UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

METODOS ESTADISTICOS EN CONTROL DE CALIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

Hugo Mario Murcio García

MEXICO, D. F. 1977

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA.

PRESIDENTE: HECTOR M. LOPEZ HERRERA

VOCAL: GUILLERMO HERNANDEZ ANGELES

SECRETARIO: JORGE A. CASTAÑARES ALCALA

1er. SUPLENTE: ANDRES ZUÑIGA PADILLA

2do. SUPLENTE: FIDEL FIGUEROA MARTINEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: DISTRITO FEDERAL

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE

HUGO MARIO MURCIO GARCIA

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA

GUILLERMO HERNANDEZ ANGELES

A CARMELA, MI ESPOSA.

A VICTOR HUGO, MI HIJO.

A LA FAMILIA QUE ESTAMOS FORMANDO.

A YSAIAS MARIO MURCIO.

R E S U M E N

PRIMERA PARTE

En la Primera Parte de la Monografía se presentan doce tablas que fijan doce procedimientos diferentes que pueden aplicarse a los datos obtenidos a partir de muestras con el fin de:

a) Efectuar estimaciones del promedio o varianza de universos.

b) Efectuar pruebas de contraste de hipótesis referentes a promedios y varianzas, a partir de muestras obtenidas aleatoriamente de los universos respectivos.

Si lo que se trata es encontrar la relación entre los promedios de las muestras y universos y se especifican las varianzas o se considera conocerlas a partir de experiencias anteriores (tablas A, B, C, D) entonces los procedimientos se basan en el uso de la tabla I del Anexo de la Primera Parte.

Si se está tratando con promedios y pueden estimarse las varianzas a partir de los datos obtenidos de las muestras (tablas A', B', C', D') el procedimiento se basa en el uso de la distribución-t de Student de la tabla II del Anexo mencionado.

Si lo que se quiere es determinar la relación entre la varianza de una muestra y la varianza de un universo (tablas E, F) entonces los procedimientos se basan en el uso de la distribución de ^{2} de la tabla III del mismo Anexo.

Si se desea comparar dos varianzas u obtener una estimación de los límites dentro de los cuales se encuentra la relación de dos varianzas desconocidas (tablas G, H) el procedimiento utiliza la distribución F de relación de varianzas (también conocida como relación de Snedecor), tabla IV del Anexo de la Primera Parte.

SEGUNDA PARTE

En la Segunda Parte de la Monografía se presentan procedimientos de muestreo para propósitos de aceptación, estimación de la calidad del producto y para control de los procedimientos industriales.

Estos procedimientos de muestreo son una selección que cubre la mayor parte de las aplicaciones prácticas de los documentos que se citan a continuación.

Mil-Std-105D-1963 Sampling procedures and tables for inspection by attributes.

Mil-Std-414 Sampling procedures and tables for inspection by variables for percent defective.

Sampling Procedures-Canadian Standards Association Special Publication Z90-1967.

DGN-R-18-1975 Muestreo para la inspección por atributos parte 1, 2, 3.

I N D I C E

PRIMERA PARTE

Página

Anexo Primera Parte.

SEGUNDA PARTE

PRIMERA PARTE

INTERPRETACION ESTADISTICA DE DATOS. TECNICAS DE ESTIMACION Y CONTRASTE RELATIVAS A PROMEDIOS Y VARIANZAS.

GENERALIDADES

1) Se especifican las técnicas requeridas para:

a) Estimar el promedio o la varianza de universos:
b) Examinar ciertas hipótesis referentes al valor de estos parámetros a partir de los valores obtenidos de muestras extraídas aleatoriamente de estos universos.

2) Las técnicas aplicadas son válidas solamente si en cada uno de los universos bajo consideración, los elementos de muestra se extraen al azar y son independientes.

3) Se supone que en cada universo la distribución de la variable observada es normal. Si la distribución no se desvía mucho de la normal las técnicas descritas permanecen aproximadamente válidas para la mayoría de las aplicaciones prácticas siempre que el tamaño de muestra no sea demasiado pequeño. Para las tablas A, B, C y D, el tamaño de muestra debe ser de 5 a 10 por lo menos: para todas las otras tablas no debe ser menor de 20.

4) Es útil acompañar cada operación estadística con toda la información referente a la fuente o método de obtención de las observaciones que puedan ayudar a esclarecer el análisis estadístico, y en particular para obtener la unidad más pequeña de medida que tenga un significado práctico.

5) No se permite descartar cualquier observación o aplicar cualquier corrección a observaciones aparentemente dudosas sin justificación basada en evidencias experimentales, técnicas o de cualquier otra clase que se establezcan claramente y en cualquier caso deben mencionarse los valores descartados o corregidos y la razón para descartarlos o corregirlos.

6) En problemas de estimación el nivel de confianza $1 - \alpha$ es la probabilidad que el intervalo de confianza cubra el valor verdadero del parámetro estimado.

Sus valores más usuales son 0.95 y 0.99, o $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

7) En problemas de contraste de hipótesis, el nivel de significación es, en casos bilaterales la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (o hipótesis contrastada) si ésta es verdadera (error de primera clase); en los casos unilaterales, el nivel de significación es el valor máximo de esta probabilidad (valor máximo del error de la primera clase). Por lo común se emplean valores de ---

...*

α = 0.05 (1 probabilidad en 20) o 0.01 (1 probabilidad en 100) de acuerdo al riesgo que el usuario esté preparado para tomar. Ya que puede rechazarse una hipótesis usando α = 0.05 y aceptarse cuando se use 0.01 es apropiado usar la frase: "la hipótesis se rechaza al nivel del 5% o si así es el caso "al nivel del 1%". Debe darse atención a la existencia de un error de la segunda clase. Este error se comete si se acepta la hipótesis nula cuando ésta es falsa.

8) Los métodos mostrados en las tablas C y C' tratan de la comparación de dos promedios. Se supone que las muestras correspondientes son independientes. Para el estudio de ciertos problemas puede ser interesante aparear observaciones (por ejemplo en la comparación de dos métodos o la comparación de dos instrumentos. En en Anexo A se dá un ejemplo de observaciones apareadas usando los datos de la tabla A'

TABLAS

Las tablas que se presentan, fijan doce procedimientos diferentes que pueden aplicarse a datos observados en muestras a fin de encontrar la relación existente entre una muestra extraída aleatoriamente de un universo y el universo del cual se extrae esta muestra.

Una vez presentadas estas tablas se darán ejemplos numéricos a fin de esclarecer su aplicación.

Con propósitos de simplificación, de estos ejemplos numéricos únicamente se presentarán en forma completa los datos y cálculos para la Tabla A (comparación de un promedio con un valor dado -varianza conocida), y los de la Tabla C (comparación de dos promedios -varianzas conocidas) en los otros diez casos los ejemplos se reducirán a:

a) Establecer la pregunta que debe plantearse antes de proceder a la obtención de datos;
b) Insertar en las fórmulas de la tabla de fórmulas los valores numéricos apropiados tomados de la tabla X y de las tablas I a IV del anexo de la primera parte.
c) Discusión de la conclusión obtenida.

Puede establecerse el resumen siguiente de la relación entre las situaciones presentadas en las doce tablas A a H y I a IV del anexo de esta primera parte.

a) Si lo que se trata es establecer la relación entre promedio de muestra y o/promedios del universo y se especifican las varianzas o pueden ser estimadas de experiencias anteriores (tablas A, B, C, D), entonces los procedimientos pueden basarse en el uso de la desviación normal U de la tabla I del anexo ;
b) Por otra parte cuando se trata con valores promedio, las varianzas deben estimarse de los datos de la muestra (tablas A', B', C',D'), entonces el procedimiento debe basarse en el uso de la distribución t de Student de la tabla II del anexo . Inevitablemente en este caso, las conclusiones que se alcanzan son de menor precisión, pero es mejor que suceda esto a que se introduzca un valor erróneo de la varianza o desviación normal en a) anterior;

c) Si la pregunta planteada trata de la relación entre la varianza de una muestra y la varianza de un universo (tablas E, F), entonces los procedimientos hacen uso de la distribución de χ^2 de la tabla III del anexo ;

d) Si se desean comparar dos varianzas o derivar una estimación de los límites dentro de los cuales cae la relación de las dos varianzas desconocidas del universo (tabla G, H), entonces el procedimiento hace uso de la distribución F de relación de varianzas (algunas veces llamada relación de Snedecor) de la tabla IV del anexo

T A B L A S

A - Comparación de un promedio con un valor dado. (varianza conocida).

A'- Comparación de un promedio con un valor dado (varianza desconocida).

B - Estimación de un promedio (varianza conocida)

B'- Estimación de un promedio (varianza desconocida).

C - Comparación de dos promedios (varianzas conocidas)

C'- Comparación de dos promedios (varianzas desconocidas, pero pueden suponerse iguales).

D - Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas conocidas).

D'- Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas desconocidas, pero pueden suponerse iguales).

E - Comparación de una varianza o de una desviación normal --- con un valor dado.

F - Estimación de una varianza o de una desviación normal.

G - Comparación de dos varianzas o dos desviaciones normales.

H - Estimación de la relación de dos varianzas o de dos desviaciones normales.

TABLA A - Comparación de un promedio con un valor dado (varianza conocida).

Características técnicas del universo estudiado........................

Características técnicas de los artículos de muestras...............

Observaciones..

Datos estadísticos

Tamaño de muestra:

$n =$

Suma de los valores observados:

$\Sigma x =$

Valor dado:

$m_o =$

Valor conocido de la varianza del universo:

$\sigma^2 =$

Nivel de significación seleccionado:

$\alpha =$

Cálculos

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} =$$

$$\left[\upsilon_{1-\alpha} / \sqrt{n} \right] =$$

$$\left[\upsilon_{1-\alpha/2} / \sqrt{n} \right] =$$

Resultados

Comparación del promedio del universo con el valor dado m_o :

Caso bilateral:

Se rechaza la hipótesis de igualdad del promedio del universo con el valor dado (hipótesis nula) si:

$$| x - m_o | > \left[\upsilon_{1-\alpha/2} / \sqrt{n} \right] \sigma$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis de que el promedio del universo no es menor que m_o (hipótesis nula) si:

$$\bar{x} < m_o - \left[\upsilon_{1-\alpha} / \sqrt{n} \right] \sigma$$

b) Se rechaza la hipótesis de que el promedio del universo no es mayor que m_o (hipótesis nula) si:

$$\bar{x} > m_o + \left[\upsilon_{1-\alpha} / \sqrt{n} \right] \sigma$$

Comentarios.- TABLA A

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) U representa el variato normal : el valor U_α está definido por:

$$P [U < U_\alpha] = \alpha$$

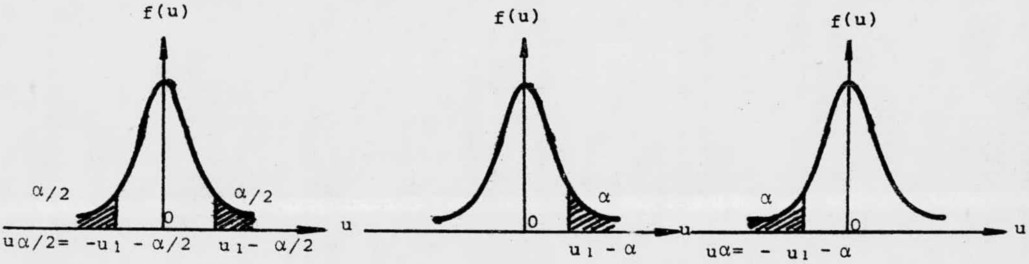
Ya que la distribución de U es simétrica respecto a cero tenemos que, $U_\alpha = - U_{1-\alpha}$

Entonces:

$$P [U > U_\alpha] = 1 - \alpha$$

$$P [- U_{1-\alpha/2} < U < U_{1-\alpha/2}] = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de U (distribución normal)



Caso bilateral Casos Unilaterales

3) $\sigma / \sqrt{n}$ es la desviación normal del promedio $\bar{X}$ en una muestra de n observaciones.

4) Por conveniencia se dan valores de $U_{1-\alpha} / \sqrt{n}$ y $U_{1-\alpha/2} / \sqrt{n}$ en la tabla 1 del anexo para $\alpha = 0.005$ y $\alpha = 0.01$.

TABLA A' - Comparación de un promedio con un valor dado (varianza desconocida).

Características técnicas del universo estudiado........................

Características técnicas de los artículos de muestra..................

Observaciones...

Datos estadísticos	Cálculos
Tamaño de muestra:	$\bar{x} = \dfrac{\Sigma\, x}{n} =$
$n =$	$\dfrac{\Sigma\,(x-\bar{x})^2}{n-1} = \dfrac{\Sigma\, x^2 - (\Sigma\, x)^2/n}{n-1}$
Suma de los valores observados:	
$\Sigma\, x =$	
Suma de los cuadrados de los valores observados:	$\sigma^* = s = \sqrt{\dfrac{\Sigma\,(x-\bar{x})^2}{n-1}} =$
$\Sigma\, x^2 =$	
Valor dado:	$[\, t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}\,]\, s =$
$m_o =$	
Grados de libertad:	$[\, t_{1-\alpha/2}(\nu)/\sqrt{n}\,]\, s =$
$\nu = n - 1$	
Nivel de significación seleccionado:	
$\alpha =$	

Resultados

Comparación del promedio del universo con el valor dado m_o

Caso bilateral:

Se rechaza la hipótesis de la igualdad del promedio del universo al valor dado (hipótesis nula) si:

$$|\bar{x} - m_o| > [\, t_{1-\alpha/2}(\nu)/\sqrt{n}\,]\, s$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis de que el promedio del universo no es menor que m_o (hipótesis nula) si:

$$\bar{x} < m_o - [\, t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}\,]\, s$$

b) Se rechaza la hipótesis de que el promedio del universo no es mayor que m_o (hipótesis nula) si:

$$\bar{x} > m_o + [\, t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}\,]\, s$$

Comentarios .- TABLA A'

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) $t\ (\nu)$ representa el variato de Student con $\nu = n - 1$ grados de libertad: el valor $t_\alpha\ (\nu)$ está definido por

$$P\ [t\ (\nu) < t_\alpha\ (\nu)] = \alpha$$

Ya que la distribución es simétrica respecto a cero,

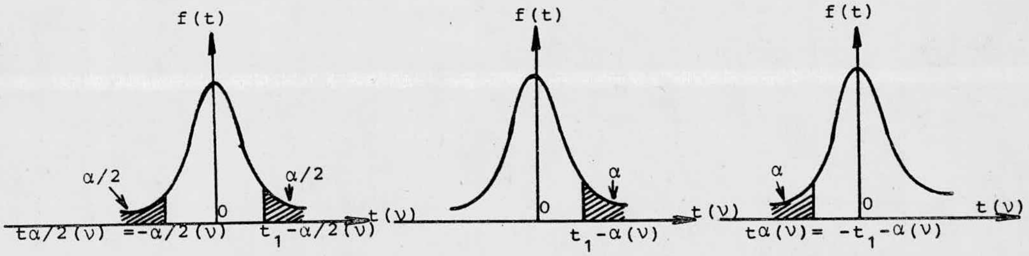
$$t_\alpha(\nu) = -\ t_{1-\alpha}\ (\nu)$$

Entonces:

$$P\ [t\ (\nu) > t_\alpha(\nu)] = 1 - \alpha$$

$$P\ [-\ t_{1-\alpha/2}\ (\nu) < t\ (\nu) < t_{1-\alpha/2}\ (\nu)] = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de Student $t\ (\nu)$ con $\nu = n-1$ grados de libertad.



Caso bilateral Casos unilaterales

3) $\sigma^*/\sqrt{n}$ es la desviación normal estimada $\bar{X}$, en una muestra de n observaciones.

4) Por conveniencia se dan valores de $t_{1-\alpha/2}\ (\nu)/\sqrt{n}$ y $t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}$ en la tabla IIb del anexo para $\alpha=0.05$ y $\alpha=0.01$

TABLA B - Estimación de un promedio (varianza conocida)

Características técnicas del universo estudiado......................

Características técnicas de los artículos de muestra................

Observaciones...

<table>
<tr>
<td>
Datos estadísticos
Tamaño de muestra:
$n =$
Suma de los valores observados:
$\Sigma\ x =$
Valor conocido de la varianza del universo:
$\sigma^2 =$
O de la desviación normal :
$\sigma =$
Nivel de confianza seleccionado:
$1 - \alpha =$
</td>
<td>
Cálculos
$\bar{x} = \frac{\Sigma\ x}{n} =$
$\Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha / \sqrt{n}\ 3 \quad =$
$\Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha/2 / \sqrt{n}\ 3 \quad =$
</td>
</tr>
</table>

Resultados

Estimación del promedio del universo m:

$$m^* = \bar{x} =$$

Intérvalo de confianza bilateral

$$\bar{x} - \Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha/2 / \sqrt{n}\, 3 \quad < \quad m < \bar{x} + \Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha/2 / \sqrt{n}\ 3$$

Intérvalos de confianza unilaterales:

$$m < \bar{x} + \Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha / \sqrt{n}\ 3$$

ó

$$m > \bar{x} - \Sigma\ \upsilon_{1} - \alpha / \sqrt{n}\ 3$$

Comentarios.- TABLA B

1) El nivel de confianza $1-\alpha$ es la probabilidad de que el intérvalo de confianza cubra el valor verdadero del promedio.

2) U representa el variato normal : el valor $U\alpha$ está definido por:

$$P[\,U < U_\alpha\,] = \alpha$$

Ya que la distribución es simétrica respecto a cero,

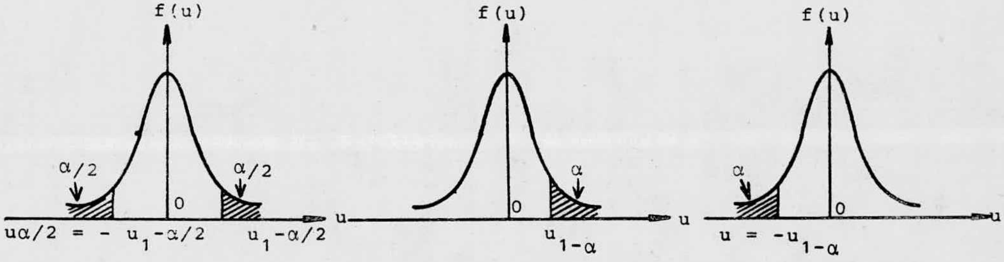
$$U_\alpha = -U_{1-\alpha}$$

Entonces:

$$P[\,U > U_\alpha\,] = 1-\alpha$$

$$P[\,-U_{1-\alpha/2} < U < U_{1-\alpha/2}\,] = 1-\alpha$$

Densidad de probabilidad de U (distribución normal)



Caso bilateral   Casos unilaterales

3) $\sigma/\sqrt{n}$ es la desviación normal del promedio $\bar{X}$, en una muestra de n observaciones.

4) Por conveniencia se dan valores de $U_{1-\alpha/2}/\sqrt{n}$ y $U_{1-\alpha}/\sqrt{n}$ en la tabla I del anexo B para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

TABLA B' - Estimación de un promedio (varianza desconocida)

Características técnicas del universo estudiado.......................

Características técnicas de los artículos de muestra..................

Observaciones...

Datos estadísticos

Tamaño de muestra:

$n =$

Suma de los valores observados:

$\Sigma\ x =$

Suma de los cuadrados de los valores observados:

$\Sigma\ x^2 =$

Grados de libertad:

$\upsilon = n - 1$

Nivel de confianza seleccionado:

$1 - \alpha$

Cálculos

$$\bar{x} = \frac{\Sigma\ x}{n}$$

$$\frac{\Sigma\ (x-\bar{x})^2}{n-1} = \frac{\Sigma\ x^2 - (\Sigma\ x)^2/m}{n-1} =$$

$$\sigma^* = s = \sqrt{\frac{\Sigma\ (x-\bar{x})^2}{n-1}} =$$

$$\Sigma\ t_1 - \alpha\ (\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\quad s =$$

$$\Sigma\ t_1 - \alpha/2(\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\ s =$$

Resultados

Estimación del promedio del universo m:

$$m^* = \bar{x} =$$

Intérvalo de confianza bilateral:

$$\bar{x} - \Sigma t_1 - \alpha/2(\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\ s < m < \bar{x} + \Sigma\ t_1 - \alpha/2(\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\ s$$

Intérvalos de confianza unilaterales:

$$m < \bar{x} + \Sigma\ t_1 - \alpha\ (\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\quad s$$

ó

$$m > \bar{x} - \Sigma\ t_1 - \alpha\ (\upsilon)/\sqrt{n}\ \text{Ʒ}\quad s$$

Comentarios.- TABLA B'

1) El nivel de confianza $1 - \alpha$ es la probabilidad de que el intérvalo de confianza cubra el valor verdadero del promedio.

2) $t\ (\nu)$ representa el variato de Student con ν grados de libertad: el valor $t\ (\nu)$ está definido por

$$P\ [\ t\ (\nu) < t_{\alpha}\ (\nu)\ ] = \alpha$$

Ya que la distribución de $t\ (\nu)$ es simétrica respecto a cero

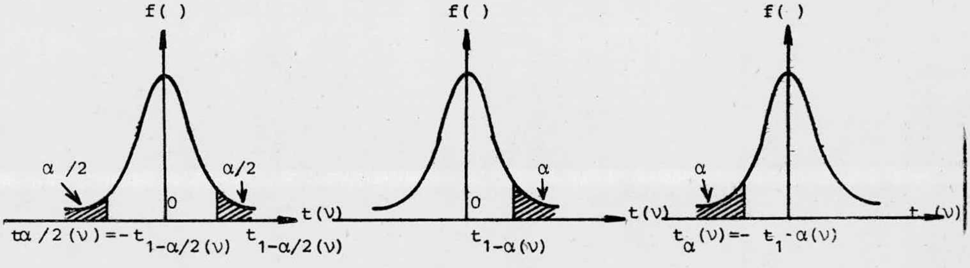
$$t_{\alpha}\ (\nu) = -\ t_{1-\alpha}\ (\nu)$$

Entonces:

$$P[\ t\ (\nu) > t_{\alpha}\ (\nu)\ ] = 1 - \alpha$$

$$P[\ -\ t_{1-\alpha/2}\ (\nu) < t\ (\nu) < t_{1-\alpha/2}\ (\nu)\ ] = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de Student $t(\nu)$ con $\nu = n-1$ grados de libertad.



Caso bilateral   Casos unilaterales

3) $\sigma^*/\sqrt{n}$ es la desviación normal estimada del promedio $\bar{X}$ en una muestra de n observaciones.

4) Por conveniencia se dan valores de $t_{1-\alpha/2}\ (\nu)/\sqrt{n}$ y $t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}$ en la tabla IIb del anexo para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

TABLA C - Comparación de dos promedios (varianzas conocidas)

Características técnicas	{ del universo 1	....
	del universo 2	....
Características técnicas de los artículos tomados como muestras	{ en el universo 1	....
	en el universo 2	....
Observaciones	{ en la muestra 1	....
	en la muestra 2	....

Datos estadísticos			Cálculos
	Primera muestra	Segunda muestra	$x_1 = \dfrac{\Sigma x_1}{n_1} =$
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$	$x_2 = \dfrac{\Sigma x_2}{n_2} =$
Suma de los valores observados	$\Sigma x_1 =$	$\Sigma x_2 =$	$\sigma_d = \sqrt{\dfrac{\sigma_1^2}{n_1} + \dfrac{\sigma_2^2}{n_2}}$
Valores conocidos de las varianzas de los universos	$\sigma_1^2 =$	$\sigma_2^2 =$	$\upsilon_{1-\alpha}\sigma_d =$ $\upsilon_{1-\alpha/2}\,\sigma_d =$
Nivel de significación seleccionado: $\alpha =$			

Resultados

Comparación de los dos promedios de universos:

Caso bilateral:

Se rechaza hipótesis de la igualdad de los promedios (hipótesis nula) si:

$$| x_1 - x_2 | > \upsilon_{1-\alpha/2}\,\sigma_d$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis de que el primer promedio no es menor que el segundo (hipótesis nula) si:

$$x_1 < x_2 - \upsilon_{1-\alpha}\sigma_d$$

b) Se rechaza la hipótesis de que el primer promedio no es mayor que el segundo (hipótesis nula) si:

$$x_1 > x_2 + \upsilon_{1-\alpha}\sigma_d$$

Comentarios .- TABLA C.

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) U representa el variato normal : el valor $U\alpha$ está definido por

$$P\Sigma \; U < U\alpha \; \mathfrak{Z} = \alpha$$

Ya que la distribución de U es simétrica respecto a cero

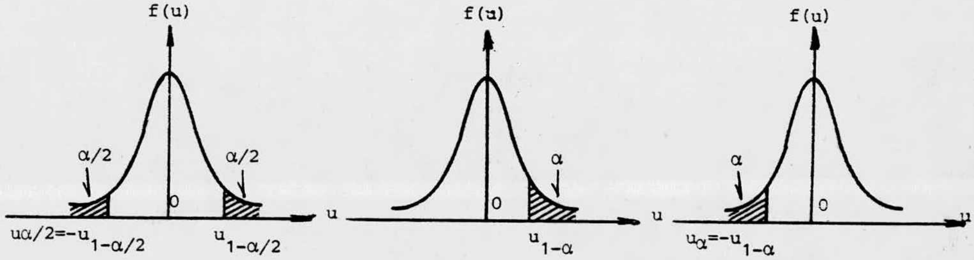
$$U\alpha = - U_{1} - \alpha$$

Entonces:

$$P \; \Sigma \; U > U\alpha \, \mathfrak{Z} = 1 - \alpha$$

$$P\Sigma \; - U_{1}\alpha/2 < U < U_{1}-\alpha/2 \; \mathfrak{Z} = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de U (distribución normal)



Caso bilateral Casos unilaterales

3) $d = \sqrt{\dfrac{\sigma_1^2}{n_1} + \dfrac{\sigma_2^2}{n_2}}$ es la desviación normal de la diferencia

$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ de los promedios de las dos muestras de n_1 y n_2 observaciones respectivamente.

