

NORMA VENEZOLANA

COVENIN
3553:1999
(ISO 7966:1993)

GRÁFICOS DE CONTROL DE ACEPTACIÓN



FONDONORMA

PRÓLOGO

La presente norma es una adopción de la Norma **3553:1999**, fue considerada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT42 Técnicas Estadísticas** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior N° **1999-13** de fecha **14/12/1999**.

En la adopción de esta norma participaron las siguientes entidades: Cevecería Polar, Consultoría y Adiestramiento en Calidad, C.A.; PDVSA-INTEVEP; INSTRUMAC; PARMALAT-INDULAC; U.S.B.-Cesma.

**NORMA VENEZOLANA
GRÁFICOS DE CONTROL
DE ACEPTACIÓN**

**COVENIN
3553:1999
(ISO 7966:1993)**

0 INTRODUCCIÓN

Un gráfico de control de aceptación combina elementos de control con elementos de muestreo de aceptación. Es una herramienta adecuada para ayudar a tomar decisiones con respecto a la aceptación de procesos. Las bases para las decisiones pueden ser definidas en términos de:

- a) Si un porcentaje determinado de ítems de un producto o servicio derivado de ese proceso satisfarán o no los requisitos de especificaciones;
- b) Si el proceso ha cambiado o no, más allá de alguna zona permisible o de la ubicación del nivel del proceso.

A diferencia de la mayoría de los enfoques de muestreo de aceptación, se enfatiza la aceptabilidad del proceso más que la disposición (aceptación o rechazo) del producto.

A diferencia de los enfoques usuales de gráficos de control, el proceso no necesita estar en control sobre un único nivel del proceso estándar simple; en la medida en que la variabilidad dentro del subgrupo permanece en control, se puede (para el propósito de aceptación) operar a cualquier nivel dentro de una zona de niveles aceptables del proceso. Se asume que algunas causas asignables crearán cambios en los niveles del proceso que son tan pequeños con relación a los requisitos, que sería antieconómico intentar controlarlos estrechamente.

Sin embargo, el uso de un gráfico de control de aceptación no excluye, la posibilidad de identificar y eliminar causas asignables para el propósito de mejoramiento continuo del proceso.

Se requiere una verificación de la estabilidad inherente del proceso. Por lo tanto, se hace seguimiento a las variables usando gráficos de control de rango tipo Shewhart o de desviación estándar de la muestra para confirmar que la variabilidad inherente dentro de los subgrupos racionales permanece en estado estable. Una fuente adicional de información de control es el análisis de la distribución de los niveles del proceso encontrados. Se debería conducir un estudio preliminar con un gráfico de control de Shewhart para verificar la validez de usar un gráfico de control de aceptación.

GRÁFICOS DE CONTROL DE ACEPTACIÓN

1 OBJETO

Esta norma proporciona orientación sobre el uso de gráficos de control de aceptación y establece procedimientos generales para determinar tamaños de muestra, límites de acción y criterios de decisión. Se incluyen ejemplos para ilustrar una variedad de circunstancias en las cuales esta técnica presenta ventajas y para proveer detalles sobre la determinación del tamaño de muestra, los límites de acción y los criterios de decisión.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos basados en ellos, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

COVENIN-ISO 3534-1:1995, *Estadística - Vocabulario y símbolos. Parte 1: Probabilidad y términos estadísticos generales.*

COVENIN-ISO 3534-2:1995, *Estadística - Vocabulario y símbolos. Parte 2: Control estadístico de la calidad.*

COVENIN 3140:1995, *Gráficos de control de Shewhart.* (ISO 8258: 1991)

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, aplican las definiciones dadas en COVENIN-ISO 3534-1 y COVENIN-ISO 3534-2.

Un proceso aceptable sería aquel representado por un gráfico de control de Shewhart (véase COVENIN 3140 [ISO8258]) con una línea central dentro de la zona aceptable del proceso (véase figura 1). Idealmente el valor promedio $\bar{X}$ de tal gráfico de control estaría en el valor objetivo.

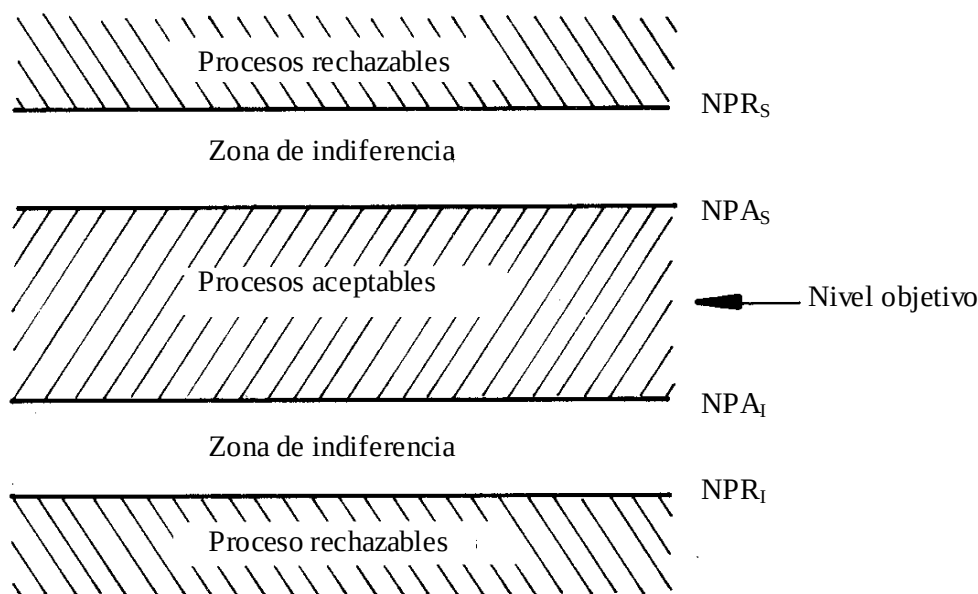


Figura 1 - Límites bilaterales de especificación: Líneas superior e inferior NPA y NPR con relación a procesos de calidad aceptable, rechazable e indiferente (umbral).

4 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

LES	límite de especificación superior
LEI	límite de especificación inferior
LCA	límites de control de aceptación
NPA	nivel de proceso aceptable
NPR	nivel de proceso rechazable o zona de proceso no aceptable
n	tamaño de muestra del subgrupo
p_0	proporción aceptable de ítems no conformes
p_1	proporción rechazable de ítems no conformes
P_a	probabilidad de aceptación
T	valor objetivo, valor óptimo de la característica
$\bar{X}$	valor promedio de la variable X graficada en un gráfico de control
z	variable que tiene una distribución normal con media cero y desviación estándar unitaria
$z_{p'}$	Desvío de la normal que es excedido por $100p'$ % de la población en una dirección especificada (similaramente para z , z , etc.)
	riesgo de no aceptar un proceso centrado en el NPA
	riesgo de no rechazar un proceso centrado en el NPR
	Media del proceso
	desviación estándar correspondiente a la variabilidad inherente al proceso
w	Desviación estándar dentro del subgrupo
$\sigma_{\bar{X}}$	Desviación estándar de los promedios de los subgrupos correspondiente a la variabilidad inherente del proceso: $\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n}$.

5 DESCRIPCIÓN DEL USO DE GRÁFICOS DE CONTROL DE ACEPTACIÓN

En la búsqueda de un producto o servicio aceptable, frecuentemente hay lugar para flexibilizar el centrado del proceso alrededor de su nivel objetivo. La contribución a la variación general de los factores de localización (factores que afectan el centrado del proceso) es adicional a la variabilidad aleatoria inherente de los elementos individuales alrededor de un nivel del proceso dado. En la mayoría de los casos, se deben esperar y se pueden tolerar algunos cambios en el nivel del proceso. Estos cambios usualmente provienen de una causa asignable que no puede ser eliminada por consideraciones económicas o de ingeniería. Estos a menudo se introducen al sistema a intervalos infrecuentes o irregulares, pero por lo general no pueden ser tratados como componentes aleatorios de la varianza.

Aparentemente existen algunos enfoques diferentes para tratar estos factores de localización que contribuyen a la variación más allá de la variabilidad inherente. En un extremo está el enfoque en el cual toda la variabilidad que resulta en desviaciones del valor objetivo debe ser minimizada. Los defensores de tal enfoque buscan mejorar la capacidad de mantener un proceso dentro de límites de tolerancia más estrechos de manera que exista un mayor potencial para el mejoramiento de la calidad de un producto o de un proceso.

En el otro extremo está el enfoque de que, mientras se satisfacen los límites de tolerancia, no sólo puede ser antieconómico y un desperdicio de recursos controlar estrechamente el proceso, por lo que puede ser

contraproducente mejorar la capacidad de reducir la variabilidad. Esto a menudo es el resultado de la introducción de presiones que fomentan la alteración del proceso (sobrecontrol) por personas calificadas para trabajar sobre aspectos de control, pero no sobre programas de mejoramiento de la calidad de procesos o del productos.

El gráfico de control de aceptación es una herramienta útil para cubrir este amplio rango de enfoques de una manera simple y lógica. Distingue entre los componentes de variabilidad inherente que ocurren aleatoriamente durante todo el proceso, y los factores adicionales de localización que contribuyen a la variabilidad a intervalos menos frecuentes.

Cuando aparece un cambio, el proceso puede entonces estabilizarse a un nuevo nivel hasta que el próximo evento ocurra. Entre tales perturbaciones, el proceso continúa en control con respecto a la variabilidad inherente.

Una ilustración de esta situación es un proceso que usa grandes lotes uniformes de materia prima. La variabilidad dentro del lote podría considerarse la variabilidad inherente. Cuando se introduce un nuevo lote de material, su desviación del valor objetivo puede diferir del valor del lote previo. El componente de variación entre lotes se introduce al sistema a intervalos discretos.

Un ejemplo de esta variación dentro del lote y entre lotes puede muy bien ocurrir en una situación donde un troquel está formando una parte de una máquina. El propósito del gráfico es determinar cuando el troquel se ha gastado a un punto donde debe ser reparado o sustituido. La tasa de consumo es dependiente de la dureza de los lotes sucesivos de material y por lo tanto no es fácilmente predecible. Se verá que el uso de un gráfico de control de aceptación hace posible juzgar el tiempo apropiado para servir el colorante blanqueador.

El gráfico de control de aceptación está basado en el gráfico de control de Shewhart pero está estructurado de tal manera que el proceso puede salirse de los límites de control si las especificaciones son suficientemente amplias, o ser confinado a límites más estrechos si la variabilidad inherente del proceso es comparativamente grande con relación a la tolerancia total.

