

CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

Hernán Darío Rendón C.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

Hernán Darío Rendón C.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Medellín, Colombia, 2013

658.562

R35

Rendón Castaño, Hernán Darío

Control estadístico de calidad / Hernán Darío Rendón C. -- Medellín :
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, 2013.
208 p.

ISBN :

1. CONTROL DE CALIDAD. 2. MUESTREO (ESTADISTICA).
3. ANÁLISIS DE VARIANZA. 4. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.
I. Tít.

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Control Estadístico de Calidad

Hernán Darío Rendón C.

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas



Colección Facultad de Minas

Primera edición: Medellín, octubre de 2013

ISBN: 978-958-761-629-3

Caratula: Imágenes diseñadas por Laura Rendón G.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Coordinación editorial

Centro Editorial de la Facultad de Minas

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Carrera 80 No. 65 – 223, Bloque M9-103

Teléfono: (57-4) 425 53 43 ceditorial_med@unal.edu.co

Impreso y hecho en Medellín, Colombia

CONTENIDO:

DEDICATORIA

INTRODUCCIÓN

AL ESTUDIANTE

MODULO 1 Conceptos Básicos de Calidad

1	Naturaleza de la Calidad	1
2	Definición	2
3	Ciclo de Calidad.	4
4	Costos de Calidad	7
5	Administración de la Calidad	8
6	Normas	10
7	Taller	11
8	Bibliografía	14

MODULO 2 El Control de Calidad

1	Naturaleza del control de calidad	16
2	Clasificación de las especificaciones	17
3	Conceptos estadísticos del control de calidad	18
4	Causas de desviación	18
5	Modalidades del control de calidad	19
6	Taller	19
7	Bibliografía	20

MODULO 3 Control de Procesos para Atributos

1	Introducción	21
2	Gráficos de control de proceso	23
3	Gráficos de control de proceso para atributos	23
3.1.	Gráficos de fracción defectuosa	23
3.2.	Gráficos p para muestras de tamaño variable	29
3.3.	Gráficos de número de defectuosos	31
3.4.	Gráficos de número de defectos por unidad	33
4	Análisis e interpretación de los gráficos de control	37
5	Taller	39
6	Bibliografía	42

MODULO 4 Control de Proceso para Variables

1	Gráficos de control para variables	44
2	Gráficos \bar{x}	44
3	Gráficos R	49
4	Tabla de factores para gráficos de control	51
5	Otros tipos de gráficos de control para variables	52
6	Límites de control para valores individuales	54
7	Capacidad del proceso	57
8	Taller	59
9	Bibliografía	63

MODULO 5 Herramientas para el Análisis de Procesos

1. Introducción	65
2. Definición de proceso	66
3. Herramientas para el análisis de procesos	67
4. Diagramas de flujo de proceso	67
4.1. Diagrama de flujo de bloques	67
4.2. Diagrama de flujo estándar	69
5. Diagramas causa – efecto	71
6. Diagramas de Pareto	73
7. Taller	75
8. Bibliografía	76

MODULO 6 Control de Calidad de Aceptación

1. Introducción	78
2. Planes de aceptación	78
3. Planes de muestreo simple de aceptación	79
4. Curva característica de operación	80
5. Riesgos del productor y el consumidor	82
6. Nivel de calidad aceptable y porcentaje defectivo de tolerancia	83
7. Curva de calidad de salida promedio	86
8. Límite de calidad de salida promedio	87
9. Número promedio de artículos inspeccionados	88
10. Curva de inspección total media	89
11. Planes dobles de aceptación	91
12. Taller	95
13. Bibliografía	99

MODULO 7 Planes de aceptación con riesgos especificados

1	Planes de aceptación con riesgos especificados	101
2	Procedimiento para hallar planes con riesgos especificados	105
3	Planes que cumplen los riesgos de productor y consumidor	107
4	Taller	109
5	Bibliografía	110

MODULO 8 Planes de Aceptación para Variables 1º parte

1	Introducción	112
2	Repaso fundamentos estadísticos	112
3	Planes de muestreo Bowker y Goode para variables	116
4	Tabla de factores para muestreo de aceptación por variables	118
5	Taller	121
6	Bibliografía	122

MODULO 9 Fabricación con arreglo a una especificación

1.	Introducción	123
2.	Capacidad del proceso y especificación	124
3.	Índice de capacidad del proceso	129
4.	Taller	130
5.	Bibliografía	132

MODULO 10 Planes de Aceptación por Atributos Tablas Dodge – Romig

1. Tablas para la determinación de planes de aceptación	134
2. Tablas de muestreo de aceptación Dodge – Romig	134
3. Tabla muestreo sencillo Dodge – Romig AOQL = 2%	135
4. Tabla muestreo sencillo Dodge – Romig LTPD = 5%	136
5. Tabla muestreo doble Dodge – Romig AOQL = 2%	137
6. Tabla muestreo doble Dodge – Romig LTPD = 5%	139
7. Taller	144
8. Bibliografía	145

MODULO 11 Tablas MIL – STD 105 D para Planes de Aceptación por Atributos

1. Tablas militares (MIL – STD 105 D)	147
Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección normal	149
Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección rigurosa	150
Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección reducida	151
2. Uso de las tablas MIL – STD 105 D	152
3. Niveles de inspección	153
4. El AQL en las tablas MIL – STD 105 D	153
5. Números de aceptación y rechazo	154
6. Tablas MIL – STD 105 D para muestreo doble	155
Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección normal	156
Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección rigurosa	157
Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección reducida	158
7. Taller	161
8. Bibliografía	162

MODULO 12 Planes de Aceptación para Variables MIL – STD 414

1. Planes de Aceptación para Variables MIL–STD 414	164
2. Clasificación y características de las tablas del estándar MIL-STD 414	167
Tablas MIL-STD 414	169
3. Procedimiento para el uso de las tablas. Variabilidad desconocida	193
3.1. Método de la desviación. Forma M. Un límite especificación	193
3.2. Método de la desviación. Forma M. Dos límites especificación	194
3.3. Método de la desviación. Forma M. Dos límites. \neq AQL	195
3.4. Método de la desviación. Forma K. Un límite especificación	196
3.5. Método del recorrido. Forma M. Un límite especificación	197
3.6. Método del recorrido. Forma M. Dos límites especificación	199
3.7. Método del recorrido. Forma K. Un límite especificación	200
4. Procedimiento para el uso de las tablas. Variabilidad conocida	201
4.1. Método de la desviación. Forma M. Un límite especificación	201
4.2. Método de la desviación. Forma M. Dos límites especificación	203
4.3. Método de la desviación. Forma M. Dos límites. \neq AQL	204
4.4. Método de la desviación. Forma K. Un límite especificación	205
5. Taller	206
6. Bibliografía	208

DEDICATORIA:

A mi hija Laura, infatigable maestra.

Hernán Darío

INTRODUCCIÓN

La experiencia docente vivida en la coordinación del curso de Control Estadístico de Calidad durante varios semestres en la Escuela de Ingeniería de la Organización de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, me llevaron a presentar este material, como soporte académico en el desarrollo de la asignatura Control Estadístico de Calidad.

Como características diferenciales de este material académico, pueden citarse:

- Sirve como soporte del curso de Control Estadístico de Calidad, consultando las realidades productivas del país.
- Su diseño contiene módulos que incluyen objetivos específicos de aprendizaje y orientados a promover el trabajo autónomo del estudiante.
- Para el logro de los objetivos de aprendizaje de cada uno de los módulos, se incluyen contenidos teóricos, presentación de numerosos ejemplos con objetivos específicos y adecuados a nuestra realidad, talleres de aplicación y auto-evaluaciones que le permitan al estudiante determinar los niveles de comprensión y aprendizaje obtenidos.
- Se incluyen referencias bibliográficas selectas de los conceptos tratados, así como, de los fundamentos estadísticos que soportan los contenidos de cada uno de los módulos.

El primer módulo se ocupa del tema de los conceptos básicos del área de la calidad, así como, los factores que la afectan y los agentes involucrados en el contexto de la actividad de las unidades productivas.

Los fundamentos de la teoría del control y sus aplicaciones en el campo de la calidad son el tema del modulo 2.

Los módulos 3 y 4 abordan los conceptos, herramientas y aplicaciones del control de calidad a los procesos productivos para atributos y variables.

El módulo 5, trata elementos de la teoría de procesos y el uso de algunas herramientas aplicables al control de la calidad de procesos productivos.

El control de calidad aplicado al producto final o al aprovisionamiento de materiales y suministros, además de los planes de aceptación para atributos son el tema de los módulos 6 y 7.

El módulo 8 introduce los planes de aceptación para variables y detalla la aplicación de los planes de muestreo Bowker y Good.

La fabricación con arreglo a especificaciones y la capacidad del proceso se presentan en el módulo 9.

Los módulos 10 y 11 tratan sobre el muestreo de aceptación por atributos y el uso de las tablas para el diseño de planes Dodge – Romig y MIL – STD 105 D, respectivamente.

El módulo 12 aborda los conceptos, usos y aplicaciones de las tablas MIL – STD 414 para el diseño de planes de muestreo de aceptación por variables.

Anexo, se presentan, la solución de los problemas de los talleres planteados en cada uno de los módulos y exámenes de auto evaluación.

Se incluye, además, una invitación al estudiante para que comparta este material, y una serie de recomendaciones para lograr que su uso fortalezca el proceso de enseñanza – aprendizaje en el campo que nos ocupa.

Finalmente, deseo agradecer las enseñanzas recibidas de mis colegas, y en especial, de los estudiantes, sin sus aportes este material no hubiese sido posible.

El Autor

Diciembre de 2003

AL ESTUDIANTE

El presente documento está dirigido a los estudiantes del curso de Control Estadístico de Calidad, asignatura del núcleo profesional del programa curricular de Ingeniería Industrial y ofrecida por la Escuela de Ingeniería de la Organización de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín.

Los objetivos de este material se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Presentar los conceptos y las aplicaciones prácticas del Control Estadístico de Calidad en la actividad productiva de bienes y servicios.
- Poner en contexto estos conocimientos y desarrollar habilidades para el uso inteligente de estas herramientas en el desempeño profesional del futuro ingeniero en esta área.
- Propiciar un mayor protagonismo y autonomía del estudiante en el proceso enseñanza – aprendizaje

El logro de los citados objetivos, dependerá en gran medida del trabajo académico autónomo del estudiante y el correcto uso de este material.

Se sugiere abordar los módulos del texto de manera secuencial hasta lograr su total comprensión e idoneidad en la solución de los problemas planteados en los talleres. Evite consultar el anexo de respuestas antes de intentar la solución e interpretación de los problemas.

Auto evalúe continuamente los niveles de comprensión y las capacidades de aplicación de estas herramientas mediante la solución de las evaluaciones presentadas en cada uno de los módulos.

MODULO 1 - CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CALIDAD

En una feria de pueblo un vendedor encaramado en su tarima, pregonaba ante un corrillo de parroquianos, las bondades de sus mercancías. Mientras exhibía unas camisas, decía: "Lleve esta finísima prenda por unos pocos pesos, mire su diseño, su tela aguanta el uso y el abuso por cinco años, y como si fuera poco, sus botones de alta calidad están garantizados por veinticinco años o más. Llévela, no por cinco mil pesos, ni por cuatro mil....."

Un parroquiano del corrillo le manifestó a su vecino: "Esa prenda sería de mejor calidad si sus botones fueran de más mala calidad"

OBJETIVOS:

- Conocer y comprender la terminología básica de la calidad.
- Comprender la naturaleza de la calidad, los agentes involucrados y los factores que la afectan.
- Identificar la naturaleza y los elementos básicos para la adecuada gestión de la calidad en el contexto de las organizaciones productivas.

CONTENIDO:

1. Naturaleza de la Calidad	1
2. Definición	2
3. Ciclo de Calidad.	4
4. Costos de Calidad	7
5. Administración de la Calidad	8
6. Normas	10
7. Taller	11
8. Bibliografía	14

1. NATURALEZA DE LA CALIDAD

No existe un acuerdo sobre el concepto de calidad debido entre otras razones:

- La calidad no es un concepto absoluto, ni constituye un fin en si misma. Es necesario relacionarla, no sólo, con el producto o servicio, sino, con los usos y patrones de consumo que se den a éste.
- Involucra “juicios de valor” de carácter subjetivo.
- La concepción de la calidad puede apreciarse desde muy diversos puntos de vista.
- La dinámica socio – cultural ha generado cambios importantes en los patrones de consumo y en las formas de relación entre productores y consumidores.

Alrededor de la calidad se asocian múltiples conceptos, tales como: Perfección, consistencia, oportunidad, satisfacción, confiabilidad, servicio, atención, disponibilidad, seguridad, comodidad, entre otros.

Se reconocen diversos criterios o puntos de vista en relación con la calidad, tales como, criterios: basados en el producto, basados en el usuario, basados en el valor y basados en la manufactura.

Desde el punto de vista de la producción pueden mencionarse, aspectos como: Disminución y eliminación de desperdicios, eliminación de reclamos, eliminación de operaciones de re – proceso, cumplimiento de garantías y plazos de entrega, cero defectos, hacerlo bien a la primera, entre otras.

- 2. DEFINICION:** La norma ISO 8402 define la calidad como: “ Conjunto de propiedades o características de un producto o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas ”.

Esta definición involucra diversos elementos, así:

- Un cliente, usuario o beneficiario con necesidades.
- Un producto o servicio con una serie de características o propiedades.
- La satisfacción de estas necesidades a partir del uso o disfrute del producto por parte del cliente.

La identificación precisa de estos elementos no es evidente en muchas situaciones y las interrelaciones entre ellos son bastante complejas y dinámicas.

- **Cliente, usuario o beneficiario:** Debe entenderse en sentido amplio, pueden darse diferentes tipos, que en ocasiones, no es fácil identificar.
 - Quien compra, usa o disfruta el producto final o el servicio, denominado genéricamente, cliente externo. Su identificación en muchos casos no es evidente. Considere, por ejemplo, una ama de casa que compra pañales para el uso o disfrute de su bebé.

En otro caso, la determinación de quién es el cliente de un hospital privado de especialidades médicas, no es evidente, generalmente se piensa que es el paciente, cuando en realidad es el cuerpo médicos especialistas.
 - Se identifica también, el cliente interno, quien recibe un producto resultante de una actividad de un proceso para realizar una actividad subsiguiente.
- **Producto o servicio:** El producto o servicio constituye el elemento que posibilita la satisfacción de las necesidades del cliente.

Las propiedades o características son de muy diversa índole, relevancia y pertinencia, e incluyen aspectos tales como: desempeño, confiabilidad, apariencia, seguridad, durabilidad, facilidad de reparación y mantenimiento, facilidad de “uso”, servicio al cliente, disponibilidad, cumplimiento, garantías, disponibilidad de instructivos y documentación, relación beneficio – costo, compatibilidad, amabilidad, comodidad, textura, sabor, olor, precisión, tamaño, peso, volumen, fidelidad, eficiencia, dureza, pureza, exclusividad, elegancia, resistencia, flexibilidad, entre muchos otros.

- **Satisfacción de necesidades:** En cualquier caso el cliente busca la satisfacción de necesidades expresadas o implícitas, difíciles de reconocer en muchos casos, y además, sujetas a expectativas y valoraciones con altos contenidos subjetivos.

El cliente de un club puede buscar la satisfacción de necesidades relacionadas con actividades físico atléticas, o bien necesidades de afiliación, e incluso necesidades de prestigio. Como ilustración adicional cuestionese ¿Qué tipo de necesidad satisface un cliente al adquirir productos del tipo Hello Kitty?

Múltiples variables afectan el equilibrio necesidad – satisfacción, tales como: factores psicológicos, socio culturales, económicos, tecnológicos, entre muchos otros.

De la relación entre estos elementos se deriva un elemento adicional, esto es, las unidades productivas capaces de proveer el producto o servicio.

- **Productor:** Es quien genera el producto o servicio. Observe que el productor no es quien determina los bienes o servicios que produce, esto en última instancia lo determina el cliente.

A partir de las consideraciones anteriores la razón de ser o misión fundamental de la calidad consiste en el establecimiento de relaciones entre el productor y el cliente para que el primero produzca lo que el segundo requiere para la satisfacción de sus necesidades.

Esta relación permite al productor la identificación de las necesidades del cliente y en consecuencia diseñar, producir y suministrar un producto que satisfaga estas necesidades (aptitud de uso).

3. **CICLO DE CALIDAD:** Este proceso se conoce como el Ciclo de Calidad y puede definirse como la secuencia de actividades a través de las cuales el productor logra la aptitud de uso de un producto o servicio.

El ciclo de calidad de las unidades productivas, está integrado por los siguientes elementos:

- Identificación de las necesidades del cliente o usuario (Estudio de mercados)
- Diseño del producto o servicio capaz de satisfacer estas necesidades (Desarrollo del producto)
- Diseño de los procesos de producción (Ingeniería de Procesos)
- Adquisición de: Talento, tecnología, equipos, materias primas e insumos (Compras)
- Producción
- Inspección de entradas y salidas del proceso productivo, esto es, materias primas, producto en proceso y producto terminado (Control de Calidad)
- Mercadeo (Ventas)
- Servicios post venta

La siguiente figura muestra las actividades básicas del ciclo de calidad:

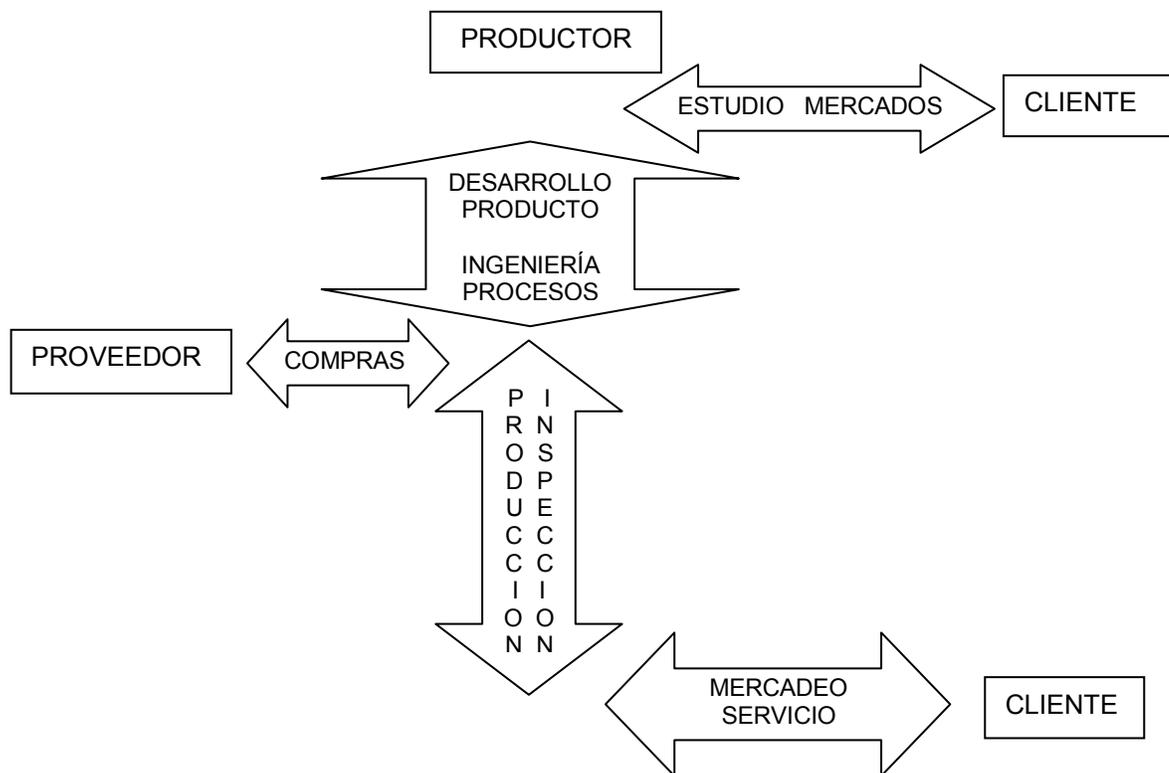


Figura1.1. El Ciclo de la Calidad

En relación con el ciclo de calidad se definen los siguientes conceptos:

- **CALIDAD DE DISEÑO:** La identificación del cliente y sus necesidades permiten diseñar los productos o servicios con los atributos requeridos para lograr el cumplimiento de las expectativas del cliente.
- **CALIDAD DE PROCESOS:** El diseño e implementación de los procesos productivos deben garantizar la salida de productos con los atributos requeridos.
- **CALIDAD DE CONFORMIDAD:** Garantizar la continuidad del cumplimiento de las especificaciones y características requeridas por el producto.
- **CALIDAD DEL SERVICIO AL CLIENTE:** Diseño e implementación de sistemas de información y procesos de comunicación que permitan el acompañamiento, atención, solución de problemas y asesoría oportuna al cliente desde la pre-venta hasta la pos-venta.
- **CALIDAD DEL APROVISIONAMIENTO:** Implementación de procesos de comunicación efectiva con los proveedores y establecimiento de procedimientos que garanticen el cumplimiento de las especificaciones de materias primas e insumos requeridos en la producción.
- **CULTURA DE CALIDAD EN LA ORGANIZACIÓN:** Diseño y ejecución de acciones orientadas a la formación de la cultura de la calidad y el mejoramiento continuo en todos los niveles y áreas de la organización.

La integración de los elementos del ciclo de calidad en una organización da origen al siguiente concepto:

- **SISTEMA DE CALIDAD:** Definido por la norma ISO 8402 como: “Conjunto de la estructura de organización de responsabilidades, de procedimientos, de procesos y de recursos que se establecen para llevar a cabo la gestión de calidad”.

La implantación de un sistema de calidad en la organización requiere de una estructura de organización específica que debe contener como mínimo con los siguientes componentes:

- **ESTRATEGIA, OBJETIVOS Y POLÍTICAS DE CALIDAD:** La organización deberá definir claramente la Misión, la Visión, los Objetivos y las Políticas en relación con la calidad. La concepción de la calidad adoptada por la organización deberá ser compartida por la totalidad de sus miembros.

- **ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN:** El sistema de calidad requiere el diseño de una estructura de organización que defina claramente la responsabilidades, niveles de autoridad y formas de relación con las demás unidades y áreas de la empresa.
- **PROCEDIMIENTOS:** Comprende la determinación de los procedimientos requeridos por las diversas actividades de los procesos que hacen posible la gestión de calidad. Los procedimientos tienen una jerarquía dependiendo del nivel en la estructura, así:

NIVEL GERENCIAL: Manual del sistema de calidad que incluye directrices en relación con: la planeación, la fijación de objetivos, la determinación de políticas y el control.

NIVEL UNIDAD DE CALIDAD: Incluye los procedimientos en relación con el establecimiento de objetivos derivados, determinación de responsables, asignación de recursos y sistemas de control.

NIVEL OPERATIVO: Procedimientos relacionados con la realización de actividades en los procesos de producción, compras, ventas. Incluyen los estándares de aceptabilidad.

REGISTROS DE CALIDAD: Define los procedimiento, formatos y almacenamiento de los registros relacionados con la calidad.

El sistema de calidad, además, deberá garantizar la continuidad permanente de la satisfacción del cliente dando origen al siguiente concepto:

- **ASEGURAMIENTO DE CALIDAD:** La norma ISO 8402 la define como: “Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad establecidos”

4. COSTOS DE CALIDAD

Los costos asociados con la calidad de los productos y servicios en las organizaciones pueden clasificarse en dos grupos, así: Costos asociados a la prevención de la mala calidad y los costos generados luego de que esta se presenta.

- **COSTOS ASOCIADOS CON LA PREVENCIÓN DE LA MALA CALIDAD:** Estos costos se generan a partir de los recursos necesarios para el funcionamiento y operación del sistema de calidad de la organización.

- **COSTOS ASOCIADOS CON LA MALA CALIDAD:** Los costos que genera la producción de artículos de mala calidad son de diversos tipos, tal como se muestra a continuación:
 - **DESPERDICIOS:** Los artículos no conformes que sea necesario desechar generan los costos de su producción (materias primas, insumos, horas- hombre, horas máquina, gastos generales). Adicionalmente, los costos de desechar el producto pueden ser significativos.

 - **REPROCESO:** Si los artículos no conformes pueden “repararse o arreglarse”, esta categoría incluye los costos generados por el reproceso.

 - **DETECCIÓN DE DEFECTUOSOS:** Representados por los costos de las actividades dirigidas a la detección de productos o servicios no conformes antes del despacho al cliente.

 - **PRODUCTO DEFECTUOSO QUE LLEGA AL CLIENTE:** Una vez que el producto defectuoso llega al cliente puede generar costos, tales como: devoluciones, cumplimiento de garantías, indemnizaciones, juicios de responsabilidad por daños y perjuicios, pérdida del cliente, pérdida de imagen, entre otros.

5. ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD

Pueden identificarse dos enfoques de la administración de la calidad, así:

- **ENFOQUE CLÁSICO:** Bajo este enfoque las organizaciones buscaban la satisfacción del cliente a partir de rigurosos sistemas de inspección para identificar y descartar los productos defectuosos y en consecuencia despachar sólo los productos buenos. En este enfoque, basado en la inspección, la decisión fundamental consiste en determinar cuántos artículos deben inspeccionarse.

Observe que esta decisión es de carácter económico. Los costos de detección, reproceso y desecho, así como los costos de productos defectuosos enviados al cliente, tienen un comportamiento, en función del porcentaje de artículos inspeccionados, como el mostrado en la siguiente figura:

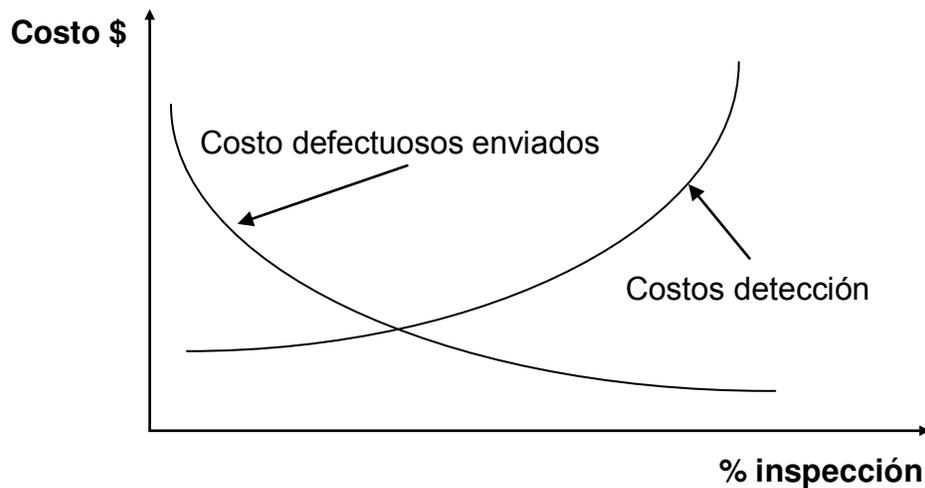


Figura 1.2. Costos defectuosos enviados y costos detección defectuosos

Este enfoque falla al centrar la gestión calidad en la inspección de los artículos producidos, aceptando que el proceso produce artículos defectuosos, sin hacer cuestionamiento alguno sobre la posibilidad de que el proceso produzca artículos conformes.