4) Los valores $U_1-\alpha/2$ y $U_1-\alpha$ deben leerse para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ sobre la línea n=1 de la tabla 1 del anexo .

TABLA C' - Comparación de dos promedios (varianzas desconocidas, pero pueden suponerse iguales)

Puede probarse la hipótesis de la igualdad de las varianzas de los dos universos como se indica en la Tabla G.

Características técnicas	{ del universo 1 .... del universo 2 ....
Características técnicas de los artículos tomados como muestra.	{ en el universo 1 .... en el universo 2 ....
Observaciones	{ en la muestra 1 .... en la muestra 2 ....

Datos estadísticos			Cálculos
	Primera muestra	Segunda muestra	$\bar{x}_1 = \frac{\Sigma x_1}{n_1} =$
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$	$\bar{x}_2 = \frac{\Sigma x_2}{n_2} =$
Suma de los valores observados	$x_1 =$	$x_2 =$	$\Sigma(x_1-\bar{x})^2 + \Sigma(x_2-\bar{x}_2)^2 =$
Suma de los cuadrados de los valores observados	$\Sigma x_1^2 =$	$\Sigma x_2^2 =$	$\Sigma x_1^2 + \Sigma x_2^2 - \frac{1}{n_1}(\Sigma x)^2 - \frac{1}{n_2}(\Sigma x_2)^2 =$ $\sigma_d^* = s_d \sqrt{\frac{m_1+m_2}{n_1 n_2} \frac{\Sigma(x_1-x_1)^2 + \Sigma(x_2-x_2)^2}{n_1+m_2-2}} =$
Grados de libertad $\upsilon = n_1 + n_2 - 2$			$t_1 - \alpha(\upsilon)\, s_d =$
Nivel de significación seleccionado $\alpha =$			$t_1 - \alpha/2(\upsilon)\, s_d =$

Resultados

Comparación de los dos promedios de universos:

Caso bilateral:

Se rechaza la hipótesis de la igualdad de los promedios (hipótesis - nula) si:

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| > t_1 - \alpha/2\ (\upsilon)\ s_d$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis que el primer promedio no es menor que el segundo (hipótesis nula) si:

$$\bar{x}_1 < \bar{x}_2 - t_1 - \alpha(\upsilon)\ s_d$$

b) Se rechaza la hipótesis que el primer promedio no es mayor que el segundo (hipótesis nula) si:

$$\bar{x} > \bar{x}_2 + t_1 - (\upsilon)\ s_d$$

Comentarios.- TABLA C'

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) $t\ (\nu)$ representa el variato de Student con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad; el valor $t\alpha(\nu)$ está definido por:

$$P[t\ (\nu) < t\alpha\ (\nu)] = \alpha$$

Ya que la distribución es simétrica respecto a cero,

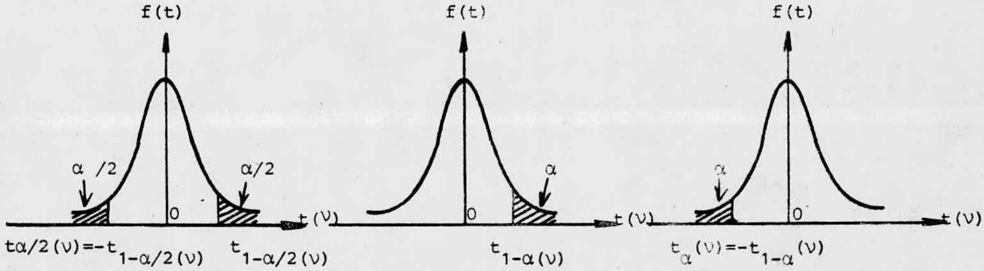
$$t\alpha\ (\nu) = -\ t_{1}-\alpha\ (\nu)$$

Entonces:

$$P[\ t\ (\nu) > t\alpha\ \ (\nu) = 1 - \alpha$$

$$P[\ -\ t_{1}-\alpha/2\ (\nu) < t\ (\nu) < t_{1}-\alpha/2\ (\nu)\ ] = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de Student $t\ (\nu)$ con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.



Caso bilateral

Casos unilaterales.

3) σ^*d es la desviación normal estimada de la diferencia. $d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ de los promedios de las dos muestras de n_1 y n_2 observaciones respectivamente.

4) Los valores $t_{1}-\alpha/2\ (\nu)$ y $t_{1}-\alpha(\nu)$ están dados en la tabla II a del anexo para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

TABLA D - Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas conocidas).

Características técnicas	del universo 1 .... del universo 2 ....
Características técnicas de los artículos tomados como muestra.	en el universo 1 .... en el universo 2 ....
Observaciones.	en la muestra 1 .... en la muestra 2 ....

Datos estadísticos	Primera muestra	Segunda muestra	Cálculos
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$	$X_1 = \frac{\Sigma X_1}{n_1} =$
Suma de los valores observados	$\Sigma X_1 =$	$\Sigma X_2 =$	$X_2 = \frac{\Sigma X_2}{n_2}$
Valores conocidos de las varianzas del universo	$\sigma_1^2 =$	$\sigma_2^2 =$	$\sigma_d = \sqrt{\frac{{}^2_1}{n_1} + \frac{{}^2_2}{n_2}} =$
Nivel de confianza seleccionado:			$\upsilon_{1-\alpha}\sigma_d =$
$1 - \alpha$			$\upsilon_{1-\alpha/2}\,\sigma_d =$

Resultados

Estimación de la diferencia de los dos promedios de universos m_1 y m_2:

$$(m_1 - m_2)^* = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 =$$

Intérvalo de confianza bilateral:

$$(x_1 - x_2) - \upsilon_{1-\alpha/2}\,\sigma_d < m_1 - m_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + \upsilon_{1-\alpha/2}\,\sigma_d$$

Intérvalos de confianza unilaterales:

$$m_1 - m_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + \upsilon_{1-\alpha}\sigma_d$$

o

$$m_1 - m_2 > (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \upsilon_{1-\alpha}\sigma_d$$

Comentarios .- TABLA D

1) El nivel de confianza 1 -α es la probabilidad de que el intérvalo - de confianza calculado cubra el valor verdadero de la diferencia - entre los promedios.

2) U representa el variato normal : el valor $U\alpha$ está definido por

$$P\left[\, U < U\alpha \,\right] = \alpha$$

Ya que la distribución es simétrica respecto a cero

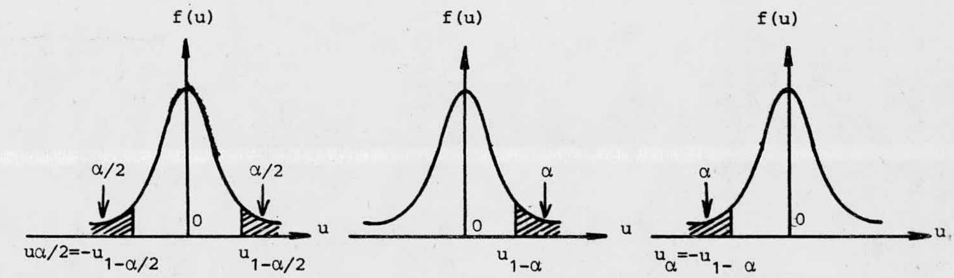
$$U\alpha = -\,U_{1-\alpha}$$

Entonces

$$P\left[\, U > U\alpha \,\right] = 1 - \alpha$$

$$P\left[\, -U_{1-\alpha/2} < U < U_{1-\alpha/2} \,\right] = 1 - \alpha$$

Densidad de probabilidad de U (distribución normal)



Caso bilateral Casos unilaterales

3) $\sigma_d = \sqrt{\frac{\,_1^2}{n_1} + \frac{\,_2^2}{n_2}}$ es la desviación normal de la diferencia

$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ entre los promedios de las dos muestras de n_1 y n_2 - observaciones respectivamente.

4) Los valores $U_2-\alpha/2$ y $U_1-\alpha$ deben leerse para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ sobre la línea n = de la tabla 1 del anexo .

TABLA D' - Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas desconocidas pero pueden suponerse iguales).

La hipótesis de la igualdad de las varianzas puede contrastarse como se indica en la Tabla G.

Características técnicas	{ del universo 1 .... del universo 2 ....
Características técnicas de los artículos tomados como muestra	{ en el universo 1 .... en el universo 2 ....
Observaciones	{ en la muestra 1 .... en la muestra 2 ....

Datos estadísticos

	Primera muestra	Segunda muestra
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$
Suma de los valores observados	$\Sigma x_1 =$	$\Sigma x_2 =$
Suma de los cuadrados de los valores observados	$\Sigma x_1^2 =$	$\Sigma x_2^2 =$
Grados de libertad	$\nu = n_1 + n_2 - 2$	
Nivel de confianza seleccionado: $1 - \alpha$		

Cálculos

$$\bar{x}_1 = \frac{\Sigma x_1}{n_1} =$$

$$x_2 = \frac{\Sigma x_2}{n_2} =$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \Sigma (x_2 - \bar{x}_2)^2 =$$

$$\Sigma x_1^2 + \Sigma x_2^2 - \frac{1}{n_1} (\Sigma x_1)^2 - \frac{1}{n_2} (\Sigma x_2)^2 =$$

$$\sigma_d^* = s_d = \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \, n_2} \cdot \frac{\Sigma (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \Sigma (x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$t_1 - \alpha(\nu) s_d =$$

$$t_1 - \alpha/2 \; (\nu) s_d =$$

Resultados

Estimación de la diferencia de los dos promedios de universos m_1 y m_2:

$$(m_1 - m_2)^* = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 =$$

Intérvalo dé confianza bilateral:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_1 - \alpha/2 \; (\nu) s_d < m_1 - m_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_1 - \alpha/2 \; (\nu) s_d$$

Intérvalos de confianza unilaterales:

$$m_1 - m_2 < (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_1 - \alpha \; (\nu) \; s_d$$

ó

$$m_1 - m_2 > (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_1 - \alpha(\nu) \; s_d$$

Comentarios.- TABLA D'

1) El nivel de confianza $1-\alpha$ es la probabilidad de que el intérvalo de confianza calculado cubra el valor verdadero de la diferencia entre los promedios.

2) $t(\nu)$ representa el variato de Student con $\nu = n_1+n_2-2$ grados de libertad; el valor $t_\alpha(\nu)$ está definido por

$$P\left[\, t(\nu) < t_\alpha(\nu) \,\right] = \alpha$$

Ya que la distribución de $t(\nu)$ es simétrica respecto a cero

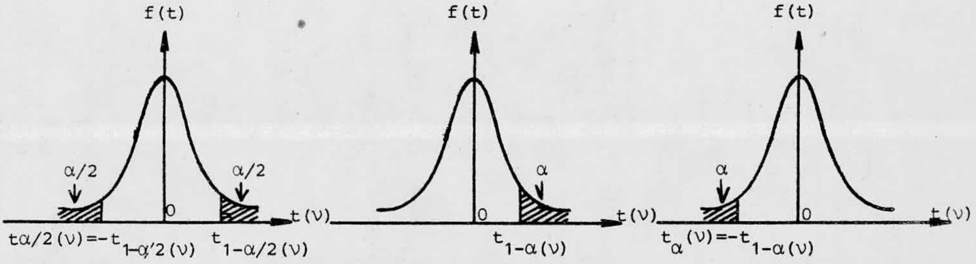
$$t_\alpha(\nu) = -\, t_{1-\alpha}(\nu)$$

Entonces:

$$P\left[\, t(\nu) > t_\alpha(\nu) \,\right] = 1-\alpha$$

$$P\left[\, -t_{1-\alpha/2}(\nu) < t(\nu) < t_{1-\alpha/2}(\nu) \,\right] = 1-\alpha$$

Densidad de probabilidad de Student $t(\nu)$ con $\nu = n_1+n_2-2$ grados de libertad.



Caso bilateral

Casos unilaterales.

3) σ^*_d es la desviación normal estimada de la diferencia $d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ entre los promedios de las dos muestras de n_1 y n_2 observaciones, respectivamente.

4) Los valores $t_{1-\alpha/2}(\nu)$ y $t_{1-\alpha}(\nu)$ están dados en la tabla IIa del anexo para $\alpha=0.05$ y $\alpha=0.01$.

TABLA E - Comparación de una varianza o de una desviación normal con un valor dado.

Características técnicas del universo ....

Características técnicas de los elementos de muestra....................

Observaciones ....

Datos estadísticos	Cálculos
Tamaño de muestra:	$\Sigma(X-\bar{X})^2=\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} =$
n=	
Suma de los valores observados:	$\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{\sigma_0^2} =$
$\Sigma X=$	
Suma de los cuadrados de los valores observados:	$\chi^2_\alpha(\nu) =$
$\Sigma X^2=$	
Valor dado:	$\chi^2_1 - \alpha(\nu) =$
$\sigma_0^2 =$	
Grados de libertad:	$\chi^2_\alpha/2\ (\nu) =$
$\nu = n - 1$	
Nivel de significación seleccionado:	$\chi^2_1 - \alpha/2\ (\nu) =$
$\alpha =$	

Resultados

Comparación de la varianza del universo con el valor dado σ_0^2 :

Caso bilateral:

Se rechaza la hipótesis de que la varianza del universo es igual al valor dado (hipótesis nula) si:

$$\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{\sigma_0^2} < \chi^2_{\alpha/2}\ (\nu) \quad \text{ó} \quad \frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{\sigma_0^2} > \chi^2_{1-\alpha/2}\ (\nu)$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis de que la varianza del universo no es mayor que el valor dado (hipótesis nula) si:

$$\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{\sigma_0^2} > \chi^2_{1-\alpha}\ (\nu)$$

b) Se rechaza la hipótesis de que la varianza del universo no es menor que el valor dado (hipótesis nula) si:

$$\frac{\Sigma(X-X)^2}{\sigma_0^2} < \chi^2\ (\nu)$$

Comentarios.- TABLA E

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) $X^2(\nu)$ representa el variato de X^2 con ν grados de libertad; el valor de - $X^2_\alpha(\nu)$ está definido por

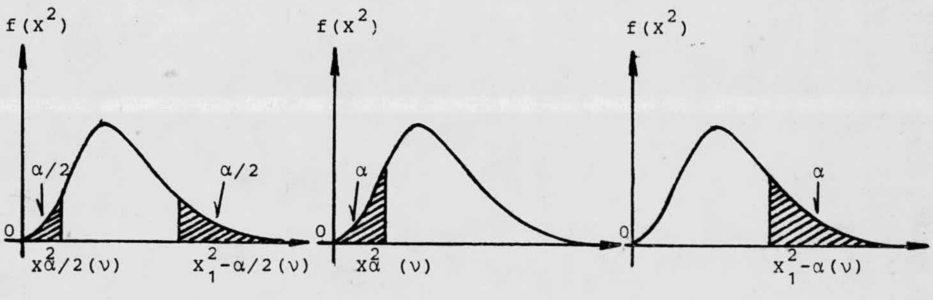
$$P\Sigma\ X^2(\nu) < X^2_\alpha(\nu) = \alpha$$

Entonces tenemos:

$$P\Sigma\ X^2(\nu) > X^2_\alpha(\nu) = 1-\alpha$$

$$P\Sigma\ X^2_{\alpha/2}(\nu) < X^2(\nu) < X^2_{1-\alpha/2}(\nu) = \alpha$$

Densidad de probabilidad de $X^2(\nu)$ con $\nu = n-1$ grados de libertad.



Caso bilateral

Casos unilaterales.

3) En la tabla III del anexo se dan los valores de $X^2_\alpha(\nu)$, $X^2_{1-\alpha(\nu)}$, $X^2_{\alpha/2(\nu)}$ y $X^2_{1-\alpha/2(\nu)}$ para $\alpha=0.05$ y $\alpha=0.01$.

TABLA F - Estimación de una varianza o de una desviación normal

Características técnicas del universo estudiado....................

Características técnicas de los componentes de la muestra..........

Observaciones...

Datos estadísticos	Cálculos
Tamaño de muestra: $n=$	$\Sigma (X-\bar{X})^2 = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} =$
Suma de los valores observados: $\Sigma X=$	$s^2 = \frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{n-1} =$
Suma de los cuadrados de los valores observados: $\Sigma X^2 =$	$\frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{\chi^2_{\alpha}(\nu)} =$
Grados de libertad: $\nu = n - 1 =$	$\frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)} =$
Nivel de confianza seleccionado: $1-\alpha=$	$\frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{X^2_{1-\alpha/2}(\nu)} =$

Resultados

Estimación de la varianza del universo:

$$(\sigma^2)^* = s^2 =$$

Intérvalo de confianza bilateral:

$$\frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{X^2_{1-\alpha/2}(\nu)} < \sigma^2 < \frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{X^2_{\alpha/2}(\nu)}$$

Intérvalos de confianza unilaterales:

$$\sigma^2 < \frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{\chi^2_{\alpha}(\nu)}$$

ó

$$\sigma^2 > \frac{\Sigma (X-\bar{X})^2}{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}$$

Comentarios.- TABLA F

1) El nivel de confianza $1-\alpha$ es la probabilidad de que al intérvalo de confianza calculado cubra el valor verdadero de la varianza.

2) $X^2(\nu)$ representa el variato de X^2 con $\nu = n-1$ grado de libertad; el valor $X^2\alpha(\nu)$ está definido por

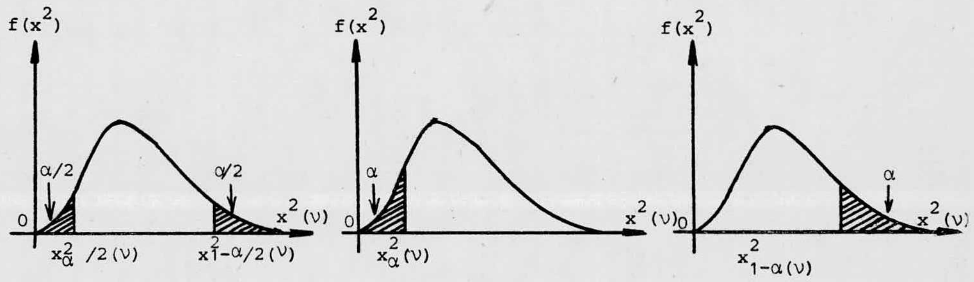
$$P\left[X^2(\nu) < X^2\alpha(\nu) \right] = \alpha$$

Entonces:

$$P\left[X^2(\nu) > X^2\alpha(\nu) \right] = 1-\alpha$$

$$P\left[X^2_\alpha/2(\nu) < X^2(\nu) < X^2_{1}-\alpha/2(\nu) \right] = 1-\alpha$$

Densidad de probabilidad de $X^2(\nu)$ con $\nu = n-1$ grados de libertad



Caso bilateral   Casos unilaterales

3) Los valores $X^2\alpha(\nu)$, $X^2_{1}-\alpha(\nu)$, $X^2\alpha/2(\nu)$ y $X^2_{1}-\alpha/2(\nu)$ están dados en la tabla III del anexo para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

TABLA G - Comparación de dos varianzas o de dos desviaciones normales

Características técnicas	del universo 1	....
	del universo 2	....
Características técnicas de los componentes de la muestra	en el universo 1	....
	en el universo 2	....
Observaciones	en la muestra 1	....
	en la muestra 2	....

Datos estadísticos	Primera muestra	Segunda muestra	Cálculos
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$	$\Sigma (X_i - X_1)^2 = \Sigma X_1^2 - \dfrac{\Sigma (X_1)^2}{n_1} =$ $\Sigma (X_2 - X_2)^2 = \Sigma X_2^2 - \dfrac{(\Sigma X_2)^2}{n_2} =$
Suma de los valores observados	$\Sigma X_1 =$	$\Sigma X_2 =$	$s_1^2 = \dfrac{\Sigma (X_1 - X_1)^2}{n_1 - 1} =$
Suma de los cuadrados de los valores observados	$\Sigma X_1^2 =$	$\Sigma X_2^2 =$	$s_2^2 = \dfrac{\Sigma (X_2 - X_2)^2}{n_2 - 1} =$
Grados de libertad	$\nu_1 = n_1 - 1$	$\nu_2 = n_2 - 1$	$F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2) =$; $F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$
Nivel de significación seleccionado: $\alpha =$			$\dfrac{1}{F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_1)}$; $\dfrac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_2, \nu_1)}$

Resultados

Comparación de la varianza de los universos:

Caso bilateral:

Se rechaza la hipótesis de igualdad de las varianzas (hipótesis nula) si:

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} \quad \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_2, \nu_1)} \quad \text{ó} \quad \frac{s_1^2}{s_2^2} > F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$$

Casos unilaterales:

a) Se rechaza la hipótesis de que la primer varianza no es mayor que la segunda (hipótesis nula) si:

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} > F_{1-\alpha}(\nu_i, \nu_2)$$

b) Se rechaza la hipótesis de que la primer varianza no es mayor que la segunda (hipótesis nula) si:

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} < \frac{1}{F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_1)}$$

Comentarios .- TABLA G.

1) El nivel de significación α es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta hipótesis es verdadera.

2) $F(\nu_1, \nu_2)$ representa la relación de varianzas con $\nu_1 = n_1 - 1$ y ----- $\nu_2 = n_2 - 2$ grados de libertad; el valor $F\alpha(\nu_1, \nu_2)$ está definido por:

$$P[\, F(\nu_1, \nu_2) < F\alpha(\nu_1, \nu_2)\,] = \alpha$$

Entonces:

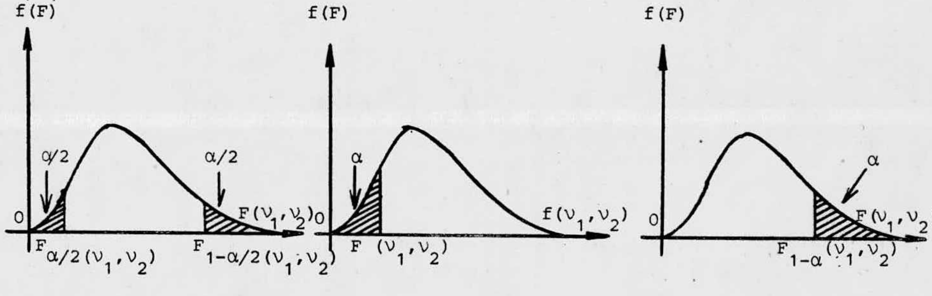
$$P[\, F(\nu_1, \nu_2) > F\alpha(\nu_1, \nu_2)\,] = 1 - \alpha$$

$$P[\, F\alpha/2\,(\nu_1, \nu_2) < F(\nu_1, \nu_2) < F_1 - \alpha/2\,(\nu_1, \nu_2)\,] = 1 - \alpha$$

También tenemos:

$$F\alpha(\nu_1, \nu_2) = \frac{1}{F_1 - \alpha\,(\nu_2, \nu_1)}$$

Densidad de probabilidad de $F(\nu_1, \nu_2)$ con $\nu_1 = n_1 - 1$ y $\nu_2 = n_2 - 1$ grados de libertad.



Caso bilateral

Caso unilaterales

3) Los valores $F_1 - \alpha$ y $F_1 - \alpha/2$ están dados en la tabla IV del anexo como funciones de los números de grados de libertad , para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.Los valores $F\alpha$ y $F\alpha/2$ pueden derivarse como se indica - de los valores $F_1 - \alpha$ y $F_1 - \alpha/2$.

TABLA H - Estimación de la relación de dos varianzas o dos desviaciones normales.

Características técnicas	{ del universo 1	
	del universo 2	
Características técnicas de los componentes de la muestra	{ en el universo 1	
	en el universo 2	
Observaciones	{ en la muestra 1	
	en la muestra 2	

Datos estadísticos

	Primera muestra	Segunda muestra
Tamaño	$n_1 =$	$n_2 =$
Suma de los valores observados	$\Sigma\, x_1 =$	$\Sigma x_2 =$
Suma de los cuadrados de los valores observados	$\Sigma\, x_1^2$	$\Sigma\, x_2^2$
Grados de libertad	$\nu_1 = n_1 - 1$	$\nu_2 = n_2 - 1$

Nivel de confianza seleccionado:

$1 - \alpha$

Cálculos

$$\Sigma\,(x_1 - x_1)^2 = \Sigma\, x_1^2 \quad \frac{\Sigma\,(x_1)^2}{n_1} =$$

$$\Sigma\,(x_2 - x_2)^2 = \Sigma\, x_2^2 \quad \frac{\Sigma(x_2)^2}{n_2} =$$

$$s_1^2 = \frac{\Sigma\,(x_1 - x_1)^2}{n_2 - 1}$$

$$s_2^2 = \frac{\Sigma\,(x_2 - x_2)^2}{n_2 - 1}$$

$$F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_1)\,\frac{s_1^2}{s_2^2} = \qquad F_{1-\alpha/2}(\nu_2, \nu_1)\,\frac{s_1^2}{s_2^2} =$$

$$F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_2)\,\frac{s_1^2}{s_2^2} = \qquad F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)\,\frac{s_1^2}{s_2^2} =$$

Resultados

Estimación de la relación de las dos varianzas de universos y :

$$\left(\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}\right)^* = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{\Sigma\,(x_1 - x_1)^2/\,(n_1 - 1)}{\Sigma\,(x_2 - x_2)^2/\,(n_2 - 1)}$$

Intérvalo de confianza bilateral:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}\,(\nu_1, \nu_2)}\;\frac{s_1^2}{s_2^2} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < F_{1-\alpha/2}\,(\nu_2, \nu_1)\;\frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Intérvalo de confianza unilaterales:

$$\frac{{}^2_1}{{}^2_2} < F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_1)\;\frac{s_1^2}{s_2^2} \quad \text{ó} \quad \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} > \frac{1}{F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2)}\;\frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Comentarios.- TABLA H

1) El nivel de confianza $1-\alpha$ es la probabilidad de que el intérvalo de confianza calculado cubra el valor verdadero de la relación de las dos varianzas.