Lo que se requiere es protección contra un proceso que se ha apartado tanto del valor objetivo que producirá un porcentaje predeterminado no deseable de ítems fuera de los límites de especificación, o exhibe un grado excesivo de cambios de nivel de proceso.

Cuando se gráfica el valor promedio de los datos de un proceso, en la secuencia de la producción, se nota una variación continua en los valores promedio. En una zona central (proceso aceptable, figura 1), hay productos que son tan indiscutiblemente aceptables. Datos en zonas externas (figura 1) representan un proceso que está produciendo productos que son indiscutiblemente no aceptables.

Entre la zona interna y externa hay zonas donde el producto que se está elaborando es aceptable pero hay una indicación de que el proceso debería ser observado y como se aproxima a la zona externa pueden tomarse acciones correctivas. Estos criterios son los conceptos básicos para el gráfico de control de aceptación. La descripción en esta norma está diseñada para proveer prácticas para el establecimiento de líneas de acción apropiadas para situaciones de especificaciones uni y bilaterales.

Debido a que es imposible tener una sola línea divisoria que pueda distinguir rigurosamente un buen nivel de calidad de uno insatisfactorio, se debe definir un nivel del proceso que represente el proceso que debería ser aceptado casi siempre (1 -). Esto se llama el nivel de proceso aceptable (NPA), y define el borde externo de la zona del proceso de aceptación localizada alrededor del valor objetivo (véase figura 1).

Cualquier proceso centrado más cerca del valor objetivo que del NPA, tendrá un riesgo menor que de no ser aceptado. Mientras más se acerque el proceso al valor objetivo, menor es la probabilidad de que un proceso satisfactorio no sea aceptado.

También es necesario definir el nivel del proceso que representa un proceso que casi nunca debería ser aceptado (1 -). Este nivel de proceso indeseable es denominado el nivel de proceso rechazable (NPR). Cualquier proceso localizado más allá del valor objetivo que el NPR tendrá un riesgo de aceptación menor que .

Los niveles de proceso entre el NPA y el NPR producirán un producto de calidad umbral. Es decir, los niveles de proceso, entre NPA y NPR representarían una calidad que valdría la pena mejorar pero que no es tan mala que el producto no pueda ser usada. Esta región es, a menudo, llamada la zona de indiferencia. La amplitud de esta zona es función de los requisitos para un proceso particular y los riesgos que se aceptan tomar en relación con el mismos. Mientras más estrecha la zona, es decir mientras más cerca están el NPA y

el NPR, mayor tiene que ser el tamaño de muestra. Este enfoque permitirá una evaluación realista de la efectividad de cualquier sistema de control de aceptación, y proveerá un método descriptivo para mostrar lo que cualquier sistema de control dado intenta hacer.

Como con cualquier sistema de aceptación por muestreo, se requieren cuatro elementos para la definición de un gráfico de control de aceptación. Ellos son los siguientes:

- a) un nivel de proceso aceptable (NPA) asociado con un riesgo unilateral;
- b) un nivel de proceso rechazable (NPR) asociado con un riesgo unilateral;
- c) un criterio de acción o límite de control de aceptación (LCA);
- d) el tamaño de muestra (n).

NOTA 1 Generalmente los riesgos definidos en esta norma son unilaterales. En el caso de especificaciones bilaterales, los riesgos son 5 % de superar un límite superior o un 5 % de caer por debajo del límite inferior. Esto resulta en un riesgo total del 5 % (no 10 %).

La simplicidad de operación es de importancia crítica para el uso de un procedimiento tal como un gráfico de control de aceptación. El usuario del gráfico solo necesita conocer la metodología (en cuanto al significado y cálculo de los límites); no es difícil y puede ser muy útil entrenarlo para que lo comprenda. No es más complicado usarlo con respecto al gráfico de Shewhart. El supervisor experto en calidad o el operador entrenado derivará estos límites sin mucho esfuerzo a partir de las consideraciones anteriores y obtendrá un mayor entendimiento acerca del procedimiento de aceptación del proceso, y una mejor comprensión de las implicaciones del control.

6 CONTROL DE LA ACEPTACIÓN DE UN PROCESO

6.1 Graficación

El valor promedio de la característica de la calidad de la muestra es representado sobre el gráfico de control de aceptación de la siguiente manera. Se traza un punto sobre el gráfico por cada muestra con un número de identificación (orden numérico, orden cronológico, etc.) sobre la escala horizontal, y el promedio correspondiente de la muestra sobre la escala vertical.

6.2 Interpretando el gráfico

Cuando el punto trazado cae sobre el límite de control de aceptación superior LCA_s o debajo del límite de control de aceptación inferior LCA_i , el proceso debe considerarse no aceptable.

Si un punto graficado está cerca de la línea de control, los valores numéricos deben ser usados para tomar una decisión.

7 ESPECIFICACIONES

La especificación de los valores de cualesquiera de los dos elementos que definen un sistema de gráfico de control de aceptación determina los dos valores restantes: el NPA (con riesgo α), NPR (con riesgo β), el límite de control de aceptación (LCA) o el tamaño de muestra (n). Adicionalmente, el valor $\bar{c}$ de los subgrupos debe ser conocido o haber sido estimado mediante las técnicas usuales de gráficos de control, tales como el uso de $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$ o $\bar{s} / c_4$, $\hat{\sigma}_p = \sqrt{p(1-p)/n}$ o $\hat{\sigma}_c = \sqrt{c}$ (véase COVENIN 3140 (ISO8258)). Es esencial que la variabilidad aleatoria inherente esté en estado de control estadístico para que los cálculos del riesgo sean significativos. Puede hacerse seguimiento mediante gráficos de control tipo Shewhart para rangos o desviaciones estándar. (véase COVENIN 3140)

Se pueden escoger varias combinaciones de pares de elementos:

- a) Definir el NPA y el NPR con sus respectivos riesgos α y β , y calcular el tamaño de la muestra (n) y el límite de control de aceptación (LCA).

Frecuentemente se selecciona $\alpha = 0,05$ en aplicaciones de gráficos de control de aceptación debido a que hay pocos casos donde un proceso opera continuamente en el NPA. Esto significa que el riesgo de rechazo a cada lado del valor objetivo, T , debiera siempre ser menor que α .

Esta opción se usa generalmente cuando:

- 1) se definen los procesos aceptables por razones económicas o por razones prácticas en términos de la capacidad del proceso que incluye la posibilidad de pequeños cambios discretos en el nivel del proceso (adicionales a la variación aleatoria inherente), o en términos de un nivel de calidad aceptable descrito por el porcentaje de ítems excediendo los límites de especificación, y
- 2) cuando se definen procesos rechazables ya sea por razones prácticas en términos de cambios innecesariamente grandes en el nivel del proceso, o en términos de un nivel de proceso que genere un porcentaje insatisfactorio de ítems excediendo los límites de especificación.

- b) Definir el NPA (con α) y el tamaño de muestra n , y calcular el NPR, para un riesgo β dado, y el LCA.

Esta opción se usa cuando se definen procesos aceptables como se definieron anteriormente en 1), y cuando existe una restricción que determina el tamaño de muestra permisible.

- c) Definir el NPR (con β) y n , y calcular el NPA, para un riesgo α dado, y el LCA.

Esta opción se usa cuando se definen procesos rechazables como anteriormente en 2), y cuando existe una restricción que determina el tamaño de muestra permisible.

- d) Definir el LCA y n , y calcular el NPA, para un riesgo α dado, y el NPR, para un riesgo β dado.

Esta opción se usa principalmente para interpretar el significado de un sistema dado de gráficos de control revelando sus niveles efectivos aceptables y rechazables.

Las combinaciones restantes de elementos que definen el sistema de un gráfico de control (NPA y LCA o NPR y LCR) pueden desarrollarse mediante enfoques similares, pero se encuentran con menor frecuencia. Los ejemplos en esta norma se relacionan con datos de variables y se describen en términos de especificaciones bi-laterales, con límites y niveles definidos por encima y por debajo del valor objetivo. Sin embargo el método es igualmente válido para límites de especificación unilaterales. Adicionalmente, si es que se desea mayor amplitud en cada lado no se requiere que los valores seleccionados por encima y debajo del valor objetivo sean simétricos. Si se seleccionan diferentes valores por encima y por debajo del valor objetivo, se debe usar el tamaño de muestra para la situación más estricta (es decir la menor distancia entre el NPA y el NPR, véase 8.1.1).

8 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

8.1 Selección de pares de elementos

8.1.1 Definiendo elementos NPA y NPR

En el caso de variables, el NPA puede seleccionarse de varias maneras. Si se conocen los límites de especificación, así como la distribución básica de los ítems individuales de la población, el NPA puede definirse en términos de una proporción (o porcentaje) aceptable p_0 de ítems no conformes que se producirían cuando el proceso está centrado en el NPA. Véase figura 2. Si la distribución básica es normal (Gaussiana), puede usarse una tabla unilateral de valores de la distribución normal. Se dan en la tabla 1 los factores de corrección de ajuste para las probabilidades de la distribución bilateral requerida para los NPA localizados muy cerca, o en el valor objetivo y se ilustran en el ejemplo 5 (en 9.5).

Para muestras de cuatro o más, la suposición de una distribución normal para propósitos de control es generalmente válida para gráficos de $\bar{X}$. Sin embargo, la interpretación del porcentaje de ítems no conformes asociados con los niveles NPA y NPR es dependiente de la distribución básica. Así, para otras distribuciones, deberían seguirse tablas apropiadas y reemplazar consecuentemente los valores normales estándar de z_{pi} desviados. (En algunas referencias los símbolos S o t se usan en vez de z). La selección de z es para enfatizar que la distancia representada es la diferencia absoluta entre el centro de la distribución y el área lateral, mientras que S representa generalmente la diferencia entre $\bar{X}$ y el área lateral. La ventaja del enfoque z en esta aplicación es que limita y define elementos que caen por encima y debajo del centro, de tal

manera que es conveniente tener idénticos valores de $\bar{y}$ y $\bar{c}$ sobre ambos lados del valor objetivo antes que tratar con $\bar{y} + 1 - \bar{y}$ y $\bar{c} + 1 - \bar{c}$, dependiendo de cual lado alrededor del centro esté involucrado. Esto también ayuda en una interpretación geométrica tal como:

$$z_{\alpha} c_{\bar{X}} + z_{\beta} c_{\bar{X}} = (\text{NPR} - \text{NPA})$$

$$\text{NPA superior (NPA}_s) = \text{LES} - z_{p0} w$$

$$\text{NPA inferior (NPA}_i) = \text{LEI} + z_{p0} w$$

Donde

LES es el límite de especificación superior

LEI es el límite de especificación inferior

z_{p0} es el punto de corte en la tabla de distribución normal para una proporción p_0 .

w es la desviación estándar intra-racional (dentro) del subgrupo.