- **ENFOQUE MODERNO:** El enfoque moderno de la administración de la calidad, a diferencia del clásico, consiste en “hacer bien las cosas” desde el principio. La aplicación de este enfoque en todas las etapas del ciclo (Investigación de mercados, diseño del producto, diseño del proceso, aprovisionamiento de materias primas e insumos, fabricación y comercialización), deberá garantizar artículos de calidad.

El enfoque moderno de administración de la calidad se fundamenta en el siguiente principio: La calidad genera incrementos en la productividad y fortalece la posición competitiva de la organización.

La evolución y desarrollo de este enfoque ha sido influido por múltiples teorías y métodos, tales como: Manufactura Justo a Tiempo, Estandarización de producto, Automatización de procesos, Robótica y Mantenimiento preventivo, entre otros.

Los programas de Calidad Total y Mejoramiento Continuo son el resultado de la aplicación del enfoque moderno de la administración de la calidad.

6. NORMAS:

La International Organization for Standardization, fundada en 1946 e integrada por representantes de organismos nacionales de normas de cerca de 100 países, emitió en 1987, una serie de normas de calidad, aceptadas universalmente y conocidas como las normas ISO 9000.

Estas normas fueron revisadas en 1994 y 2000. Su propósito fundamental consiste en servir de guías generales para la adopción e implementación de sistemas de calidad. Se basan en la premisa de que las prácticas administrativas relacionadas con los sistemas de calidad pueden ser motivo de normalización y que su correcta aplicación en las organizaciones productivas garantizarán resultados que conduzcan a la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes.

La familia de normas ISO 9000, está integrada por:

- ISO 9000: Contienen un panorama general de los estándares de la serie, así como la definición de los conceptos básicos y la terminología.
- ISO 9001: Normas generales para el aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, manufactura, instalación y servicio de productos.
- ISO 9002: Estándares detallados relacionados con la manufactura e instalación de productos.
- ISO 9003: Estándares sobre la inspección y las pruebas de calidad de producto terminado.
- ISO 9004: Guías para la administración del sistema de calidad.

Cada una de estas clases se subdividen en subclases que detallan sus elementos componentes.

La International Organization for Standardization adicionalmente es el organismo de acreditación y certificación de calidad. El logro de estas certificaciones de calidad son requisito fundamental para tener competitividad y acceso a muchos mercados internacionales.

En Colombia el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, es la entidad encargada de normalizar y certificar la calidad en el país, de acuerdo a los criterios de la International Organization for Standardization.

7. TALLER:

1. Discuta la aptitud de uso de un pimentón

- Para un productor de condimentos en polvo.
- Para un creador de bodegones decorativos para banquetes

2. Haga una lista de características y atributos de calidad del servicio de un restaurante de comida rápida.

3. Haga una lista de características y atributos de calidad del servicio de renta de autos en un centro vacacional para turistas.

4. Consulte y revise de manera global las normas ISO 9000 versión 2000.

5. Analice y discuta el siguiente texto:

El Rector General de la Universidad, profesor Víctor Manuel Moncayo Cruz, presentó en noviembre de 2002, una ponencia en el Seminario Taller de Planeación Estratégica: Claustros y Colegiaturas, en relación con la calidad de la educación en la Universidad Nacional de Colombia (ver bibliografía).

Algunos apartes de esta ponencia se transcriben a continuación:

“ La calidad es un concepto complejo y amplio que alude al modo como:

- Se cumplen los fines (y la misión) de la Universidad,
- Se llevan a cabo las funciones de docencia, investigación y extensión o proyección social,
- Se realizan las tareas de administración y gestión,
- Se construye y mantiene un ambiente de trabajo favorable a la formación ciudadana y a la cultura académica,
- Se asegura tanto el conocimiento de las teorías, los conceptos, los métodos de trabajo y las técnicas y procedimientos específicos de la corriente principal de la disciplina o profesión (mediante el trabajo riguroso de los contenidos del núcleo básico de la formación), como a la adquisición y el ejercicio de competencias que permitan en la vida profesional y disciplinaria la apropiación de los conocimientos más elaborados de un sector del campo de trabajo correspondiente (mediante el trabajo riguroso en una de las líneas de profundización),
- Se crea la capacidad para generar potenciales argumentativos y discernimiento crítico frente a la información de un contexto global,
- Se consolidan comunidades académicas estables”

Más adelante agrega:

“ CRITERIOS QUE PERMITEN EVALUAR LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN

- **Integralidad y Visión Holística:** La evaluación de la calidad como se mencionó antes debe ser integral; es decir, en instituciones complejas no se pueden hacer juicios que no tomen en cuenta las tres dimensiones de la misión, docencia, investigación y extensión, dado que desde las tres dimensiones se construye calidad. La calidad se genera también en las relaciones entre las tres funciones; desde la investigación se mejora la docencia y la extensión; desde la extensión se mejora la formación y la investigación; la docencia nutre a las dos, las conserva y socializa.

Formas de medir: a) Índice de complejidad. b) Tasas de participación de los grupos de investigación clasificados por Colciencias. c) Porcentaje de Doctores y Magísteres en la planta docente. d) Índice de multidisciplinariedad. e) Índice de tradición. f) Tiempo de los docentes dedicado a cada una de las funciones misionales. g) Peso relativo de cada una de las funciones en el presupuesto ejecutado. h) Dedicación de los profesores.

- **Universalidad:** Aquí aplicarían los referentes y criterios universales establecidos para la auto evaluación institucional y la de programas curriculares; estos referentes en la Universidad se agrupan en Calidad, pertinencia, formación integral, flexibilidad y participación.

Formas de medir: a) Redes internacionales. b) Convenios con entidades del exterior; c) Pasantías; d) Programas o proyectos conjuntos de investigación; e) Participación de pares internacionales en los procesos de heteroevaluación – acreditación.

- **Contextualización:** a) Las dimensiones incluidas en los procesos de autoevaluación; b) Clasificación de los proyectos de investigación y extensión por áreas temáticas, por poblaciones objeto y por regiones; c) Prioridades estratégicas establecidas por la institución; d) Participación de entidades externas en la financiación de la investigación

- Conocimiento y Competencias: Dimensiones incluidas en los procesos de autoevaluación y en los exámenes de estado.
- Sostenibilidad y tradición de las comunidades académicas: a) Aplican todos los criterios de Colciencias para la clasificación de los grupos; b) Índice de tradición.
- Calidad y dinámica en la producción de resultados: Aplica lo incluido en el decreto 1279. a) Puntajes de los docentes; b) Publicaciones; c) Premios y distinciones; d) Desempeño de los exámenes de estado ECAES, mediante muestras representativas, etc.
- Exigencia y selectividad: a) Índice de selectividad de profesores; b) Requisitos mínimos para los concursos; c) Índice de selectividad o tasa de absorción de los estudiantes; d) Condiciones críticas para avanzar en los planes de estudio; e) Modalidades y requisitos de grado. f) Tasas de repetencia; g) Tasa de retención o permanencia después del segundo año; h) Transparencia de los procesos de selección”

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Gaither, N. y G. Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Thompson Editores, México. 1999.
- Blanquizzett, M. y E. Zapata. Aseguramiento de la Calidad en una Empresa Manufacturera del Sector Plástico. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín. Medellín 2000.
- Evans, J. y William Lindsay. Administración y Control de Calidad. Thomoson Editores. México. 1999
- Claustros y Colegiaturas 5. Documento presentado por el Rector General en el Seminario Taller de Planeación Estratégica del Ministerio de Educación Nacional. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2003.

MODULO 2 - EL CONTROL DE CALIDAD

El supervisor de una congestionada estación ferroviaria se acercó a un hombre que deambulaba nerviosamente por el andén y en tono amable le dijo: “He notado que ha permanecido varias horas en la estación, con toda seguridad yo puedo indicarle el andén en que debe ubicarse para que aborde el tren que lo lleve a su destino”

El hombre, esbozando una leve sonrisa, le contestó: “Muchas gracias, pero con toda seguridad, usted no puede ayudarme.... Aún no se donde quiero ir”

OBJETIVOS:

- Comprender la naturaleza de los procesos de control en el contexto de calidad
- Reconocer la variabilidad inherente a los procesos productivos e identificar el tipo de causas que la generan
- Conocer las modalidades, las herramientas y la terminología básica, del control de calidad

CONTENIDO:

1	Naturaleza del control de calidad	16
2	Clasificación de las especificaciones	17
3	Conceptos estadísticos del control de calidad	18
4	Causas de desviación	18
5	Modalidades del control de calidad	19
6	Taller	19
7	Bibliografía	20

1. NATURALEZA DEL CONTROL DE CALIDAD

En términos generales el concepto de **Control**, aplicado a un proceso, incluye cuatro elementos básicos, que se describen a continuación:

- Establecer un estándar, condición, atributo o característica deseada del resultado (output) del proceso. El estándar debe ser mensurable.
- Medir el resultado obtenido al aplicar el proceso.
- Determinar y analizar las desviaciones entre el estándar y el resultado obtenido, así como las causas que las generan.
- Tomar acciones correctivas.

El control, entendido en estos términos, se constituye en una herramienta fundamental para garantizar que los resultados obtenidos coincidan con los resultados planeados y deseados.

En el campo de la calidad el control se aplica a todas aquellas actividades orientadas a garantizar que el producto o servicio cumpla con las características, especificaciones o atributos esperados por el cliente (mercado)

El proceso productivo de un producto o servicio se inicia con las entradas (inputs), tales como: Talento, materias primas, partes, suministros e insumos. La conversión o proceso de fabricación incluye la secuencia de operaciones necesarias para obtener el producto o servicio. Este producto o servicio es el resultado (output) del proceso.

El control de calidad deberá aplicarse a las entradas (materias primas, partes, suministros) , al proceso de fabricación (producto en proceso) y a las salidas (producto terminado). Tal como se muestra en la siguiente figura:

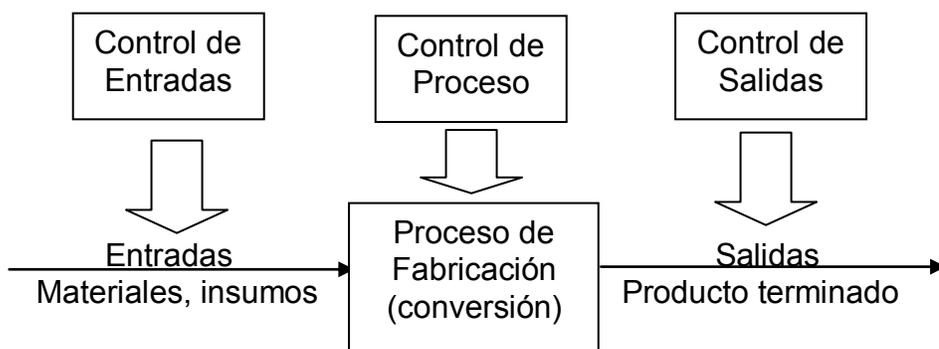


Figura 2.1. - El Control de Calidad en la Cadena Productiva

Asumiendo la aplicación del ciclo de control, visto en el módulo 1, la organización deberá conocer con precisión:

- Las especificaciones requeridas de las materias primas, partes y suministros.
- Las especificaciones del producto en proceso luego de cada una de las operaciones del proceso de fabricación.
- Las especificaciones del producto terminado.

Estas especificaciones se constituyen en los estándares del proceso de control de calidad en cada una de las etapas anteriores; y que mediante diversas técnicas de inspección sobre los resultados obtenidos, permitan identificar las desviaciones y sus causas, además de la puesta en marcha de las consecuentes acciones correctivas.

2. CLASIFICACION DE LAS ESPECIFICACIONES: Las especificaciones o estándares de calidad se subdividen en dos categorías generales, a saber:

- **ATRIBUTOS:** Son características clasificables en dos estados: Defectuoso o no defectuoso y en términos generales pueden apreciarse a partir de la simple observación. Como ilustraciones considere los siguientes casos:
 - En una línea de embotellado, la botella está despificada o no.
 - La camisa tiene sus cinco botones o no.
 - Un bombillo enciende o no.
 - Un cilindro patrón pasa o no pasa por el agujero de una pieza.
 - Un eje pasa o no pasa por un agujero patrón.
- **VARIABLES:** Son características cuya determinación está basada en una escala continua de medición, tales como, longitud, peso, tiempo, temperatura, resistencia, entre muchos otros. Y en consecuencia se requiere el uso de instrumentos o aparatos de medida, por ejemplo:
 - El diámetro de un eje en milímetros.
 - El peso de un cojinete en gramos.
 - El contenido de grasa de una bebida láctea (% por volumen)

3. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS DEL CONTROL DE CALIDAD

MUESTRAS Y LOTES: La medición de los estándares de calidad de un producto se hace generalmente a muestras extraídas de un lote. Mediante el uso de técnicas de la estadística inductiva se infiere la calidad del lote a partir de los resultados obtenidos en la muestra.

La validez de esta inferencia está sujeta a diversas condiciones, tales como:

- El lote debe provenir de un proceso bajo las mismas condiciones de operación.
- La muestra extraída del lote debe ser representativa del lote. Esta representatividad depende de:
 - Que las muestras sean aleatorias.
 - El tamaño de las muestras.
 - La frecuencia de las muestras.

En este punto, es importante resaltar que la adecuada aplicación de conceptos estadísticos, como: Distribuciones de probabilidad, estimación de parámetros y la teoría del muestreo, entre otros, permiten inferir el estado de control de un proceso o la calidad de los lotes de materiales o producto terminado a partir de la calidad observada en muestras representativas, con ciertos niveles de confianza.

4. CAUSAS DE DESVIACIÓN

Una vez determinadas las desviaciones entre el estándar y el resultado obtenido es necesario identificar las causas que las generan. Las causas de desviación se clasifican en dos categorías:

- **CAUSAS ASIGNABLES:** Estas incluyen todos los factores identificables que afectan negativamente el resultado del proceso. Tales como:
 - Uso de materias primas de mala calidad.
 - Realización inadecuada de las operaciones.
 - Errores o descuidos de los operarios.
 - Equipos mal calibrados o en mal estado.

Las causas asignables pueden controlarse o corregirse mediante la aplicación de acciones correctivas.

- **CAUSAS NO ASIGNABLES O NO CONTROLABLES:** Estas incluyen múltiples factores incontrolables que generan variaciones en el producto. Estas variaciones o desviaciones se consideran como variables aleatorias y en consecuencia son efecto del azar y por lo tanto inevitables.

5. MODALIDADES DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD

El control estadístico de calidad se aplica en dos modalidades, así:

- **CONTROL DE PROCESO:** Para comprobar si la calidad del producto que sale de algunas de las operaciones del proceso está bajo control, esto es, si no existen causas de variación asignables que requieran la aplicación de acciones correctivas. Para esto se usan herramientas gráficas, llamadas comúnmente gráficos de control de proceso.
- **CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS:** Para comprobar si las materias primas, partes o suministros, así como el producto terminado cumple los estándares o especificaciones de calidad. Esto se logra a partir de pruebas de aceptación, llamados, planes de muestreo de aceptación.

Ambas modalidades se aplican tanto para el control de atributos como de variables. Sus usos y beneficios son aceptación universal y se constituyen en herramientas fundamentales para garantizar niveles de productividad y competitividad de toda clase de organizaciones productivas.

6. TALLER

1. Para los productores de huevos de gallina, una características de calidad es el tamaño. Cómo podría determinarse? Es un atributo o una variable?
2. La producción de cierto linimento requiere que su composición esté libre de alcohol. La determinación de esta característica del producto se realiza mediante una cinta reactiva que cambia de color si hay presencia de alcohol. Cómo clasificaría esta característica?
3. Si en el problema anterior se acepta que el contenido de alcohol sea como máximo del 0.03% por volumen, discuta la diferencia con el problema anterior.

4. Se sabe que un departamento de facturación liquida incorrectamente el 2.3% de las facturas. Esta característica es un atributo o una variable?

5. Discuta y clasifique las siguientes causas entre asignables y no asignables, de la variación del diámetro en el maquinado de un tipo de eje de acero.
 - Velocidad de corte de la máquina.
 - Temperatura ambiental del taller.
 - Cambio de turno.
 - Desgaste del útil de corte.
 - Fluctuaciones en el fluido eléctrico de alimentación de la máquina.
 - Estado de salud del operario
 - Uso de un fluido de corte defectuoso

6. Considere el proceso de producción de tinto en una cafetería.
 - Determine algunas características de calidad de las entradas del proceso y cómo controlarlas.
 - Determine las principales operaciones del proceso de producción y cómo controlarlas
 - Determine algunas características de calidad de la salida del proceso y cómo controlarlas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974
- Evans J. y W. Lindsay. Administración y Control de la Calidad. Thompon Editores. México 2000.
- Rendón H.D. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 2003

MODULO 3 - CONTROL DE PROCESOS PARA ATRIBUTOS

La señora Montserrat espera diariamente a su pequeña hija Laura de regreso del colegio con gran ilusión. Ella sabe que en “circunstancias normales” Laura llega entre las 2 y las 2:30.

El día que pasadas las 2:30 no ha llegado su hija, inquieta a Montserrat y piensa que “algo anormal” está ocurriendo. Así mismo, cuando Laura llega antes de las 2, sin ocultar su alegría por su pronto regreso, Montserrat le pregunta a su hija: ¿y hoy qué pasó?

OBJETIVOS:

- Conocer los fundamentos y la terminología propia del control de procesos
- Conocer las herramientas usadas en el control de calidad para atributos
- Aprender a interpretar la información dada por los gráficos de control de procesos por atributos

CONTENIDO:

1. Introducción	21
2. Gráficos de control de proceso	23
3. Gráficos de control de proceso para atributos	23
3.1. Gráficos de fracción defectuosa	23
3.2. Gráficos p para muestras de tamaño variable	29
3.3. Gráficos de número de defectuosos	31
3.4. Gráficos de número de defectos por unidad	33
4. Análisis e interpretación de los gráficos de control	37
5. Taller	39
6. Bibliografía	42

1. INTRODUCCIÓN

El control de proceso se realiza a partir de los gráficos de control de proceso. Estos gráficos indican si el proceso está sufriendo alteraciones que puedan afectar la calidad del producto. La identificación y el estudio de las causas de estas alteraciones permitirán la ejecución de acciones correctivas.

Las alteraciones “excepcionales” del proceso que muestran los gráficos de control se deben a causas asignables. Las causas no asignables, como se mencionó antes, son inevitables y sobre ellas no es posible intervenir, pese a que producen variaciones pero de carácter aleatorio.

A manera de ilustración, suponga que la señora Montserrat registró la hora de llegada de su hija en la última semana, así:

Lunes:	2:17	Sin novedades
Martes:	2:12	Sin novedades
Miércoles:	2:55	La buseta sufrió un desperfecto mecánico
Jueves:	2:15	Sin novedades
Viernes:	1:00	Los niños salieron 1 hora antes a causa de la ausencia del profesor

En otro caso, suponga que en un proceso productivo, se toman muestras a intervalos regulares y se calcula un estadístico X , digamos la media del diámetro de unas piezas. Como se mencionó antes, X , es una variable aleatoria distribuida normalmente, con media μ_x y desviación estándar σ_x . Tal como se muestra en la siguiente figura:

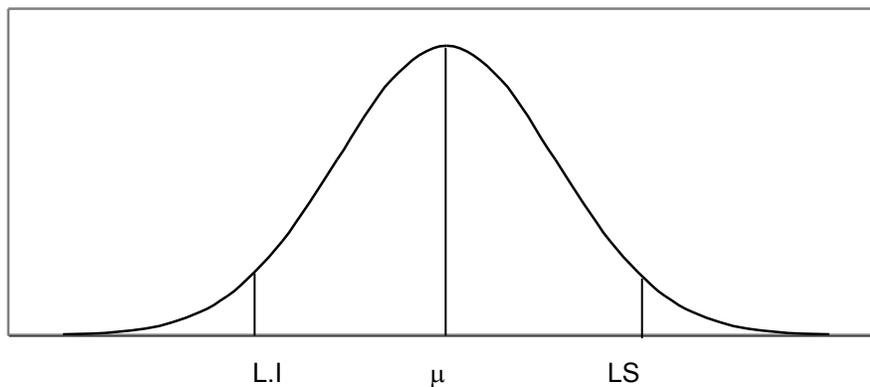


Figura 3.1. - Area bajo la curva normal entre los límites superior e inferior de X

Por la teoría estadística, sabemos que si se establecen límites superior e inferior $= \mu_x \pm 3.5\sigma_x$, La totalidad (el 99.99%) de las medias de las muestras estarán en el intervalo $[LI - LS]$, a menos que el proceso esté sometido a causas de variación asignables.

Se dice que el proceso está bajo control 3.5 sigma, cuando la totalidad de las medias de las muestras están en el intervalo $[LI - LS]$. Así mismo para 3 sigma el proceso está bajo control, es decir sometido sólo a causas de variación aleatorias, cuando el 99.74% de las medias de las muestras caen en el intervalo entre los límites superior e inferior.

2. GRAFICOS DE CONTROL DE PROCESO

Existen dos tipos de gráficos de control de proceso: para variables y para atributos. En ambos tipos, para su construcción, es necesario determinar:

- Línea Central
- Límite superior de control para $k \sigma$ (Generalmente $k = 3$)
- Límite inferior de control para $k \sigma$ (Generalmente $k = 3$)

3. GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Los gráficos de control por atributos, tienen tres modalidades: Gráficos de control para fracción defectuosa, o gráficos p . Gráficos de control del número de defectuosos, o gráficos np . Y gráficos de control de número de defectos por unidad, o gráficos u y c .

3.1. - Gráficos de Fracción Defectuosa:

- Línea Central (LC): Fracción defectuosa del lote p . En caso de que p no se conozca puede estimarse a partir del cálculo del promedio de la fracción defectuosa de k muestras de tamaño n , así:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_k}{k}$$

- Límite Superior de Control (LSC): Para 3 sigma, sería:

$$\bar{p} + 3 \sigma_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}q}{n}}$$

- Límite Inferior de Control (LIC): Para 3 sigma, sería:

$$\bar{p} - 3 \sigma_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}q}{n}}$$

Una vez trazados los límites superior, inferior y la línea central, se procede a graficar la fracción defectuosa de las sucesivas muestras. Observe que si el proceso está sometido sólo a las variaciones aleatorias el 99.74% de las observaciones deberán estar entre los límites superior e inferior de control y además de manera “equitativa” alrededor de la línea central.

Cuando esto ocurre se dice que el proceso está bajo control estadístico.

La aparición de puntos por fuera de los límites de control es indicativo de posibles alteraciones en el proceso debidas a causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control y será necesario investigar las causas y tomar las respectivas acciones correctivas. La presencia de tendencias y rachas de los puntos del gráfico, aún estando dentro de los límites de control, es señal de que el proceso está siendo afectado por causas diferentes a las aleatorias y será preciso investigar la situación.

El numeral 8 presenta de manera detallada el análisis e interpretación de las gráficas de control.

Ejemplo 1: Se estima que la operación de fresado de un proceso arroja un 2% de piezas defectuosas. Se desea controlar la operación mediante un gráfico de fracción defectuosa 3σ , mediante la extracción de muestras de 50 piezas cada dos horas.

La siguiente tabla contiene el número de piezas defectuosas en las últimas 12 muestras.

Muestra Número	Número defectuosos	Fracción defectuosa
1	3	0.06
2	2	0.04
3	0	0.00
4	3	0.06
5	1	0.02
6	2	0.04
7	1	0.02
8	1	0.02
9	1	0.02
10	0	0.00
11	2	0.04
12	2	0.04

Tabla 3.1. – Datos del ejemplo 1

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de un gráfico de control p, conocida la fracción defectuosa del proceso.

Solución:

Cálculo de los límites de control 3σ :

- Líneas Central: 0.02.
- $LSC = 0.02 + 3 \sqrt{\frac{0.02 \times 0.98}{50}} = 0.02 + 3 \times 0.0197 = 0.079$
- $LIC = 0.02 - 3 \sqrt{\frac{0.02 \times 0.98}{50}} = 0.02 - 3 \times 0.0197 = -0.039$
El LIC se asume igual a 0.

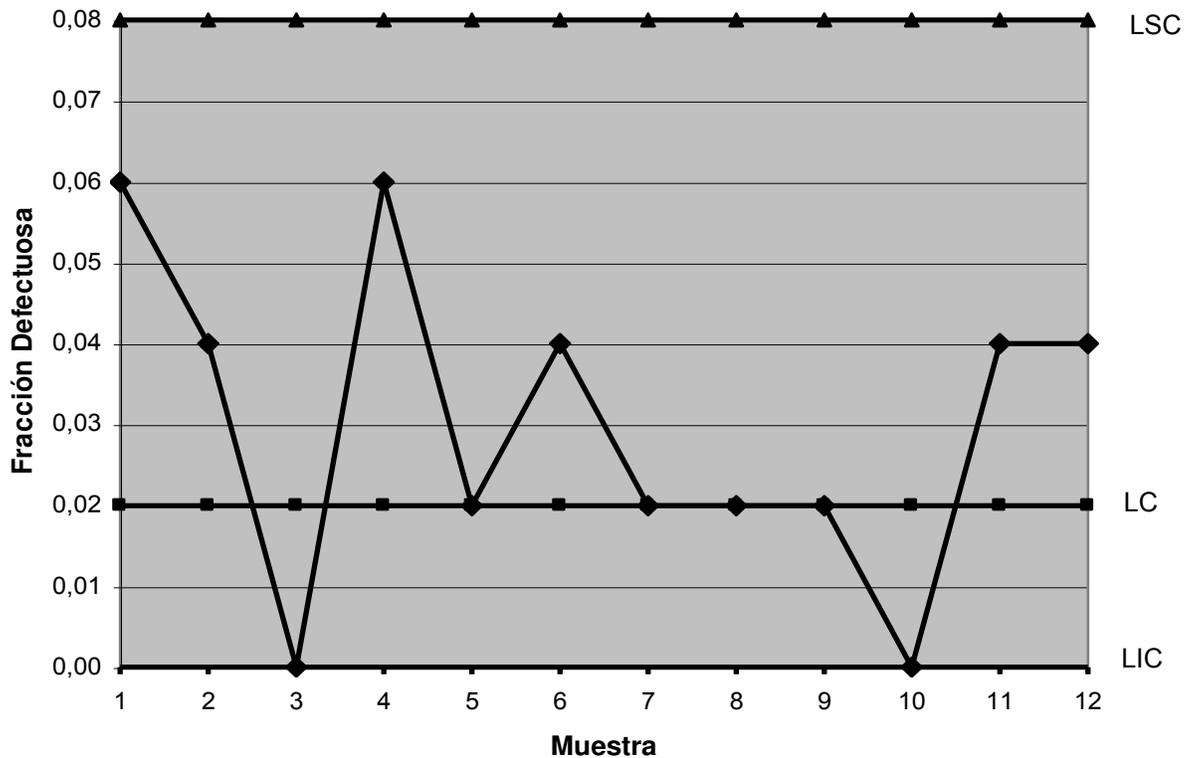


Figura 3.2. – Gráfico de control p, del ejemplo 1

Observe que la fracción defectuosa de las 12 muestras están entre los límites de control, lo cual indica que el proceso está bajo control y por lo tanto no hay razones para pensar que hay causas de variaciones diferentes a las aleatorias.

