial con parámetros  $n$  y  $p$ . La probabilidad de observar exactamente  $x$  defectuosos en la muestra esta dada por la ecuación:

$$P(x, n, p) = \binom{n}{p} p^x (1-p)^{n-x}$$
$$x = 0, 1, 2, \dots, n$$

donde:

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

es el número de combinación de  $n$  elementos tomados de  $x$  en  $x$

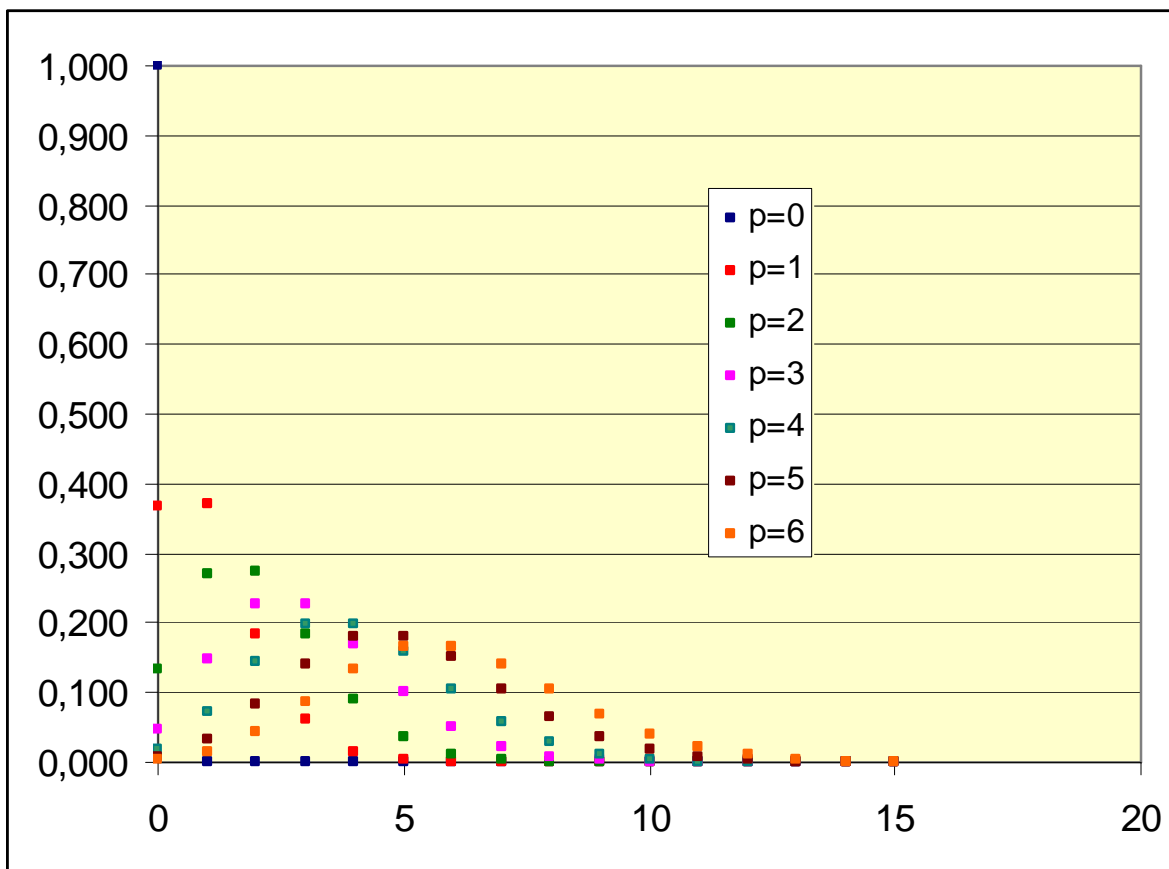
La obtención de la curva CO es sencilla y la ilustraremos con un ejemplo. Supóngase que  $n = 100$  y el lote se rechaza si hay más de un defectivo o sea  $c = 1$ .

En la siguiente tabla se muestran los valores de la probabilidad de ocurrencia de  $x$  defectos, partiendo de que el porcentaje de defectivos en el lote sea desde 0 hasta 6 % ( $p = 0$  hasta  $p = 0.06$ ).

x	p=0	p=1	p=2	p=3	p=4	p=5	p=6
0	1,000	0,366	0,133	0,048	0,017	0,006	0,002
1	0,000	0,370	0,271	0,147	0,070	0,031	0,013
2	0,000	0,185	0,273	0,225	0,145	0,081	0,041
3	0,000	0,061	0,182	0,227	0,197	0,140	0,086
4	0,000	0,015	0,090	0,171	0,199	0,178	0,134
5	0,000	0,003	0,035	0,101	0,160	0,180	0,164
6	0,000	0,000	0,011	0,050	0,105	0,150	0,166
7	0,000	0,000	0,003	0,021	0,059	0,106	0,142