2) $F(\nu_1, \nu_2)$ representa la relación de varianzas con $\nu_1 = n_1 - 1$ y ------ $\nu_2 = n_2 - 1$ grados de libertad ; el valor $F\alpha(\nu_1, \nu_2)$ está definido por:

$$P[\, F(\nu_1, \nu_2) < F\alpha(\nu_1, \nu_2) \,] = \alpha$$

Entonces:

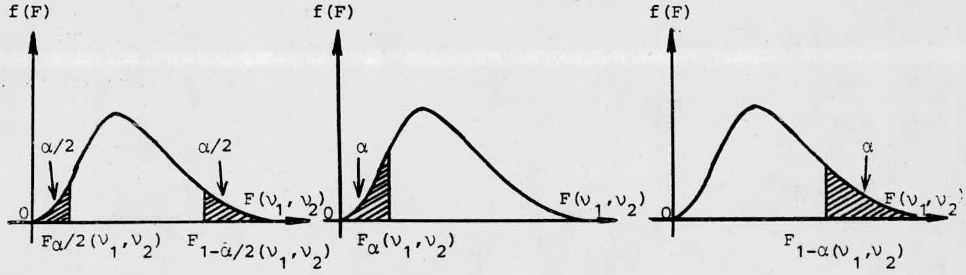
$$P[\, F(\nu_1, \nu_2) > F\alpha(\nu_1, \nu_2) \,] = 1 - \alpha$$

$$P[\, F\alpha/2(\nu_1, \nu_2) < F(\nu_1, \nu_2) < F_1 - \alpha/2(\nu_1, \nu_2) \,] = 1 - \alpha$$

También tenemos

$$F\alpha(\nu_1, \nu_2) = \frac{1}{F_1 - \alpha(\nu_2, \nu_1)}$$

Densidad de probabilidad de $F(\nu_1, \nu_2)$, con $\nu_1 = n_1 - 1$ y $\nu_2 = n_2 - 1$ grados de libertad.



Caso bilateral

Casos unilaterales.

3) Los valores $F_1 - \alpha$ y $F_1 - \alpha/2$ están dados en la tabla IV del anexo como funciones de los números de grados de libertad, para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$. Los valores $F\alpha$ y $F\alpha/2$ pueden derivarse de los valores - $F_1 - \alpha$ y $F_1\alpha/2$ como se indica.

Ejemplos numéricos.

Datos numéricos de medidas de la carga a la ruptura de dos muestras de fibra textil. Se señalan las características más importantes de las muestras además de las observaciones encontradas.

La unidad en que se expresan los datos numéricos y los resultados - de los cálculos es el newton.

TABLA X

Carga a la ruptura de fibra textil

Fibra 1	Fibra 2
2.297	2.286
2.582	2.327
1.949	2.388
2.362	3.172
2.040	3.158
2.133	2.751
1.855	2.222
1.986	2.367
1.642	2.247
2.915	2.512
	2.104
	2.707

Tamaños de muestra: $n_1 = 10$ $n_2 = 12$

Suma de valores observados

21.761 30.241

Valor promedio:

= 2.716 = 2.520

Suma total de los cuadrados de cada uno de los valores observados,

48.610 477 77,599 609

Suma de cuadrados de las diferencias respecto a cada uno de los promedios.

1.256 365 1.389 769

Estimación de varianza:

$s_1^2 = 0.13960$ $s_2^2 = 0.12634$

En general lo que se va a determinar son respuestas a preguntas del tipo de las siguientes:

Tomando en cuenta fluctuaciones casuales en el muestreo, ¿Son los promedios o las desviaciones normales en las dos muestras, consistentes con la hipótesis que los dos promedios de los universos -- y/o las dos desviaciones normales son indénticos?.

¿Si no son idénticos, en que cantidad difieren?.

Los procedimientos citados en las tablas A a H dan un respaldo objetivo en términos de declaraciones de probabilidad, a las preguntas que pueden sugerirse en estos aspectos.

Debido a que los procedimientos a seguirse dependen de la suposición que los universos muestreados son aproximadamente representados por la función de densidad normal, que tiene la ecuación

$$f\ (\upsilon) = \frac{1}{2\ \P}\ \exp\ (\frac{-\upsilon^2}{2})$$

al principio usualmente se requiere hacer una estimación de esta - suposición, a menos que se haya establecido el aseguramiento adecuado de la normalidad partiendo de exámenes anteriores de datos - similares. Cuando el número de datos no es muy grande, este exámen puede hacerse graficamente usando uno cualquiera de varios métodos alternativos.

TABLA A.- Comparación de un promedio con un valor dado (varianza conocida).

Es necesario examinar si las pruebas sobre la muestra consistente en diez piezas de fibra textil, son consistentes con lo mencionado por el fabricante de que la carga promedio de resistencia a la ruptura de esta fibra tiene un valor de $m_o = 2.40$.

Se supone que medidas anteriores han mostrado que la variación de lote a lote es estable, y que puede estar representada por una variación normal de $\sigma = 0.3315$.

Siguiendo el procedimiento señalado en la Tabla A, la presentación de los datos de este problema sería como sigue:

Características técnicas del universo estudiado: El lote consiste de una partida de textil de algodón, recibido el 1974-08-03 del proveedor H consistente en 10 000 bobinas empacadas en 100 cajas con 100 bobinas en cada caja.

Características técnicas de los elementos de muestra: Se extrajeron diez cajas aleatoriamente, extrayendo al azar una bobina de cada una de estas cajas. Se cortaron piezas de prueba de 50 cm de longitud de estas bobinas, aproximadamente a 5 m de distancia del extremo libre.

Las pruebas se efectuaron sobre los 25 cm centrales de estas piezas de prueba. Se registro la carga a la ruptura en newtons que se obtuvo en cada pieza.

Observaciones: ninguna.

Datos estadísticos	Cálculos
Tamaño de muestra: $n = 10$	$\bar{x} = \dfrac{21.76}{10} = 2.17$
Suma de los valores observados $\Sigma x = 21.76$	Usando la tabla I del anexo A de la primera parte.
Valor dado: $m_o = 2.40$	$(U_{0.975}/\sqrt{10}) = 0.620 \times 0.3315 = 0.2055$
Valor conocido de la desviación normal: $\sigma = 0.3315$	
Nivel de significación seleccionado: $\alpha = 0.05$	

Resultados

Comparación del promedio del universo con el valor dado m_o:

Caso bilateral: $|\bar{x}-m_o| = |2.17-3.40| = 0.224 > 0.2055$

Se rechaza la hipótesis de que el promedio del universo es igual a 2.40 al nivel de 5%.

Tabla A' - Comparación de un promedio con un valor dado (varianza desconocida).

El problema es el mismo que el descrito para la tabla A, pero en este caso debe estimarse la varianza a partir de la muestra, ya sea porque no hay mediciones anteriores disponibles o porque se piense que las que existan ya no sean apropiadas.

Aplicamos el procedimiento de la Tabla A' a los datos de la Fibra 1, usando los valores numéricos ya conocidos de la tabla X.

En este caso $\sigma^* = S = \sqrt{0.13960} = 0.373\,6$ y

$\sigma^* / \sqrt{10} = 0.1181, \quad \nu = 10-1 = 9$

Tomando una prueba bilateral con $\alpha = 0.05$, encontramos de la tabla II a del anexo que $t_{(0.975)}(9) = 2.262$ así que $t\,(0.975)\,(\sigma^*/\sqrt{10}) = 0.267$.

Comparando el promedio de muestra, $\bar{X} = 2.176$ con el valor mencionado por el fabricante de 2.40 encontramos

$$|\bar{X} - m_o| = 0.224 < 0.267$$

De donde resulta que los resultados de la muestra no son inconsistentes con lo mencionado por el fabricante. Nótese que la estimación muestreal de σ o sea $\sigma^* = s = 0.373\,6$ es mayor que la supuesta en el ejemplo de la tabla A ($\sigma = 0.3315$) y como resultado no podemos confiar que el promedio del universo ha caido abajo de 2.40.

Si se prefiere usar la tabla II b del anexo que da valores de la relación $t_{1-\alpha/2}(\nu) / \sqrt{n}$ para $\nu = n - 1 = 9$ debemos comparar $|\bar{X} - m_o|$ con $\{t_{0.975}(9)/\sqrt{10}\}s^* = 0.715 \times 0.3736 = 0.267$ el mismo valor crítico que se obtuvo usando la tabla II a

TABLA B - Intérvalo de estimación de un promedio (varianza conocida).

En este caso no se busca si el promedio del universo tiene un valor específico m_o sino los límites dentro de los cuales cae el promedio verdadero desconocido.

Asociamos entonces una probabilidad $1 - \alpha$ con el supuesto que los límites incluyen a m

Puede aplicarse el procedimiento de la tabla B a los datos de la Fibra 1. De nuevo se supone que es justificable usar la desviación estandar del universo, derivada de mediciones anteriores, o sea que - $\sigma = 0.3315$. Para un intérvalo de confianza bilateral asociado -- con una probabilidad

$1 - \alpha = 0.95$ tenemos

$$\bar{X} = 2.176$$

$$y \; (U\, 0.975/ \sqrt{10} \;) = 0.620 \times 0.3315 = 0.205\,5$$

de la tabla I del anexo , se tiene que el intérvalo de confianza - de 95% para m es

$$2.176 - 0.205 < m < 2.176 + 0.205\,5$$

$$1.970 < m < 2.382$$

TABLA B' - Intérvalo de estimación de un promedio (varianza desconocida).

El problema es el mismo que el anterior excepto que la $\sigma^* = s$ se -- substituye por σ y se usan los límites de probabilidad de t (o t - / $\sqrt{n}$) en vez de los de

($\upsilon/\sqrt{n}$)

Aplicando el procedimiento de la tabla B' para derivar límites de confianza bilaterales para m, con $1 - \alpha = 0.95$, usando la misma --- muestra de Fibra 1 tenemos $n = 10$, $\nu = 9$, $\bar{X} = 2.176$, $s = 0.373$ --- 6, $t\,0.975\ (s\,/\sqrt{10}\,) = 0.267$ como en el ejemplo de la tabla A' -- así que el intérvalo de confianza de 95% derivado a partir de la -- muestra está dado por

$$2.176 - 0.267 < m < 2.176 + 0.267$$

$$1.909 < m < 2.443$$

Si se desea tener límites necesariamente más amplios, a los que se les pueda asignar mayor confianza, podríamos tomar $1 - \alpha = 0.99$

Entonces la tabla II a del anexo da $t0.995\ (9) = 3.250$ o alternativamente, la tabla II b del anexo da $t(0.995)\ (9)/\sqrt{10} = 1.028$

Como resultado por cualquier medio encontramos

$$t(0.995)\ (s/\sqrt{10}) = (t0.995/\sqrt{10})\ S = 0.384$$

El intérvalo de confianza de 99% está ahora dado por:

$$2.176 - 0.384 = 1.792 < m < 2.560 = 2.176 + 0.384$$

Este intérvalo es claramente más amplio que el obtenido usando el - esquema de la tabla B, bajo el cual se supuso que la varianza era - conocida. Puede ser más seguro usar una estimación derivada de la muestra si hay cualquier duda de que la varianza basada en la experiencia anterior sea aún relevante.

TABLA C.- Comparación de dos promedios (varianzas conocidas)

Esto se ejemplificará comparando los promedios de las muestras de textil 1 y textil 2 dados en la tabla X. Se supone que las varianzas de los universos se han determinado satisfactoriamente a partir de mediciones anteriores, resultando los valores siguientes:

$$\sigma_1^2 = 0.1098, \qquad \sigma_1 = 0.3315$$

$$\sigma_2^2 = 0.0968, \qquad \sigma_2 = 0.3112$$

La presentación de los datos numéricos sería entonces como sigue:

Características técnicas del universo: Dos lotes de fibras recibidos el 1974-08-03 del proveedor A y el 1974-08-05 del proveedor F, consistentes en 10 000 y 20 000 bobinas respectivamente, empacados en cajas de 100 bobinas.

Características técnicas de los elementos de muestra: Se extrajeron aleatoriamente 10 y 12 cajas respectivamente de cada lote, y se extrajo una bobina al azar de cada una de estas cajas. Se cortaron piezas de prueba de 50 cm de longitud de estas bobinas, aproximadamente a 5 m de distancia del extremo libre de las bobinas de prueba.

Las pruebas se efectuaron sobre los 25 cm centrales de estas piezas de prueba. Se registro la carga a la ruptura en newtons que se obtuvo en cada pieza.

Observaciones: ninguna.

Datos estadísticos

Tamaño:	Primera muestra	Segunda muestra
n=	10	12
Suma de los valores observados:		
Σx =	21.76	30.24
Valor conocido de la varianza:		
σ^2 =	0.1098	0.0968

Nivel de significación seleccionado:

$\alpha = 0.05$

Cálculos

$$\bar{x}_1 = \frac{21.76}{10} = 2.17$$

$$\bar{x}_2 = \frac{30.24}{12} = 2.52$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{0.1098}{10} + \frac{0.0968}{12}} = 0.1381$$

$$U_{0.975}\,\sigma_d = 1.96 \times 0.1381 = 0.271$$

Resultados

Comparación de los promedios de los dos universos:

Caso bilateral $\quad |2.17 - 2.52| = 0.344 > 0.271$

Se rechaza la hipótesis nula de que los promedios son iguales, al nivel del 5%. El segundo tipo de textil, tiene la carga a la ruptura reconocida como la más grande.

TABLA C' - Comparación de dos promedios (varianzas desconocidas pero pueden suponerse iguales)

El problema difiere del descrito anteriormente, si como comunmente sucede no se considera justificable aceptar los valores σ_1^2 y σ_2^2 basados en mediciones anteriores. Entonces es necesario obtener una estimación de la varianza a partir de los datos de muestra. La -- prueba es estrictamente válida solamente si las dos varianzas desconocidas del universo son iguales, habrá muy poco error si los tamaños de muestra nl y n2 son cercanamente iguales, si usamos una estimación mezclada σ_d citada en la tabla C'.

Se usarán las dos muestras de fibra dadas en la tabla anterior. En este caso tenemos

$$\bar{x}_1 = 2.176 \qquad \bar{x}_2 = 2.520$$

Suma de cuadrados de diferencias respecto al promedio:

		grados de libertad
1a muestra	1.256 365	10 - 1 = 9
2a muestra	1.389 769	12 - 1 = 11
T o t a l	2.646 134	22 - 2 = 20

Estimación de la desviación normal de la diferencia entre $\bar{x}_1$ y $\bar{x}_2$

$$\sigma_d^* = \sqrt{\frac{22}{10 \times 12} \times \frac{2.646134}{20}} = 0.1557$$

Usando una prueba bilateral con $\alpha = 0.05$, tenemos

$$t0.975\ (20)\ \sigma_d^* = 2.086 \times 0.1557 = 0.325$$

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = |2.176 - 2.520| = 0.344 > 0.325$$

La hipótesis de promedios iguales de universos: $m_1 = m_2$ se rechaza entonces al nivel del 5% No sería rechazada al nivel del 1%.

TABLA D - Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas - conocidas).

En este caso no contrastamos si los dos universos tienen un valor - promedio común, sino usamos las dos muestras para estimar la dife-- rencia entre sus dos promedios, m_1 y m_2. Obtenemos límites de con-- fianza para esta diferencia, $m_1 - m_2$, asociada con una probabilidad $1 - \alpha$

De nuevo se usan los mismos datos y se supone que las varianzas --- $\sigma_1^2 = 0.10989$ y $\sigma_2^2 = 0.09685$ se conocen de mediciones anterio- res. La desviación normal de la diferencia en promedios de mues- tra, $\bar{X}_1$ y $\bar{X}_2$ serán de nuevo como en la tabla C $\sigma_d = 0.138\ 1$ y

$$U\ 0.975 \sigma_d = 1.96 \times 0.1381 = 0.271$$

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = -0.344$$

Se tiene que el intérvalo de 95% de confianza para $m_1 - m_2$ es

$$-0.344 - 0.271 < m_1 - m_2 < -0.344 + 0.271$$

$$0.073 < m_2 - m_1 < 0.615$$

TABLA D' - Estimación de la diferencia de dos promedios (varianzas desconocidas, pero pueden suponerse iguales).

Se requiere estimar un intérvalo de confianza para la diferencia - entre cargas promedio a la ruptura de los dos tipos de fibras textiles. En este caso no hay valores aceptables de σ_1^2 y σ_2^2 basados en mediciones anteriores, pero suponiendo que las varianzas desconocidas son iguales o cercanamente iguales, usamos el valor común obtenido de los datos mezclados, como se derivó anteriormente o sea

$$\sigma_d^* = 0.1557$$

y procedemos a encontrar un intérvalo de confianza bilateral para - $m_1 - m_2$. El procedimiento es semejante al de la tabla D excepto -- que σ_d^* se substituye por σ_d y t0.975 (υ) por U0.975, dando

$$t0.975\ (20)\ \sigma_d^* = 2.086 \times 0.1557 = 0.325$$

Esto da la desigualdad

$$-0.344 - 0.325 < m_1 - m_2 < -0.344 + 0.325$$

o

$$0.019 < m_2 - m_1 < 0.669$$

Asociada con una probabilidad de $1 - \alpha = 0.95$. Nótese que en este - caso donde tiene que estimarse la varianza, el intérvalo basado en la distribución t es algo más amplio que el encontrado en el ejemplo ilustrativo de la tabla D.

TABLA E - Comparación de una varianza con un valor dado.

Los ejemplos anteriores han tratado de las relaciones entre valores promedios de la muestra y del universo. En el presente ejemplo y en los tres que siguen se tratará de las relaciones entre varianzas de la muestra y del universo o de desviaciones normales de la muestra y del universo.

Tomar las 10 observaciones de la carga a la ruptura de la fibra 1 - de la tabla X y preguntar si son consistentes con la hipótesis que la varianza del universo no excede un valor especificado de ----- $\sigma_0^2 = 0.0900$

Este es el caso unilateral a) de la tabla E usando los resultados - dados en la tabla X, tenemos

$$\frac{\Sigma\,(X - \bar{X}\,)^2}{\sigma_0^2} = \frac{1{,}256\ 365}{0.0900} \quad 13.96$$

La Referencia a la tabla III del anexo muestra que para $\nu = 9$ grados de libertad, el 5% inferior de X^2 es 16.92, así que la varianza observada de la muestra no es inconsistente con la hipótesis nula - (que $\sigma^2 \nless 0.090$). Aunque la varianza de la muestra, $S_1^2 = 0.1396$ es un buen valor mayor que el valor especificado de 0.090, tal diferencia puede bien ocurrir casualmente en una muestra de solamente - 10 observaciones.

TABLA F - Estimación de una varianza.

Los datos de la muestra de la fibra 1 también pueden usarse para derivar límites de confianza inferiores y superiores para la σ^2 desconocida. Si tomamos 1 - α 0.95, la tabla III del anexo da para - υ = 9 grados de libertad.

$$\chi^2\ 0.025\ (9) = 2.700$$
$$\chi^2\ 0.975\ (9) = 19.02$$

Entonces $$\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{\chi^2\ 0.025} = \frac{1.2563}{2.700} = 0.4653$$

$$\frac{\Sigma\ (X - \bar{X})^2}{\chi^2\ 0.975} = \frac{1.2563}{19.02} = 0.0661$$

y una probabilidad de 0.95, o de 19 sobre 20, puede asociarse con el supuesto

$$0.0661 < \sigma^2 < 4653 \quad ó \quad 0.257 < \sigma < 0.682$$

Si se deseara obtener límites, necesariamente más amplios, para los cuales la probabilidad de incluir una varianza desconocida fuera mayor, por ejemplo 0.99 en vez de 0.95, pueden obtenerse valores de - χ^2 0.005 (9) y χ^2 0.005 (9) de la tabla III del anexo . Los límites de confianza serían

$$0.05326 < \sigma^2 < 0.724 \quad ó \quad 0.231 < \sigma < 0.851$$

TABLA G - Comparación de dos varianzas.

Se requiere determinar si los resultados para las muestras de fibra 1 y fibra 2 dados en la tabla X son consistentes con la hipótesis de que los dos universos tienen una varianza común pero no especificada de carga a la ruptura, tal que $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

La Tabla X da

$$\nu_1 = 10 - 1 = 9, \quad \nu_2 = 12 - 1 = 11$$

$$s_1^2 = 0.13960, \quad s_2^2 = 0.12634$$

Se tiene que

$$F = s_1^2 / s_2^2 = 1.10$$

De la tabla IV del anexo encontramos por interpolación aproximada que

$$F\ 1 - \alpha/2\ (\nu_1, \nu_2) = F\ 0.975\ (9,11) = 3.6$$

$$F\ \alpha/2\ (\nu_1, \nu_2) = 1/F0.975\ (11,9) = 1/4.0 = 0.25$$

La relación observada de 1.10 cae bien dentro de estos límites así es que no hay razón para dudar de la hipótesis de que $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$.

TABLA H - Estimación de la relación de dos varianzas.

Tomando las dos muestras de carga a la ruptura en la fibra (datos de la tabla X) se requieren límites para la relación de varianzas del universo, σ_1^2 / σ_2^2

Además de los valores aproximados

$$F\ 0.975\ (9,11) = 3.6$$

$$F\ 0.025\ (9,11) = 0.25$$

ya obtenidos por interpolación en la tabla IV del anexo en el ejemplo anterior, podemos encontrar similarmente

$$F\ 0.995\ (9,11) = 5.6$$

$$F\ 0.005\ (9,11) = \frac{1}{F\ 0.995\ (11,9)} = \frac{1}{6.4} = 0.16$$

La regla de la tabla H da entonces los siguientes intérvalos de confianza, ya que $S_1^2/S_2^2 = 1.10$

Nivel de confianza	Límites para la relación de varianzas del universo σ_1^2 / σ_2^2
0.95	$\frac{1}{3.6} \times 1.10 = 0.31 < \sigma_1^2/\sigma_2^2 < 4.4 = 4\text{x}1.10$
	ó $0.56 < \sigma_1/\sigma_2 < 2.1$
0.99	$\frac{1}{5.6} \times 1.10 = 0.20 < \sigma_1^2/\sigma_2^2 < 7.0 = 6.4\text{x}1.10$
	ó $0.45 < \sigma_1/\sigma_2 < 2.6$

De nuevo habrá de notarse que para muestras tan pequeñas como 10 y 12, los límites asociados con un nivel de confianza de 0.95 ó de 19 sobre 20 son muy amplios. Si se necesita un mayor aseguramiento -- (de 99 sobre 100) de que los límites incluirán la relación verdadera desconocida, los límites de la relación de varianzas son tan amplios que casi no poseen ningún valor, aunque cuando se expresan como una relación de desviaciones estandar no parecen ser tan extremos. En otras palabras, para estimar una relación de varianzas con cualquier grado de exactitud se necesitan muestras mucho mayores.

ANEXO A PRIMERA PARTE

TABLAS ESTADISTICAS

TABLA I.- Valores de la relación $U_{1-\alpha}/\sqrt{n}$

TABLA IIa.- Fracciles de la distribución de Student

TABLA IIb.- Valores de la relación $t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}$ para $\nu = n-1$

TABLA III.- Fracciles de la distribución de Chi-cuadrada

TABLA IV.- Puntos porcentaje superior de F.