Véase el ejemplo 1 en 9.1 donde los gráficos $\bar{X}$ con el NPA y el NPR se definen en términos del porcentaje de ítems no conformes.

En algunos casos, la selección de un valor NPA puede no estar directamente relacionada con los límites de especificación, pero pueden seleccionarse sobre una base arbitraria. La experiencia puede mostrar que causas "no económicas" o "no rápidamente ajustables" para cambios en el nivel del proceso corresponden a una banda estrecha. El borde de esta banda puede designarse arbitrariamente como el NPA (véase ejemplo 2 en 9.2). En este caso no se invoca la suposición de la distribución normal debido a que el NPA no está directamente relacionado con los límites de especificación.

De manera similar, el NPR puede seleccionarse de varias maneras. Puede relacionarse a los límites de especificación mediante la definición de una proporción (porcentaje) de ítems no conformes que ocurrirían cuando el proceso está centrado en el NPR.

$$\text{NPR superior (NPR}_s) = \text{LES} - z_{p1} w$$

$$\text{NPR inferior (NPR}_i) = \text{LEI} + z_{p1} w$$

Donde

LES es el límite de especificación superior

LEI es el límite de especificación inferior

z_{p1} es el punto de corte en la tabla de distribución normal para una proporción p_1 .

Tabla 1 Factores límites de control de aceptación

= 0,05				= 0,01			
Diferencia entre el NPA y el valor objetivo	z	Diferencia entre el LCA y el valor objetivo	P_a	Diferencia entre el NPA y el valor objetivo	z	Diferencia entre el LCA y el valor objetivo	P_a
1	2	3 = 1 + 2	4	5	6	7 = 5 + 6	8
≥ 0,85	1,65	≥ 2,50	0,950	≥ 0,67	2,33	≥ 3,00	0,990
0,80	1,65	2,45	0,951	0,60	2,33	2,93	0,990
0,70	1,66	2,36	0,952	0,50	2,33	2,83	0,990
0,60	1,67	2,27	0,953	0,40	2,37	2,77	0,991
0,50	1,68	2,18	0,954	0,30	2,37	2,67	0,991
0,40	1,71	2,11	0,956	0,20	2,41	2,61	0,992
0,30	1,75	2,05	0,960	0,10	2,52	2,62	0,994
0,20	1,80	2,00	0,960	0,00	2,58	2,58	0,995
0,10	1,87	1,97	0,969				
0,00	1,96	1,96	0,975				

Notas

Para aplicaciones, véase ejemplo 5 en 9.5.

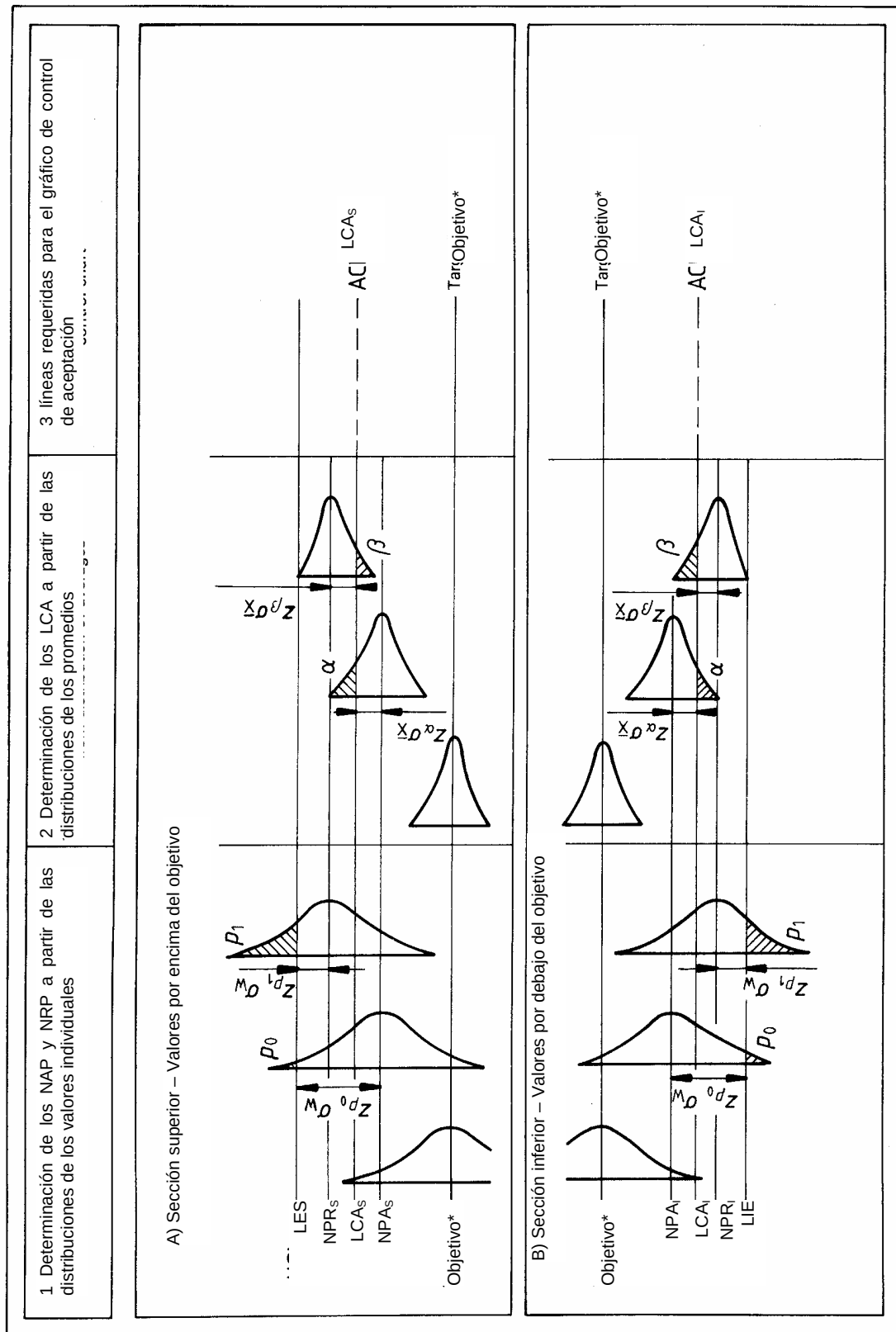
Los factores límites de control dados en la tabla 1 se usan para localizar las líneas límites de control y aceptación

NPA = valor objetivo $\pm$ (factor ¹⁾) (w/ n)

LCA = valor objetivo $\pm$ (factor ²⁾) (w/ n)

Use el factor apropiado para la columna 1 o 5.

Use el factor apropiado para la columna 3 o 7.



* Las dos líneas deberían coincidir. Ellas han sido separadas para evitar la superposición de las distribuciones.

Figura 2 - Límites y elementos que definen gráficos de control de aceptación

La selección también puede ser arbitraria, para pensar que no existe razón para que el proceso exceda una cierta distancia del valor objetivo.

Una vez que se definen el NPA y , y el NPR y , el límite de control de aceptación superior (LCAs) está ubicado en

$$NCA_S = NPA_S + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (NPR_S - NPA_S)$$

Donde z y z son los puntos de corte para una proporción y respectivamente.

El límite inferior está localizado en

$$NCA_I = NPA_I + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (NPR_I - NPA_I)$$

Cuando los riesgos y se seleccionan iguales, el límite de control de aceptación se ubica a medio camino entre el NPA y el NPR.

El tamaño de muestra puede calcularse como

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta) \sigma_w}{(NPR - NPA)} \right]^2$$

Para límites asimétricos, como al final de la cláusula 7:

$$n = \max \left\{ \left[\frac{(z_{\alpha,S} + z_{\beta,S}) \sigma_w}{(NPR_S - NPA_S)} \right]^2, \left[\frac{(z_{\alpha,I} + z_{\beta,I}) \sigma_w}{(NPR_I - NPA_I)} \right]^2 \right\}$$

Un nomograma, el cual también provee una curva CO (característica de operación), puede usarse en vez de estos cálculos (Véase Anexo A). Ambos métodos, el nomograma y los cálculos son fáciles de usar.

8.1.2 Definiendo los elementos NPA, , y n

El NPA puede seleccionarse como se especifica en 8.1.1. El tamaño de muestra puede especificarse como convenga en la operación, o puede introducirse como prueba propuesta para descubrir que tipo de valores de NPR y resultarán. Si estos son insatisfactorios, puede iterarse el proceso o usarse una de las otras consideraciones de tal manera que se calcule n . Dados los valores de NPA, y :

$$LCA_S = NPA_S + z_w / \sqrt{n}$$

$$LCA_I = NPA_I - z_w / \sqrt{n}$$

$$NPR_S = LCA_S + z_w / \sqrt{n}$$

$$NPR_I = LCA_I - z_w / \sqrt{n}$$

Véase el ejemplo 2 en 9.2.

8.1.3 Definiendo los elementos NPR, , y n

El NPR puede seleccionarse como se especifica en 8.1.1. Como con la combinación especificada en 8.1.2, el tamaño de muestra puede ser un número conveniente o un valor derivado a través de iteración del proceso. Dados los valores NPR, $\bar{p}$ y n :

$$LCA_S = NPA_S - z_{\alpha/2} \sqrt{n}$$

$$LCA_I = NPA_I + z_{\alpha/2} \sqrt{n}$$

$$NPR_S = LCA_S - z_{\beta/2} \sqrt{n}$$

$$NPR_I = LCA_I + z_{\beta/2} \sqrt{n}$$

Véase ejemplo en 9.3.

8.1.3 Definiendo los elementos LCA, $\bar{p}$ y n

Los valores LCA y n pueden seleccionarse de un sistema de control de Shewhart existente para calcular los valores NPA () y NPR ().

Dados los valores LCA y n :

$$NPA_S = LCA_S - z_{\alpha/2} \sqrt{n}$$

$$NPA_I = LCA_I + z_{\alpha/2} \sqrt{n}$$

$$NPR_S = LCA_S + z_{\beta/2} \sqrt{n}$$

$$NPR_I = LCA_I - z_{\beta/2} \sqrt{n}$$

Véase ejemplo 4 en 9.4.