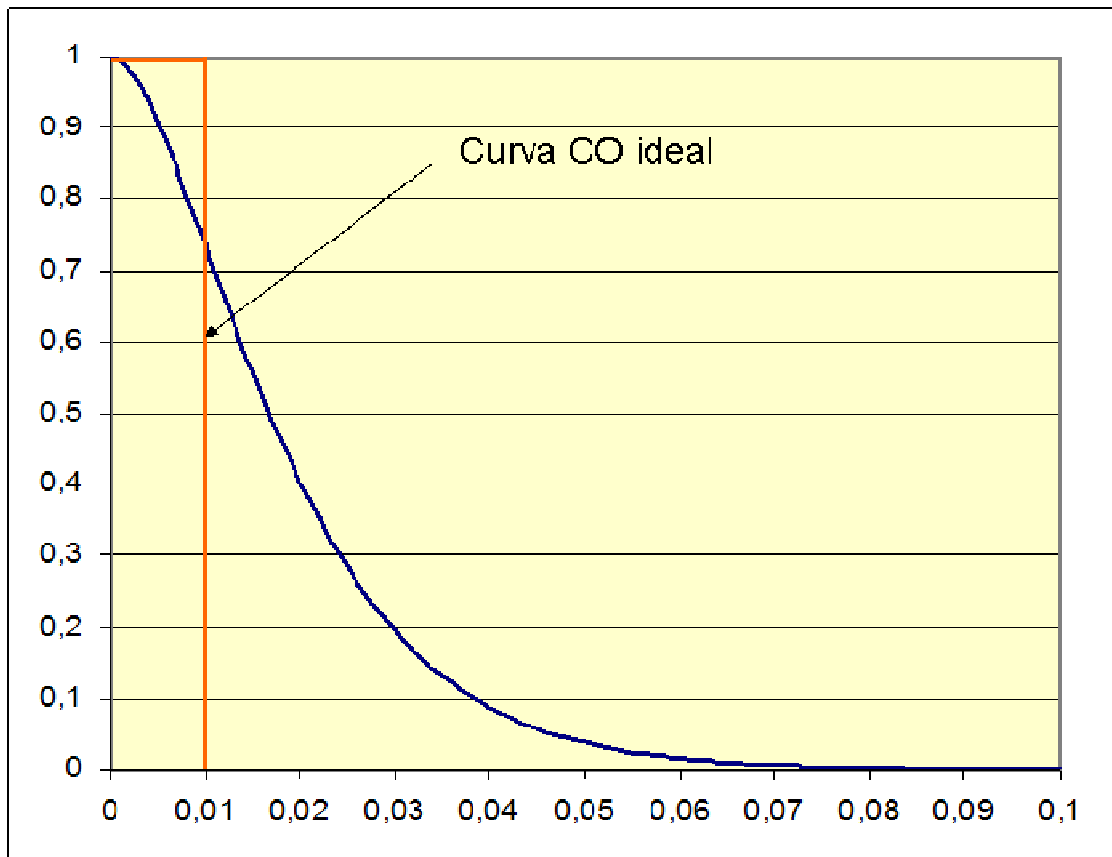
8	0,000	0,000	0,001	0,007	0,029	0,065	0,105
9	0,000	0,000	0,000	0,002	0,012	0,035	0,069
10	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,017	0,040
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,007	0,021
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,010
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
<b><math>\Sigma_{0+1}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>0,736</b>	<b>0,403</b>	<b>0,195</b>	<b>0,087</b>	<b>0,037</b>	<b>0,015</b>

La gráfica de P en función de x para distintos p se muestra a continuación.

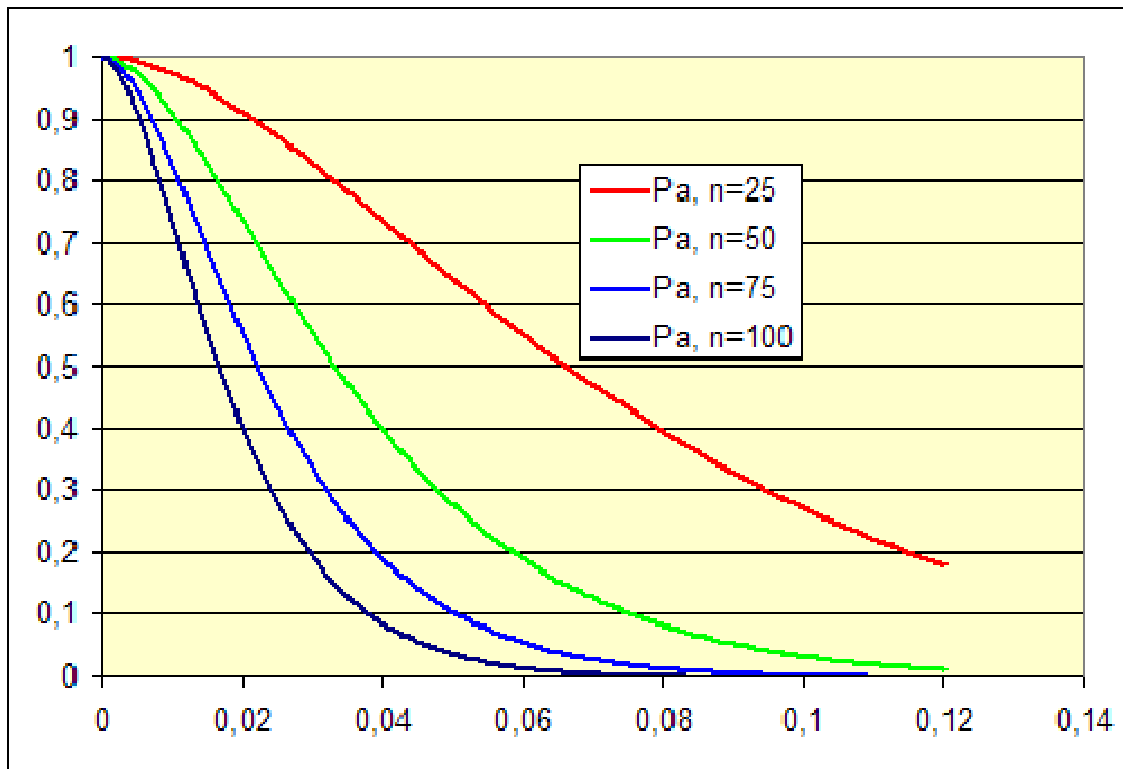


La gráfica nos muestra claramente que si en el proceso no hay defectivos ( $p = 0$ ), la probabilidad de aceptar cualquier lote es 1. Al aumentar el porcentaje de defectivos, el máximo de la distribución se desplaza a valores mayores de x.