TABLA 1.- Valores de la relación $U_{1-\alpha} / \sqrt{n}$

n	Caso bilateral		Caso unilateral	
	$\frac{u_{0,975}}{\sqrt{n}}$	$\frac{u_{0,995}}{\sqrt{n}}$	$\frac{u_{0,95}}{\sqrt{n}}$	$\frac{u_{0,99}}{\sqrt{n}}$
1	1,960	2,576	1,645	2,326
2	1,386	1,821	1,163	1,645
3	1,132	1,487	0,950	1,343
4	0,980	1,288	0,822	1,163
5	0,877	1,152	0,736	1,040
6	0,800	1,052	0,672	0,950
7	0,741	0,974	0,622	0,879
8	0,693	0,911	0,582	0,822
9	0,653	0,859	0,548	0,775
10	0,620	0,815	0,520	0,735
11	0,591	0,777	0,496	0,701
12	0,566	0,744	0,475	0,671
13	0,544	0,714	0,456	0,645
14	0,524	0,688	0,440	0,622
15	0,506	0,665	0,425	0,601
16	0,490	0,644	0,411	0,582
17	0,475	0,625	0,399	0,564
18	0,462	0,607	0,388	0,548
19	0,450	0,591	0,377	0,534
20	0,433	0,576	0,368	0,520
21	0,423	0,562	0,359	0,508
22	0,418	0,549	0,351	0,496
23	0,409	0,537	0,343	0,485
24	0,400	0,526	0,336	0,475
25	0,392	0,515	0,329	0,465
26	0,384	0,505	0,323	0,456
27	0,377	0,496	0,317	0,448
28	0,370	0,487	0,311	0,440
29	0,364	0,478	0,305	0,432
30	0,358	0,470	0,300	0,425
31	0,352	0,463	0,295	0,418
41	0,306	0,402	0,257	0,363
51	0,274	0,361	0,230	0,326
61	0,251	0,330	0,211	0,298
71	0,233	0,306	0,195	0,276
81	0,218	0,286	0,183	0,258
91	0,205	0,270	0,172	0,244
101	0,195	0,256	0,164	0,231
201	0,139	0,182	0,116	0,164
501	0,088	0,115	0,073	0,104
∞	0	0	0	0

TABLA IIa.- Fracciles de la distribución de Student

ν	Caso bilateral		Caso unilateral	
	$t_{0,975}$	$t_{0,995}$	$t_{0,95}$	$t_{0,99}$
1	12,706	63,657	6,314	31,821
2	4,303	9,925	2,920	6,965
3	3,182	5,841	2,353	4,541
4	2,776	4,604	2,132	3,747
5	2,571	4,032	2,015	3,365
6	2,447	3,707	1,943	3,143
7	2,365	3,499	1,895	2,998
8	2,306	3,355	1,860	2,896
9	2,262	3,250	1,833	2,821
10	2,228	3,169	1,812	2,764
11	2,201	3,106	1,796	2,718
12	2,179	3,055	1,782	2,681
13	2,160	3,012	1,771	2,650
14	2,145	2,977	1,761	2,624
15	2,131	2,947	1,753	2,602
16	2,120	2,921	1,746	2,583
17	2,110	2,898	1,740	2,567
18	2,101	2,878	1,734	2,552
19	2,093	2,861	1,729	2,539
20	2,086	2,845	1,725	2,528
21	2,080	2,831	1,721	2,518
22	2,074	2,819	1,717	2,508
23	2,069	2,807	1,714	2,500
24	2,064	2,797	1,711	2,492
25	2,060	2,787	1,708	2,485
26	2,056	2,779	1,706	2,479
27	2,052	2,771	1,703	2,473
28	2,048	2,763	1,701	2,467
29	2,045	2,756	1,699	2,462
30	2,042	2,750	1,697	2,457
40	2,021	2,704	1,684	2,423
60	2,000	2,66	1,671	2,390
120	1,980	2,617	1,658	2,358
∞	1,960	2,576	1,645	2,326

NOTA- Para interpolación cuando $\nu > 30$, tomar $Z = 120/\nu$ como argumento

Ejemplo:

$\nu = 40 \quad z = 120/\nu = 3 \quad t_{0,975} = 2,021$

$\nu = 60 \quad z = 120/\nu = 2 \quad t_{0,975} = 2,000$

$\nu = 50 \quad z = 120/\nu = 2,4 \quad t_{0,975} = 2,021 - \frac{3-2,4}{3-2}(2,021-2)$

$t_{0,975} = 2,008$

TABLA IIb.- Valores de la relación $t_{1-\alpha}(\nu)/\sqrt{n}$ para $\nu = n - 1$

$\nu = n-1$	Caso bilateral		Caso unilateral	
	$\frac{t_{0,975}}{\sqrt{n}}$	$\frac{t_{0,995}}{\sqrt{n}}$	$\frac{t_{0,95}}{\sqrt{n}}$	$\frac{t_{0,99}}{\sqrt{n}}$
1	8,985	45,013	4,465	22,501
2	2,434	5,730	1,686	4,021
3	1,591	2,920	1,177	2,270
4	1,242	2,059	0,953	1,676
5	1,049	1,646	0,823	1,374
6	0,925	1,401	0,734	1,188
7	0,836	1,237	0,670	1,060
8	0,769	1,118	0,620	0,966
9	0,715	1,028	0,580	0,892
10	0,672	0,956	0,546	0,833
11	0,635	0,897	0,518	0,785
12	0,604	0,847	0,494	0,744
13	0,577	0,805	0,473	0,703
14	0,554	0,769	0,455	0,678
15	0,533	0,737	0,438	0,651
16	0,514	0,708	0,423	0,626
17	0,497	0,683	0,410	0,605
18	0,482	0,660	0,398	0,586
19	0,468	0,640	0,387	0,568
20	0,455	0,621	0,376	0,552
21	0,443	0,604	0,367	0,537
22	0,432	0,588	0,358	0,523
23	0,422	0,573	0,350	0,510
24	0,413	0,559	0,342	0,498
25	0,404	0,547	0,335	0,487
26	0,396	0,535	0,328	0,477
27	0,388	0,524	0,322	0,467
28	0,380	0,513	0,316	0,458
29	0,373	0,503	0,310	0,449
30	0,367	0,494	0,305	0,441
40	0,316	0,422	0,263	0,378
50	0,281	0,375	0,235	0,337
60	0,256	0,341	0,214	0,306
70	0,237	0,314	0,198	0,283
80	0,221	0,293	0,185	0,264
90	0,208	0,276	0,174	0,248
100	0,197	0,261	0,165	0,235
200	0,139	0,183	0,117	0,165
500	0,088	0,116	0,074	0,104
∞	0	0	0	0

TABLA III.- Fracciles de la distribución Chi-cuadrada

ν	Caso bilateral				Caso unilateral			
	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$	$\chi^2_{0.05}$	$\chi^2_{0.95}$	$\chi^2_{0.01}$	$\chi^2_{0.99}$
1	0,001	5,023	0,000 039 3	7,879	0,004	3,841	0,000 2	6,635
2	0,051	7,378	0,010	10,597	0,103	5,991	0,020	9,210
3	0,216	9,348	0,072	12,838	0,352	7,815	0,115	11,345
4	0,484	11,143	0,207	14,860	0,711	9,488	0,297	13,277
5	0,831	12,833	0,412	16,750	1,145	11,071	0,554	15,086
6	1,237	14,449	0,676	18,548	1,635	12,592	0,872	16,812
7	1,690	16,013	0,989	20,278	2,167	14,067	1,239	18,475
8	2,180	17,535	1,344	21,955	2,733	15,507	1,646	20,090
9	2,700	19,023	1,735	23,589	3,325	16,919	2,088	21,666
10	3,247	20,483	2,156	25,188	3,940	18,307	2,558	23,209
11	3,816	21,920	2,603	26,757	4,575	19,675	3,053	24,725
12	4,404	23,337	3,074	28,300	5,226	21,026	3,571	26,217
13	5,009	24,736	3,565	29,819	5,892	22,362	4,107	27,688
14	5,629	26,119	4,075	31,319	6,571	23,685	4,660	29,141
15	6,262	27,488	4,601	32,801	7,261	24,996	5,229	30,578
16	6,908	28,845	5,142	34,267	7,962	26,296	5,812	32,000
17	7,564	30,191	5,697	35,719	8,672	27,587	6,408	33,409
18	8,231	31,526	6,265	37,156	9,390	28,869	7,015	34,805
19	8,907	32,852	6,844	38,582	10,117	30,144	7,633	36,191
20	9,591	34,170	7,434	39,997	10,851	31,410	8,260	37,566
21	10,283	35,479	8,034	41,401	11,591	32,671	8,897	38,932
22	10,982	36,781	8,643	42,796	12,338	33,924	9,542	40,289
23	11,689	38,076	9,260	44,181	13,091	35,173	10,196	41,638
24	12,401	39,364	9,886	45,559	13,848	36,415	10,856	42,980
25	13,120	40,647	10,520	46,928	14,611	37,653	11,524	44,314
26	13,844	41,923	11,160	48,290	15,379	38,885	12,198	45,642
27	14,573	43,194	11,808	49,645	16,151	40,113	12,879	46,963
28	15,308	44,461	12,461	50,993	16,928	41,337	13,565	48,278
29	16,047	45,722	13,121	52,336	17,708	42,557	14,257	49,588
30	16,791	46,979	13,787	53,672	18,493	43,773	14,954	50,892

TABLA IV.- Puntos porcentaje de F

Valores de $F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2)$, $\alpha = 0{,}05$

ν_2 \ ν_1	4	5	6	7	8	10	12	15	20	24	30	40	60	120
4	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66
5	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40
6	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70
7	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27
8	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97
10	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58
12	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34
15	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11
20	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90
24	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79
30	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68
40	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58
60	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47
120	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35

Valores de $F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2)$, $\alpha = 0{,}025$

ν_2 \ ν_1	4	5	6	7	8	10	12	15	20	24	30	40	60	120
4	9,60	9,36	9,20	9,07	8,98	8,84	8,75	8,66	8,56	8,51	8,46	8,41	8,36	8,31
5	7,39	7,15	6,98	6,85	6,76	6,62	6,52	6,43	6,33	6,28	6,23	6,18	6,12	6,07
6	6,23	5,99	5,82	5,70	5,60	5,46	5,37	5,27	5,17	5,12	5,07	5,01	4,96	4,90
7	5,52	5,29	5,12	4,99	4,90	4,76	4,67	4,57	4,47	4,42	4,36	4,31	4,25	4,20
8	5,05	4,82	4,65	4,53	4,43	4,30	4,20	4,10	4,00	3,95	3,89	3,84	3,78	3,73
10	4,47	4,24	4,07	3,95	3,85	3,72	3,62	3,52	3,42	3,37	3,31	3,26	3,20	3,14
12	4,12	3,89	3,73	3,61	3,51	3,37	3,28	3,18	3,07	3,02	2,96	2,91	2,85	2,79
15	3,80	3,58	3,41	3,29	3,20	3,06	2,96	2,86	2,76	2,70	2,64	2,59	2,52	2,46
20	3,51	3,29	3,13	3,01	2,91	2,77	2,68	2,57	2,46	2,41	2,35	2,29	2,22	2,16
24	3,38	3,15	2,99	2,87	2,78	2,64	2,54	2,44	2,33	2,27	2,21	2,15	2,08	2,01
30	3,25	3,03	2,87	2,75	2,65	2,51	2,41	2,31	2,20	2,14	2,07	2,01	1,94	1,87
40	3,13	2,90	2,74	2,62	2,53	2,39	2,29	2,18	2,07	2,01	1,94	1,88	1,80	1,72
60	3,01	2,79	2,63	2,51	2,41	2,27	2,17	2,06	1,94	1,88	1,82	1,74	1,67	1,58
120	2,89	2,67	2,52	2,39	2,30	2,16	2,05	1,94	1,82	1,76	1,69	1,61	1,53	1,43

Valores de $F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2)$, $\alpha = 0{,}01$

ν_2 \ ν_1	4	5	6	7	8	10	12	15	20	24	30	40	60	120
4	15,98	15,52	15,21	14,98	15,80	14,55	14,37	14,20	14,02	13,93	13,84	13,75	13,65	13,56
5	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,05	9,89	9,72	9,55	9,47	9,38	9,29	9,20	9,11
6	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,87	7,72	7,56	7,40	7,31	7,23	7,14	7,06	6,97
7	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,62	6,47	6,31	6,16	6,07	5,99	5,91	5,82	5,74
8	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,81	5,67	5,52	5,36	5,28	5,20	5,12	5,03	4,95
10	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,85	4,71	4,56	4,41	4,33	4,25	4,17	4,08	4,00
12	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,30	4,16	4,01	3,86	3,78	3,70	3,52	3,54	3,45
15	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,80	3,67	3,52	3,37	3,29	3,21	3,13	3,05	2,96
20	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,37	3,23	3,09	2,94	2,86	2,78	2,69	2,61	2,52
24	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,17	3,03	2,89	2,74	2,66	2,58	2,49	2,40	2,31
30	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	2,98	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11
40	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,80	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92
60	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,63	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,84	1,73
120	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,47	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53

Valores de $F_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2)$, $\alpha = 0{,}005$

ν_2 \ ν_1	4	5	6	7	8	10	12	15	20	24	30	40	60	120
4	23,15	22,46	21,97	21,62	21,35	20,97	20,70	20,44	20,17	20,03	19,89	19,75	19,61	19,47
5	15,56	14,94	14,51	14,20	13,96	13,62	13,38	13,15	12,90	12,78	12,66	12,53	12,40	12,27
6	12,03	11,46	11,07	10,79	10,57	10,25	10,03	9,81	9,59	9,47	9,36	9,24	9,12	9,00
7	10,05	9,52	9,16	8,89	8,68	8,38	8,18	7,97	7,75	7,65	7,53	7,42	7,31	7,19
8	8,81	8,30	7,95	7,69	7,50	7,21	7,01	6,81	6,61	6,50	6,40	6,29	6,18	6,06
10	7,34	6,87	6,54	6,30	6,12	5,85	5,66	5,47	5,27	5,17	5,07	4,97	4,86	4,75
12	6,52	6,07	5,76	5,52	5,35	5,09	4,91	4,72	4,53	4,43	4,33	4,23	4,12	4,01
15	5,80	5,37	5,07	4,85	4,67	4,42	4,25	4,07	3,88	3,79	3,69	3,58	3,48	3,37
20	5,17	4,76	4,47	4,26	4,09	3,85	3,68	3,50	3,32	3,22	3,12	3,02	2,92	2,81
24	4,89	4,49	4,20	3,99	3,83	3,59	3,42	3,25	3,06	2,97	2,87	2,77	2,66	2,55
30	4,62	4,23	3,95	3,74	3,58	3,34	3,18	3,01	2,82	2,73	2,63	2,52	2,42	2,30
40	4,37	3,99	3,71	3,51	3,35	3,12	2,95	2,78	2,60	2,50	2,40	2,30	2,18	2,06
60	4,14	3,76	3,49	3,29	3,13	2,90	2,74	2,57	2,39	2,29	2,19	2,08	1,96	1,83
120	3,92	3,55	3,28	3,09	2,93	2,71	2,54	2,37	2,19	2,09	1,98	1,87	1,75	1,61

NOTAS

1) Para los puntos inferiores 100 %, $F(\nu_1, \nu_2) = 1/F_{1-\alpha}(\nu_2, \nu_1)$

2) Para interpolación

a) entre ν_1, ν_2 = 10 y 20 tomar $Z = 60/\nu$ como argumento;

b) valores sobre ν_1, ν_2 = 20 tomar $Z' = 120/\nu$ como argumento.

SEGUNDA PARTE

SISTEMAS COMUNES DE MUESTREO

En esta segunda parte se presentan sistemas de muestreo para - propósitos de aceptación, estimación de la calidad y para control - de la calidad del proceso.

Se proporcionan las tablas 1(a) y 1(b) como referencia para - relacionar el plan que cubra más apropiadamente una situación específica.

Para usar estas tablas se debe decidir si la medición característica se va a clasificar por atributos o por variables y se selecciona entonces el propósito del muestreo de las Tablas 1(a) ó 1(b) y directamente a la derecha se señala la parte respectiva de referencia.

T A B L A I

TABLAS DE SELECCION DE PLAN DE MUESTREO

(a) Datos por Atributos

Propósito del Muestreo	Parte de Referencia
Aceptación	1 Muestreo de Aceptación por Atributos excepto para artículos de seguridad que requieren aseguramiento 100% o que implican --- pruebas destructivas.
Evaluación de la Calidad	3 Muestreo de Estimación.
Control del Proceso	4 Muestreo para Control de Calidad del Proceso y específicamente: 4.4. Control del Proceso por Cartas de Control por Porciento Defectuoso (cartas P) 4.5. Cartas de Control por defectos por Unidad (cartas C)

(b) Datos por Variables

Propósito del Muestreo	Parte de Referencia
Aceptación	2 Muestreo de Aceptación por Variables, excepto para: artículos de seguridad que requieren aseguramiento 100%.
Evaluación de la Calidad	3 Muestreo de Estimación por Variables párrafo 3.3.
Control del Proceso	4 Muestreo para Control de la Calidad del Proceso y específicamente: 4.3. Control del Proceso por Cartas de Control por Variables.

I. MUESTREO DE ACEPTACION

1. MUESTREO DE ACEPTACION POR ATRIBUTOS

Este método de muestreo se usa para inspección de lotes o partidas para propósitos de aceptación o auditoría, usualmente es más económico que el "Muestreo por Variables" cuando la inspección o prueba no es destructiva y no es particularmente costosa, y cuando se está evaluando más de una característica de calidad.

Las siguientes son algunas ventajas de este método sobre el de Muestreo por Variables:

a) Generalmente no hay que efectuar cálculos sobre los resultados de la inspección muestreal, y el proceso de recolectar datos en base a los cuales efectuar una decisión es relativamente sencillo. No hay retrasos o costos extras para poder efectuar una decisión;

b) El procedimiento es relativamente sencillo, se requiere menos entrenamiento que el requerido para Muestreo por Variables;

c) Se requiere únicamente medir la característica como "de conformidad" o "no conformidad". Entonces el dimensionamiento del tipo "pasa" o "no pasa" es satisfactorio. Algunas características pueden verificarse como "aceptables" o "no aceptables" tal como cuando se verifica si un componente está presente o ausente en un ensamble o si se cumple o nó con un patrón visual;

d) No es necesario que la distribución del universo se aproxime a la normal (como se requiere en el Muestreo por Variables);

e) Esta técnica puede aplicarse a varias características al mismo tiempo

Las técnicas descritas en esta parte son útiles para un amplio rango de características y pueden usarse para lotes para los cuales no hay referencias anteriores respecto a su calidad. Cuando se dispone de referencias de "buena calidad" de experiencias pasadas puede reducirse la cantidad de muestreo.

Requisitos Básicos para Inspección por medio de este Técnica.

Clasificar las características por atributos: mediciones de las características conformes o no conformes respecto a una especificación, clasificándose como "aceptables" o "no aceptables".

No se necesitan los valores reales de la característica ya que tales valores se transforman en resultados "aceptables" o "no aceptables"

Seleccionar el tamaño de muestra (número de artículos en la -- muestra) y el número de aceptación (número permitible de artículos defectuosos en la muestra) de forma tal de favorecer la aceptación de buena calidad.

"Buena Calidad" es aquella indicada por el Nivel de Calidad - Aceptable (NCA) en términos de porciento defectuoso.

Determinar tamaños de muestra y números de aceptación de ta-- blas de muestreo en relación a tamaños de lotes.

Ajustarlos para dar una alta probabilidad de aceptación de calidad aceptable, y relativamente baja aceptación de calidad pobre, con cantidad razonable de inspección.

Para mejorar la probabilidad de aceptación de lotes, el productor debería buscar un promedio del proceso mejor que el NCA (la mitad del NCA es un nivel razonable).

Extraer aleatoriamente la muestra para que pueda considerarse apropiadamente representativa de la calidad del lote.

Todas las piezas del lote al cual se aplique el muestreo de -- aceptación deben proceder del mismo proceso, de las mismas condiciones, de la misma planta del mismo vendedor, y no debe haber evidencias de que se han combinado varios lotes discretos.

Si hay evidencias durante el curso de la inspección de que se hayan combinado varios lotes discretos entonces puede ser necesario modificar las decisiones basadas en los resultados de la inspección de la muestra.

En general, cada característica para la cual se va a ejecutar una inspección se considera por separado para decidir si la muestra ha excedido el "número de aceptación" de defectos. Si no se excede este número, el lote puede considerarse aceptable para esa característica. Sin embargo debe tomarse en cuenta que si se consideran --

separadamente los resultados de la medición de cada característica, al efectuar una decisión para aceptación de un lote, entonces una - medida de la calidad del lote es la suma de defectos de todas las - características, para los cuales el máximo posible es la suma de -- los NCA's para cada característica. El porciento defectuoso máximo permitido para cada característica el el mismo que el NCA para esa característica. En la suma para todas las características no se espera que el número total de defectos sea igual al número total de artículos defectuosos ya que un defectuoso puede contener más de un defecto.

Muestreo Sencillo de Aceptación por Atributos y Tablas.

El procedimiento que aquí se detalla cumple los requisitos - de la Mil-Std-105D, Procedimientos de Muestreo y Tablas para Inspección por Atributos, Nivel II de Inspección.

Las tablas de muestreo seleccionadas e incluídas en esta parte son útiles para una gran cantidad de aplicaciones.

Procedimiento:

Seleccionar para las característica a inspeccionarse el tamaño de muestra y el número de aceptación de la sección apropiada de las tablas 2, 3 ó 4.

En general puede usarse la Tabla 2 Inspección Normal para las partes en que no se cumplan las condiciones para usar la Inspección Reducida o si los resultados de inspecciones no requieren usar la - Inspección Severa o permiten la Inspección Reducida.

La Tabla 3 Inspección Severa, se usarán cuando dos de cinco lotes anteriores han sido rechazados en inspección original. Puede regresarse a Inspección Normal cuando se hayan considerado aceptables cinco lotes consecutivos en Inspección original.

La Tabla 4, Inspección Reducida, se usará solamente cuando - se cumplan las siguientes condiciones:

(a) Diez lotes anteriores han estado en Inspección Normal y ninguno ha sido rechazado en inspección original;

(b) El número total de defectos de las muestras de diez lotes previos es igual o menor que el número dado aplicable de la - Tabla 5.

(c) Se sabe que la producción se mantiene en un régimen estacionario; y

(d) Se satisface el requisito de que no se han modificado las condiciones de fabricación desde la aceptación de los diez -- lotes anteriores.

Debe descontinuarse la inspección Reducida inmediatamente después de que no se ha aceptado un lote en este tipo de inspección.

Bajo inspección reducida, el muestreo puede proceder sin que se hayan cumplido criterios de aceptación o rechazo. En este caso el lote o partida debe considerarse aceptable pero debe cambiarse - a inspección normal con el siguiente lote o partida.

El NCA al cual se va a muestrear la característica depende de si un defecto de esa característica puede clasificarse como crítico, mayor o menor.

Un defecto crítico es muy serio, puede conducir a que se considere al artículo inútil y quizá peligroso. Las características cuyos defectos puede considerarse críticos deben inspeccionarse 100% o al plan más crítico de muestreo de NCA de 0.1%

Un defecto mayor es diferente del crítico y puede dar como resultado la falla o utilidad reducida del artículo o producto final. Las características defectuosas que pudieran considerarse como mayores, pueden inspeccionarse a los siguientes planes de muestreo más - críticos, ya sea NCA 0.25 porciento o NCA 1.0 porciento.

Un defecto menor, probablemente no reduzca la utilidad de la - parte o producto final. Las características defectuosas que pueden - considerarse como menores, pueden inspeccionarse a planes de muestreo menos críticos de NCA de 2.5 porciento.

Las reglas anteriores para selección del plan de NCA a usarse son muy generales y pueden modificarse para cubrir condiciones más específicas.

Para determinar el tamaño de muestra y el número de aceptación, se entra a la sección aplicable de las Tablas 2, 3 ó 4, determinando el rango de tamaño de lote dentro del cual cae el tamaño de lote en cuestión, y se procede a la derecha hasta que se intersecte el NCA - asignado a esa característica. El número de aceptación se lee en la intersección. Si hay una flecha en esta intersección el número de -- aceptación es aquel que la flecha indique. El tamaño de muestra a seleccionarse se encuentra en la columna de Tamaño de Muestra que está en la misma línea que el número de aceptación que se está usando.

Cuando se usa más de un plan de NCA para un lote de partes, el método recomendado para seleccionar las diferentes cantidades de --- muestra requerida es seleccionar aleatoriamente la mayor muestra del lote, seleccionar al azar el siguiente tamaño de muestra y así sucesivamente.

Las características se considerará aceptable cuando el número de piezas inaceptables de la muestra no exceda el número de aceptación.

TABLA 2
INSPECCION NORMAL

TAMAÑO DEL LOTE DE INSPECCION	TAMAÑO DE MUESTRA	NCA 0·10 No Acept	NCA 0·25 No Acept	NCA 1·0 No Acept	NCA 2·5 No Acept
6 a 25	5	|	|	|	0 ↑
26 a 50	8	|	|	↓	
51 a 90	13	|	|	0	↓
91 a 150	20	|	|	↑	1
151 a 280	32	|	↓	↓	2
281 a 500	50	|	0	1	3
501 a 1200	80	↓	↑	2	5
1201 a 3200	125	0	↓	3	7
3201 a 10000	200	↑	1	5	10
10001 a 35000	315	↓	2	7	14
35001 a 150000	500	1	3	10	21
150001 a 500000	800	2	5	14	↑
MAS DE 500000	1250	3	7	21	|

TABLA 3
INSPECCION SEVERA

TAMAÑO DEL LOTE DE INSPECCION	TAMAÑO DE MUESTRA	NCA 010 No Acept	NCA 025 No Acept	NCA 10 No Acept	NCA 25 No Acept
6 a 50	8	|	|	|	0
51 a 90	13	|	|	↓	|
91 a 150	20	|	|	0	↓
151 a 280	32	|	|	|	1
281 a 500	50	|	↓	↓	2
501 a 1200	80	|	0	1	3
1201 a 3200	125	↓	|	2	5
3201 a 10000	200	0	↓	3	8
10001 a 35000	315	|	1	5	12
35001 a 50000	500	↓	2	8	18
50001 a 500000	800	1	3	12	↑
MAS DE 500000	1250	2	5	18	|

TABLA 4

INSPECCION REDUCIDA

TAMANO DEL LOTE	TAMANO MUESTRA	NCA 0.10		NCA 0.25		NCA 1.0		NCA 2.5	
		No Acep	No Rech	No Acep	No Rech	No Acep	No Rech	No Acep	No Rech
2 a 25	2							0	1
26 a 50	3					↓	↓	↑	↑
51 a 90	5					0	1	↓	↓
91 a 150	8					↑	↑	0	2
151 a 280	13			↓	↓	↓	↓	1	3
281 a 500	20			0	1	0	2	1	4
501 a 1200	32	↓	↓	↑	↑	1	3	2	5
1201 a 3200	50	0	1	↓		1	4	3	6
3201 a 10000	80	↑	↑	0	↓	2	5	5	8
10001 a 35000	125	↓	↓	1	3	3	6	7	10
30001 a 150000	200	0	2	1	4	5	8	10	13
150001 a 500000	315	1	3	2	5	7	10	↑	↑
MAS DE 500000	500	1	4	3	5	10	13		

TABLA 5

NUMEROS LIMITE PARA INSPECCION REDUCIDA

NUMERO DE MUESTRA unidades de los ultimos diez lotes o partidas	NCA 0.10	NCA 0.25	NCA 1.0	NCA 2.5
20 a 29	*	*	*	*
30 a 49	*	*	*	*
50 a 79	*	*	*	*
80 a 129	*	*	*	0
130 a 199	*	*	*	0
200 a 319	*	*	0	2
320 a 499	*	*	0	4
500 a 799	*	*	2	7
800 a 1249	*	0	4	14
1250 a 1999	*	0	7	24
2000 a 3149	0	2	14	40
3150 a 4999	0	4	24	67
5000 a 7999	2	7	40	110
8000 a 12499	4	14	68	181
12500 a 19999	7	24	110	
20000 a 31499	14	40	181	
31500 a 49999	24	67		
50000 Y MAS	40	110		

2. MUESTREO DE ACEPTACION POR VARIABLES.

Este método de muestreo de inspección se usa para inspección de lotes o partidas para propósitos de auditoría o aceptación y es de particular valor para aquellas características para las cuales la inspección o prueba es relativamente cara o destructiva. El número de piezas en la muestra es apreciablemente menor para el muestreo por variables que para el muestreo por atributos para igual protección contra la aceptación de producto no satisfactorio. Sin embargo deben considerarse cálculos bastante grandes relacionados con el muestreo por variables si este factor se considera de consecuencia en su aplicación.