8.2 Frecuencia de muestreo

La relación entre el tamaño de muestra y los riesgos α y β se discutieron anteriormente. La determinación de la frecuencia del muestreo no se tratará en detalle en esta norma. Si la historia de un proceso es una de variabilidad inherente de buen comportamiento y los cambios de nivel usualmente están dentro de la zona aceptable del proceso, la frecuencia de muestreo puede ser relativamente baja cuando se compara con un proceso exhibiendo menos estabilidad. Los costos de decisiones erróneas se consideran en alguna extensión (de alguna manera) en la selección de los valores de α y β , pero están claramente relacionados también con la frecuencia de muestreo.

8.3 Otros casos

Para casos de atributos, tales como el porcentaje de ítems no conformes, p , o la cantidad de no conformidades, c , se mantiene el mismo tipo de consideraciones. Para los gráficos p , el NPA se define directamente como p_0 y el NPR como p_1 . Si la imperfección no llega a ser una no conformidad, puede escogerse un valor de p_0 y p_1 no relacionado con el porcentaje de ítems que exceda los límites de especificación. Para los gráficos c , c_0 y c_1 no estarán relacionados usualmente al número de ítems que exceden los límites. Los gráficos regulares p y c de Shewhart deberían usarse para detectar cambios en porcentajes o niveles de cálculo. Estos involucrarían normalmente límites bilaterales, debido a que tanto las mejoras como los deterioros serían de interés. Los gráficos de control de aceptación para p y c se relacionan más estrechamente a los planes de muestreo de aceptación excepto que la decisión de aceptar o rechazar es sobre el proceso y no sobre el lote. De nuevo, el gráfico de control de aceptación considera el riesgo α de aceptar niveles mayores de no conformidades así como también el riesgo β de no aceptar procesos centrados en p_0 , y pueden determinarse el tamaño de muestra y límite de acción adecuados.

La distribución básica para el gráfico p usualmente será la distribución binomial, y para el gráfico c la distribución de Poisson. La mayoría de los gráficos de control de Shewhart para atributos hacen uso de las aproximaciones a la distribución normal (es decir $p \pm 3s_{\bar{p}}$ y $c \pm 3s_c$), las cuales usualmente se adecuan para propósitos de control a menos que p sea muy pequeño.

El uso de límites probabilísticos, 1 en 1000, puede ser preferible si se requiere una exactitud extrema.

9 EJEMPLOS

9.1 Ejemplo 1 (véase también figuras A.3 y A.4)

Operación: llenado de botellas con $10,0 \text{ cm}^3 \pm 0,5 \text{ cm}^3$ de solución.

Medición: cantidad de solución; valor objetivo 10 cm^3 .

Variabilidad: la variabilidad inherente debida a causas aleatorias se sabe que tiene una distribución normal. Las experiencias pasadas muestran que $\sigma = 0,1 \text{ cm}^3$.

Objetivo: Se acepta el centrado y ajuste del proceso si menos de 0,1 % de las botellas llenas están fuera del rango $10,0 \text{ cm}^3 \pm 0,5 \text{ cm}^3$. Se rechaza el centrado y ajuste del proceso si más de 2,5 % de las botellas están fuera del rango $10,0 \text{ cm}^3 \pm 0,5 \text{ cm}^3$.

Los siguientes datos se usan para calcular el NPA y el NPR:

Límite de especificación superior: $LES = 10,5 \text{ cm}^3$

Límite de especificación inferior: $LIE = 9,5 \text{ cm}^3$

Desviación estándar del proceso: $\sigma = 0,1 \text{ cm}^3$

El valor crítico de z de la distribución normal (cortando un área de cola igual a la fracción especificada que excede los límites de especificación):

$$z_{p_0} = 3,090 \text{ para } p_0 = 0,001$$

$$z_{p_1} = 1,960 \text{ para } p_1 = 0,025$$

La evaluación arroja:

$$NPA = \begin{cases} LES - z_{0,001}\sigma = 10,5 - 3,090 \times 0,1 = 10,191 \\ LIE + z_{0,001}\sigma = 9,5 - 3,090 \times 0,1 = 9,809 \end{cases}$$

$$NPR = \begin{cases} LES - z_{0,025}\sigma = 10,5 - 1,960 \times 0,1 = 10,304 \\ LIE + z_{0,025}\sigma = 9,5 - 1,960 \times 0,1 = 9,696 \end{cases}$$

Se ha decidido tomar un riesgo α de 5 % y un riesgo β de 5 % tal que $z_\alpha = z_\beta = 1,645$. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} LCA_S &= NPA_S + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (NPR_S - NPA_S) \\ &= 10,191 + 0,5 (10,304 - 10,191) = 10,245 \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} LCA_I &= NPA_I - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (NPA_I - NPR_I) \\ &= 9,809 - 0,5 (9,809 - 9,696) = 9,755 \end{aligned}$$

El tamaño de muestra

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta)\sigma}{NPR - NPA} \right]^2$$

$$= \left[\frac{(1,645+1,645) \times 0,1}{0,113} \right]^2 = (2,912)^2 = 8,48$$

El tamaño de muestra se redondea por arriba hasta $n = 9$ para asegurar que los riesgos no exceden los valores especificados de α y β .

La interpretación de los resultados conduce a las siguientes conclusiones:

- Variaciones del centrado del proceso que se desvían del nivel objetivo por menos de $\pm 0,191 \text{ cm}^3$ están razonablemente seguros (95 % o más) de ser aceptados; esto significaría que no más 0,1 % de las botellas individuales excederían las especificaciones.
- Variaciones del centrado del proceso que se desvían del nivel objetivo por más de $\pm 0,304 \text{ cm}^3$ están razonablemente seguros (95 % o más) de ser rechazados; esto significaría que más de 2,5 % de las botellas individuales excederían las especificaciones.
- Variaciones del centrado del proceso que se desvían del nivel objetivo por más de $\pm 0,191 \text{ cm}^3$ pero menos de $\pm 0,304 \text{ cm}^3$ pueden o no ser rechazados para reajuste del centrado del proceso. Éstas no se consideran lo suficientemente malas para estar seguros de rechazarlas pero tampoco lo suficientemente buenas para estar seguros de aceptarlas. Ellas representan la calidad límite o "indiferente" respecto a la exactitud de su ajuste.

9.2 Ejemplo 2 (véase también figura A.5)

Operación: proceso de revestimiento.

Medición: espesor del revestimiento.

Variabilidad: La variabilidad inherente de los listones angostos, medidos longitudinalmente a través del revestimiento puede caracterizarse por la desviación estándar dentro de los listones a lo largo del revestimiento; $\sigma = 0,005$.

Objetivo: Debido a que la uniformidad de listón a listón es más importante que el nivel real, se decide que los listones que tienen valores medios desviados del gran promedio de todos los listones por menos de 0,008 mm deberían aceptarse con un riesgo de rechazo menor que $\alpha = 5\%$. Por conveniencias de operación, se ha establecido un tamaño de muestra de $n = 4$. Así los parámetros dados son $\sigma = 0,005$ y

$$\text{NPA}_I = -0,008 \text{ asociado con } \alpha = 0,05 \text{ y } z = 1,645$$

$$\text{NPR}_S = +0,008 \text{ asociado con } \beta = 0,05 \text{ y } z = 1,645$$

El límite inferior de control de aceptación es

$$\begin{aligned} \text{LCA}_I &= \text{NPA}_I - z_{\alpha} \sigma_{\bar{X}} \\ &= -0,008 - 1,645 \frac{0,005}{\sqrt{4}} = -0,012 \end{aligned}$$

El nivel de proceso rechazable inferior asociado con un riesgo α de 5 % es

$$\begin{aligned} \text{NPR}_I &= \text{LCA}_I - z_{\beta} \sigma_{\bar{X}} \\ &= -0,012 - 1,645 \frac{0,005}{\sqrt{4}} = -0,016 \end{aligned}$$

Similarmente,

$$\text{LCA}_S = \text{NPA}_S + z_{\alpha} \sigma_{\bar{X}} = 0,012$$

$$\text{NPR}_S = \text{LCA}_S - z_{\beta} \sigma_{\bar{X}} = 0,016$$

La interpretación de los resultados conduce a las siguientes conclusiones.

- Los listones que tienen un espesor promedio que se desvían del espesor promedio en $\pm 0,008$ mm o menos serán aceptados por uniformidad con una seguridad razonable (95 % o más).
- Los listones que tienen un espesor promedio que se desvían del espesor promedio en $\pm 0,016$ mm o más serán rechazados por falta de uniformidad con una seguridad razonable (95 % o más).
- Los listones que tienen un espesor promedio que se desvían del espesor promedio en más de $\pm 0,008$ mm pero menos de $\pm 0,016$ mm pueden ser rechazados o no por falta de uniformidad. Estas representan desviaciones del espesor que no son tan pequeñas que debieran ser aceptadas definitivamente ni tan grandes que debieran ser rechazadas definitivamente.

Nótese que si esta "zona de indiferencia" de 0,008 a 0,016 se considera demasiado ancha, puede reducirse mediante el uso de un tamaño de muestra mayor. Si $n = 16$ en vez de $n = 4$, los límites de control de aceptación se convierten en $\pm 0,010$ y los valores NPR se convierten en $\pm 0,012$. Si en vez de requerir una menor zona de indiferencia, se decide requerir que se haga un mejor trabajo al obtener revestimientos uniformes, el NPA puede ser fijado más cercano al valor objetivo. Por ejemplo, si se decide que una desviación máxima de $\pm 0,004$ con una protección de aceptación del 95 %, entonces para una muestra de tamaño 4, los nuevos límites de control de aceptación serían $\pm 0,008$ y los valores NPR $\pm 0,012$.

9.3 Ejemplo 3 (véase también la figura A.6)

Operación: Corte de pernos a una longitud de 11,250 mm $\pm$ 0,625 mm.

Medición: Dimensión longitudinal; valor objetivo 11,250 mm.

Variabilidad: La variabilidad inherente del centrado, ajuste y medición sigue una distribución normal con una desviación estándar de $\sigma = 0,039$ mm.

Objetivo: Cambios de las herramientas de corte resultan en modificaciones de la media. Se desea asegurar que cualquier ajuste que resultará (a) en 0,5 % o más de las pernos fuera de los límites de especificación, es decir 11,250 mm $\pm$ 0,625 mm, tendría no más que un chance en 100 de ser aceptado. Se miden muestras de tamaño 4 cada media hora.

$p_1 = 0,005$ y $\alpha = 0,01$ con $z_{0,005} = 2,576$ y $z_{0,01} = 2,326$, asumiendo una distribución normal.

