DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO: CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
1982

1. Dr. Octavio A. Rascón Chávez
Subdirector
Instituto de Ingeniería
U N A M
México, D.F.
548 54 79

2. M. en I. Augusto Villarreal Aranda
Profesor
División de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería
U N A M
México, D.F.
554 45 31

3. M. en C. Manuel Marín González
Jefe de la Unidad de Normalización Metrológica y Control de Calidad
Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Gtuy Cárdenas No. 25
Col. Guadalupe Inn
México 20, D.F.
655 35 48 y 655 34 92

4. Ing. Carlos Javier Mendoza Escobedo
Coordinador de la Sección de Estructuras y Materiales
Instituto de Ingeniería , Facultad de Ingeniería
U N A M
548 97 94

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD OCTUBRE - NOVIEMBRE DE 1982

| Fecha | Tema | Horario | Profesores |
|---|---|---|---|
| Octubre 18 | OBJETIVOS DEL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD | 18 a 21 h | M. en C. Manuel Marín González |
| Octubre 20,22, 25 y 27 | ESTADISTA Y PROBABILIDADES | 18 a 21 h c/día | Dr. Octavio A. Rascón Chávez |
| Octubre 29 de oct. y 3,5,8 y 10 de noviembre | CARTAS DE CONTROL | 18 a 21 h c/día | Ing. Carlos Javier Mendoza Escobedo |
| Nov. 12, 15, 17, 19 y 22 | MUESTREO DE INSPECCION | 18 a 21 h c/día | M. en I. Augusto Villarreal Aranda |
| Noviembre 24 | CONFIABILIDAD DE COMPONENTES Y SISTEMAS | 18 a 21 h | Dr. Octavio A. Rascón Chávez |

# EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

(1)

CURSO: CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

FECHA: Del 18 de octubre al 24 de noviembre, de 1982.

| | CONFERENCISTA | DOMINIO DEL TEMA | EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES | MANTENIMIENTO DEL INTERES.(COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION). | PUNTUALIDAD | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Dr. Octavio A. Rascón Chávez | | | | | |
| 2. | Ing. Carlos Javier Mendoza Escobedo | | | | | |
| 3. | M. en I. Augusto Villarreal Aranda | | | | | |
| 4. | M. en C. Manuel Marín González | | | | | |
| 5. | | | | | | |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| | ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10 | | | | | |

# EVALUACION DEL CURSO

| | CONCEPTO | EVALUACION |
|---|---|---|
| 1. | APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS | |
| 2. | CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS | |
| 3. | GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO | |
| 4. | CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO | |
| 5. | CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO | |
| 6. | CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO | |
| 7. | GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO | |

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

| MUY AGRADABLE | AGRADABLE | DESAGRADABLE |
|---|---|---|
| | | |

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

| PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DIVISION DE EDUCACIÓN CONTINUA | PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DIVISION DE EDUCACIÓN CONTINUA | POLLETO DEL CURSO |
|---|---|---|
| | | |

| CARTEL MENSUAL | RADIO UNIVERSIDAD | COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC. |
|---|---|---|
| | | |

| REVISTAS TECNICAS | POLLETO ANUAL | CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY" | GACETA UNAM |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

| AUTOMOVIL PARTICULAR | METRO | OTRO MEDIO |
|---|---|---|
| | | |

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

_____

_____

_____

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

| SI | NO |
|---|---|
| | |

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

_____

_____

7. La coordinación académica fue:

| EXCELENTE | BUENA | REGULAR | MALA |
|---|---|---|---|
| | | | |

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

| LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS) | LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H. | LUNES, MIERCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H. | MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H. |
|---|---|---|---|
| | | | |

| VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H. | VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 a 18 H. | O T R O |
|---|---|---|
| | | |

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

_____

_____

10. Otras sugerencias:

_____

_____

_____

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

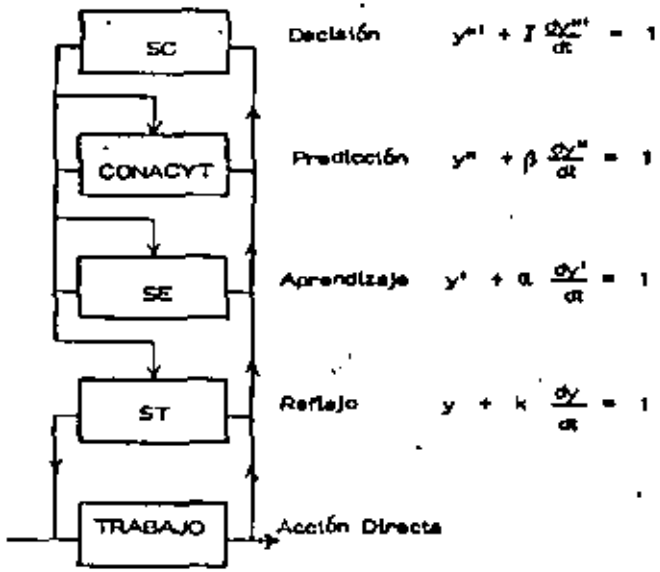
# EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD

ING. MANUEL MARIN GONZALEZ

OCTUBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

## EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD.




MMG'lmm
81.04.14

EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD

Frente al subdesarrollo, el lento aprendizaje: eficaz mecanismo educativo, el aprendizaje autogestionario. El hombre, animal racional, el ente que emerge de la naturaleza, la contempla como algo objetivo, intenta someterla como recurso y lo logra en la medida de su conocimiento, su capacidad de retroalimentación metro-paramétrica, de aprendizaje y de acuerdo a lo aprendido, es subdesarrollado en la medida en la que su mecanismo de aprendizaje no funciona. Igual ocurre con las comunidades humanas, en las que, además del mecanismo fisiológico de sus individuos, agregan mecanismos educativos comunitarios que no siempre se compadecen con los fisiológicos, sino que algunas veces, incluso, los interfieren. El mecanismo del aprendizaje, del conocimiento y de la conducta, es natural, liberador; mientras que el educativo frecuentemente lo es antinatural, de sometimiento. De manera que si por el mecanismo natural, fisiológico, el individuo se libera, por el antinatural, educativo, transfiere su dependencia de la naturaleza a la de la comunidad. Esto está acentuado en la actualidad imperialista. Países poderosos imponen a otros sus formas de producción, frustrando en éstos el desarrollo natural, el proceso natural del aprendizaje: ¿qué aprendizaje puede lograr quien no sabe si el producto de su trabajo alcanza o no los requerimientos de su destino, en una producción que exige el máximo rendimiento por el salario mínimo? ¡Qué aprendizaje, ni qué creatividad: frustración, lento aprendizaje, subdesarrollo! El aprendizaje lo realiza naturalmente el individuo mediante

te el servomecanismo que le permite apreciar los resultados de su trabajo, retroalimentar la experiencia, recordarla, procesarla, normalizarla, solo para acordar sus nuevas acciones directas a ese recuerdo, a esas normas.

Después de su terrible derrota, los japoneses intentaron aprender la tecnología de Occidente, si bien, por ese camino llegaron más bien al Círculo de Control de Calidad, peculiar mecanismo generador de tecnología. Hoy que el "milagro japonés" deslumbra a propios y extraños, unos y otros no aciertan en la precisión del mismo y se quedan en una confusa "idiosincracia" japonesa, si bien idiosincracia o no los japoneses en el CCC han recuperado a la vez la forma natural del aprendizaje. Sí aciertan en una apreciación del fenómeno como un proceso que incluye emulación, consenso, futurismo, calidad y competencia; y finalmente insisten en el nacionalismo japonés, su capitalismo feudal, etc. Tomando lo mejor de los demás, la emulación japonesa haría del Japón "el mejor de los mundos posibles"; aviniéndose por el consenso, alcanzan la unidad en el propósito, la comunidad; no recogen utilidades sino que estimulan la reinversión para asegurar el futuro; los círculos de control de calidad, no son sino una modalidad del concepto administrativo de la autogestión; en fin, mejorar la calidad, más allá de la fábrica, constituye su peculiar concepto de la competencia.

A partir del nacimiento de CONACYT, en 1971, el Comité Consultivo de Normalización Básica, inicialmente órgano de enlace entre el Consejo y la Secretaría de Industria y Comercio, que concilaba sus respectivas leyes en materia de normalización, ha devenido en peculiar CCC, mediante el cual CONACYT ha venido aprendiendo a aportar la infraestructura científica y tecnológica a la normalización, y aún en general como servomecanismo del desarrollo por el que podría, de manera sistemática, fortalecer la capacidad científica y tecnológica del país conforme a las necesidades de su desarrollo. Desde luego, el CCNB ideó una estructura apropiada para aportar a la normalización nacional infraestructura científica y tecnológica, lo que hacen hasta ahora unos 52 centros de investigación, a través de cuatro subcomités, estadística y control de calidad, metrología, ingeniería e investigación científica y tecnológica y educación y capacitación; enseguida, ha apoyado con diversas fórmulas (CONASUPO, INFONAVIT, SEPANAL, Salud, etc.) sistemas de normalización y control de calidad; después, la capacitación en diferentes áreas y niveles de la normalización básica; ha apoyado igualmente diversos proyectos de metrología en áreas específicas; a la investigación, a partir de centros de testificación que, al descubrir deficiencias e insuficiencias, orientan la investigación hacia la superación de las mismas; el propio programa nacional de ciencia y tecnología, en su área de desarrollo y adaptación de tecnología, ha sido orientado conforme a la circularidad dialéctica de la medición; ha sido el promotor de la introducción de CCC en las actividades productivas (curtiduría y calzado, siderurgia y metal mecánica, productos pesqueros, miel de colmena, azúcar, etc.); el CCNB ha desarrollado totalmente, desde su concepción, planeación y proyección hasta su organización, selección de equipo, preparación del personal, etc., el Centro Nacional –

de Metrología; ha ideado diversas fórmulas de apoyo a los Comités Consultivos de Normalización y ahora integra todo esto de manera de conseguir todos los objetivos que la ley confiere a CONACYT. De instrumento de enlace el CCNB ha devenido eficaz mecanismo educativo, servomecanismo de adaptación y desarrollo. Aquellos proyectos han sido un reiterado juego ensayo-error que ha permitido la retroalimentación metro-paramétrica de la experiencia, su recuerdo analítico-normativo, así como el acuerdo a lo aprendido de las nuevas acciones directas, proyectos que cada vez permitan efectuar mejor el fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica conforme a los requerimientos específicos del desarrollo. A mayor desarrollo, más este depende de los avances de la ciencia y la tecnología. "Error actuated device", el CCNB, por la retroalimentación metro-paramétrica, la normalización o aprendizaje y el control o acuerdo de las nuevas acciones a lo aprendido, descubre el peculiar servomecanismo del desarrollo, el CCC que, conforme a los requerimientos específicos de nuestra propia comunidad, la teoría gobernética y nuestra propia experiencia ha de efectuarse en cuatro niveles tal como se analiza en el Cuadro 1.

Resulta verdaderamente notable la coincidencia de la experiencia del CCNB de CONACYT, como lo muestra elocuentemente el Cuadro 2, con otras experiencias concurrentes. Aquí se muestra la coincidencia no solamente de la gran experiencia japonesa y la del CCNB de CONACYT, sino aún del concepto teórico de la autogestión, la normalización y de la misma educación.

CUADRO 1

APOYO AL CCC EN CUATRO NIVELES

| Apoyo a: | Nivel | | | |
|---|---|---|---|---|
| | de base | técnico | científico | metrológico |
| 1. CCNB | X | X | X | X |
| 2. SNyCC | | | X | |
| 3. Capacitación | | X | | |
| 4. Metrología | | | | X |
| 5. Investigación | X | | | |
| 6. PRONACYT | | | X | |
| 7. ICCC | X | | | |
| 8. CENAM | | | | X |
| 9. Comités | | | X | |

CONCLUSION:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CCNB | ICCC, AI | Capacitación | PRONACYT SNyCC y ACC | CENAM, AM |

CCNB, Comité Consultivo de Normalización Básica
SNyCC, Sistemas de Normalización y Control de Calidad
PRONACYT, Programa Nacional de Ciencia y Tecnología
ICCC, Introducción de Círculos de Control de Calidad
CENAM, Centro Nacional de Metrología.

CUADRO 2

VIA AL APRENDIZAJE AUTOGESTIONARIO (CCC)

| Vía | Metrología (SC) | Normalización (SE) | Investigación (CONACYT) | Control (ST) |
|---|---|---|---|---|
| 1. Educación | retroalimentación metro-paramétrica | aprendizaje | previsión | acuerdo a lo aprendido |
| 2. Normalización | medición | formulación | superación | observancia |
| 3. Sabiduría | ensayo-error | posibilidad | | necesidad |
| 4. Japón | competencia | consenso | futurismo | autogestión |
| 5. Autogestión | conocer lo que es | contrastarlo con lo que ha sido | prever lo que podrá ser | influir sobre la marcha |
| 6. C C N B | CENAM, AM: la medición es el proceso y el único proceso, por el que conocemos verdaderamente. Punto focal principal para asegurar la aplicación de la CyT al desarrollo | capacitación aprendizaje formulación de normas, de la posibilidad | PRONACYT ASNyCC, AC tendencia natural de la producción; problemática planteada a la educación y la investigación; medida en la que éstas la cubren; plan nacional CyT | ICCC, AI observancia de normas, necesidad. |



En este trabajo analizamos uno a uno los cuatro niveles del servomecanismo, elementos que no son sino otros tantos niveles del peculiar círculo de control de calidad nacional por el que igualmente podríamos recuperar la fórmula natural del conocimiento, el aprendizaje autogestionario, mecanismo del desarrollo.

1. Nivel básico, trabajo (ICCC).- ¿Qué aprendizaje podrá efectuar, ni qué creatividad podrá aportar al desarrollo, un trabajo que no sabe si su producto alcanza o no los requerimientos de su destino, en un régimen de producción que se preocupa más bien por el máximo rendimiento del salario mínimo? Aprendizaje y creatividad son elementos de la naturaleza del hombre, integran el servomecanismo del desarrollo, y no hay otro mecanismo. Aprendizaje y creatividad tampoco pueden aislarse de las comunidades naturales en donde se desenvuelven los individuos. El Círculo de Control de Calidad recupera aprendizaje y creatividad individuales y colectivos, reintegra al servomecanismo del desarrollo. El grupo natural, trabajadores que realizan una misma tarea, conocen metro-paramétricamente la calidad de los productos de su trabajo, sus deficiencias e insuficiencias, la critican y autocritican y proponen y acuerdan acciones apropiadas para superarla. En el Japón, en donde participan ya en el sistema más de diez millones de trabajadores, se hacen nueve sugerencias por trabajador al año, y la mayoría son aceptadas. En EU, en donde aún la participación en el sistema es muy reducido, solo hay en promedio una sugerencia por trabajador al año, y solo la tercera parte de esas sugerencias son aceptadas. El resultado es que el 8% de las ventas se re-

invierte en Japón para el mejoramiento del equipo e investigación y desarrollo, frente a 1% en EU lo que se traduce en un incremento de la productividad 7 veces mayor en Japón respecto a EU. En México podría intentarse la introducción de CCC dentro de la campaña de capacitación que la Ley ha conferido a la Secretaría del Trabajo conducir y observar por parte de los empresarios. Un centro de testificación, diseñado expresamente a partir de un cuadro maestro de normas, descubre rigurosamente deficiencias e insuficiencias en la calidad de los productos, que los trabajadores pueden discutir crítica y autocríticamente, que los conduzca a proponer y acordar medidas de superación, incluidas acciones directas apropiadas, capacitación específica adcional y aún la remisión de problemas no resueltos a otros niveles. CONACYT ha probado ya con éxito esta modalidad en las industrias de la curtiduría y el calzado y, en menor proporción, en la siderurgia y metal-mecánica, azúcar, miel de colmena, etc. En esto radica nuestra peculiaridad, que en Japón no ha sido necesaria, dado su mayor desarrollo. De la evidencia ofrecida por la testificación, en sucesión aparecen medidas de superación por parte de los productores, requerimientos específicos de capacitación y hasta requerimientos de investigación, tarena en las que participa el propio centro de testificación que, eventualmente, puede convertirse en centro de capacitación y de investigación y de asistencia tecnológica. Las inversiones necesarias que en el inicio pueden tener la modalidad del riesgo compartido, paulatinamente van siendo absorvidas por los empresarios y aún van surgiendo de la reinversión, el autofinanciamiento. La reunificación de trabajo y aprendizaje, de creatividad y desarrollo científico y tecnológico, se manifiestan así desde la base, y hasta la autogestión muestra sus grandes posibilidades en tanto aprendizaje específico para el desarrollo.

2. Nivel técnico, educación (Capacitación).- La educación, formulación y observancia de normas, es la normalización básica por excelencia. Más ¿en qué medida la educación nacional es el fundamento de nuestra propia formulación y observancia de normas o, por el contrario, es deformación, alineación y quizás hasta alienación del trabajo? El subdesarrollo en última instancia no es sino incapacidad para la formulación y la observancia de normas, lento aprendizaje, bajos estándares de vida. La normalización, el trabajo común de normalización, es puramente formal, aparente. Las normas nacionales, traducciones literales de extranjeras, no tienen ningún sentido, ninguna aplicación práctica, a pesar de las horas-hombre invertidas en ellas. No corresponden a una necesidad, a una demanda. No porque nuestra actividad productiva no tuviera necesidad de ellas, sino porque no tenemos conciencia de esa necesidad. En consecuencia el trabajo de normalización en este país debería tener una perspectiva eminentemente educativa. Otra perspectiva no tiene sentido aún. La información desprendida del nivel básico, y no solamente la relativa a los problemas que no encontraron solución en ese nivel, la experiencia toda del arco reflejo de las acciones directas del trabajo deberían ser recogidas, analizadas, normalizadas, registradas, recordadas, aprendidas. El acuerdo a este aprendizaje es lo que desarrollaría las acciones del arco reflejo en el nivel básico del trabajo. Sobre todo si ahora en este nivel técnico se efectúa una verdadera normalización educativa que permitie

ra, además del aprendizaje, la evaluación, la certificación y eventualmente hasta el acreditamiento de la educación. La normalización educativa es ya una disciplina técnica y científica, incluso es ya un campo de la investigación. En EU existen hasta empresas privadas dedicadas a estas tareas. En CONACYT ya incursionamos alguna vez en este campo: ¿la TV deforma la "idiosincracia" del pueblo mexicano o es una medida de su propia imagen? En general, ¿la educación en México no es sino el juego sadomasoquista propio del subdesarrollo, de la superexplotación? Claro está que en México la información estadística indispensable para la investigación correspondiente es aún insuficiente. Pero la concurrencia de factores puede reducir las dificultades e insuficiencias. La concurrencia de Comercio y CONACYT con Educación y Trabajo en un CCC singular podrá encaminarse a la solución. Comercio en cuanto búsqueda de la racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, a la racionalización de la equivalencia del trabajo presente en su intercambio, racionalización que pondrá en evidencia desequilibrios en esa equivalencia, desequilibrios que son otros tantos parámetros de las deficiencias e insuficiencias de la calidad de la producción, vale decir, parámetros del desarrollo. CONACYT, en cuanto a fortalecer la infraestructura científica y tecnológica conforme a los requerimientos de la recuperación del equilibrio y el desarrollo. Transducir esas deficiencias e insuficiencias que tienen los productos para alcanzar las exigencias de los usuarios, los desequilibrios en la equivalencia del trabajo, los requerimientos del desarrollo, transducir los parámetros de calidad en parámetros del proceso educativo, es la esencia de la normalización educativa. Normalizar, definir rigurosamente, la multitud de oficios que se practican en nuestro país, y hacerlo a partir del conocimiento riguroso de nuestro propio trabajo, de la información contínua y sistemática del arco reflejo de la acción directa del trabajo en la producción, y en confrontación con la experiencia recabada de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado. Instrumentos como la Clasificación Internacional Uniforme de las Industrias, formulada por la ONU, y la Clasificación Internacional Uniforme de las Ocupaciones, formulada por la OIT, habrán de ser de gran utilidad. Aunque indudablemente, tal y como ocurre en Japón, dentro de las propias empresas podría hacerse la revisión de problemas no resueltos en el nivel de base, dando lugar a nuevos niveles; y aunque también aquí, como en EU, eventualmente podrán desarrollarse iniciativas particulares para intentar la normalización educativa, en nuestro caso la atención de este problema en la Secretaría de Educación resulta mucho más idóneo.

3. Nivel científico (PRONACYT).- A mayor desarrollo, más este depende de los avances de la ciencia y la tecnología. ¿En qué medida participa la ciencia y la tecnología en el desarrollo? Cualquiera que sea esa medida, en México la incidencia de la CyT en el desarrollo ocurre todavía por excepción. Es otra manifestación de nuestro subdesarrollo, nuestro lento aprendizaje, nuestra falta de conciencia: aún no alcanzamos la edad de la razón. El CCNB condujo al trabajo para la formulación del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en el área de desarrollo y adaptación de tecnología. Lo hizo con la filosofía de la normalización bá

sica: encuentro entre las comunidades productiva, de una parte, y la científica y técnica, de otra; el Programa sería el óptimo acuerdo que entre ellas pudiera establecerse. División en ramas industriales a fin de facilitar, en tanto atención especializada, el abordamiento del problema; identificación de la tendencia objetiva del desarrollo en cada rama industrial; problemática que plantea esa tendencia objetiva de la producción a la investigación; medida en la que ésta cubre esa problemática; evaluación de proyectos, propuestas e iniciativas conforme a este marco de referencia. En que medida las partes concurrentes están dispuestas a intervenir, que recursos están disponibles, que recursos adicionales son necesarios. La proyección desde aquí hacia la atención de los diferentes sistemas de normalización y control de calidad, incluidos los Comités Consultivos de Normalización, hace de estos mecanismos idóneos de la programación y observancia. Igualmente esta es el mecanismo apropiado del funcionamiento sistemático de la programación indicativa permanente de CONACYT, programación indicativa permanente a incidir en el CCC nacional recogiendo la información de los otros niveles y aportando su propia proyección. Más aún aquí se racionaliza el concepto de financiamiento como retroalimentación. Esta ha de hacerse conforme a las deficiencias e insuficiencias de la calidad, de la medida en la que la producción alcanza las exigencias de su destino. Hacia allá ha de dirigirse la investigación científica y tecnológica, el fortalecimiento de la capacidad, incluida la formación de recursos humanos, hacia allá ha de orientarse mediante el financiamiento. Aquí esta la esencia del CCC en su tercer nivel.

4. Nivel metrológico, comercio (CENAM).- La medición es el proceso, y el único proceso por el que conocemos verdaderamente, el punto focal principal para asegurar la aplicación de la ciencia y la tecnología al progreso, al desarrollo de la producción para que alcance los requerimientos de su destino, para asegurar la equivalencia del trabajo, en fin, la medición es indispensable en la ciencia, la tecnología y la producción, es la esencia del proceso de racionalización. ¿Cuál es el estado actual de la metrología en México? Menos que incipiente, prácticamente nulo, lo que equivale a decir que en México o no se mide, o se mide mal, lo que a su vez significa no solamente que no sabemos en que medida la producción alcanza las exigencias de las necesidades que pretendería cubrir, sino incluso que en este país no nos acercamos aún al "conocimiento racional y exacto del universo físico y de la vida social" como es la más cara aspiración revolucionaria desde el inicio de su última etapa. Y esta es la tarea de Comercio: racionalizar la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, asegurar la equivalencia del intercambio. En los países hoy industrializados, esto se hizo espontáneamente. La libre empresa, la libre concurrencia, la ley de la oferta y la demanda, todo ello en singular servomecanismo natural aseguraron la equivalencia en el intercambio, su racionalización. La escala de producción hace imposible la libre concurrencia, en los países en vías de industrialización, el imperialismo nulifica la libre empresa, la ley de la oferta y la demanda no funciona. Nuestro proyecto de racionalización por el CCC en su cuarto nivel propone la econometría de Leontiev como inicio de una metrología que vaya desde la

racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, hasta la metrología más fundamental. En cuanto se inicia rigurosamente en esa concurrencia, por retroalimentaciones sucesivas se llegará hasta el fundamento. En cambio mientras no se parta de la necesidad primaria, jamás se descenderá a la base, a no ser por un "hoby" como hasta hoy se practica en México la ciencia y la tecnología. La econometría de Leontiev examina el proceso de entrega de cada rama industrial a todas las demás, e igualmente el insumo de cada una, a partir de las demás. Este expediente permite advertir la medida en la que cada rama cubre las necesidades de las demás y viceversa, la medida en la que las demás cubren la necesidad de cada una:

$$X_k - \sum_{i=1} XIK = 0$$

$$XIPI - \sum_{k=1} XIKPk = 0$$

Programación Lineal, Investigación de Operaciones, Computación permiten manejar la singular matriz nxn, denominada por Leontiev mismo, Matriz Insumo-Producto, para identificar rigurosamente deficiencias e insuficiencias que desatan la cadena metrológica hasta sus fundamentos para asegurar la racionalización. Ya hemos concebido, proyectado, planeado, diseñado, organizado, dispuesto el personal, etc., del Centro Nacional de Metrología. Necesitábamos aún concebir la fórmula que superara la anómala situación de falta de expresión del requerimiento objetivo indispensable de nuestro país. Esta es la esencia del CCC en su cuarto nivel.