Ejemplo 2: Un proceso produce un promedio de 1% defectuoso. Se toman muestras de 100 artículos cada día, registrando el número de defectuosos, durante doce días, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Muestra Número	Número defectuosos	Fracción defectuosa
	4	0.04
2	0	0.00
3	1	0.01
4	2	0.02
5	8	0.08
6	5	0.05
7	1	0.01
8	0	0.00
9	4	0.04
10	8	0.08
11	5	0.05
12	2	0.02

Tabla 3.2. – Datos del ejemplo 2

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de un gráfico de control p, conocida la fracción defectuosa del proceso y la interpretación de los resultados

Solución:

Cálculo de los límites de control 3σ :

- Líneas Central: 0.01.
- $LSC = 0.01 + 3 \sqrt{\frac{0.01 \times 0.99}{100}} = 0.01 + 3 \times 0.0099 = 0.0398$
- $LIC = 0.01 - 3 \sqrt{\frac{0.01 \times 0.99}{100}} = 0.01 - 3 \times 0.0099 = -0.0197$

El LIC se asume igual a 0.

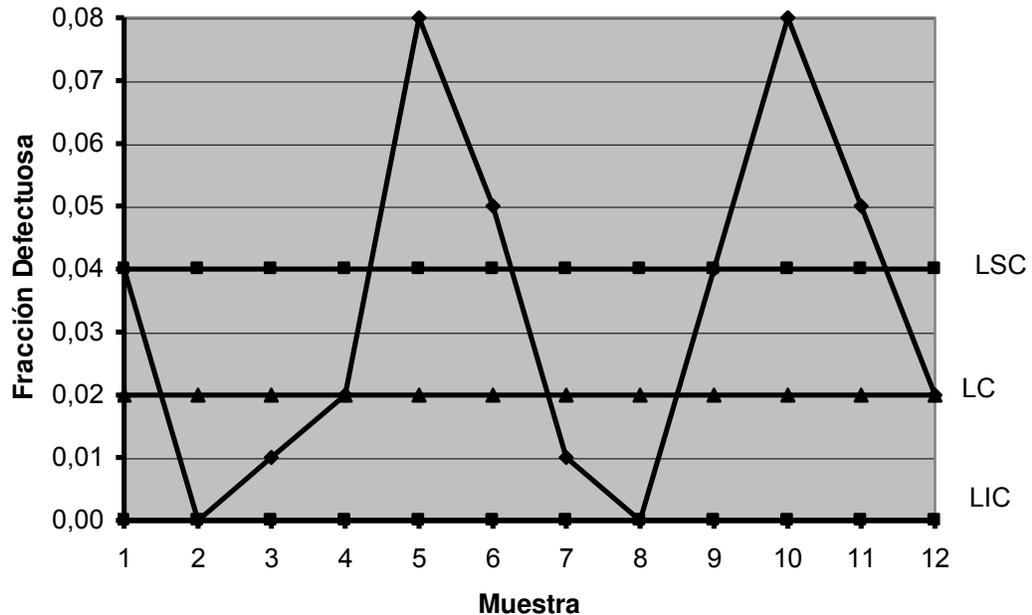


Figura 3.3. - Gráfico de control p del ejemplo 2

Observe que las muestras tomadas los días 5, 6, 10 y 11, tienen fracciones defectuosas por fuera de los límites de control, indicando que hay razones para pensar que estos días hubo alteraciones en el proceso asignables. Deberá, por lo tanto, investigarse la situación a fin de identificar las causas que perturbaron el proceso y lo sacaron de control, a fin de tomar las acciones correctivas que eliminen los factores que las generaron para lograr que el proceso esté bajo control.

Ejemplo 3: Como interpretar puntos por debajo del Límite Inferior de Control?

Objetivo del ejemplo: Mostrar la interpretación de puntos por debajo del LIC en un gráfico de control p.

Solución:

Pese a que estas muestras tienen una fracción defectuosa menor, o sea, que son de mejor calidad, el proceso está fuera de control. En consecuencia será necesario investigar estas causas y eventualmente involucrar los factores que las generan en el proceso y así elevar la calidad hacia el futuro.

- Usos de otros intervalos de confianza:** Los límites Superior e Inferior de los gráficos de control de proceso p pueden construirse para diferentes intervalos de confianza. Como se mencionó antes límites 3 sigma garantizan que el 99.74% de las muestras se ubiquen entre los límites superior e inferior de control. En el caso de usar límites de control 2 sigma el 95.44% de las muestras caerán entre los límites de control superior e inferior. El nivel de confianza para gráficos 1 sigma es del 68.26%. Para intervalos confianza del 95% y 90% los gráficos de control son de 1.96 sigma y 1.68 sigma, respectivamente.

Ejemplo 4: Considere el siguiente gráfico de control p , para 3 sigma.

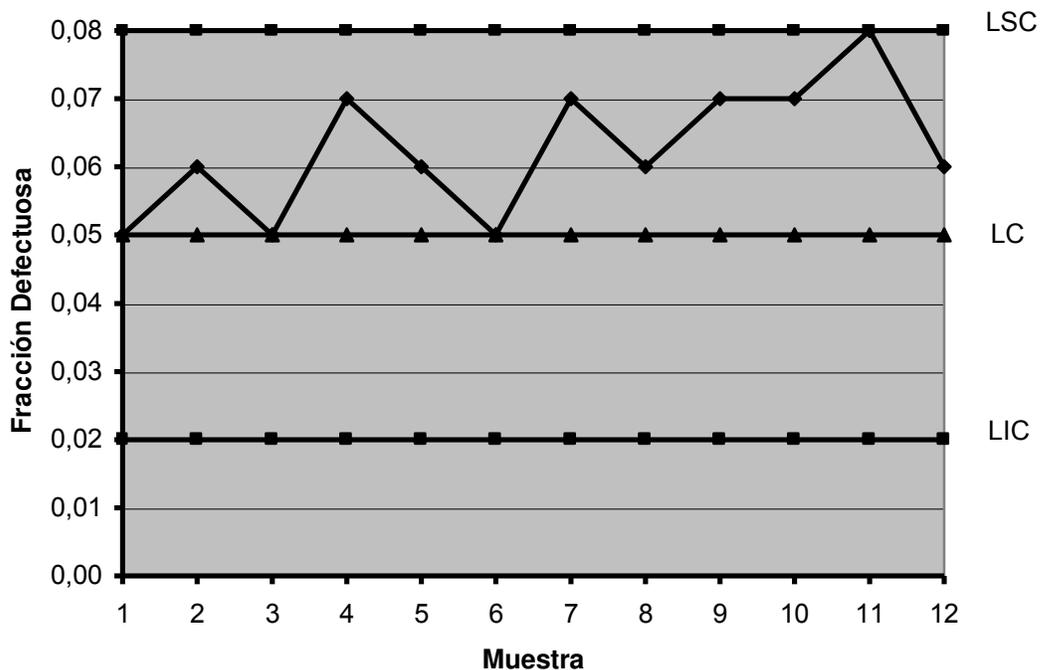


Figura 3 .4. - Gráfico de control p ejemplo 4

Objetivo del ejemplo: Mostrar la interpretación del estado de control de un proceso mediante el uso de gráficos p .

Solución:

A pesar de que todos los puntos están entre los límites de control, el hecho de que éstos se concentren entre la línea central y el LSC, da razones para pensar que hay causas diferentes a las no asignables que están afectando el proceso (Las variaciones aleatorias deberán arrojar puntos a ambos lados de la línea central).

Adicionalmente, la tendencia ascendente de los puntos, puede interpretarse como una señal de causas asignables “crecientes” que finalmente podrán arrojar puntos por fuera del límite superior. En consecuencia será necesario investigar la situación.

3.2. - Gráficos de control de fracción defectuosa con muestras de tamaño variable

En muchas situaciones el tamaño de las muestras para establecer los límites de control puede ser variable, en estos casos se toman independientemente cada una de las i muestras y se calculan los límites superior e inferior para cada muestra, así:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad d_i = \text{defectuosos en la muestra } i.$$

- Límite Superior de Control (LSC): 3 sigma, para la muestra i sería:

$$\bar{p} + 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}}$$

- Límite Inferior de Control (LIC): 3 sigma, para la muestra i sería:

$$\bar{p} - 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}}$$

Observe que la línea central se calcula para la fracción defectuosa promedio y los límites superior e inferior de control se calculan para cada muestra pero usando la fracción defectuosa promedio.

Ejemplo 5: La tabla muestra el número de defectuosos de 20 muestras de tamaño variable.

MUESTRA	nº DEFECT	TAMAÑO	FRAC DEF	L. CENTRAL	L.S.C.	L.I.C
1	16	222	0,0721	0,0847	0,14072	0,02862
2	13	115	0,1130	0,0847	0,16255	0,00679
3	14	184	0,0761	0,0847	0,14624	0,02310
4	13	190	0,0684	0,0847	0,14526	0,02408
5	14	197	0,0711	0,0847	0,14417	0,02516
6	15	185	0,0811	0,0847	0,14607	0,02327
7	17	122	0,1393	0,0847	0,16028	0,00906
8	12	103	0,1165	0,0847	0,16696	0,00238
9	14	190	0,0737	0,0847	0,14526	0,02408
10	15	196	0,0765	0,0847	0,14432	0,02501
11	14	108	0,1296	0,0847	0,16503	0,00430
12	18	105	0,1714	0,0847	0,16617	0,00316
13	13	196	0,0663	0,0847	0,14432	0,02501
14	17	105	0,1619	0,0847	0,16617	0,00316
15	18	195	0,0923	0,0847	0,14447	0,02486
16	12	180	0,0667	0,0847	0,14692	0,02242
17	15	200	0,0750	0,0847	0,14372	0,02561
18	5	107	0,0467	0,0847	0,16541	0,00393
19	11	150	0,0733	0,0847	0,15286	0,01648
20	9	198	0,0455	0,0847	0,14402	0,02532
TOTALES	275	3248	0,0847			

Tabla 3.3. – Datos del ejemplo 5

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de gráficos de control p , con muestras de tamaño variable.

Solución:

Se calculan los límites superior e inferior de control para cada una de las muestras usando la fracción defectuosa promedio como línea central. Observe que estos casos los límites de control son líneas quebradas. Como ilustración se muestra el cálculo del LSC correspondiente a la muestra 1, en la tabla 3.3 están calculados los límites superior e inferior para la totalidad de las muestras.

$$\bar{p} = \frac{275}{3248} = 0.0847 \quad \text{LSC (muestra 1)} = 0.0847 + 3 \sqrt{\frac{0.0847 \times 0.9153}{222}} = 0.14$$

La siguiente figura muestra el gráfico de control p

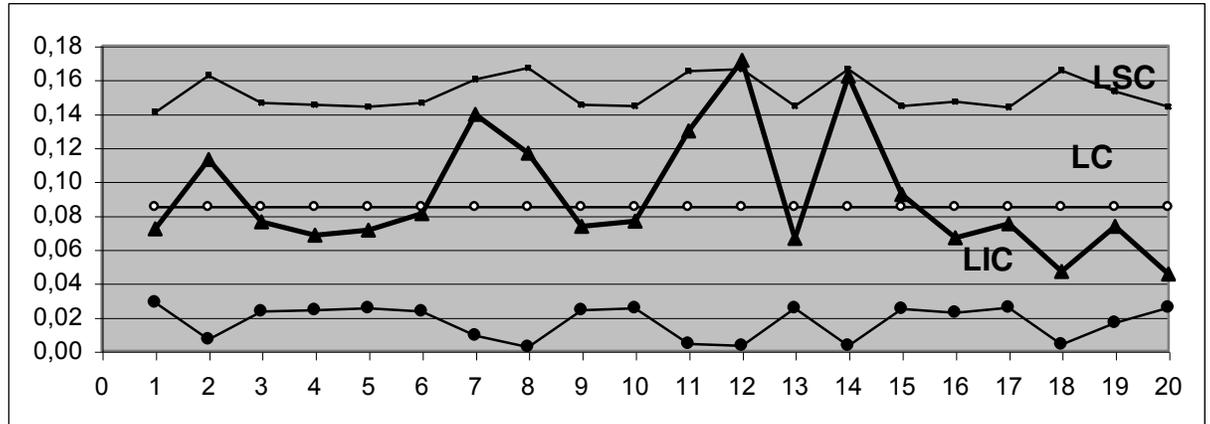


Figura 3.5. - Gráfico de control p ejemplo 5

Para obviar el que los límites superior e inferior de control sean líneas quebradas pueden calcularse usando el tamaño promedio de muestra.

Para el caso se tiene: $\bar{n} = 3248 / 20 = 162.4$

$$\text{Superior: } 0.0847 + 3 \times \sqrt{\frac{0.0847(0.9153)}{162.4}} = 0.15$$

Límites de control:

$$\text{Inferior: } 0.0847 - 3 \times \sqrt{\frac{0.0847(0.9153)}{162.4}} = 0.019$$

- Gráficos de control de número de defectuosos o gráficos np

Estos gráficos en vez de usar la fracción defectuosa se basan en el número de unidades defectuosas. Esta característica los hace más comprensibles para el operario y además los cálculos para su construcción son más sencillos. Sólo pueden usarse para tamaños de muestra constantes.

Para el cálculo de los límites de control se procede así:

Sea: $k \rightarrow$ número de muestras.
 $n \rightarrow$ Tamaño de las muestras
 $d_k \rightarrow$ Número de defectuosos de la muestra k

$$\text{Línea central: } \bar{np} = \frac{\sum_{k=1}^K d_k}{k}$$

$$\text{LSC: } \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$\text{LIC: } \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

Ejemplo 6: La siguiente tabla muestra el número de unidades defectuosas de 20 muestras de tamaño 100.

MUESTRA	nº DEFECT	L.C.	L.S.C.	L.I.C.
1	1	2,20	6,60	0,00
2	0	2,20	6,60	0,00
3	1	2,20	6,60	0,00
4	4	2,20	6,60	0,00
5	3	2,20	6,60	0,00
6	2	2,20	6,60	0,00
7	4	2,20	6,60	0,00
8	2	2,20	6,60	0,00
9	1	2,20	6,60	0,00
10	1	2,20	6,60	0,00
11	4	2,20	6,60	0,00
12	3	2,20	6,60	0,00
13	1	2,20	6,60	0,00
14	2	2,20	6,60	0,00
15	0	2,20	6,60	0,00
16	4	2,20	6,60	0,00
17	1	2,20	6,60	0,00
18	4	2,20	6,60	0,00
19	3	2,20	6,60	0,00
20	3	2,20	6,60	0,00

TOTALES

44

Tabla 3.4. – Datos del ejemplo 5

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de gráficos de control número de defectos o np.

Solución:

$$\text{L.C.} \quad \bar{np} = \frac{44}{20} = 2.2$$

$$\text{LSC:} \quad 2.2 + 3\sqrt{2.2(0.978)} = 6.60$$

$$\text{LIC:} \quad 0.00$$

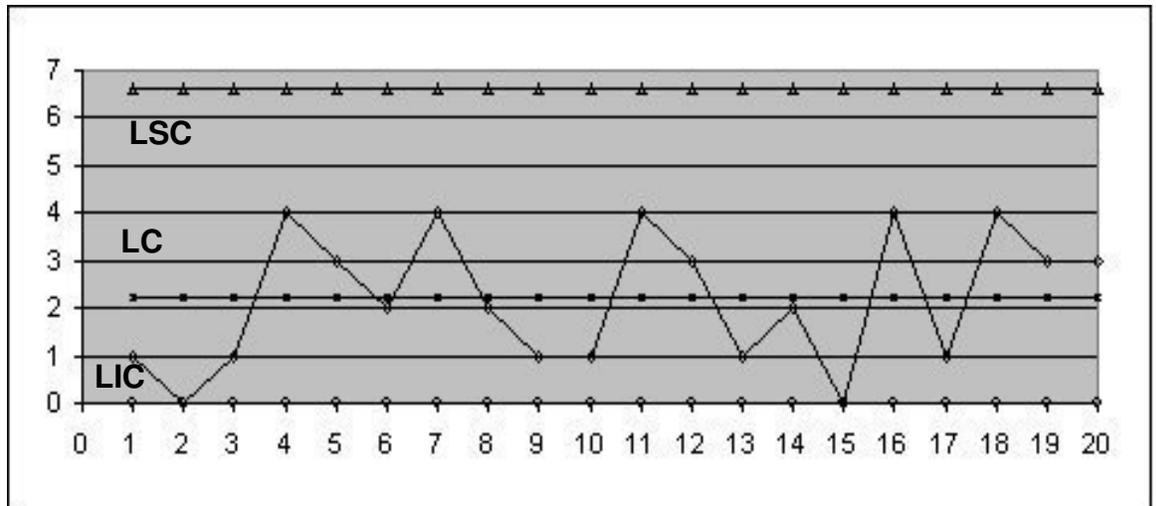


Figura 3.6. - Gráfico de control np ejemplo 6

Gráficos de número de defectos por unidad (c y u)

Es frecuente interesarse no sólo si el producto es defectuoso, sino, en saber cuántos defectos tiene. Los gráficos c se usan para el caso de que las muestras sean de tamaño constante, mientras que los gráficos u se aplican a tamaños de muestras variables.

GRAFICOS c: Están basados en la distribución Poisson, estimando el número el número promedio de defectos por unidad, \bar{c} , tomando 30 o más muestras de igual tamaño y calculando el promedio del número de defectos encontrados en las muestras.

Sabiendo que la desviación estándar de la distribución Poisson es la raíz cuadrada de la media, el cálculo de los límites de control 3 sigma es:

$$\text{Línea central} \rightarrow \bar{c}$$

$$\text{LSC} \rightarrow \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{LIC} \rightarrow \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$$

Ejemplo 7: Una empresa produce una variedad de cinta decorativa auto adhesiva en rollos 10 metros, que puede inspeccionarse por atributos. Se toman muestras durante 30 días, inspeccionando cada día 10 rollos, encontrándose 190 defectos en la totalidad de las muestras inspeccionadas en los 30 días.

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de gráficos de control número de defectos o gráficos c.

Solución:

El número promedio de defectos por rollo, $\bar{c} = 190/(30 \times 10) = 0.633$, por lo tanto la línea central es 0.633.

$$\text{LSC} = 0.633 + 3 \sqrt{0.633} = 3.02$$

$$\text{LIC} = 0.633 - 3 \sqrt{0.633} = -1.75 \rightarrow \text{igual a cero.}$$

Ejemplo 8: En un salón de telares se registraron el número de paros de los telares ocurridos en un periodo de 30 días.

Los datos se muestran en la siguiente tabla.

DIA	NUMERO PAROS	DIA	NUMERO PAROS	DIA	NUMERO PAROS
1	17	11	21	21	23
2	20	12	18	22	18
3	15	13	12	23	14
4	19	14	16	24	18
5	16	15	17	25	16
6	22	16	13	26	20
7	17	17	14	27	17
8	15	18	14	28	15
9	14	19	19	29	17
10	18	20	21	30	21

Tabla 3.5. – Datos del ejemplo 8

Objetivo del ejemplo: Mostrar el procedimiento para la construcción de gráficos de control de número de defectos o gráfico c.

Solución:

Para la elaboración de un grafico de control, **c**, para el número de paros, se tiene: $\bar{c} = \text{Total de paros} / 30 = 517/30 = 17.23$ paros por día.

Los límites de control del grafico de control, son:

$$\text{LSC} = 17.23 + 3 \sqrt{17.23} = 29.68$$

$$\text{LC} = 17.23$$

$$\text{LIC} = 17.23 - 3 \sqrt{17.23} = 4.78$$

GRAFICOS u: Cuando el tamaño de las muestras no es constante se usa la gráfica de control u, observe que en ésta los límites superior e inferior son líneas quebradas.

La línea central y los límites de control 3 sigma se calculan así:

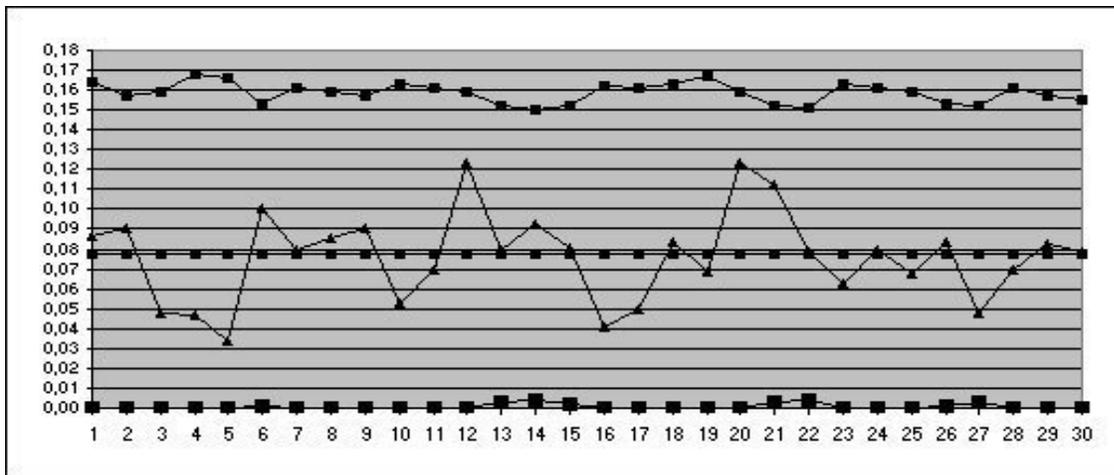
Línea central: $\bar{u} = \text{Total de defectos} / \text{Total de elementos inspeccionados}$.
(en las k muestras de tamaño n_k)

$$\text{LSC} = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_k}} \quad \text{LIC} = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_k}}$$

Ejemplo 9: La siguiente tabla muestra el número de paginas escritas por una digitadora y el número de errores cometidos durante los últimos 30 días. Se quiere elaborar un gráfico de control **u**.

Día	Errores	Nº páginas	Errores/pag	L. CENTRAL	L.S.C.	L.I.C.	L.I.C>0
1	8	92	0,0870	0,077	0,164	-0,010	0,000
2	10	110	0,0909	0,077	0,157	-0,002	0,000
3	5	105	0,0476	0,077	0,159	-0,004	0,000
4	4	85	0,0471	0,077	0,168	-0,013	0,000
5	3	89	0,0337	0,077	0,166	-0,011	0,000
6	12	120	0,1000	0,077	0,154	0,001	0,001
7	8	100	0,0800	0,077	0,161	-0,006	0,000
8	9	105	0,0857	0,077	0,159	-0,004	0,000
9	10	111	0,0901	0,077	0,157	-0,002	0,000
10	5	95	0,0526	0,077	0,163	-0,008	0,000
11	7	100	0,0700	0,077	0,161	-0,006	0,000
12	13	105	0,1238	0,077	0,159	-0,004	0,000
13	10	125	0,0800	0,077	0,152	0,003	0,003
14	12	130	0,0923	0,077	0,151	0,004	0,004
15	10	124	0,0806	0,077	0,152	0,002	0,002
16	4	97	0,0412	0,077	0,162	-0,007	0,000
17	5	100	0,0500	0,077	0,161	-0,006	0,000
18	8	96	0,0833	0,077	0,163	-0,008	0,000
19	6	87	0,0690	0,077	0,167	-0,012	0,000
20	13	105	0,1238	0,077	0,159	-0,004	0,000
21	14	125	0,1120	0,077	0,152	0,003	0,003
22	10	128	0,0781	0,077	0,151	0,004	0,004
23	6	96	0,0625	0,077	0,163	-0,008	0,000
24	8	100	0,0800	0,077	0,161	-0,006	0,000
25	7	104	0,0673	0,077	0,159	-0,004	0,000
26	10	120	0,0833	0,077	0,154	0,001	0,001
27	6	125	0,0480	0,077	0,152	0,003	0,003
28	7	100	0,0700	0,077	0,161	-0,006	0,000
29	9	109	0,0826	0,077	0,157	-0,003	0,000
30	9	115	0,0783	0,077	0,155	0,000	0,000

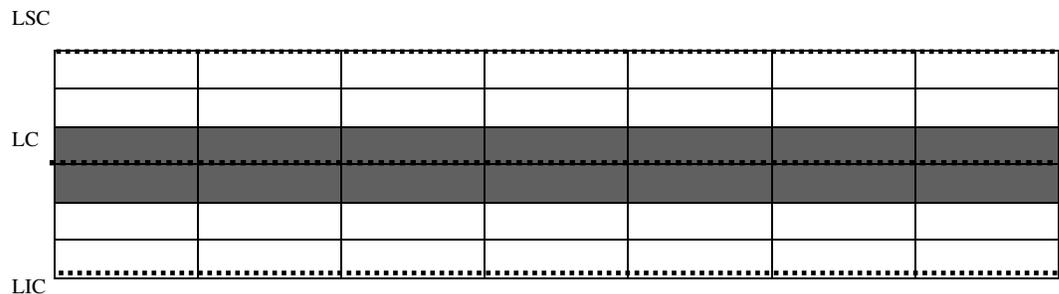
TOTALES 248 3203
 $\bar{u} = 248/3203 = 0,077$



4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS GRAFICOS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

Un proceso estará bajo control estadístico (utilizando gráficos de control (3 sigma), si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- No hay puntos por fuera de los límites superior e inferior de control.
- La proporción de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente igual.
- La mayoría de los puntos deberán estar cercanos a línea central (por encima y por debajo). El términos “mayoría” y “cercano” pueden interpretarse así: si la zona superior del gráfico, es decir la comprendida entre la línea central y el límite superior de control, se divide en 3 partes iguales y se hace lo mismo con la zona inferior, aproximadamente 7 de cada 10 puntos deberán estar en la zona contenida entre los dos tercios a partir de la línea central (Zona sombreada de la figura).



Algunas situaciones relacionadas con procesos fuera de control, sus posibles interpretaciones y causas de variación, se describen a continuación:

- **Un punto fuera de los límites de control:** Esta situación puede deberse a una causa de variación especial, por ejemplo, una variación súbita de la energía eléctrica o un error en la medición.