Algunas ventajas del Muestreo por Variables (Sobre el Muestreo por Atributos).

El número de piezas en la muestra es apreciablemente menor para una protección igual en calidad.

Está disponible una medida del grado con el cual el lote está de acuerdo con la característica de calidad deseada, siendo, usualmente, útil esta medida.

El análisis de la información por variables, recolectada, proporcionará usualmente datos necesarios para corrección de tipos de errores de medición del proceso, etc., y ésto es valioso para los antecedentes de la calidad, tendencias y para el diseñador para establecer requisitos futuros realísticos.

Limitaciones para el Muestreo por Variables.

La característica de calidad debe medirse como una variable (tal como una medida lineal en centésimas de centímetro, peso en gramos, resistencia en kgs/cm^2 , etc.).

Este técnica puede aplicarse sólo a una característica a la vez.

Debe haber algún antecedente de que el universo no se desvía mucho de la distribución normal. Es posible diseñar planes satisfactorios cuando se conoce la forma no-normal de la distribución.

El muestreo de aceptación por variables requiere la selección aleatoria de un tamaño de muestra específico del lote, siendo dependiente este tamaño del grado de protección requerida, y en alguna cantidad de lo que se conoce como condición de calidad de lotes anteriores de la misma fuente y mismas condiciones de procesamiento.

Basados en los criterios anteriores, hay un número de métodos disponibles para usar los valores reales obtenidos, para desarrollar resultados en los cuales basar decisiones de aceptación.

El método que se describe a continuación es un "Plan de Sigma Desconocida" y se ha seleccionado por las siguientes razones:

a) Los cálculos son más sencillos aún cuando el tamaño de muestra es mayor que en el "Plan de Sigma Conocida", para la misma seguridad; y

b) Puede usarse el método ya sea que se conozca o no la variabilidad del lote. Siendo posible su utilización para un mayor número de condiciones. Se supone sin embargo la normalidad de la distribución de los valores individuales.

Procedimiento:

Decidir si se usan planes de muestreo de NCA de 0.25 porciento o NCA 1.0 porciento y decidir si se usa inspección "Severa" o si el lote califica para "Normal".

Puede usarse inspección Normal cuando se cumplen las siguientes condiciones:

a) El promedio del proceso, calculado de un número de cinco lotes recibidos de la misma fuente y fabricados bajo las mismas condiciones generales que el lote que se está inspeccionando, es igual o menor que el NCA porciento.

b) Existen registros disponibles que muestran que las operaciones de producción de la característica a inspeccionar ha sido procesada bajo control estadístico.

De la tabla 6, seleccionar el tamaño de muestra, el factor --- "c" y la variante máxima permitible de porcentaje defectuoso "M".

Seleccionar la cantidad de muestra del lote en forma tan aleatoria como sea posible.

Medir cada una de las piezas de la muestra para la característica requerida y registrar el valor medido en el orden que se tome.

Ejecutar los cálculos como sigue:

a) Determinar $\bar{X}$ (el promedio de todas las lecturas) sumando - todas las lecturas tomadas y dividir por N (el número de lecturas).

$$\bar{X} = \frac{\text{suma de X}}{N}$$, donde X representa cada lectura;

b) Encontrar el Intervalo Promedio de los Intervalos de los Subgrupos. Cuando el tamaño de muestra sea de 10 o más, dividir las lecturas en subgrupos de cinco lecturas cada uno y para cada subgrupo identificar el mayor y el menor valor. Restar el valor menor de cada subgrupo del mayor valor del mismo subgrupo y la diferencia es el intervalo del subgrupo (R). Sumar todos los intervalos de subgrupos y dividir la suma por el número de subgrupos obteniendo el Intervalo Promedio ($\bar{R}$).

$$\bar{R} = \frac{\text{suma de R}}{\text{Número de subgrupos}}$$

TABLA' 6

TABLA DE MUESTREO

PARA

INSPECCION POR VARIABLES (METODO DEL INTERVALO)

BASADO EN VARIABILIDAD DESCONOCIDA (ESPECIFICACION DE LIMITE DOBLE).

Tamaño del lote de inspección	Tamaño de muestra	Factor c	Inspección Severa		Inspección Normal	
			NCA 0.25 % M	NCA 1.0 % M	NCA 0.25 % M	NCA 1.0 % M
3 a 8	3	1.910				
9 a 15	3	1.910				
16 a 25	4	2.234				1.53
26 a 40	5	2.474		1.42		3.44
41 a 65	7	2.830		1.99	0.28	3.46
66 a 110	10	2.405	.23	2.05	.58	3.23
111 a 180	15	2.379	.430	2.10	.786	3.11
181 a 300	25	2.358	.506	1.95	.827	2.82
301 a 500	30	2.353	.537	1.96	.856	2.81
501 a 800	35	2.349	.564	1.98	.883	2.82
801 a 1 300	40	2.346	.539	1.88	.842	2.69
1 301 a 3 200	50	2.342	.542	1.60	.838	2.63
3 201 a 8 000	60	2.339	.504	1.74	.781	2.47
8 001 a 22 000	85	2.335	.493	1.67	.755	2.37
22 001 a 110 000	115	2.333	.468	1.58	.718	2.25
110 001 a 550 000	175	2.331	.427	1.46	.665	2.08
550 001 y más	230	2.330	.432	1.47	.661	2.08

Notas: 1. Donde aparezca una flecha, usar el primer plan de muestreo abajo de la flecha, tanto el tamaño de muestra como el valor "M.. Cuando el tamaño de muestra sea igual o exceda a el tamaño del lote, debe inspeccionarse cada elemento del lote.

2. M es el porciento defectuoso máximo permitible= $\frac{\text{Número de defectos x 100}}{\text{Número de unidades}}$

3. NCA es el nivel de calidad nominal aceptable en porciento defectuoso especificado para una muestra simple. La "Inspección Severa" se usará para aquellas características para las cuales no hay antecedentes de calidad y cuando no pueden cumplirse las condiciones para usar la "Inspección Normal".

4. Para usar la Inspección Normal, ver el párrafo respectivo de Aplicación de Muestreo de Aceptación por Variables.

5. La Tabla anterior se basa en el Nivel de Inspección IV de los Procedimientos de Muestreo y Tablas para Inspección por Variables de la Mil-Std-414, de E.U.

Cuando el tamaño de muestra es menor de 10, el tamaño de un - subgrupo es el mismo que el tamaño de muestra y la R del subgrupo - representará la $\bar{R}$;

c) Calcular el Indice Superior de Calidad (Is) de la ecuación:

$$Is = \frac{(S - \bar{X})\ c}{\bar{R}}$$

Donde:

S = es el límite superior de especificación

c = es la constante "factor c" de la Tabla 6

$\bar{X}$ = es el promedio de todas las lecturas de muestra

($\bar{R}$) = es el intervalo promedio de los intervalos de subgrupos.

d) Calcular el Indice Interior de Especificación (I_I) de la - ecuación:

$$I_I = \frac{(\bar{X} - I)\ c}{\bar{R}}$$

Donde:

$\bar{X}$ = es el promedio de todas las lecturas de muestra

I = es el límite inferior de especificación

c = es la constante "factor c" de la Tabla 6

$\bar{R}$ = es el intervalo promedio de los intervalos de subgrupos.

e) Obtener la estimación del porcentaje del lote sobre S (Ps) por referencia a la tabla 7. Localizar el valor Is en la columna vertical a mano izquierda y el tamaño de muestra en la -- columna horizontal. El valor Ps en porcentaje se encuentra en el punto de intersección;

f) Obtener la estimación del porcentaje del lote abajo de --- I (P_I) por referencia a la Tabla 7. Localizar el valor I_I en la columna vertical a mano izquierda y el tamaño de muestra en la columna horizontal. El valor de P_I en porciento se encuentra en el punto de intersección;

g) Obtener la estimación del porcentaje total de la desviación del lote (P) sumando los valores P_S y P_I ($P=P_S + P_I$).

NOTA: Si I_s ó I_I es un valor negativo, no se toma en cuenta el signo, cuando se selecciona el valor de la Tabla 7. Se obtiene en ese caso P_S ó P_I restando el valor encontrado en la Tabla 7 de 100.

Para determinar la aceptabilidad del lote, comparar el porcentaje estimado de desviación del lote (P) con el porciento máximo defectuoso permitible "M". Si el porcentaje P es igual o menor que M, se aceptará el lote. Si P es mayor que M o si I_S ó I_I o ambos son negativos no se considerará que el lote ha cumplido con el criterio de aceptabilidad y se rechazará o se inspeccionará en un 100%.

Planes alternos. Si se desea otros planes y tablas y detalles de cálculos puede consultarse la Mil-Std-414 Procedimientos de Muestreo y Tablas de Inspección por Variables por Porciento Defectuoso. Las Tablas e instrucciones de esta parte se derivan principalmente de ese documento.

TABLA 7

TABLA PARA ESTIMACION DEL PORCIENTO DEFECTUOSO DEL LOTE USANDO EL METODO DEL INTERVALO*

I_{s_0} / I_1	TAMANO DE MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
0	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
.1	47.24	46.67	46.44	46.29	46.20	46.13	46.08	46.07	46.06	46.05	46.05	46.04	46.03	46.02	46.02	46.02
.2	44.46	43.33	42.90	42.60	42.42	42.29	42.19	42.17	42.16	42.15	42.13	42.12	42.10	42.10	42.08	42.08
.3	41.63	40.00	39.37	38.95	38.70	38.51	38.38	38.34	38.32	38.31	38.28	38.27	38.26	38.24	38.23	38.22
.31	41.35	39.67	39.02	38.59	38.33	38.14	38.00	37.96	37.94	37.93	37.90	37.59	37.88	37.86	37.85	37.84
.32	41.06	39.33	38.67	38.23	37.96	37.77	37.63	37.59	37.57	37.55	37.53	37.51	37.50	37.48	37.47	37.46
.33	40.77	39.00	38.32	37.67	37.60	37.39	37.25	37.21	37.19	37.18	37.15	37.14	37.12	37.11	37.09	37.09
.34	40.49	38.67	37.97	37.51	37.23	37.02	36.88	36.84	36.82	36.80	36.77	36.76	36.74	36.73	36.71	36.71
.35	40.20	38.33	37.62	37.15	36.87	36.65	36.50	36.46	36.44	36.43	36.40	36.39	36.37	36.36	36.34	36.33
.36	39.91	38.00	37.28	36.79	36.50	36.29	36.13	36.09	36.07	36.05	36.03	36.01	35.99	35.97	35.96	36.96
.37	39.62	37.67	36.93	36.43	36.14	35.92	35.76	35.72	35.70	35.68	35.65	35.64	35.62	36.61	35.59	36.59
.38	39.33	37.33	36.58	36.07	35.78	35.55	35.39	35.35	35.33	35.31	35.28	35.27	35.25	35.24	35.22	35.22
.39	39.03	37.00	36.23	35.72	35.41	35.19	35.02	34.98	34.96	34.94	34.92	34.90	34.88	34.87	34.85	34.85
.40	38.74	36.67	35.88	35.36	35.05	34.82	34.66	34.62	34.59	34.58	34.55	34.53	34.51	34.49	34.48	34.48
.41	38.45	36.33	35.54	35.01	34.69	34.46	34.29	34.25	34.23	34.21	34.18	34.17	34.14	34.12	34.11	34.11
.42	38.15	36.00	35.19	34.65	34.33	34.10	33.93	33.89	33.86	33.85	33.82	33.80	33.78	33.77	33.75	33.74
.43	37.85	35.67	34.85	34.30	33.98	33.74	33.57	33.53	33.50	33.48	33.46	33.44	33.41	33.39	33.38	33.38
.44	37.56	35.33	34.50	33.95	33.62	33.38	33.21	33.17	33.14	33.12	33.09	33.08	33.05	33.03	33.02	33.02
.45	37.26	35.00	34.16	33.60	33.27	33.02	32.85	32.81	32.78	32.76	32.73	32.72	32.69	32.67	32.66	32.66
.46	36.96	34.67	33.81	33.24	32.91	32.66	32.49	32.45	32.42	32.40	32.37	32.36	32.33	32.31	32.30	32.30
.47	36.66	34.33	33.47	32.89	32.56	32.31	32.13	32.09	32.06	32.04	32.01	32.00	31.97	31.95	31.94	31.94
.48	36.35	34.00	33.12	32.55	32.21	31.96	31.78	31.74	31.71	31.69	31.66	31.64	31.62	31.61	31.59	31.58
.49	36.05	33.67	32.78	32.20	31.86	31.60	31.42	31.38	31.35	31.33	31.30	31.29	31.26	31.24	31.23	31.23
.50	35.75	33.33	32.44	31.85	31.51	31.25	31.07	31.03	31.00	30.98	30.95	30.94	30.91	30.89	30.88	30.87
.51	35.44	33.00	32.10	31.51	31.16	30.90	30.72	30.68	30.65	30.63	30.60	30.59	30.55	30.55	30.53	30.52
.52	35.13	32.67	31.76	31.16	30.81	30.55	30.37	30.33	30.30	30.28	30.25	30.24	30.21	30.19	30.18	30.17
.53	34.82	32.33	31.42	30.82	30.46	30.21	30.02	29.98	29.95	29.93	29.90	29.89	29.86	29.84	29.83	29.83
.54	34.51	32.00	31.08	30.47	30.12	29.86	29.68	29.64	29.61	29.59	29.56	29.54	29.52	29.50	29.48	29.48
.55	34.20	31.67	30.74	30.13	29.78	29.52	29.33	29.29	29.26	29.24	29.21	29.20	29.17	29.15	29.14	29.14
.56	33.88	31.33	30.40	29.79	29.44	29.18	28.99	28.95	28.92	28.90	28.87	28.86	28.83	28.81	28.80	28.79
.57	33.57	31.00	30.06	29.45	29.09	28.83	28.65	28.61	28.58	28.56	28.53	28.52	28.49	28.47	28.46	28.45
.58	33.25	30.67	29.73	29.11	28.76	28.50	28.31	28.27	28.24	28.22	28.19	28.18	28.15	28.13	28.12	28.12
.59	32.93	30.33	29.39	28.77	28.42	28.16	27.97	27.93	27.91	27.89	27.86	27.84	27.82	27.80	27.78	27.78
.60	32.61	30.00	29.05	28.44	28.08	27.82	27.64	27.60	27.57	27.55	27.52	27.51	27.48	27.46	27.45	27.45
.61	32.28	29.67	28.72	28.10	27.75	27.49	27.31	27.27	27.24	27.22	27.19	27.17	27.15	27.14	27.12	27.11
.62	31.96	29.33	28.39	27.77	27.41	27.16	26.97	26.93	26.91	26.89	26.86	26.84	26.82	26.81	26.79	26.78
.63	31.63	29.00	28.05	27.44	27.08	26.82	26.64	26.60	26.58	26.56	26.53	26.51	26.49	26.48	26.46	26.45
.64	31.30	28.67	27.72	27.11	26.75	26.50	26.32	26.28	26.25	26.23	26.20	26.19	26.14	26.14	26.13	26.13
.65	30.97	28.33	27.39	26.78	26.42	26.17	25.99	25.95	25.92	25.90	25.87	25.86	25.84	25.83	25.81	25.80
.66	30.63	28.00	27.06	26.45	26.10	25.84	25.67	25.63	25.60	25.58	25.55	25.54	25.52	25.50	25.48	25.48
.67	30.30	27.67	26.73	26.12	25.77	25.52	25.34	25.30	25.28	25.26	25.23	25.22	25.20	25.18	25.16	25.16
.68	29.96	27.33	26.40	25.79	25.45	25.20	25.02	24.98	24.96	24.94	24.91	24.90	24.88	24.87	24.85	24.84
.69	29.61	27.00	26.07	25.47	25.12	24.88	24.71	24.67	24.64	24.62	24.59	24.58	24.56	24.55	24.53	24.53

*Los valores tabulados se leen en porciento

TABLA 7 - Continuacion

$^{I}S_{o}$ / I_{1}	Tamano de Muestra 3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
.70	29.27	26.67	25.74	25.14	24.50	24.56	24.39	24.35	24.32	24.31	24.28	24.27	24.25	24.24	24.22	24.21
0.71	28.92	26.33	25.41	24.82	24.48	24.24	24.07	24.03	24.01	23.99	23.97	23.95	23.93	23.91	23.90	23.90
0.72	28.57	26.00	25.09	24.50	24.17	23.93	23.76	23.72	23.70	23.68	23.66	23.64	23.62	23.60	23.59	23.59
.73	28.22	25.67	24.76	24.18	23.85	23.61	23.45	23.41	23.39	23.37	23.35	23.33	23.32	23.30	23.29	23.29
.74	27.86	25.33	24.44	23.86	23.54	23.30	23.14	23.10	23.08	23.07	23.04	23.03	23.01	23.00	22.98	22.98
.75	27.50	25.00	24.11	23.55	23.22	22.99	22.84	22.80	22.78	22.76	22.74	22.72	22.71	22.69	22.68	22.68
.76	27.13	24.67	23.79	23.23	22.91	22.69	22.53	22.49	22.47	22.46	22.43	22.42	22.41	22.39	22.38	22.38
.77	26.77	24.33	23.47	22.92	22.60	22.38	22.23	22.19	22.17	22.16	22.13	22.12	22.11	22.09	22.08	22.08
.78	26.39	24.00	23.15	22.60	22.30	22.08	21.93	21.90	21.88	21.86	21.85	21.83	21.81	21.80	21.78	21.78
.79	26.02	23.67	22.83	22.29	21.99	21.28	21.64	21.60	21.58	21.57	21.54	21.53	21.52	21.50	21.49	21.49
.80	25.64	23.33	22.51	21.98	21.69	21.48	21.34	21.30	21.28	21.27	21.26	21.24	21.22	21.22	21.20	21.20
.81	25.25	23.00	22.19	21.68	21.39	21.18	21.04	21.01	20.99	20.98	20.97	20.95	20.93	20.93	20.91	20.91
.82	24.86	22.67	21.87	21.37	21.09	20.89	20.75	20.72	20.70	20.69	20.68	20.66	20.64	20.64	20.62	20.62
.83	24.47	22.33	21.56	21.06	20.79	20.59	20.46	20.43	20.41	20.40	20.38	20.37	20.36	20.35	20.34	20.34
.84	24.07	22.00	21.24	20.76	20.49	20.30	20.17	20.15	20.13	20.12	20.60	20.09	20.08	20.06	20.06	20.06
.85	23.67	21.67	20.93	20.46	20.20	20.01	19.89	19.87	19.86	19.84	19.82	19.81	19.79	19.79	19.78	19.78
.86	23.26	21.33	20.62	20.16	19.90	19.73	19.60	19.58	19.57	19.56	19.54	19.54	19.52	19.51	19.50	19.50
.87	22.84	21.00	20.31	19.86	19.61	19.44	19.32	19.31	19.29	19.28	19.26	19.25	19.24	19.24	19.22	19.22
.88	22.42	20.67	20.00	19.57	19.33	19.16	19.04	19.03	19.01	19.00	18.98	18.98	18.97	18.96	18.95	18.95
.89	21.99	20.33	19.69	19.27	19.04	18.88	18.77	18.75	18.74	18.73	18.71	18.70	18.69	18.69	18.68	18.68
.90	21.55	20.00	19.38	18.98	18.75	18.60	18.50	18.48	18.47	18.46	19.44	18.43	18.42	18.42	18.41	18.41
.91	21.11	19.67	19.07	18.69	18.47	18.32	18.22	18.21	18.20	18.19	18.17	18.17	18.17	18.16	18.15	18.15
.92	20.66	19.33	18.77	18.40	18.19	18.05	17.96	17.95	17.93	17.92	17.92	17.90	17.89	17.89	17.88	17.88
.93	20.20	19.00	18.46	18.11	17.91	17.78	17.69	17.68	17.67	17.66	17.65	17.65	17.63	17.63	17.62	17.62
.94	19.74	18.67	18.16	17.82	17.64	17.51	17.43	17.42	17.41	17.40	17.39	17.39	17.37	17.37	17.36	17.36
.95	19.25	18.33	17.86	17.54	17.36	17.24	17.17	17.16	17.15	17.14	17.13	17.13	17.12	17.12	17.11	17.11
.96	18.76	18.00	17.56	17.26	17.09	16.98	16.91	16.90	16.89	16.88	16.88	16.87	16.86	16.86	16.86	16.86
.97	18.25	17.67	17.25	16.97	16.82	16.71	16.65	16.64	16.63	16.63	16.62	16.62	16.61	16.61	16.60	16.60
.98	17.74	17.33	16.96	16.70	16.55	16.45	16.39	16.38	16.38	16.37	16.37	16.37	16.36	16.36	16.36	16.36
.99	17.21	17.00	16.66	16.42	16.28	16.19	16.14	16.13	16.13	16.12	16.12	16.12	16.11	16.11	16.11	16.11
1.00	16.67	16.67	16.36	16.14	16.02	15.94	15.89	15.88	15.88	15.88	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87
1.01	16.11	16.33	16.07	15.87	15.76	15.68	15.64	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.62	15.62	15.62	15.62
1.02	15.53	16.00	15.78	15.60	15.50	15.43	15.40	15.39	15.39	15.39	15.39	15.39	15.38	15.38	15.38	15.38
1.03	14.93	15.67	15.48	15.33	15.24	15.18	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
1.04	14.31	15.33	15.19	15.06	14.98	14.94	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91
1.05	13.66	15.00	14.91	14.79	14.73	14.69	14.67	14.67	14.67	14.67	14.67	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
1.06	12.98	14.67	14.62	14.53	14.48	14.45	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.45	14.45	14.45	14.45
1.07	12.27	14.33	14.33	14.27	14.23	14.21	14.20	14.21	14.21	14.21	14.21	14.21	14.22	14.22	14.22	14.22
1.08	11.51	14.00	14.05	14.01	13.98	13.97	13.97	13.98	13.98	13.98	13.98	13.99	13.99	13.99	14.00	14.00
1.09	10.71	13.67	13.76	13.75	13.74	13.73	13.74	13.75	13.75	13.75	13.76	13.76	13.77	13.77	13.78	13.78