El nivel de proceso rechazable superior es:

$$\begin{aligned} \text{NPR}_S &= \text{LES} - z_{p_1} \sigma_{\bar{X}} \\ &= 11,875 - 2,576 \cdot 0,039 = 11,775 \text{ mm} \end{aligned}$$

El nivel de proceso rechazable inferior es:

$$\begin{aligned} \text{NPR}_I &= \text{LEI} + z_{p_1} \sigma_{\bar{X}} \\ &= 10,625 + 2,576 \cdot 0,039 = 10,725 \text{ mm} \end{aligned}$$

El límite de control de aceptación superior es:

$$\begin{aligned} \text{LCA}_S &= \text{NPR}_S - z_{\beta} \sigma_{\bar{X}} \\ &= 11,775 - 2,326 \cdot \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,730 \end{aligned}$$

El límite de control de aceptación inferior es:

$$\begin{aligned} \text{LCA}_I &= \text{NPR}_I + z_{\beta} \sigma_{\bar{X}} \\ &= 10,725 + 2,326 \cdot \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 10,770 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cuando se fija a 0,05, el nivel de proceso aceptable superior es:

$$\begin{aligned} NPA_S &= LCA_S - z_{\alpha} c_{\bar{X}} \\ &= 11,730 - 1,645 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,698 \text{ mm} \end{aligned}$$

y el nivel de proceso aceptable inferior es:

$$\begin{aligned} NPA_I &= LCA_I + z_{\alpha} c_{\bar{X}} \\ &= 11,730 + 1,645 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 10,802 \text{ mm} \end{aligned}$$

En este ejemplo, con un intervalo grande de especificación, $11,875 - 10,625 = 1,250$ comparado con $\sigma = 0,039$, los valores NPA están distantes del valor objetivo y permiten una puesta a punto relativamente fácil. El ejemplo 5 muestra las modificaciones requeridas para límites más ajustados.

9.4 Ejemplo 4 (véase también figura A.7)

Operación: Estabilización y envejecimiento de un tubo electrónico.

Medición: corriente catódica; el nivel objetivo es 80,0 mA.

Variabilidad: la variabilidad inherente es conocida de experiencias pasadas; $\sigma = 5$ mA.

Objetivo: un gráfico de control de Shewhart está actualmente en uso con límites de control de 73,3 mA y 86,7 mA, tamaño de muestra $n = 5$. Este procedimiento de control va a ser re-evaluado. Si se continúa como un gráfico de control de aceptación usando el mismo tamaño de muestra n y los mismos límites de control, se desea determinar los elementos tales como el NPA y el NPR.

Los niveles de proceso aceptable y rechazable con un riesgo de 5 % y un riesgo de 5 % pueden definirse como sigue:

$$NPR_S = LCA_S + z_{\beta} c_{\bar{X}} = 90,4 \text{ mA}$$

y

$$NPR_I = LCA_I - z_{\beta} c_{\bar{X}} = 69,6 \text{ mA}$$

$$NPA_S = LCA_S - z_{\alpha} c_{\bar{X}} = 83,0 \text{ mA}$$

y

$$NPA_I = LCA_I + z_{\alpha} c_{\bar{X}} = 77,0 \text{ mA}$$

En efecto, el presente sistema tiene un NPA de $\pm 3,0$ mA y un NPR de $\pm 10,4$ mA. Estos pueden ser comparados con requisitos especificados.

9.5 Ejemplo 5 (véase también figura A.8)

En este ejemplo, se trata la misma situación del ejemplo 3. Sin embargo, los requisitos son más ajustados, con los límites de especificación en $11,25 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Un intervalo de tolerancia de 0,2 con $\sigma = 0,039$ es equivalente a una dispersión de 5, lo cual representa una necesidad de un control más estrecho. Por lo tanto, el valor nominal se escoge como el NPA y se le asigna un riesgo de 0,05. Se usa el mismo tamaño de muestra que en el ejemplo 3, es decir $n = 4$. Debido a que la zona aceptable de proceso se ha comprimido a una simple línea en el nivel nominal, el riesgo está ahora dividido entre caer fuera del NPA superior y el LCA inferior. Por lo tanto, los valores z deben ser modificados como se muestra en la tabla 1. Estos ajustes toman en cuenta que un proceso centrado en el NPA puede ser rechazado por un punto que caiga fuera de cualquiera de los dos límites de control de aceptación (riesgo bilateral) en vez de sólo el superior o el inferior

(riesgo unilateral), como ocurriría cuando los valores de NPA se sitúan a una distancia más moderada ($> 0,85 / \sqrt{n}$) del valor nominal.

$$\begin{aligned} LCA_S &= NPA + z_{\alpha}^* \sigma_{\bar{X}} \\ &= 11,250 + 1,960 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,288 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCA_I &= NPR_I - z_{\alpha}^* \sigma_{\bar{X}} \\ &= 11,250 - 1,960 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,212 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPR_S &= LCA_S + z_{\beta} c_{\bar{X}} \\ &= 11,288 + 1,645 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,320 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPR_I &= LCA_I - z_{\beta} c_{\bar{X}} \\ &= 11,288 - 1,645 \frac{0,039}{\sqrt{4}} = 11,180 \text{ mm} \end{aligned}$$

NOTAS

2 Los valores z_{α}^* se toman de la tabla 1 para una desviación del NPA de cero.

3 Bajo las condiciones descritas en este ejemplo, sería ventajoso para la organización mejorar la uniformidad del proceso e intentar reducir .

10 FACTORES PARA LÍMITES DE CONTROL DE ACEPTACIÓN

Los factores de límites de control de aceptación se basan en una distribución normal de probabilidades de una cola a menos que el NPA se ubique dentro de $0,85 / \sqrt{n}$ del nivel buscado, para $\alpha = 0,05$, o dentro de $0,67 / \sqrt{n}$, para $\alpha = 0,01$. Estos valores son los límites exteriores para situaciones que representan requisitos de especificación "ajustados" para los cuales el riesgo debe dividirse apropiadamente sobre cada lado del valor objetivo.

Las columnas en la tabla 1 dan:

- La distancia NPA del nivel objetivo en múltiplo de $1/\sqrt{n}$
- La distancia LCA del nivel objetivo (en múltiplo de $1/\sqrt{n}$); que es la suma de la distancia NPA y el componente z correspondiente para grados variables de riesgos bi-laterales;
- El valor P_a para el NPA usando nomogramas similares a las figuras A.1 hasta la A.8.

La primera línea de la tabla 1 da los factores comunes para los LCA_S , con las siguientes líneas dando los factores para las situaciones de especificación "estrictas".

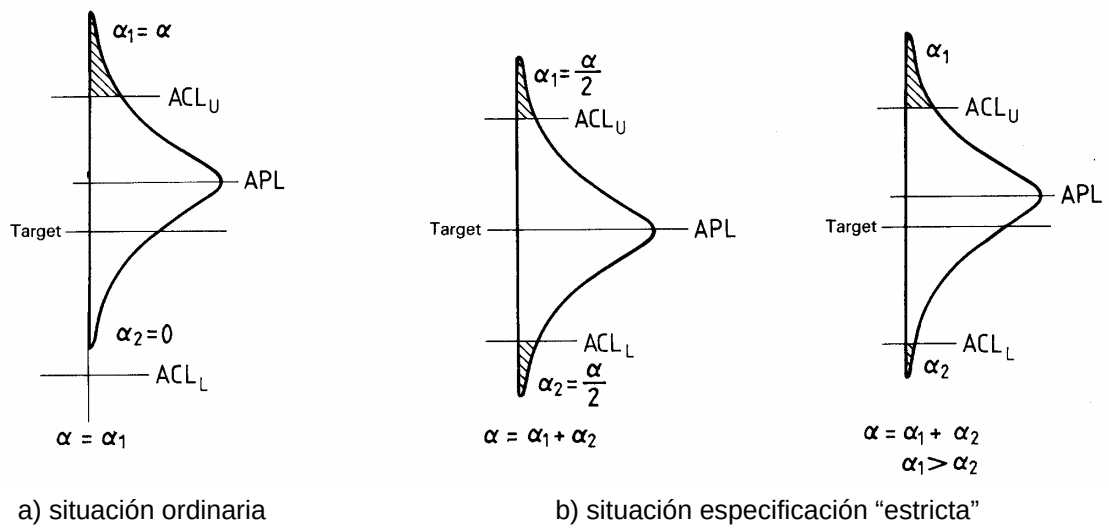


Figura 3.- Límites de control de aceptación

ANEXO A (Normativo)

Monogramas para el diseño de gráficos de control de aceptación

A.1 Generalidades

En lugar de usar un procedimiento de computación, puede usarse un monograma para diseñar un gráfico de control de aceptación. Este enfoque incluye la ventaja de obtener fácil acceso sobre la curva CO que la acompaña.

A.2 Gráfico de Control de Aceptación para medias, $\bar{X}$

El monograma usado con procesos distribuidos (aproximadamente) normalmente está dado en la figura A.1. En cuanto al eje vertical utiliza una escala de probabilidad y se le asigna una escala lineal a eje horizontal cualquier curva CO (probabilidad de aceptación P_a como función de la media y del proceso) es representado por una línea recta si se trata de un problema unilateral. También se puede manejar gráficos de control unilaterales en los casos donde los otros límites de control de aceptación no están demasiado cerca al objetivo (digamos $> 4 \sigma_{\bar{X}}$), el gráfico de control está prácticamente compuesto de dos procedimientos unilaterales.

Por otra parte, los dos límites de control de aceptación están más cerca de éstos, puede ser construida una curva conjunta fácilmente.

A.2.1 Enfoque unilateral

El principio de un procedimiento unilateral se presenta en la figura A.2. La curva CO está presentada por una línea recta. Para $\mu = \mu_0$ el límite de control de aceptación es igual a μ que resulta ser una probabilidad de aceptación $P_a = 0,5$ ó 50 %. La pendiente de la curva CO depende de la escala seleccionada para el eje horizontal, y la desviación estándar σ y se relacionan al tamaño de muestra n la interrelación entre estos parámetros está representada líneas segmentadas paralela a la curva CO. Estas líneas segmentadas se necesita para el diseño de la gráfica de control. Además de la desviación estándar, del proceso existen cuatro parámetros en el diseño.

- el nivel de proceso aceptable a la probabilidad de aceptación $P_a = 1 - \alpha$, $\mu_{NPA} = NPA$;
- el nivel de rechazo del proceso a la probabilidad de aceptación $P_a = \beta$, $\mu_{NPR} = NPR$;
- el límite de control de aceptación, $\mu_{LCA} = LCA$;
- el tamaño de muestra, n .

Si se dan cualesquiera dos de estos parámetros, los restantes 2 parámetros pueden ser deducidos. Los siguientes ejemplos ilustran los procedimientos en detalla.