El círculo de control de calidad nacional como mecanismo del aprendizaje y el desarrollo requiere así de manera indispensable de estos cuatro niveles: partiendo de la racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, racionalización que se logra por la econometría y la metrología en todos los demás órdenes, metrología que descubre niveles y define deficiencias e insuficiencias en el trabajo y en la capacidad productiva, es el elemento indispensable para enseguida transducir deficiencias e insuficiencias en normas educativas que tan solo requieren de una clasificación sistemática de industrias y ocupaciones y su transducción en valores psicológicos, de comportamiento y aprendizaje; e igualmente esas deficiencias e insuficiencias permiten la orientación del fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas; y en fin todo esto es el marco de referencia fundamental para que la autoridad correspondiente pueda introducir sistemáticamente el círculo de control de calidad en la actividad productiva. La participación de la producción de manera especializada, agricultura, ganadería, minería, industrias de transformación, transportes, obras públicas, comunicaciones, alimentación, salud, etc. es un asunto que por supuesto ha de participar también de manera directa pero circunstancialmente y conforme a la producción específica en cada caso. La concurrencia de Trabajo, Educación, CONACYT y Comercio en el Círculo de Control de calidad Nacional puede disponerse mediante un convenio entre las cuatro instituciones.

9/IV/81
MMG'lmm

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

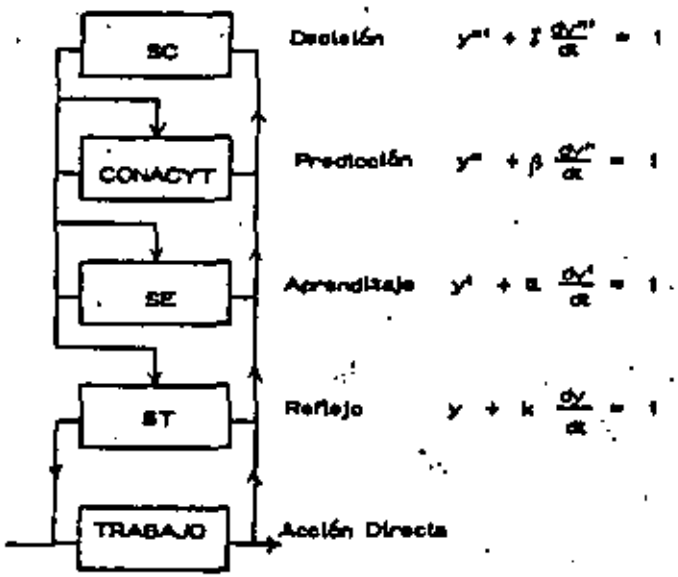
# EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD

ING. MANUEL MARIN GONZALEZ

OCTUBRE, 1982

io de inería ~ Calle de T 5 pri piso ~ Deleg. Cuauhtemoc 06000 ~ México, D.F. ~ Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal

EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD.




MMG'lmm
81.04.14

EL CIRCULO DE CONTROL DE CALIDAD, ALTERNATIVA GOBERNETICA AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD

Frente al subdesarrollo, el lento aprendizaje: eficaz mecanismo educativo, el aprendizaje autogestionario. El hombre, animal racional, el ente que emerge de la naturaleza, la contempla como algo objetivo, intenta someterla como recurso y lo logra en la medida de su conocimiento, su capacidad de retroalimentación metro-paramétrica, de aprendizaje y de acuerdo a lo aprendido, es subdesarrollado en la medida en la que su mecanismo de aprendizaje no funciona. Igual ocurre con las comunidades humanas, en las que, además del mecanismo fisiológico de sus individuos, agregan mecanismos educativos comunitarios que no siempre se compadecen con los fisiológicos, sino que algunas veces, incluso, los interfieren. El mecanismo del aprendizaje, del conocimiento y de la conducta, es natural, liberador; mientras que el educativo frecuentemente lo es antinatural, de sometimiento. De manera que si por el mecanismo natural, fisiológico, el individuo se libera, por el antinatural, educativo, transfiere su dependencia de la naturaleza a la de la comunidad. Esto está acentuado en la actualidad imperialista. Países poderosos imponen a otros sus formas de producción, frustrando en éstos el desarrollo natural, el proceso natural del aprendizaje: ¡qué aprendizaje puede lograr quien no sabe si el producto de su trabajo alcanza o no los requerimientos de su destino, en una producción que exige el máximo rendimiento por el salario mínimo! ¡Qué aprendizaje, ni qué creatividad: frustración, lento aprendizaje, subdesarrollo! El aprendizaje lo realiza naturalmente el individuo median-

ta el servomecanismo que le permita apreciar los resultados de su trabajo, retroalimentar la experiencia, recordarla, procesarla, normalizarla, solo para acordar sus nuevas acciones directas a ese recuerdo, a esas normas.

Después de su terrible derrota, los japoneses intentaron aprender la tecnología de Occidente, al bien, por ese camino llegaron más bien al Círculo de Control de Calidad, peculiar mecanismo generador de tecnología. Hoy que el "milagro japonés" deslumbra a propios y extraños, unos y otros no aciertan en la precisión del mismo y se quedan en una confusa "idiosincrasia" japonesa, al bien idiosincrasia o no los japoneses en el CCC han recuperado a la vez la forma natural del aprendizaje. Si aciertan en una apreciación del fenómeno como un proceso que incluye emulación, consenso, futurismo, calidad y competencia; y finalmente insisten en el nacionalismo japonés, su capitalismo feudal, etc. Tomando lo mejor de los demás, la emulación japonesa haría del Japón "el mejor de los mundos posibles"; avinéndose por el consenso, alcanzan la unidad en el propósito, la comunidad; no recogen utilidades sino que estimulan la reinversión para asegurar el futuro; los círculos de control de calidad, no son sino una modalidad del concepto administrativo de la autogestión; en fin, mejorar la calidad, más allá de la fábrica, constituye su peculiar concepto de la competencia.

A partir del nacimiento de CONACYT, en 1971, el Comité Consultivo de Normalización Básica, inicialmente órgano de enlace entre el Consejo y la Secretaría de Industria y Comercio, que conciliaba sus respectivas leyes en materia de normalización, ha devenido en peculiar CCC, medio el cual CONACYT ha venido aprendiendo a aportar la infraestructura científica y tecnológica a la normalización, y aún en general como servomecanismo del desarrollo por el que podría, de manera sistemática, fortalecer la capacidad científica y tecnológica del país conforme a las necesidades de su desarrollo. Desde luego, el CCNB ideó una estructura apropiada para aportar a la normalización nacional infraestructura científica y tecnológica, lo que hacen hasta ahora unos 62 centros de investigación, a través de cuatro subcomités, estadística y control de calidad, metrología, ingeniería e investigación científica y tecnológica y educación y capacitación; enseguida, ha apoyado con diversas fórmulas (CONASUPO, INFONAVIT, SEPANAL, Salud, etc.) sistemas de normalización y control de calidad; después, la capacitación en diferentes áreas y niveles de la normalización básica; ha apoyado igualmente diversos proyectos de metrología en áreas específicas; a la investigación, a partir de centros de tecnificación que, al descubrir deficiencias e insuficiencias, orientan la investigación hacia la superación de las mismas; el propio programa nacional ciencia y tecnología, en su área de desarrollo y adaptación de tecnología, ha sido orientado conforme a la circularidad dialéctica de la medición; ha sido el promotor de la introducción de CCC en las actividades productivas (curtiduría y calzado, siderurgia y metal mecánica, productos pesqueros, miel de colmena, azúcar, etc.); el CCNB ha desarrollado totalmente, desde su concepción, planeación y proyección hasta su organización, selección de equipo, preparación del personal, etc., el Centro Nacional -

de Metrología; ha ideado diversas fórmulas de apoyo a los Comités Consultivos de Normalización y ahora integra todo esto de manera de conseguir todos los objetivos que la ley confiere a CONACYT. De instrumento de enlace el CCNB ha devenido eficaz mecanismo educativo, servomecanismo de adaptación y desarrollo. Aquellos proyectos han sido un reiterado juego ensayo-error que ha permitido la retroalimentación metro-paramétrica de la experiencia, su recuerdo analítico-normativo, así como el acuerdo a lo aprendido de las nuevas acciones directas, proyectos que cada vez permiten efectuar mejor el fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica conforme a los requerimientos específicos del desarrollo. A mayor desarrollo, más esta depende de los avances de la ciencia y la tecnología. "Error actuated device", el CCNB, por la retroalimentación metro-paramétrica, la normalización o aprendizaje y el control o acuerdo de las nuevas acciones a lo aprendido, descubre el peculiar servomecanismo del desarrollo, el CCC que, conforme a los requerimientos específicos de nuestra propia comunidad, la teoría gobernática y nuestra propia experiencia ha de efectuarse en cuatro niveles tal como se analiza en el Cuadro 1.

Resulta verdaderamente notable la coincidencia de la experiencia del CCNB de CONACYT, como lo muestra elocuentemente el Cuadro 2, con otras experiencias concurrentes. Aquí se muestra la coincidencia no solamente de la gran experiencia japonesa y la del CCNB de CONACYT, sino aún del concepto teórico de la autogestión, la normalización y de la misma educación.



CUADRO 1

APOYO AL CCC EN CUATRO NIVELES

| Apoyo a: | Nivel | | | |
|---|---|---|---|---|
| | de base | técnico | científico | metrológico |
| 1. CCNB | X | X | X | X |
| 2. SNyCC | | | X | |
| 3. Capacitación | | X | | |
| 4. Metrología | | | | X |
| 5. Investigación | X | | | |
| 6. PRONACYT | | | X | |
| 7. ICCC | X | | | |
| 8. CENAM | | | | X |
| 9. Comités | | | X | |

CONCLUSION:

| CCNB | ICCC, AI | Capacitación | PRONACYT SNyCC y ACC | CENAM, AM |
|---|---|---|---|---|

CCNB, Comité Consultivo de Normalización Básica
SNyCC, Sistemas de Normalización y Control de Calidad
PRONACYT, Programa Nacional de Ciencia y Tecnología
ICCC, Introducción de Círculos de Control de Calidad
CENAM, Centro Nacional de Metrología.

CUADRO 2

VIA AL APRENDIZAJE AUTOGESTIONARIO (CCC)

| Vía | Metrología (SC) | Normalización (SE) | Investigación (CONACYT) | Control (ST) |
|---|---|---|---|---|
| 1. Educación | retroalimentación metro-paramétrica | aprendizaje | previsión | acuerdo a lo aprendido |
| 2. Normalización | medición | formulación | superación | observancia |
| 3. Sabiduría | ensayo-error | posibilidad | | necesidad |
| 4. Japón | competencia | consenso | futurismo | autogestión |
| 5. Autogestión | conocer lo que es | contrastarlo con lo que ha sido | prever lo que podrá ser | influir sobre la marcha |
| 6. C C N B | CENAM, AM: la medición es el proceso y el único proceso, por el que conocemos verdaderamente. Punto focal principal para asegurar la aplicación de la CyT al desarrollo | capacitación aprendizaje formulación de normas, de la posibilidad | PRONACYT ASNyCC, AC tendencia natural de la producción; problemática planteada a la educación y la investigación; medida en la que estas la cubren; plan nacional CyT | ICCC, AI observancia de normas, necesidad. |



En este trabajo analizamos uno a uno los cuatro niveles del servomecanismo, elementos que no son sino otros tantos niveles del peculiar círculo de control de calidad nacional por el que igualmente podríamos recuperar la fórmula natural del conocimiento, el aprendizaje autogestionario, mecanismo del desarrollo.

1. Nivel básico, trabajo (ICCC).- ¿Qué aprendizaje podrá efectuar, ni qué creatividad podrá aportar al desarrollo, un trabajo que no sabe si su producto alcanza o no los requerimientos de su destino, en un régimen de producción que se preocupa más bien por el máximo rendimiento del salario mínimo? Aprendizaje y creatividad son elementos de la naturaleza del hombre, integran el servomecanismo del desarrollo, y no hay otro mecanismo. Aprendizaje y creatividad tampoco pueden aislarse de las comunidades naturales en donde se desenvuelven los individuos. El Círculo de Control de Calidad recupera aprendizaje y creatividad individuales y colectivos, reintegra el servomecanismo del desarrollo. El grupo natural, trabajadores que realizan una misma tarea, conocen metro-paramétricamente la calidad de los productos de su trabajo, sus deficiencias e insuficiencias, la critican y autocritican y proponen y acuerdan acciones apropiadas para superarla. En el Japón, en donde participan ya en el sistema más de diez millones de trabajadores, se hacen nueve sugerencias por trabajador al año, y la mayoría son aceptadas. En EU, en donde aún la participación en el sistema es muy reducida, solo hay en promedio una sugerencia por trabajador al año, y solo la tercera parte de esas sugerencias son aceptadas. El resultado es que el 6% de las ventas se re-

invierte en Japón para el mejoramiento del equipo e investigación y desarrollo, frente a 1% en EU lo que se traduce en un incremento de la productividad 7 veces mayor en Japón respecto a EU. En México podría intentarse la introducción de CCC dentro de la campaña de capacitación que la Ley ha conferido a la Secretaría del Trabajo conducir y observar por parte de los empresarios. Un centro de testificación, diseñado expresamente a partir de un cuadro maestro de normas, descubre rigurosamente deficiencias e insuficiencias en la calidad de los productos, que los trabajadores pueden discutir críticos y autocríticamente, que los conduzca a proponer y acordar medidas de superación, incluidas acciones directas apropiadas, capacitación específica adicional y aún la remisión de problemas no resueltos a otros niveles. CONACYT ha probado ya con éxito esta modalidad en las industrias de la curtiduría y el calzado y, en menor proporción, en la siderurgia y metal-mecánica, azúcar, miel de olimena, etc. En esto radica nuestra peculiaridad, que en Japón no ha sido necesaria, dado su mayor desarrollo. De la evidencia ofrecida por la testificación, en sucesión aparecen medidas de superación por parte de los productores, requerimientos específicos de capacitación y hasta requerimientos de investigación, tareas en las que participa el propio centro de testificación que, eventualmente, pueda convertirse en centro de capacitación y de investigación y de asistencia tecnológica. Las inversiones necesarias que en el inicio pueden tener la modalidad del riesgo compartido, paulatinamente van siendo absorvidas por los empresarios y aún van surgiendo de la reinversión, el autofinanciamiento. La reunificación de trabajo y



aprendizaje, de creatividad y desarrollo científico y tecnológico, se manifiestan así desde la base, y hasta la autogestión muestra sus grandes posibilidades en tanto aprendizaje específico para el desarrollo.

2. Nivel técnico, educación (Capacitación).- La educación, formulación y servancia de normas, es la normalización básica por excelencia. Más ¿en qué medida la educación nacional es el fundamento de nuestra propia formulación y observancia de normas o, por el contrario, es deformación, alienación y quizás hasta alienación del trabajo? El subdesarrollo en última instancia no es sino incapacidad para la formulación y la observancia de normas, tanto aprendizaje, bajos estándares de vida. La normalización, el trabajo común de normalización, es puramente formal, aparente. Las normas nacionales, traducciones literales de extranjeras, no tienen ningún sentido, ninguna aplicación práctica, a pesar de las horas-hombre invertidas en ellas. No corresponden a una necesidad, a una demanda. No porque nuestra actividad productiva no tuviera necesidad de ellas, sino porque no tenemos conciencia de esa necesidad. En consecuencia el trabajo de normalización en este país debería tener una perspectiva eminentemente educativa. Otra perspectiva no tiene sentido aún. La información desprendida del nivel básico, y no solamente la relativa a los problemas que no encontraron solución en ese nivel, la experiencia toda del arco reflejo de las acciones directas del trabajo deberían ser recogidas, analizadas, normalizadas, registradas, recordadas, aprendidas. El acuerdo a este aprendizaje es lo que desarrollaría las acciones del arco reflejo en el nivel básico del trabajo. Sobre todo si ahora en este nivel técnico se efectúa una verdadera normalización educativa que permitie

ra, además del aprendizaje, la evaluación, la certificación y eventualmente hasta el acreditamiento de la educación. La normalización educativa es ya una disciplina técnica y científica, incluso es ya un campo de la investigación. En EU existen hasta empresas privadas dedicadas a estas tareas. En CONACYT ya incursionamos alguna vez en este campo: ¿la TV deforma la "idiosincracia" del pueblo mexicano o es una medida de su propia imagen? En general, ¿la educación en México no es sino el juego sadomasoquista propio del subdesarrollo, de la superexplotación? Claro está que en México la información estadística indispensable para la investigación correspondiente es aún insuficiente. Pero la concurrencia de factores puede reducir las dificultades e insuficiencias. La concurrencia de Comercio y CONACYT con Educación y Trabajo en un CCC singular podrá encaminarse a la solución. Comercio en cuanto búsqueda de la racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, a la racionalización de la equivalencia del trabajo presente en su intercambio, racionalización que pondrá en evidencia desequilibrios en esa equivalencia, desequilibrios que son otros tantos parámetros de las deficiencias e insuficiencias de la calidad de la producción, vale decir, parámetros del desarrollo. CONACYT, en cuanto a fortalecer la infraestructura científica y tecnológica conforme a los requerimientos de la recuperación del equilibrio y el desarrollo. Traducir esas deficiencias e insuficiencias que tienen los productos para alcanzar las exigencias de los usuarios, los desequilibrios en la equivalencia del trabajo, los requerimientos del desarrollo, traducir los parámetros de calidad en parámetros del proceso educativo, es la esencia de la normalización educativa. Normalizar, definir rigurosamente, la multitud de oficios que se practican en nuestro país, y hacerlo a partir del conocimiento riguroso de nuestro propio trabajo, de la información contínua y sistemática del arco reflejo de la acción directa del trabajo en la producción, y en confrontación con la experiencia recabada de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado. Instrumentos como la Clasificación Internacional Uniforme de las Industrias, formulada por la ONU, y la Clasificación Internacional Uniforme de las Ocupaciones, formulada por la OIT, habrán de ser de gran utilidad. Aunque indudablemente, tal y como ocurre en Japón, dentro de las propias empresas podría hacerse la revisión de problemas no resueltos en el nivel de base, dando lugar a nuevos niveles; y aunque también aquí, como en EU, eventualmente podrán desarrollarse iniciativas particulares para intentar la normalización educativa, en nuestro caso la atención de este problema en la Secretaría de Educación resulta mucho más idóneo.

3. Nivel científico (PRONACYT).- A mayor desarrollo, más este depende de los avances de la ciencia y la tecnología. ¿En qué medida participa la ciencia y la tecnología en el desarrollo? Cualquiera que sea esa medida, en México la incidencia de la CyT en el desarrollo ocurre todavía por excepción. Es otra manifestación de nuestro subdesarrollo, nuestro lento aprendizaje, nuestra falta de conciencia: aún no alcanzamos la edad de la razón. El CCNB condujo el trabajo para la formulación del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en el área de desarrollo y adaptación de tecnología. Lo hizo con la filosofía de la normalización bá

nica: encuentro entre las comunidades productiva, de una parte, y la científica y técnica, de otra; el Programa sería el óptimo acuerdo que entre ellas pudiera establecerse. División en ramas industriales a fin de facilitar, en tanto atención especializada, el abordamiento del problema; identificación de la tendencia objetiva del desarrollo en cada rama industrial; problemática que plantea esa tendencia objetiva de la producción a la investigación; medida en la que ésta cubre esa problemática; evaluación de proyectos, propuestas e iniciativas conforme a este marco de referencia. En qué medida las partes concurrentes están dispuestas a intervenir, qué recursos están disponibles, qué recursos adicionales son necesarios. La proyección desde aquí hacia la atención de los diferentes sistemas de normalización y control de calidad, incluidos los Comités Consultivos de Normalización, hace de estos mecanismos idóneos de la programación y observancia. Igualmente este es el mecanismo apropiado del funcionamiento sistemático de la programación indicativa permanente de CONACYT, programación indicativa permanente a incidir en el CCC nacional recogiendo la información de los otros niveles y aportando su propia proyección. Más aún aquí se racionaliza el concepto de financiamiento como retroalimentación. Esta ha de hacerse conforme a las deficiencias e insuficiencias de la calidad, de la medida en la que la producción alcanza las exigencias de su destino. Hacia allá ha de dirigirse la investigación científica y tecnológica, el fortalecimiento de la capacidad, incluida la formación de recursos humanos, hacia allá ha de orientarse mediante el financiamiento. Aquí esta la esencia del CCC en su tercer nivel.

4. Nivel metrológico, comercio (CENAM).- La medición es el proceso, y el único proceso por el que conocemos verdaderamente, el punto focal principal para asegurar la aplicación de la ciencia y la tecnología al progreso, al desarrollo de la producción para que alcance los requerimientos de su destino, para asegurar la equivalencia del trabajo, en fin, la medición es indispensable en la ciencia, la tecnología y la producción, es la esencia del proceso de racionalización. ¿Cuál es el estado actual de la metrología en México? Menos que incipiente, prácticamente nulo, lo que equivale a decir que en México o no se mide, o se mide mal, lo que a su vez significa no solamente que no sabemos en que medida la producción alcanza las exigencias de las necesidades que pretendería cubrir, sino incluso que en este país no nos acercamos aún al "conocimiento racional y exacto del universo físico y de la vida social" como es la más cara aspiración revolucionaria desde el inicio de su última etapa. Y esta es la tarea de Comercio: racionalizar la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, asegurar la equivalencia del intercambio. En los países hoy industrializados, esto se hizo espontáneamente. La libre empresa, la libre concurrencia, la ley de la oferta y la demanda, todo ello en singular servomecanismo natural aseguraron la equivalencia en el intercambio, su racionalización. La escala de producción hace imposible la libre concurrencia, en los países en vías de industrialización, el imperialismo nulifica la libre empresa, la ley de la oferta y la demanda no funciona. Nuestro proyecto de racionalización por el CCC en su cuarto nivel propone la econometría de Leontiev como inicio de una metrología que vaya desde la

racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, hasta la metrología más fundamental. En cuanto se inicie rigurosamente en esa concurrencia, por retroalimentaciones sucesivas se llegará hasta el fundamento. En cambio mientras no se parta de la necesidad primaria, jamás se descenderá a la base, a no ser por un "hoby" como hasta hoy se practica en México la ciencia y la tecnología. La econometría de Leontiev examina el proceso de entrega de cada rama industrial a todas las demás, e igualmente el insumo de cada una, a partir de las demás. Este expediente permite advertir la medida en la que cada rama cubre las necesidades de las demás y viceversa, la medida en la que las demás cubren la necesidad de cada una:

$$X_k - \sum_{i=1} xiK = 0$$

$$XiPi - \sum_{k=1} xiKPk = 0$$

Programación Lineal, Investigación de Operaciones, Computación permitan manejar la singular matriz nxn, denominada por Leontiev mismo, - Matriz Insumo-Producto, para identificar rigurosamente deficiencias e insuficiencias que desaten la cadena metrológica hasta sus fundamentos para asegurar la racionalización. Ya hemos concebido, proyectado, planeado, diseñado, organizado, dispuesto el personal, etc., del Centro Nacional de Metrología. Necesitábamos aún concebir la fórmula que superara la anómala situación de falta de expresión del requerimiento objetivo indispensable de nuestro país. Esta es la esencia del CCC en su cuarto nivel.



El círculo de control de calidad nacional como mecanismo del aprendizaje y el desarrollo requiere así de manera indispensable de estos cuatro niveles; partiendo de la racionalización de la concurrencia de los productos del trabajo al mercado, racionalización que se logre por la econometría y la metrología en todos los demás órdenes, metrología que descubre niveles y define deficiencias e insuficiencias en el trabajo y en la - capacidad productiva, es el elemento indispensable para enseguida transducir deficiencias e insuficiencias en normas educativas que tan solo requieren de una clasificación sistemática de industrias y ocupaciones y su transducción en valores psicológicos, de comportamiento y aprendizaje; e igualmente esas deficiencias e insuficiencias permiten la orientación del fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas; y en fin todo esto es el marco de referencia fundamental para que la autoridad correspondiente pueda introducir sistemáticamente el círculo de control de calidad en la actividad productiva. La participación de la producción de manera especializada, agricultura, ganadería, minería, industrias de - transformación, transportes, obras públicas, comunicaciones, alimentación, salud, etc. es un asunto que por supuesto ha de participar también de manera directa pero circunstancialmente y conforme a la producción específica en cada caso. La concurrencia de Trabajo, Educación, CONACYT y Comercio en el Círculo de Control de calidad Nacional pueda disponerse mediante un convenio entre las cuatro instituciones.

8/IV/81
MMG'lmm

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

# CARTAS DE CONTROL
## + CALCULO DE LIMITES +
## + EJEMPLOS +

M.EN I.CARLOS J. MENDOZA ESCOBEDO

NOVIEMBRE, 1982

Palacio de Minería Calle de T be 5 pri Deleg. Cuauhtemoc 0 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal 2285

## TABLA D. FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL DE 3 SIGMA PARA GRAFICAS DE $\bar{X}$ Y $s$ A PARTIR DE $\bar{s}$

| Número de observaciones en el subgrupo $n$ | Factor para la gráfica $\bar{X}$ $A_1$ | Factores para la gráfica $s$ | |
|---|---|---|---|
| | | Límite inferior de control $B_3$ | Límite superior de control $B_4$ |
| 2 | 2.76 | 0 | 3.27 |
| 3 | 1.99 | 0 | 2.57 |
| 4 | 1.58 | 0 | 2.27 |
| 5 | 1.00 | 0 | 2.09 |
| 6 | 1.41 | 0.03 | 1.97 |
| 7 | 1.28 | 0.13 | 1.88 |
| 8 | 1.17 | 0.19 | 1.81 |
| 9 | 1.09 | 0.24 | 1.76 |
| 10 | 1.03 | 0.28 | 1.72 |
| 11 | 0.97 | 0.32 | 1.68 |
| 12 | 0.93 | 0.35 | 1.65 |
| 13 | 0.89 | 0.38 | 1.62 |
| 14 | 0.85 | 0.41 | 1.59 |
| 15 | 0.82 | 0.43 | 1.57 |
| 16 | 0.79 | 0.45 | 1.55 |
| 17 | 0.76 | 0.47 | 1.53 |
| 18 | 0.74 | 0.48 | 1.52 |
| 19 | 0.72 | 0.50 | 1.50 |
| 20 | 0.70 | 0.51 | 1.49 |
| 21 | 0.68 | 0.52 | 1.48 |
| 22 | 0.66 | 0.53 | 1.47 |
| 23 | 0.65 | 0.54 | 1.46 |
| 24 | 0.63 | 0.55 | 1.45 |
| 25 | 0.62 | 0.56 | 1.44 |
| 30 | 0.56 | 0.60 | 1.40 |
| 35 | 0.52 | 0.63 | 1.37 |
| 40 | 0.48 | 0.66 | 1.34 |
| 45 | 0.45 | 0.68 | 1.32 |
| 50 | 0.43 | 0.70 | 1.30 |
| 55 | 0.41 | 0.71 | 1.29 |
| 60 | 0.39 | 0.72 | 1.28 |
| 65 | 0.37 | 0.73 | 1.27 |
| 70 | 0.36 | 0.74 | 1.26 |
| 75 | 0.35 | 0.75 | 1.25 |
| 80 | 0.34 | 0.76 | 1.24 |
| 85 | 0.33 | 0.77 | 1.23 |
| 90 | 0.32 | 0.77 | 1.23 |
| 95 | 0.31 | 0.78 | 1.22 |
| 100 | 0.30 | 0.79 | 1.21 |

Límite superior de control para $\bar{X}$ = $LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_1\bar{s}$

Límite inferior de control para $\bar{X}$ = $LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_1\bar{s}$

(Si se usa un valor intencionado o estándar $\bar{X}'$ en lugar de $\bar{\bar{X}}$ como línea central de la gráfica de control, $\bar{X}'$ deberá ser sustituida por $\bar{\bar{X}}$ en las fórmulas precedentes.)