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

^{1}S o I_1	Tamano de Muestra															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1.10	9.84	13.33	13.48	13.50	13.49	13.50	13.52	13.52	13.52	13.53	13.54	13.54	13.55	13.55	13.56	13.56
1.11	8.89	13.00	13.20	13.24	13.25	13.27	13.29	13.30	13.30	13.31	13.31	13.32	13.32	13.33	13.34	13.34
1.12	7.82	12.67	12.93	12.99	13.02	13.04	13.07	13.08	13.08	13.09	13.10	13.10	13.12	13.12	13.12	13.12
1.13	6.60	12.33	12.65	12.74	12.78	12.81	12.85	12.86	12.86	12.87	12.89	12.89	12.89	12.90	12.91	12.91
1.14	5.08	12.00	12.37	12.49	12.55	12.59	12.63	12.64	12.65	12.66	12.67	12.67	12.69	12.69	12.70	12.70
1.15	0.29	11.67	12.10	12.25	12.31	12.37	12.42	12.43	12.44	12.45	12.46	12.46	12.48	12.48	12.49	12.49
1.16	0.00	11.33	11.83	12.00	12.08	12.15	12.21	12.22	12.23	12.24	12.25	12.25	12.27	12.27	12.29	12.29
1.17	0.00	11.00	11.56	11.76	11.86	11.93	12.00	12.01	12.02	12.03	12.05	12.06	12.07	12.07	12.08	12.08
1.18	0.00	10.67	11.29	11.52	11.63	11.71	11.79	11.80	11.81	11.82	11.84	11.84	11.86	11.88	11.88	11.88
1.19	0.00	10.33	11.02	11.29	11.41	11.50	11.58	11.60	11.61	11.62	11.64	11.65	11.66	11.68	11.69	11.69
1.20	0.00	10.00	10.76	11.05	11.19	11.29	11.38	11.40	11.41	11.42	11.43	11.45	11.47	11.47	11.49	11.49
1.21	0.00	9.67	10.50	10.82	10.97	11.08	11.18	11.20	11.21	11.22	11.25	11.26	11.27	11.27	11.30	11.30
1.22	0.00	9.33	10.23	10.59	10.76	10.88	10.98	11.00	11.02	11.03	11.04	11.06	11.08	11.09	11.10	11.10
1.23	0.00	9.00	9.97	10.36	10.54	10.67	10.78	10.80	10.82	10.84	10.86	10.87	10.89	10.90	10.91	10.91
1.24	0.00	8.67	9.72	10.13	10.33	10.47	10.58	10.61	10.63	10.64	10.67	10.68	10.70	10.71	10.73	10.73
1.25	0.00	8.33	9.46	9.91	10.12	10.27	10.39	10.42	10.44	10.46	10.47	10.49	10.51	10.52	10.54	10.54
1.26	0.00	8.00	9.21	9.69	9.92	10.08	10.20	10.24	10.26	10.27	10.30	10.31	10.33	10.34	10.36	10.36
1.27	0.00	7.67	8.96	9.47	9.71	9.88	10.01	10.05	10.07	10.09	10.11	10.13	10.15	10.17	10.18	10.18
1.28	0.00	7.33	8.71	9.25	9.51	9.69	9.83	9.87	9.89	9.90	9.93	9.95	9.97	9.99	10.00	10.00
1.29	0.00	7.00	8.46	9.04	9.31	9.50	9.64	9.68	9.71	9.72	9.75	9.77	9.79	9.81	9.83	9.83
1.30	0.00	6.67	8.21	8.83	9.11	9.32	9.47	9.51	9.53	9.55	9.58	9.59	9.62	9.64	9.65	9.65
1.31	0.00	6.33	7.97	8.62	8.92	9.13	9.29	9.33	9.35	9.37	9.40	9.42	9.45	9.47	9.48	9.48
1.32	0.00	6.00	7.73	8.41	8.73	8.95	9.11	9.15	9.18	9.20	9.23	9.25	9.28	9.30	9.31	9.31
1.33	0.00	5.67	7.49	8.20	8.54	8.77	8.99	8.98	9.01	9.03	9.06	9.08	9.11	9.13	9.14	9.15
1.34	0.00	5.33	7.25	8.00	8.35	8.59	8.77	8.81	8.84	8.86	8.89	8.91	8.94	8.96	8.98	8.98
1.35	0.00	5.00	7.02	7.80	8.16	8.41	8.60	8.64	8.67	8.69	8.73	8.75	8.78	8.80	8.82	8.82
1.36	0.00	4.67	6.29	7.60	7.98	8.24	8.43	8.48	8.51	8.53	8.56	8.59	8.62	8.64	8.66	8.66
1.37	0.00	4.33	6.56	7.40	7.80	8.07	8.27	8.31	8.34	8.37	8.40	8.43	8.46	8.48	8.50	8.50
1.38	0.00	4.00	6.33	7.21	7.62	7.90	8.11	8.15	8.18	8.21	8.25	8.26	8.30	8.32	8.34	8.35
1.39	0.00	3.67	6.10	7.02	7.45	7.73	7.95	7.99	8.02	8.05	8.09	8.11	8.14	8.17	8.19	8.19
1.40	0.00	3.33	5.88	6.83	7.27	7.57	7.79	7.84	7.88	7.90	7.93	7.96	8.00	8.02	8.03	8.04
1.41	0.00	3.00	5.66	6.65	7.10	7.41	7.63	7.68	7.71	7.74	7.78	7.81	7.85	7.87	7.88	7.89
1.42	0.00	2.67	5.44	6.46	6.93	7.25	7.48	7.53	7.56	7.59	7.63	7.66	7.70	7.72	7.74	7.74
1.43	0.00	2.33	5.23	6.28	6.76	7.09	7.33	7.38	7.41	7.44	7.49	7.51	7.54	7.57	7.59	7.60
1.44	0.00	2.00	5.01	6.10	6.60	6.93	7.18	7.24	7.28	7.30	7.34	7.37	7.41	7.43	7.45	7.46
1.45	0.00	1.67	4.81	5.93	6.44	6.78	7.03	7.09	7.13	7.15	7.20	7.23	7.27	7.29	7.30	7.32
1.46	0.00	1.33	4.60	5.75	6.28	6.63	6.89	6.95	6.99	7.01	7.06	7.09	7.13	7.15	7.17	7.18
1.47	0.00	1.00	4.39	5.58	6.12	6.48	6.74	6.80	6.85	6.87	6.91	6.95	6.99	7.01	7.03	7.04
1.48	0.00	0.67	4.19	5.41	5.96	6.34	6.60	6.66	6.71	6.73	6.78	6.81	6.85	6.87	6.89	6.90
1.49	0.00	0.33	3.99	5.24	5.81	6.19	6.47	6.53	6.57	6.60	6.69	6.67	6.72	6.74	6.76	6.77

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

I_S o I_I	Tamano de Muestra															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1.50	0.00	0.00	3.80	5.08	5.66	6.05	6.33	6.39	6.43	6.46	6.51	6.54	6.58	6.61	6.63	6.64
1.51	0.00	0.00	3.61	4.92	5.51	5.91	6.19	6.25	6.30	6.33	6.38	6.41	6.45	6.48	6.50	6.51
1.52	0.00	0.00	3.42	4.76	5.37	5.77	6.06	6.12	6.17	6.20	6.25	6.28	6.32	6.35	6.37	6.38
1.53	0.00	0.00	3.23	4.60	5.22	5.64	5.93	5.99	6.04	6.07	6.12	6.15	6.20	6.22	6.25	6.26
1.54	0.00	0.00	3.05	4.45	5.08	5.50	5.80	5.86	5.91	5.95	6.00	6.03	6.07	6.10	6.12	6.14
1.55	0.00	0.00	2.87	4.30	4.94	5.37	5.68	5.74	5.79	5.82	5.87	5.90	5.95	5.98	6.00	6.01
1.56	0.00	0.00	2.69	4.15	4.81	5.24	5.55	5.62	5.67	5.70	5.75	5.78	5.83	5.86	5.88	5.89
1.57	0.00	0.00	2.52	4.01	4.67	5.11	5.43	5.50	5.55	5.58	5.63	5.66	5.71	5.74	5.77	5.79
1.58	0.00	0.00	2.35	3.86	4.54	4.99	5.31	5.38	5.43	5.46	5.52	5.55	5.59	5.62	5.65	5.66
1.59	0.00	0.00	2.19	3.72	4.41	4.86	5.19	5.26	5.31	5.34	5.40	5.43	5.48	5.51	5.53	5.55
1.60	0.00	0.00	2.03	3.58	4.26	4.74	5.08	5.14	5.19	5.23	5.29	5.32	5.36	5.39	5.42	5.43
1.61	0.00	0.00	1.87	3.45	4.16	4.62	4.96	5.03	5.08	5.12	5.17	5.20	5.25	5.28	5.31	5.32
1.62	0.00	0.00	1.72	3.31	4.03	4.51	4.85	4.92	4.97	5.01	5.06	5.09	5.14	5.17	5.20	5.22
1.63	0.00	0.00	1.57	3.18	3.91	4.39	4.74	4.81	4.86	4.90	4.96	4.99	5.04	5.07	5.10	5.12
1.64	0.00	0.00	1.42	3.06	3.79	4.28	4.63	4.70	4.75	4.79	4.85	4.88	4.93	4.96	4.99	5.00
1.65	0.00	0.00	1.28	2.93	3.68	4.17	4.52	4.59	4.64	4.68	4.74	4.77	4.83	4.86	4.89	4.91
1.66	0.00	0.00	1.15	2.81	3.56	4.06	4.41	4.49	4.54	4.58	4.64	4.67	4.72	4.75	4.79	4.81
1.67	0.00	0.00	1.02	2.69	3.45	3.95	4.31	4.39	4.44	4.48	4.54	4.57	4.62	4.65	4.69	4.71
1.68	0.00	0.00	0.89	2.57	3.34	3.85	4.21	4.29	4.34	4.38	4.44	4.47	4.53	4.56	4.59	4.61
1.69	0.00	0.00	0.77	2.46	3.25	3.74	4.10	4.19	4.24	4.28	4.34	4.37	4.43	4.46	4.49	4.51
1.70	0.00	0.00	0.66	2.35	3.13	3.64	4.00	4.09	4.14	4.18	4.24	4.28	4.33	4.36	4.40	4.42
1.71	0.00	0.00	0.55	2.24	3.62	3.54	3.92	3.99	4.05	4.07	4.15	4.18	4.24	4.27	4.30	4.31
1.72	0.00	0.00	0.45	2.13	2.92	3.45	3.82	3.90	3.95	3.99	4.06	4.09	4.15	4.18	4.21	4.23
1.73	0.00	0.00	0.36	2.03	2.82	3.35	3.73	3.81	3.86	3.90	3.96	4.00	4.06	4.09	4.12	4.14
1.74	0.00	0.00	0.27	1.93	2.73	3.26	3.63	3.72	3.77	3.81	3.87	3.91	3.97	4.00	4.03	4.05
1.75	0.00	0.00	0.19	1.83	2.63	3.16	3.54	3.63	3.68	3.72	3.79	3.82	3.88	3.91	3.94	3.96
1.76	0.00	0.00	0.12	1.73	2.54	3.07	3.45	3.54	3.59	3.63	3.70	3.74	3.79	3.82	3.86	3.88
1.77	0.00	0.00	0.06	1.64	2.45	2.99	3.37	3.45	3.51	3.55	3.61	3.65	3.71	3.74	3.77	3.79
1.78	0.00	0.00	0.02	1.55	2.36	2.90	3.28	3.37	3.43	3.47	3.53	3.57	3.62	3.65	3.69	3.71
1.79	0.00	0.00	0.00	1.46	2.27	2.81	3.20	3.28	3.34	3.38	3.45	3.49	3.54	3.57	3.61	3.63
1.80	0.00	0.00	0.00	1.38	2.19	2.73	3.11	3.20	3.26	3.30	3.37	3.41	3.46	3.49	3.53	3.55
1.81	0.00	0.00	0.00	1.29	2.10	2.65	3.03	3.12	3.18	3.22	3.29	3.33	3.38	3.41	3.45	3.47
1.82	0.00	0.00	0.00	1.21	2.02	2.57	2.96	3.05	3.11	3.15	3.21	3.25	3.31	3.34	3.37	3.39
1.83	0.00	0.00	0.00	1.14	1.94	2.49	2.88	2.97	3.03	3.07	3.13	3.17	3.23	3.26	3.30	3.32
1.84	0.00	0.00	0.00	1.06	1.87	2.42	2.80	2.89	2.95	2.99	3.06	3.10	3.16	3.19	3.22	3.24
1.85	0.00	0.00	0.00	0.99	1.79	2.34	2.73	2.82	2.88	2.92	2.99	3.03	3.08	3.11	3.15	3.17
1.86	0.00	0.00	0.00	0.92	1.72	2.27	2.66	2.75	2.81	2.86	2.91	2.95	3.01	3.04	3.08	3.10
1.87	0.00	0.00	0.00	0.86	1.65	2.20	2.59	2.68	2.74	2.78	2.84	2.88	2.94	2.97	3.01	3.03
1.88	0.00	0.00	0.00	0.79	1.58	2.13	2.52	2.61	2.67	2.71	2.77	2.81	2.87	2.90	2.94	2.96
1.89	0.00	0.00	0.00	0.73	1.51	2.06	2.45	2.54	2.60	2.64	2.71	2.75	2.81	2.84	2.87	2.89

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

I_s o I_I	Tamano de Muestra 3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1.90	0.00	0.00	0.00	0.67	1.45	1.99	2.38	2.47	2.53	2.57	2.64	2.68	2.74	2.77	2.81	2.83
1.91	0.00	0.00	0.00	0.62	1.38	1.93	2.32	2.41	2.47	2.51	2.58	2.61	2.67	2.70	2.74	2.76
1.92	0.00	0.00	0.00	0.56	1.32	1.86	2.25	2.34	2.41	2.45	2.51	2.55	2.61	2.64	2.68	2.70
1.93	0.00	0.00	0.00	0.51	1.26	1.80	2.19	2.28	2.34	2.38	2.45	2.49	2.55	2.58	2.61	2.63
1.94	0.00	0.00	0.00	0.46	1.20	1.74	2.13	2.22	2.28	2.32	2.39	2.43	2.49	2.52	2.55	2.57
1.95	0.00	0.00	0.00	0.42	1.15	1.68	2.07	2.16	2.22	2.26	2.33	2.37	2.43	2.46	2.49	2.51
1.96	0.00	0.00	0.00	0.37	1.09	1.62	2.01	2.10	2.16	2.20	2.27	2.31	2.37	2.40	2.43	2.45
1.97	0.00	0.00	0.00	0.33	1.04	1.57	1.95	2.04	2.10	2.14	2.21	2.25	2.31	2.34	2.38	2.40
1.98	0.00	0.00	0.00	0.30	0.99	1.51	1.90	1.99	2.06	2.09	2.15	2.19	2.25	2.28	2.32	2.34
1.99	0.00	0.00	0.00	0.26	0.94	1.46	1.84	1.93	1.99	2.03	2.10	2.14	2.20	2.23	2.26	2.28
200	0.00	0.00	0.00	0.23	0.89	1.41	1.79	1.88	1.94	1.98	2.05	2.08	2.14	2.17	2.21	2.23
201	0.00	0.00	0.00	0.20	0.84	1.36	1.74	1.83	1.89	1.93	1.99	2.03	2.09	2.12	2.16	2.18
202	0.00	0.00	0.00	0.17	0.80	1.31	1.69	1.78	1.83	1.87	1.94	1.98	2.04	2.07	2.10	2.12
203	0.00	0.00	0.00	0.14	0.75	1.26	1.64	1.73	1.78	1.82	1.89	1.93	1.99	2.02	2.05	2.07
204	0.00	0.00	0.00	0.12	0.71	1.21	1.59	1.68	1.73	1.77	1.84	1.88	1.94	1.97	2.00	2.02
205	0.00	0.00	0.00	0.10	0.67	1.17	1.54	1.63	1.69	1.73	1.79	1.83	1.89	1.92	1.95	1.97
2.06	0.00	0.00	0.00	0.08	0.63	1.12	1.49	1.58	1.64	1.68	1.74	1.79	1.84	1.87	1.91	1.93
2.07	0.00	0.00	0.00	0.06	0.60	1.08	1.45	1.54	1.59	1.63	1.70	1.74	1.79	1.82	1.86	1.88
2.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.56	1.04	1.40	1.49	1.55	1.59	1.65	1.69	1.75	1.78	1.81	1.83
209	0.00	0.00	0.00	0.03	0.53	1.00	1.36	1.45	1.50	1.54	1.61	1.64	1.70	1.73	1.77	1.79
210	0.00	0.00	0.00	0.02	0.49	0.96	1.32	1.41	1.46	1.50	1.56	1.60	1.66	1.69	1.72	1.74
211	0.00	0.00	0.00	0.01	0.46	0.92	1.28	1.36	1.42	1.46	1.52	1.56	1.61	1.64	1.68	1.70
212	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.88	1.24	1.32	1.38	1.42	1.48	1.52	1.57	1.60	1.64	1.66
213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.85	1.20	1.28	1.34	1.38	1.44	1.48	1.53	1.56	1.60	1.62
214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.81	1.16	1.25	1.30	1.34	1.40	1.44	1.49	1.52	1.56	1.58
215	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.78	1.13	1.21	1.26	1.30	1.36	1.40	1.45	1.48	1.52	1.54
216	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.75	1.09	1.17	1.22	1.26	1.32	1.36	1.41	1.44	1.48	1.50
217	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.71	1.06	1.13	1.18	1.22	1.29	1.32	1.38	1.41	1.44	1.46
218	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.68	1.02	1.10	1.15	1.19	1.25	1.28	1.34	1.37	1.40	1.41
219	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.65	0.99	1.06	1.11	1.15	1.22	1.25	1.30	1.33	1.37	1.39
220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.236	0.625	0.954	1.020	1.083	1.122	1.178	1.214	1.267	1.299	1.330	1.346
221	0.00	0.00	0.00	0.00	0.217	0.597	0.922	0.997	1.050	1.089	1.144	1.180	1.233	1.265	1.295	1.311
222	0.00	0.00	0.00	0.00	0.199	0.570	0.891	0.966	1.018	1.056	1.111	1.147	1.199	1.231	1.261	1.277
223	0.00	0.00	0.00	0.00	0.182	0.544	0.861	0.935	0.986	1.025	1.079	1.115	1.167	1.197	1.228	1.244
224	0.00	0.00	0.00	0.00	0.166	0.519	0.831	0.905	0.956	0.994	1.048	1.083	1.135	1.165	1.195	1.211
225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.150	0.495	0.802	0.875	0.926	0.964	1.018	1.052	1.104	1.134	1.163	1.179
226	0.00	0.00	0.00	0.00	0.136	0.471	0.775	0.847	0.897	0.935	0.987	1.022	1.073	1.103	1.132	1.148
227	0.00	0.00	0.00	0.00	0.123	0.449	0.748	0.819	0.869	0.906	0.958	0.993	1.043	1.073	1.103	1.118
228	0.00	0.00	0.00	0.00	0.111	0.427	0.722	0.792	0.841	0.878	0.930	0.964	1.014	1.044	1.073	1.088
229	0.00	0.00	0.00	0.00	0.099	0.406	0.697	0.766	0.814	0.851	0.902	0.936	0.986	1.015	1.044	1.069

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

$I_{S\,O}$ / I_I	Tamano de Muestra 3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.386	0.672	0.741	0.789	0.825	0.875	0.909	0.959	0.988	1.016	1.031
231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.367	0.648	0.716	0.763	0.799	0.849	0.882	0.931	0.960	0.988	1.003
232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.348	0.624	0.691	0.739	0.774	0.823	0.856	0.905	0.934	0.962	0.976
233	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061	0.330	0.601	0.668	0.715	0.750	0.798	0.831	0.879	0.908	0.935	0.950
234	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.313	0.579	0.645	0.691	0.720	0.774	0.801	0.854	0.882	0.909	0.924
235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.296	0.558	0.623	0.669	0.703	0.750	0.782	0.829	0.857	0.884	0.899
236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.280	0.538	0.602	0.646	0.680	0.728	0.759	0.806	0.833	0.860	0.874
237	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.265	0.518	0.580	0.624	0.658	0.705	0.736	0.782	0.809	0.836	0.850
238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.250	0.498	0.560	0.604	0.637	0.683	0.714	0.759	0.787	0.813	0.827
239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.236	0.479	0.541	0.584	0.616	0.662	0.693	0.737	0.764	0.791	0.804
240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.223	0.461	0.521	0.564	0.596	0.641	0.671	0.715	0.742	0.769	0.782
241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.210	0.443	0.503	0.545	0.577	0.621	0.651	0.695	0.721	0.747	0.760
242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.198	0.426	0.486	0.526	0.557	0.601	0.631	0.674	0.701	0.726	0.739
243	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.186	0.410	0.467	0.508	0.539	0.582	0.611	0.654	0.679	0.705	0.718
244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.175	0.393	0.450	0.491	0.521	0.564	0.593	0.635	0.660	0.685	0.698
245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.165	0.378	0.434	0.473	0.503	0.545	0.573	0.616	0.641	0.665	0.678
246	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.154	0.362	0.417	0.456	0.486	0.528	0.556	0.597	0.622	0.646	0.659
247	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.145	0.348	0.403	0.441	0.470	0.511	0.538	0.579	0.604	0.627	0.640
248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.136	0.333	0.387	0.425	0.454	0.494	0.522	0.562	0.586	0.609	0.622
249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.127	0.321	0.372	0.409	0.438	0.478	0.504	0.545	0.569	0.593	0.605
250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.118	0.307	0.368	0.395	0.423	0.463	0.489	0.528	0.552	0.575	0.587
251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.111	0.294	0.345	0.381	0.409	0.447	0.473	0.512	0.536	0.558	0.570
252	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.282	0.331	0.367	0.394	0.432	0.458	0.497	0.519	0.542	0.553
253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.270	0.319	0.354	0.381	0.418	0.444	0.481	0.503	0.526	0.537
254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.089	0.258	0.306	0.340	0.367	0.404	0.428	0.466	0.488	0.510	0.522
255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.247	0.294	0.328	0.354	0.390	0.415	0.451	0.473	0.495	0.506
256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.237	0.283	0.316	0.341	0.377	0.401	0.437	0.459	0.480	0.491
257	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.227	0.272	0.304	0.328	0.364	0.388	0.424	0.445	0.466	0.477
258	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.217	0.261	0.292	0.317	0.352	0.376	0.411	0.432	0.452	0.463
259	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061	0.207	0.251	0.282	0.305	0.340	0.363	0.397	0.418	0.439	0.449
260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.198	0.240	0.271	0.294	0.328	0.351	0.385	0.406	0.426	0.436
261	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.189	0.231	0.260	0.283	0.317	0.339	0.372	0.393	0.413	0.423
262	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.181	0.221	0.250	0.273	0.306	0.327	0.360	0.381	0.400	0.410
263	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.173	0.212	0.241	0.263	0.295	0.316	0.349	0.368	0.388	0.398
264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.169	0.203	0.232	0.253	0.285	0.306	0.338	0.357	0.376	0.386
265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.157	0.195	0.223	0.244	0.274	0.295	0.327	0.346	0.365	0.375
266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.149	0.186	0.213	0.234	0.265	0.285	0.316	0.335	0.353	0.363
267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.143	0.179	0.205	0.225	0.255	0.275	0.305	0.324	0.342	0.352
268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.136	0.171	0.197	0.217	0.246	0.266	0.296	0.314	0.332	0.342
269	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.129	0.164	0.190	0.209	0.238	0.257	0.286	0.304	0.321	0.331

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

Is o I1	Tamano de Muestra															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
2.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.123	0.156	0.182	0.201	0.228	0.248	0.277	0.295	0.311	0.321
2.71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.117	0.150	0.174	0.193	0.220	0.239	0.267	0.285	0.302	0.311
2.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.111	0.143	0.167	0.185	0.212	0.231	0.259	0.275	0.292	0.301
2.73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.106	0.137	0.160	0.178	0.205	0.222	0.250	0.266	0.283	0.292
2.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.101	0.131	0.153	0.171	0.197	0.215	0.241	0.258	0.274	0.282
2.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.096	0.125	0.147	0.164	0.189	0.207	0.233	0.248	0.266	0.274
2.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.091	0.120	0.141	0.158	0.182	0.200	0.225	0.241	0.257	0.265
2.77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.086	0.114	0.135	0.152	0.175	0.192	0.217	0.232	0.249	0.257
2.78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.081	0.109	0.130	0.146	0.169	0.185	0.210	0.226	0.241	0.249
2.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.077	0.103	0.124	0.140	0.163	0.179	0.202	0.218	0.233	0.241
2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.074	0.099	0.118	0.134	0.156	0.172	0.196	0.210	0.225	0.233
2.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.070	0.094	0.113	0.129	0.150	0.165	0.189	0.204	0.218	0.226
2.82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.066	0.090	0.109	0.123	0.144	0.159	0.183	0.194	0.211	0.219
2.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.062	0.086	0.103	0.118	0.139	0.154	0.176	0.190	0.204	0.212
2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.059	0.082	0.099	0.113	0.134	0.148	0.170	0.184	0.197	0.205
2.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.055	0.078	0.095	0.109	0.128	0.143	0.164	0.178	0.191	0.198
2.86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.053	0.074	0.091	0.104	0.124	0.137	0.159	0.172	0.185	0.192
2.87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.050	0.070	0.087	0.100	0.119	0.132	0.152	0.166	0.179	0.185
2.88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.047	0.067	0.082	0.095	0.114	0.127	0.147	0.160	0.173	0.179
2.89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.044	0.064	0.079	0.091	0.109	0.122	0.142	0.155	0.167	0.173
2.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.042	0.061	0.075	0.088	0.105	0.117	0.138	0.149	0.161	0.168
2.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.039	0.057	0.072	0.084	0.101	0.112	0.132	0.145	0.156	0.162
2.92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.037	0.055	0.069	0.080	0.097	0.107	0.127	0.140	0.161	0.157
2.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.035	0.052	0.066	0.077	0.093	0.104	0.123	0.134	0.146	0.151
2.94	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.049	0.062	0.073	0.089	0.100	0.118	0.129	0.141	0.146
2.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.031	0.047	0.059	0.070	0.086	0.096	0.114	0.125	0.136	0.142
2.96	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.029	0.044	0.056	0.067	0.082	0.092	0.110	0.121	0.132	0.137
2.97	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.042	0.054	0.064	0.079	0.088	0.105	0.116	0.127	0.132
2.98	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.039	0.051	0.061	0.075	0.085	0.101	0.112	0.123	0.128
2.99	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.038	0.049	0.058	0.072	0.082	0.098	0.108	0.119	0.124
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.036	0.047	0.056	0.069	0.078	0.094	0.105	0.115	0.120
3.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.034	0.044	0.053	0.066	0.075	0.091	0.101	0.111	0.116
3.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.032	0.042	0.050	0.063	0.072	0.087	0.097	0.107	0.112
3.03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.030	0.040	0.048	0.061	0.069	0.084	0.094	0.103	0.108
3.04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.028	0.038	0.045	0.058	0.066	0.081	0.090	0.099	0.104
3.05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.027	0.036	0.043	0.056	0.064	0.078	0.086	0.096	0.101
3.06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.025	0.034	0.041	0.053	0.061	0.075	0.083	0.092	0.097
3.07	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.024	0.032	0.039	0.051	0.059	0.072	0.080	0.089	0.094
3.08	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.022	0.030	0.037	0.049	0.056	0.069	0.077	0.086	0.091
3.09	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.021	0.029	0.036	0.046	0.054	0.067	0.075	0.083	0.088

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

Is o I1	Tamano de Muestra															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
3.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.036	0.047	0.056	0.069	0.078	0.094	0.105	0.115	0.120
3.11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.034	0.044	0.053	0.066	0.075	0.091	0.101	0.111	0.116
3.12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.032	0.042	0.050	0.063	0.072	0.087	0.097	0.107	0.112
3.13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.030	0.040	0.048	0.061	0.069	0.084	0.094	0.103	0.108
3.14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.028	0.038	0.046	0.058	0.066	0.081	0.090	0.099	0.104
3.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.027	0.036	0.043	0.056	0.064	0.078	0.086	0.096	0.101
3.16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.025	0.034	0.041	0.053	0.061	0.075	0.083	0.092	0.097
3.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.024	0.032	0.039	0.051	0.059	0.072	0.080	0.089	0.094
3.18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.022	0.030	0.037	0.049	0.056	0.069	0.077	0.086	0.091
3.19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.021	0.029	0.036	0.046	0.054	0.067	0.075	0.083	0.088
320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.011	0.016	0.020	0.028	0.033	0.043	0.049	0.055	0.058
321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.010	0.015	0.019	0.027	0.032	0.041	0.047	0.053	0.056
322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.014	0.018	0.025	0.031	0.040	0.045	0.051	0.054
323	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.013	0.017	0.024	0.029	0.037	0.043	0.049	0.052
324	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.013	0.016	0.023	0.028	0.037	0.042	0.047	0.050
325	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.008	0.012	0.016	0.022	0.027	0.035	0.040	0.046	0.049
3.26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.011	0.015	0.021	0.025	0.033	0.039	0.044	0.047
327	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.011	0.014	0.021	0.024	0.032	0.037	0.042	0.045
328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.010	0.013	0.019	0.023	0.031	0.036	0.040	0.043
3.29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.009	0.012	0.018	0.023	0.029	0.034	0.039	0.042
330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.009	0.012	0.017	0.021	0.028	0.033	0.037	0.040
331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.008	0.011	0.017	0.021	0.027	0.032	0.036	0.039
332	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.007	0.010	0.016	0.020	0.026	0.030	0.034	0.037
333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.007	0.010	0.015	0.019	0.025	0.029	0.033	0.036
334	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.007	0.009	0.014	0.018	0.024	0.028	0.032	0.035
335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006	0.009	0.014	0.017	0.023	0.027	0.031	0.033
336	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006	0.008	0.013	0.016	0.022	0.026	0.030	0.032
337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006	0.008	0.012	0.015	0.021	0.024	0.028	0.031
3.38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.014	0.019	0.024	0.027	0.030
3.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.007	0.011	0.014	0.019	0.022	0.027	0.029
3.40	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0003	0006	0007	0010	0013	0018	0021	0026	0028
3.41	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0006	0010	0012	0018	0021	0025	0027
3.42	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0006	0009	0012	0017	0020	0024	0026
3.43	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0005	0008	0011	0016	0019	0023	0025
3.44	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0005	0008	0011	0015	0018	0022	0024
3.45	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0004	0005	0008	0011	0014	0017	0021	0023
3.46	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0003	0005	0008	0010	0014	0017	0020	0022
3.47	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0003	0004	0007	0010	0014	0016	0019	0021
3.48	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0002	0003	0004	0007	0009	0013	0015	0018	0020
3.49	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0003	0004	0006	0009	0012	0016	0018	0020

(Continua)

TABLA 7 - Continuacion

S o	Tamano de Muestra															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
3.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.008	0.012	0.014	0.017	0.019
3.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.008	0.011	0.014	0.016	0.018
3.52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.007	0.010	0.013	0.016	0.017
3.53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.010	0.013	0.015	0.016
3.54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.007	0.010	0.012	0.014	0.015
3.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.014	0.015
3.56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.011	0.013	0.014
3.57	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.008	0.011	0.012	0.013
3.58	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.012	0.013
3.59	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.011	0.012
3.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.009	0.011	0.012
3.61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.007	0.009	0.011	0.011
3.62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.007	0.009	0.010	0.011
3.63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.010
3.64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.006	0.008	0.009	0.010
3.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.006	0.008	0.009	0.010
3.66	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.005	0.007	0.009	0.009
3.67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.005	0.007	0.008	0.009
3.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.008
3.69	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006	0.008	0.008
3.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006	0.007	0.008
3.71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.007
3.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.007
3.73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.007
3.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007
3.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.006
3.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.006	0.006	0.006
3.77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.006
3.78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005
3.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.006
3.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.005
3.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.005
3.82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.005
3.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
3.84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.004
3.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004
3.86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004
3.87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004
3.88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004
3.89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003
3.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003

3. MUESTREO DE ESTIMACION.

Propósito.