EJEMPLO 1 (véase figuras A.3 y figura A.4)

Dado: NPA con $P_a = 1 - \alpha$

NPR con $P_a = \beta$

EJEMPLO 2 (véase figuras A.5)

Dado: NPA con $P_a = 1 - \alpha$

n ,

EJEMPLO 3 (véase figuras A.6)

Dado: NPA con $P_a =$

n ,

EJEMPLO 2 (véase figuras A.7)

Dado: LCA

n ,

A.2.2 Enfoque bilateral conjunto

En situaciones “Ajustadas” se recomienda el siguiente procedimiento:

En lugar de dos valores de NPA, normalmente se usa un NPA en el valor central o en el valor objetivo de μ .

$$\mu_0 = \text{NPA con } P_a = 1 -$$

Para el diseño de un Gráfico de Control se requiere de un parámetro adicional usando el punto

$$\mu = \text{NPA con } P_a = 1 - /2$$

Se construyen dos líneas rectas de la misma manera que fueron construidas las curvas CO para problemas unilaterales

$$\text{lado izquierdo: } P_{a1} = 1 - f_1()$$

$$\text{lado derecho: } P_{a2} = 1 - f_2()$$

La curva CO con probabilidad de aceptación P_a se construye con la ayuda de estas dos líneas rectas. Por lo tanto

$$1 - P_a = (1 - P_{a1}) + (1 - P_{a2})$$

o

$$P_a = 1 - (1 + 2)$$

Nótese que cuando decimos “ajustado” esto indica que los valores superiores e inferiores de NPA coinciden con el nivel objetivo. Sin embargo es posible que pueda localizarse en otros lugares (véase figura 3) tal que un valor entre $1 -$ y $1 - /2$ es más apropiado.

El siguiente ejemplo ilustra este procedimiento

EJEMPLO 5 (véase figura A.3)

Dando: NPA con $P_a = 1 -$ (valor objetivo)

n ;

Leyenda para la figura A.1 a A.8

P_a Probabilidad de aceptación del proceso
 media del proceso
 n tamaño de muestra
 s desviación estándar (variabilidad inherente)
 $P_a = P_a()$

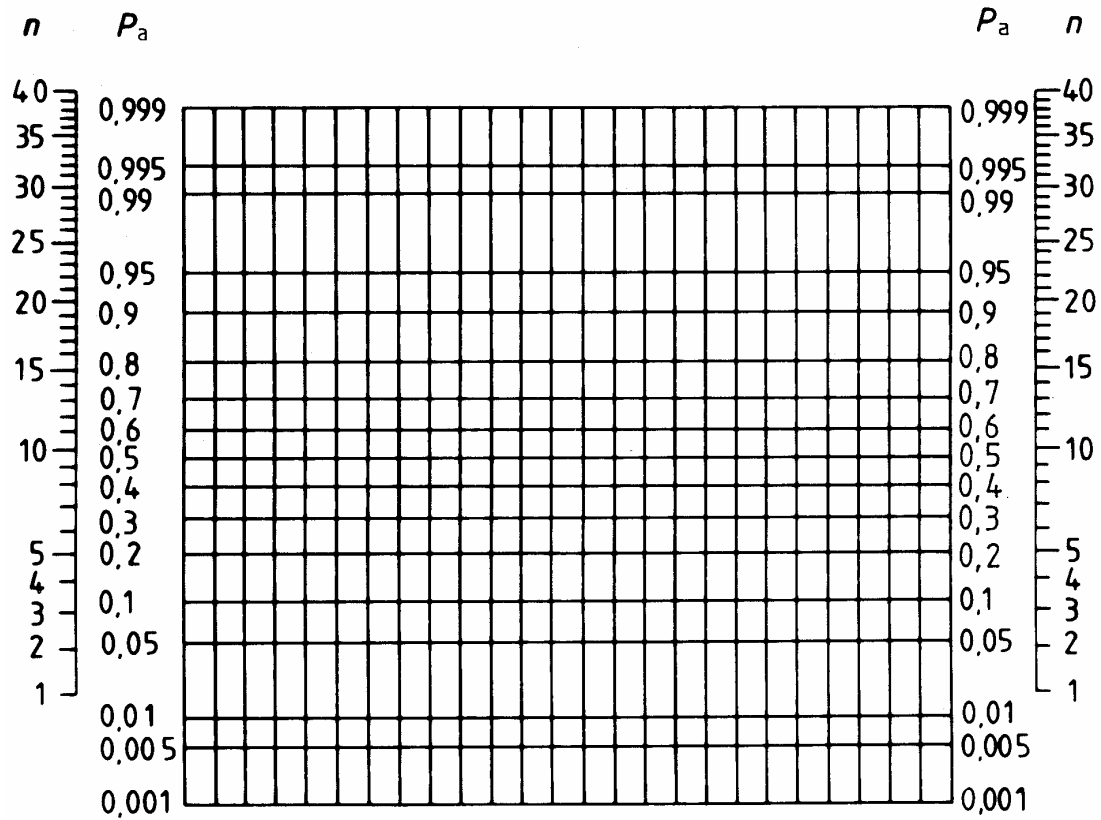


Figura A.1.- Nomograma para el diseño del gráfico de control de aceptación

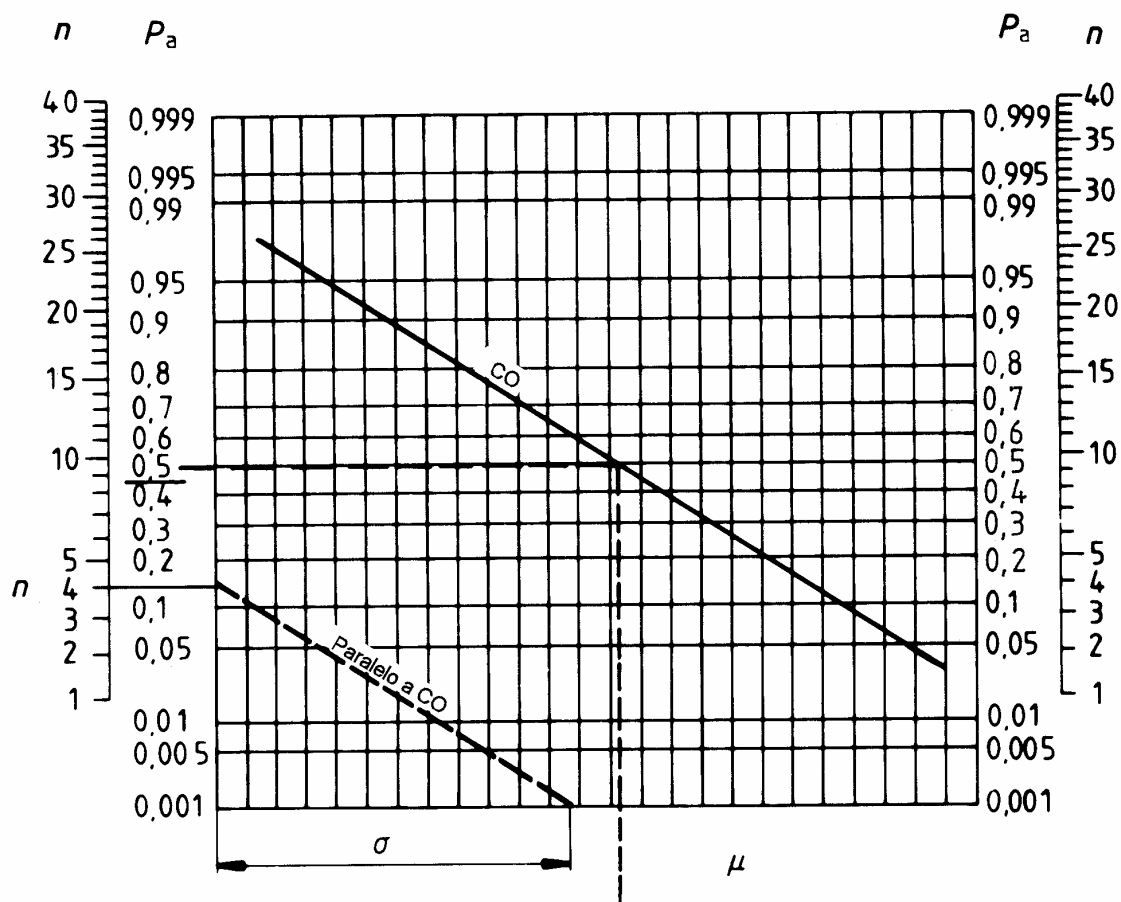


Figura A.2.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Enfoque unilateral