La tabla mostrada se puede obtener fácilmente utilizando Excel y utilizando la función `DISTR.BINOM(x;n;p;FALSO)`. En la última fila se muestra la probabilidad acumulada hasta  $x = 1$ , que es precisamente lo que nos interesa, o sea la probabilidad de que en 100 muestras haya hasta 1 defecto si tenemos diferentes valores de p. Utilizando intervalos de p de 0.001 y considerando la función `DISTR.BINOM(1;n;p;VERDADERO)` para obtener directamente la distribución acumulada, podemos obtener la gráfica siguiente ([ver ejemplo](#)):

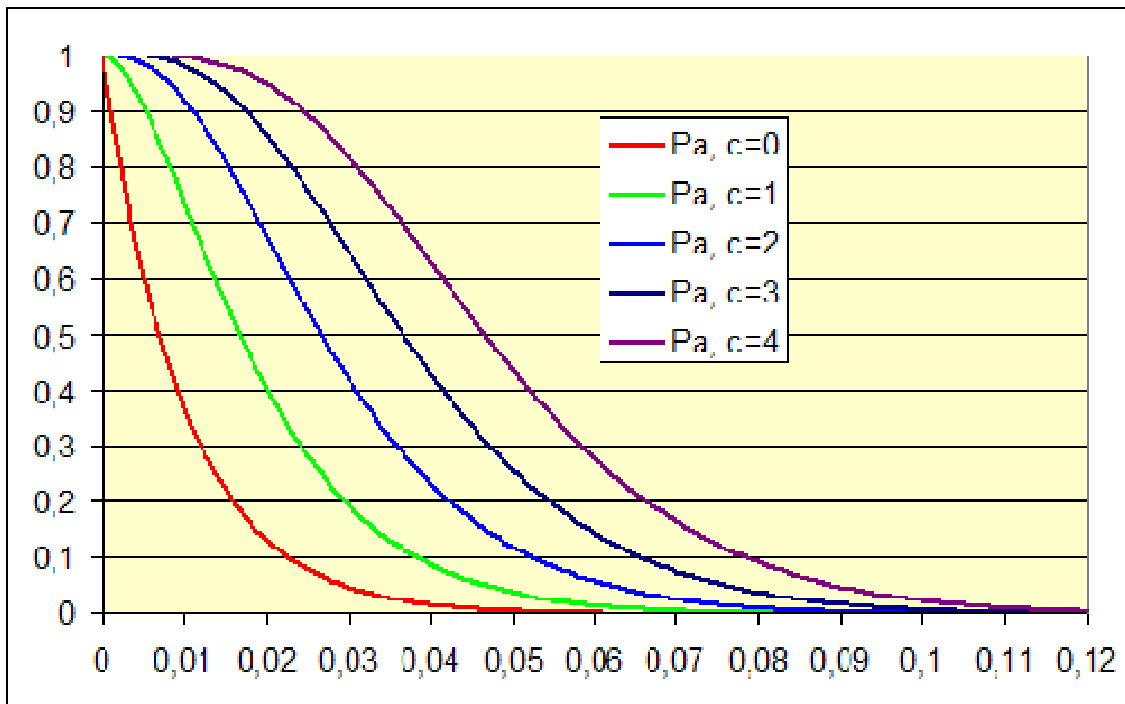


Des esta manera, la curva CO de la gráfica muestra el poder discriminatorio del plan de muestreo  $n = 100$ ,  $c = 1$ . Por ejemplo, si los lotes tienen 5% de artículos defectuosos ( $p = 0.05$ ), entonces la probabilidad de aceptarlos es aproximadamente 0.04. Esto significa que si 100 lotes con 5% de defectuosos, son sometidos a este plan de muestreo, entonces se esperaría aceptar a 4 y rechazar a 96. En la figura se muestra también la curva CO ideal. Con ella si la proporción de defectivos es del 1% o menos se acepta con probabilidad 1, mientras que si es mayor a 1% se rechaza. Teóricamente la curva ideal se alcanza con la inspección al 100 %, suponiendo que no haya errores en la misma, lo cual difícilmente ocurre. En otras palabras no hay un plan de muestreo que tenga una curva CO ideal. El tamaño de la muestra influye en el poder de discriminación, como ilustra con la siguiente gráfica con de curvas CO para diferentes tamaños de muestra  $n$ . Con muestras mayores se obtiene un mayor poder de discriminación.



En esta gráfica se puede observar que aumentando el tamaño de la muestra, la curva CO cae más bruscamente. Por ejemplo, si el porcentaje de defectivos en los lotes es de 5 % la probabilidad de aceptar tales lotes con  $p$  igual a 0,05 es de 64, 28, 11 y 4 % para  $n = 25, 50, 75$  y 100 unidades respectivamente.

Al disminuir el número de aceptación la curva CO cae más rápido y con ello los planes se vuelven más estrictos. Esto se puede apreciar en las curvas CO para los planes  $n = 100$  que se muestran en la figura siguiente.



Es interesante observar que para  $c = 0$ , la probabilidad de aceptación cae muy rápido con  $p$ , lo que hace que la curva presente concavidad hacia arriba en todo el rango de valores. Si analizamos que un % de defectivos de 1% resulta aceptable, para esta curva CO aceptaríamos sólo un 37% de los lotes, mientras que con  $c = 1$  y  $c = 2$  aceptaríamos el 74 y el 92% de esos lotes que en realidad cumplen con ese nivel de calidad. Dicho de otra manera, utilizar  $c = 0$  resulta muy exigente para el proveedor por lo que no siempre son recomendables.

#### Curvas CO tipo A y tipo B.

Como ya se explicó, para aplicar la distribución binomial se parte de la premisa de que los lotes son grandes o que son secuencias de lotes que provienen de un proceso continuo. Estos casos se pueden aproximar por la distribución de Poisson si  $p \leq 0.1$  y  $n.p \leq 10$ . Las curvas que se obtienen, las ya vistas, se denominan curvas de tipo B.

La distribución de Poisson:

$$P(X = x) = e^{-\lambda} \lambda^x / x! \text{ con } x = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Para los lotes aislados y finitos la distribución válida es la hipergeométrica, que en algunos casos se puede aproximar a la binomial si  $n/N \leq 0.1$ . Las curvas que se obtienen se denominan curvas tipo A. La fórmula:

$$P_a = \sum_{d=0}^c \frac{\binom{D}{d} \binom{N-D}{n-d}}{\binom{N}{n}}, \text{ D es igual a } Np$$





### El muestreo doble por atributos.

La esencia de un plan de muestreo doble ya fue vista. Sus ventajas son que reducen la cantidad total de muestras a inspeccionar (si se acepta el lote en la primera inspección) y que le dan una segunda oportunidad al proveedor. Sin embargo como desventajas se tiene que si se rechazan los lotes a la primera se pierde la ventaja económica y llevan mucho más trabajo administrativo.