El propósito del muestreo de estimación es el evaluar la calidad de un lote a partir de los resultados de una muestra extraída de ese lote.

El lote puede representar lo que se está obteniendo de una línea de producción o lo que está siendo entregado por un proveedor.

La evaluación establecerá que el lote tiene una probabilidad específica (90 porciento ó 95 porciento, etc.) de estar dentro más o menos tal cantidad (límites de confianza) de una calidad calculada.

La información útil que se obtiene es:

a) Para Muestreo de Estimación por Variables, una estimación del valor medio (o promedio) y la desviación normal del lote;

b) Para Muestreo de Estimación por Atributos una estimación de la fracción defectuosa.

Limitaciones del Muestreo de Estimación.

Es necesario tener en cuenta una diferencia posible entre el valor verdadero de la media del lote y la media calculada a partir de los resultados del muestreo. Para cualquier grado deseado de certidumbre o confianza, el intervalo de valores posibles de la media del lote puede calcularse a partir de la media de la muestra y la desviación normal. Por ejemplo si queremos estar 95% seguros para decir que la media del lote no difiere más de dos errores normales (equivalente a dos desviaciones normales de la muestra) arriba o abajo de la media de la muestra.

El tamaño de muestra de datos por atributos normalmente no debe ser menor de 30 ó 40, puede ser menor para datos por variables si la desviación normal del lote es pequeña.

El tamaño del lote normalmente debe ser de 20 veces el tamaño de la muestra.

Es importante que un técnico entrenado supervise el procedimiento de inspección.

Desarrollo.

Datos por Variables.

Para datos por variables ver las Figuras 2-1, 2-2 y 2-8 que muestran la distribución del universo y la distribución de los valores promedio para todas las posibles selecciones de muestra de tamaño de muestra n.

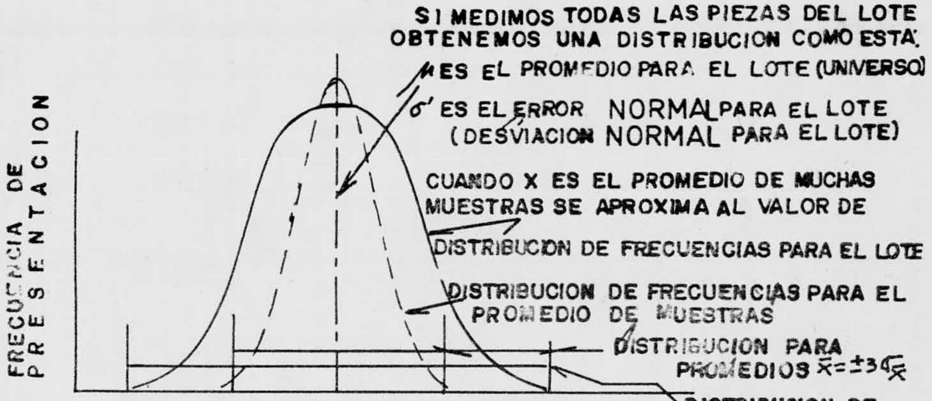


FIGURA 2-1

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS LOTE POR VARIABLES

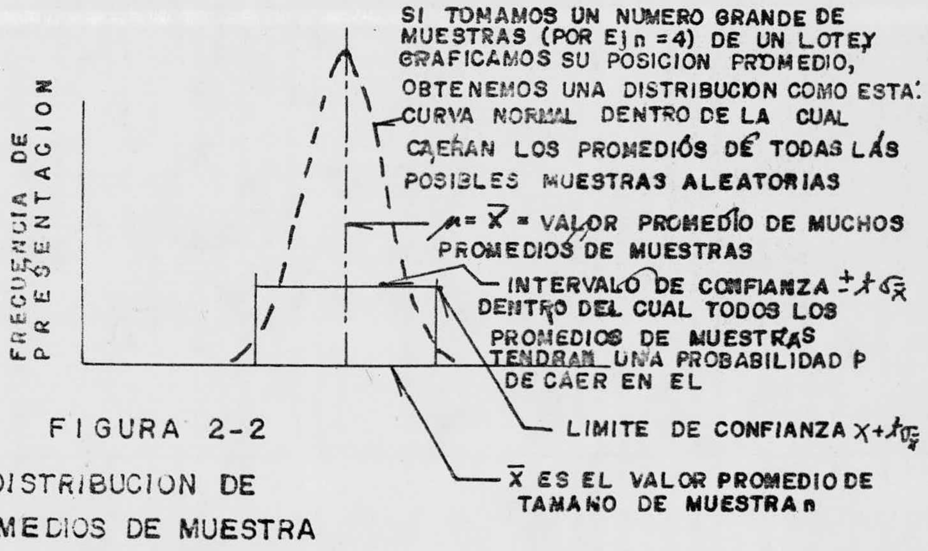


FIGURA 2-2

DISTRIBUCION DE PROMEDIOS DE MUESTRA

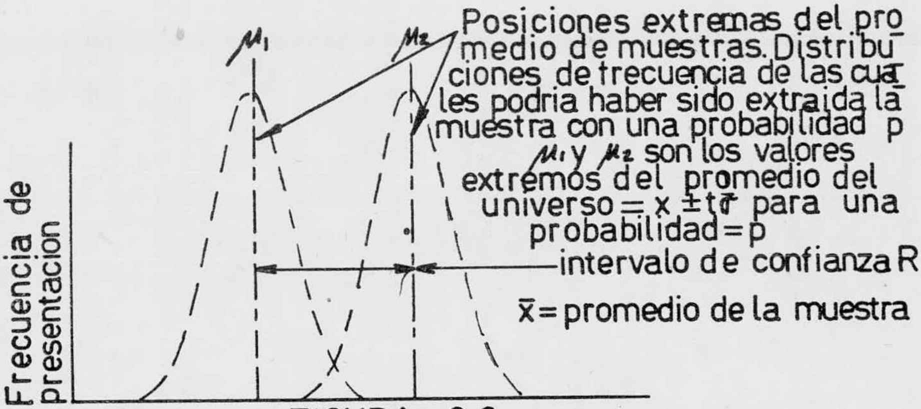


FIGURA 2-3
Intervalo de confianza para el valor de μ dado el promedio $\bar{x}$ y la desviacion normal $\sigma_{\bar{x}}$ de la muestra

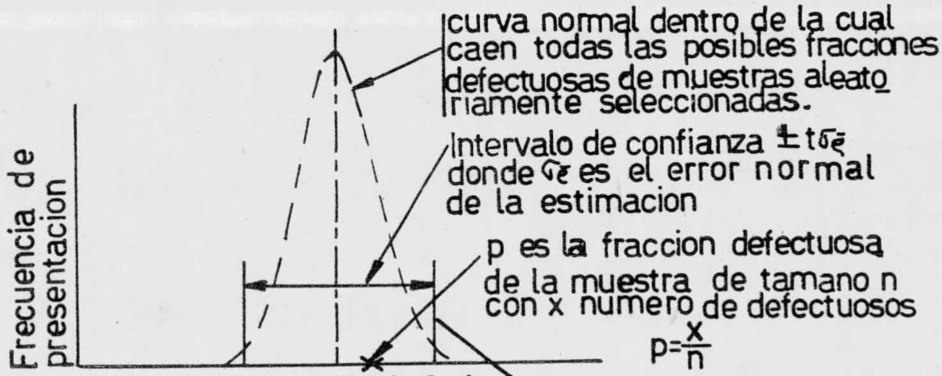


FIGURA 2-4
Datos para muestras por atributos

Para la distribución de frecuencia de un lote (universo) con una distribución aproximadamente normal, tenemos μ el valor promedio del lote, y σ' la desviación normal del lote (ver figura 6).

Si se toma una serie de muestras de tamaño N y se calcula el promedio $\bar{X}$ de cada muestra, los promedios mismos si se grafican --- tendrán una distribución de frecuencias normal con desviación normal $\sigma_{\bar{X}}$ $\bar{X}$ y tendremos (ver figura 2-2)

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{n}}$$

para el lote puede obtenerse de la fórmula usual para la desviación normal :

$$\sigma^{1} = \sqrt{\frac{\Sigma \quad (X - \bar{X})^{2}}{n - 1}}$$

$$\sigma^{1} = \sqrt{\frac{\Sigma X^{2} - (\Sigma X)^{2}/n}{n - 1}}$$

Nota: Es necesario el denominador N-1 para corregir el error en la estimación de σ^{1} a partir de muestras relativamente pequeñas (al hacerse mayor la muestra usada, el efecto de la corrección se - hace menor hasta que (N-1) es casi equivalente a N para todos los - propósitos prácticos.

A largo plazo el promedio X de los promedios de muestras, $\bar{X}$, será igual a μ , el promedio del universo o lote, y los promedios de muestra estarán distribuídos respecto a μ con una desviación normal de $\sigma \bar{X}$. Cualquier valor de $\bar{X}$ estará dentro de 3 $\sigma \bar{X}$ de μ - con un aseguramiento (o probabilidad) de 99.77 porciento.

Para aseguramientos de P menores del 99.7 porciento podemos - seleccionar algún multiplo de $\sigma \bar{X}$ diferente de 3 que llamaremos t. Para cada valor específico de P hay un valor t que puede determinar se de tablas normales de probabilidad.

En la Tabla 8 se muestran valores comunes de t.

T A B L A 8

t	Probabilidad P
3.00	99.7
2.55	99
1.96	95
1.65	90

Nota: La P requerida debe especificarse en cada caso. Nótese que mientras menor sea el valor de t, más cercanos estarán los límites de confianza, pero el aseguramiento o probabilidad de presentación será menor.

Los límites $\bar{X} \pm t\,\sigma_{\bar{X}}$ son llamados "Límites de Confianza".

Puede decirse respecto al valor promedio del lote en relación al promedio de la muestra y a los límites de confianza, que:

P es la probabilidad que el promedio μ del universo se encuentre en el intervalo $\bar{X}-t\,\sigma_{\bar{x}}$ y $\bar{X}+t\,\sigma_{\bar{x}}$. Llamaremos a esto el intervalo R.

Nótese que mientras más pequeño sea el valor de t, más cercanos estarán los límites de confianza, pero el aseguramiento (probabilidad P) es menor. Para cualquier seguridad requerida P y confianza interna $\pm t\ \bar{X}$ el tamaño de muestra requerido puede determinarse de la siguiente manera:

R, la confianza interna $= \pm t\,\sigma_{\bar{X}} = 2\,t\,\sigma_{\bar{X}}$

Pero $\bar{X} = \dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}}$

Entonces $R = t\,\dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}}$

$$Y\ n = \left(\frac{2\,t\,\sigma'}{R}\right)^2 = 4\,\frac{t^2\,(\sigma')^2}{R^2}$$

donde R está especificada, t proviene de una P especificada, y σ' se obtiene de mediciones o referencias anteriores.

Puede hacerse una estimación aproximada rápida, dividiendo el intervalo de lecturas de 10 piezas por 4. Alternativamente, puede estar disponible de estudios anteriores.

Datos por Atributos.

Para Datos por Atributos, referirse a la figura 9 que indica -

la fracción defectuosa del lote e ilustra las posibilidades que pueden resultar de la estimación de resultados de muestra.

p representa la fracción defectuosa de un lote (universo) $\bar{p}$ representa la fracción defectuosa de una muestra de n artículos conteniendo X defectuosos, y entonces $\frac{X}{n} = \bar{p}$;

$\bar{p}$ es el error normal de la estimación que en otra forma se describe como "la desviación normal de la muestra";

$$\bar{p} = \sqrt{\frac{\frac{X}{n}\left(1 - \frac{X}{n}\right)}{n}} = \sqrt{\frac{\bar{p}\,(1 - \bar{p})}{n}}$$

Los límites de confianza para p:

$$= \bar{p} \pm t\,\sigma_{\bar{p}}$$

donde t es un factor que debe seleccionarse de la Tabla 9.

Si hacemos que R represente el intervalo de posibles promedios de muestra (como el intervalo entre límites de confianza), entonces --- R = t $\bar{p}$.

$$= 2t\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1 - \bar{p})}{n}}$$

$$\text{Y} \quad n = \frac{4\,t^2\,\bar{p}\,(1-\bar{p})}{R^2}$$

Procedimiento para efectuar Muestreo de Estimación por Atributos.

Seleccionar la probabilidad que queremos aceptar de que la -- fracción defectuosa de la muestra caiga dentro de los límites de confianza. Decidir esto de la Tabla 9 como 80 porciento, 90 porciento, 95 porciento ó 99 porciento, recordando que mientras más se acerque a 100 porciento, mayor debe ser el tamaño de muestra o más apartados deben estar los límites de confianza.

Estimar la fracción defectuosa probable del lote (p) como una cifra decimal, tal como 0.05. Un antecedente respectivo de calidad puede dar una estimación bastante razonable para el lote en cuestión. Se hace una evaluación de esta estimación cuando se inspecciona la - muestra.

Decidir el intervalo máximo permitible (R) dentro del cual se desea caiga la fracción defectuosa de la muestra (tal como 0.02).

Para t, seleccionar el valor de la Tabla 9, usando la probabilidad P seleccionada en base a un término de muestra preferido, y -- calcular el tamaño de muestra n usando la ecuación:

$$n = \frac{4\,t^2\,\bar{p}\,(1 - \bar{p})}{R^2}$$

Usando una t de 2.02, una probabilidad de 95 porciento, tamaño de muestra 40 y una estimación de la fracción defectuosa de 0.02, tenemos n= (4 x 4.08 x 0.196,/0.0004 = 800 que está muy alejado de lo que se desea. (Al efectuar el muestreo por atributos debe comprenderse que el tamaño de muestra siempre será mayor que para el muestreo por variables). Restableciendo los requisitos seleccionando una probabilidad de 90 porciento, t = 1.60 y R = 0.06 da como resultado n = 55 que está bastante más cerca de 40 para justificar el uso de los límites de confianza y la probabilidad seleccionada.

La inspección de la muestra de 55 artículos, dará un valor -- $X/n = \bar{p}$ que da el porciento defectuoso. Computar el error normal - y los límites de confianza substituyendo en la ecuación:

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}\ (1 - \bar{p}\ )}{n}}$$

y los límites de confianza son $p = \bar{p} \pm t \quad \sigma_{\bar{p}}$

Si la fracción derectuosa está razonablemente cercana a la estimada entonces el trabajo está completo, una diferencia notable requerirá la ejecución de nuevos cálculos.

Dependiendo de la probabilidad a usarse y del tamaño de muestra que se espera se requiere, seleccionar el valor "t" de la Tabla 9.

T A B L A 9

VALORES DE t

	Probabilidad (P) de que el promedio de muestra caiga dentro de los límites de confianza			
	80 porciento	90 porciento	95 porciento.	99 porciento.
10	1.38	1.83	2.26	3.25
40	1.30	1.60	2.02	2.70

Procedimiento para efectuar Muestreo de Estimación por Variables.

Seleccionar la probabilidad que se desea aceptar de que el promedio de la muestra se encuentre dentro de los límites de confianza. Decidir esta probabilidad de la Tabla 9 como 80 porciento, 90, 95 y 99 porciento recordando que mientras más cercano se esté al 100 porciento mayor debe ver el - tamaño de muestra o más apartados deben estar los límites de confianza.

Decidir el intervalo (R) dentro del cual se espera caiga la estimación respecto al valor verdadero (tal como 0.002).

Seleccionar el valor para t de la Tabla 9, notando el tamaño de muestra opuesto a la t seleccionada.

Estimar ya sea de un conocimiento anterior del lote que pueda estar disponible o si no está disponible usando un sexto de la diferencia entre la lectura mayor y menor esperada de la muestra.

Substituir en la ecuación.

$$n = \frac{4\ t^2\ \sigma^2}{R^2}$$

Usando una t de 2.02 para un tamaño de muestra 40 y una probabilidad de 95 porciento y decidir sobre R = 0.0002 y σ = 0.003 y

$$n = \frac{4 \times 4.08 \times 0.000009}{0.000004}$$

Si el cálculo para la muestra difiere apreciablemente del tamaño de muestra seleccionado, modificar entonces t ó R y recalcular.

Computar el promedio $\bar{X}$ y el error normal $\bar{X}$ de los resultados de la medición. Si la $\bar{X}$ difiere radicalmente del valor usado, principiar nuevamente los cálculos.

Usar la ecuación $R = \pm\ t\ \sigma_{\bar{X}}$ usando la t seleccionada previamente y resolver para R (los límites de confianza). Citar el promedio $\bar{X}$ como el del lote, dentro de los límites de confianza calculados, y de acuerdo a la probabilidad originalmente establecida.

III.- MUESTREO PARA CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO.

4. MUESTREO PARA CONTROL DE LA CALIDAD

Propósito.

Las técnicas que se describen en esta parte pueden usarse para proporcionar información actualizada para el análisis de un procedimiento de producción para:

(a) Establecer un proceso o procedimiento que sea económicamente ventajoso y capaz de producir un producto que esté dentro de especificaciones;

(b) Establecer las causas de variaciones indeseables en los elementos del proceso tales como partes de máquinas, ajustes, calibradores, herramientas de corte, operador, etc. Esto puede conducir a la variación de los elementos del proceso o procedimiento de tal forma que se cumpla con la especificación. En este caso eliminamos o reducimos las causas conocidas de variación o reducimos las causas desconocidas, o hacemos ambas cosas;

(c) Establecer los procedimientos de inspección más económicos y eficientes. Con un proceso conocido bajo control y dentro de especificaciones, puede ser posible reducir la inspección final a muestreo de aceptación o muestreo de auditoría, o aún eliminar la inspección final;

(d) Mantener una vigilancia relativamente poco costosa sobre el proceso que puede conducir a incrementar o reducir controles de acuerdo a las variaciones de calidad;

(e) Proporcionar datos para efectuar decisiones sobre aceptar o rechazar material fabricado o adquirido;

(f) Establecer razones y evidencias de respaldo como justificación de cambios en los requisitos de ingeniería.

Técnicas de Muestreo Usadas Comunmente para Control de la Calidad del Proceso.

La técnica implica la selección periódica de un subgrupo (muestra) del proceso. Se verifican los componentes de la muestra para la característica bajo consideración y los resultados se grafican en una carta en la que se hayan establecido "límites de control". La relación de los datos graficados y los límites de control proporciona una indicación de cambios desusuales en el proceso y justifica las acciones para prevenir el procesamiento de material defectuoso.

Se usan Cartas de Control por Variables, frecuentemente conocidas como cartas de $\bar{X}$ (X testada) y R, para análisis y control de características sencillas de un proceso por medio de datos por variables; por ejem. el control del maquinado del diámetro de tornillos -

en un torno de acuerdo a una tolerancia especificada.

Se usan Cartas de Control de Porciento Defectuoso (Cartas P) para análisis y control de las características sencillas de un proceso por medio de datos por atributos; por ejem. el control de soldadura de un tanque por medio de pruebas de fuga donde se evalúa el atributo de libertad para fugas.

Se usan Cartas de Control por Defectos por Unidad (Cartas C) para análisis y control de características múltiples de un proceso por medio de datos por atributos; por ejemplo el control de soldadura de un tablero electrónico por conteo del número de puntos soldados o no soldados.

Los requisitos mínimos que deben establecerse antes de la utilización de cualquiera de las Técnicas de Cartas de Control son las siguientes:

(a) Es esencial la cooperación activa y la comprensión completa de todo el departamento de Supervisión de Producción;

(b) A todo el personal que ejecute cualquier parte del trabajo, debe darse un entrenamiento cuidadoso sobre los principios básicos del sistema y su propósito teniendo una idea clara de su participación en el trabajo;

(c) Es importante que existan datos disponibles de costos o de calidad tales como: costos de reproceso, costos de desperdicios, calidad que llegue al consumidor o calidad de aceptación, etc., antes de llevar a la práctica estas técnicas, para evaluar o demostrar el grado de bondad o éxito alcanzado;

(d) Análisis cuidadoso del proceso existente para decidir correctamente sobre aquellas características que tienen un efecto significativo sobre el tipo de control que se ha alcanzado.

Control del Proceso por Cartas de Control por Variables (Cartas $\bar{X}$ y R)

Aunque hay muchas variaciones de este sistema de carta de control el método que aquí se describe puede utilizarse directamente en un gran número de aplicaciones.

Se selecciona una muestra de cinco piezas extraídas del proceso cada 30 minutos en el orden en que se lleve a cabo el procesamiento y tan pronto como sea posible inmediatamente después de su procesamiento, así como una después de otra manteniendo tan consistente como sea posible el intérvalo de 1/2 hora. (Pueden utilizarse muestras de dos, tres, cuatro o seis piezas en vez de cinco piezas, y en vez de 1/2 hora puede utilizarse cualquier período deseado; sin embargo una ves establecido, debe mantenerse el tamaño de muestra).

La frecuencia de selección de muestras se selecciona cuidadosamente para mantener un conocimiento exacto y completo de las piezas que se estan produciendo, y para permitir que se presenten las variaciones posibles causadas por la máquina, herramientas, calibradores y operador.

Elaboración de las Cartas $\bar{X}$ y R.

Usando una carta similar a la de la Figura 2-5, el analista u operador completa la información requerida: Parte No., Nombre de parte, Operación No., Máquina No., Identificación del Operador. , Fecha, hora, etc.

El operador o el inspector según se acuerde, seleccionará cinco artículos de acuerdo con la frecuencia especificada en la carta. Siendo cuidadoso de registrar los artículos en el orden en que se produjeron (los cinco artículos componen una muestra).

Cuando se ha completado el primer conjunto de cinco mediciones, se suman sus valores y se coloca esta suma en el espacio marcado "Total".

Dividir la suma o "Total" por el número de mediciones tomadas - (5) Este valor representa el promedio de las cinco mediciones colocar este valor en el espacio marcado $\bar{X}$ (lease X testada).

Identificar entre las cinco mediciones tomadas el mayor y el menor valor, restar el inferior del superior. Esta diferencia representa el rango y se coloca en el espacio marcado "R".

Después de graficar los valores de $\bar{X}$ y R y de que se ha tomado un mínimo de 20 subgrupos consecutivos (o muestras) los límites de -- control se pueden calcular como sigue.

Límite superior de Control para $\bar{X}$ (LSC $\bar{x}$) = $\bar{X} + A_2 \bar{R}$

y Límite Inferior de Control para $\bar{X}$ (LIC) = $\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

donde $\bar{\bar{X}}$ (x doble testada) es el promedio de todas las X.