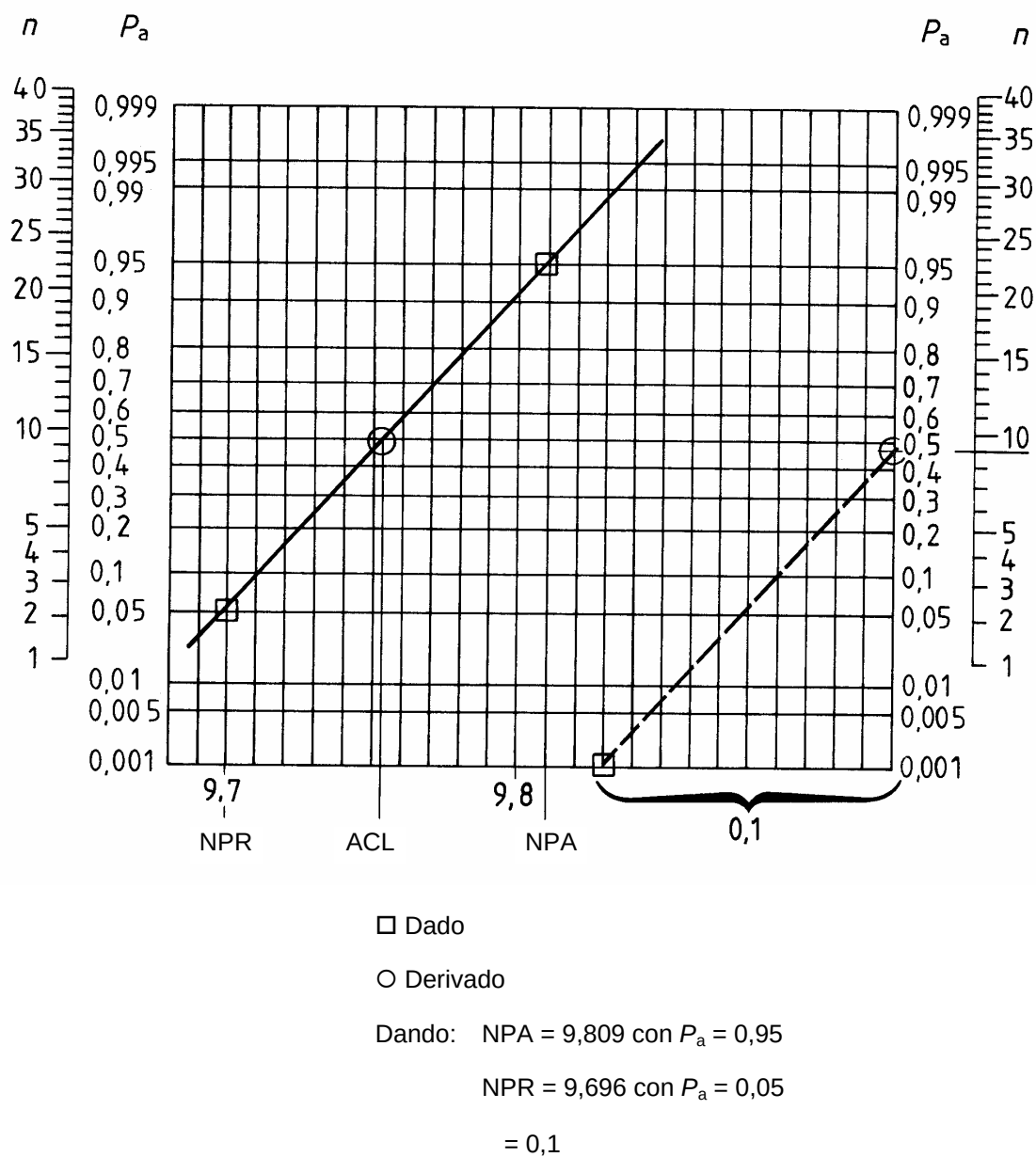
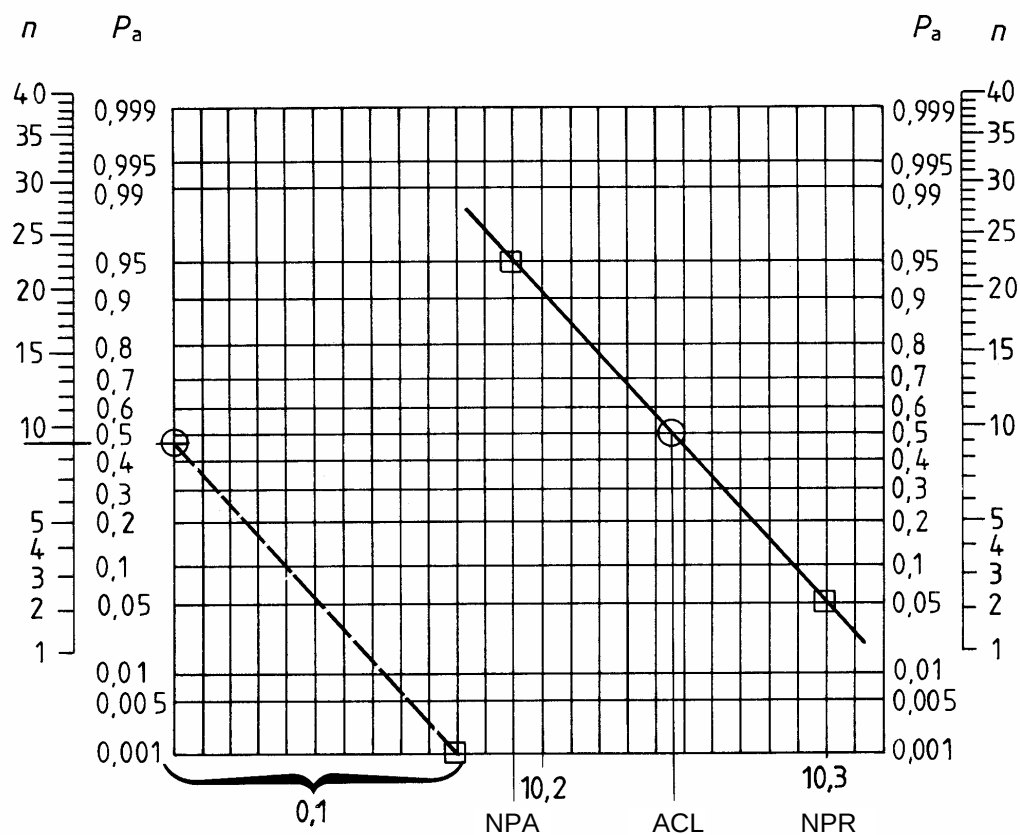


Figura A.3.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 1



□ Dado

○ Derivado

Dando: NPA = 10,191 con $P_a = 0,95$

NPR = 10,304 con $P_a = 0,05$

= 0,1

Resultados: $n = 9$; $LCA_S = 10,245$

Figura A.4.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 1

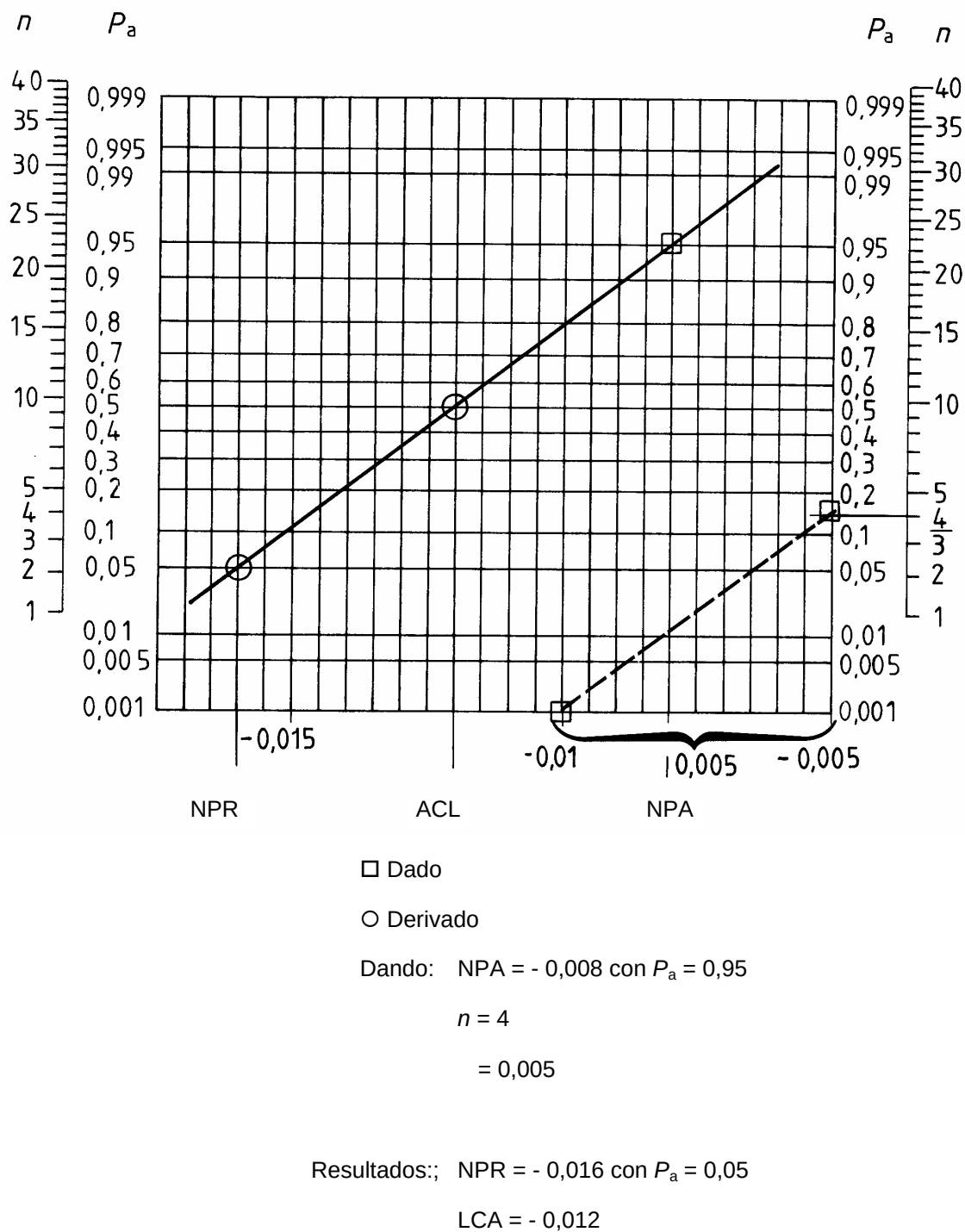
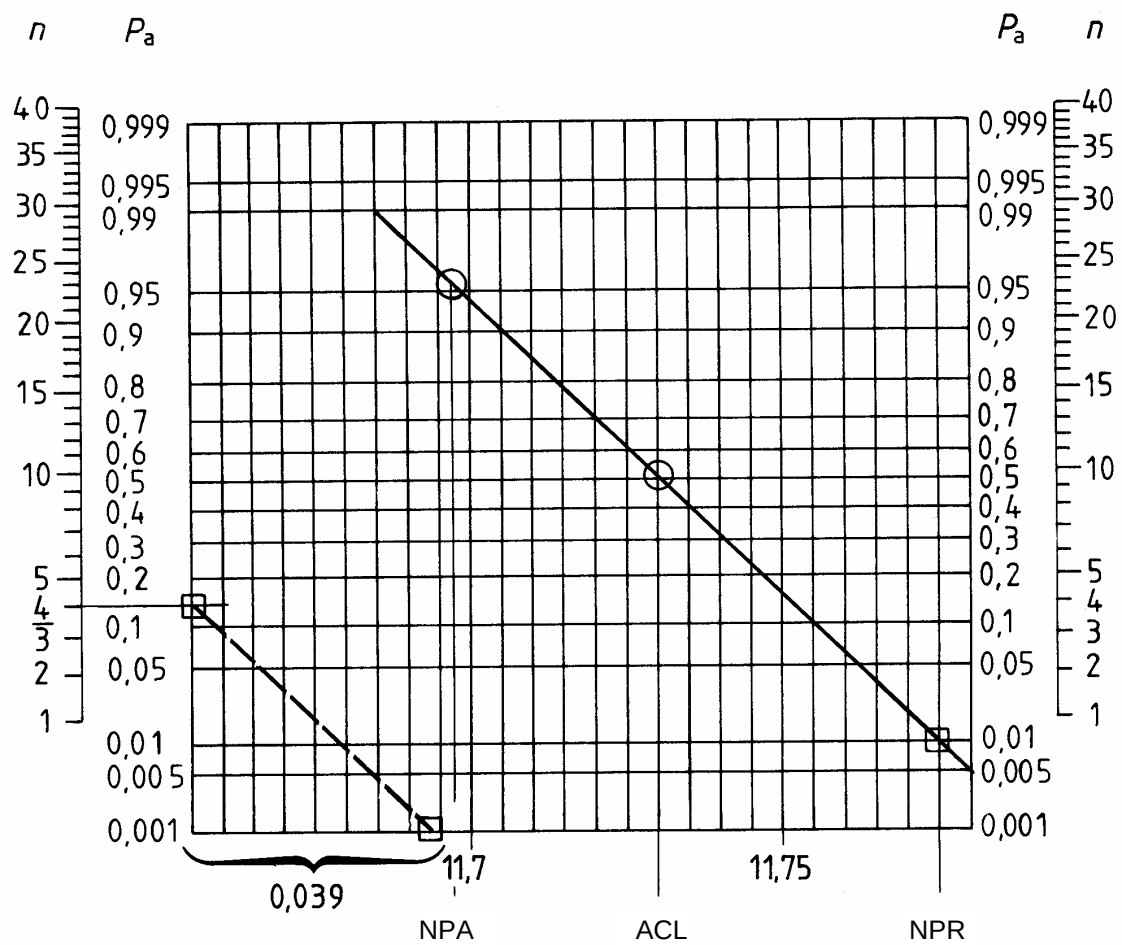