Adicionalmente puede deberse a causas aleatorias aunque la probabilidad de este evento sea muy baja (0.24%)

Observe que en los gráficos de fracción defectuosa un punto por debajo del límite inferior aunque indica una mejora en la calidad (menor fracción defectuosa), deberá ser objeto de análisis.

- **Rachas de puntos a un lado de la línea central:** Esta situación es indicativa de cambios en el promedio de la fracción defectuosa del proceso y generalmente se debe a causas asignables de variación.

De manera análoga al punto anterior, si la racha de puntos está por debajo de la línea central, aunque es indicativo de que el proceso ha mejorado, es necesario determinar las causas de la variación y de ser posible implementarla en el proceso.

- **Patrones cíclicos:** Esta situación indica que el proceso está sometido a causas asignables que varían periódicamente, tales como: cambios en los turnos, fatiga del operario al final del turno, cambios de dispositivos o herramientas, entre otras.
- **Tendencias:** Las tendencias son indicativas de causas que están afectando de manera gradual el proceso, produciendo tendencias ascendentes (empeoramiento de la calidad) o descendentes (mejoramiento de la calidad).

Tales causas de variación pueden deberse a mejoras continuas en la destreza del operario (curva de aprendizaje); desgaste de herramientas, acumulación de suciedad, rebabas en los dispositivos, fatiga progresiva del operario, cambios progresivos en las condiciones ambientales (temperatura o humedad), entre otras.

El análisis de la situación y la correcta identificación de las causas de variación dependen del grado de conocimiento y experiencia del analista sobre el proceso en cuestión

5. TALLER:

1. En un proceso de impresión de tarjetas se toman 20 muestras (una por día) de tamaño $n = 100$, anotando la fracción defectuosa, como se muestra en la siguiente tabla:

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P%	4	6	5	5	5	4	7	4	9	5	4	8	5	7	6	4	5	4	6	4

- Elabore un gráfico de fracción defectuosa e interprete los resultados.

2. En el proceso de sellado de bolsas de suero se toman 20 muestras de 60 bolsas. La siguiente tabla muestra el número de unidades defectuosas para cada una de las muestras:

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nº Def	1	0	0	2	0	3	1	2	0	3	4	2	2	1	1	2	3	2	3	0

- Elabore un gráfico de control de fracción defectuosa e interprete los resultados
- Elabore un gráfico de control de número de defectuosos e interprete los resultados.

3. Una central telefónica de información registra el número de llamadas hechas por los usuarios diariamente y además el número de estas que no pueden ser atendidas, dada la capacidad del sistema. La siguiente tabla muestra los datos del último mes.

Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Llamadas		154	173	125	151	187	201	175	190	141	160
No atendidas		23	19	21	25	28	33	30	28	21	25

Día		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Llamadas		179	163	119	135	168	181	157	119	159	174
No atendidas		28	17	22	20	18	32	28	21	19	21

Día		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Llamadas		170	138	152	193	148	111	195	109	149	136
No atendidas		27	21	19	20	21	19	23	29	12	26

- Elabore un gráfico de fracción defectuosa para este servicio e interprete los resultados

4. En la producción de cierto tipo de rejas se requieren puntos de soldadura. Se toman 25 rejas encontrándose 19 puntos defectuosos en las 25 unidades.
- Calcule la línea central y los límites de control para el gráfico **c**
 - Interprete estos límites de control.
5. Considere otro tipo de reja de tamaño variable (en metros). Se tomaron 25 rejas, registrando el número de puntos de soldadura defectuosos en cada una de ellas y su longitud. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Reja N°	N° de puntos	N° defectos	Defectos/punto
1	12	1	0.083
2	18	0	0.000
3	15	0	0.000
4	15	1	0.067
5	15	1	0.067
6	18	2	0.111
7	20	2	0.100
8	20	1	0.050
9	25	2	0.080
10	20	2	0.100
11	18	1	0.055
12	15	1	0.067
13	15	1	0.067
14	20	0	0.000
15	20	2	0.100
16	18	1	0.055
17	20	2	0.100
18	18	1	0.055
19	20	2	0.100
20	15	0	0.000
21	20	1	0.050
22	20	1	0.050
23	18	2	0.111
24	20	2	0.100
25	18	1	0.055

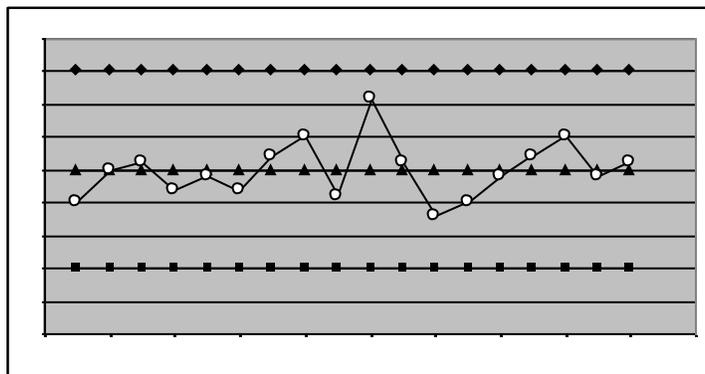
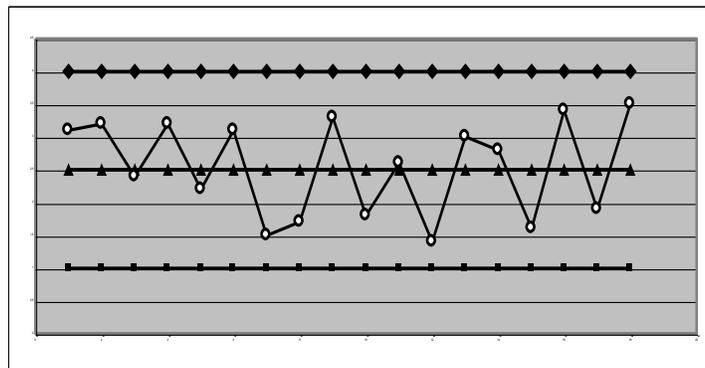
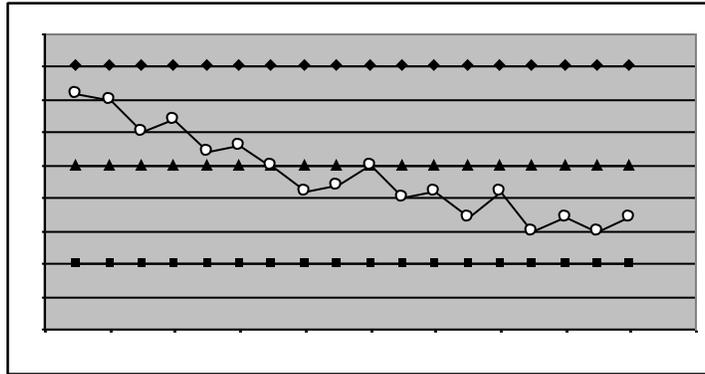
- Elabore el gráfico de control **u** e interprete los resultados.
6. En una planta textil se registró el número de paros de los telares en los pasados 30 días. La siguiente tabla muestra estos datos.

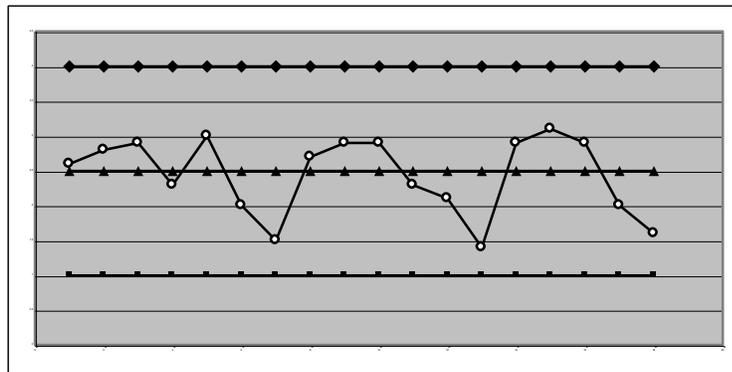
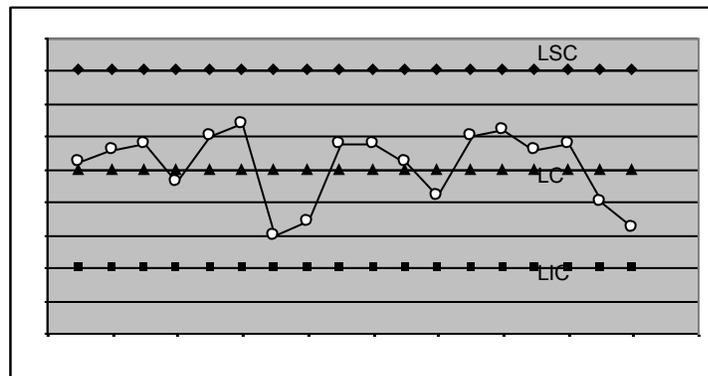
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Paros	15	17	12	11	9	12	11	18	12	10	9	10	12	18	20

Día	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Paros	17	15	8	10	14	10	9	16	18	12	6	10	9	16	15

- Elabore el gráfico de control **c** e interprete los resultados

7. Analice el estado de control de los procesos representados en los siguientes gráficos de control de fracción defectuosa:





6. BIBLIOGRAFÍA

- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Evans, James y William Lindsay. Administración y Control de la Calidad. Thompson. México. 2000.
- Duncan, Acheson. Quality Control and Industrial Statistics. Irwin Inc. Illinois. 1965.

MODULO 4 - CONTROL DE PROCESO PARA VARIABLES

Al Parador de La Peña, ubicado en la cima de un escarpado risco, se llega por teleférico. Las cabinas tienen veinte asientos y una capacidad máxima de 2000 kilogramos.

En la cafetería de la estación, un operario del teleférico, con aire de satisfacción, le decía a un turista: "Mire, en cinco años de operación del sistema jamás se han presentado accidentes, las normas de seguridad son muy estrictas y su cumplimiento son nuestra primera prioridad. Por ejemplo, si se excede el peso máximo suena una alarma y se bloquea la partida de la cabina. A propósito, que yo sepa esto nunca ha ocurrido, pues 2000 kilogramos son muchos kilogramos...."

En estas, el ruido estridente de un timbre interrumpió la conversación, y el operario apresuradamente abandonó la cafetería, minutos más tarde regresó y dirigiéndose a su contertulio, dijo: "No me lo va a creer, hoy se inicia en el parador la convención de la Asociación Nacional de Gordos...."

OBJETIVOS:

- Conocer las herramientas usadas en el control de calidad para variables
- Aprender la construcción de los diferentes tipos de gráficos de control de procesos para variables e interpretar los resultados
- Evaluar la capacidad de los procesos productivos

CONTENIDO:

1. Gráficos de control para variables	44
2. Gráficos \bar{X}	44
3. Gráficos R	49
4. Tabla de factores para gráficos de control	51
5. Otros tipos de gráficos de control para variables	52
6. Límites de control para valores individuales	54
7. Capacidad del proceso	57
8. Taller	59
9. Bibliografía	63

1. GRAFICOS DE CONTROL PARA VARIABLES

Los gráficos de control de proceso para variables se basan en la medición de los valores de características de calidad en una escala continua, tales como: longitud, peso, resistencia, densidad, temperatura, etc.

Existen dos tipos básicos de gráficos de control para variables, así:

- **GRAFICOS DE CONTROL PARA EL PROMEDIO:** Estos gráficos controlan el valor promedio de la característica de calidad en las muestras. Se conocen como gráficos \bar{X} .
- **GRAFICOS DE CONTROL PARA LA AMPLITUD:** Estos gráficos controlan la amplitud o rango de variación de la característica de calidad en las muestras. El rango, R, se define como la diferencia entre el máximo y el mínimo valor de la característica, X, obtenido en una muestra, así: $R = \text{Max} [X] - \text{Min} [X]$. Estos gráficos se conocen como gráficos R.

2. GRAFICOS \bar{X}

Los gráficos \bar{X} controlan el valor promedio de la característica de calidad arrojada por el proceso a partir de los valores promedios de la característica obtenidos en las muestras y se basan en la distribución muestral de la media de la teoría de muestreo.

Para la construcción de los gráficos \bar{X} , se requiere la determinación de:

- **LINEA CENTRAL:** La línea central se sitúa en el valor de la media del proceso, en el caso de que ésta no se conozca puede estimarse aplicando la teoría del muestreo. $LC = \mu = \mu_X = \bar{X}$.
- **LIMITE SUPERIOR DE CONTROL:** Para gráficos 3 sigma, el LSC se ubica en $\mu + 3\sigma$, donde μ y σ son la media y la desviación estándar del proceso. En el caso de que σ sea desconocido, se estima su valor a partir de datos históricos o extracción de muestras.

- **LIMITE INFERIOR DE CONTROL:** Para gráficos 3 sigma, el LIC se ubica en $\mu - 3\sigma$, donde μ y σ son la media y la desviación estándar del proceso.

Ejemplo 1: Una troqueladora produce tapas metálicas con un diámetro promedio de 1.75 centímetros y desviación estándar de 0.2. Determinar la LC y los LSC y LIC de control para un gráfico \bar{X} , 3 sigma, tomando muestras de 50 tapas.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para la construcción de un gráfico de control \bar{X} , conocidas la media y la desviación estándar del proceso.

Solución:

$$LC = 1.75$$

$$LSC = 1.75 + 3\sigma/\sqrt{n} = 1.75 + 0.0848 = 1.835$$

$$LIC = 1.75 - 3\sigma/\sqrt{n} = 1.75 - 0.0848 = 1.665$$

El cálculo de los límites de control para gráficos \bar{X} , para procesos con media y desviación estándar desconocida, requiere la estimación de estos parámetros a partir de la información suministrada por muestras representativas tomadas del proceso.

Por la teoría estadística, se sabe que la distribución muestral de la media tiene un valor promedio igual a la media de la población (media del proceso).

Y una desviación estándar igual a $\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$, donde:

d_2 = Valor tabulado para diferentes valores del tamaño de la muestra n.

\bar{R} = Rango promedio de k muestras de tamaño n.

El valor $\frac{3}{d_2\sqrt{n}} = A_2$ está tabulado para diferentes valores de n

Por lo tanto los límites superior e inferior de control están dados por:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Donde: $\bar{\bar{X}}$ = Valor promedio de la media de k muestras de tamaño n

En el numeral 4 se reproduce la tabla de factores para gráficos de control 3 sigma donde pueden hallarse los valores d_2 y A_2 .

Ejemplo 2: Realice un gráfico \bar{X} , para el proceso de llenado de vasos de helado, en el cual se desconocen el promedio y la desviación estándar del peso en gramos.

Se toman muestras de 25 unidades durante 20 días y se registran el peso promedio y el rango en gramos, los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

Día	\bar{X}	R
1	253.4	5.4
2	256.4	3.2
3	249.1	4.8
4	259.0	3.7
5	261.2	4.2
6	251.5	3.0
7	255.0	3.2
8	254.5	2.9
9	260.7	2.5
10	265.2	6.1
11	258.0	5.2
12	254.2	3.4
13	243.8	4.0
14	248.0	2.9
15	254.3	3.8
16	260.4	5.1
17	247.1	4.5
18	253.7	2.5
19	247.2	4.3
20	249.0	5.2
Totales	5081.7	79.9
Promedio	$\bar{\bar{X}} = 254.085$	$\bar{R} = 3.996$

Tabla 4.1. - Datos del ejemplo 2

Objetivo: Mostrar el procedimiento para la construcción de un gráfico de control \bar{X} , desconocidas la media y la desviación estándar del proceso.

Solución:

Basados en la información proporcionada por estas 20 muestras se calculan:

$$LC = \bar{\bar{X}} = 254.085$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 254.085 + 3 \frac{3.996}{3.931 \times 5} = 254.69$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = 254.085 - 3 \frac{3.996}{3.931 \times 5} = 253.47$$

El valor de $d_2 = 3.931$ se toma de la tabla para $n = 25$.

Con estos resultados se construye el gráfico y se registran los resultados del peso promedio de las muestras subsiguientes.

De manera alternativa, pueden calcularse los límites de control usando las siguientes formulas:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 254.085 + 0.153 \times 3.996 = 254.69$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 254.085 - 0.153 \times 3.996 = 253.47$$

El valor $A_2 = 0.153$ se obtiene de la tabla para $n = 25$.

Observe que los resultados obtenidos por ambas formulas son iguales.

Ejemplo 3: ¿Qué podrá decirse del estado de control del promedio del proceso del ejemplo 2, si en los siguientes 8 días el peso promedio de las muestras fue:

Día	\bar{X}
21	253.8
22	254.2
23	252.0
24	253.7
25	255.2
26	254.5
27	253.0
28	255.0

Tabla 4.2. - Datos para el ejemplo 3

Objetivo: Mostrar la aplicación de el gráfico de control \bar{X} , para establecer el estado de control del proceso.

Solución:

Graficando los puntos se tiene:

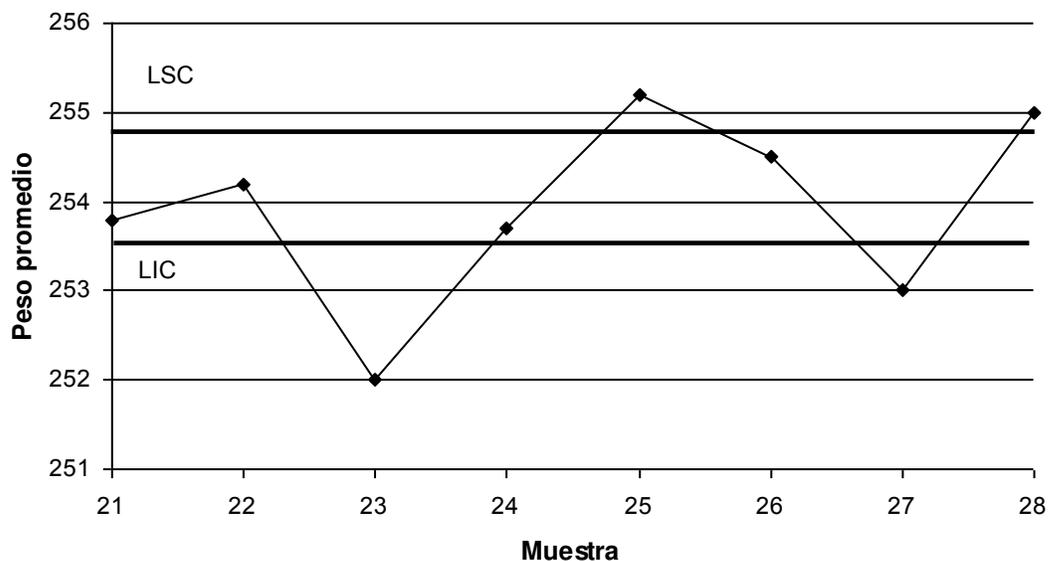


Figura 4.1. – Gráfico de control para la media del ejemplo 3

Observe que el proceso está fuera de control puesto que los pesos promedios de las muestras de los días 23, 25, 27 y 28 caen por fuera de los límites de control. Será necesario, por lo tanto, investigar las posibles causas asignables que generaron tales variaciones.

3. GRAFICOS R

Los gráficos de amplitud o gráficos R están diseñados para detectar cambios en la variabilidad del proceso a partir del cálculo de los rangos de las muestras.

Los valores promedio y desviación estándar del rango de la población se estiman a partir datos históricos o tomando muestras. La distribución muestral del rango para muestras de tamaño n es aproximadamente normal con $\sigma_R = d_3 \bar{R} / d_2$, donde d_3 y d_2 están tabulados para diferentes valores de n , en la citada tabla de factores (Numeral 4).

Por lo tanto, los límites superior e inferior del gráfico R para 3 sigma, están dados, por:

$$LSC = \bar{R} + 3 (d_3 \bar{R} / d_2) = \bar{R} [1 + (3 d_3 / d_2)]$$

$$LIC = \bar{R} - 3 (d_3 \bar{R} / d_2) = \bar{R} [1 - (3 d_3 / d_2)]$$

Los factores $[1 + (3 d_3 / d_2)]$ y $[1 - (3 d_3 / d_2)]$ se conocen como D_4 y D_3 , respectivamente, y están tabulados para diferentes valores de n , en la citada tabla.

En consecuencia, los límites superior e inferior de control están dados, por:

$$LSC = \bar{R} * D_4$$

$$LIC = \bar{R} * D_3$$

Ejemplo 4: Tomando los datos de las veinte muestras del ejemplo 2 (Tabla 4.1). Calcule los límites superior e inferior del gráfico R.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para el cálculo de la línea central y los límites superior e inferior de control del gráfico R.

Solución:

Los valores para D_4 y D_3 cuando $n = 25$, son: 1.541 y 0.459, respectivamente. Y $\bar{R} = 3.996$. Por lo tanto:

$$LC = 3.996$$

$$LSC = 3.996 \times 1.541 = 6.15$$

$$LIC = 3.996 \times 0.459 = 1.83$$

Ejemplo 5: Establezca el estado de control de la variabilidad del proceso del ejemplo 4, si en los siguientes ocho días el rango del peso de muestras de 25 vasos, es:

Día	Rango
21	5.8
22	7.2
23	4.3
24	2.8
25	5.1
26	4.5
27	9.0
28	7.2

Tabla 4.3. - Datos para el ejemplo 5

Objetivo: Mostrar la aplicación de los gráficos de control R para establecer el estado de control de la variabilidad del proceso.

Solución:

Usando los límites de control encontrados en el problema 3 y graficando los datos, se tiene:

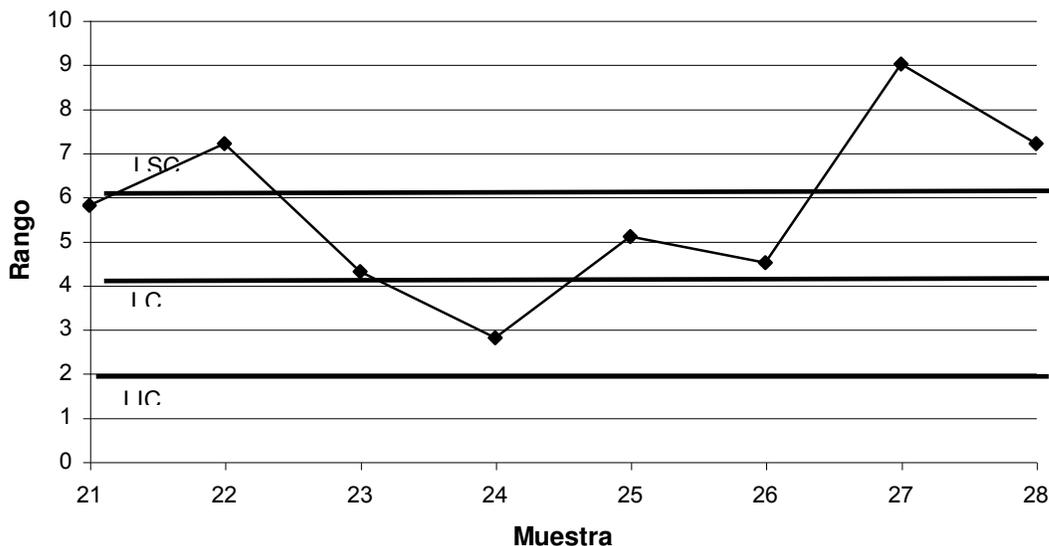


Figura 4.2. – Gráfico de control R del ejemplo 5

Observe que los días 22, 27 y 28 el rango de las muestras está por fuera de los límites de control y por lo tanto el proceso está fuera de control y deberán investigarse las causas asignables que generaron estas variaciones del rango.

En la práctica, los procesos se controlan usando simultáneamente gráficos \bar{X} y R.

4. TABLA DE FACTORES PARA GRAFICOS DE CONTROL 3 SIGMA

MUESTRA	A1	A2	c2	B1	B2	B3	B4	d2	D1	D2	D3	D4
2	3,760	1,880	0,5642	0	1,843	0	3,267	1,128	0	3,686	0	3,267
3	2,394	1,023	0,7236	0	1,858	0	2,568	1,693	0	4,358	0	2,575
4	1,880	0,729	0,7979	0	1,808	0	2,266	2,059	0	4,698	0	2,282
5	1,596	0,577	0,8407	0	1,756	0	2,089	2,326	0	4,918	0	2,115
6	1,410	0,483	0,8686	0,026	1,711	0,030	1,970	2,534	0	5,078	0	2,004
7	1,277	0,419	0,8882	0,105	1,672	0,118	1,882	2,704	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,175	0,373	0,9027	0,167	1,638	0,185	1,815	2,847	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,094	0,337	0,9139	0,219	1,609	0,239	1,761	2,970	0,546	5,394	0,184	1,816
10	1,028	0,308	0,9227	0,262	1,584	0,284	1,716	3,078	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,973	0,285	0,9300	0,299	1,561	0,321	1,679	3,173	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,925	0,266	0,9359	0,331	1,541	0,354	1,646	3,258	0,924	5,592	0,284	1,716
13	0,884	0,249	0,9410	0,359	1,523	0,382	1,618	3,336	1,026	5,646	0,308	1,692
14	0,848	0,235	0,9453	0,384	1,507	0,406	1,594	3,407	1,121	5,693	0,329	1,671
15	0,816	0,223	0,9490	0,406	1,492	0,428	1,572	3,472	1,207	5,737	0,348	1,652
16	0,788	0,212	0,9523	0,427	1,478	0,448	1,552	3,532	1,286	5,779	0,364	1,636
17	0,762	0,203	0,9551	0,445	1,465	0,466	1,534	3,588	1,359	5,817	0,379	1,621
18	0,738	0,194	0,9576	0,461	1,454	0,482	1,518	3,640	1,420	5,854	0,392	1,608
19	0,717	0,187	0,9599	0,477	1,443	0,497	1,503	3,689	1,490	5,888	0,404	1,596
20	0,697	0,180	0,9619	0,491	1,433	0,510	1,490	3,735	1,548	5,922	0,414	1,586
21	0,679	0,173	0,9638	0,504	1,424	0,523	1,477	3,778	1,606	5,95	0,425	1,575
22	0,662	0,167	0,9655	0,516	1,415	0,534	1,466	3,819	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,647	0,162	0,9670	0,527	1,407	0,545	1,455	3,858	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,632	0,157	0,9684	0,538	1,399	0,555	1,445	3,895	1,759	6,031	0,452	1,548
25	0,619	0,153	0,9696	0,548	1,392	0,565	1,435	3,931	1,804	6,058	0,459	1,541

ESTIMANDO: $\mu = \bar{X}$ y $\sigma = \bar{R} / d_2$

Donde: $\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ (media de la muestra i); $\bar{X} = \frac{\sum_{k=1}^K \bar{X}_k}{K}$ (media de las k medias); $\bar{R} = \frac{\sum_{k=1}^K R_k}{K}$

Gráfico \bar{X}

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

Gráfico R:

$$LSC_R = D_4 \bar{R} \quad LC_R = \bar{R} \quad LIC_R = D_3 \bar{R}$$

ESTIMANDO: $\mu = \bar{X}$ y $\sigma = \bar{\sigma} / c_2$ Donde: $\bar{\sigma} = \frac{\sum_{k=1}^K \sigma_k}{K}$

Gráfico \bar{X}

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + \frac{3\bar{\sigma}}{c_2\sqrt{n}} = \bar{X} + A_1 \bar{\sigma} \quad LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - \frac{3\bar{\sigma}}{c_2\sqrt{n}} = \bar{X} - A_1 \bar{\sigma}$$

Gráfico σ

$$LSC_{\sigma} = B_4 \bar{\sigma} \quad LC_{\sigma} = \bar{\sigma} \quad LIC_{\sigma} = B_3 \bar{\sigma}$$

5. OTROS TIPOS DE GRAFICOS DE CONTROL PARA VARIABLES

GRAFICOS \bar{X} , s: Este tipo de gráficas de control, a diferencia de las gráficas R, no se estima la variabilidad del proceso a partir del rango de las muestras, sino usando la desviación estándar de las muestras, s. Igualmente que para los gráficos R se acompaña del gráfico \bar{X} , pero ahora los límites superior e inferior de éste se calculan con base en las desviaciones estándar de las muestras.