Límite superior de control para $s$ = $LSC_s = B_4\bar{s}$

Límite inferior de control para $s$ = $LIC_s = B_3\bar{s}$

Todos los factores en la Tabla D están basados en la distribución normal.

## TABLA 3. FACTORES PARA ESTIMAR $\sigma$ A PARTIR DE $\bar{R}$ O $\bar{s}$

| Número de observaciones en el subgrupo $n$ | Factor para estimar a partir de $\bar{R}$ $d_2 = \bar{R}/\sigma$ | Factor para estimar a partir de $\bar{s}$ $c_4 = \bar{s}/\sigma$ |
|---|---|---|
| 2 | 1.128 | 0.7979 |
| 3 | 1.693 | 0.7236 |
| 4 | 2.059 | 0.7979 |
| 5 | 2.326 | 0.8407 |
| 6 | 2.534 | 0.8686 |
| 7 | 2.704 | 0.8882 |
| 8 | 2.847 | 0.9027 |
| 9 | 2.970 | 0.9139 |
| 10 | 3.078 | 0.9227 |
| 11 | 3.173 | 0.9300 |
| 12 | 3.258 | 0.9359 |
| 13 | 3.336 | 0.9410 |
| 14 | 3.407 | 0.9453 |
| 15 | 3.472 | 0.9490 |
| 16 | 3.532 | 0.9523 |
| 17 | 3.588 | 0.9551 |
| 18 | 3.640 | 0.9576 |
| 19 | 3.689 | 0.9599 |
| 20 | 3.735 | 0.9619 |
| 21 | 3.778 | 0.9638 |
| 22 | 3.819 | 0.9655 |
| 23 | 3.858 | 0.9670 |
| 24 | 3.895 | 0.9684 |
| 25 | 3.931 | 0.9696 |
| 30 | 4.086 | 0.9748 |
| 35 | 4.213 | 0.9784 |
| 40 | 4.322 | 0.9811 |
| 45 | 4.415 | 0.9835 |
| 50 | 4.498 | 0.9845 |
| 55 | 4.573 | 0.9859 |
| 60 | 4.639 | 0.9874 |
| 65 | 4.699 | 0.9884 |
| 70 | 4.755 | 0.9896 |
| 75 | 4.806 | 0.9903 |
| 80 | 4.854 | 0.9906 |
| 85 | 4.898 | 0.9913 |
| 90 | 4.939 | 0.9919 |
| 95 | 4.978 | 0.9921 |
| 100 | 5.015 | 0.9935 |

Estimación de $\sigma = \bar{R}/d_2$ o bien $\sigma/c_4$.
Estos factores suponen muestreo de un universo normal.

TABLA E. FACTORES PARA DETERMINAR LIMITES DE CONTROL DE 3 SIGMA PARA GRAFICAS $\bar{X}$, R Y σ A PARTIR DE σ'

| Número de observaciones en el subgrupo $n$ | Factor para la gráfica $\bar{X}$ $A$ | Factores para la gráfica R: Límite inferior de control $D_3$ | Factores para la gráfica R: Límite superior de control $D_4$ | Factores para la gráfica σ: Límite inferior de control $B_3$ | Factores para la gráfica σ: Límite superior de control $B_4$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 2.12 | 0 | 3.27 | 0 | 1.84 |
| 3 | 1.73 | 0 | 2.57 | 0 | 1.88 |
| 4 | 1.50 | 0 | 2.28 | 0 | 1.81 |
| 5 | 1.34 | 0 | 2.11 | 0 | 1.76 |
| 6 | 1.22 | 0 | 2.00 | 0.03 | 1.74 |
| 7 | 1.13 | 0.08 | 1.92 | 0.118 | 1.72 |
| 8 | 1.06 | 0.14 | 1.86 | 0.185 | 1.71 |
| 9 | 1.00 | 0.18 | 1.82 | 0.239 | 1.70 |
| 10 | 0.95 | 0.22 | 1.78 | 0.284 | 1.70 |
| 11 | 0.90 | 0.26 | 1.74 | 0.321 | 1.68 |
| 12 | 0.87 | 0.28 | 1.72 | 0.354 | 1.67 |
| 13 | 0.84 | 1.03 | 1.70 | 0.382 | 1.66 |
| 14 | 0.80 | 1.10 | 1.68 | 0.406 | 1.65 |
| 15 | 0.77 | 1.31 | 1.74 | 0.41 | 1.66 |
| 16 | 0.75 | 1.36 | 1.70 | 0.43 | 1.65 |
| 17 | 0.73 | 1.38 | 1.66 | 0.44 | 1.64 |
| 18 | 0.71 | 1.42 | 1.65 | 0.45 | 1.64 |
| 19 | 0.68 | 1.46 | 1.64 | 0.46 | 1.64 |
| 20 | 0.67 | 1.55 | 1.62 | 0.49 | 1.63 |
| 21 | 0.65 | | | 0.50 | 1.62 |
| 22 | 0.64 | | | 0.52 | 1.61 |
| 23 | 0.63 | | | 0.53 | 1.61 |
| 24 | 0.61 | | | 0.54 | 1.60 |
| 25 | 0.60 | | | 0.55 | 1.59 |
| 30 | 0.55 | | | 0.59 | 1.56 |
| 35 | 0.51 | | | 0.63 | 1.53 |
| 40 | 0.47 | | | 0.65 | 1.51 |
| 45 | 0.45 | | | 0.67 | 1.50 |
| 50 | 0.42 | | | 0.68 | 1.48 |
| 55 | 0.40 | | | 0.70 | 1.47 |
| 60 | 0.38 | | | 0.71 | 1.46 |
| 65 | 0.37 | | | 0.72 | 1.45 |
| 70 | 0.36 | | | 0.74 | 1.44 |
| 75 | 0.35 | | | 0.75 | 1.43 |
| 80 | 0.34 | | | 0.76 | 1.42 |
| 85 | 0.33 | | | 0.76 | 1.42 |
| 90 | 0.32 | | | 0.77 | 1.42 |
| 95 | 0.31 | | | 0.77 | 1.41 |
| 100 | 0.30 | | | 0.78 | 1.40 |

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X}' + A\sigma'$$
$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X}' - A\sigma'$$

(Si se usa el promedio real en lugar del promedio estándar o estimado, $\bar{X}$ deberá ser sustituido por $\bar{X}'$ en las fórmulas precedentes.)

$$\begin{array}{l} LSC_R = D_4\sigma' \\ \text{Línea central} = d_2\sigma' \\ LIC_R = D_3\sigma' \\ LSC_\sigma = B_4\sigma' \\ \text{Línea central} = c_4\sigma' \\ LIC_\sigma = B_3\sigma' \end{array}$$

# TABLA I

| Número de observaciones en la muestra $n$ | Carta para promedios: Factores para límites de control | | | Carta para desviaciones estándar: Factores para línea central | | Factores para límites de control | | | | Carta para rangos: Factores para línea central | | Factores para límites de control | | | | | Carta X: Factor para límites de control |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A$ | $A_1$ | $A_2$ | $c_2$ | $1/c_2$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $d_2$ | $1/d_2$ | $d_3$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $E_2$ |
| 2.... | 3.121 | 3.760 | 1.880 | 0.5642 | 1.7725 | 0 | 1.843 | 0 | 3.267 | 1.128 | 0.8865 | 0.853 | 0 | 3.686 | 0 | 3.267 | 2.660 |
| 3.... | 1.732 | 2.394 | 1.023 | 0.7236 | 1.3820 | 0 | 1.858 | 0 | 2.568 | 1.693 | 0.5907 | 0.888 | 0 | 4.358 | 0 | 2.575 | 1.772 |
| 4.... | 1.500 | 1.880 | 0.729 | 0.7979 | 1.2533 | 0 | 1.808 | 0 | 2.266 | 2.059 | 0.4857 | 0.880 | 0 | 4.698 | 0 | 2.282 | 1.457 |
| 5.... | 1.342 | 1.596 | 0.577 | 0.8407 | 1.1894 | 0 | 1.756 | 0 | 2.089 | 2.326 | 0.4299 | 0.864 | 0 | 4.918 | 0 | 2.115 | 1.290 |
| 6.... | 1.225 | 1.410 | 0.483 | 0.8686 | 1.1512 | 0.026 | 1.711 | 0.030 | 1.970 | 2.534 | 0.3946 | 0.848 | 0 | 5.078 | 0 | 2.004 | 1.184 |
| 7.... | 1.134 | 1.277 | 0.419 | 0.8882 | 1.1259 | 0.105 | 1.672 | 0.118 | 1.882 | 2.704 | 0.3698 | 0.833 | 0.205 | 5.203 | 0.076 | 1.924 | 1.109 |
| 8.... | 1.061 | 1.175 | 0.373 | 0.9027 | 1.1078 | 0.167 | 1.638 | 0.185 | 1.815 | 2.847 | 0.3512 | 0.820 | 0.387 | 5.307 | 0.136 | 1.864 | 1.054 |
| 9.... | 1.000 | 1.094 | 0.337 | 0.9139 | 1.0942 | 0.219 | 1.609 | 0.239 | 1.761 | 2.970 | 0.3367 | 0.808 | 0.546 | 5.394 | 0.184 | 1.816 | 1.010 |
| 10.... | 0.949 | 1.028 | 0.308 | 0.9227 | 1.0837 | 0.262 | 1.584 | 0.284 | 1.716 | 3.078 | 0.3249 | 0.797 | 0.687 | 5.469 | 0.223 | 1.777 | 0.975 |
| 11.... | 0.905 | 0.973 | 0.285 | 0.9300 | 1.0753 | 0.299 | 1.561 | 0.321 | 1.679 | 3.173 | 0.3152 | 0.787 | 0.812 | 5.534 | 0.256 | 1.744 | 0.946 |
| 12.... | 0.866 | 0.925 | 0.266 | 0.9359 | 1.0684 | 0.331 | 1.541 | 0.354 | 1.646 | 3.258 | 0.3069 | 0.778 | 0.924 | 5.592 | 0.284 | 1.716 | 0.921 |
| 13.... | 0.832 | 0.884 | 0.249 | 0.9410 | 1.0627 | 0.359 | 1.523 | 0.382 | 1.618 | 3.336 | 0.2998 | 0.770 | 1.026 | 5.646 | 0.308 | 1.692 | 0.899 |
| 14.... | 0.802 | 0.848 | 0.235 | 0.9453 | 1.0579 | 0.384 | 1.507 | 0.406 | 1.594 | 3.407 | 0.2935 | 0.762 | 1.121 | 5.693 | 0.329 | 1.671 | 0.881 |
| 15.... | 0.775 | 0.816 | 0.223 | 0.9490 | 1.0537 | 0.406 | 1.492 | 0.428 | 1.572 | 3.472 | 0.2880 | 0.755 | 1.207 | 5.737 | 0.348 | 1.652 | 0.864 |
| 16.... | 0.750 | 0.788 | 0.212 | 0.9523 | 1.0501 | 0.427 | 1.478 | 0.448 | 1.552 | 3.532 | 0.2831 | 0.749 | 1.285 | 5.779 | 0.364 | 1.636 | 0.849 |
| 17.... | 0.728 | 0.762 | 0.203 | 0.9551 | 1.0470 | 0.445 | 1.465 | 0.466 | 1.534 | 3.588 | 0.2787 | 0.743 | 1.359 | 5.817 | 0.379 | 1.621 | 0.835 |
| 18.... | 0.707 | 0.738 | 0.194 | 0.9576 | 1.0442 | 0.461 | 1.454 | 0.482 | 1.518 | 3.640 | 0.2747 | 0.738 | 1.426 | 5.854 | 0.392 | 1.608 | 0.824 |
| 19.... | 0.688 | 0.717 | 0.187 | 0.9599 | 1.0418 | 0.477 | 1.443 | 0.497 | 1.503 | 3.689 | 0.2711 | 0.733 | 1.490 | 5.888 | 0.404 | 1.596 | 0.813 |
| 20.... | 0.671 | 0.697 | 0.180 | 0.9619 | 1.0396 | 0.491 | 1.433 | 0.510 | 1.490 | 3.735 | 0.2677 | 0.729 | 1.548 | 5.922 | 0.414 | 1.586 | 0.803 |
| 21.... | 0.655 | 0.679 | 0.173 | 0.9638 | 1.0376 | 0.504 | 1.424 | 0.523 | 1.477 | 3.778 | 0.2647 | 0.724 | 1.606 | 5.950 | 0.425 | 1.575 | 0.794 |
| 22.... | 0.640 | 0.662 | 0.167 | 0.9655 | 1.0358 | 0.516 | 1.415 | 0.534 | 1.466 | 3.819 | 0.2618 | 0.720 | 1.659 | 5.979 | 0.434 | 1.566 | 0.785 |
| 23.... | 0.626 | 0.647 | 0.162 | 0.9670 | 1.0342 | 0.527 | 1.407 | 0.545 | 1.455 | 3.858 | 0.2592 | 0.716 | 1.710 | 6.006 | 0.443 | 1.557 | 0.778 |
| 24.... | 0.612 | 0.633 | 0.157 | 0.9684 | 1.0327 | 0.538 | 1.399 | 0.555 | 1.445 | 3.895 | 0.2567 | 0.712 | 1.759 | 6.031 | 0.452 | 1.548 | 0.770 |
| 25.... | 0.600 | 0.619 | 0.153 | 0.9696 | 1.0313 | 0.548 | 1.392 | 0.565 | 1.435 | 3.931 | 0.2544 | 0.709 | 1.804 | 6.058 | 0.459 | 1.541 | 0.763 |
| Más de 25... | $\frac{3}{\sqrt{n}}$ | $\frac{3}{\sqrt{n}}$ | ..... | ..... | ..... | * | ** | * | ** | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | $\frac{3}{d_2}$ |

$* 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$ $\quad$ $** 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$

## TABLA II

Número mínimo m de muestras de tamaño n requerido para elaborar una carta $\bar{X}$ con una confianza de 98%, cuando se emplean los rangos:

| n | m |
|---|---|
| 2 | 15 |
| 3 | 9 |
| 4 | 7 |
| 5 | 6 |
| 6 | 5 |
| 7 | 5 |
| 8 | 4 |
| 9 | 4 |
| 10 | 4 |
| 12 | 4 |
| 14 | 4 |
| 16 | 3 |
| 18 | 3 |
| 20 | 3 |

## TABLA III

Número mínimo m de muestras de tamaño n requerido para elaborar una carta $\bar{X}$ con una confianza de 98%, cuando se emplean las desviaciones estándar.

| n | m |
|---|---|
| 2 | 16 |
| 3 | 9 |
| 4 | 7 |
| 5 | 6 |
| 6 | 5 |
| 7 | 5 |
| 8 | 4 |
| 9 | 4 |
| 10 | 4 |
| 12 | 4 |
| 14 | 3 |
| 16 | 3 |
| 18 | 3 |
| 20 | 3 |

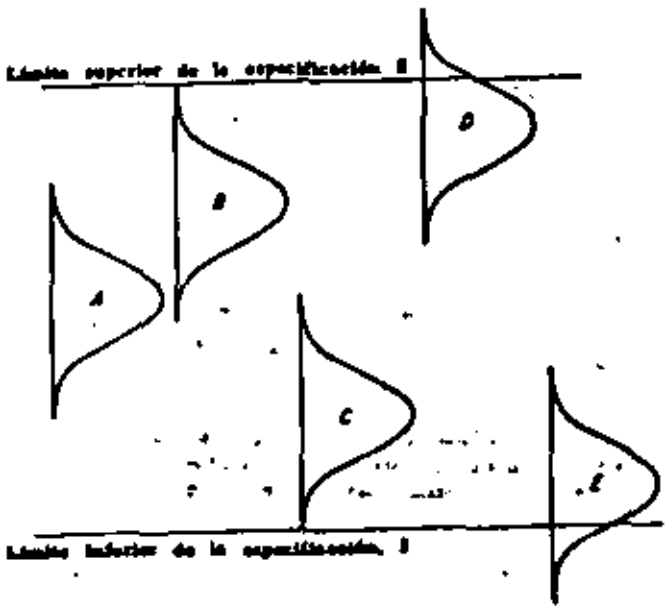



FIG. 6-1. Algunos casos en que la dispersión de un proceso es menor que la diferencia entre los límites de la especificación



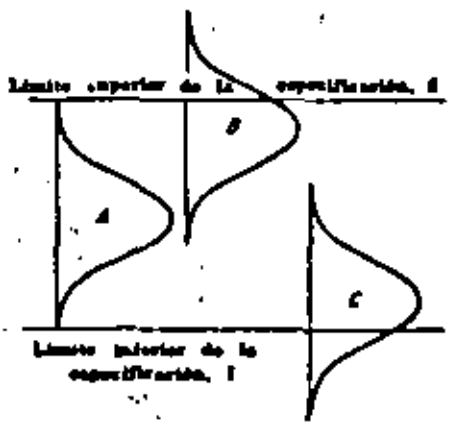



FIG. 6-2. Algunos casos en que la dispersión de un proceso es aproximadamente igual a la diferencia entre los límites de la especificación

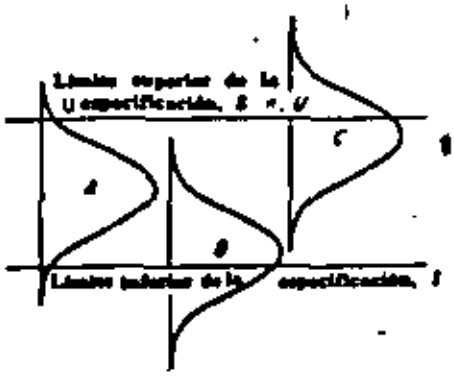



FIG. 6-3. Algunos casos en que la dispersión de un proceso es mayor a la diferencia entre los límites de la especificación

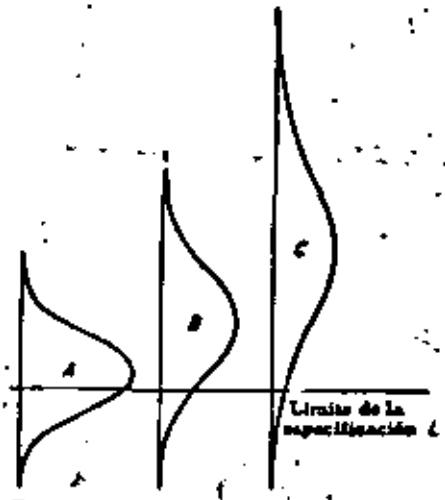
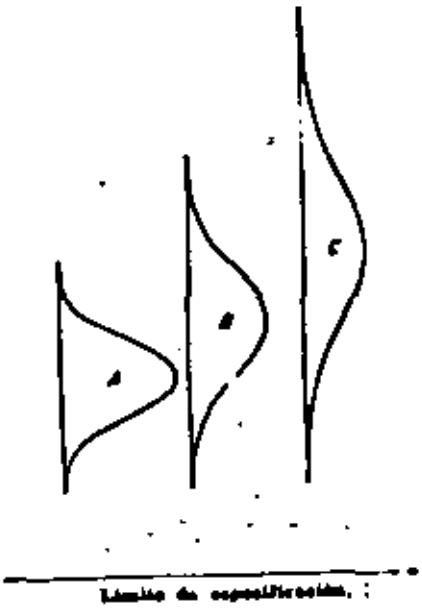



FIG. 6-6. Algunos casos en que el valor bajo de la distribución del proceso se encuentra abajo del mínimo de la especificación



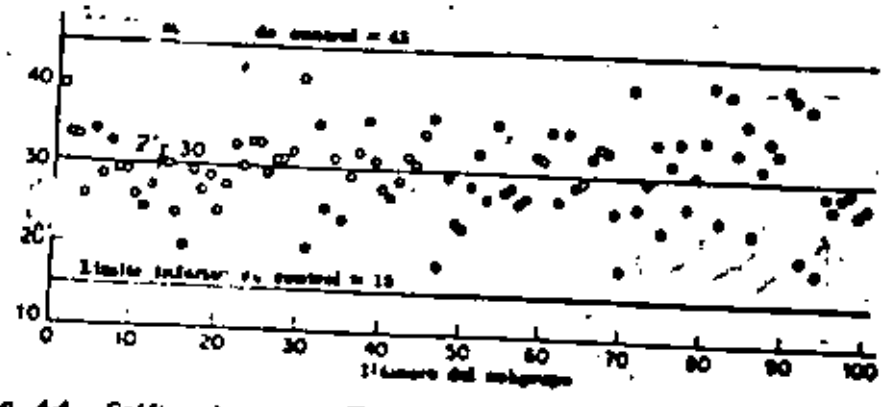




FIG. 4-4. Gráfica de control $\bar{X}$, para 100 subgrupos de cuatro estimaciones de la urna normal de Shewhart

TABLA 4-4. COMPARACION DE ESTIMACIONES DE LA DESVIACION ESTANDAR DEL UNIVERSO $\sigma$, BASADAS EN TAMAÑOS DE SUBGRUPO DE 2, 4 Y 8

(Valor conocido de $\sigma$ = 8.95)

| Estimaciones | Estimaciones de $\sigma$ Tamaño de subgrupo igual a 2 | | Estimaciones de $\sigma$ Tamaño de subgrupo igual a 4 | | Estimaciones de $\sigma$ Tamaño de subgrupo igual a 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A partir de $\bar{R}$ | A partir de $s$ | A partir de $\bar{R}$ | A partir de $s$ | A partir de $\bar{R}$ | A partir de $s$ |
| 1-60 | 8.62 | 8.62 | 8.94 | 8.97 | 9.24 | 8.98 |
| 61-160 | 10.75 | 10.75 | 10.51 | 10.64 | 10.50 | 10.88 |
| 161-240 | 9.73 | 9.73 | 10.51 | 10.45 | 9.74 | 9.88 |
| 241-320 | 8.86 | 8.86 | 8.89 | 9.06 | 8.83 | 9.03 |
| 321-400 | 11.68 | 11.68 | 11.56 | 11.45 | 11.98 | 12.17 |
| 1-400 | 9.93 | 9.93 | 10.08 | 10.12 | 10.07 | 10.18 |

TABLA 4-5. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS RELATIVAS DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR DE LAS MUESTRAS DE 2, 4 Y 8, A PARTIR DE 400 EXTRACCIONES DE LA URNA NORMAL DE SHEWHART

(Todas las frecuencias están expresadas como porcentajes del total)

| Límites de las celdas | Valores de $s$ | | |
|---|---|---|---|
| | $n = 2$ | $n = 4$ | $n = 8$ |
| 19.95-21.95 | 1.0 | | |
| 17.95-19.95 | 0.5 | | |
| 15.95-17.95 | 1.0 | 2 | 2 |
| 13.95-15.95 | 2.5 | 1 | 4 |
| 11.95-13.95 | 4.0 | 8 | 6 |
| 9.95-11.95 | 5.5 | 16 | 22 |
| 7.95-9.95 | 12.5 | 13 | 20 |
| 5.95-7.95 | 16.0 | 23 | 26 |
| 3.95-5.95 | 15.5 | 17 | 10 |
| 1.95-3.95 | 20.0 | 6 | |
| 0.00-1.95 | 20.5 | | |