Figura A.5.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 2



□ Dado

○ Derivado

Dando: NPR = 11,775 con $P_a = 0,01$

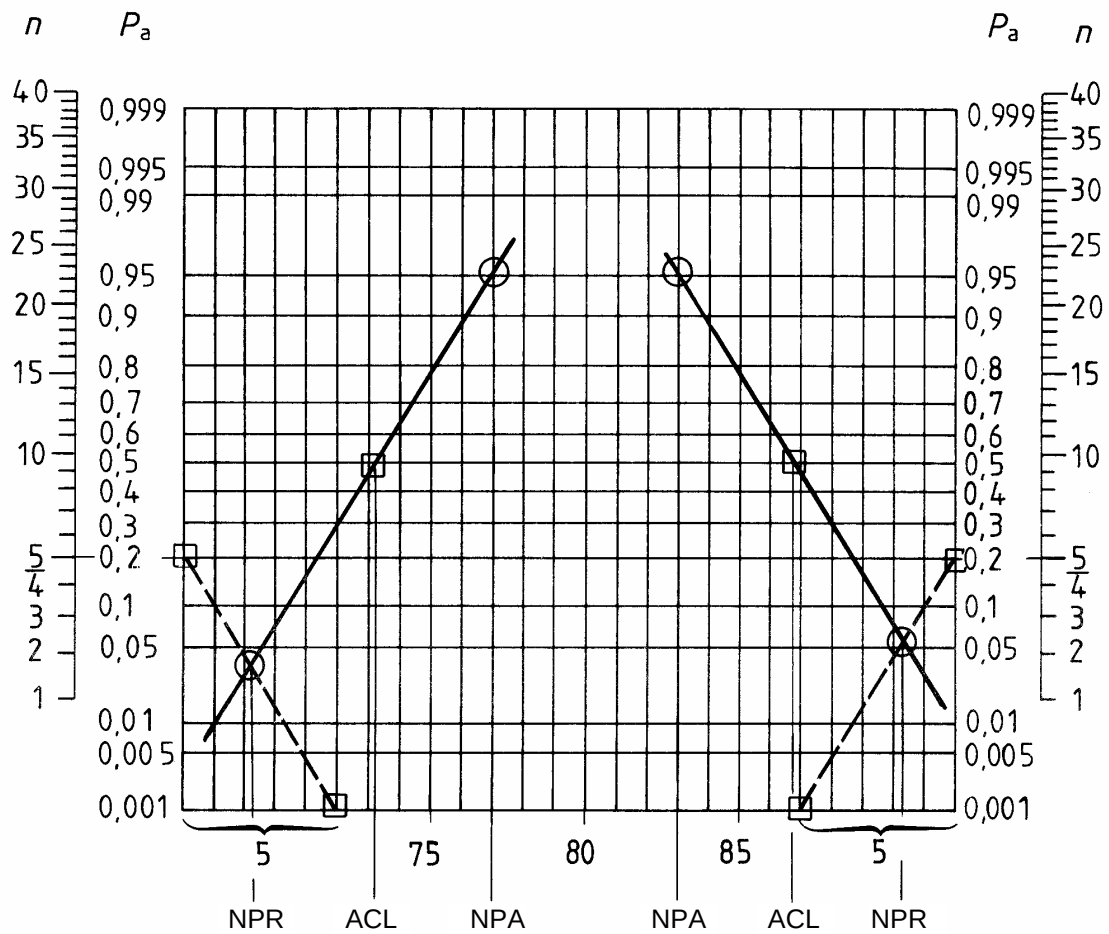
$n = 4$

$= 0,039$

Resultados: NPA = 11,698 con $P_a = 0,95$

LCA = 11,730

Figura A.6.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 3



□ Dado

○ Derivado

Dando: LCA = 73,3 y 86,7

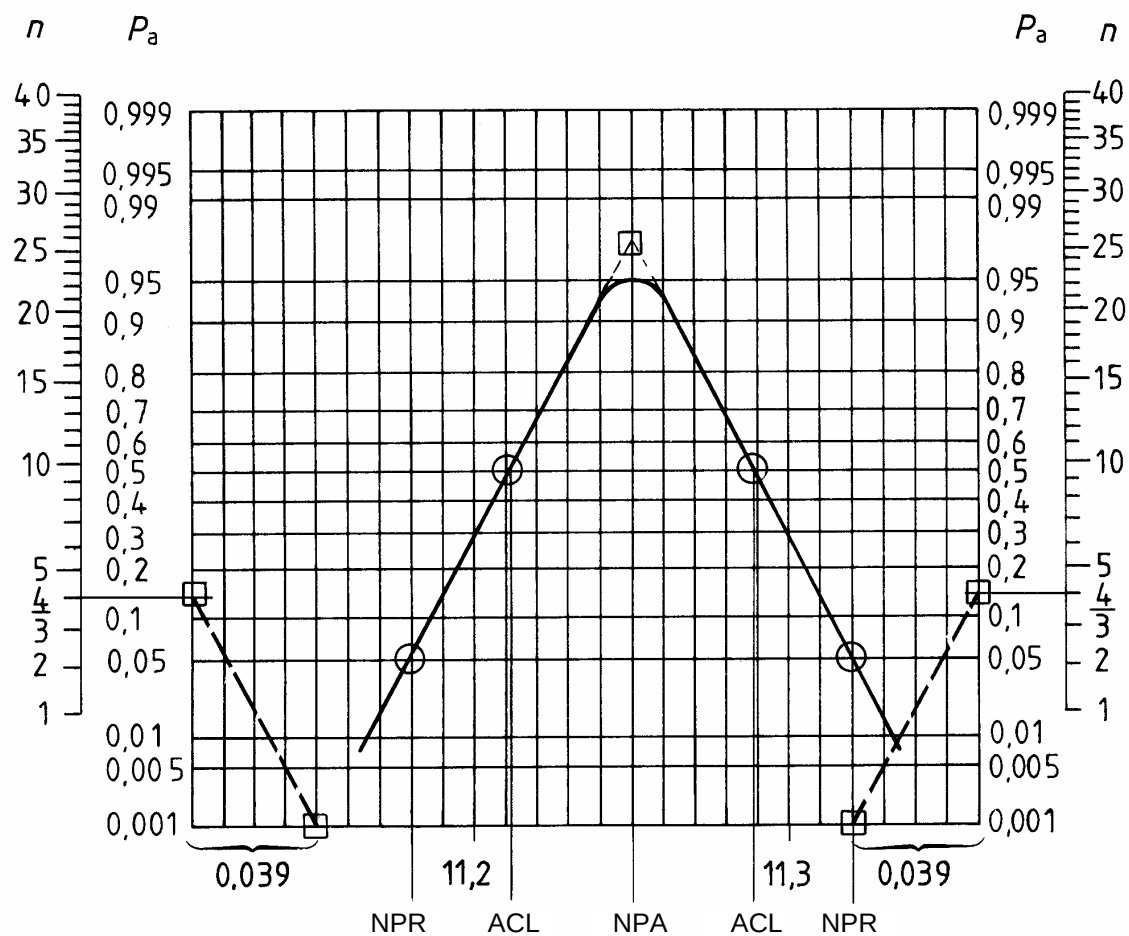
$n = 5$

$= 5$

Resultados: NPA = 77,0 y 83,0 con $P_a = 0,95$

NPR = 69,6 y 90,4 con $P_a = 0,05$

Figura A.7.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 4



□ Dado

○ Derivado

Dando: NPA = Valor nominal = 11,250 con $P_a = 0,95$

$n = 4$

$= 0,039$

Resultados: NPR = 11,180 y 11,320 con $P_a = 0,05$

LCA = 11,212 y 11,288

Figura A.8.- Diseño del gráfico de control de aceptación – Ejemplo 5

Anexo B (informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 7870:1993, *Control charts — General guide and introduction*.
- [2] ISO 7873:1993, *Control charts for arithmetic average with warning limits*.
- [3] BELZ, M.H. *Statistical Methods for the Process Industries*, John Wiley & Sons, New York, 1973.
- [4] DUNCAN, A.J. *Quality Control and Industrial Statistics*, 5th Edition, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, IL, 1986.
- [5] FREUND, R.A. Acceptance Control Charts. *Industrial Quality Control*, **14** (4), October 1957.
- [6] FREUND, R.A. A Reconsideration of the Variables Control Chart. *Industrial Quality Control*, **16** (11), May 1960.
- [7] RICKMERS, A.D. and TODD, H.N. *Statistics, An Introduction*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1967.
- [8] SHEWHART, W.A. *Economic Control of Quality of Manufactured Product* (originally D. Van Nostrand Co., Inc., New York, 1931), republished by American Society for Quality Control, Inc., Milwaukee, WI, 1980.

Participaron en la adopción de esta norma las siguientes personas: Arteaga, Nelson; Fontanet, Ricardo; Mendoza, Cristóbal; Pernía, Julio; Saab, Leonardo; Young, Ray.

**COVENIN
3553:1999
(ISO 7966:1993)**

**CATEGORÍA
E**

FONDONORMA

**Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12
Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12
CARACAS**



FONDONORMA

publicación de:

I.C.S: 03.120.30

ISBN: 980-06-2493

**RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.**

Descriptores: Gráficos de control, análisis estadístico. control de calidad, control estadístico de la calidad, control de la producción, aceptación, condiciones generales.