Los cálculos de sus CO son similares a los ya vistos, tomando en cuenta que hay que utilizar los conceptos de la probabilidad condicional. Se tiene que:

$P_{\alpha}$  = probabilidad de aceptación en las muestras combinadas;

$P_{\alpha}^I$  = probabilidad de aceptación en la primera muestra;

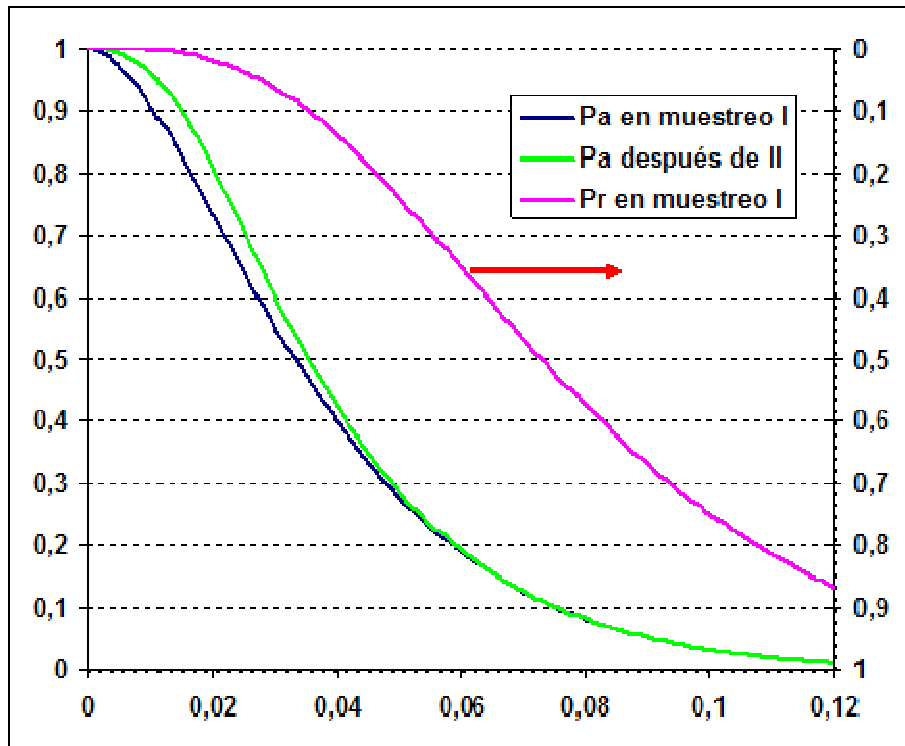
$P_{\alpha}^{II}$  = probabilidad de aceptación en la segunda muestra;

$P_{\alpha} = P_{\alpha}^I + P_{\alpha}^{II}$ .

Por ejemplo, supongamos que tenemos el plan de muestreo doble con:

$n_1 = 50$ ;  $c_1 = 1$ ;  $r_1 = 4$ ;  $n_2 = 50$ ;  $c_2 = 3$ .

En el segundo muestreo  $P_{\alpha}^{II} = P(d_1=2) \cdot P(d_2=0 \text{ ó } 1) + P(d_1=3) \cdot P(d_2=0)$ . La curva CO que se obtiene es:



Puede observarse que la probabilidad de aceptación después del muestreo doble es mayor que para el primer muestreo.

Otro aspecto importante de los planes de muestreo dobles, especialmente cuando se evalúan los costos del plan de aceptación, es el número promedio de muestras, NPM (ASN en inglés de average sample number) y que es igual a la cantidad promedio de unidades que deberán ser inspeccionadas para decidir sobre los lotes. En el muestreo doble la selección del tamaño de la muestra depende de si se necesita la segunda muestra o no y se obtiene la ecuación:

$$NPM = n_1 \cdot P_1 + (n_1 + n_2) \cdot (1 - P_1)$$

$$\mathbf{NPM = n_1 + n_2 (1 - P_1)}$$

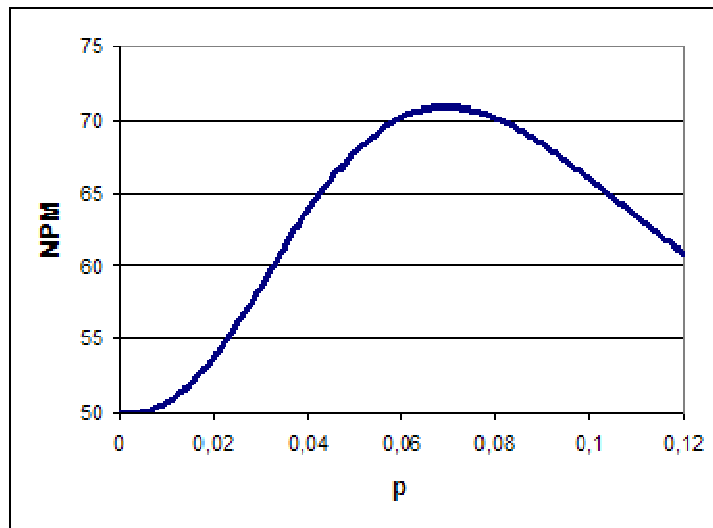
Donde  $P_1$  es la probabilidad de decidir en la primera muestra, que evidentemente es igual a la suma de la probabilidad de aceptar en la primera muestra y la probabilidad de rechazar:

$$P_1 = P_{\alpha}^I + P_{\text{rechazo}}^I$$

Un ejemplo resulta ilustrativo de lo que es  $P_1$ . Se tiene un plan de muestreo con  $n_1 = 50$ ,  $c_1 = 2$ ,  $r_1 = 5$ ,  $n_2 = 50$ ,  $c_2 = 4$ ,  $r_2 = 5$ . Supongamos además que un lote tiene una  $p$  verdadera de 0.04. Utilizando la distribución binomial, se obtiene que  $P_{\alpha}^I = 0.6767$  (probabilidad de hallar 2 o menos unidades defectuosas, siendo  $p = 0.04$ ). A su vez la probabilidad de rechazarlo, o sea de hallar 5 o más unidades defectuosas es  $P_{\text{rechazo}}^I = 0.0490$  ( $1 - P_a$  si se encuentran hasta 4 unidades defectuosas). Por tanto  $P_1 = 0.7257$ . Aplicando la fórmula:

$$\mathbf{NPM = 50 + 50 (1 - 0.7257) = 63.7 = 64}$$

Este procedimiento se repite para los distintos valores de  $p$  en los lotes y se obtiene la curva de NPM vs  $p$ .