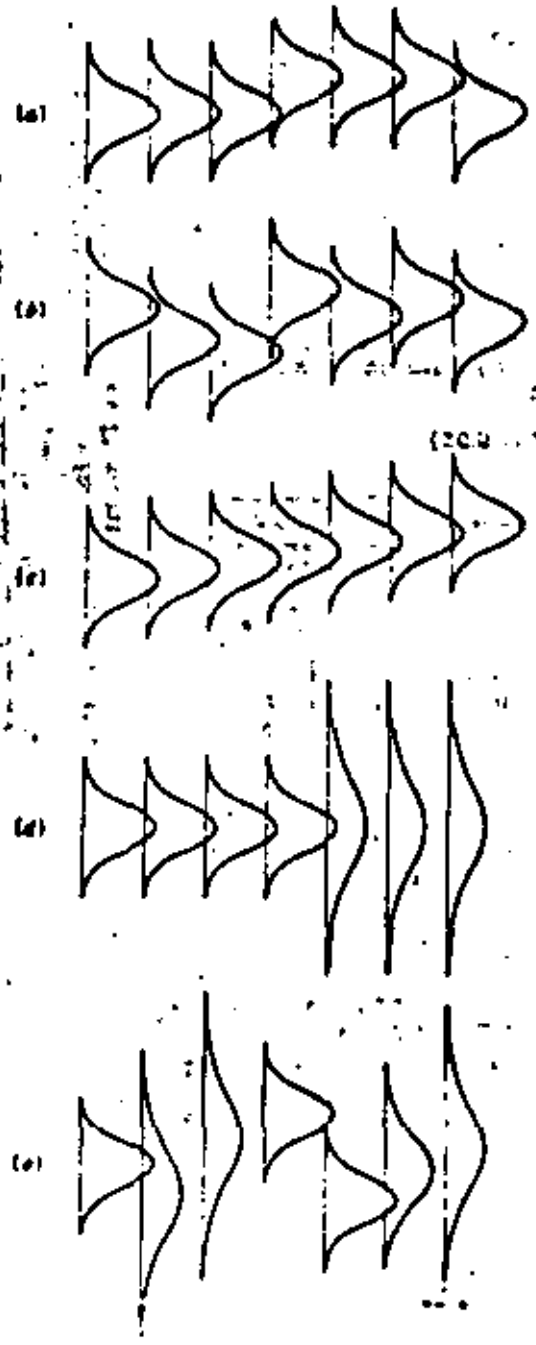



FIG. 5-1. Sistemas de causas casuales (representados aquí por curvas de frecuencias) que pueden cambiar en formas diferentes: (a) cambio sostenido en el promedio del universo con dispersión constante; (b) cambios irregulares en el promedio del universo con dispersión constante; (c) tendencia estable en el promedio del universo con dispersión constante; (d) cambio en la dispersión del universo sin cambio en el promedio; y (e) cambios irregulares tanto en el promedio como en la dispersión

E

TABLA 2-1. MEDICIONES DEL DIAMETRO DE PASO DE LOS HILOS DE UN ACCESORIO DE AEROPLANO

(Los valores están expresados en unidades de 0.0001 plg en exceso a 0.4000 plg. La dimensión está especificada a 0.4037 ± 0.0015 plg)

| Número de la muestra | Medición de cada uno de cinco elementos por lote | | | | | Promedio $\bar{X}$ | Amplitud $R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 38 | 35 | 34 | 33 | 32 | 34.0 | 4 |
| 2 | 31 | 31 | 34 | 33 | 30 | 31.6 | 4 |
| 3 | 30 | 30 | 32 | 30 | 32 | 30.8 | 2 |
| 4 | 32 | 33 | 33 | 33 | 35 | 33.0 | 3 |
| 5 | 32 | 34 | 37 | 37 | 35 | 35.0 | 5 |
| 6 | 32 | 32 | 31 | 33 | 33 | 32.2 | 2 |
| 7 | 33 | 33 | 36 | 32 | 31 | 33.0 | 5 |
| 8 | 23 | 33 | 36 | 35 | 36 | 32.6 | 13 |
| 9 | 43 | 36 | 35 | 34 | 31 | 33.8 | 10 |
| 10 | 36 | 35 | 30 | 41 | 41 | 37.8 | 6 |
| 11 | 34 | 38 | 35 | 34 | 30 | 35.8 | 4 |
| 12 | 36 | 38 | 30 | 30 | 40 | 36.4 | 4 |
| 13 | 36 | 40 | 35 | 36 | 33 | 34.0 | 14 |
| 14 | 36 | 35 | 37 | 34 | 35 | 35.0 | 4 |
| 15 | 30 | 37 | 33 | 34 | 35 | 33.8 | 7 |
| 16 | 30 | 31 | 35 | 33 | 33 | 31.6 | 5 |
| 17 | 33 | 30 | 34 | 33 | 35 | 32.0 | 5 |
| 18 | 27 | 34 | 30 | 37 | 30 | 30.2 | 3 |
| 19 | 35 | 30 | 30 | 37 | 33 | 31.6 | 9 |
| 20 | 33 | 35 | 35 | 36 | 36 | 35.6 | 6 |
| Totales | | | | | | 671.0 | 124 |

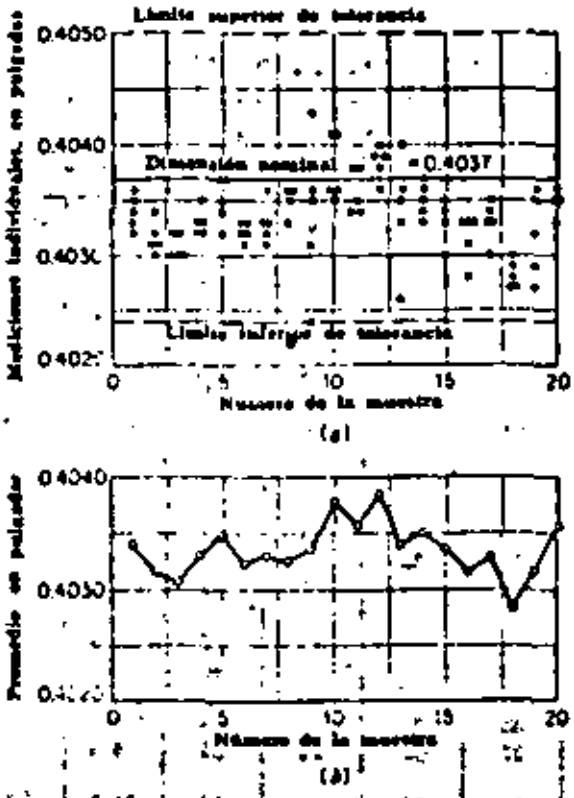



FIG. 2-1. Diámetro de paso de los hilos de accesorios del sistema hidráulico de un aeroplano. (a) mediciones individuales; (b) promedios de muestras de cinco unidades

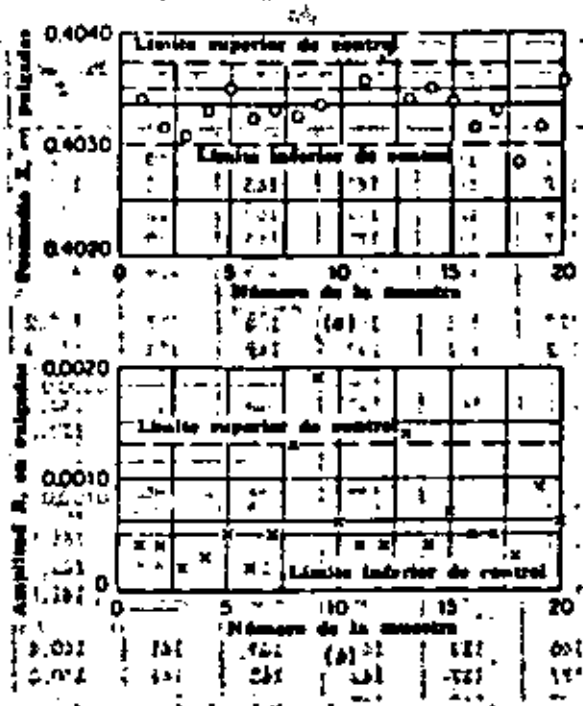



FIG. 2-2. Diámetro de paso de los hilos de un accesorio para el sistema hidráulico de un aeroplano: (*a*) gráfica de control para promedios ($\bar{X}$); (*b*) gráfica de control para amplitudes ($R$)

TABLA 2-2.. MEDICIONES DE LA DISTANCIA ENTRE LA PARTE TRASERA DE LA PERILLA DE REOSTATO Y EL LADO MAS LEJANO DEL ORIFICIO PARA LA CLAVIJA

(Los valores están expresados en unidades de 0.001 plg. La dimensión especificada es 0.140 ± 0.003 plg

| Número de la muestra | Medición de cada una de cinco unidades por hora | | | | | Promedio $\bar{x}$ | Amplitud R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 140 | 143 | 137 | 134 | 135 | 137.8 | 9 |
| 2 | 138 | 143 | 143 | 145 | 146 | 143.0 | 8 |
| 3 | 139 | 133 | 147 | 148 | 136 | 141.2 | 15 |
| 4 | 143 | 141 | 137 | 139 | 140 | 139.6 | 6 |
| 5 | 143 | 143 | 146 | 136 | 136 | 140.0 | 10 |
| 6 | 136 | 144 | 143 | 136 | 137 | 139.2 | 8 |
| 7 | 143 | 147 | 137 | 143 | 138 | 141.2 | 10 |
| 8 | 143 | 137 | 145 | 137 | 139 | 140.0 | 8 |
| 9 | 141 | 142 | 147 | 140 | 140 | 142.0 | 7 |
| 10 | 142 | 137 | 143 | 140 | 132 | 139.2 | 13 |
| 11 | 137 | 147 | 142 | 137 | 135 | 139.6 | 13 |
| 12 | 137 | 144 | 143 | 143 | 140 | 141.4 | 9 |
| 13 | 142 | 143 | 139 | 141 | 143 | 141.2 | 3 |
| 14 | 137 | 143 | 144 | 137 | 140 | 140.8 | 8 |
| 15 | 144 | 142 | 143 | 139 | 144 | 141.8 | 5 |
| 16 | 140 | 133 | 144 | 143 | 141 | 140.4 | 11 |
| 17 | 137 | 137 | 143 | 143 | 141 | 140.0 | 6 |
| 18 | 137 | 143 | 143 | 145 | 143 | 141.8 | 8 |
| 19 | 143 | 143 | 143 | 140 | 135 | 140.4 | 8 |
| 20 | 136 | 143 | 140 | 139 | 137 | 139.8 | 6 |
| 21 | 143 | 144 | 140 | 138 | 143 | 141.4 | 6 |
| 22 | 139 | 146 | 143 | 140 | 139 | 141.4 | 7 |
| 23 | 140 | 145 | 143 | 139 | 137 | 140.6 | 8 |
| 24 | 134 | 147 | 143 | 141 | 143 | 141.4 | 13 |
| 25 | 139 | 143 | 141 | 137 | 141 | 140.4 | 6 |
| 26 | 140 | 145 | 140 | 144 | 139 | 142.0 | 7 |
| 27 | 143 | 143 | 137 | 139 | 140 | 141.0 | 6 |
| Totales | | | | | | 3 797.4 | 233 |

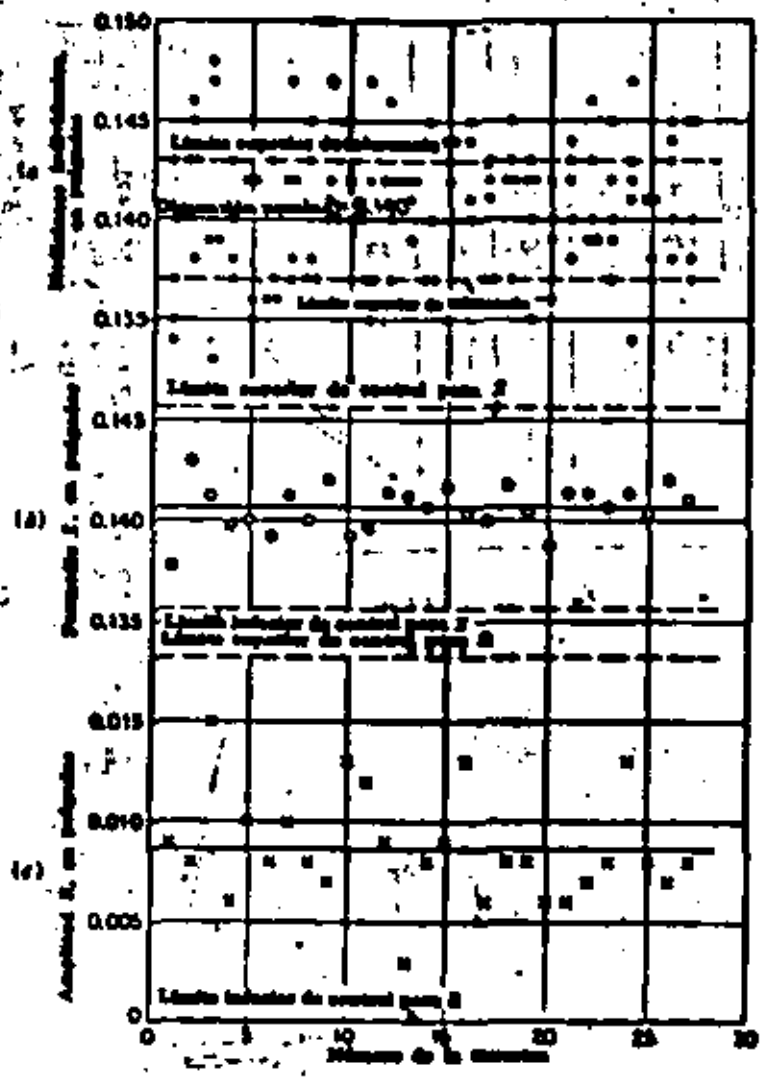



FIG. 2-2. Mediciones de las dimensiones de la pieza de maquina: (a) mediciones individuales; (b) gráfica de control de promedios ($\bar{X}$); (c) gráfica de control de amplitudes ($R$)

ABLA 4-3. FRECUENCIAS RELATIVAS DE LOS VALORES DE $\bar{X}$ N LAS MUESTRAS DE DIFERENTES TAMAÑOS A PARTIR DE 400 EXTRACCIONES DE LA URNA NORMAL DE SHEWHART
Todas las frecuencias expresadas como porcentajes del total)

| Límites de las unidades* | Distribución en la urna | $\bar{X}$ n = 2 | $\bar{X}$ n = 4 | $\bar{X}$ n = 8 | $\bar{X}$ n = 16 | $\bar{X}$ n = 40 | $\bar{X}$ n = 80 | $\bar{X}$ n = 400 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .31– 61.31 | 0.3 | | | | | | | |
| 58.31– 58.31 | 0.3 | | | | | | | |
| 52.31– 55.31 | 0.3 | | | | | | | |
| 49.31– 52.31 | 1.3 | 1.0 | | | | | | |
| 46.31– 49.31 | 2.4 | 0.5 | | | | | | |
| 43.31– 46.31 | 3.9 | 3.0 | | | | | | |
| .31– 43.31 | 5.8 | 3.5 | 5 | | | | | |
| 37.31– 40.31 | 8.0 | 9.0 | 3 | | | | | |
| 34.31– 37.31 | 9.9 | 11.5 | 11 | 5 | 4 | | | |
| 31.31– 34.31 | 11.3 | 17.0 | 21 | 22 | 23 | 20 | 20 | |
| 28.31– 31.31 | 12.0 | 18.5 | 23 | 34 | 36 | 60 | 60 | 100 |
| 25.31– 28.31 | 11.3 | 12.0 | 21 | 36 | 33 | 20 | | |
| 22.31– 25.31 | 9.9 | 11.0 | 10 | 4 | | | | |
| 19.31– 22.31 | 8.0 | 5.5 | 3 | 4 | | | | |
| 16.31– 19.31 | 5.5 | 2.0 | 3 | | | | | |
| 13.31– 16.31 | 3.9 | 0.5 | 1 | | | | | |
| 10.31– 13.31 | 2.4 | 2.0 | | | | | | |
| 7.31– 10.31 | 1.3 | 1.0 | | | | | | |
| 4.31– 7.31 | 0.5 | | | | | | | |
| 1.31– 4.31 | 0.3 | | | | | | | |
| −1.69– +1.31 | 0.3 | | | | | | | |

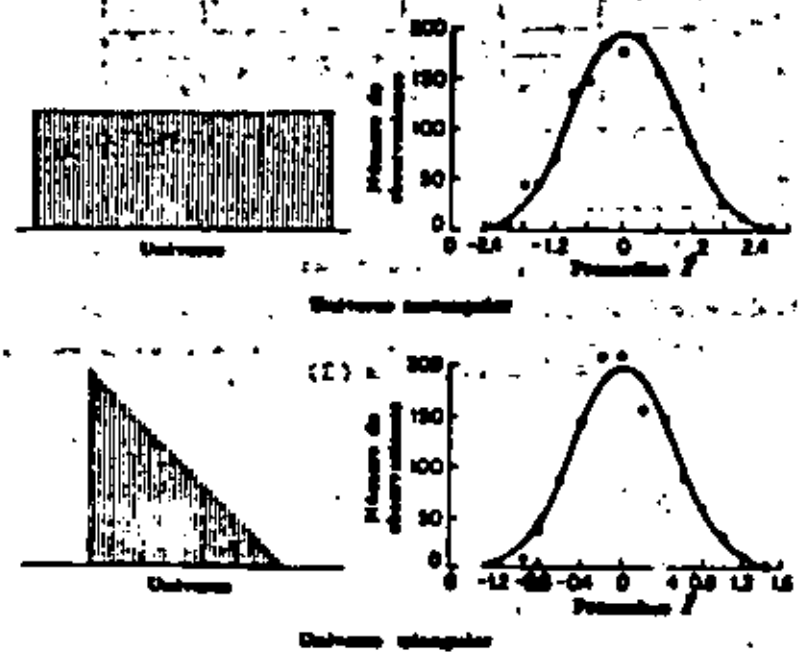



Fig. 4-3. Aun a partir de universos rectangulares y triangulares, la distribución de los valores $\bar{X}$ de las muestras de tamaño n, aproximadamente, normal. (*Reproducido, bajo permiso, de "Economic Control of Quality of Manufactured Product" A. Shewhart, publicado por D. Van Nostrand Company.*

## TABLA C. FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL DE 3 SIGMA A PARTIR DE $\bar{R}$ PARA GRAFICAS $\bar{X}$ Y R

| Número de observaciones en el subgrupo $n$ | Factor para la gráfica $\bar{X}$ $A_2$ | Factores para la gráfica R: Límite inferior de control $D_3$ | Factores para la gráfica R: Límite superior de control $D_4$ |
|---|---|---|---|
| 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 |
| 7 | 0.42 | 0.08 | 1.92 |
| 8 | 0.37 | 0.14 | 1.86 |
| 9 | 0.34 | 0.18 | 1.82 |
| 10 | 0.31 | 0.22 | 1.78 |
| 11 | 0.29 | 0.26 | 1.74 |
| 12 | 0.27 | 0.28 | 1.72 |
| 13 | 0.25 | 0.31 | 1.69 |
| 14 | 0.24 | 0.33 | 1.67 |
| 15 | 0.22 | 0.35 | 1.65 |
| 16 | 0.21 | 0.36 | 1.64 |
| 17 | 0.20 | 0.38 | 1.62 |
| 18 | 0.19 | 0.39 | 1.61 |
| 19 | 0.19 | 0.40 | 1.60 |
| 20 | 0.18 | 0.41 | 1.59 |

Límite superior de control para $\bar{X} = LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
Límite inferior de control para $\bar{X} = LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$

(Si se usa un valor impuesto o estándar de $\bar{\bar{X}}$ en lugar de $\bar{\bar{X}}$ como línea central de la gráfica de control, $\bar{\bar{X}}$ deberá ser sustituido por $\bar{\bar{X}}$ en las fórmulas precedentes.)

Límite superior de control para $R = LSC_R = D_4\bar{R}$
Límite inferior de control para $R = LIC_R = D_3\bar{R}$

Todos los factores en la Tabla C están basados en la distribución normal.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

# CARTAS DE CONTROL

M.en I.AUGUSTO VILLARREAL ARANDA

OCTUBRE, 1982

do Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

# CARTAS DE CONTROL

Por: M en I Augusto Villarreal A. *

## INTRODUCCION

Aunque existe la tendencia generalizada a pensar que el Control de Calidad es de desarrollo reciente, realmente no existe nada nuevo en la idea básica de elaborar un producto caracterizado por un alto grado de uniformidad.

Durante siglos, hábiles artesanos han procurado elaborar productos que se distingan por su superior calidad, y una vez que han logrado obtener un cierto estándar de calidad óptimo, eliminar dentro de lo posible la variación entre productos que nominalmente deben resultar iguales.

La idea de que la Estadística puede resultar un instrumento muy útil para asegurar un estándar adecuado de calidad para los productos manufacturados, se remonta no más allá del advenimiento de la producción masiva, y el uso extendido de los métodos estadísticos para resolver problemas de control de calidad es aún más reciente.

Muchos problemas que aparecen durante la elaboración de un producto son susceptibles de ser resueltos empleando tratamientos estadísticos, por lo que al hablar de control estadístico de calidad, nos estaremos refiriendo esencialmente a las dos técnicas especiales que se discutirán en esta parte del curso: uso de las Cartas de Control y muestreo de aceptación.

* Profesor Investigador, División de Estudios Superiores e Instituto de Ingeniería, UNAM

Conviene mencionar que la palabra calidad, al ser empleada aquí en adelante, se referirá a alguna propiedad medible o contable de algún producto, tal como el diámetro de un balín de acero, la resistencia de una viga de concreto, el número de defectos en una pieza de tela, la eficacia de cierta droga, etc.

## IDEAS SOBRE CARTAS DE CONTROL

A muchos individuos les puede sorprender el hecho de que dos artículos aparentemente idénticos, elaborados bajo condiciones cuidadosamente controladas, de las mismas materias primas, y por una misma máquina con diferencia de pocos segundos, puedan, sin embargo, diferir en muchos aspectos.

En efecto, cualquier proceso de manufactura, aun siendo muy bueno, se encuentra caracterizado por una cierta cantidad de variación que es de naturaleza aleatoria, y que no puede ser eliminada en forma completa.

Cuando la variabilidad presente en un proceso de producción se limita a variación aleatoria se dice que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico.

Tal estado se puede alcanzar cuando se eliminan aquellos problemas causados por otro tipo de variación, llamada variación sistemática, que es de naturaleza más bien determinística, y que se puede achacar, por ejemplo, a operadores mal entrenados, materia prima de baja calidad, máquinas en mal estado, etc.

Ya que los procesos de manufactura se encuentran rara vez libres

de estos problemas, conviene contar con algún método sistemático para detectar desviaciones serias de un estado de control estadístico cuando ocurren, o inclusive antes de que ocurran, tales desviaciones.

Ese método sistemático de detección se puede tener mediante el empleo de las llamadas Cartas de Control.

TIPOS DE CARTAS DE CONTROL

En lo que sigue distinguiremos entre las cartas de control para mediciones o variables ($\bar{X}$, R, $\sigma$) y las cartas de control para atributos (p, c), dependiendo de que las observaciones que estemos analizando sean mediciones o datos contados o calculados, respectivamente.

Un ejemplo del primer caso sería la longitud de las varillas de acero de una muestra. Como ejemplo del segundo caso tendríamos el número de focos defectuosos en una muestra de tamaño dado.

CONFIGURACION DE LAS CARTAS DE CONTROL

En cualquiera de los casos mencionados, una carta de control consiste de una línea Central, correspondiente a la calidad promedio a la que el proceso debe funcionar, y dos líneas que corresponden al Límite Superior de Control (LSC) y al Límite Inferior de Control (LIC), respectivamente, tal como se muestra en la Fig 1.

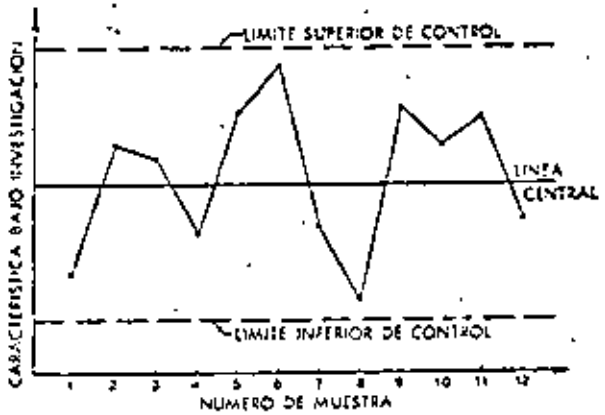



Fig 1. Aspecto general de una carta de control

Estos límites se escogen en forma tal que los valores que se encuentren dentro de ellos se puedan atribuir al azar, en tanto que los valores que caigan fuera de ellos se puedan considerar como indicaciones de falta de control.

No obstante la idea anterior, conviene mencionar que en la Fig 2 que se presenta a continuación se pueden considerar otras posibles situaciones de "falta de control" que ameritan investigarse:

1. Cuando dos de tres puntos sucesivos caen en la zona A.
2. Cuando cuatro de cinco puntos sucesivos caen en la zona B o más allá.
3. Cuando ocho puntos sucesivos caen en la zona C o más allá.

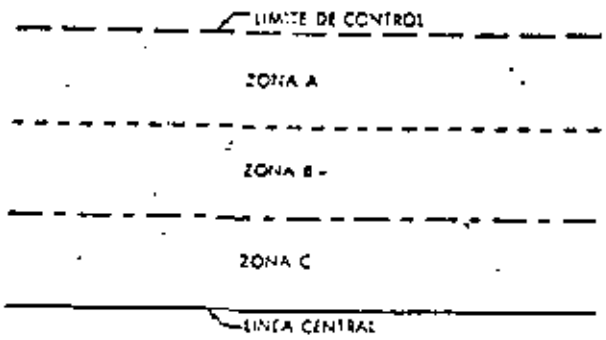



Fig 2 Diagrama que define las zonas A, B y C usadas en el análisis de Cartas de Control.

Debe hacerse notar que cada una de las zonas A, B y C constituye la tercera parte del área entre la línea central y un límite de control, y que las pruebas mencionadas se aplican a ambas mitades de la carta de control, pero se aplican separadamente para cada mitad, y nunca a las dos mitades en combinación.

EXPLICACION DEL EMPLEO DE LAS CARTAS DE CONTROL

Si se grafican en una carta los resultados obtenidos a partir de muestras tomadas periódicamente a intervalos frecuentes, es posible verificar por medio de ella si el proceso se encuentra bajo control, o si se encuentra presente en el proceso la variación sistemática del tipo descrito anteriormente.

Cuando un punto graficado cae fuera de los límites de control, es necesario encontrar el problema que causó tal evento dentro del proceso. Pero aun si los puntos caen dentro de los límites mencionados, alguna tendencia, o cierto patrón de los mismos, puede indicar que se debe llevar a cabo alguna acción para prevenir y así evitar algún problema serio.