Para el gráfico s, se calcula la desviación de cada una de las muestras, así:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Para el cálculo de los límites de control para la gráfica s, se calcula \bar{s} , como el promedio de las desviaciones de las k muestras tomadas de tamaño n.

La línea central y los límites superior e inferior están dados por:

Línea central: \bar{s}
 Límite superior $B_4 \bar{s}$ (B_4 valor tabulado)
 Límite inferior $B_3 \bar{s}$ (B_3 valor tabulado)

Ver tabla numeral 4.

Para el gráfico \bar{X} , calculado a partir de s, los límites de control son:

Línea central: $\bar{\bar{X}}$
 Límite superior $\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{s}$ (A_2 valor tabulado)
 Límite inferior $\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{s}$ (A_2 valor tabulado)

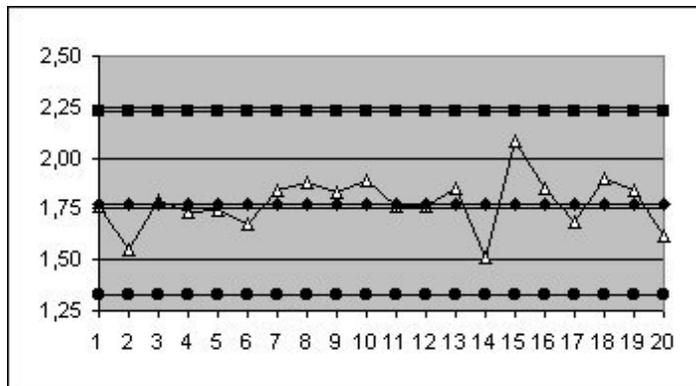
Ver tabla numeral 4

Ejemplo 6: La siguiente tabla muestra las medias y las desviaciones estándar de 25 muestras de tamaño n = 10, además del cálculo de los límites de control para los gráficos \bar{X} y s.

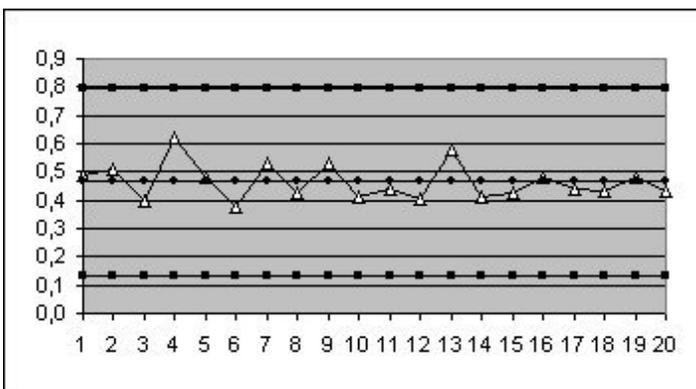
Nº	OBS. 1	OBS. 2	OBS. 3	OBS. 4	OBS. 5	OBS. 6	OBS. 7	OBS. 8	OBS. 9	OBS. 10	MEDIA	DES. EST.
1	2,0	2,5	2,1	1,9	1,1	1,8	1,4	1,3	1,2	2,3	1,76	0,486
2	1,0	2,0	2,4	1,3	1,2	1,4	1,2	1,1	1,6	2,3	1,55	0,508
3	1,4	1,7	1,1	2,0	1,9	2,4	2,1	1,4	1,8	2,1	1,79	0,396
4	1,6	1,0	2,0	1,1	1,2	2,3	1,0	2,5	2,5	2,1	1,73	0,622
5	2,1	1,3	1,5	1,2	2,5	2,1	1,8	1,2	1,4	2,3	1,74	0,484
6	1,1	1,8	1,5	1,2	1,5	2,3	1,9	1,8	1,6	2,1	1,68	0,377
7	1,4	1,5	1,0	2,5	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,4	1,84	0,532
8	1,7	2,2	1,6	2,2	1,4	2,2	1,8	1,1	2,3	2,3	1,88	0,424
9	1,9	1,0	1,6	2,4	1,2	1,4	2,4	2,1	2,5	1,8	1,83	0,527
10	2,3	1,9	1,4	1,9	2,1	2,5	1,4	2,3	1,7	1,4	1,89	0,409
11	1,9	1,6	2,4	1,3	2,5	1,9	1,7	1,3	1,8	1,2	1,76	0,443
12	1,6	1,3	2,1	1,9	1,1	1,9	1,9	2,5	1,5	1,8	1,76	0,403
13	2,4	1,1	2,0	1,3	1,2	2,4	2,1	2,4	1,2	2,4	1,85	0,578
14	1,4	2,0	1,6	1,4	1,0	1,4	1,7	1,0	2,3	1,3	1,51	0,409
15	2,4	2,0	2,5	2,1	2,4	1,6	2,5	1,2	1,9	2,2	2,08	0,424
16	1,9	2,4	1,8	1,4	2,2	1,2	1,4	2,4	2,4	1,4	1,85	0,479
17	1,0	1,9	1,5	2,1	1,8	1,8	1,5	2,3	2,0	1,0	1,69	0,438
18	2,3	2,2	1,3	2,1	2,2	1,5	2,5	1,7	1,9	1,3	1,90	0,429
19	2,1	2,4	2,4	2,4	1,1	1,7	2,0	1,4	1,4	1,5	1,84	0,484
20	1,7	1,9	1,1	2,4	1,1	1,3	1,4	2,1	1,4	1,8	1,62	0,434

B₃ = 0,284
 B₄ = 1,716
 A₃ = 0,975

LC(MEDIA) 1,78
 LSC(MED) 2,23
 LIC(MED) 1,32



LC(s) 0,46
 LSC(s) 0,80
 LIC(s) 0,13



6. LÍMITES DE CONTROL PARA VALORES INDIVIDUALES

Una vez se logre que el proceso esté bajo control, es decir, tanto la media como el rango muestral, obtenido a partir de muestras de tamaño n , están entre los límites de control de los gráficos \bar{X} y R , es posible el cálculo de límites de control para valores individuales.

Estos límites permiten apreciar si el valor de la característica de calidad de un artículo está respondiendo al estado de control del proceso que lo produce.

Adicionalmente, son de mucha utilidad para evaluar si un proceso es “capaz” de producir artículos que requieran una especificación dada. La especificación se define como los valores máximo y mínimo “soportables” de una característica de calidad del producto, estos valores se conocen como los límites superior e inferior de la especificación o límites máximo y mínimo de tolerancia. En la producción de muchos artículos es corriente que el cliente le exija al fabricante un valor nominal y límites superior o inferior o ambos de la característica de calidad. El hecho de que un producto no cumpla la especificación lo hace no conforme o defectuoso.

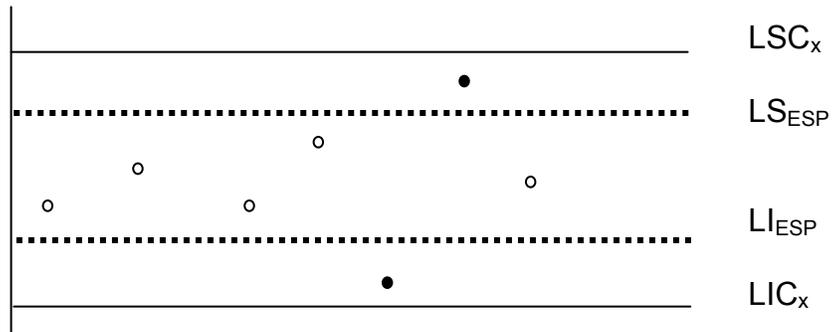
Como ilustración considere un comprador de un pasador de acero que exige un diámetro promedio de $25 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$, esto es, pasadores de más de 25.5 o menos de 24.5 mm de diámetro son inaceptables o defectuosos. Las especificaciones máxima y mínima se denotan como: LS_{ESP} y LIE_{ESP} , respectivamente.

El cálculo de los límites de control superior e inferior para valores individuales (denotadas con subíndice x), se obtienen así:

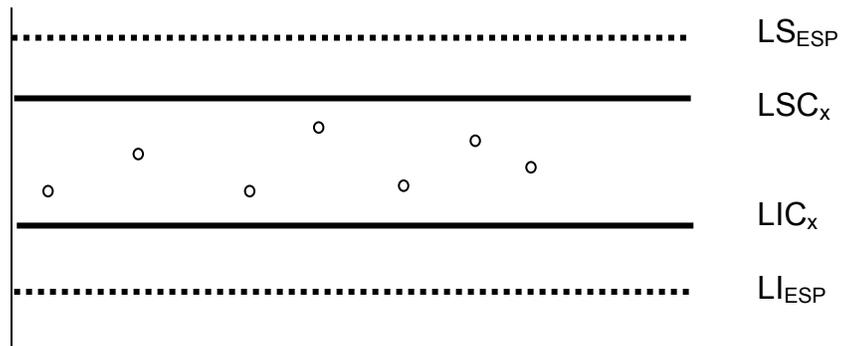
$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + \sqrt{n} A_2 \bar{R}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - \sqrt{n} A_2 \bar{R}$$

La comparación de los límites superior e inferior para valores individuales y los límites superior e inferior de especificación permitirá evaluar si el proceso soporta la especificación. Esto es, si los límites de la especificación están contenidos dentro de los límites para valores individuales significa que el proceso producirá artículos defectuosos (fuera de especificación). Por el contrario, si los límites para valores individuales están contenidos dentro los límites de la especificación significa que el proceso soporta la especificación y no habrá defectuosos si el proceso se mantiene bajo control.



Observe que los puntos negros pese a estar dentro de límites de control del proceso para individuos están por fuera de los límites de especificación y en consecuencia el proceso no soporta la especificación.



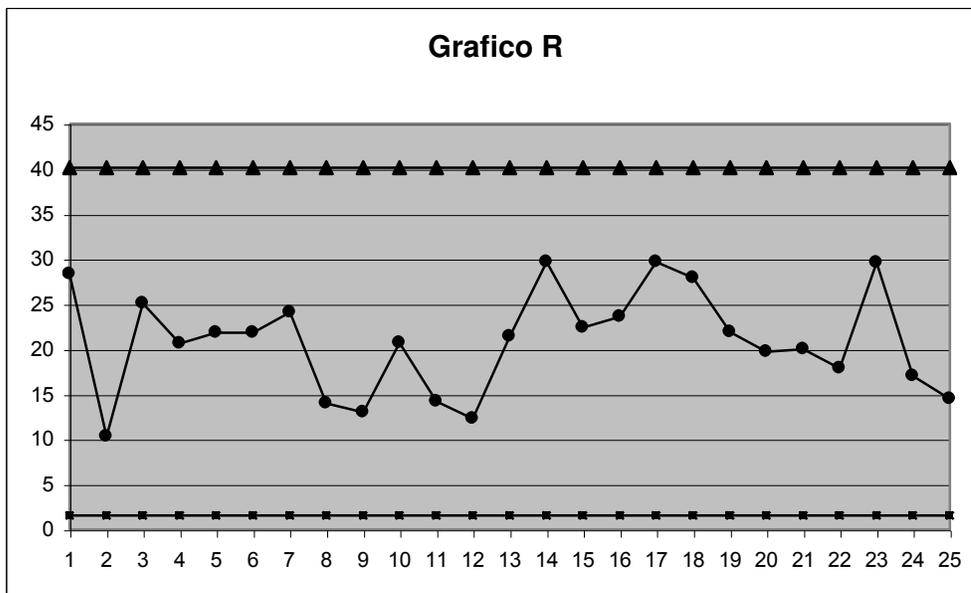
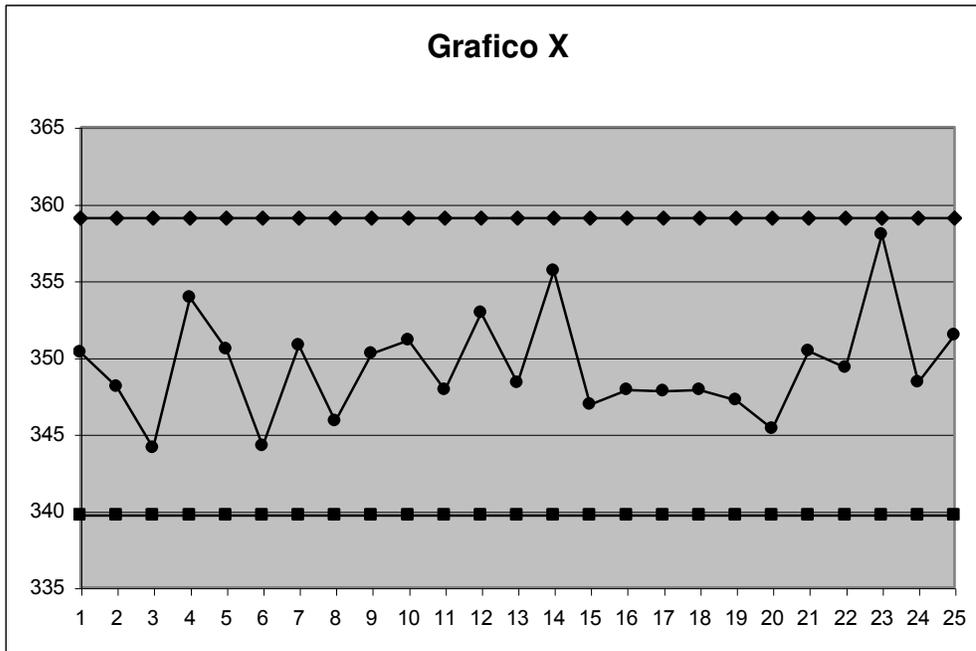
Por el contrario en la figura anterior los límites de control para individuos están contenidos entre los límites superior e inferior de la especificación y en consecuencia mientras el proceso permanezca bajo control no se producirán unidades defectuosas (por fuera de la especificación)

Ejemplo 7: En un proceso de llenado de bolsas de nueces se tomaron 25 muestras de 7 bolsas, para determinar el peso en gramos, arrojando los siguientes resultados:

$$\bar{\bar{X}} = 349.97$$

$$\bar{R} = 22.66$$

Los gráficos de control \bar{X} y R se muestran en la siguiente figura:



Asumiendo que el proceso está bajo control, Calcule los límites de control para individuos de la media.

Objetivo: Mostrar el cálculo de los límites de control de la media para individuos.

Solución:

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + \sqrt{n} A_2 \bar{R} = 349.97 + (2.646 \times 0.419 \times 22.66) = 375.09$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - \sqrt{n} A_2 \bar{R} = 349.97 - (2.646 \times 0.419 \times 22.66) = 324.84$$

Ejemplo 8: En relación con el problema anterior, suponga que un comprador del producto exige que las bolsas pesen 350 gr. ± 10 . Puede este proceso satisfacer la exigencia del cliente?

Objetivo: Mostrar la relación entre los límites de control para individuos del promedio del proceso y los límites de especificación del producto.

Solución:

Se tiene que: $LS_{ESP} = 360$ y $LI_{ESP} = 340$. Dado que estos límites están contenidos entre los límites de control para individuos puede concluirse que el proceso no soporta esta especificación, puesto que aún sin salirse de control, llenará bolsas por fuera de la especificación.

Observe que si la especificación se amplía a 350 gr. ± 25 , los límites serían: $LS_{ESP} = 375$ y $LI_{ESP} = 325$, caso en el cual los límites de control para individuos y los límites de especificación tienen aproximadamente los mismos valores y en consecuencia el proceso soporta la especificación.

7. CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad del proceso en relación a si un proceso es “capaz” de producir artículos individuales con unas especificaciones dadas, puede medirse.

Partiendo de un proceso bajo control y asumiendo que la variable objeto de control es aproximadamente normal, la desviación estándar del proceso puede estimarse a partir de: $\sigma = \bar{R}/d_2$.

Para límites 3 sigma, se dice que la capacidad del proceso, $C = 6\sigma$, observe que este valor es la diferencia entre los límites superior e inferior de control para individuos. Asumiendo que los valores individuales se distribuyen normalmente, es posible calcular la probabilidad de que un artículo esté por fuera de las especificaciones.

Ejemplo 9: En relación con los ejemplos 7 y 8, si se definen los límites de especificación superior e inferior de: $LS_{ESP} = 360$ y $LI_{ESP} = 340$. Calcule la probabilidad de que una bolsa cumpla con la especificación.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para determinar la probabilidad de que un proceso produzca artículos con unas especificaciones dadas.

Solución:

De los resultados obtenidos en el ejemplo 7, se tiene:

$$\mu = \bar{X} = 349.97.$$

$$\sigma = \bar{R}/d_2 = 22.66 / 2.704 = 8.38$$

$P(340 \leq X \leq 360) = P(X \leq 360) - P(X \leq 340) = P(Z \leq 1.20) - P(Z \leq -1.19) = 0.8849 - 0.1170 = 76.79\%$, y por lo tanto, el 23.21% de la producción de este proceso estará por fuera de la especificación.

Si los límites superior e inferior de la especificación son: $LS_{ESP} = 375$ y $LI_{ESP} = 325$, la probabilidad de que una bolsa cumpla la especificación es:

$P(325 \leq X \leq 375) = P(X \leq 375) - P(X \leq 325) = P(Z \leq 2.99) - P(Z \leq -2.98) = 0.9986 - 0.0014 = 99.72\%$, y por lo tanto, el 0.28% de la producción estará por fuera de la especificación.

INDICE DE CAPACIDAD: El índice de capacidad del proceso en relación con una especificación, se define como:

$$C_P = (LS_{ESP} - LI_{ESP}) / C = (LS_{ESP} - LI_{ESP}) / 6\sigma \quad (\sigma = \bar{R}/d_2)$$

Valores del índice menores que 1 indican que el proceso no soporta la especificación; valores de 1 indican que los límites del proceso para individuos y los límites de especificación coinciden y valores mayores que 1 indican que el proceso soporta la especificación.

Ejemplo 10: En relación con los ejemplos 7 y 8, calcule el índice de capacidad del proceso para las especificaciones dadas.

Objetivo: Mostrar el calculo e interpretación del índice de capacidad de un proceso en relación a unas especificaciones dadas.

Solución:

$$LS_{ESP} = 360 \text{ y } LI_{ESP} = 340, \text{ es: } C_P = 20 / (6 \times 8.38) = 0.398$$

El valor del índice de capacidad es menor que 1, y por lo tanto, el proceso está lejos de satisfacer las especificaciones.

Si las especificaciones se amplían a: $LS_{ESP} = 375$ y $LI_{ESP} = 325$, el índice es: $C_P = 50 / (6 \times 8.38) = 0.994$, valor muy cercano a 1, y por lo tanto, puede decirse que el proceso soporta las especificaciones de manera ajustada.

Si la especificación fuera: $LS_{ESP} = 380$ y $LI_{ESP} = 320$, el índice $C_P = 60 / (6 \times 8.38) = 1.20$, y en consecuencia, puede decirse que el proceso satisface sobradamente las especificaciones.

8. TALLER

1. La siguiente tabla muestra la media y el rango en centímetros de 12 muestras de tamaño 30, tomadas para establecer límites de control de prueba.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Media	9.2	8.7	8.8	9.1	8.3	9.1	8.6	8.7	9.2	8.4	8.2	8.0
Rango	0.4	0.5	0.4	0.2	0.7	0.3	0.4	0.2	0.5	0.6	0.4	0.4

- Calcule la línea central y los límites de control para los gráficos \bar{X} y R 3 sigma

2. Usando los límites de control del problema anterior, establezca el estado del proceso, si las últimas 10 muestras de tamaño 30, arrojaron los siguientes resultados:

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Media	8.9	9.2	9.2	9.5	9.3	9.2	9.7	9.4	9.2	9.4
Rango.	0.1	0.5	0.4	0.3	0.6	0.2	0.4	0.2	0.5	0.4

3. La siguiente tabla muestra la media y la desviación estándar (en segundos) de 36 muestras de tamaño 30, tomadas para establecer límites de control de prueba.

Muestra	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Media	9.1	8.7	8.8	9.1	9.3	9.1	9.6	8.7	9.2	9.4	9.2	8.8
D. Est.	0.8	0.5	1.4	1.2	0.7	1.3	0.7	1.2	0.5	0.6	0.4	1.4

Muestra	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Media	9.2	8.7	7.8	9.4	9.5	9.1	8.6	8.9	9.0	8.9	7.9	8.2
D. Est.	1.1	0.3	0.9	0.8	1.4	1.0	0.5	1.2	0.7	0.9	0.7	0.9

- Calcule los límites de control y la línea central para los gráficos de control 3 sigma, \bar{X} y s
4. Usando los límites de control del problema anterior, establezca el estado de control del proceso, si las últimas 10 muestras de tamaño 30, arrojaron los siguientes resultados:

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Media	9.8	9.7	10.2	9.9	8.3	9.2	9.7	9.9	9.2	10.4
D. Est.	1.1	0.5	0.4	0.6	0.6	1.0	0.4	1.2	0.5	0.9

5. Los límites de control para individuos de un proceso bajo control son:

$$LSC_x = 78.25 \quad LIC_x = 70.75 \quad LC_x = 74.50$$

- Si se establece como defectuosas las unidades con valor mayor de 77 y menor de 70, Calcule la probabilidad de que una unidad producida por este proceso sea defectuosa.
- Cuál es el índice de capacidad del proceso en relación con la especificación?

6. La siguiente tabla muestra los resultados de una variable a partir de 20 muestras de tamaño 10.

Día	Obs									
1	1,12	1,00	1,18	1,03	1,05	1,18	1,12	1,15	1,08	1,04
2	1,11	1,07	1,20	1,17	1,06	1,18	1,02	1,15	1,09	1,08
3	1,00	1,13	1,14	1,13	1,20	1,07	1,20	1,10	1,12	1,16
4	1,15	1,00	1,03	1,11	1,13	1,10	1,07	1,14	1,11	1,12
5	1,04	1,04	1,03	1,00	1,10	1,09	1,02	1,09	1,15	1,02
6	1,00	1,13	1,16	1,08	1,14	1,16	1,01	1,20	1,18	1,02
7	1,00	1,13	1,05	1,08	1,02	1,04	1,01	1,03	1,18	1,18
8	1,14	1,17	1,00	1,06	1,00	1,03	1,07	1,19	1,16	1,11
9	1,10	1,00	1,17	1,08	1,10	1,12	1,09	1,02	1,12	1,00
10	1,08	1,08	1,11	1,08	1,13	1,18	1,12	1,09	1,10	1,03
11	1,05	1,17	1,09	1,17	1,13	1,05	1,14	1,03	1,02	1,05
12	1,18	1,02	1,04	1,02	1,12	1,05	1,02	1,19	1,12	1,03
13	1,01	1,19	1,08	1,04	1,08	1,15	1,08	1,04	1,15	1,03
14	1,09	1,17	1,16	1,07	1,07	1,20	1,09	1,02	1,02	1,13
15	1,02	1,20	1,15	1,09	1,10	1,02	1,12	1,17	1,02	1,08
16	1,04	1,03	1,03	1,14	1,15	1,00	1,06	1,07	1,02	1,02
17	1,15	1,12	1,13	1,05	1,10	1,00	1,17	1,00	1,03	1,06
18	1,17	1,16	1,01	1,17	1,06	1,18	1,05	1,08	1,14	1,11
19	1,02	1,19	1,15	1,08	1,17	1,15	1,13	1,08	1,06	1,20
20	1,17	1,06	1,01	1,06	1,17	1,18	1,17	1,16	1,14	1,19

- Calcule los límites de control (3 sigma) para los gráficos \bar{X} , R
- Calcule los límites de control (3 sigma) para los gráficos \bar{X} , s
- Compare y analice los resultados obtenidos en los dos puntos anteriores
- Trace los puntos en los gráficos y analice el estado de control del proceso

7. Las dos tablas siguientes muestran los resultados obtenidos de las medias y los rangos de 25 muestras de tamaño cinco ($n = 5$) de dos procesos.

- Calcule para cada uno de los procesos los límites de control de los gráficos \bar{X} y R
- Grafique los valores y analice el estado de control de la media y el rango de ambos procesos.
- En caso de que los procesos estén bajo control calcule los límites de control para individuos.
- Calcule los índices de capacidad de cada proceso, sí se establecen las siguientes especificaciones, así:

Especificación: 45 ± 7 Especificación 85 ± 15

MUESTRA	MEDIA	RANGO	MUESTRA	MEDIA	RANGO
1	44,01	5,08	1	84,95	13,07
2	45,69	5,54	2	86,36	13,02
3	43,69	5,60	3	81,61	13,14
4	43,79	5,46	4	83,89	11,41
5	45,56	6,10	5	84,23	9,18
6	45,64	6,08	6	82,46	9,66
7	45,62	5,27	7	89,44	11,89
8	43,80	5,07	8	88,70	10,78
9	45,18	5,71	9	81,54	9,66
10	44,96	4,85	10	85,12	9,39
11	43,83	6,34	11	88,47	11,83
12	44,02	5,23	12	84,62	12,71
13	44,17	4,93	13	80,47	13,08
14	43,71	6,71	14	85,17	9,55
15	43,87	6,23	15	80,06	9,97
16	43,70	6,15	16	84,15	13,07
17	45,12	5,06	17	86,20	12,94
18	44,18	5,02	18	81,50	11,07
19	45,22	5,76	19	81,64	11,38
20	45,04	6,37	20	83,98	13,01
21	44,66	5,48	21	80,41	12,90
22	44,36	5,05	22	84,75	10,68
23	44,45	5,87	23	82,48	10,94
24	45,52	6,72	24	87,23	11,20
25	45,10	5,11	25	84,54	9,57
n = 5	MEDIA-MEDIA	R - MEDIA	n = 5	MEDIA-MEDIA	R - MEDIA
	44,60	5,63		84,16	11,40

9. BIBLIOGRAFIA

- Duncan, A. Control de Calidad y Producción Industrial. Alfaomega, Bogotá 1990.
- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Gaither, N. y G. Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Thomas Editores. México 2000.
- Buffa, E. Operation Management: Problems and Models. Wiley. New York 1972.
- Rendón H.D. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2003

MODULO 5 - HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE PROCESOS

*“No existe producto o servicio sin un proceso.
De la misma manera, no existe proceso sin un
producto o servicio”*

Harrington

OBJETIVOS:

- Conocer las herramientas y técnicas más usadas en el análisis de procesos
- Conocer la aplicación de estas herramientas en el contexto del control de calidad de los procesos productivos

CONTENIDO:

1. Introducción	65
2. Definición de proceso	66
3. Herramientas para el análisis de procesos	67
4. Diagramas de flujo de proceso	67
4.1. Diagrama de flujo de bloques	67
4.2. Diagrama de flujo estándar	69
5. Diagramas causa – efecto	71
6. Diagramas de Pareto	73
7. Taller	75
8. Bibliografía	76

- 1. INTRODUCCIÓN:** La información suministrada por los gráficos de control de un proceso permiten identificar su estado, esto es, si está bajo control o fuera de control.