Al igual que en los planes sencillos se tiene en los muestreos dobles planes con rectificación, que consisten en la inspección al 100% de los lotes rechazados, ya sea en la primera o en la segunda muestra. Si no hay errores de inspección:

$$\mathbf{CPS = (P_{\alpha}^I (N - n_1) p + P_{\alpha}^{II} (N - n_1 - n_2) p) / N}$$

Si todas las unidades defectuosas encontradas se reemplazan por aptas, la inspección total promedio será:

$$\mathbf{ITP = P_{\alpha}^I n_1 + P_{\alpha}^{II} (n_1 + n_2) + N (1 - P_a)}$$

## Muestreo de aceptación por variables.

Como ya se mencionó, en la industria el muestreo de aceptación más utilizado es por atributos. No obstante, el incremento en el uso de las técnicas de control estadístico y los adelantos en instrumentos y sensores para el control de procesos ha conducido a un incremento de la utilización del muestreo de aceptación por variables, aún cuando a veces, a simple vista, el muestreo debe ser por atributos, pues se desarrollan métodos para cuantificar determinadas características de un producto. En este sentido, muchas veces comento a mis alumnos que ahora van a ver determinado estado de la industria en cuanto a instrumentación, pero los adelantos, por ejemplo en la Química Analítica de Procesos (QAP), en la instrumentación, en la nanotecnología, van a hacer que tengan que capacitarse constantemente. Hablando de QAP, el enfoque tradicional y lento muestreo – laboratorio – análisis – resultados – informe – decisión va siendo sustituido por el análisis en línea – decisión. Baste señalar el desarrollo de los equipos para espectrofotometría infrarroja en el rango cercano que junto con las técnicas del análisis estadístico multivariante (en general la quimiometría), dan aplicaciones sorprendentes para la tecnología de alimentos, pudiendo evaluarse cuantitativamente, con un paso por el haz infrarrojo varias características de un alimento, incluyendo microbiológicas.

Denominamos características variables a aquellas que pueden ser medidas. En comparación con el muestreo de aceptación por atributos, usaremos la distribución normal (Hay que repasar Matemáticas III), en lugar de las distribuciones probabilísticas para variables discretas.

El muestreo de aceptación por variables se aplica cuando:

1. La característica objeto de inspección es una variable o capaz de ser convertida según una escala variable.
2. La inspección por atributos es muy costosa.
3. La inspección por atributos no brinda suficiente información sobre la calidad del producto.

Entre sus ventajas tenemos:

- Se pueden utilizar muestras más pequeñas. Dicho de otra manera, brindan más protección para la calidad que los planes por atributos.
- Se puede valorar el grado de cumplimiento o de no conformidad con una especificación dada, lo que es importante cuando hay un margen de seguridad en las especificaciones de diseño. Esto también permite tener una mejor orientación en cuanto a lo que es necesario hacer para mejorar la calidad.
- Se pueden detectar mejor los errores de medición.
- Brindan un mejor sustento para evaluar el historial de calidad a la hora de tomar decisiones de aceptación, pues se obtiene más información sobre un lote que con el número de defectuosos.

Entre sus desventajas podemos señalar:

- La mayor es que sólo puede aplicarse para la aceptación o rechazo de una característica sometida a inspección, lo que implica hacer un plan de muestreo para cada una. Por

supuesto, se puede concentrar la atención en las variables decisivas y atenuar esta desventaja.

- Se asume una distribución normal. Es necesario verificar que la variable medida se ajuste a esta distribución.
- Implica mayores costos, hay que emplear personal más calificado y equipos de medición muchas veces costosos.

Los procedimientos para aplicar un sistema de inspección por variables se organizan partiendo de los conceptos ya vistos en Matemáticas III sobre pruebas de hipótesis de una o dos colas, pues tendremos límites superior y/o inferior de las especificaciones para nuestro producto en relación con esa variable (LSE y LIE respectivamente).

Para el caso de que usemos un LEI o un LSE, calcularemos un estadístico de la siguiente manera:

Tomaremos  $n$  unidades, haremos los análisis y determinaremos el valor medio de la característica que se evalúa.

En el caso de un LIE:

$$Z_{LIE} = \frac{\bar{x} - LIE}{\sigma}$$

Obsérvese que  $Z_{LIE}$  expresa la distancia entre el promedio muestral  $\bar{x}$  y el límite inferior de la especificación en la unidad de desviación estándar. Cuanto más grande sea el valor de  $Z_{LIE}$ , más alejado estará el promedio muestral  $\bar{x}$  del límite inferior de la especificación y, por consiguiente, más pequeña será la fracción defectuosa del lote.

En el caso del LSE:

$$Z_{LSE} = \frac{\bar{x} - LSE}{\sigma}$$

Cuando ambos límites deben ser considerados, se utilizarán pruebas de dos colas. Debe considerarse también si conocemos o no la variabilidad de la población que origina la muestra, como ya se vió en estadística.

El estadístico obtenido se compara con un criterio de aceptación  $k$  que depende de  $n$ , el número de unidades inspeccionadas y el NCA. El cálculo de  $n$  y  $k$  está fundamentado estadísticamente en la distribución normal y las probabilidades de aceptación y rechazo. Se pueden utilizar nomogramas para su determinación, aunque en este curso veremos solamente el empleo de las tablas de muestreo más difundidas.

Ejemplo: Se inspeccionan dos lotes de 500 unidades de un alimento concentrado que no debe contener menos de 7 % de fibra. Se aplica un nivel de inspección normal (veremos posteriormente

lo que esto significa) con un NCA de 1% ( $p = 0.01$ ). Aplicar la inspección por variables y determinar si se acepta o rechaza un determinado lote. Según el plan  $n = 6$  y  $k = 1.78$ .