La habilidad para "leer" las cartas de control y para determinar a partir de ellas cuál acción correctiva debe llevarse a cabo, se obtiene a partir de la experiencia y del juicio altamente desarrollado. Un practicante del control estadístico de la calidad debe no sólo comprender los fundamentos estadísticos de la materia, sino también encontrarse identificado plenamente con los procesos que desea controlar.

CARTAS DE CONTROL PARA MEDICIONES (VARIABLES)

Cuando se requiere establecer control estadístico de la calidad de algún producto en términos de mediciones o variables, es costumbre ejercer tal control sobre la calidad media del proceso, al igual que sobre su variabilidad.

La primera meta se logra al graficar los promedios de muestras extraídas periódicamente en la llamada carta de control para los promedios, o simplemente carta $\bar{X}$. La variabilidad se puede controlar de igual forma si se grafican los rangos o las desviaciones estándar de las muestras en las llamadas cartas R o cartas $\sigma$, respectivamente, dependiendo de cuál estadística se emplee para estimar la desviación estándar de la población.

Si se conocen la media $\mu$ y la desviación estándar $\sigma$ de la pobla-

ción (proceso) y es razonable suponer las mediciones obtenidas como muestras extraídas de una población normal, se puede asegurar que con probabilidad 1 - α el promedio aritmético de una muestra aleatoria de tamaño n se encontrará entre

$$\mu - z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad y \quad \mu + z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ó

$$\mu - z_{\alpha/2}\,\sigma_{\bar{X}} \quad y \quad \mu + z_{\alpha/2}\,\sigma_{\bar{X}}$$

puesto que $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ para el caso de la distribución muestral del promedio aritmético, cuando se muestrea de una población infinita. La suposición de que la extracción de muestras aleatorias se hace de una población infinita es válida en el caso presente, puesto que, por ejemplo, la producción de cierto producto en una fábrica tiende a infinito conforme pasa el tiempo.

Los dos límites anteriores ($\mu \pm z_{\alpha/2}\sigma_{\bar{X}}$) proporcionan entonces límites inferiores y superiores de control y, bajo las suposiciones anteriores, permiten al practicante del control de calidad determinar si se debe o no llevar a cabo algún ajuste en el proceso, al graficar los promedios aritméticos obtenidos de muestras de tamaño n en una carta como la que se muestra en la Fig 1.

Conviene establecer en este momento que al emplear una carta de control para los promedios, lo que se hace realmente es probar hipótesis nulas de que a un cierto nivel de confianza 1-α el valor de la media de la distribución muestral de los promedios sea igual al valor de



la calidad nominal del proceso, o al de la calidad media calculada para el mismo, $\mu_0$. Para estas pruebas secuenciales de hipótesis, se emplean como estadísticas de prueba los valores de los promedios aritméticos obtenidos de muestras aleatorias extraídas de la población (o proceso). Es decir, se realizan pruebas de hipótesis para las cuales

$$H_0 \quad : \quad \mu = \mu_0$$

(Prueba de dos colas; cada prueba se realiza con el valor $\bar{X}_i$ de la muestra i)

$$H_1 \quad : \quad \mu \neq \mu_0$$

en donde $\mu$ es la media de la distribución muestral del promedio aritmético, $\mu_0$ la calidad nominal o calidad media calculada del proceso, y $\bar{X}_i$ (i=1,2,3,...) el valor del promedio aritmético obtenido de la iésima muestra aleatoria. La forma secuencial de estas pruebas de hipótesis se muestra en la Fig 3 que se presenta a continuación.

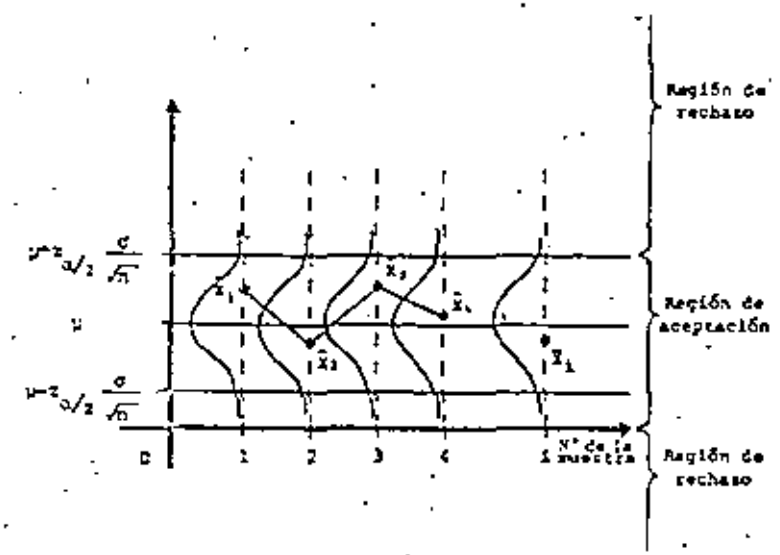



Fig 3 Pruebas de hipótesis que se realizan al emplear una carta de control para los promedios

Si se consideran problemas prácticos, los valores de $\mu$ y $\sigma$ del proceso se desconocen, y es entonces conveniente estimar sus valores a partir de muestras tomadas mientras el proceso se encuentre "bajo control", tal como se explica más adelante. En la práctica es entonces difícil llegar a establecer límites de control del tipo $\mu \pm z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ al desconocerse $\mu$ y $\sigma$, independientemente de que en muchos casos es demasiado arriesgado considerar a las mediciones como muestras aleatorias extraídas de una población normal.

En lugar de lo anterior, en el control de calidad industrial se emplean comúnmente los límites de control de "tres desviaciones estándar" o de "tres sigmas", que se obtienen al sustituir a $z_{\alpha/2}$ por un 3 al calcular los límites de control.

Conforme a lo anterior, con los límites de control

$$\mu \pm 3\sigma_{\bar{X}} \qquad ó \qquad \mu \pm 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

se puede confiar en que en el 99.73% de los casos el proceso no será declarado "fuera de control", cuando de hecho se encuentra "bajo control".

En otras palabras, estos límites de control permiten considerar que la probabilidad máxima de rechazar la hipótesis

$$H_0 : \theta = \theta_0$$

cuando debería de ser aceptada (probabilidad de cometer un error de tipo I) es de 0.27%, siendo $\theta_0$ un valor de calidad fijo del proceso, y $\theta$ el del parámetro correspondiente de la distribución muestral de la estadística bajo consideración.



ELABORACION DE LA CARTA DE CONTROL PARA LOS PROMEDIOS ($\bar{X}$)

a. Caso en que se conocen la media $\mu$ y la desviación estándar $\sigma$ de la población.

Línea central ———— $\mu$

Límites de control ———— $\mu \pm 3\sigma_{\bar{X}}$ ó $\mu \pm 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

ó $\mu \pm A\sigma$ , siendo $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$

en donde los valores de A se obtienen de la tabla I, en función de n, el tamaño de la muestra.

<u>Ejemplo</u>: Sea el proceso de elaboración de varillas de acero para las cuales se sabe que el diámetro medio es de 2.5 cm, con una desviación estándar de 0.01 cm. Se desea efectuar control del diámetro de las mismas, para lo cual se extraen periódicamente muestras de cinco varillas. Se pide establecer la línea central y los límites de control para una carta $\bar{X}$.

<u>Solución</u>. Siendo $\mu = 2.5$ cm, $\sigma = 0.01$ y $n = 5$, se tiene que:

Línea central = $\mu$=2.5

Límites de control:

$$2.5 \pm 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 2.5 \pm \frac{3(0.01)}{\sqrt{5}} = 2.5 \pm 0.0134 \Rightarrow 2.5134,\ 2.4866$$

o, de la tabla I

$$2.5 \pm A\sigma = 2.5 \pm 1.342(0.01) = 2.5 \pm 0.01342 \Rightarrow 2.51342,\ 2.48658$$

b. Caso en que se desconocen $\mu$ y $\sigma$.

Para este caso, que es el más común, es necesario estimar, como se dijo anteriormente, tales parámetros con base en muestras preliminares. Para el caso, normalmente se acostumbra emplear un mínimo de 20 á 25 muestras de 4 ó 5 elementos, obtenidas consecutivamente cuando el proceso está "bajo control".

Sin embargo, como veremos más adelante, se pueden emplear procedimientos estadísticos más formales para determinar el número de muestras (y de elementos en las mismas) más adecuado para las cartas $\bar{X}$.

Entonces, si se utilizan $k$ muestras preliminares, cada una de tamaño $n$, se puede estimar con adecuada precisión el valor de $\mu$ mediante

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} \bar{X}_i$$

siendo $\bar{\bar{X}}$ un estimador insesgado y consistente de $\mu$, donde $\bar{X}_i$ denota al promedio aritmético de la iésima muestra, y $\bar{\bar{X}}$ es el promedio de los promedios de las muestras.

El valor de $\sigma$ de la población puede ser estimado a partir de las desviaciones estándar o de los rangos de las muestras. Si el tamaño de las mismas es pequeño, usualmente el rango proporciona un estimador eficiente de $\sigma$, además de que el proceso de cálculo del mismo es bastante más simple que el de la desviación estándar para las muestras.

Sin embargo, es conveniente, cuando se requiere bastante precisión



en el cálculo de los límites de control, estimar $\sigma$ mediante las desviaciones estándar de las muestras. Tal es el caso, por ejemplo, de muestras de productos que son caros, y que deben destruirse al momento de tomar las mediciones.

b.1 Estimando $\sigma$ mediante los rangos de las muestras

Hay que obtener primero el valor $\bar{R}$, que es el rango promedio de los rangos de las $k$ muestras, es decir,

$$\bar{R} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R_i$$

Puesto que la estadística $\bar{R}$ siempre estima por encima de su valor real a la desviación estándar de la población, se obtiene un estimador sesgado. Debido a ello, es indispensable afectar el valor de $\bar{R}$ en forma tal de obtener un estimador insesgado de $\sigma$, para lo cual se hace

$$\text{Estimador insesgado de } \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

El factor $d_2$ en la expresión anterior se obtiene experimentalmente al identificar el valor de la media en las distribuciones muestrales del cociente $R/\sigma$ para distintos valores de $n$, considerando una población en la cual el valor de $\sigma$ es conocido. Por ejemplo, para muestras de tamaño cinco ($n=5$), se ha obtenido experimentalmente el valor $d_2=2.326$, tal como se muestra en la Fig 4.

En la tabla 14.1 se presentan los valores de la variable estandarizada, $z$, que limitan las regiones de aceptación y de rechazo para el caso en el que la estadística involucrada en la prueba tenga distribución muestral normal. Cuando en alguna prueba de hipótesis se consideren niveles de significancia diferentes a los que aparecen en la tabla mencionada, resulta necesario emplear la de áreas bajo la curva normal estándar.

TABLA 14.1 VALORES CRITICOS DE $z$

| Nivel de significancia, $\alpha$ | Valores de $z$ para pruebas de una cola | Valores de $z$ para pruebas de dos colas |
|---|---|---|
| 0.1 | −1.281 o 1.281 | −1.645 y 1.645 |
| 0.05 | −1.645 o 1.645 | −1.960 y 1.960 |
| 0.01 | −2.326 o 2.326 | −2.575 y 2.575 |
| 0.005 | −2.575 o 2.575 | −2.810 y 2.810 |

## 15. Pruebas de una y de dos colas

En la prueba de hipótesis del ejemplo anterior, la región de rechazo de la hipótesis nula quedó en ambos extremos (colas) de la distribución muestral de la estadística involucrada en la prueba; a las pruebas de este tipo se les denomina *pruebas de dos colas*. Cuando la región de rechazo se encuentra solamente en un extremo de la distribución muestral en cuestión, se les llama *pruebas de una cola*.

Las pruebas de dos colas se presentan cuando en la hipótesis alternativa aparece el signo $\neq$ (diferente de), como en el siguiente caso



$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S \neq \mu_1$$

en donde $\mu_S$ es la media de la estadística $S$, y $\mu_1$ es un valor fijo.

En los casos

$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S < \mu_1$$

$$H_0 : \mu_S = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_S > \mu_1$$

las pruebas resultan de una cola.

## 16. Pruebas de hipótesis para la media

Para el caso de una población infinita (o finita en que se muestree con reemplazo), cuya desviación estándar $\sigma$ se conoce o se puede estimar adecuadamente, si se tiene que la estadística $S$ obtenida de la muestra es el promedio aritmético, entonces la media de su distribución muestral es $\mu_S = \mu_{\bar{X}} = \mu$, y su desviación estándar es $\sigma_S = \sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$, en donde $\mu$ y $\sigma$ son, respectivamente, la media y la desviación estándar de la variable aleatoria $X$ asociada a la población, y $n$ es el tamaño de la muestra. En tal caso, si $\bar{X}$ tiene distribución normal, la variable estandarizada correspondiente será

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{X}}}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Para el caso de muestreo sin remplazo de población finita, se tiene que $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}$, en donde $N_p$ es el tamaño de la población, por lo que la variable estandarizada será

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{N_p - n}{N_p - 1}}}$$

En los dos casos anteriores, el valor de Z correspondiente al de $\bar{X}$ de la muestra es el que se debe comparar con el valor crítico correspondiente al nivel de significancia fijado, para así aceptar o no la hipótesis nula (prueba de una cola). Si se trata de una prueba de dos colas, el valor de Z se debe comparar con los dos valores críticos que corresponden al valor de α seleccionado. En cualquiera de los casos anteriores, el valor o valores críticos se pueden obtener de la tabla 14.1, para valores comunes de α.

*Ejemplo* 16.1

Se sabe que el promedio de calificaciones de una muestra aleatoria de tamaño 100 de los estudiantes de tercer año de ingeniería civil es de 7.6, con una desviación estándar de 0.2. Si μ denota la media de la población de esas calificaciones, X, y si se supone que $\bar{X}$ tiene distribución normal, probar la hipótesis



$\mu = 7.65$ en contra de la hipótesis alternativa $\mu \neq 7.65$, usando un nivel de significancia de

a. 0.05

b. 0.01

Para la solución se deben considerar las hipótesis

$$H_0 : \mu = 7.65$$

$$H_1 : \mu \neq 7.65$$

Puesto que $\mu \neq 7.65$ incluye valores menores y mayores de 7.65, se trata de una prueba de dos colas.

La estadística bajo consideración es el promedio aritmético, $\bar{X}$, de la muestra, que se supone extraída de una población infinita. La distribución muestral de $\bar{X}$ tiene media $\mu_{\bar{X}} = \mu$, y desviación estándar $\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$, en donde μ y σ denotan, respectivamente, la media y la desviación estándar de la población de calificaciones.

Bajo la hipótesis $H_0$ (considerándola verdadera), se tiene que

$$\mu_{\bar{X}} = 7.65 = \mu$$

y utilizando la desviación estándar de la muestra como una estimación de σ, lo cual se supone razonable por tratarse de una muestra grande,

$$\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n} = 0.2/\sqrt{100} = 0.2/10 = 0.02$$

a. Para la prueba de dos colas a un nivel de significancia de 0.05 se establece la siguiente regla de decisión

*Aceptar $H_0$ si el valor Z correspondiente al valor del promedio de la muestra se encuentra dentro del intervalo de -1.96 a 1.96 (tabla 14.1). En caso contrario, rechazar $H_0$.*

Puesto que

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{7.6 - 7.65}{0.02} = -2.5$$

se encuentra fuera del rango de -1.96 a 1.96, se rechaza la hipótesis $H_0$ a un nivel de significancia de 0.05.

b. Si el nivel de significancia es 0.01, el intervalo de -1.96 a 1.96 de la regla de decisión del inciso a se remplaza por el de -2.58 a 2.58 tabla (14.1). Entonces, puesto que el valor muestral Z = -2.5 se encuentra dentro de este intervalo, se acepta la hipótesis $H_0$ a un nivel de significancia de 0.01.

*Ejemplo* 16.2

La resistencia media a la ruptura de cables de acero fabricados por la empresa X es de 905 kg. Una empresa consultora sugiere a X que cambie su proceso de manufactura, con lo cual incrementará la resistencia de sus cables. Se prueba el nuevo proceso, y se extrae una muestra aleatoria de 50 cables, obteniéndose para ellos una resistencia promedio de 926 kg, con des-



viación estándar igual a 42 kg. ¿Se puede considerar que el nuevo proceso realmente incrementa la resistencia, con un nivel de confianza de 99%?

En este caso, se debe plantear una prueba de hipótesis de una cola, para la cual

$$H_0 : \mu = 905 \text{ kg}$$

$$H_1 : \mu > 905 \text{ kg}$$

Puesto que el tamaño de la muestra es suficientemente grande, se puede aproximar la distribución muestral de la resistencia promedio mediante una normal, y estimar el valor de $\sigma$ de la población mediante $S_X$ de la muestra.

Considerando a la población infinita, y suponiendo como verdadera a $H_0$, se tiene que

$$\mu_{\bar{X}} = \mu = 905 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{42}{\sqrt{50}} = 5.94$$

Para la prueba de una cola a un nivel de significancia de $\alpha = 1 - (1 - \alpha) = 1 - 0.99 = 0.01$, la regla de decisión es

*Aceptar $H_0$ si el valor estandarizado de $\bar{X}$ de la muestra es menor o igual a $Z_c = 2.326$ (tabla 14.1); en caso contrario, rechazar $H_0$.*

En virtud de que

$$z = \frac{\bar{X} - \mu_{\bar{X}}}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{926 - 905}{5.94} = 3.535$$

es mayor de 2.326, se rechaza $H_0$ a un nivel de significancia de 1%, concluyéndose que en realidad el nuevo proceso sí incrementa la resistencia de los cables.

## 17. Pruebas de diferencias de medias

Sean $\bar{X}$ y $\bar{Y}$ los promedios aritméticos obtenidos de dos muestras de tamaños $n_X$ y $n_Y$, extraídas respectivamente de dos poblaciones con medias $\mu_X$ y $\mu_Y$, y desviaciones estándar $\sigma_X$ y $\sigma_Y$. Se trata de probar la hipótesis nula, $H_0$, de que no existe diferencia entre las medias, es decir, que $\mu_X = \mu_Y$. Si $n_X$ y $n_Y$ son suficientemente grandes (>30), la distribución muestral de las diferencias de los promedios es aproximadamente normal. Dicha distribución muestral es rigurosamente normal si las variables aleatorias X y Y asociadas a la población tienen distribución normal, aunque $n_X$ y $n_Y$ sean menores de 30. Para esta distribución muestral, la variable estandarizada Z, que se compara con los valores críticos correspondientes, se encuentra dada por

$$z = \frac{X - Y - \mu_{\bar{X}-\bar{Y}}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{X - Y - 0}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}}$$

con la cual se puede probar la hipótesis nula $H_0$ en contra de otras hipótesis alternativas, $H_1$, a un nivel apropiado de significancia.



*Ejemplo* 17.1

En el laboratorio de pruebas de una empresa fabricante de aparatos electrónicos se ensayaron dos marcas de transistores, A y B, de características similares, con objeto de comprobar su ganancia de voltaje. Se tomaron muestras aleatorias de 100 transistores de cada marca, arrojando una ganancia promedio de 31 decibeles, con desviación estándar de 0.3 decibeles para la marca A, y 30.9 decibeles de ganancia promedio, con desviación estándar de 0.4 decibeles para la otra. ¿Existe una diferencia significativa entre las ganancias en voltaje de los transistores a un nivel de significancia de

a. 0.05

b. 0.017

Si $\mu_A$ y $\mu_B$ son las medias respectivas de las dos poblaciones infinitas a las que corresponden las muestras, la prueba de hipótesis adopta la forma siguiente:

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

$$H_1 : \mu_A \neq \mu_B$$

Entonces, el valor de Z es, bajo la hipótesis $H_0$:

$$z = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sigma_{\bar{X}_A - \bar{X}_B}} = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}}} = \frac{31 - 30.9}{\sqrt{\frac{(0.3)^2}{100} + \frac{(0.4)^2}{100}}} = 2$$

a. Puesto que se trata de una prueba de dos colas a un nivel de significancia de 0.05, la diferencia es significativa si el valor de $Z$ se encuentra fuera del intervalo de $-1.96$ a $1.96$. Como este es el caso, puede concluirse que efectivamente existe diferencia significativa en la ganancia en voltaje de los transistores.

b. Si la prueba es a un nivel de significancia de 0.01, la diferencia es significativa si $Z$ se encuentra fuera del rango de $-2.58$ a $2.58$. Partiendo del hecho de que $Z = Z$, la diferencia entre las ganancias es producto del azar, y se acepta la hipótesis de que ambos tipos de transistores tienen igual ganancia media en voltaje a un nivel de confianza de 99 por ciento.

*Ejemplo* 17.2

La estatura promedio de 50 estudiantes varones tomados al azar que participan en actividades deportivas es de 173 cm, con desviación estándar de 6.3 cm. Otra muestra aleatoria de 50 estudiantes varones que no participan en ese tipo de actividades tiene promedio de estatura igual a 171 cm, con desviación estándar igual a 7.1 cm. Probar la hipótesis de que los estudiantes varones que practican deportes son más altos que los que no lo hacen, a un nivel de significancia de 0.05.

Se debe decidir entre las hipótesis

$$H_0 : \mu_X = \mu_Y$$

$$H_1 \quad \mu_X > \mu_Y$$



siendo X la variable aleatoria asociada a la población infinita de estaturas de alumnos que practican deportes, y Y la asociada a la de estudiantes que no lo hacen, que también es infinita.

Bajo la hipótesis $H_0$, se tiene que

$$\mu_{\bar{X}-\bar{Y}} = 0$$

$$\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}} = \sqrt{\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}} = \sqrt{\frac{(6.3)^2}{50} + \frac{(7.1)^2}{50}} = 1.3424$$

Entonces, el valor de $Z$ es

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sigma_{\bar{X}-\bar{Y}}} = \frac{173 - 171}{1.3424} = \frac{2}{1.3424} = 1.489$$

Puesto que se trata de una prueba de hipótesis de una cola, a un nivel $\alpha = 0.05$, se rechazaría $H_0$ si el valor de $Z$ muestral fuera mayor del valor crítico para dicho nivel, el cual es $Z_c = 1.645$. Puesto que $Z < Z_c$, en este caso se concluye que la diferencia en las estaturas de ambos grupos de estudiantes se debe únicamente al azar.

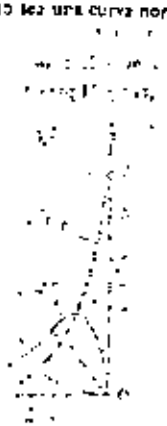
## 3.4 Muestras pequeñas

Como ya se indicó, para muestras grandes ($n \geq 30$) las distribuciones muestrales de muchas estadísticas son aproximadamente normales, siendo tanto mejor la aproximación cuanto mayor es el tamaño de $n$. Sin embargo, cuando se trata de muestras en las que $n < 30$, llamadas *muestras pequeñas*, la aproximación no es suficientemente buena, por lo que resulta necesario introducir una teoría apropiada para su estudio.

Al estudio de las distribuciones muestrales de las estadísticas para muestras pequeñas se le llama *teoría estadística de las muestras pequeñas*. Existen al respecto tres distribuciones importantes: *Ji cuadrada*, *F* y *t de Student*.

### 3.4.1 Distribución *Ji cuadrada* ($\chi^2$)

Hasta ahora solo se ha tratado la distribución muestral de la media. En esta sección se verá lo concerniente a la distribución muestral de la varianza, $S_X^2$, para muestras aleatorias extraídas de poblaciones normales. Puesto que $S_X$ no puede ser negativa, es de esperarse que su distribución muestral no sea una curva normal, ya que esta





tiene colas mayores de cero en el lado de las abscisas negativas. De hecho, la estadística $S_X^2$ se puede estudiar si se consideran muestras aleatorias de tamaño $n$ extraídas de una población normal con desviación estándar $\sigma_X$ y si para cada muestra se calcula el valor de la estadística.

$$\chi^2 = \frac{n\, S_X^2}{\sigma^2} \tag{3.14}$$

donde $S_X^2$ es la varianza de la muestra.

El número de grados de libertad, $\nu$, de una estadística se define como

$$\nu = n - k$$

siendo $n$ el tamaño de la muestra y $k$ el número de parámetros de la población que deben estimarse a partir de ella.

La distribución muestral de la estadística $\chi^2$ está dada por la ecuación

$$f(\chi^2) = U\, \chi^{\nu-1}\, e^{-\frac{1}{2}\chi^2}$$

en la que $U$ es una constante que hace que el área total bajo la curva resulte igual a uno, y $\nu = n - 1$ es el número de grados de libertad. Esta distribución se llama *Ji cuadrada*, misma que se presenta en la fig 21 para distintos valores de $\nu$.