En este último caso será necesario identificar las causas asignables que lo están afectando para tomar las acciones correctivas pertinentes y lograr el estado de control.

Para facilitar la comprensión del proceso, su posterior análisis y la detección de las causas asignables que lo afectan, la teoría de procesos proporciona herramientas de amplio uso y probada efectividad.

2. DEFINICIÓN DE PROCESO: Harrington en su texto *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa* (ver bibliografía), define un proceso como: “Cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno. Los procesos utilizan los recursos de una organización para suministrar resultados definitivos”

Esta definición involucra tres elementos:

- **Insumos:** Constituyen las entradas del proceso. En los procesos productivos hacen relación a las materias primas, suministros, partes, equipos y herramientas.
- **Grupo de actividades:** La ejecución de estas actividades constituyen el proceso de conversión o transformación que agregan valor a los insumos. En los procesos de producción hacen relación a: Las operaciones, métodos, tecnologías, entre otras.
- **Producto:** Constituye el resultado o salida del proceso. En los procesos productivos hace relación a un producto o servicio destinado a la satisfacción de un cliente (mercado).

La siguiente figura muestra estos elementos y sus relaciones:



Figura 5.1. - Elementos de un proceso

3. HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS: Existen tres herramientas básicas de aplicación en el control de calidad, así:

- Diagramas de Flujo de Proceso
- Diagramas Causa – Efecto (Espina de pescado)
- Diagramas de Pareto.

A continuación se presentan las características de cada diagrama, técnicas para su construcción, usos y aplicaciones.

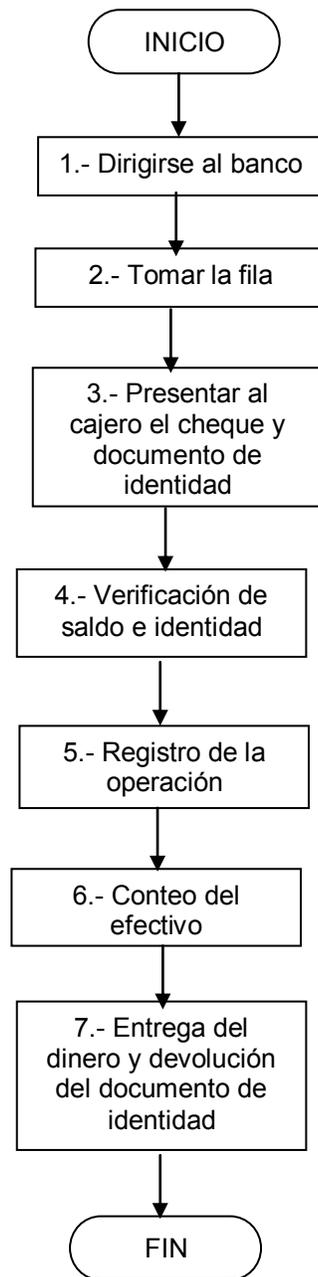
4. DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO:

La representación gráfica de los procesos es una herramienta muy adecuada para visualizar y comprender fácilmente un proceso. Para ello se usan los diagramas de flujo de proceso, los cuales se subdividen en dos tipos:

4.1. - Diagramas de flujo de bloque: Proporcionan una visión rápida y poco detallada del proceso, incluyendo bloques de actividades, representadas con rectángulos enlazados con flechas que determinan la secuencia de los bloques de actividad.

Ejemplo 1: Considere el proceso de cambiar un cheque en un banco y realice un diagrama de bloques.

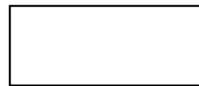
Objetivo: Mostrar la construcción de un diagrama de bloques de un proceso



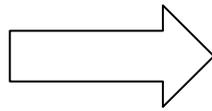
Observe que en cada bloque se incluye una actividad o grupo de actividades sin mucho detalle, además de una breve descripción de la actividad, proporcionando una vista general del proceso

4.2. - Diagramas de Flujo Estándar ANSI (American National Standards Institute):

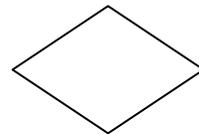
Estos diagramas muestran de manera detallada las actividades y sus interrelaciones. Para su construcción se usan una serie de símbolos estandarizados los cuales se detallan a continuación:



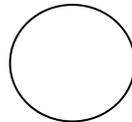
Rectángulo: Operación



Flecha de bloque: Transporte



Rombo: Decisión



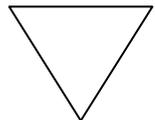
Circulo: Inspección



Rectángulo base ondeada: Documento



Rectángulo obtuso: Demora, espera



Triángulo: Almacenamiento



Flecha: Dirección del flujo

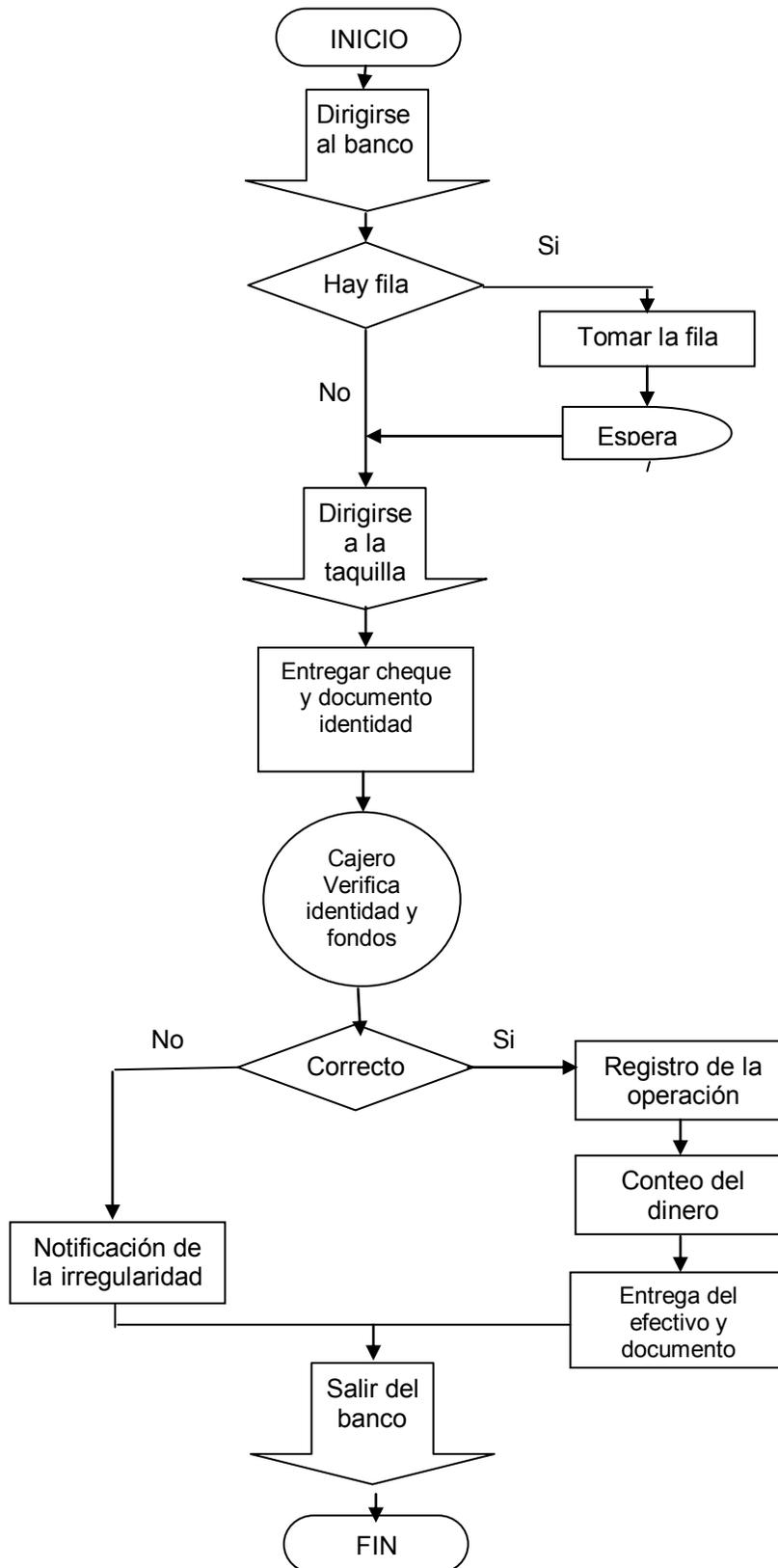


Rectángulo redondeado: Límites del proceso



Circulo pequeño: Conector

Ejemplo 2: Retomando el ejemplo anterior, el diagrama de flujo estándar, es:



5. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO:

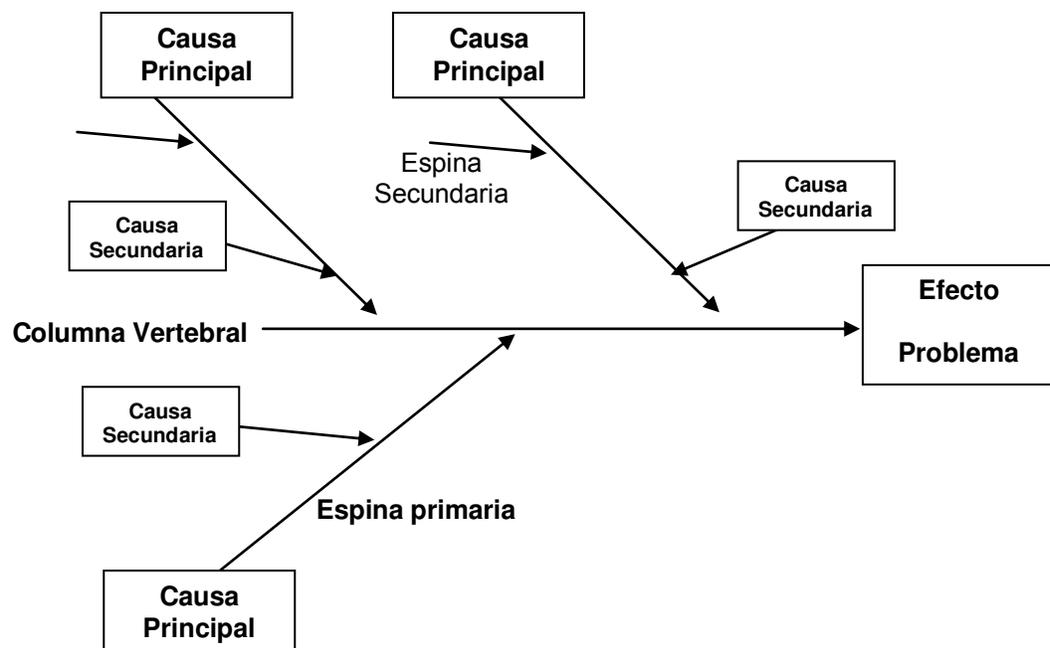
Los diagramas causa – efecto, conocidos también como diagramas espina de pescado, permiten identificar las causas que están generando efectos perturbadores del proceso.

El procedimiento para su construcción y uso se detalla a continuación:

- Determinar la característica de calidad que está fuera de especificación, es decir el efecto indeseable que está generando el proceso (problema).
- Especificar las causas principales y genéricas, llamadas Factores, que están afectando el proceso productivo, en otras palabras las causas principales del problema.
- Evaluar el peso relativo de los factores del problema
- Desagregar cada una de los factores o causas principales, especificando para cada factor las causas secundarias que lo integran y evaluando el peso relativo de éstas sobre el factor.

Esta desagregación puede aplicarse sucesivamente hasta el nivel de “detalle” requerido.

- La estructura del diagrama se muestra a continuación



- La jerarquía de los factores o causas primarias y las causas secundarias en cada factor , indican al analista hacia que factores dirigir la atención y profundizar en su estudio y análisis.
- El análisis de los pesos y las relaciones entre factores y causas secundarias permite identificar puntos y factores críticos del proceso.

La construcción y el uso eficiente de los diagramas causa – efecto requieren el pleno conocimiento del proceso y mucha profundidad y rigor analítico.

EJEMPLO 3: Una empresa presta servicio de ambulancias para la atención y traslado de pacientes críticos a las salas de urgencias de los hospitales.

El output o salida del proceso productivo de este servicio exige como característica fundamental la disponibilidad de ambulancias y personal médico y paramédico que permitan atender la urgencia de manera inmediata.

El proceso no logra el output o salida deseada cuando no hay unidades disponibles para la atención del servicio.

Un diagrama causa – efecto de este proceso se muestra a continuación:

Efecto: No hay ambulancias disponibles.

Factores: {
 Ambulancia (vehículo)
 Personal
 Dotación de insumos y materiales
 Equipos

Causas Secundarias:

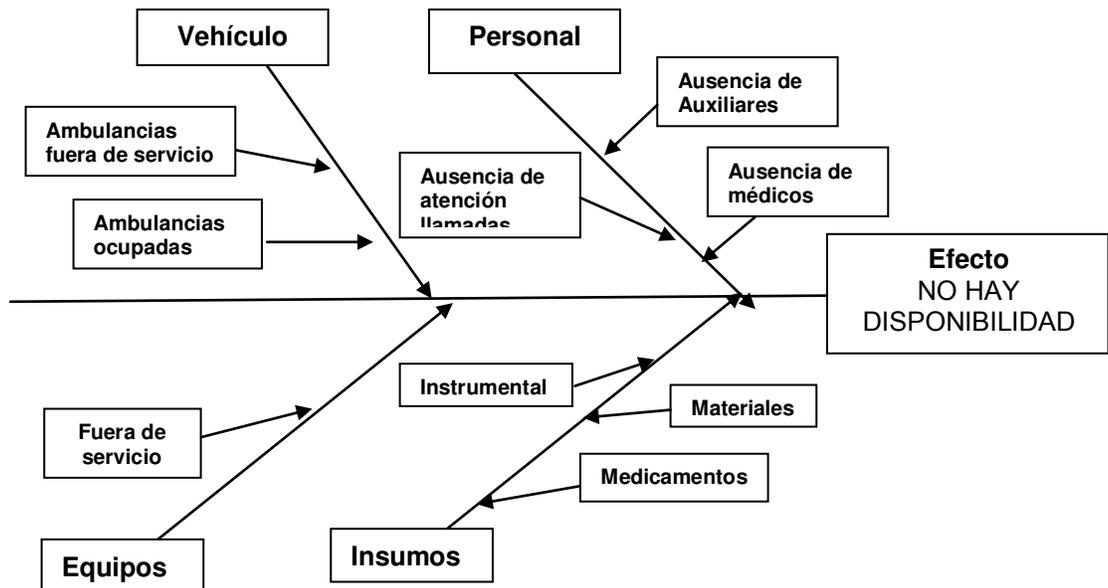
Factor ambulancia: Ambulancias ocupadas
 Ambulancias fuera de servicio

Factor Personal: No hay personal médico
 No hay personal auxiliar
 No hay personal de atención de llamadas

Factor Equipos: Maquinas y equipos médicos fuera de servicio

Factor Insumos y Materiales: Disponibilidad de instrumental médico
Medicamentos
Materiales

Diagrama causa - efecto:



El análisis del peso de los factores y las causas secundarias permitirá la identificación de factores y puntos críticos del proceso.

6. DIAGRAMAS DE PARETO:

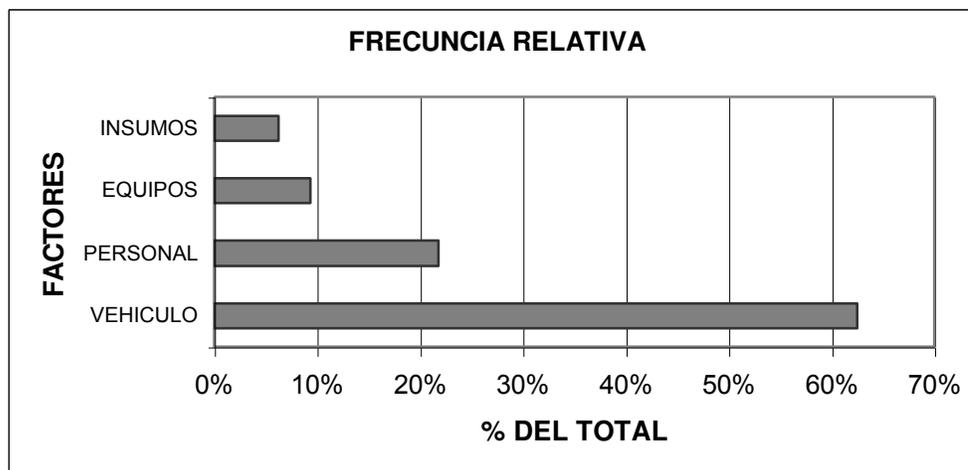
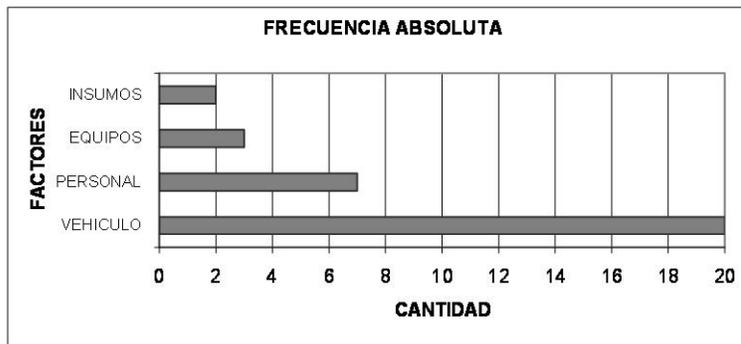
Los diagramas de Pareto están basados en el principio de que la mayoría de los efectos de un proceso son el resultado de sólo unas cuantas causas. El diagrama identifica las pocas causas críticas que están generando la mayoría de efectos en el proceso, a fin de dirigir la atención y el análisis a éstos.

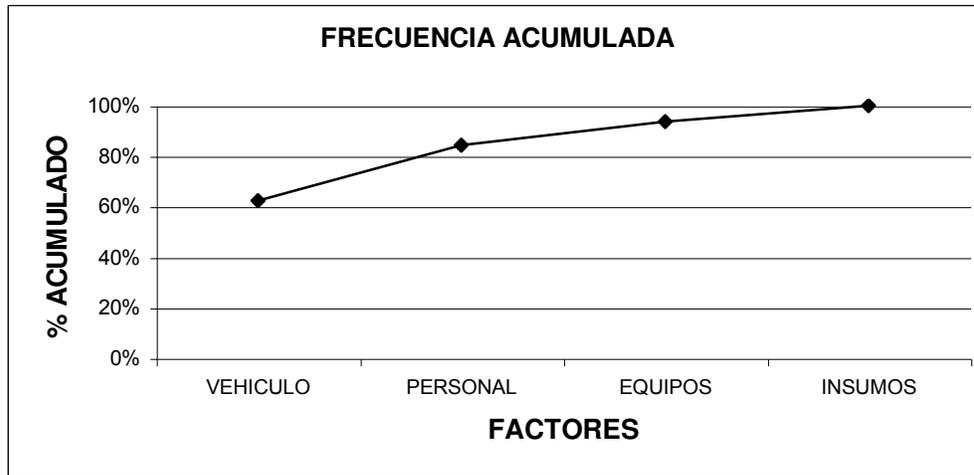
El diagrama lo constituyen histogramas de frecuencias absolutas y relativas de la ocurrencia del efecto en función de los factores y causas que lo generan. Así como, el gráfico de frecuencias acumuladas.

Ejemplo 4: El análisis de registros históricos del proceso en los pasados 12 meses permitieron establecer los datos consignados en la siguiente tabla, en relación con el efecto: No hay disponibilidad:

FACTOR	CANTIDAD	% DEL TOTAL	% ACUMULADO
Vehículo	20	62.5	62.5
Personal	7	21.8	84.3
Equipos	3	9.4	93.7
Insumos	2	6.3	100.0

DIAGRAMAS DE PARETO:





7. TALLER:

En equipos de dos estudiantes, seleccione un proceso sencillo relacionado con la vida académica, tal como: El préstamo de un libro en la biblioteca, La expedición de un certificado, La cancelación de una asignatura, La asignación de una cita médica, etc.

- Identifique las entradas, las actividades y las salidas del proceso.
- Realice los diagramas de bloque y flujo estándar del proceso
- Diagnostique el proceso e identifique efectos indeseables del proceso
- Identifique las causas que generan los efectos indeseables del proceso y realice el diagrama causa – efecto correspondiente.
- Realice un diagrama de Pareto para uno de los efectos que identifico.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Harrington, H.J. *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa*. Mc Graw Hill. Bogotá. 1997
- Evans, J. y W. Lindsay. *Administración y Control de la Calidad*. Thomson. México. 1999.
- Gaither, N. y G. Frazier. *Administración de Producción y Operaciones*. Thompson. México, 1999

MODULO 6 - CONTROL DE CALIDAD DE ACEPTACION

Para saber si la sopa quedó buena, no hay que tomársela toda, basta probar una cucharada.

OBJETIVOS:

- Conocer la naturaleza, las herramientas y la terminología del control de calidad de aceptación
- Comprender los fundamentos, tipos y características de los planes de aceptación
- Identificar y evaluar los riesgos asociados con el uso de los planes de aceptación

CONTENIDO:

1.	Introducción	78
2.	Planes de aceptación	78
3.	Planes de muestreo simple de aceptación	79
4.	Curva característica de operación	80
5.	Riesgos del productor y el consumidor	82
6.	Nivel de calidad aceptable y porcentaje defectivo de tolerancia	83
7.	Curva de calidad de salida promedio	86
8.	Límite de calidad de salida promedio	87
9.	Número promedio de artículos inspeccionados	88
10.	Curva de inspección total media	89
11.	Planes dobles de aceptación	91
12.	Taller	95
13.	Bibliografía	99

1. INTRODUCCION:

El término control de calidad de aceptación se aplica en general a los procedimientos orientados a garantizar un determinado nivel de calidad de los inputs o outputs del proceso productivo, esto es, materias primas, partes, componentes y producto terminado.

El objetivo básico consiste en determinar la calidad de lotes de partes, componentes o productos, mediante el diseño e implementación de planes de aceptación.

2. PLAN DE ACEPTACIÓN:

Un plan de aceptación se define como el procedimiento para inferir la calidad de un lote a partir de la inspección de muestras y los criterios para aceptarlo o rechazarlo.

El plan de aceptación incluye:

- Determinar la (s) característica (s) de calidad del artículo, de manera que pueda clasificarse como bueno o defectuoso.
- Conocer el tamaño de los lotes.
- Determinar el tipo y tamaño de la (s) muestra (s).
- Establecer el número de artículos defectuosos obtenidos en la muestra a partir del cual se rechaza el lote, o en otras palabras, el máximo número permisible de defectuosos de la muestra para aceptar el lote. Este se conoce como el número de aceptación, c .

Observe que la calidad del lote puede determinarse mediante la inspección de la totalidad de los elementos que lo componen, esto es inspección 100%. Sin embargo la inspección 100% en muchos casos es imposible de practicar, tal es el caso de pruebas destructivas, como medir la resistencia de una pieza metálica o determinar el tiempo de operación de un bombillo hasta que se funda. En el caso de pruebas no destructivas el costo de inspección puede ser un limitante para hacer inspección 100%.

En consecuencia, la calidad del lote se “determina” a partir de la información obtenida en la (s) muestra (s) y por lo tanto el procedimiento está basado en la teoría del muestreo.

Si la inferencia de la calidad del lote se hace a partir de una única muestra se dice que el plan de aceptación es simple. Más adelante se examinarán otros tipos de planes de aceptación, tales como, el doble (basado en la información obtenida en dos muestras) y el secuencial.

3. PLAN DE MUESTREO SIMPLE DE ACEPTACIÓN:

Considere la siguiente situación:

Tamaño del lote: N

Tamaño de la muestra: n

Número de aceptación: c (hasta c defectuosos en la muestra)

Observe que la decisión de aceptar o rechazar el lote no sólo depende de n y c, sino, también del número de defectuosos del lote (calidad del lote),

sean:

Evento A: aceptar el lote.

M. Número de defectuosos en el lote.

x: número de defectuosos en la muestra.

Por lo tanto, la probabilidad de aceptar el lote (muestra sin reemplazo), puede calcularse mediante la distribución hipergeométrica, así:

$$P(A) = P(X \leq c) = \sum_{x=0}^c \frac{\binom{M}{x} \binom{N-M}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

Ejemplo 1: Cuál es la probabilidad de aceptar un lote de 30 ejes, de los cuales 4 son defectuosos. Si se toma una muestra de 10 ejes y se acepta el lote si resultan 0 o 1 defectuosos?

Objetivo: Mostrar la aplicación de un plan de muestreo y el cálculo de la probabilidad de aceptación del lote.

Solución:

En este caso se tiene: $N = 30$ $M = 4$ $n = 10$ $c = 1$

La probabilidad de aceptar el lote, está dada por:

$$P(A) = P(c \leq 1) = \frac{\binom{4}{0} \binom{30-4}{10-0}}{\binom{30}{10}} + \frac{\binom{4}{1} \binom{30-4}{10-1}}{\binom{30}{10}} = 0.416 + 0.177 = 0.593$$

El cálculo de esta probabilidad, cuando N es grande con relación a n , puede hallarse usando la distribución binomial con $p = M / N$.

Adicionalmente, si np es menor que 20, puede usarse la distribución Poisson, con $\mu = np$.

Ejemplo 2: Un lote de 1000 elementos tiene 80 defectuosos. Se elige un plan de muestreo de aceptación $n = 30$ y $c = 2$. ¿Cuál es la probabilidad de aceptar el lote usando las distribuciones: hipergeométrica, binomial y poisson?

Objetivo: Mostrar la aplicación de un plan de muestreo y el cálculo de la probabilidad de aceptación del lote usando la aproximación entre las distribuciones.