Se toman 6 unidades de cada lote, se determina el contenido de fibra en cada una, el promedio de las 6 y su desviación estándar. Supongamos que los resultados son:

	Lote 1	Lote 2
	7.8	7.2
	7.7	7.3
	7	7.3
	7.4	7.1
	7	7.2
	7.3	7.1
Media	7.37	7.20
DesvEst	0.34	0.09
Z	1.08	2.24

Nótese que Z del lote 1 es menor que k, mientras que Z del lote 2 es mayor que k. Esto nos indica que pese a que la media del lote 1 es más alta que la del lote 2 e incluso no hay ningún valor por debajo del límite de LIE, su variabilidad es tan alta que habrá una probabilidad mayor que la aconsejable, de que haya unidades que tengan menos fibra que lo especificado en el LIE. La segunda muestra, con una menor variabilidad, nos garantiza, dentro de la protección que brinda este plan de muestreo, que se cumple el NCA.

## **Inspección y muestreo por el Military Standard 105E (ANSI/ASQC Z1.4, BS 6001, ISO 2859 – inspección por atributos) y el Military Standard 414 (inspección por variables).**

El Military Standard 105 (MIL-STD-105E (1989), donde E indica la revisión), fue desarrollado durante la II Guerra Mundial ante la necesidad de garantizar la calidad de pertrechos militares (municiones, etc.), durante su producción en lotes. Esta norma es el sistema de inspección de aceptación más difundido a nivel mundial. Es un sistema de inspección de aceptación por atributos porque es una colección de esquemas de muestreo que a su vez comprenden planes de muestreo. Su amplia aceptación en el control de calidad motivó que fuera adoptado por la ISO (International Standardization Organization – Organización Internacional de Estandarización) en la norma ISO 2859, existiendo además normas concordantes con la ISO en muchos países (con igual número aunque con códigos literales específicos de cada país) y la norma ANSI/ASQC Z1.4 (American National Standards Institute – Estados Unidos) y la BS 6001 (Reino Unido). Estas normas son la contraparte civil del MIL-STD-105 y su adopción llevó en definitiva a la cancelación del MIL-STD-105E el 27 de febrero de 1995. En específico en la ISO 2859 se encuentran pequeñas diferencias con el estándar militar, como la terminología de no conformidad y porcentaje no conforme, ligeras modificaciones de las reglas de cambio, etc. Pero, en esencia, la norma es similar al MIL-STD-105E. Por ello los aspectos que abordaremos son válidos para ambas normas. Las partes de la ISO 2859 son:

**ISO 2859-10:2006.** Sustituye a ISO 2859-0:1995. Contiene una introducción general al muestreo de aceptación por atributos y un resumen de los esquemas y planes de muestreo que se detallan en las otras partes de la norma. También proporciona una guía para la selección del sistema de inspección a emplear en situaciones específicas.

**ISO 2859-1:1999** (tiene la nota Cor 1:2001). Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos – Parte 1. Esquemas de muestreo indexados por NCA para la inspección lote a lote.

**ISO 2859-2:1985.** Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos – Parte 2. Planes de muestreo indexados por la calidad límite para la inspección de lotes individuales o aislados.

**ISO 2859-3:2005.** Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos – Parte 3. Procedimientos de muestreo con salto de lote. Su objetivo es estandarizar los procedimientos de muestreo en productos de alta calidad suministrados por un proveedor que tiene un aseguramiento de la calidad satisfactorio y se puede determinar aleatoriamente cuando un lote puede ser aceptado sin inspección.

**ISO 2859-4:2002.** Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos – Parte 4. Procedimientos para la evaluación de niveles de calidad declarados. Se establecen los procedimientos y planes de muestreo que pueden emplearse para evaluar si el nivel de calidad de una entidad (lote, proceso, etc.), es conforme con un nivel de calidad declarado.

**ISO 2859-5:2005.** Contiene esquemas de muestreo secuencial que son suplementarios a los de la parte 1.

### **Características del MIL-STD-105E y de la ISO 2859-1.**

Es un sistema de muestreo de aceptación por atributos, basado en el NCA y su objetivo es inducir al proveedor a mantener un promedio del proceso al menos igual que el NCA de

aceptación, manteniendo al mismo tiempo un límite para el riesgo del cliente de aceptar ocasionalmente un lote de poca calidad. Se aplica a productos finales, materias primas, operaciones, mantenimiento y procedimientos administrativos.

Los términos y definiciones de la norma no difieren de lo que ya hemos visto. El NCA se define como el peor promedio tolerable del proceso cuando se remiten series continuas de lotes para el muestreo de aceptación. Se establece claramente que el NCA no es un nivel deseable, pues la ISO 2859 estimula a los proveedores a tener promedios del proceso mejores consistentemente que el NCA. El NCA no implica que el proveedor suministre conscientemente unidades no conformes. La no conformidad se define como el incumplimiento de un requisito específico. Se clasifican de acuerdo a su severidad. A las inconformidades más severas se le asignan NCA muy pequeños mientras que a las menos severas se le asignan NCA mayores. El NCA no debe ser mayor al 10%.

El fundamento estadístico está basado en las curvas CO. En la figura que sigue se muestran, como ejemplo, las curvas CO para un plan de muestreo simple para un tamaño de muestra con código de letra M (fuente: BS6001:1999).

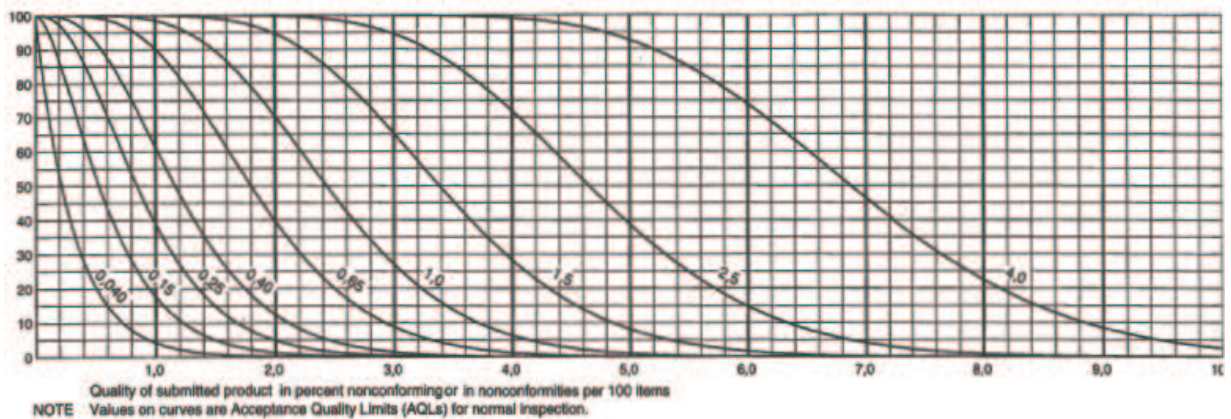


Table 10-M-1 — Tabulated values for operating characteristic curves for single sampling plans