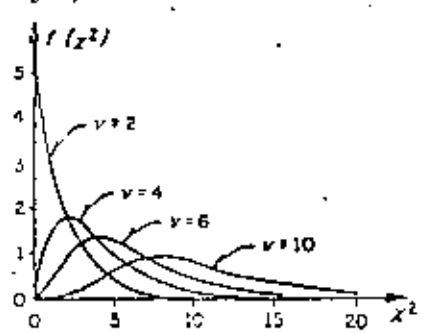
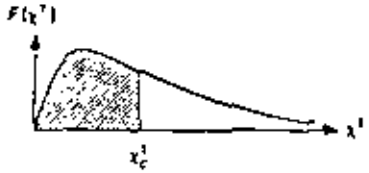



*Fig 21. Distribución Ji cuadrada para distintos valores de ν*

TABLA 8. VALORES CRITICOS $\chi^2_c$




| $\nu$ | $\chi^2_{.995}$ | $\chi^2_{.99}$ | $\chi^2_{.975}$ | $\chi^2_{.95}$ | $\chi^2_{.90}$ | $\chi^2_{.75}$ | $\chi^2_{.50}$ | $\chi^2_{.25}$ | $\chi^2_{.10}$ | $\chi^2_{.05}$ | $\chi^2_{.025}$ | $\chi^2_{.01}$ | $\chi^2_{.005}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.88 | 6.63 | 5.02 | 3.84 | 2.71 | 1.32 | .455 | .102 | .016 | .0039 | .0010 | .0002 | .0000 |
| 2 | 10.6 | 9.21 | 7.38 | 5.99 | 4.61 | 2.77 | 1.39 | .575 | .211 | .103 | .0506 | .0201 | .0100 |
| 3 | 12.8 | 11.3 | 9.35 | 7.81 | 6.25 | 4.11 | 2.37 | 1.21 | .584 | .352 | .216 | .115 | .072 |
| 4 | 14.9 | 13.3 | 11.1 | 9.49 | 7.78 | 5.39 | 3.36 | 1.92 | 1.06 | .711 | .484 | .297 | .207 |
| 5 | 16.7 | 15.1 | 12.8 | 11.1 | 9.2 | 6.63 | 4.35 | 2.67 | 1.61 | 1.15 | .831 | .554 | .412 |
| 6 | 18.5 | 16.8 | 14.4 | 12.6 | 10.6 | 7.84 | 5.35 | 3.45 | 2.20 | 1.64 | 1.24 | .872 | .676 |
| 7 | 20.3 | 18.5 | 16.0 | 14.1 | 12.0 | 9.04 | 6.35 | 4.25 | 2.83 | 2.17 | 1.69 | 1.24 | .989 |
| 8 | 22.0 | 20.1 | 17.5 | 15.5 | 13.4 | 10.2 | 7.34 | 5.07 | 3.49 | 2.73 | 2.18 | 1.65 | 1.34 |
| 9 | 23.6 | 21.7 | 19.0 | 16.9 | 14.7 | 11.4 | 8.34 | 5.90 | 4.17 | 3.33 | 2.70 | 2.09 | 1.73 |
| 10 | 25.2 | 23.2 | 20.5 | 18.3 | 16.0 | 12.5 | 9.34 | 6.74 | 4.87 | 3.94 | 3.25 | 2.56 | 2.16 |
| 11 | 26.8 | 24.7 | 21.9 | 19.7 | 17.3 | 13.7 | 10.34 | 7.58 | 5.58 | 4.57 | 3.82 | 3.05 | 2.60 |
| 12 | 28.3 | 26.2 | 23.3 | 21.0 | 18.5 | 14.8 | 11.3 | 8.44 | 6.30 | 5.23 | 4.40 | 3.57 | 3.07 |
| 13 | 29.8 | 27.7 | 24.7 | 22.4 | 19.8 | 16.0 | 12.3 | 9.29 | 7.04 | 5.89 | 5.01 | 4.11 | 3.57 |
| 14 | 31.3 | 29.1 | 26.1 | 23.7 | 21.1 | 17.1 | 13.3 | 10.2 | 7.79 | 6.57 | 5.63 | 4.66 | 4.07 |
| 15 | 32.8 | 30.6 | 27.5 | 25.1 | 22.3 | 18.2 | 14.3 | 11.0 | 8.55 | 7.26 | 6.26 | 5.23 | 4.60 |
| 16 | 34.3 | 32.0 | 28.8 | 26.3 | 23.5 | 19.4 | 15.3 | 11.9 | 9.31 | 7.96 | 6.91 | 5.81 | 5.14 |
| 17 | 35.7 | 33.4 | 30.2 | 27.6 | 24.8 | 20.5 | 16.3 | 12.8 | 10.1 | 8.67 | 7.56 | 6.41 | 5.70 |
| 18 | 37.2 | 34.8 | 31.5 | 28.9 | 26.0 | 21.6 | 17.3 | 13.7 | 10.9 | 9.39 | 8.23 | 7.01 | 6.26 |
| 19 | 38.6 | 36.2 | 32.9 | 30.1 | 27.2 | 22.7 | 18.3 | 14.6 | 11.7 | 10.1 | 8.91 | 7.63 | 6.84 |
| 20 | 40.0 | 37.6 | 34.2 | 31.4 | 28.4 | 23.8 | 19.3 | 15.5 | 12.4 | 10.9 | 9.59 | 8.26 | 7.43 |
| 21 | 41.4 | 38.9 | 35.5 | 32.7 | 29.6 | 24.9 | 20.3 | 16.3 | 13.2 | 11.6 | 10.3 | 8.90 | 8.03 |
| 22 | 42.8 | 40.3 | 36.8 | 33.9 | 30.8 | 26.0 | 21.3 | 17.2 | 14.0 | 12.3 | 11.0 | 9.54 | 8.64 |
| 23 | 44.2 | 41.6 | 38.1 | 35.2 | 32.0 | 27.1 | 22.3 | 18.1 | 14.8 | 13.1 | 11.7 | 10.2 | 9.26 |
| 24 | 45.6 | 42.9 | 39.4 | 36.4 | 33.2 | 28.2 | 23.3 | 19.0 | 15.7 | 13.8 | 12.4 | 10.9 | 9.89 |
| 25 | 46.9 | 44.3 | 40.6 | 37.7 | 34.4 | 29.3 | 24.3 | 19.9 | 16.5 | 14.5 | 13.1 | 11.5 | [illegible] |
| 26 | 48.3 | 45.6 | 41.9 | 38.9 | 35.6 | 30.4 | 25.3 | 20.8 | 17.3 | 15.4 | 13.8 | 12.2 | 11.2 |
| 27 | 49.6 | 47.0 | 43.2 | 40.1 | 36.7 | 31.5 | 26.3 | 21.7 | 18.1 | 16.2 | 14.6 | 12.9 | 11.8 |
| 28 | 51.0 | 48.3 | 44.5 | 41.3 | 37.9 | 32.6 | 27.3 | 22.7 | 18.9 | 16.9 | 15.3 | 13.6 | 12.5 |
| 29 | 52.3 | 49.6 | 45.7 | 42.6 | 39.1 | 33.7 | 28.3 | 23.6 | 19.8 | 17.7 | 16.0 | 14.3 | 13.1 |
| 30 | 53.7 | 50.9 | 47.0 | 43.8 | 40.3 | 34.8 | 29.3 | 24.5 | 20.7 | 18.5 | 16.8 | 15.0 | 13.8 |
| 40 | 66.8 | 63.7 | 59.3 | 55.8 | 51.8 | 45.6 | 39.3 | 33.7 | 29.1 | 26.5 | 24.4 | 22.2 | 20.7 |
| 50 | 79.5 | 76.2 | 71.4 | 67.5 | 63.2 | 56.3 | 49.3 | 42.9 | 37.7 | 34.8 | 32.4 | 29.7 | 28.0 |
| 60 | 92.0 | 88.4 | 83.3 | 79.1 | 74.4 | 67.0 | 59.3 | 52.3 | 46.5 | 43.2 | 40.5 | 37.5 | 35.5 |
| 70 | 104.2 | 100.4 | 95.0 | 90.5 | 85.5 | 77.6 | 69.3 | 61.7 | 55.3 | 51.7 | 48.8 | 45.4 | 43.2 |
| 80 | 116.3 | 112.3 | 106.6 | 101.9 | 96.6 | 88.1 | 79.3 | 71.1 | 64.3 | 60.4 | 57.2 | 53.5 | 51.2 |
| 90 | 128.3 | 124.1 | 118.1 | 113.1 | 107.6 | 98.6 | 89.3 | 80.6 | 73.3 | 69.1 | 65.6 | 61.8 | 59.2 |
| 100 | 140.2 | 135.8 | 129.6 | 124.3 | 118.5 | 109.1 | 99.3 | 90.13 | 82.4 | 77.9 | 74.2 | 70.1 | 67.3 |



No obstante que la distribución $\chi^2$ cuadrada solo se ha presentado en el estudio de las muestras pequeñas, cabe señalar que es válida para aquellas mayores de 30 si la variable aleatoria involucrada tiene distribución normal.

### 3.4.1.1 Intervalo de confianza para la varianza

Tal como se hizo para la distribución normal, se pueden establecer intervalos de confianza para la varianza de la población en términos de la varianza de una muestra extraída de ella, a un nivel de confianza dado $1 - \alpha$, si se hace uso de los valores críticos $\chi^2_c$ de la tabla 8. Por lo tanto, un intervalo de confianza para la estadística $\chi^2$, estaría dado por:

$$\chi^2_{c_1} < \frac{n S_x^2}{\sigma^2} < \chi^2_{c_2}$$

donde $\chi^2_{c_1}$ y $\chi^2_{c_2}$ son los valores críticos para los cuales el $(1 - \alpha)/2$ por ciento del área se encuentra en los extremos izquierdo y derecho de la distribución, respectivamente.

Con base en lo anterior, se concluye que

$$\frac{n S_x^2}{\chi^2_{c_2}} < \sigma^2 < \frac{n S_x^2}{\chi^2_{c_1}}$$

es un intervalo de confianza para estimar a $\sigma^2$ a un nivel de confianza $1 - \alpha$.

### 3.4.1.2 Prueba de hipótesis para la varianza

La prueba de hipótesis para la varianza de una población normal se efectúa calculando el valor de la estadística $\chi^2$ y estableciendo las hipótesis $H_0$ y $H_1$ apropiadas, es decir, se adoptan reglas de decisión similares a las usadas para la estadística Z.

Ejemplo

La varianza del tiempo de elaboración de cierto producto es igual a 40 min; sin embargo, su proceso de manufactura se modifica y se toma una muestra de

veinte tiempos, para la cual la varianza resulta ser igual a 62 min. ¿Es significativo el aumento del tiempo de elaboración a un nivel de significancia de

a) 0.05

b) 0.01?

Se debe decidir de entre las hipótesis

$$H_0 : \sigma^2 = 40 \text{ min}$$

$$H_1 : \sigma^2 > 40 \text{ min}$$

Suponiendo que la hipótesis nula es correcta, el valor de la estadística $\chi^2$ para la muestra considerada es

$$\chi^2 = \frac{n S_X^2}{\sigma^2} = \frac{(20)(62)}{40} = 31$$

a) Como se trata de una prueba de una cola, la hipótesis $H_0$ se rechazaría si el valor de la estadística $\chi^2$ fuera mayor que el de $\chi^2$ para un nivel de significancia igual a 0.05, el cual, para $\nu = 20 - 1 = 19$ grados de libertad resulta ser 30.1 (tabla 8). Como $31 > 30.1$, $H_0$ se rechaza a un nivel de significancia de 0.05.

b) En este caso, el valor de $\chi^2$ para un nivel de significancia de 0.01 y 19 grados de libertad es igual a 36.2. Puesto que $31 < 36.2$, se acepta $H_0$ a un nivel de significancia de 0.01.

### 3.4.2 Distribución $F$

Al efectuar la prueba de hipótesis de igualdad de medias para muestras pequeñas, en la siguiente sección se supondrá que las varianzas de las poblaciones a las que corresponden tales muestras son iguales. Por lo tanto, es necesario probar antes si tal suposición es correcta. Para ello, debe considerarse que si $S_X^2$, $n_X$ y $S_Y^2$, $n_Y$ son respectivamente la varianza y el tamaño de dos muestras extraídas de poblaciones normales que tienen igual varianza, entonces

$$F = \frac{S_X^2}{S_Y^2} \qquad (3.15)$$

TABLA 8. VALORES $\chi^2_\alpha$ PARA $\alpha$ = 0.05

| $\nu_1$ = Grados de libertad del numerador | $\nu_2$ = Grados de libertad del denominador | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 4.052 | 4.999 | 5.403 | 5.625 | 5.764 | 5.859 | 5.928 | 5.982 | 6.022 | 6.056 | 6.106 | 6.157 | 6.209 | 6.261 | 6.287 | 6.313 | 6.339 | 6.366 |
| 2 | | 98.50 | 99.00 | 99.17 | 99.25 | 99.30 | 99.33 | 99.36 | 99.37 | 99.39 | 99.40 | 99.42 | 99.43 | 99.45 | 99.46 | 99.47 | 99.48 | 99.49 | 99.50 |
| 3 | | 34.12 | 30.82 | 29.46 | 28.71 | 28.24 | 27.91 | 27.67 | 27.49 | 27.35 | 27.23 | 27.05 | 26.87 | 26.69 | 26.50 | 26.41 | 26.32 | 26.22 | 26.13 |
| 4 | | 21.20 | 18.00 | 16.69 | 15.98 | 15.52 | 15.21 | 14.98 | 14.80 | 14.66 | 14.55 | 14.37 | 14.20 | 14.02 | 13.84 | 13.75 | 13.65 | 13.56 | 13.46 |
| 5 | | 16.26 | 13.27 | 12.06 | 11.39 | 10.97 | 10.67 | 10.45 | 10.27 | 10.15 | 10.05 | 9.89 | 9.72 | 9.55 | 9.38 | 9.29 | 9.20 | 9.11 | 9.02 |
| 6 | | 13.74 | 10.92 | 9.78 | 9.15 | 8.75 | 8.47 | 8.26 | 8.10 | 7.98 | 7.87 | 7.72 | 7.56 | 7.40 | 7.23 | 7.14 | 7.06 | 6.97 | 6.88 |
| 7 | | 12.25 | 9.55 | 8.45 | 7.85 | 7.46 | 7.19 | 6.99 | 6.84 | 6.72 | 6.62 | 6.47 | 6.31 | 6.16 | 5.99 | 5.91 | 5.82 | 5.74 | 5.65 |
| 8 | | 11.26 | 8.65 | 7.59 | 7.01 | 6.63 | 6.37 | 6.18 | 6.03 | 5.91 | 5.81 | 5.67 | 5.52 | 5.36 | 5.20 | 5.12 | 5.03 | 4.95 | 4.86 |
| 9 | | 10.56 | 8.02 | 6.99 | 6.42 | 6.06 | 5.80 | 5.61 | 5.47 | 5.35 | 5.26 | 5.11 | 4.96 | 4.81 | 4.65 | 4.57 | 4.48 | 4.40 | 4.31 |
| 10 | | 10.04 | 7.56 | 6.55 | 5.99 | 5.64 | 5.39 | 5.20 | 5.06 | 4.94 | 4.85 | 4.71 | 4.56 | 4.41 | 4.25 | 4.17 | 4.08 | 4.00 | 3.91 |
| 11 | | 9.65 | 7.206 | 6.217 | 5.668 | 5.316 | 5.069 | 4.886 | 4.744 | 4.632 | 4.542 | 4.397 | 4.251 | 4.096 | 3.941 | 3.860 | 3.778 | 3.696 | 3.612 |
| 12 | | 9.330 | 6.927 | 5.953 | 5.412 | 5.064 | 4.821 | 4.640 | 4.499 | 4.388 | 4.296 | 4.155 | 4.010 | 3.857 | 3.701 | 3.619 | 3.538 | 3.456 | 3.372 |
| 13 | | 9.074 | 6.701 | 5.739 | 5.205 | 4.862 | 4.620 | 4.441 | 4.302 | 4.191 | 4.100 | 3.960 | 3.815 | 3.665 | 3.505 | 3.423 | 3.341 | 3.258 | 3.173 |
| 14 | | 8.862 | 6.515 | 5.564 | 5.035 | 4.695 | 4.456 | 4.278 | 4.140 | 4.030 | 3.939 | 3.800 | 3.656 | 3.505 | 3.345 | 3.263 | 3.180 | 3.096 | 3.011 |
| 15 | | 8.683 | 6.359 | 5.417 | 4.893 | 4.556 | 4.318 | 4.142 | 4.004 | 3.895 | 3.805 | 3.666 | 3.522 | 3.372 | 3.212 | 3.129 | 3.045 | 2.960 | 2.874 |
| 16 | | 8.531 | 6.226 | 5.292 | 4.773 | 4.437 | 4.202 | 4.026 | 3.890 | 3.780 | 3.691 | 3.553 | 3.409 | 3.259 | 3.099 | 3.015 | 2.930 | 2.845 | 2.757 |
| 17 | | 8.400 | 6.112 | 5.185 | 4.669 | 4.336 | 4.102 | 3.927 | 3.791 | 3.682 | 3.593 | 3.455 | 3.312 | 3.162 | 3.000 | 2.916 | 2.830 | 2.742 | 2.653 |
| 18 | | 8.285 | 6.013 | 5.092 | 4.579 | 4.248 | 4.015 | 3.841 | 3.705 | 3.597 | 3.508 | 3.371 | 3.227 | 3.077 | 2.915 | 2.830 | 2.742 | 2.653 | 2.563 |
| 19 | | 8.185 | 5.926 | 5.010 | 4.500 | 4.171 | 3.939 | 3.765 | 3.631 | 3.523 | 3.434 | 3.297 | 3.153 | 3.003 | 2.840 | 2.754 | 2.665 | 2.576 | 2.484 |
| 20 | | 8.096 | 5.849 | 4.938 | 4.431 | 4.103 | 3.871 | 3.699 | 3.564 | 3.457 | 3.368 | 3.231 | 3.088 | 2.938 | 2.774 | 2.687 | 2.597 | 2.506 | 2.412 |
| 21 | | 8.017 | 5.780 | 4.874 | 4.369 | 4.042 | 3.812 | 3.640 | 3.506 | 3.398 | 3.310 | 3.173 | 3.030 | 2.880 | 2.715 | 2.627 | 2.536 | 2.443 | 2.348 |
| 22 | | 7.945 | 5.719 | 4.817 | 4.313 | 3.988 | 3.758 | 3.587 | 3.453 | 3.346 | 3.258 | 3.121 | 2.978 | 2.827 | 2.660 | 2.571 | 2.480 | 2.386 | 2.288 |
| 23 | | 7.881 | 5.664 | 4.765 | 4.264 | 3.939 | 3.710 | 3.539 | 3.406 | 3.299 | 3.211 | 3.074 | 2.931 | 2.779 | 2.612 | 2.522 | 2.430 | 2.334 | 2.235 |
| 24 | | 7.823 | 5.614 | 4.718 | 4.218 | 3.895 | 3.667 | 3.496 | 3.363 | 3.256 | 3.168 | 3.032 | 2.889 | 2.735 | 2.566 | 2.475 | 2.380 | 2.283 | 2.181 |
| 25 | | 7.770 | 5.568 | 4.675 | 4.177 | 3.855 | 3.627 | 3.457 | 3.324 | 3.217 | 3.129 | 2.993 | 2.850 | 2.694 | 2.523 | 2.430 | 2.335 | 2.235 | 2.132 |
| 30 | | 7.562 | 5.390 | 4.510 | 4.018 | 3.699 | 3.473 | 3.304 | 3.173 | 3.067 | 2.979 | 2.843 | 2.696 | 2.535 | 2.360 | 2.262 | 2.160 | 2.052 | 1.938 |
| 40 | | 7.314 | 5.178 | 4.313 | 3.828 | 3.514 | 3.291 | 3.124 | 2.993 | 2.888 | 2.801 | 2.665 | 2.513 | 2.345 | 2.166 | 2.061 | 1.947 | 1.822 | 1.683 |
| 60 | | 7.077 | 4.977 | 4.126 | 3.649 | 3.339 | 3.119 | 2.953 | 2.823 | 2.718 | 2.632 | 2.496 | 2.340 | 2.166 | 1.966 | 1.847 | 1.707 | 1.533 | 1.325 |
| 120 | | 6.851 | 4.787 | 3.949 | 3.480 | 3.174 | 2.956 | 2.792 | 2.663 | 2.559 | 2.472 | 2.336 | 2.169 | 1.983 | 1.763 | 1.608 | 1.411 | 1.254 | 1.000 |
| ∞ | | 6.635 | 4.605 | 3.782 | 3.319 | 3.017 | 2.802 | 2.639 | 2.511 | 2.407 | 2.321 | 2.185 | 2.036 | 1.878 | 1.696 | 1.592 | 1.473 | 1.324 | 1.000 |

resulta ser el valor de una variable aleatoria (estadística) que tiene distribución $F$, con parámetros $\nu_x = n_x - 1$ y $\nu_y = n_y - 1$. Esta distribución (fig 22) cuenta con dos parámetros, $\nu_x$ y $\nu_y$, que son los grados de libertad que corresponden a la varianza del numerador y del denominador de la ec 3.15, respectivamente. Cuando se hace referencia a una distribución $F$ en particular, siempre se dan primero los grados de libertad para la varianza del numerador; es decir, $F(\nu_x, \nu_y)$. En la tabla 9 se presentan los valores críticos $F_c$ para distintos valores de $\nu_x$ y $\nu_y$ y un nivel de significancia de 0.01. Cuando los grados de libertad $\nu_x$ o $\nu_y$ no se encuentren en dicha tabla, el valor de F se puede obtener mediante interpolación lineal. Si se desea probar la hipótesis a otros niveles de significancia, es factible emplear las tablas de la distribución $F$ (refs 9 y 11).

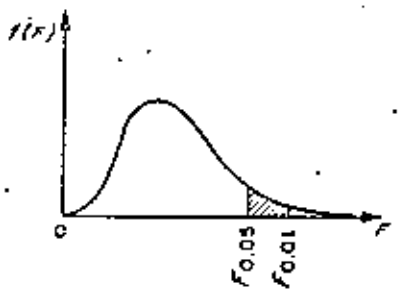



*Fig 22. Distribución F.*

De acuerdo con lo anterior, se puede probar la hipótesis nula

$$H_0: \sigma_x^2 = \sigma_y^2$$

en contra de alguna hipótesis alternativa adecuada haciendo uso del hecho de que el cociente $S_x^2/S_y^2$ es una estadística que tiene distribución $F$.

Ejemplo

Una empresa manufacturera de cartón prensado va a decidir acerca del empleo de una prensadora A o una B a fin de obtener un grosor determinado en su producto. El problema estriba en que ambas prensadoras proporcionarán grosores muy similares, es decir, que la varianza de los grosores para las dos máquinas es la misma. Para decidir acertadamente, se toma una muestra aleatoria de 31 cartones prensados por la máquina A y otra de 41 por la B. Como las varianzas del grosor para los cartones de las muestras resultan ser de 12 y de 5 micras, respectivamente, se establecen las hipótesis

$$H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$$

$$H_1: \sigma_A^2 > \sigma_B^2$$

con objeto de probarlas a un nivel de significancia de 0.01.

El valor de la estadística $F$ resulta

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{12}{5} = 2.4$$

Puesto que $\nu_x = 31 - 1 = 30$ y $\nu_y = 41 - 1 = 40$, en la tabla 9 se puede ver que para un nivel de significancia de 0.01 el valor, $F_c$, de $F(30, 40)$ es 2.11. De acuerdo con estos datos, la hipótesis $H_0$ se rechazaría si el valor de $F$ fuera mayor que $F_c(30, 40)$.

Puesto que lo anterior resulta ser cierto, se rechaza $H_0$, concluyéndose que la prensadora B sería la mejor elección.

### 3.4.3 Distribución t de Student

Si se consideran muestras de tamaño $n$ extraídas de una población normal con media $\mu$ y varianza desconocida, para cada muestra se puede calcular la estadística $T$ definida mediante la fórmula

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{S_x} \sqrt{n - 1} \qquad (3.16)$$

donde $\bar{X}$ es el promedio y $S_x$ la desviación estándar de la muestra.

La distribución muestral de $T$ (fig 23) está dada por la ecuación

$$f(t) = \frac{U}{\left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{[(\nu+1)/2]}}$$

T: v.a. de muestreo

en la que $U$ es una constante que hace que el área bajo la curva sea igual a uno, y $\nu = n - 1$ es el número de grados de libertad.

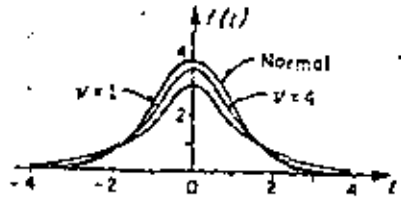



*Fig 23. Distribución t de Student para distintos valores de v*

En la fig 23 se aprecia que conforme *v* (o *n* el tamaño de la muestra) aumenta, la distribución de *f (t)* se aproxima a la distribución normal.

### 3.4.3.1 Límites e intervalos de confianza

De manera similar a como se hizo con la distribución normal, es posible estimar los límites de confianza de la media, $\mu$, de una población mediante los *valores críticos*, $t_c$, de la distribución *t*, que dependen del tamaño de la muestra y del nivel de confianza deseado, encontrándose dichos valores en la tabla 10.