Solución:

Usando la distribución hipergeométrica: $P(A) = P(c \leq 2) = 56.4\%$

Usando la distribución binomial ($p = 0.08$): $P(A) = P(c \leq 2) = 56.5\%$

Usando la distribución poisson ($\mu = 2.4$): $P(A) = P(c \leq 2) = 56.9\%$

4. CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN

Para un plan de muestreo simple de aceptación (n, c), la probabilidad de aceptación del lote depende de la fracción defectuosa del lote, como se vio en el apartado anterior.

Es posible calcular y graficar las probabilidades de aceptación del plan de muestreo para diferentes valores de la fracción defectuosa del lote, obteniendo la curva característica de operación del plan de muestreo.

La curva característica de operación de un plan de aceptación muestra la “capacidad” del plan para discriminar entre lotes “buenos” y “malos”.

Ejemplo 3: Como ilustración considere el plan de aceptación del ejemplo 2, ($n = 30$; $c = 2$), con valores de la fracción del lote, $p = 0.01, 0.02, 0.03, \dots, 0.19$ y 0.20 , y realice la curva característica del plan.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para la construcción de la curva característica de operación de un plan de aceptación.

Solución:

El cálculo de las probabilidades de aceptación usando la distribución binomial, se muestran en la siguiente tabla:

FRACCION DEFECTUOSA p	PROBABILIDAD DE ACEPTACION
0.00	1.0000
0.01	0.9967
0.02	0.9783
0.03	0.9399
0.04	0.8831
0.05	0.8122
0.06	0.7324
0.07	0.6487
0.08	0.5654
0.09	0.4855
0.10	0.4113
0.11	0.3442
0.12	0.2847
0.13	0.2329
0.14	0.1887
0.15	0.1514
0.16	0.1203
0.17	0.0948
0.18	0.0741
0.19	0.0574
0.20	0.0442

Tabla 6.1. - Probabilidades de aceptación del ejemplo 3 usando la distribución binomial.

Observe que las probabilidades de aceptación de los lotes decrece a medida que crece la fracción defectuosa del lote (lotes más malos).

La curva característica del plan de aceptación ($n = 30$; $c = 2$), se muestra a continuación:

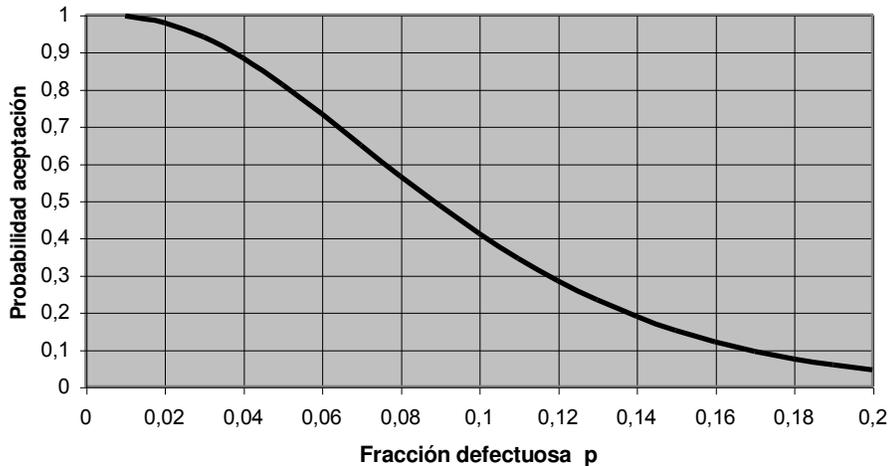


Figura 6.1. - Curva característica de operación del plan ($n=30$; $c=2$) del ejemplo 3

Observe que bajo el plan de aceptación del ejemplo un “lote bueno”, digamos, 3% defectuoso, tiene una probabilidad de aceptación del 94%, y por lo tanto del 6% de ser rechazado. Análogamente, un “lote malo”, digamos, 20% defectuoso, tiene una probabilidad de aceptación del 4.4%.

5. RIESGOS DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR

Se define el riesgo del productor, α , como la probabilidad de que el consumidor le rechace un lote con fracción defectuosa p . En otras palabras, para un lote $p\%$ defectuoso, el riesgo del productor, $\alpha = 1 - P(A)$.

Se define el riesgo del consumidor β como la probabilidad de que éste acepte un lote con fracción defectuosa $p\%$. Por lo tanto, para un lote $p\%$ defectuoso, el riesgo del consumidor, $\beta = P(A)$.

Ejemplo 4: Retomando la curva característica del ejemplo 3 (Figura 6.1), del plan de aceptación ($n = 30$; $c = 2$). Calcule el riesgo del productor, α , para lotes 4% defectuosos y el riesgo del consumidor, β , para lotes 16% defectuosos.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para el cálculo de los riesgos del productor y el consumidor asociados con un plan de aceptación.

Solución:

La siguiente figura muestra los riesgos del productor y del consumidor para lotes 4% y 16% defectuosos, respectivamente

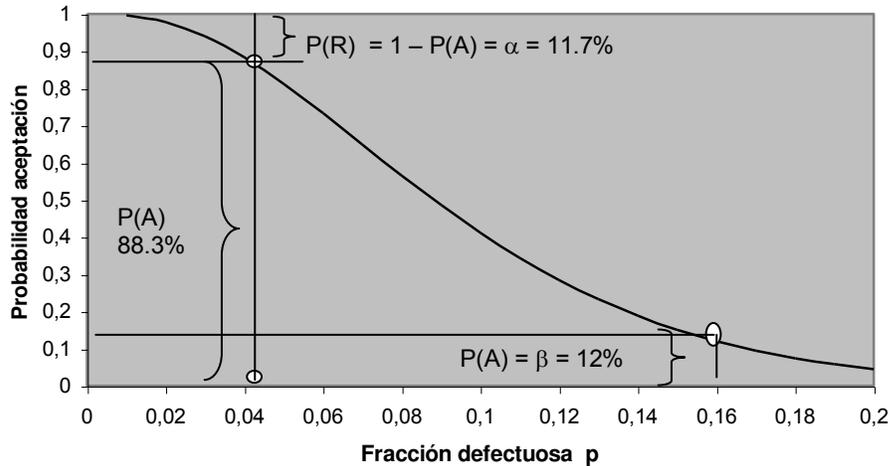


Figura 6.2. - Riesgos del productor y del consumidor del ejemplo 4

Observe en la curva característica que lotes 4% defectuosos tienen una probabilidad de aceptación del 88,3%, y una probabilidad de rechazo de 11,7% ($100 - 88,3$). En consecuencia, el productor tiene un riesgo del 11,7% de que lotes 4% defectuosos le sean devueltos (rechazados) y por lo tanto $\alpha = 11,7\%$.

Análogamente, lotes 16% defectuosos tienen una probabilidad de aceptación del 12% y en consecuencia el comprador tiene un riesgo del 12% de aceptar estos lotes 16% defectuosos, por lo tanto $\beta = 12\%$.

6. NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD Y PORCENTAJE DEFECTUOSO DE TOLERANCIA

La calidad o fracción defectuosa de los lotes correspondientes a los valores de α y β , se conocen como: Nivel de calidad aceptable (Acceptable Quality Level), denotado como AQL y Porcentaje defectuoso tolerable del lote (Lot tolerance per cent defective), denotado como LTPD.

En otras palabras el AQL de un lote es la fracción defectuosa del lote para la cual el riesgo del productor es igual a α . Y el LTPD es la fracción defectuosa de un lote correspondiente a un riesgo del consumidor igual a β .

La calidad o fracción defectuosa de un lote cuya probabilidad de aceptación es del 50% se denomina Calidad de Indiferencia. En otras palabras es el AQL correspondiente a $\alpha = 0.5$ o el LTPD correspondiente a $\beta = 0.5$.

Tomando los valores de α y β del ejemplo 4, esto es: $\alpha = 11.7\%$ y $\beta = 12\%$, para el plan de aceptación ($n = 30; c = 2$), El AQL = 4%, el LTPD = 16% y la calidad de indiferencia $\cong 9\%$

Ejemplo 5: Las empresas A y B compran a un mismo proveedor una pieza servida en lotes de 1000 unidades. Las empresas usan los planes de aceptación ($n_A = 50; c_A = 2$) y ($n_B = 20; c_B = 1$), respectivamente.

- Realice las curvas características de los planes de aceptación para ambas empresas (en un mismo gráfico). Interprete los resultados.

Objetivo: Mostrar el uso de la curva característica para el análisis comparativo de planes de aceptación.

Solución:

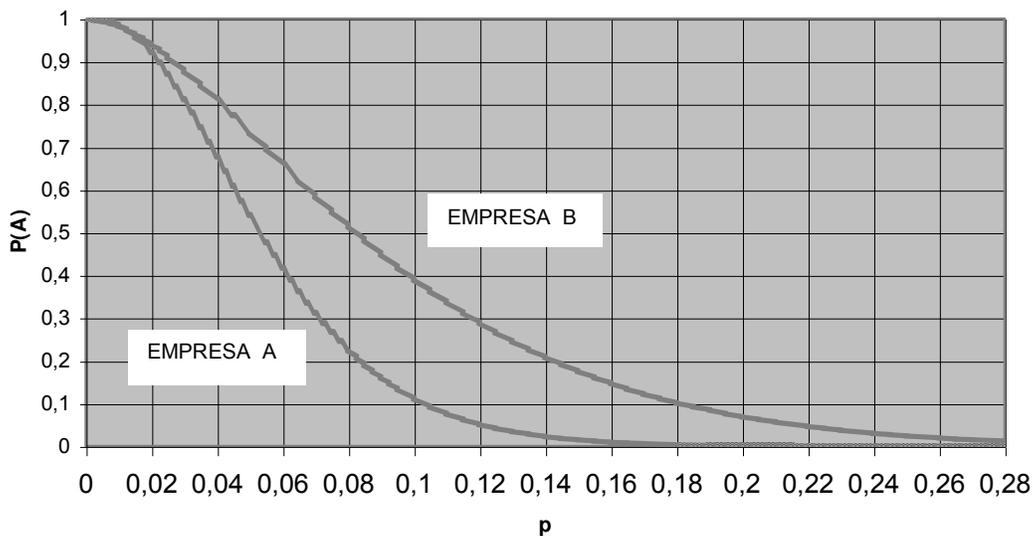


Figura 6.3. - Curvas características del ejemplo 5

El plan de muestreo de la empresa A es mucho más “selectivo” que el de la empresa B, puesto que para lotes con fracción defectuosa p , las probabilidades de aceptación de estos lotes es menor para la empresa A que para la empresa B.

Por ejemplo, para lotes 6% defectuosos, la empresa A acepta el 41.6% de los lotes, mientras que la empresa B acepta el 66% de estos. De igual manera para lotes 12% defectuosos, la empresa A sólo acepta el 5%, mientras que la empresa B acepta cerca del 30% de los lotes.

- Si en el ejemplo el proveedor fija un riesgo, $\alpha = 20\%$, determine cuál sería el nivel de calidad aceptable o AQL de los lotes que se despachan a ambas empresas.

Para la empresa A, el proveedor deberá enviarle lotes con un AQL cercano al 3%.

Para la empresa B, el proveedor deberá enviarle lotes con un AQL cercano al 4%.

Este resultado confirma que el plan de aceptación de la empresa A es más “exigente” que el usado por la empresa B, tal como se mencionó en el punto anterior del ejemplo.

Observe que los intereses del proveedor y del comprador son diferentes, esto es, el productor querrá que su riesgo α sea mínimo, es decir que para una determinada calidad del producto, digamos “adecuada” le devuelvan el menor número de lotes despachados, mientras que el comprador querrá maximizar las devoluciones de los lotes comprados de calidad “inadecuada”.

Esta situación indica la necesidad de que haya una estrecha comunicación entre proveedor y comprador que les permita llegar a acuerdos relacionados con la calidad del producto y los planes de aceptación usados por ambos.

7. CURVA DE CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO

En la aplicación práctica de planes de aceptación el proveedor inspecciona al 100% los lotes devueltos (rechazados) por el comprador reemplazando los defectuosos por artículos buenos antes de reenviar el lote al comprador.

Suponga que un comprador usa un plan de aceptación (n, c) y que la probabilidad de aceptar lotes con una fracción defectuosa $p\%$, es $P(A)$. El porcentaje promedio de defectuosos que recibe finalmente el comprador estará dado por: $(P(A) \times p) + ((1 - P(A)) \times 0)$, esto es debido a que el comprador está recibiendo $p\%$ defectuosos en aquellos lotes que acepte y 0% defectuosos en los lotes que rechace y sean sometidos a rectificación por el productor.

Este porcentaje promedio calculado para diferentes fracciones defectuosas de los lotes permite construir la curva de calidad de salida promedio denotada como AOQ (Average Output Quality), por lo tanto:

$$AOQ = P(A) \times p$$

El AOQ puede interpretarse como la calidad obtenida finalmente por el comprador de lotes $p\%$ defectuosos luego del proceso de rectificación realizado por el productor sobre los lotes rechazados.

Ejemplo 6: Considere el plan de aceptación de la empresa A del ejemplo anterior ($n = 50$; $c = 2$). Construya la curva de calidad de salida promedio e interprete los resultados.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para calcular la curva de calidad de salida promedio y la interpretación de los resultados.

Solución:

Las probabilidades de aceptación para diferentes valores de p (fracción defectuosa del lote) y el cálculo del correspondiente AOQ en porcentaje, se muestran en la siguiente tabla:

p	P(A)	AOQ = P(A) x p x 100
0.00	1.0000	0.0000
0.01	0.9861	0.9861
0.02	0.9216	1.9722
0.03	0.8108	2.4324
0.04	0.6767	2.7068
0.05	0.5405	2.7025
0.06	0.4162	2.4972
0.07	0.3108	2.1756
0.08	0.2259	1.8072
0.09	0.1605	1.4445
0.10	0.1117	1.1170
0.11	0.0763	0.8393
0.12	0.0512	0.6144
0.13	0.0339	0.4407
0.14	0.0221	0.3094
0.15	0.0142	0.2130
0.16	0.0090	0.1440
0.17	0.0056	0.0952
0.18	0.0035	0.0630

Tabla 6.2. – Calculo del AOQ para el ejemplo 6.

La curva AOQ correspondiente es:

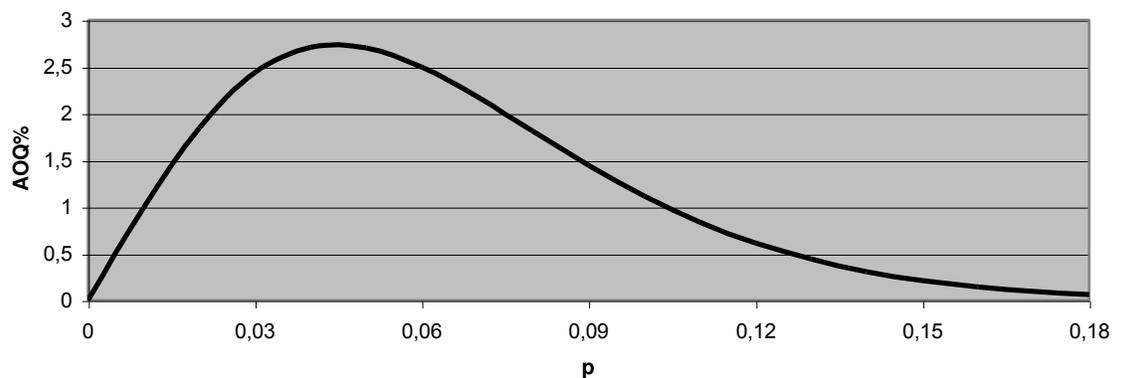


Figura 6.3. - Curvas AOQ del ejemplo 6

Esta curva muestra la calidad final obtenida por el comprador luego del proceso inspección rectificación. Observe que la forma de la curva indica que la calidad final o AOQ es “buena” para lotes “muy buenos” y “muy malos”. En el limite se tiene que para lotes perfectos (0% defectuosos) el AOQ es 0%. Y en el caso de que todos los lotes sean rechazados la calidad final o AOQ también es 0% por el proceso de rectificación.

8. LIMITE DE CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO

El límite de calidad de salida promedio, denotado como AOQL, es el valor máximo de la curva AOQ, y por lo tanto, representa la peor calidad obtenida por el comprador luego del proceso inspección – rectificación, sobre lotes despachados con calidad $p\%$ defectuoso.

Para el ejemplo 6 el AOQL corresponde al 2.7%, como puede observarse en la siguiente figura:

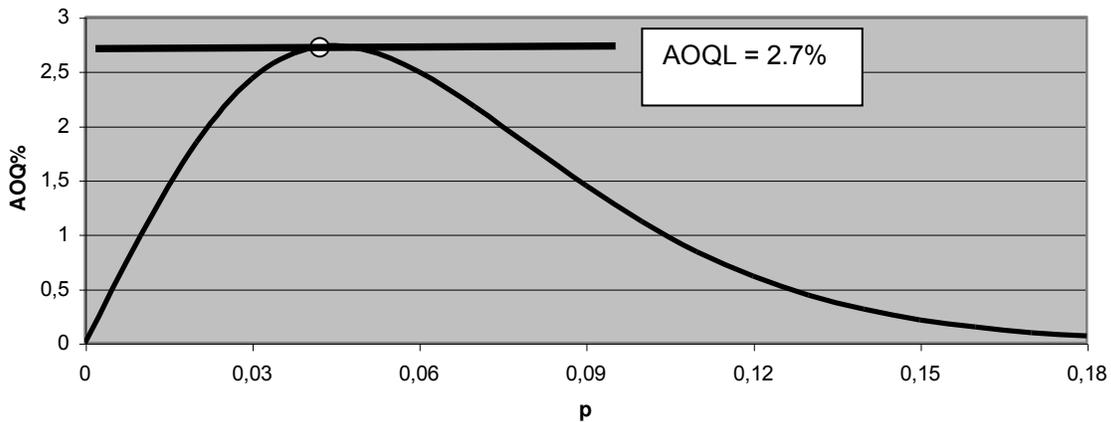


Figura 6.4. - AOQL del ejemplo 6

El comprador al aplicar el plan de aceptación ($n = 50$; $c = 2$), obtendrá lotes con fracción defectuosa máximo del 2.7% defectuoso.

9. NUMERO PROMEDIO DE ARTICULOS INSPECCIONADOS

En el proceso de inspección – rectificación, es decir, inspeccionar 100% los lotes rechazados, es una práctica corriente que el mismo comprador realice la rectificación de los lotes no conformes previo acuerdo con el proveedor, evitando así el transporte de los lotes rechazados.

Por lo tanto, es posible conocer el número promedio de unidades inspeccionadas – rectificadas, para un plan de aceptación (n ; c) y una calidad de los lotes de tamaño N , con fracción defectuosa $p\%$. Este valor se conoce como inspección total media por lote (ITM)

Observe que el número medio de artículos inspeccionados – rectificadas, esta dado por:

- El número de artículos inspeccionados en las muestras de tamaño n para aquellos lotes aceptados.
- El número de artículos rectificadas para aquellos lotes rechazados de tamaño N , equivalente a N

$$\text{Esto es: ITM} = n \times P(A) + ((N) \times (1 - P(A)))$$

EJEMPLO 7: Un producto se sirve en lotes de 2000 unidades, con fracción defectuosa 2%. Determinar la inspección total media por lote para un plan de aceptación ($n = 90$; $c = 3$)

Objetivo: Mostrar el procedimiento para calcular el número promedio de artículos inspeccionados en lotes $p\%$ defectuosos bajo un plan de aceptación – rectificación.

Solución:

El cálculo de la probabilidad de aceptación, mediante el uso de la distribución poisson, con $\mu = n \times p = 90 \times 0.02 = 1.8$, está dado por:

$$P(A) = \sum_{x=0}^3 \frac{(e^{-1.8})(1.8^x)}{x!} = 0.8913$$

$$\text{ITM} = 90 \times 0.8913 + (2000) \times 0.1087 = 297.6$$

10. CURVA DE INSPECCION TOTAL MEDIA

El cálculo de la ITM para diferentes fracciones defectuosas de los lotes inspeccionados – rectificadas bajo un plan de aceptación (n ; c), puede graficarse, obteniéndose la curva de inspección total media.

La curva, por lo tanto, muestra las variaciones en el número total de artículos inspeccionados – rectificadas para diferentes calidades de los lotes despachados.

EJEMPLO 8: Construya la curva de inspección total media para el plan de aceptación ($n = 40$; $c = 1$) y lotes $N = 500$.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para construir la curva de inspección total media bajo un plan de aceptación – rectificación.

Solución:

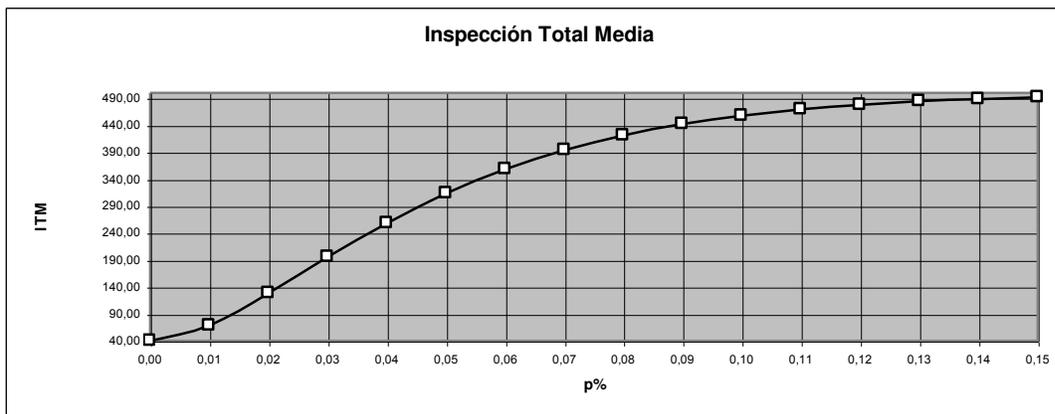


Figura 6.5. - Curva de inspección total media del ejemplo 8

La información suministrada por la curva es fundamental para evaluar el costo de inspección – rectificación de planes de aceptación.

EJEMPLO 9: Evaluar y comparar el ITM para los planes de aceptación A: ($n_A = 50$; $c_A = 4$) y B: ($n_B = 20$; $c_B = 1$), si el tamaño de los lotes es $N = 500$.

Objetivo: Mostrar el uso de la curva de inspección total media para el análisis comparativo del número promedio de artículos inspeccionados bajo diferentes planes de aceptación – rectificación.

Solución:

La siguiente figura muestra las curvas de inspección total media para ambos planes de aceptación - rectificación

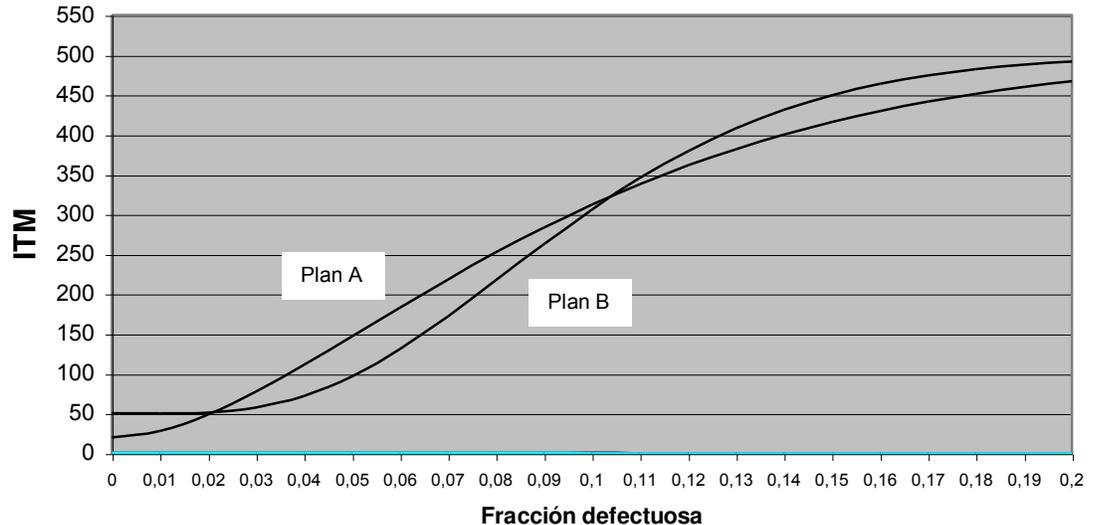


Figura 6.6. - Curvas de inspección total media del ejemplo 9

Observe que para lotes con 2.0% o menos defectuosos el plan de aceptación A tiene un ITM menor que el plan B. Mientras que para lotes con fracción defectuosa $2.0\% < p < 10.0\%$ el plan B muestra menores valores del ITM que el plan A. Así mismo, para lotes con $p > 10\%$ el plan A muestra valores del ITM menores que el plan B.

11. PLANES DOBLES DE ACEPTACIÓN

Los planes dobles de aceptación consideran la extracción de dos muestras del lote de tamaños n_1 y n_2 con sus correspondientes números de aceptación c_1 y c_2 . Los criterios para aceptar un lote se basan en:

- Se acepta el lote si en la primera muestra resultan hasta c_1 defectuosos.
- Se rechaza el lote si en la primera muestra resultan más de c_2 defectuosos.
- Se toma la segunda muestra si en la primera el número de defectuosos d es mayor de c_1 o menor o igual que c_2 ($c_1 < d \leq c_2$)
 - Se acepta el lote si en la muestra conjunta ($n_1 + n_2$) resultan hasta c_2 defectuosos.
 - Se rechaza el lote si en la muestra conjunta resultan más de c_2 defectuosos.

EJEMPLO 10: Un producto se fabrica en lotes de 1400 unidades y se tiene el siguiente plan doble de aceptación:

Primera muestra: $n_1 = 50$; $c_1 = 1$

Segunda muestra: $n_2 = 30$; $c_2 = 2$

Determinar la probabilidad de aceptar un lote 1.2% defectuoso.

Objetivo: Mostrar la aplicación de planes dobles de aceptación y el cálculo de las probabilidades de aceptación de lotes $p\%$ defectuosos.

Solución:

En este caso, se definen los siguientes eventos:

J: En la primera muestra resultan 0 o 1 defectuosos.

K: En la primera muestra resultan más de 2 defectuosos

L: En la primera muestra resultan exactamente 2 defectuosos.

S: En la segunda muestra resultan 0 defectuosos.

T: En la segunda muestra resulten 1 o más defectuosos.

Por lo tanto, la probabilidad de aceptar el lote $P(A) = P(J) \cup (P(L) \cap P(S))$

$$P(J) = b(0; 50; 0.012) + b(1; 50; 0.012) = 0.879$$

$$P(L) = b(2; 50; 0.012) = 0.099$$

$$P(S) = b(0; 30; 0.012) = 0.696$$

La probabilidad pedida, $P(A) = 0.879 + (0.099 \times 0.696) = 94.76\%$

EJEMPLO 11: Determinar $P(A)$, para el plan de aceptación doble ($n_1 = 100$; $c_1 = 0$) y ($n_2 = 80$; $c_2 = 2$), si la fracción defectuosa del lote es 1.5%.