$P_a$	Acceptance Quality Limit, normal inspection (in percent nonconforming and nonconformities per 100 items)																							
	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						
	$p$ (in percent nonconforming)										$p$ (in nonconformities per 100 items)													
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	0,139	0,261	0,567	0,923	1,11	1,51	1,94	2,37	3,28	3,99
95,0	0,0193	0,113	0,280	0,436	0,833	1,27	1,50	1,97	2,46	2,96	3,99	4,78	0,0193	0,113	0,280	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	1,46	1,73	2,24	2,76	3,29	4,37	5,20	0,0334	0,169	0,350	0,554	1,00	1,46	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	3,36	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	1,82	2,35	3,06	3,41	4,11	4,81	5,49	6,86	7,87	0,440	0,855	1,24	1,82	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	8,94	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	5,35	6,10	6,88	8,36	9,46	0,951	1,51	2,00	2,45	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	5,06	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								

Acceptance Quality Limit, tightened inspection (in percent nonconforming and nonconformities per 100 items)

El muestreo por el MIL-STD-105E y las normas afines se utiliza para series continuas de lotes lo que permite la aplicación de reglas de cambio de tipo de plan, que veremos más adelante. Estas reglas proveen una protección al cliente ante un deterioro de la calidad y un incentivo al proveedor para reducir costos de inspección al alcanzar una buena calidad de manera consistente. Puede utilizarse para lotes aislados.

En la norma se incluyen las CO para los distintos niveles de inspección.

Se establecen niveles y tipos de inspección.

Nivel de inspección



Define la relación del tamaño del lote y el tamaño de la muestra. Con mayores tamaños de lote se establecen mayores tamaños de muestra aunque no en proporción directa. El tamaño de la muestra se codifica por letras.

Existen tres niveles generales: I, II, III.

Se utiliza el Nivel II a menos que se indique otro nivel. El Nivel I se usa cuando se busca reducir desechos en la producción y el nivel III cuando se puede desechar una mayor cantidad de producto. Hay además cuatro niveles especiales S1, S2, S3 y S4. El objetivo de estos niveles es poder reducir el tamaño de muestra cuando esto es necesario.

Tamaño del lote	Niveles especiales				Niveles generales		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2 – 8	A	A	A	A	A	A	B
9 – 15	A	A	A	A	A	B	C
16 – 25	A	A	B	B	B	C	D
26 – 50	A	B	B	C	C	D	E
51 – 90	B	B	C	C	C	E	F
91 – 150	B	B	C	D	D	F	G
151 – 280	B	C	D	E	E	G	H
281 – 500	B	C	D	E	F	H	J
501 – 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 – 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 – 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 – 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 – 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 – 500000	D	E	G	J	M	P	Q
≥ 500001	D	E	H	K	N	Q	R

#### Tipos de inspección

**Normal:** Se usa para asegurar una alta probabilidad de aceptación cuando la calidad del proceso es superior al NCA y no hay porque sospechar que el proceso no tiene un nivel aceptable.

**Rigurosa:** Se usa cuando el criterio de aceptación es más estricto que en la inspección normal. Se determina este, cuando la inspección de lotes anteriores consecutivos indica que la calidad del proceso es inferior al NCA.

**Reducida:** Cuando existe evidencia de que la calidad de la producción es mejor que el NCA en forma consistente se pueden utilizar un plan de muestreo cuyo tamaño de muestra es de 2/5 partes del correspondiente a inspección normal. En el momento de encontrar un lote rechazado se vuelve a la inspección normal.

#### Reglas de cambio de tipos de plan

Las reglas de cambio del tipo de plan deben utilizarse pues se sabe que cuando se está usando muestreo por atributos y el proveedor está produciendo una calidad más mala que el NCA, un plan de muestreo bien elegido debe rechazar suficientes lotes para que se justifique el mejoramiento de la calidad sin demora alguna. Además cuando la producción está bajo control se puede esperar una calidad mejor que el NCA. Ahora bien, el establecer

el NCA no garantiza que el comprador no acepte lotes de baja calidad. Si la calidad de los lotes es ligeramente peor que el NCA, algunos lotes de baja calidad serán aceptados antes de cambiar a inspección rigurosa. Los cambios de tipo de plan se implementan:

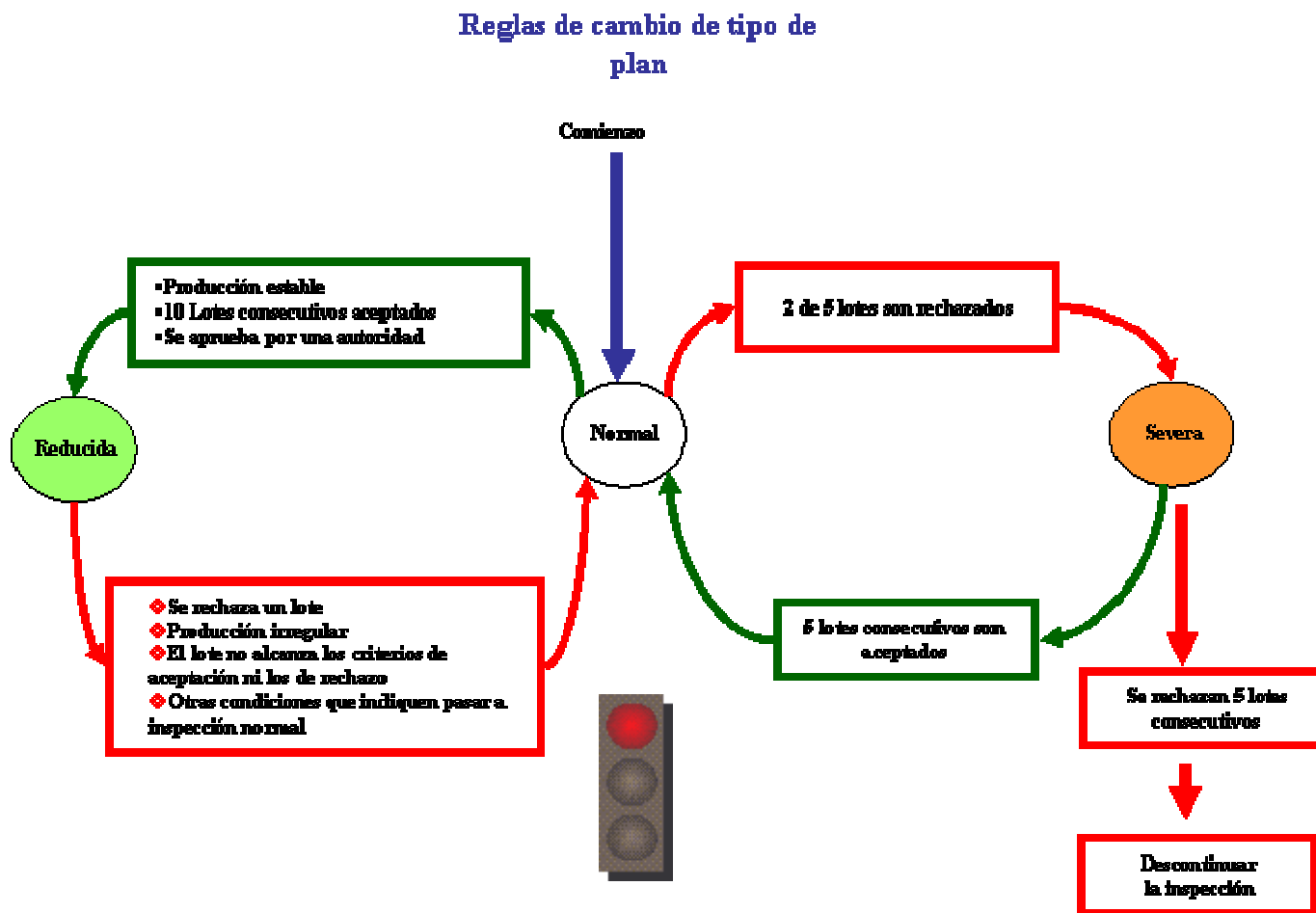
**Normal a riguroso:** cuando se rechazan 2 de 5 lotes, o menos de 5 lotes consecutivos.

**Riguroso a normal:** cuando 5 lotes consecutivos son aceptados.

**Normal a reducido:** cuando se considera que la producción se encuentra controlada (estado estacionario)

**Reducido a normal:** cuando se rechaza un lote.

**Suspensión de la inspección:** cuando se rechazan 5 lotes consecutivos bajo inspección rigurosa.



Procedimiento para la selección de un plan de muestreo.

1. Seleccionar el NCA
2. Seleccionar el nivel de inspección.
3. Determinar el tamaño de lote.
4. Hallar la letra que corresponde de acuerdo al nivel.
5. Determinar el tipo de plan (sencillo, doble o múltiple).
6. Seleccionar la tabla a utilizar.

7. Determinar el plan de inspección normal.
8. Utilizar las reglas de cambio cuando se requiera.

Se anexan las [tablas](#) más importantes de la MIL-STD-105E. Realmente están borrosas, pero se pueden utilizar. Este material fué lo más completo que pude hallar en Internet. Por ejemplo, se recibe un producto en lotes de 2000 unidades. Se desea establecer un plan de muestreo para una inspección normal con un NCA de 0.65 %. De la tabla de los tamaños de lotes y los niveles de inspección, vemos que para lotes de 2000 y un nivel de inspección II la letra es K. Utilizando la tabla para nivel de inspección normal y con un NCA de 0.65 vemos que el plan es  $n = 125$ ,  $c = 2$ .

## **Inspección por variables: MIL-STD-414, ISO 3951:1989, MIL-STD-1916.**

La MIL-STD-414 establece los procedimientos y tablas de muestreo para la inspección por variables de acuerdo al porcentaje de no conformes. Esta norma fue cancelada según la NOTA 2 del 2 de febrero de 1999, estando vigente la ANSI/ASQC Z1.9-1993 en la vida civil.

La ISO tiene la norma ISO 3951-1:2005 que especifica un sistema de muestreo para aceptación formado por planes de aceptación por variables en los cuales la aceptabilidad de un lote es implícitamente determinada a partir de un estimado del porcentaje de unidades no conformes basado en muestreo aleatorio. Para su aplicación, entre otros requisitos, es necesario que el error de medición sea despreciable, o sea con una desviación estándar no mayor de la del proceso y que el parámetro  $x$  que se mide siga una distribución normal o cercana a ella.

En abril de 1996 se aprobó la **MIL-STD-1916** para muestreo por atributos, por variables y continuo. En esta norma vienen ejemplos claros de su aplicación.

El fundamento ya fue visto. Veamos un ejemplo de utilización de la MIL-STD-414. Para ello se anexan las **tablas** más importantes de esa norma, con la misma consideración que hicimos anteriormente en cuanto a la calidad del material obtenido en Internet.

Se recibe un aditivo en lotes de 200 unidades con especificación de que el contenido de aditivo no debe ser inferior a 50%. Se desea aplicar un nivel de inspección IV con un NCA del 1%.

De la tabla A2 vemos que el código de letra es H. En la tabla B1 se observa que para este código de letra  $n = 20$  y que con  $NCA = 1$   $k = 1.82$ . Entonces es necesario tomar 20 unidades, determinar el contenido de aditivo, hallar el valor medio y la desviación estándar. Supongamos que se obtienen los valores 51.2 y 0.65 respectivamente. Entonces tenemos que:

$Z = (51.2 - 50)/0.65 = 1.85 > k$  por lo que se acepta el lote.