Así pues,

$$-t_c < \frac{\bar{X} - \mu}{S_X}\sqrt{n-1} < t_c$$

representa un intervalo de confianza para *t*, a partir del cual se puede estimar que $\mu$ se encuentra dentro del intervalo

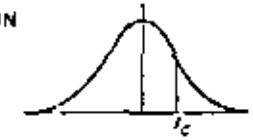
$$\bar{X} - t_c \frac{\sigma_X}{\sqrt{n-1}} < \mu < \bar{X} + t_c \frac{\sigma_X}{\sqrt{n-1}}$$

En términos generales, los límites de confianza para la media de la población se representan como

$$\bar{X} \pm t_c \frac{\sigma_X}{\sqrt{n-1}}$$



TABLA 10. VALORES $t_c$ PARA LA DISTRIBUCION *t* DE STUDENT.




| v | $t_{.995}$ | $t_{.99}$ | $t_{.975}$ | $t_{.95}$ | $t_{.90}$ | $t_{.80}$ | $t_{.75}$ | $t_{.70}$ | $t_{.60}$ | $t_{.55}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 63.66 | 31.82 | 12.71 | 6.31 | 3.07 | 1.376 | 1.000 | .727 | .325 | .158 |
| 2 | 9.92 | 6.96 | 4.30 | 2.92 | 1.89 | 1.061 | .816 | .617 | .289 | .142 |
| 3 | 5.84 | 4.54 | 3.18 | 2.35 | 1.64 | .978 | .765 | .584 | .277 | .137 |
| 4 | 4.60 | 3.75 | 2.78 | 2.13 | 1.53 | .941 | .741 | .569 | .271 | .134 |
| 5 | 4.04 | 3.36 | 2.57 | 2.02 | 1.48 | .920 | .727 | .559 | .267 | .132 |
| 6 | 3.71 | 3.14 | 2.45 | 1.94 | 1.44 | .906 | .718 | .553 | .265 | .131 |
| 7 | 3.50 | 3.00 | 2.36 | 1.90 | 1.42 | .896 | .711 | .549 | .263 | .130 |
| 8 | 3.36 | 2.90 | 2.31 | 1.86 | 1.40 | .889 | .706 | .546 | .262 | .130 |
| 9 | 3.25 | 2.82 | 2.26 | 1.83 | 1.38 | .883 | .703 | .543 | .261 | .129 |
| 10 | 3.17 | 2.76 | 2.23 | 1.81 | 1.37 | .879 | .700 | .542 | .260 | .129 |
| 11 | 3.11 | 2.72 | 2.20 | 1.80 | 1.36 | .876 | .697 | .540 | .260 | .129 |
| 12 | 3.05 | 2.68 | 2.18 | 1.78 | 1.36 | .873 | .695 | .539 | .259 | .128 |
| 13 | 3.01 | 2.65 | 2.16 | 1.77 | 1.35 | .870 | .694 | .538 | .259 | .128 |
| 14 | 2.98 | 2.62 | 2.14 | 1.76 | 1.34 | .868 | .692 | .537 | .258 | .128 |
| 15 | 2.95 | 2.60 | 2.13 | 1.75 | 1.34 | .866 | .691 | .536 | .258 | .128 |
| 16 | 2.92 | 2.58 | 2.12 | 1.75 | 1.34 | .865 | .690 | .535 | .258 | .128 |
| 17 | 2.90 | 2.57 | 2.11 | 1.74 | 1.33 | .863 | .689 | .534 | .257 | .128 |
| 18 | 2.88 | 2.55 | 2.10 | 1.73 | 1.33 | .862 | .688 | .534 | .257 | .128 |
| 19 | 2.87 | 2.54 | 2.09 | 1.73 | 1.33 | .861 | .688 | .533 | .257 | .127 |
| 20 | 2.84 | 2.53 | 2.09 | 1.72 | 1.32 | .860 | .687 | .533 | .257 | .127 |
| 21 | 2.83 | 2.52 | 2.08 | 1.72 | 1.32 | .859 | .686 | .532 | .256 | .127 |
| 22 | 2.82 | 2.51 | 2.07 | 1.72 | 1.32 | .858 | .686 | .532 | .256 | .127 |
| 23 | 2.81 | 2.50 | 2.07 | 1.71 | 1.32 | .858 | .685 | .532 | .256 | .127 |
| 24 | 2.80 | 2.49 | 2.06 | 1.71 | 1.32 | .857 | .685 | .531 | .256 | .127 |
| 25 | 2.79 | 2.48 | 2.06 | 1.71 | 1.32 | .856 | .684 | .531 | .256 | .127 |
| 26 | 2.78 | 2.48 | 2.05 | 1.71 | 1.32 | .856 | .684 | .531 | .256 | .127 |
| 27 | 2.77 | 2.47 | 2.05 | 1.71 | 1.31 | .855 | .684 | .531 | .256 | .127 |
| 28 | 2.76 | 2.47 | 2.05 | 1.70 | 1.31 | .855 | .683 | .530 | .256 | .127 |
| 29 | 2.76 | 2.46 | 2.04 | 1.70 | 1.31 | .854 | .683 | .530 | .256 | .127 |
| 30 | 2.75 | 2.46 | 2.04 | 1.70 | 1.30 | .853 | .683 | .530 | .256 | .127 |
| 40 | 2.70 | 2.42 | 2.02 | 1.68 | 1.30 | .851 | .681 | .529 | .255 | .126 |
| 60 | 2.66 | 2.39 | 2.00 | 1.67 | 1.30 | .848 | .679 | .527 | .254 | .126 |
| 120 | 2.62 | 2.36 | 1.98 | 1.66 | 1.29 | .845 | .677 | .526 | .254 | .126 |
| ∞ | 2.58 | 2.33 | 1.96 | 1.645 | 1.28 | .842 | .674 | .524 | .253 | .126 |

### 3.4.3.2 Pruebas de hipótesis

La prueba de hipótesis para la media de una población se puede efectuar con muestras pequeñas en forma análoga a la de muestras de tamaño mayor de 30 si en lugar de utilizar a la estadística $Z$ se emplea la $T$. Entonces, si se consideran dos muestras aleatorias cuyos tamaños, desviaciones estándar y promedios son $n_X$, $S_X$, $\bar{X}$ y $n_Y$, $S_Y$, $\bar{Y}$, respectivamente, extraídas de poblaciones normales de igual varianza ($\sigma_X^2 = \sigma_Y^2$), se puede probar la hipótesis, $H_0$, de que las muestras provienen de una misma población, es decir, de que también sus medias son iguales, utilizando la estadística $T$ definida por

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{s\sqrt{\dfrac{1}{n_X} + \dfrac{1}{n_Y}}} \qquad (3.17)$$

donde

$$s = \sqrt{\frac{n_X S_X^2 + n_Y S_Y^2}{n_X + n_Y - 2}} \qquad (3.18)$$

cuya distribución es la $t$ de Student, con $v = n_X + n_Y - 2$ grados de libertad.

Ejemplo

Conforme al plan de desarrollo agrícola de una región, se probó un nuevo fertilizante para maíz. Para ello se escogieron 24 ha de terreno, aplicándose dicho producto a la mitad de ellas. El promedio de producción de maíz en la zona que se usó fertilizante fue de 5.3 ton, con una desviación estándar de 0.40 ton, en tanto que en la otra zona el promedio fue de 5.0 ton, con desviación estándar de 0.36 ton.

De acuerdo con los resultados, ¿se puede concluir que existe un aumento significativo en la producción de maíz al usar fertilizante, si se utiliza un nivel de significancia de

a) 0.01

b) 0.05?

**Solución**

Para probar la hipótesis de igualdad de medias es indispensable saber primero si las muestras provienen de dos poblaciones normales de igual varianza. En ese caso, si $\sigma_X^2$ y $\sigma_Y^2$ denotan a las varianzas de la producción de maíz en la zona tratada y en la no tratada, respectivamente, se debe probar la hipótesis nula $H_0: \sigma_X^2 = \sigma_Y^2$ en contra de la hipótesis alternativa $H_1: \sigma_X^2 > \sigma_Y^2$ a los dos niveles de significancia establecidos.

El valor de la estadística $F$ es, de la ec 3.15,

$$F = \frac{S_X^2}{S_Y^2} = \frac{(0.40)^2}{(0.36)^2} = 1.27$$

y el valor crítico de $F(11, 11)$, obtenido de la tabla 9 mediante interpolación lineal, resulta 4.47. Por lo tanto, como $1.27 < 4.47$, se acepta la hipótesis nula a un nivel de significancia de 0.01.

El valor crítico de $F(11, 11)$ a un nivel de significancia de 0.05 (ref 9) es 2.82, de ahí que como $1.27 < 2.82$, también se acepta la hipótesis $H_0$.

Con base en lo anterior, se debe decidir entre las hipótesis

$H_0: \mu_X = \mu_Y$ (la diferencia en los promedios se debe al azar)

$H_1: \mu_X > \mu_Y$ (el fertilizante mejora la producción)

Bajo la hipótesis $H_0$, se tiene que

$$s = \sqrt{\frac{n_X S_X^2 + n_Y S_Y^2}{n_X + n_Y - 2}} = \sqrt{\frac{12(0.40)^2 + 12(0.36)^2}{12 + 12 - 2}} = 0.397$$

por lo cual

$$t = \frac{5.3 - 5.0}{0.397\sqrt{\dfrac{1}{12} + \dfrac{1}{12}}} = 1.85$$

a) Puesto que se trata de una prueba de una cola a un nivel de significancia de 0.01, se rechaza la hipótesis $H_0$ si $t$ es mayor que el valor crítico, $t_c$, correspondiente a dicho nivel, el cual para $\nu = n_X + n_Y - 2 = 12 + 12 - 2 = 22$ grados de libertad, se obtiene de la tabla 8 como $t_c = 2.51$. Como $t < t_c$, la hipótesis $H_0$ no se puede rechazar a un nivel de significancia de 0.01.

b) Si el nivel de significancia de la prueba es de 0.05, se rechaza $H_0$ si $t$ es mayor que el valor $t_c$ respectivo que para 22 grados de libertad es $t_c = 1.72$, por lo que de acuerdo con lo anterior, $H_0$ se rechaza a un nivel de significancia de 0.05.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

# CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

## CARTAS DE CONTROL

ING. CARLOS J. MENDOZA ESCOBEDO

NOVIEMBRE 1982

alacio de M' ía Calle de Tacuba 5 p.' piso Deleg. Cuauhtemoc ico, D.F. Tel.: 521-40-20 . Postal M-

# CARTAS DE CONTROL

LA CALIDAD MEDIDA DE UN PRODUCTO MANUFACTURADO ESTÁ SIEMPRE SUJETA A UNA CIERTA CANTIDAD DE VARIACIÓN COMO RESULTADO DEL AZAR.

ALGÚN SISTEMA DE CAUSAS CASUALES ESTABLE ES INHERENTE A CUALQUIER ESQUEMA PARTICULAR DE PRODUCCIÓN Y DE INSPECCIÓN.

LA VARIACIÓN DENTRO DE ESTE PATRÓN ESTABLE ES INEVITABLE. LAS RAZONES DE LAS VARIACIONES EXTERNAS A ESTE PATRÓN ESTABLE PUEDEN SER DESCUBIERTAS Y CORREGIDAS.

LAS CARTAS DE CONTROL PERMITEN DETERMINAR ESTAS CAUSAS ASIGNABLES Y SEPARARLAS DE LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD. HACE POSIBLE EL DIAGNÓSTICO Y CORRECCIÓN DE MUCHOS PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN Y A MENUDO LLEVA A MEJORAS CONSIDERABLES EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y A LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO Y REPROCESADO.

AL IDENTIFICAR ALGUNAS DE LAS VARIACIONES DE CALIDAD COMO VARIACIONES CASUALES INEVITABLES, LA GRÁFICA DE CONTROL INDICA CUÁNDO DEJAR SOLO UN PROCESO Y DE ESTA FORMA EVITAR AJUSTES FRECUENTES INNECESARIOS QUE TIENDAN A INCREMENTAR LA VARIABILIDAD DEL PROCESO EN LUGAR DE DISMINUIRLA.

## HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD ESTADISTICO

1. GRÁFICAS DE CONTROL, PARA CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD MESURABLES, GRÁFICAS DE VARIABLE $\bar{X}$ Y R Y GRÁFICAS $\bar{X}$ Y $\sigma$.

2. GRÁFICAS DE CONTROL PARA FRACCIÓN DEFECTIVA, GRÁFICAS P

3. GRÁFICAS DE CONTROL PARA EL NÚMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD, GRÁFICAS C.

4. TEORÍA DEL MUESTREO, QUE TRATA DE LA PROTECCIÓN QUE PROPORCIONA CUALQUIER PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN.

# VARIABLES Y ATRIBUTOS

SE DICE QUE LA CALIDAD SE EXPRESA POR VARIABLES, CUANDO SE LLEVA UN REGISTRO SOBRE UNA MEDIDA REAL DE UNA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD.

CUANDO UN REGISTRO MUESTRA SOLAMENTE EL NÚMERO DE ARTÍCULOS QUE CUMPLEN Y EL NUMERO DE ARTÍCULOS QUE DEJAN DE CUMPLIR CON CUALQUIER REQUISITO ESPECIFICADO, SE DICE SE TIENE UN REGISTRO POR ATRIBUTOS.

LA MAYOR PARTE DE LAS ESPECIFICACIONES DE VARIABLES PROPORCIONAN TANTO UN LÍMITE SUPERIOR COMO UNO INFERIOR CON RESPECTO AL VALOR MEDIO; LAS VARIABLES SE TRATAN MEDIANTE LAS GRÁFICAS $\bar{X} - R$ Y $\bar{X} - \sigma$

MUCHOS REQUISITOS SE ESTABLECEN EN TÉRMINOS DE ATRIBUTOS; LOS ATRIBUTOS SE TRATAN CON LA GRÁFICA PARA FRACCIÓN DEFECTIVA.

# B E N E F I C I O S

## GRÁFICAS POR VARIABLES

1. LA VIARIABILIDAD BÁSICA DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD

   CUANDO SE HA ESPECIFICADO TANTO UN VALOR SUPERIOR COMO UNO INFERIOR PARA UNA CARACTERÍSTICA DE LA CALIDAD, UN PROBLEMA IMPORTANTE QUE SE PRESENTA ES SI LA VARIABILIDAD BÁSICA DE UN PROCESO ES TAN GRANDE QUE SEA IMPOSIBLE FABRICAR TODO EL PRODUCTO DENTRO DE LOS LÍMITES ESPECIFICADOS

2. LA CONSISTENCIA DEL RENDIMIENTO

   LA VARIABILIDAD DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD PUEDE SEGUIR UN PATRÓN CASUAL O PUEDE COMPORTARSE ERRÁTICAMENTE DEBIDO A LAS CAUSAS ASIGNABLES. INDICA CUANDO DEJAR SOLO A UN PROCESO Y CUANDO TOMAR ACCIONES PARA CORREGIR LAS DIFICULTADES.

3. EL NIVEL GENERAL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

   AÚN CUANDO LA VARIABILIDAD BÁSICA DE UN PROCESO, SEA TAL QUE LA GAMA NATURAL DE TOLERANCIAS SEA MÁS ESTRECHA QUE LA GAMA DE TOLERANCIA ESPECIFICADA Y AÚN CUANDO EL PROCESO SE ENCUENTRE BAJO CONTROL, EL PRODUCTO PUEDE SER NO SATISFACTORIO DADO QUE EL NIVEL DE CALIDAD ES DEMASIDO BAJO O ALTO.

# B E N E F I C I O S

## GRÁFICA POR FRACCIÓN DEFECTIVA

ES UNA AYUDA EXTREMADAMENTE ÚTIL PARA LA SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN, PROPORCIONA INFORMACIÓN ACERCA DE CUANDO Y DÓNDE EJERCER PRESIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD. SERÁ RESPONSABLE DE REDUCCIONES CONSIDERABLES EN LA FRACCIÓN DEFECTIVA MEDIA. SIRVEN PARA HACER NOTAR AQUELLAS SITUACIONES QUE NECESITAN DIAGNÓSTICO DE DIFICULTADES MEDIANTE LA GRÁFICA DE CONTROL POR VARIABLES.

## GRÁFICA DE CONTROL DE DEFECTOS POR UNIDAD

LA VARIACIÓN ERRÁTICA EN LOS ESTÁNDARES Y LAS PRÁCTICAS DE INSPECCIÓN TIENEN MÁS PROBABILIDADES DE EXISTIR EN ESTE TIPO DE INSPECCIÓN. LA GRÁFICA DE CONTROL DE DEFECTOS POR UNIDAD COMPRUEBA GENERALMENTE SER ÚTIL PARA ESTANDARIZAR LOS MÉTODOS DE INSPECCIÓN.

# MUESTREO DE ACEPTACION

LA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN ES UNA PARTE NECESARIA DE LA MANUFACTURA Y PUEDE SER APLICADA A LOS MATERIALES QUE SE RECIBEN, A LOS PRODUCTOS PARCIALMENTE ACABADOS EN DIFERENTES ETAPAS INTERMEDIAS DEL PROCESO DE MANUFACTURA Y AL PRODUCTO FINAL. LA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN PUEDE LLEVARSE A CABO EXTERIORMENTE POR EL COMPRADOR.

MUCHA DE ESTA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN SE LLEVA A CABO MEDIANTE MUESTREO. A MENUDO LA INSPECCIÓN 100% RESULTA IMPRACTICABLE O CLARAMENTE ANTIECONÓMICA.

DEBERÁ CONOCERSE QUE MIENTRAS UNA PARTE DEL PRODUCTO SEA DEFECTIVA ES POSIBLE QUE ALGUNOS ELEMENTOS SEAN PASADOS POR ALTO CUALQUIERA QUE SEA EL ESQUEMA DEL MUESTREO DE ACEPTACIÓN. INTENTA VALUAR EL RIESGO ASUMIDO CON PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO ALTERNOS Y TOMAR UNA DECISIÓN ACERCA DEL GRADO DE PROTECCIÓN NECESARIO EN CUALQUIER CASO. ES ENTONCES POSIBLE SELECCIONAR UN MODELO DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN QUE PROPORCIONE UN GRADO DESEADO DE PROTECCIÓN, CON LA DEBIDA CONSIDERACIÓN A LOS DIFERENTES COSTOS INVOLUCRADOS.

## LA GRAFICA DE CONTROL PARA LA FRACCION DEFECTIVA

COMO UN INSTRUMENTO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO, LA GRÁFICA DE CONTROL POR FRACCIÓN DEFECTIVA TIENE EL MISMO OBJETO QUE LAS GRÁFICAS $\bar{X}$ Y R. DESCUBRE LA PRESENCIA DE CAUSAS ASIGNABLES DE VARIACIÓN AUNQUE NO ES TAN SENCITIVA COMO LAS GRÁFICAS $\bar{X}$ Y R A LA INFLUENCIA DE DICHAS CAUSAS . ES USADA EFECTIVAMENTE PARA MEJORAR LA CALIDAD, AUNQUE ES BASTANTE INFERIOR A LAS GRÁFICAS $\bar{X}$ Y R COMO INSTRUMENTO PARA EL DIAGNÓSTICO REAL DE CAUSAS DE DIFICULTAD.

LA FRACCIÓN DEFECTUOSA P, PUEDE SER DEFINIDA COMO LA RAZÓN ENTRE EL NÚMERO DE ARTÍCULOS DEFECTUOSOS Y EL NÚMERO TOTAL DE ARTÍCULO INSPECCIONADOS EXPRESADO EN FRACCIÓN DECIMAL.

EL PORCENTAJE ES 100P.

PARA EL CÁLCULO REAL DE LOS LÍMITES DE CONTROL SE USA LA FRACCIÓN DEFECTUOSA.

PARA EL TRAZADO GRÁFICO SE EMPLEA EL PORCENTAJE DEFECTUOSO.

EL MISMO RAZONAMIENTO GENERAL SOBRE EL QUE SE BASAN LOS LIMITES DE CONTROL PARA LAS GRÁFICAS $\bar{X}$ Y R ES IGUALMENTE APLICADO PARA LA GRÁFICA P. LOS LÍMITES DEBEN DE COLOCARSE LO BASTANTE RETIRADOS DEL VALOR PROMEDIO ESPERADO DE MANERA QUE EL PUNTO FUERA DE LOS LÍMITES INDIQUE, O QUE EL UNIVERSO HA CAMBIADO O QUE UN HECHO MUY IMPROBABLE HA OCURRIDO

LA PRÁCTICA INDUSTRIAL EN EL USO DE LA GRÁFICA P, BASA LOS LÍMITES DE CONTROL YA SEA EN $3\sigma$ O EN ALGÚN OTRO MÚLTIPLO DE $\sigma$.

EL USO DE LOS LÍMITES $3\sigma$ MÁS BIEN QUE CUESTIÓN DE LÍMITES MÁS ANCHOS O MAS ANGOSTOS SE REFIERE A LA EXPERIENCIA RELACIONADA CON EL BALANCE ECONÓMICO ENTRE EL COSTO DE BUSCAR CAUSAS ASIGNABLES CUANDO ESTÁN AUSENTES Y EL COSTO DE NO BUSCARLAS CUANDO ESTÁN PRESENTES.

PROBLEMAS POR EL TAMAÑO VARIABLE DEL SUBGRUPO

1. LÍMITES VARIABLES PARA CADA SUBGRUPO
2. LÍMITES BASADOS EN EL TAMAÑO PROMEDIO ESPERADO
3. TRES JUEGOS DE LÍMITES DE CONTROL CERCA DEL MÍNIMO, DEL PROMEDIO, Y DEL MÁXIMO.

## CÁLCULO DE $\bar{P}$ Y DE LOS LIMITES DE CONTROL

EL MODO CORRECTO DE CALCULAR $\bar{P}$ ES DIVIDIR EL NÚMERO TOTAL DE DEFECTUOSOS EN UN PERIODO ENTRE EL NÚMERO TOTAL DE PIEZAS INSPECCIONADAS EN EL PERIODO. SIEMPRE QUE EL TAMAÑO DEL SUBGRUPO NO ES CONSTANTE ES INCORRECTO PROMEDIAR LOS VALORES DE $\bar{P}$ .

LA DISTRIBUCIÓN ESTÁNDAR DE UNA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL ES LA QUE CORRESPONDE A LA FRACCIÓN DEFECTUOSA.

$$\sigma_p = \sqrt{p'(1 - p')/N}$$

SE SUPONE QUE $p' = \bar{P}$ SI TODOS LOS PUNTOS CAEN DENTRO DE LOS LÍMITES

$$LSC_p = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{N}} = \bar{P} + \frac{3\sqrt{\bar{P}(1 - \bar{P})}}{\sqrt{N}}$$

$$LIC_p = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{N}} = \bar{P} - \frac{3\sqrt{\bar{P}(1 - \bar{P})}}{\sqrt{N}}$$

## COMENTARIOS SOBRE LA SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD QUE SE VAN A GRAFICAR

PUEDE CONVENIR CONCENTRAR LA ATENCIÓN POR MEDIO DE GRÁFICAS SEPARADAS DE CONTROL, EN AQUELLOS DEFECTOS QUE SON RESPONSABLES DE LOS MÁS ALTOS COSTOS.

UNA SOLA GRÁFICA DE CONTROL QUE INCLUYA TODOS LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN UN PUESTO DE INSPECCIÓN MOSTRARÁ SUS VARIACIONES QUE SON INFLUENCIADAS EN MAYOR GRADO POR LOS DEFECTOS MÁS COMUNES QUE POR LOS MÁS COSTOSOS.

EN ALGUNOS CASOS PUEDE CONVENIR LLEVAR GRÁFICAS SEPARADAS DE CONTROL PARA DESPERDICIOS Y TRABAJO REPROCESADO.

## DECISIÓN SOBRE LA SELECCIÓN DE SUBGRUPOS

EN LA GRÁFICA DE CONTROL POR FRACCIÓN DEFECTIVA LA BASE MÁS NATURAL PARA SELECCIONAR LOS SUBGRUPOS RACIONALES ES EL ORDEN EN QUE LA PRODUCCIÓN SE DESARROLLA.

LA GRÁFICA DIARIA PUEDE SER USADA COMO BASE PARA LA PRODUCCIÓN, LA GRÁFICA SEMANAL, POR LOS EJECUTIVOS DE FABRICACIÓN. LA MENSUAL, PARA LOS REPORTES DE CALIDAD.

DONDE LA PRODUCCIÓN NO ES CONTINUA, LOS SUBGRUPOS SE PUEDEN CONSIDERAR COMO IGUALES A CADA ORDEN DE PRODUCCIÓN.

EN TODAS LAS GRÁFICAS DE CONTROL, SE DEBERÁN SELECCIONAR SUBGRUPOS RACIONALES DE TAL FORMA QUE TIENDA A DISMINUIR LA PROBABILIDAD DE VARIACIÓN DENTRO CUALQUIER SUBGRUPO.

## SELECCIÓN ENTRE GRÁFICA P Y LA GRÁFICA NP

SIEMPRE QUE EL TAMAÑO DEL SUBGRUPO ES VARIABLE, LA GRÁFICA DE CONTROL DEBE DE MOSTRAR LA FRACCIÓN DEFECTUOSA

SI EL TAMAÑO DEL SUBGRUPO ES CONSTANTE LA GRÁFICA NP PARA NÚMERO DE DEFECTUOSOS PUEDE SER USADA

$$\sigma_{NP} = \sqrt{NP' \ (1-P')}$$

$$LSC = NP' + 3\,\sigma_{NP}$$

$$LIC = NP' - 3\,\sigma_{NP}$$

DECISIÓN RELACIONADA CON LOS CÁLCULOS DE LOS LÍMITES DE CONTROL

1. DIFICULTAD DE LOS CÁLCULOS
2. DIFICULTAD DE EXPLICAR LOS LÍMITES VARIABLES.

## INICIACIÓN DE LA GRÁFICA DE CONTROL

1. REGISTRO DE DATOS DE CADA SUBGRUPO SOBRE LA CANTIDAD INSPECCIONADA Y EL NÚMERO DE DEFECTOS.

2. COMPUTAR P PARA CADA SUBGRUPO

3. COMPUTAR $\bar{P}$ PARA LA FRACCION DEFECTUOSA PROMEDIO

   SIEMPRE QUE SEA PRÁCTICO CONVIENE TENER DATOS DE CUANDO MENOS 25 SUBGRUPOS ANTES DE CALCULAR $\bar{P}$

4. LÍMITES DE CONTROL

$$LSC = \bar{P} + \frac{\sqrt{3\ \bar{P}\ (1-\bar{P})}}{\sqrt{N}}$$

$$LIC = \bar{P} - \frac{\sqrt{3\ \bar{P}\ (1-\bar{P})}}{\sqrt{N}}$$

5. COLOQUE CADA PUNTO EN LA GRÁFICA DESPUÉS DE QUE ES OBTENIDO, ASÍ COMO SUS LÍMITES

## CONTINUACIÓN DE LA GRÁFICA DE CONTROL

## SELECCIÓN DE UNA FRACCIÓN DEFECTUOSA ESTÁNDAR

LA GRÁFICA P SE EMPLEA PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE CAUSAS ASIGNABLES Y PARA JUZGAR SI EL NIVEL DE CALIDAD ESTÁ A UN OBJETIVO DESEADO.