A_2 es una constante que depende del tamaño de muestra

$\bar{R}$ es el promedio de los 20 intervalo;

(b) Límite Superior de Control para R = $\bar{R}\, D_4$ = LSC_R

Límite inferior de Control para R = R D_3 = LIC_R

donde D_3 y D_4 son constantes dependientes del tamaño de muestra.

(c) Valores de las Constantes A_2, D_3, D_4 para varios tamaños de muestra.

Tamaño de Muestra	A_2	D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00

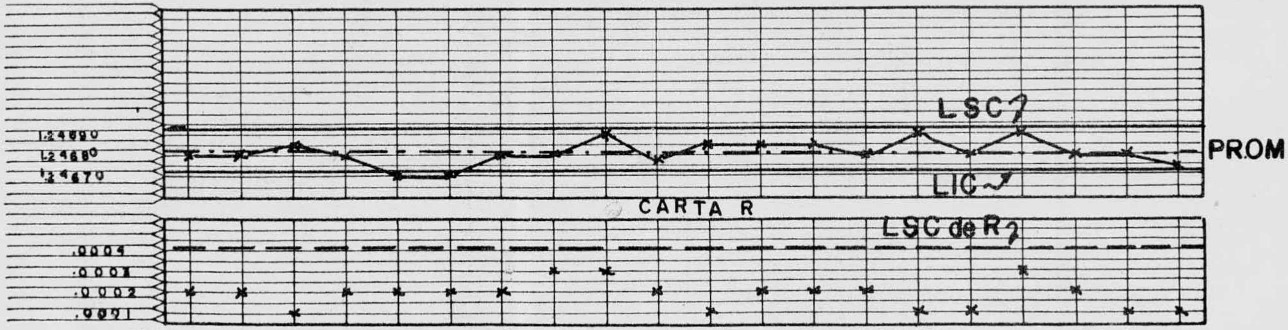
CARTA DE CONTROL $\bar{X}$-R

DEPTO. No. 464 | CARTA No. 6

PARTE No 1.46704	NOMBRE	Tamaño Muestra 5	FREC. c/HORA	OP. No. 33	observaciones
DIMENSION 1.24695	TOLERANCIA ±0.00075	Unidad .0001			

OPERADOR																				
fecha / hora	12/18 7:30 P	9.00	11.00	1.00 P.M.	3.00	4.30	6.00	8.30	10.30	12/19 7.30 A.M.	9.30	1.00	2.00	3.00	4.00	6.30	10.00	12/20 6.00 A.M.	10.00	4.00
MUESTRA 1	1.2467	1.2469	1.2469	1.2468	1.2467	1.2469	1.2467	1.2469	1.2468	1.2467	1.2467	1.2469	1.2469	1.2468	1.2469	1.2468	1.2471	1.2468	1.2468	1.2467
2	1.2467	1.2469	68	69	67	67	69	68	68	69	68	69	69	69	69	69	69	68	67	68
3	1.2468	1.2467	69	68	67	67	69	68	69	69	67	69	69	69	69	68	69	67	67	67
4	1.2467	1.2467	69	67	68	67	67	66	71	69	67	67	69	67	70	69	69	68	67	68
5	1.2469	1.2468	68	68	66	68	69	67	68	69	68	69	67	67	69	68	68	69	68	68
TOTAL	340	340	342	340	336	338	342	340	343	342	338	343	343	340	346	341	346	340	339	338
PROMEDIO X	1.2468	1.2468	1.24685	1.2468	1.2467	1.2467	1.2468	1.2468	1.2469	1.24675	1.24685	1.24685	1.24685	1.2468	1.2469	1.2468	1.2469	1.2468	1.2468	1.24675
RANGO R	.0002	0.0002	.0001	.0002	0.0002	0.0002	.0002	.0003	.0003	.0002	.0001	.0002	.0002	.0002	.0001	.0001	.0003	.0002	.0001	.0001

CARTA $\bar{X}$



VERIFICADA POR | FECHA | APROBADA POR | FECHA

FIGURA 2-5

CARTA DE CONTROL $\bar{X}$-R

INSTRUCCIONES PARA ELABORACION DE CARTAS DE CONTROL $\bar{X}$- R.

1.- Asegurarse de que el equipo de medición está en buenas condiciones de operación y apropiadamente ajustado.

2.- Completar las formas de información, usar la carta solamente para el número de parte, operación y máquina mostrada.

3.- Indicar empleado, fecha y hora para cada muestra.

4.- Una muestra consiste de piezas consecutivamente fabricadas, la cantidad de piezas que componen una muestra, se establece en las formas para "tamaño de muestra".

5.- Cada pieza de la muestra debe medirse cuidadosamente y registrarse apropiadamente.

6.- Calcular y graficar los valores de $\bar{X}$ y R en el momento en que se toma la muestra.
Estos valores se calculan como sigue:

a) Sumar las lecturas de la muestra y dividir el total por el tamaño de muestra para obtener el promedio ($\bar{X}$).

b) Restar la lectura menor de la mayor en la muestra para obtener el rango (R).

7.- Las muestras deben tomarse a intérvalos regulares, como se indica en la forma de "frecuencia". Además, debe tomarse una muestra al principio y al final de cada cambio, inmediatamente después del paro para almuerzo e inmediatamente después de un cambio de herramienta, ajuste de la máquina o cambio de troqueles.

8.- Deberá anotarse todo cambio de máquina o herramienta inmediatamente después de que suceda.

9.- Las siguientes condiciones "fuera de control" requieren de atención inmediata:

-- Cualquier punto fuera de los límites de control ya sea para $\bar{X}$ o para R:

-- Dos o tres puntos consecutivos sobre los límites de control ya sea para $\bar{X}$ o para R.

-- Cinco (5) o seis (6) puntos sucesivos a un lado de la línea central.

10.- Cualquier duda preguntar al supervisor o superintendente.

11.- Las cartas terminadas deben entregarse sin demora a la sección de supervisión para su aprobación.

FIGURA 2-5 (Continuación)

Conclusiones Obtenidas de las Cartas de Control de $\bar{X}$ y R.

Los límites de control representan los límites de variación esperados para el 99.7 porciento de todas las muestras provenientes de un "universo" o "población" que se aproxime a la distribución normal, y en particular para el proceso incluido dentro de los límites superior e inferior de control.

En general, la media o promedio de la muestra ($\bar{X}$) deberá acercarse al valor nominal de la especificación de la característica, y el límite superior de control de R deberá estar bien dentro de tolerancia para la característica especificada.

Si todos los puntos graficados obtenidos de las muestras usadas para calcular los límites de control caen dentro de estos límites, es señal de que no hay evidencia de causa conocida de variación, y puede suponerse que el proceso está dentro de un nivel de calidad consistente. A menudo esto se conoce como "proceso bajo control".

Si algunos de los puntos graficados de las muestras usadas para calcular los límites de control caen fuera de estos límites, es una indicación de que hay una variación en el proceso debida a una causa asignable, por lo que se requiere investigar el proceso para localizar esta causa asignable. En este caso los límites de control "ensayados" pueden no ser ya confiables como para seguir usándolos ya que el proceso no es de calidad consistente y está estadísticamente "fuera de control".

Mientras continuen dentro de estos límites los puntos graficados, después de que se han establecido los límites de control, el proceso se considera bajo control respecto a estos límites. Periódicamente deben recalcularse estos límites para determinar si el proceso ha mejorado por alguna circunstancia, de tal forma que haya disminuido la dispersión de 6 σ y se deban usar nuevos límites de contro para el proceso mejorado. En este caso lo indicado es una investigación para localizar la razón del mejoramiento del proceso y para retener esta condición deseable.

Cuando uno o más de los puntos graficados, después de que se han establecido los límites de control caen fuera de estos límites, es indicación de un cambio en el proceso debido a una acción asignable, por lo cual, debe investigarse el proceso para investigar la causa de este cambio y proponer la respectiva acción correctiva.

Control del proceso por Carta de Control por Porciento Defectuoso (carta P).

Cuando, de acuerdo a los resultados de la inspección los Artículos individuales se clasifican como defectuosos o no defectuosos, puede usarse la carta de control por porciento defectuoso (o fracción defectuosa).

Para operación de una Carta P se requiere un tamaño de muestra mínimo de 40 artículos.

Una vez que se ha establecido el tamaño de muestra es importante para simplicidad de operación que permanezca de tamaño constante.

Se está utilizando una carta P además de una carta de control por variables, pueden acumularse las muestras de esta última carta para usarse con las cartas P, las muestras deben tomarse con la frecuencia suficiente de tal forma que se encuentren las variaciones en el proceso.

Aún considerando que la frecuencia excesiva de toma de muestras puede ser innecesariamente costosa, la extracción no bastante frecuente de muestras puede dar como resultados la falla para detectar averías tempranas, o la existencia de tendencias. Es necesario un conocimiento del proceso para establecer la mejor frecuencia.

El valor "P" porciento defectuoso, que se grafica en la carta se obtiene dividiendo el número de defectuosos encontrados en la muestra por el número de artículos en la muestra, y transformando esto a un porcentaje, por ejemplo si de una muestra de 160 artículos, se encontraron 8 defectuosos el porciento defectuoso sería

$$P = \frac{8}{160} \times 100 = 5 \text{ porciento}$$

Se da un ejemplo de una carta P en la figura.

La escala vertical a lo largo del margen izquierdo de la carta muestra el porciento defectuoso, mientras que la escala horizontal a lo largo del fondo muestra el número de muestra en el orden tomado y puede mostrar la hora y la fecha de la muestra.

Los límites de control se calculan después de que se ha tomado un mínimo de 20 muestras y que se han graficado un mínimo de 20 puntos. Se ejecutan los siguientes cálculos.

$$\bar{P} = \text{Porciento Defectuoso Promedio}$$

$$= \frac{\text{Número total defectuoso}}{\text{Número total inspeccionado}} \times 100$$

$$n = \text{Número de artículos en cada muestra.}$$

$$LSC = \text{Límite Superior de Control}$$

$$= \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}\,(100 - \bar{P})}{n}}$$

LIC = Límite Inferior de Control.

$$= \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}\ (100 - \bar{P})}{N}}$$

Si el resultado es negativo se usa el 0 para el LIC.

Evaluación de las Cartas de Control por Porciento Defectuoso.

Cuando se agregan los límites de Control a las cartas de control existirá una cualquierra de las dos siguientes situaciones:

(a) Todos los puntos graficados a partir de las muestras usadas para calcular los límites de control caen dentro de estos límites: Esto indica que no hay evidencia de causas asignables de variación y que el proceso está dentro de un nivel "consistente" de calidad.

(b) Algunos de los puntos graficados que se usaron para calcular los límites de control caen fuera de estos límites: Esto indica una variación en el proceso debido a causas asignables por lo que se sugiere investigar el proceso para localizar las causas asignables de variación. En este caso los límites de control "ensayados" no pueden usarse posteriormente ya que el proceso no es consistente (está "fuera de control").

Deben recalcularse a partir de nuevos datos una vez que se haya tomado la acción correctiva.

Si los puntos graficados después del establecimiento de los límites de control, permanecen dentro de estos límites, se considera que el proceso está bajo control. Cuando uno o más, caen fuera de los límites de control (ya sea arriba o abajo), lo más indicado es un cambio en la operación real del proceso. Bajo estas circunstancias debe efectuarse una investigación del procese para determinar la causa de tal cambio, pudiendo originarse cualquiera de las dos condiciones siguientes:

(a) Si algunos de los puntos están sobre la línea del Límite Superior de Control ello indica que ha aumentado el porciento defectuoso por lo que lo indicado es una acción correctiva.

(b) Si algunos de los puntos caen abajo del límite Inferior de Control, ello indica que se ha reducido el porciento defectuoso por alguna causa asignable, y lo indicado es una acción para retener esta condición deseable. Si se hace esto debe establecerse una nueva carta de control para ayudar a mantener esta condición deseable.

EJEMPLO DE LA CARTA P (VER FIGURA 2-6)

FECHA	No.INSPECCIONADO	No.DEFECTUOSO	FECHA	No.INSP.	No.DEFEC.
9/28/74	160	7	10/19/74	160	10
9/29/74	160	8	10/20/74	160	6
9/30/74	160	3	10/21/74	160	11
10/1/74	160	15	10/22/74	160	5
10/2/74	160	4	10/23/74	160	7
10/5/74	160	10	10/26/74	160	8
10/6/74	160	9	10/27/74	160	4
10/7/74	160	7	10/28/74	160	8
10/8/74	160	11	10/29/74	160	12
10/9/74	160	9	10/30/74	160	4
10/12/74	160	8			
10/13/74	160	3			
10/14/74	160	6			
10/15/74	160	7			
10/16/74	160	8			
			TOTAL	4000	190

Porciento Defectuoso Promedio

$$\bar{P} = \frac{190}{4000} \times 100 = 4.75$$

Tamaño de Muestra $n=160$

Límite de Control

$$LSC \text{ y } LIC = \bar{P} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{P}\,(100-\bar{P})}{N}}$$

$$= 4.75 \pm 3\sqrt{\frac{4.75(100 - 4.75)}{160}} = 4.75 \pm 3\sqrt{2.82}$$

$$= 4.75 \pm 5.04$$

LSC = 4.75 + 5.04 = 9.79

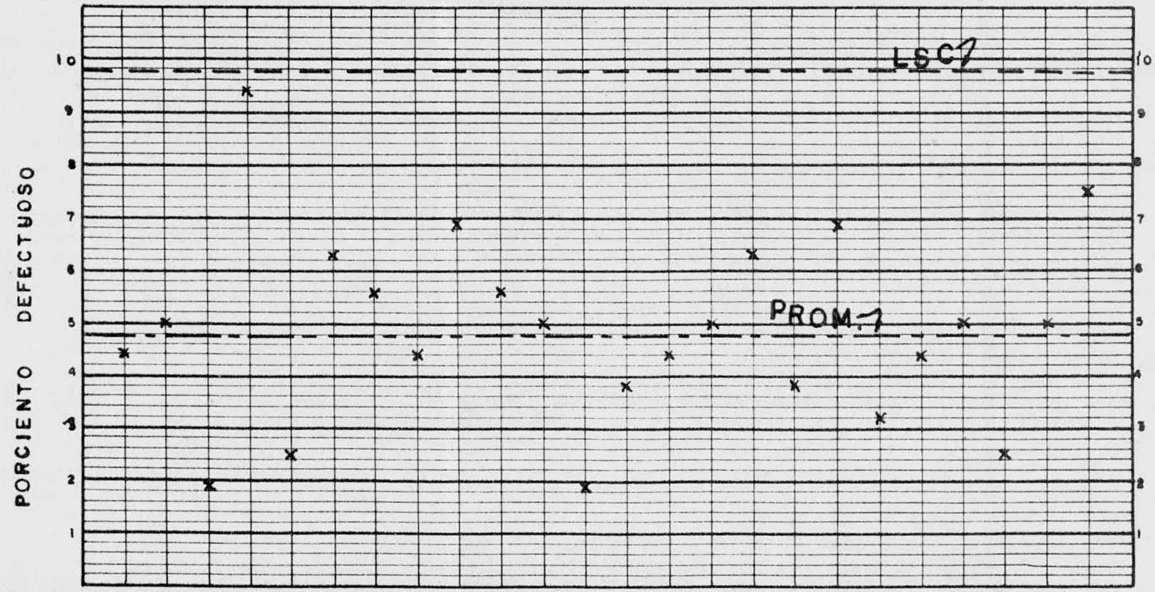
LIC = 4.75 - 5.04 Ya que la fracción defectuosa no puede ser menor de cero el LIC llega a ser 0.

Estos límites se muestra en la Carta de Control de la Figura 2-6.

CARTA P PORCIENTO DEFECTUOSO

CARTA No 12

PARTE No 12345 AISLADOR	operacion FINAL	maquina no	depto 4500 observaciones TAMAÑO MUESTRA 160 PIEZAS
CARACTERISTICA DIMENSIONAL	FRECUENCIA DE MUESTREO UNA VEZ AL DIA		



hora / fecha	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/12	10/13	10/14	10/15	10/16	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/26	10/27	10/28	10/29
PRODUCCION	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
DEFECTUOSO	7	8	3	15	4	10	9	7	11	9	8	3	6	7	8	10	6	11	5	7	8	4	8	12
"p"	4.4	5.0	1.9	9.4	2.5	6.3	5.6	4.4	6.9	5.6	5.0	1.9	3.8	4.4	5.0	6.3	3.8	6.9	3.2	4.4	5.0	2.5	5.0	7.5

CARTA DE CONTROL DE PORCIENTO DEFECTUOSO "P"

FIGURA 2-6

Cartas de Control por Defectos por Unidad (Cartas-C)

Esta carta se usa para proporcionar un registro y un método de control de defectos donde normalmente puede haber más de un defecto por unidad o artículo. En este caso el "defectuoso" es la unidad que contiene uno o más defectos.

Un ejemplo de una unidad que puede contener más de un defecto es el tablero de un círcuito soldado, en cuyo caso cada tablero puede contener cualquier número de defectos de soldadura. Otro ejemplo es una muestra de un metro de tela que puede contener cualquier número de defectos o imperfecciones, ejemplos posteriores son: un ensamble tal como un radio, remaches defectuosos en un ensamble remachado defectos visuales en un artículo maquinado, etc.

Selección de la Muestra.

El tamaño de muestra usualmente es de una unidad o artículo, la experiencia muestra que es más deseable un tamaño de muestra mayor, particularmente si el número promedio de defectos es menor de uno por unidad.

La frecuencia de selección de la muestra debe ser tal que se encuentren las variaciones que se sospecha existan. Es útil un conocimiento del proceso para decidir sobre la frecuencia de selección de muestra al principio y la experiencia en la carta puede indicar un cambio en la frecuencia.

Todos los defectos en la muestra se contabilizan para obtener "C" el total de defectos por unidad o muestra.

Elaboración de la Carta-C (ver figura 2-7).

Establecer toda la información básica requerida por la carta, incluyendo número de parte, tamaño de muestra, frecuencia, característica a evaluar, etc.

Cuando se seleccione la muestra, establecer la fecha y hora de selección.

Contrar los defectos contenidos en la unidad o muestra, colocar una raya para cada defecto, en la columna vertical sobre la fecha y hora.

Cálculo de límites de control para Cartas-C.

Para un mínimo de 20 muestras, totalizar el número de defectos y devidir este total por el número de muestras para obtener el número promedio de defectos por muestra $C = \frac{\text{defectos totales}}{\text{Número de Muestras}}$

Los límites de control son

$$\bar{C} \pm 3\sqrt{\bar{C}}$$

y el límite superior de control (LSC)= $C + 3\sqrt{\bar{C}}$ y el límite inferior de control (LIC) $= \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$.

Nota: un número negativo calculado para el LIC significa simplemente que el LIC=0.

Evaluación de la Carta de control.

Si para todas las muestras el número de defectos cae dentro de los límites de control, simplemente significa que no hay indicación de un cambio en el proceso y pueden continuarse usando los límites de control para evaluación de los resultados subsecuentes.

Si para algunas de las muestras el número de defectos excede el límite superior de control puede tomarse como indicación que algo se ha "deteriorado" en el proceso y debe hacerse una investigación para determinar la causa y efectuar la corrección, los resultados de este análisis pueden ser una justificación para el uso de cartas $\bar{X}$ y R o para cartas P para un análisis más detallado del proceso.

Si para alguna de las muestras el número de defectos no llega al límite inferior de control puede tomar como indicación de que algo ha mejorado en el proceso. En este caso es indicada una investigación de la causa para retener esta condición deseable.

En cualquier caso, una vez que el proceso ha cambiado ya sea para mejorar o empeorar, y continua en ese nuevo nivel, deben recalcularse los límites de control y usarse para este "nuevo" proceso, a menos que haya una buena razón para no cambiar.

Ejemplo de Carta C- (ver figura 2-7).

Hora de la muestra tomada	No. de defectos C	Hora de la muestra tomada	No. de defectos C
7:00 AM Abril 4	15	7:00 AM Abril 5	13
7:30 AM	12	7:30 AM	9
8:00 AM	14	8:00 AM	13
8:30 AM	4	8:30 AM	17
9:00 AM	12	9:00 AM	13
9:30 AM	9	9:30 AM	11
10:00 AM	15	10:00 AM	22
10:30 AM	17	10:30 AM	8
11:00 AM	16	11:00 AM	10
12:00 AM	16	12:00 AM	16
12:30 PM Abril 4	9	12:30	325
1:00 PM	12		
1:30 PM	13		
2:00 PM	15		
2:30 PM	14		

Calculos
Número de Muestras 25
Número total de defectos en 25 Muestras 325
Número promedio de defectos por Muestra

$$\bar{C} = \frac{325}{25} = 13$$

$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 13 + 3\sqrt{13} = 23.8$

Límite inferior de control

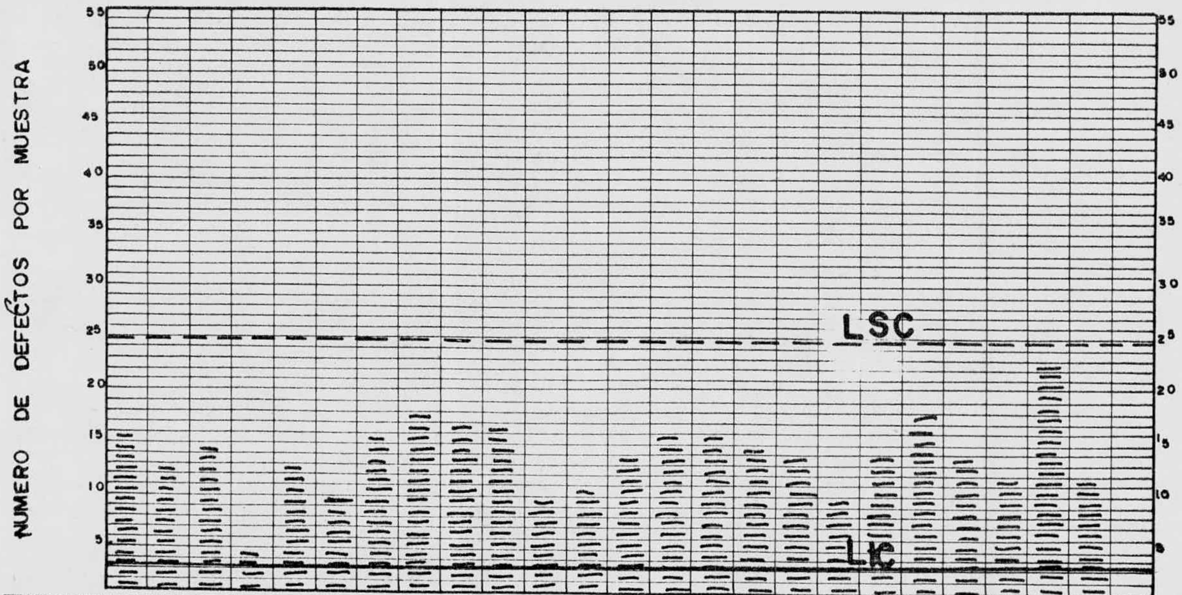
$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 13 - 3\sqrt{13} = 2.2$

CARTA C
DEFECTOS POR UNIDAD

CARTA No. 1

PARTE No 12345	Nombre de parte PISTON	Operacion INSP. FINAL	Maquina No	Depto. No.
CARACTERISTICA VISUAL		FRECUENCIA DE MUESTREO CADA 1/2 HORA		

Observaciones: 5 PISTONES EN UNA MUESTRA



Fecha y hora	4/4/72	7.30	8.00	8.30	9.00	9.30	10.00	10.30	11.00	12.00	12.30 PM	1.00	1:30	2.00	2:30	4/5/72 AM	7.00	8.00	8.30	9.00	9.30	10.00	10.30	11.00	
Operador																									
Piezas por muestra	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

CARTA C
DEFECTOS POR UNIDAD

FIGURA 2-7

B I B L I O G R A F I A

Dixon W.J. and Massey Frank J.	Introduction to Statistical Analysis	Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1957
Feigenbaum, A.V.	Total Quality Control	Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1961
Juran	Quality Control Handbook	Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1963
Moroney, M.J.	Facts from Figures	Cox 8c Wyman Ltd, London 1970
Grant, E.L.	Statistical Quality Control	Mc Graw-Hill N.Y. 1972
Spiegel, M.R.	Theory and Problems of Statistics	Schaum's Outline Series Mc Graw-Hill
British Standard 6000;1972	Guide to the use of B S 6001 Sampling procedures and tables for inspection by attributes	British Standard Institution,1972
ISO/DIS 3319	Guide to the use of SO 2859 Sampling procedures and tables for inspection by attributes	International Organization for Standardization, 1974.
ISO 2859	Sampling procedures and tables for inspection by attributes	International Organization for Standardization, 1976.
ISO 2854-1976	Statistical interpretation of dates	International Organization for Standardization 1976.
ANSI	Mil-Std-105D-1963 Sampling procedures and tables for inspection by attributes.	ANSI-1963

ANSI	Mil-Std-414 Sampling Procedures and Tables for inspection by variables for percent defective.	ANSI
CSA Special publication	Sampling procedures Z-90-1967	Canadian Standards Association, 1967.
DGN	DGN-R-18-1975 Muestreo para la inspección por atributos parte 1,2,3	Dirección General de Normas Secretaría de Industria y Comercio México, 1975.
Maisel L.	Probabilidad y Estadística	Fondo Educativo Interamericano, S.A. México, 1971.
JIS	JIS Z8101-1963.Glossary of terms Used in Quality Control	Japanese Standards Association, 1963.
ANSI Standards	A-1-1971 (Z1.5-1971) A-2-1971 (Z1.6-1971) A-3-1971 (Z1.7-1971) Definitions Symbols Fórmulas and Tables for Control Charts Definitions and Symbols for Acceptance Sampling by Attributes. Glossary of general terms Used in Quality Control.	American Society for Quality Control 1971.