CON LA GRÁFICA P USADA PARA ESTABLECER UN NIVEL ESTÁNDAR DE CALIDAD, PUEDE ESPERARSE QUE LOS PUNTOS CAIGAN FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL POR LAS SIGUIENTES RAZONES

1. LA EXISTENCIA DE CAUSAS ASIGNABLES
2. LA EXISTENCIA DE UN NIVEL DE CALIDAD QUE ES DIFERENTES DEL ESTÁNDAR SUPUESTO $P'$

SI LA GRÁFICA MUESTRA CONTROL, $P'$ SE DEBE SUPONER IGUAL A $\bar{P}$. ESTO GERALMENTE ES DESEABLE AUNQUE $\bar{P}$ SEA CONSIDERADA UNA FRACCIÓN DEFECTUOSA DEMASIADO ALTA PARA SER SATISFACTORIA A LA LARGA.

SI LA GRÁFICA MUESTRA AUSENCIA DE CONTROL, ES MEJOR CONTINUAR POR ALGÚN TIEMPO SIN LÍMITES DE CONTROL Y SIN NINGÚN ESTÁNDAR DE FRACCIÓN DEFECTUOSA.

## CALCULO DE LIMITES DE CONTROL

## TRAZO DE LOS PUNTOS Y LÍMITES

## INTERPRETACIÓN DE FALTA DE CONTROL

PUEDEN HABER CAMBIOS ERRÁTICOS EN EL NIVEL DE CALIDAD DE UN SUBGRUPO OCASIONAL, AUNQUE LA CALIDAD SEA MANTENIDA EN LA FRACCIÓN DEFECTIVA ESTÁNDAR P'. DICHOS CAMBIOS SON MOSTRADOS POR PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL Y SON EVIDENCIA DE CAUSAS ASIGNABLES DE VARIACIÓN.

LAS CORRIDAS EXTREMAS ARRIBA Y ABAJO DE LA LÍNEA CENTRAL ASÍ COMO LOS PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL, PUEDEN SER USADOS PARA PROPORCIONAR PRUEBAS QUE SUPLEMENTEN LA OBSERVACIÓN DE LA GRÁFICA.

PARA EFECTOS DE UNA PRUEBA ESTADÍSTICA, CUALQUIER SERIE CONSECUTIVA DE SUBGRUPOS PUEDE COMBINARSE EN UN SOLO SUBGRUPO. DE ESTE MODO LA FRACCIÓN DEFECTUOSA PORMEDIO DE UNA SERIE DE SUBGRUPOS PUEDE SER PROBADA PARA VER SI VARÍA EN MÁS DE 3 SIGMA DE LA FRACCIÓN DEFECTUOSA ESTÁNDAR.

## EXAMEN PERIÓDICO Y REVISIÓN DE P'

SIEMPRE QUE HAY EVIDENCIA SOSTENIDA DE UNA DISMINUCIÓN EN EL PORCENTAJE DEFECTUOSO PROMEDIO Y ES CLARO QUE ESTA DISMINUCIÓN REFLEJA UNA MEJORÍA REAL DE LA CALIDAD MÁS BIEN QUE UNA INSPECCIÓN NEGLIGENTE, ES BUENA IDEA REVISAR P' HACIA ABAJO.

UNA REVISIÓN HACIA ARRIBA NO DEBERÁ SER HECHA SIN EVIDENCIA DE QUE HAN TOMADO LUGAR CAMBIOS QUE PARECE QUE HACEN INEVITABLE QUE, CON LA MISMA ATENCIÓN A LA CALIDAD QUE ANTES, EL PORCENTAJE DEFECTUOSO AUMENTARÁ.

## REPORTES Y ACCIONES BASADAS EN LA GRÁFICA DE CONTROL

ACCIONES PARA TRAER UN PROCESO BAJO CONTROL A UN NIVEL SATISFACTORIO.

LA GRÁFICA DE CONTROL DE P PUEDE EXHIBIR BASTANTE BUEN CONTROL PARA UN PERIODO DE TIEMPO, PERO ESTE CONTROL PUEDE ESTAR A UNA FRACCIÓN DEFECTIVA DEMASIADO ALTA PARA SER SATISFACTORIA.

SE PUEDE MEJORAR

1. CAMBIO FUNDAMENTAL SOBRE EL DISEÑO
2. CAMBIO EN LAS ESPECIFICACIONES
3. CAMBIO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

# LA GRAFICA DE CONTROL POR DEFECTOS

DEFECTUOSO ES UN ARTÍCULO QUE EN CIERTA FORMA DEJA DE CUMPLIR CON UNA O MÁS ESPECIFICACIONES DADAS.

DEFECTO ES CADA CASO EN QUE EL ARTÍCULO DEJA DE CONFORMARSE CON LAS ESPECIFICACIONES

CADA DEFECTUOSO CONTIENE UNO O MÁS DEFECTOS

LA GRÁFICA C SE APLICA AL NÚMERO DE DEFECTOS EN SUBGRUPOS DE TAMAÑO CONSTANTE. EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS CADA SUBGRUPO CONSISTE DE UN ARTÍCULO SENCILLO. LA VARIABLE C CONSISTE EN EL NÚMERO DE DEFECTOS EN UN ARTÍCULO. NO ES NECESARIO QUE EL SUBGRUPO SEA UN SOLO ARTÍCULO. ES ESENCIAL SOLAMENTE QUE EL SUBGRUPO SEA CONSTANTE EN CUANTO A TAMAÑO EN EL SENTIDO DE QUE DIFERENTES GRUPOS TENGAN IGUAL OPORTUNIDAD PARA LA OCURRENCIA DE DEFECTUOSOS.

LOS LÍMITES PARA LA GRÁFICA C ESTÁN BASADOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON.

EN MUCHAS CLASES DIFERENTES DE ARTÍCULOS MANUFACTURADOS LAS OPORTUNIDADES DE QUE APAREZCAN DEFECTOS SON NUMEROSAS, AÚN CUANDO LA OPORTUNIDAD DE QUE UN DEFECTO SE PRESENTE EN UN SOLO ARTÍCULO SEAN PEQUEÑAS. SIEMPRE QUE ESTO SEA VERDADERO, ES CORRECTO BAJO EL PUNTO DE VISTA DE LA TEORÍA ESTADÍSTICA BASAR LOS LÍMITES DE CONTROL EN LA SUPOSICIÓN DE QUE ES APLICABLE LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON.

## LA COMBINACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE POISSON

UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS NO SEGUIRÁ LA LEY DE POISSON SI ALGUNA DE LAS FRECUENCIAS REGISTRADAS SE REFIERE AL NÚMERO DE OCURRENCIAS DE UN SUCESO QUE SIGUE LA LEY DE POISSON Y LAS FRECUENCIAS REMANENTES REGISTRADAS SE REFIEREN AL NÚMERO DE OCURRENCIAS DE OTRO EVENTO QUE TAMBIÉN SIGUE LA LEY DE POISSON, PERO QUE TIENE UN PROMEDIO DISTINTO. SIN EMBARGO, UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS SEGUIRÁ LA LEY DE POISSON SI SE HACE UN CONTEO DEL NÚMERO COMBINADO DE OCURRENCIAS DE AMBOS EVENTOS, PREVISTO QUE LA COMBINACIÓN DE LOS DOS EVENTOS SE HAGA AL AZAR.

SI SE USAN LOS LÍMITES DE POISSON, SE DEBERÁ TENER CUIDADO EN MANTENER APROXIMADAMENTE CONSTANTES EL ÁREA DE OPORTUNIDAD PARA LA OCURRENCIA DE UN DEFECTO. LA GRÁFICA NO NECESITA RESTRINGIRSE A UN NÚMERO SENCILLO DE DEFECTOS.

## LÍMITES DE PROBABILIDADES Y LÍMITES DE $3\sigma$ EN LAS GRÁFICAS DE CONTROL PARA C

$$\sigma_{c'} = \sqrt{c'}$$

$$LSC = c' + 3\sqrt{c'}$$

$$LIC = c - 3\sqrt{c'}$$

CUANDO NO SE USA UN VALOR ESTÁNDAR PARA EL PROMEDIO DEL NÚMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD $c'$, SE PUEDE ESTIMAR CONSIDERÁNDOLA IGUAL AL PROMEDIO OBSERVADO $\bar{c}$

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

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

PUESTO QUE LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON NO ES SIMÉTRICA, LOS LÍMITES DE CONTROL INFERIOR Y SUPERIOR NO CORRESPONDEN A PROBABILIDADES IGUALES DE QUE UN PUNTO SOBRE LA GRÁFICA DE CONTROL CAIGA FUERA DE LOS LÍMITES, CUANDO NO HAYA UN CAMBIO EN EL UNIVERSO.

ESTE HECHO SE HA MENCIONADO ALGUNA VEZ COMO RAZÓN PARA EL USO DE LÍMITES DE PROBABILIDADES EN LAS GRÁFICAS C

## ADAPTACIONES DE LA GRÁFICA C A LAS VARIACIONES EN EL ÁREA DE OPORTUNIDADES PARA QUE SE PRESENTE UN DEFECTO

DONDE EL TAMAÑO DEL SUBGRUPO ES LA UNIDAD, C ES TANTO EL NÚMERO DE DEFECTOS COMO EL NÚMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD.

EN ESTOS CASOS LAS UNIDADES DEBERÁN SER SIMILARES EN TAMAÑO Y EN LA PROBABILIDAD APARENTE DE LA EXISTENCIA DE UN DEFECTO, CON OBJETO DE QUE EL ÁREA DE OPORTUNIDAD PARA UN DEFECTO SEA CONSTANTE DE UNA UNIDAD A OTRA. LA UNIDAD PARA LOS PROPÓSITOS DE LA GRÁFICA DE CONTROL PUEDE SER 10 UNIDADES O CUALQUIER OTRO NÚMERO CONVENIENTE.

SIEMPRE QUE POR ALGUNA RAZÓN EXISTE UN CAMBIO EVIDENTE EN EL ÁREA DE OPORTUNIDAD DE OCURRENCIA DE UN DEFECTO DE UN SUBGRUPO A OTRO, LA GRÁFICA CONVENCIONAL C QUE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE DEFECTOS NO ES SATISFACTORIO.

UNA FORMA DE SALVAR ES DIFICULTAD ES DIVIDIR LOS DEFECTOS C ENTRE EL NÚMERO DE UNIDADES N.

$$u = \frac{c}{N}$$

$$LSC = u' + 3\frac{\sqrt{u'}}{\sqrt{N}}$$

$$LIC = u' - 3\frac{\sqrt{u'}}{\sqrt{N}}$$

$u = u'$ EN LOS PROCESOS CONTROLADOS

## CONDICIONES FAVORABLES PARA EL USO ECÓNOMICO DE LA GRÁFICA DE CONTROL PARA DEFECTOS POR UNIDAD

1. CONTEO DE DEFECTOS, TODOS LOS CUALES DEBEN SER ELIMINADOS SIGUIENDO UNA INSPECCIÓN DEL 100% (REDUCIR COSTOS DE REPROCESADO).

2. CUANDO CIERTO NÚMERO DE DEFECTOS POR UNIDAD SON TOLERABLES AÚN CUANDO SE DESEA MANTENER SU NÚMERO A UN MÍNIMO, (MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SALIDA DEL PRODUCTO, CONDICIONADO A UNA MEJOR ACEPTACIÓN DEL CONSUMIDOR).

3. ESTUDIOS CORTOS ESPECIALES DE LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO PARTICULAR O DE UNA OPERACIÓN DE MANUFACTURA.

4. PARA PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN BASADOS EN DEFECTOS POR UNIDAD.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CONTROL ESTADISTICO

# MUESTREO E INSPECCION
## TABLAS MIL - STD - 105 D

M.EN I. AUGUSTO VILLARREAL A.

19 OCTUBRE, 1982

P... de M... ía Calle de T ...ba 5 pi... piso Deleg. Cuauht... 06000 ... D.F. Tel.: 521-40 Apdo. Postal 2285

## TABLA N. TABLA MAESTRA PARA INSPECCION REDUCIDA (MUESTREO SENCILLO)—MIL-STD-105D (ESTÁNDAR ABC)

| Letra clave para el tamaño de la Muestra | Tamaño de la muestra | Niveles de calidad aceptable (inspección normal) 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 2 4 | 3 5 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | ↑ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | |
| L | 200 | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | |
| M | 315 | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | | |
| N | 500 | 0 1 | ↓ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | | | |
| P | 800 | ↓ | ↓ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | 1 250 | ↑ | 0 2 | 1 3 | 1 4 | 2 5 | 3 6 | 5 8 | 7 10 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 2 000 | | 0 3 | 1 3 | 2 4 | 3 5 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Úsese el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, hágase la inspección del 100%.

↑ = Úsese el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = número de aceptación.

Re = número de rechazo.

† Si el número de aceptación ha sido excedido, y el número de rechazo no ha sido alcanzado, acéptese el lote, pero reinstálese la inspección normal.

## TABLA O. TABLA MAESTRA PARA INSPECCION NORMAL (MUESTREO DOBLE)—MIL-STD-105D (ESTÁNDAR ABC)

| Letra clave para el tamaño de la muestra | Muestra | Tamaño de la muestra | Tamaño acumulado de la muestra | Niveles de calidad aceptable (inspección normal) 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| B | Primera | 2 | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | 0 2 | 0 2 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | 17 22 | 23 31 |
| | Segunda | 2 | 4 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 9 12 | 13 19 | 19 26 | 27 37 | 35 56 | 57 |
| C | Primera | 3 | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 6 9 | 7 11 | 11 16 | 17 27 | 25 31 | | | |
| | Segunda | 3 | 6 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 3 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 14 19 | 26 27 | 35 | 56 57 | | | |
| D | Primera | 5 | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | 17 22 | 25 31 | | |
| | Segunda | 5 | 10 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 19 20 | 27 37 | 35 56 | 57 | | |
| E | Primera | 8 | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | 17 22 | 25 31 | | | |
| | Segunda | 8 | 16 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 19 20 | 27 37 | 35 56 | 57 | | | |
| F | Primera | 13 | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | |
| | Segunda | 13 | 26 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | |
| G | Primera | 20 | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | |
| | Segunda | 20 | 40 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 16 19 | 26 27 | | | | | | | |
| H | Primera | 32 | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | |
| | Segunda | 32 | 64 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | |
| J | Primera | 50 | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | |
| | Segunda | 50 | 100 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | |
| K | Primera | 80 | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 80 | 160 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | |
| L | Primera | 125 | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 125 | 250 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | |
| M | Primera | 200 | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 200 | 400 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | | |
| N | Primera | 315 | 315 | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 315 | 630 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | | | |
| P | Primera | 500 | 500 | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 500 | 1 000 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | Primera | 800 | 800 | ↑ | ↓ | ↓ | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 800 | 1 600 | | ↑ | ↓ | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | Primera | 1 250 | 1 250 | | | 0 3 | 0 3 | 1 4 | 2 5 | 3 7 | 5 9 | 7 11 | 11 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 1 250 | 2 500 | | | 1 2 | 3 4 | 4 5 | 6 7 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 26 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Usese el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, hágase la inspección del 100%.

↑ = Usese el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

† Usese el plan de muestreo sencillo correspondiente (o alternativ[illegible] el plan de muestreo doble hacia [illegible] o, cuando esté disponible).

## TABLA B. TABLA MAESTRA PARA INSPECCION NORMAL (MUESTREO MULTIPLE)—MIL-STD-105D (ESTÁNDAR ABC)

Niveles de calidad aceptable (inspección normal)

| Letra clave para el tamaño de la muestra | Muestra | Tamaño de la muestra | Tamaño acumulado de la muestra | 0.010 Ac Re | 0.015 Ac Re | 0.025 Ac Re | 0.040 Ac Re | 0.065 Ac Re | 0.10 Ac Re | 0.15 Ac Re | 0.25 Ac Re | 0.40 Ac Re | 0.65 Ac Re | 1.0 Ac Re | 1.5 Ac Re | 2.5 Ac Re | 4.0 Ac Re | 6.5 Ac Re | 10 Ac Re | 15 Ac Re | 25 Ac Re | 40 Ac Re | 65 Ac Re | 100 Ac Re | 150 Ac Re | 250 Ac Re | 400 Ac Re | 650 Ac Re | 1000 Ac Re |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Primera | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 2 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 2 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 2 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 2 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | Primera | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 3 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 3 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 3 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 3 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 3 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Primera | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 5 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 5 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 5 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 5 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 5 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 5 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | Primera | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 8 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 8 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 8 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 8 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 8 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 8 | 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Primera | 13 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 13 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 13 | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 13 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 13 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 13 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 13 | 91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | Primera | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 20 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 20 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 20 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 20 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 20 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 20 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Utilice el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, hágase la inspección del 100%.

↑ = Utilice el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

† = Utilice el plan de muestreo sencillo correspondiente (o alternativamente, úsese el plan de muestreo múltiple abajo, cuando esté disponible).

‡ = Utilice el plan de muestreo doble correspondiente (o alternativamente, úsese el plan de muestreo sencillo abajo, cuando esté disponible).

§ = La aceptación no se permite a este tamaño de muestra.

## TABLA B. TABLA MAESTRA PARA INSPECCION NORMAL (MUESTREO MULTIPLE)—MIL-STD-105D (ESTÁNDAR ABC) (*Continúa*)

Niveles de calidad aceptable (inspección normal)

| Letra clave para el tamaño de la muestra | Muestra | Tamaño de la muestra | Tamaño acumulado de la muestra | 0.010 Ac Re | 0.015 Ac Re | 0.025 Ac Re | 0.040 Ac Re | 0.065 Ac Re | 0.10 Ac Re | 0.15 Ac Re | 0.25 Ac Re | 0.40 Ac Re | 0.65 Ac Re | 1.0 Ac Re | 1.5 Ac Re | 2.5 Ac Re | 4.0 Ac Re | 6.5 Ac Re | 10 Ac Re | 15 Ac Re | 25 Ac Re | 40 Ac Re | 65 Ac Re | 100 Ac Re | 150 Ac Re | 250 Ac Re | 400 Ac Re | 650 Ac Re | 1000 Ac Re |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | Primera | 32 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 32 | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 32 | 96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 32 | 128 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 32 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 32 | 192 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 32 | 224 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | Primera | 50 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 50 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 50 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 50 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 50 | 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 50 | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 50 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | Primera | 80 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 80 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 80 | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 80 | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 80 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 80 | 480 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 80 | 560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | Primera | 125 | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 125 | 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 125 | 375 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 125 | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 125 | 625 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 125 | 750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 125 | 875 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | Primera | 200 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 200 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 200 | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 200 | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 200 | 1 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 200 | 1 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 200 | 1 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | Primera | 315 | 315 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 315 | 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 315 | 945 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 315 | 1 260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 315 | 1 575 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 315 | 1 890 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 315 | 2 205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | Primera | 500 | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Segunda | 500 | 1 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tercera | 500 | 1 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuarta | 500 | 2 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Quinta | 500 | 2 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sexta | 500 | 3 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Séptima | 500 | 3 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Úsese el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, hágase la inspección del 100%.

↑ = Úsese el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = número de aceptación.

Re = número de rechazo.

† = Utilice el plan de muestreo sencillo correspondiente (o alternativamente, úsese el plan de muestreo múltiple, cuando esté disponible).

‡ = La aceptación no se permite

| Letra clave para el tamaño de la muestra | Tamaño de la muestra | Niveles de calidad aceptable (inspección normal) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | ↑ |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | ↑ | ↑ |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | 30 31 | 44 45 | ↑ | ↑ | ↑ |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| N | 500 | ↓ | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| P | 800 | ↓ | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Q | 1 250 | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| R | 2 000 | ↑ | ↑ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7 8 | 10 11 | 14 15 | 21 22 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |

↓ = Usese el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, la inspección del 100%.

↑ = Usese el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

## LA M. TABLA MAESTRA PARA INSPECCION CERRADA (MUESTREO SENCILLO)—MIL-STD-105D (ESTÁNDAR ABC)

| Letra clave para el tamaño de la muestra | Tamaño de la muestra | Niveles de calidad aceptable (inspección cerrada) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.010 | 0.015 | 0.025 | 0.040 | 0.065 | 0.10 | 0.15 | 0.25 | 0.40 | 0.65 | 1.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 6.5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ | ↑ |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | 27 28 | 41 42 | ↑ | ↑ | ↑ |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| N | 500 | ↓ | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| P | 800 | ↓ | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Q | 1 250 | ↓ | 0 1 | ↓ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| R | 2 000 | 0 1 | ↑ | ↓ | 1 2 | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 8 9 | 12 13 | 18 19 | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| S | 3 150 | | | 1 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

↓ = Usese el primer plan de muestreo abajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o mayor al tamaño del lote o corrida, hágase la inspección del 100%.

↑ = Usese el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

TABLA K. LETRAS CLAVE PARA EL TAMAÑO DE MUESTRAS —MIL-STD-105 (ESTÁNDAR ABC)

| Tamaño del lote o partida | Niveles de inspección generales | | |
|---|---|---|---|
| | I | II | III |
| 2-8 | A | A | B |
| 9-15 | A | B | C |
| 16-25 | B | C | D |
| 26-50 | C | D | E |
| 51-90 | C | E | F |
| 91-150 | D | F | G |
| 151-280 | E | G | H |
| 281-500 | F | H | J |
| 501-1 200 | G | J | K |
| 1 201-3 200 | H | K | L |
| 3 201-10 000 | J | L | M |
| 10 001-35 000 | K | M | N |
| 35 001-150 000 | L | N | P |
| 150 001-500 000 | M | P | Q |
| 500 001 y más | N | Q | R |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
( DEL 18 DE OCTUBRE AL 24 DE NOVIEMBRE DE 1982 )

| NOMBRE DEL ALUMNO | EMPRESA Y DIRECCION |
|---|---|
| 1. MIGUEL ANGEL AGUAYO Y CAMARGO<br>Cultivos No. 144<br>Col. Progreso del Sur<br>Del. Iztapalapa<br>C.P. 09810<br>México, D. F.<br>Tel: 5-82-61-06 | COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO<br>Fray Servando y Teresa de Mier No. 32-3er.P.<br>Col. Centro<br>C.P. 06080<br>México, D. F.<br>Tel: 5-78-97-03 |
| 2. JOEL AROCHI HERNANDEZ<br>Oriente 633-355<br>Col. Villa de Cortés<br>Del. Benito Juárez<br>C.P. 0035<br>México, D. F.<br>Tel: 5-79-25-41 | POLIURETANOS KAPPA<br>Negra Modelo IX<br>Naucalpan, Edo. de México |
| 3. SERGIO BERNAL CABRERA<br>Ave. 669 No. 58 C.T.M. II<br>Col. San Juan de Aragón<br>Del. Gustavo A. Madero<br>México, D. F.<br>Tel: 7-94-48-97 | INDUSTRIAS XEROGRAFICAS, S. A.<br>Juan Fernández Albarrán No. 41<br>Tlalnepantla, México<br>Tel: 3-92-04-88 Ext. 134 |
| 4. JOSE ANTONIO CAÑETE OSORNO<br>Cascada 99 Int. 7<br>Iztapalapa<br>México, D. F.<br>Tel: 6-74-39-13 | IMPLEMENTO AGRICOLAS MEXICANOS<br>Av. Norte Sur No. 4<br>Alce Blanco<br>Naucalpan, Edo. de México<br>Tel: 5-76-54-55 |
| 5. MA. DE LA LUZ CASTRO SANCHEZ<br>La Llanura No. 109<br>Col. Los Pastores<br>Naucalpan de Juárez Edo. de México<br>Tel: 5-60-71-70 | ALCAN ALUMINIO, S. A. de C. V.<br>Av. Vía Morelos 347<br>Tulpetlac, Edo. de México<br>Tel: 5-69-90-00 Ext. 149 |
| 6. JOSE FIDEL CORTES CARMONA | SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS<br>México, D. F. |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
( DEL 18 DE OCTUBRE AL 24 DE NOVIEMBRE DE 1982 )

| NOMBRE DEL ALUMNO | EMPRESA Y DIRECCION |
|---|---|
| 7. VICTOR MANUEL GARCIA FRIAS<br>Calle Uno No. 290<br>Col. Liberación<br>Del. Azcapotzalco<br>C.P. 02930<br>México, D. F.<br>Tel: 3-55-05-14 | SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS<br>Ave. Xola y Universidad<br>Col. Narvarte<br>Del. Benito Juárez<br>C.P. 03029<br>México, D. F.<br>Tel: 5-38-09-69 |
| 8. ENRIQUE A. FERRER MACGREGOR GIL<br>Rio Niagara No. 58<br>Col. Cuauhtémoc<br>C.P. 06500<br>México, D. F. | SARH-SUBDIRECCION DE INVESTIGACION D.E.<br>Sierra Gorda No. 23<br>Lomas de Chapultepec<br>Del. Miguel Hidalgo<br>C.P. 06500<br>México, D. F. |
| 9. RAFAEL P. BRITO RAMIREZ | INSTITUTO DE INGENIERIA<br>México, D. F. |
| 10. JOSE JORGE HERRERA MELENDEZ<br>Río Lerma 303-102<br>Col. Cuauhtémoc<br>C.P. 06500<br>México, D. F.<br>Tel: 7-61-22-85 | DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA<br>San Antonio Abad 124-3er. PISO<br>Del. Cuauhtémoc<br>México, D. F.<br>Tel: 7-61-22-85 |
| 11. MARDONIO NOGUEZ GARCIA<br>Alquimilas No. 636<br>Col. Villa de las Flores<br>Del. Coacalco, Edo. de México<br>C.P. 55700<br>México, D. F.<br>Tel: 5-87-49-05 | FUERZA Y CLIMA, S. A.<br>Bernardo Couto No. 74<br>Col. Algarin<br>Del. Cuauhtémoc<br>C.P.06880<br>México, D. F.<br>Tel: 5-38-44-38 |
| 12. HUGO OSNAYA ORTEGA<br>San José No. 9<br>Col. San Martín<br>Del. Azcapotzalco<br>Tel: 3-82-52-32 | UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA<br>Av. San Pablo No. 180<br>Col. Reynosa<br>Del. Azcapotzalco<br>México, D. F.<br>Tel: 3-82-50-00 |