Objetivo: Mostrar la aplicación de planes dobles de aceptación y el cálculo de las probabilidades de aceptación de lotes $p\%$ defectuosos.

Solución:

Las probabilidades de aceptación del lote de este problema pueden representarse mediante el siguiente árbol:

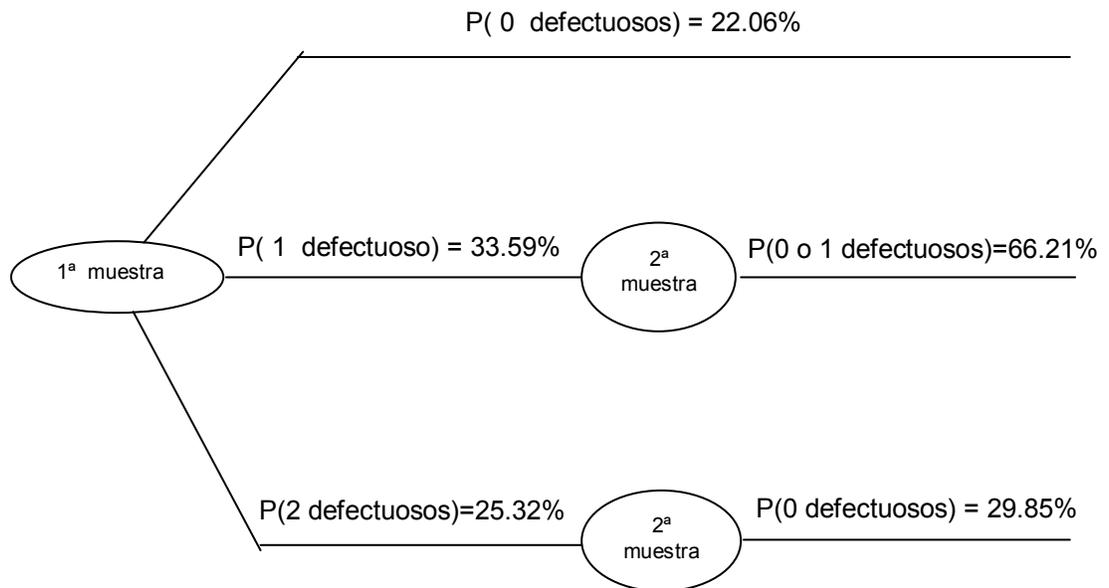


Figura 6.7. - Árbol correspondiente a las probabilidades de aceptación del ejemplo 11

En consecuencia la probabilidad pedida es:

$$P(A) = 0.2206 + (0.3359 \times 0.6621) + (0.2532 \times 0.2985) = 51.85\%$$

La curva característica operativa de los planes dobles puede obtenerse calculando las probabilidades de aceptación para diferentes valores de la fracción defectuosa p del lote.

EJEMPLO 12: Construya la curva característica operativa del plan doble de aceptación del ejemplo 11.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para la construcción de la curva característica operativa de planes dobles de aceptación.

Solución:

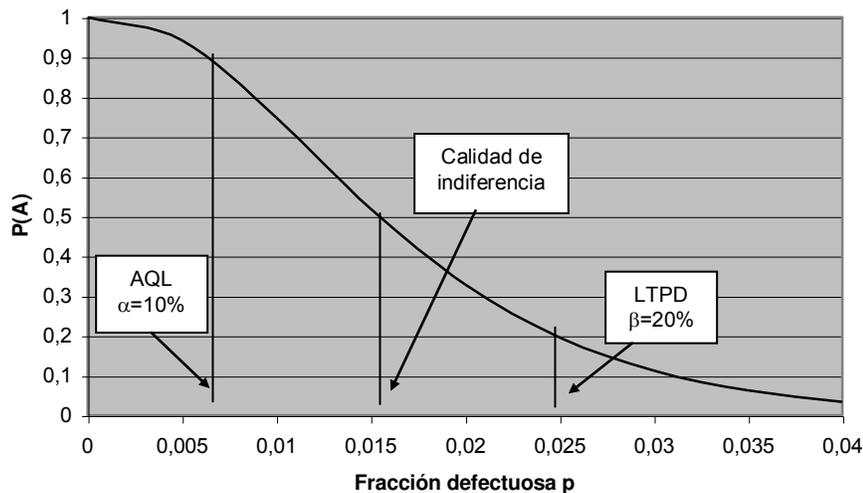


Figura 6.8. - Curva característica del ejemplo 12

El AQL para un riesgo del productor del 10% ($\alpha = 10\%$) es del 0.7%; el LTPD para un riesgo del consumidor del 20% ($\beta = 20\%$) es del 2.45% y la calidad de indiferencia es del 1.52%, como puede observarse en la figura anterior.

De igual manera que para los planes simples de aceptación pueden calcularse el AOQ, AOQL e ITM, para los planes de aceptación dobles.

EJEMPLO 13: Calcule la curva AOQ y el AOQL del plan doble de aceptación ($n_1 = 60$; $c_1 = 2$) y ($n_2 = 30$; $c_2 = 4$), para lotes de tamaño $N = 500$.

Objetivo: Mostrar el procedimiento para la construcción de la curva AOQ y el cálculo del AOQL para planes dobles de aceptación.

Solución:

La siguiente tabla muestra las probabilidades de aceptación y el AOQ para los valores p (fracción defectuosa de los lotes)

p	0.000	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055
P(A)	1.000	0.999	0.998	0.990	0.971	0.937	0.886	0.821	0.746	0.665	0.582	0.500
AOQ	0.000	0.500	0.998	1.486	1.942	2.341	2.658	2.875	2.985	2.992	2.908	2.752
p	0.060	0.065	0.070	0.075	0.080	0.085	0.090	0.095	0.100	0.105	0.110	0.115
P(A)	0.424	0.354	0.292	0.238	0.192	0.153	0.121	0.095	0.074	0.057	0.044	0.034
AOQ	2.543	2.301	2.043	1.748	1.534	1.302	1.091	0.904	0.742	0.603	0.487	0.389

Graficando los valores de p y AOQ se obtiene la curva de calidad de salida promedio o curva AOQ. El AOQL es el máximo valor de la curva, correspondiente al $2.992\% \cong 3\%$, como puede observarse en la siguiente figura

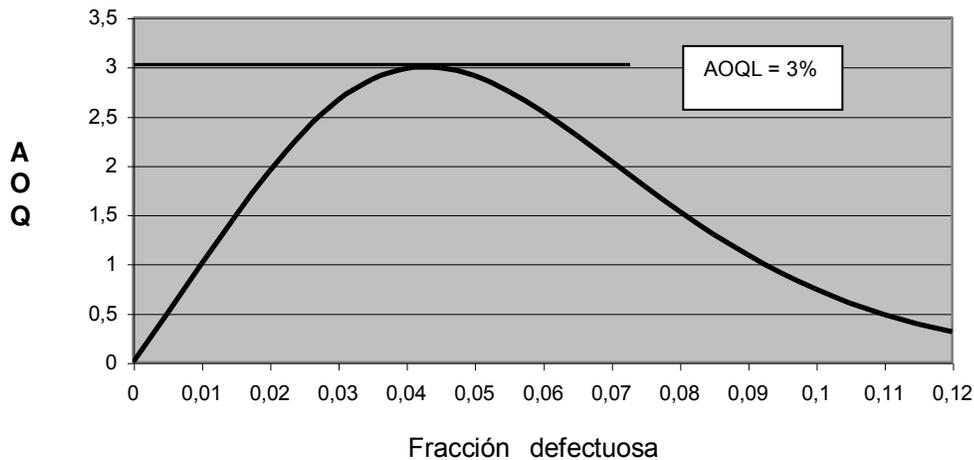


Figura 6.9. - Curva AOQ del ejemplo 13

12. TALLER:

1. Un trabajador indeseable introduce 4 condensadores defectuosos en un lote de 25 unidades antes de su despacho a un cliente, quien usa un plan de aceptación ($n = 4$; $c = 0$).Cuál es la probabilidad de que el cliente acepte este lote?
2. Construya la curva característica operativa del plan de aceptación del problema 1.
3. Determine el AQL y el LTPD del plan de aceptación del problema 1. ¿Qué debe conocer para solucionar el problema? Asuma valores adecuados para su solución.
4. Una empresa productora de resistencias tiene un contrato de suministro con la firma X. El producto se despacha en lotes de 700 unidades. Y el cliente usa un plan de aceptación ($n = 45$; $c = 1$).
 - Construya la curva característica de este plan de aceptación.
 - Si el fabricante de resistencias quiere que de 100 lotes le rechacen 5 o menos, con qué calidad deberá despacharle los lotes al cliente.

- Si Usted fuera el gerente de la empresa productora le sugeriría al cliente que cambiara su plan de aceptación por ($n = 90$; $c = 2$). Analice esta situación.
 - Cuál de los dos planes le proporciona una mayor protección al cliente de aceptar lotes malos?
5. Analice comparativamente las curvas operativas de los siguientes planes de aceptación, para un elemento servido en lotes de 1000 unidades:
- Plan A: $n = 125$, $c = 4$
Plan B: $n = 70$; $c = 3$
Plan C: Inspección 100% y aceptar si $p \leq 2.5\%$
- Cuál de los tres planes “discrimina” mejor entre lotes buenos y malos?
 - Construya la curva AOQ para los tres planes.
 - Con cuál de los tres planes obtendrá mejor calidad de salida (luego de la inspección – rectificación)?
6. Un fabricante somete el producto terminado, en lotes de 500 unidades, a un plan de aceptación $n = 22$; $c = 1$. Si el costo de inspección es \$ 48 / unidad, cuál es el costo promedio de inspección – rectificación por lote?
- Si los lotes producidos son 2% defectuosos.
 - Si los lotes producidos son 8% defectuosos.
7. Construya la curva de operación del siguiente plan doble de aceptación, para lotes de 2000 unidades:
- Primera muestra: $n = 160$; $c = 2$
Segunda muestra: $n = 100$; $c = 5$
- Calcule el AQL y el LTPD de los lotes para riesgos del productor y del consumidor del 5% y 10% respectivamente.
 - Construya la curva AOQ y determine el AOQL.

8. Una empresa produce un artículo con fracción defectuosa promedio del 2% y que se inspecciona por atributos, usando un plan de aceptación – rectificación ($n = 200$; $c = 7$) antes de despacharle el producto a un cliente.

Se tiene un contrato con el cliente para suministrar 1 lote por mes. Si por un error se aplicó un plan de aceptación – rectificación ($n = 20$; $c = 1$) a los lotes en tres de los doce despachos de un año.

- Qué calidad promedio recibió el cliente en ese año?

9. Un centro de investigación está seleccionando candidatos para la realización de un proyecto. Para ello aplica un test de selección múltiple de 25 preguntas, al cual se presentaron 75 aspirantes. El comité evaluador del test decidió escoger al azar 10 de las preguntas del test de cada aspirante y admitir aquellos que contestaron correctamente 9 o 10.

- Realice la curva característica de este plan.
- Para un valor de α del 15% determine el AQL. Qué sentido tienen en este caso el α y el AQL?
- Si por una filtración de información el aspirante Plinio Roa se enteró de que había contestado correctamente 22 preguntas, cuál es la probabilidad de que el Señor Roa sea aceptado?

10. La empresa X produce un elemento que puede inspeccionarse por atributos. La empresa usa el plan de aceptación - rectificación ($n = 70$; $c = 2$), antes del despacho a los clientes.

Si la empresa Y compradora del producto, a su vez, usa el plan de aceptación ($n = 45$; $c = 1$).

- Cuál es la probabilidad de que un lote producido con fracción defectuosa del 2% y despachado a la empresa Y sea aceptado por ésta?

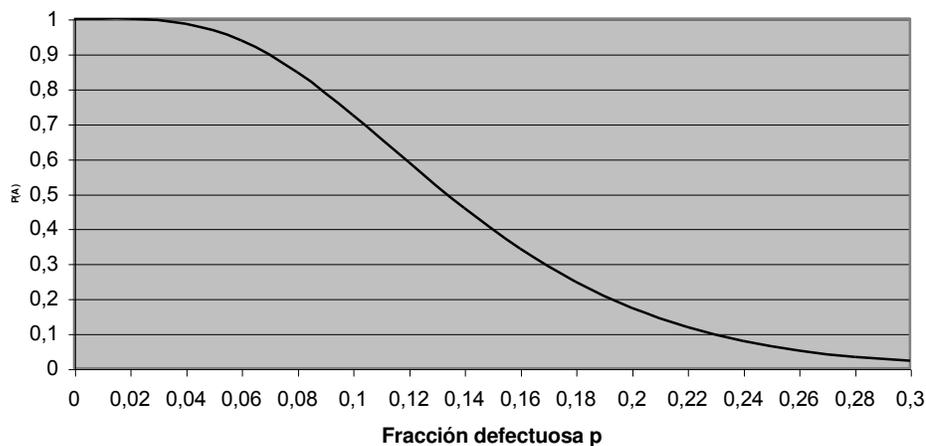
11. La empresa X produce un pasador en lotes de 2000 unidades. El gerente quiere implantar un plan de aceptación para el producto y solicita al departamento de calidad que estudie tres alternativas.

El departamento de calidad presentó los siguientes planes:

Plan A: ($n = 70$; $c = 0$)
 Plan B: ($n = 100$; $c = 1$)
 Plan C: ($n = 180$; $c = 2$)

Si los lotes son en promedio 0.5% defectuosos, cuál de los tres planes de aceptación deberá implantarse a fin de minimizar el número de pasadores sometidos a inspección – rectificación.

12. Realice e interprete la curva característica de operación del plan de aceptación ($n = 60$; $c = 3$) para un producto que se sirve en lotes de 1000 unidades.
13. Una empresa compra cremalleras a un proveedor en lotes de 250 unidades. El comprador usa el plan de aceptación ($n = 15$; $c = 1$). Calcule α para lotes 1% defectuosos y β para lotes 8% defectuosos. Interprete los resultados.
14. Calcule el AQL, el LTPD y la calidad de indiferencia del plan de aceptación correspondiente a la siguiente curva característica operativa, para $\alpha = 10\%$ y $\beta = 10\%$:



15. La siguiente tabla muestra los valores de p y las probabilidades de aceptación de un plan de aceptación.

p	$P(A)$
0.00	1.000
0.01	0.804
0.02	0.631
0.03	0.479
0.04	0.348
0.05	0.236
0.06	0.147
0.07	0.079
0.08	0.031
0.09	0.005

- Realice la curva AOQ de este plan de aceptación.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Duncan, A. Control de Calidad y Producción Industrial. Alfaomega, Bogotá 1990.
- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Gaither, N. y G. Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Thomas Editores. México 2000.
- Buffa, E. Operation Management: Problems and Models. Wiley. New York 1972.
- Rendón HD. Fundamentos Estadísticos para el Copntrol Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 2003

MODULO 7 - PLANES DE ACEPTACIÓN CON RIESGOS ESPECIFICADOS

*“Ni tanto que queme al
santo, ni tan poco que
no lo alumbre”*

Refranero popular

OBJETIVOS:

- Conocer y comprender métodos para el diseño de planes de aceptación con riesgos especificados del productor y el consumidor

CONTENIDO:

1. Planes de aceptación con riesgos especificados	101
2. Procedimiento para hallar planes con riesgos especificados	104
3. Planes que cumplen riesgos de productor y consumidor	105
4. Taller	108
5. Bibliografía	109

1. PLANES DE ACEPTACIÓN CON RIESGOS ESPECIFICADOS:

La comparación de planes de aceptación mediante sus curvas características permite observar que existen muchos planes para los cuales las probabilidades de aceptación tienen igual valor para una calidad dada de los lotes.

Este conjunto de planes configuran una familia de planes de aceptación para riesgos especificados bien sea del productor o del consumidor.

Como ilustración considere los tres casos siguientes:

CASO 1: Considere los siguientes planes de aceptación ($n_1 = 20$; $c_1 = 0$), ($n_2 = 48$; $c_2 = 1$) y ($n_3 = 76$; $c_3 = 2$).

Se presentan a continuación las respectivas curvas características de estos tres planes:

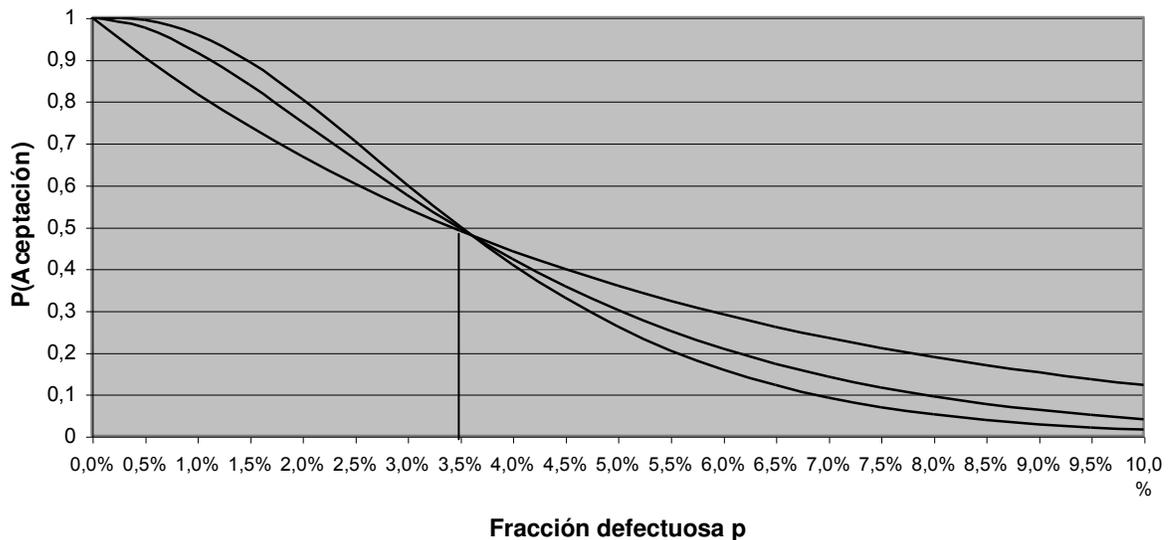


Figura 7.1. - Familia de planes de aceptación con riesgos del 50%

Observe que los tres planes de aceptación pasan por el punto (3.5%; 0.50). Por lo tanto, para lotes con calidad de 3.5% defectuoso, los riesgos del productor y el consumidor son del 50%, y en consecuencia, estos planes de aceptación son equivalentes para lotes con calidad de indiferencia.

CASO 2: Considere los siguientes planes de aceptación: ($n_1 = 82$; $c_1 = 2$), ($n_2 = 137$; $c_2 = 3$) y ($n_3 = 197$; $c_3 = 4$).

Las curvas características de los planes se muestran en la siguiente figura:

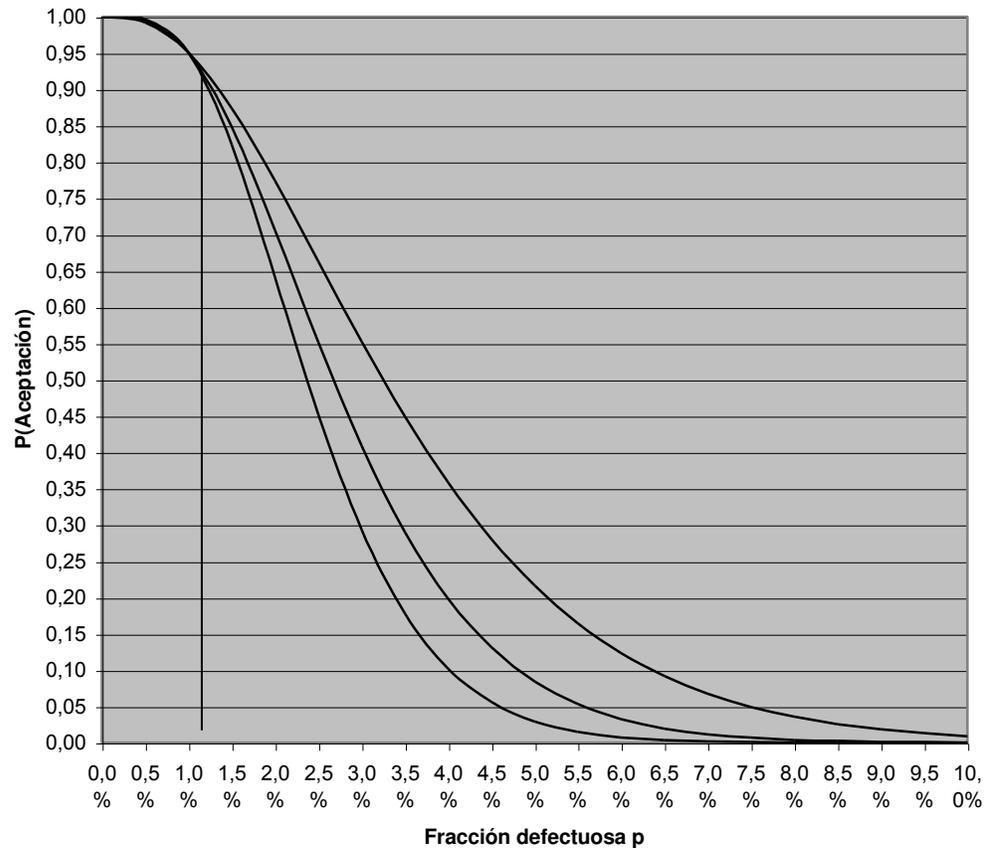


Figura 7.2. - Familia de planes de aceptación con igual riesgo del productor

En este caso los tres planes pasan por el punto (1%; 0.95), esto significa que para un riesgo del productor $\alpha = 5\%$, los tres planes son equivalentes para lotes 1% defectuosos.(es decir con AQL = 1%), y en consecuencia estos planes le proporcionan igual protección al productor con lotes de esta calidad.

CASO 3: Considere los siguientes planes de aceptación: $(n_1 = 38; c_1 = 0)$, $(n_2 = 89; c_2 = 2)$ y $(n_3 = 134; c_3 = 4)$.

En la siguiente figura se presentan las curvas características:

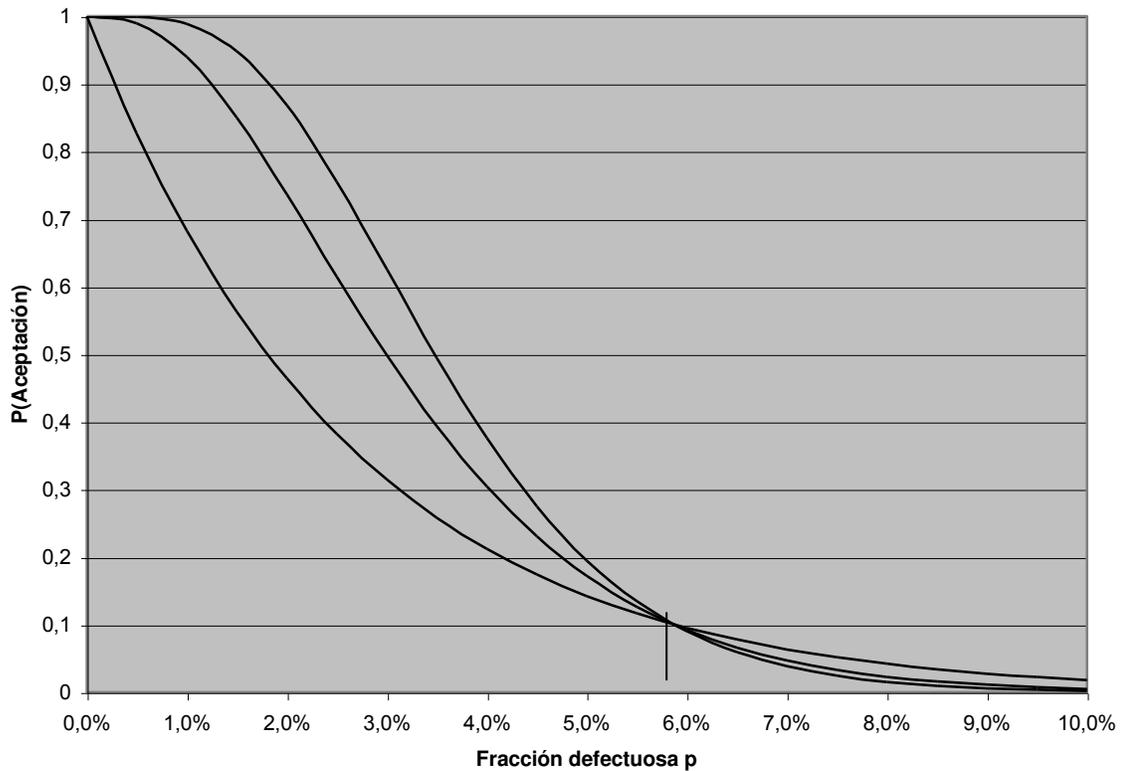


Figura 7.3. - Familia de planes de aceptación con igual riesgo del consumidor

En este caso los tres planes pasan por el punto $(6\%; 0.10)$, lo que significa que lotes 6% tienen probabilidad de aceptación del 10% , es decir los planes protegen de igual manera al consumidor ($\beta = 10\%$) de lotes con calidad $LTPD = 6\%$.

2. PROCEDIMIENTO PARA HALLAR PLANES DE ACEPTACIÓN CON RIESGOS ESPECIFICADOS PARA DIFERENTES VALORES DE c

El uso de la siguiente tabla permite hallar familias de planes con riesgos especificados para el productor y el consumidor, así:

Riesgos del productor para: $\alpha = 99\%$, 95% , 90% y 50%

Riesgos del consumidor para: $\beta = 50\%$, 10% , 5% y 1%

c	$n \times p_{0.99}$	$n \times p_{0.95}$	$n \times p_{0.90}$	$n \times p_{0.50}$	$n \times p_{0.10}$	$n \times p_{0.05}$	$n \times p_{0.01}$	$p_{0.10}/p_{0.95}$
0	0.010	0.051	0.105	0.693	2.303	2.996	4.605	44.89
1	0.149	0.355	0.532	1.678	3.890	4.741	6.638	10.946
2	0.436	0.818	1.102	2.674	5.322	6.296	8.406	6.509
3	0.823	1.366	1.745	3.672	6.681	7.754	10.015	4.800
4	1.279	1.970	2.433	4.671	7.994	9.154	11.605	4.057
5	1.785	2.613	3.152	5.670	9.275	10.513	13.108	3.549
6	2.330	3.286	3.895	6.670	10.532	11.842	14.571	2.206
7	2.906	3.981	4.656	7.669	11.771	13.148	16.000	2.957
8	3.507	4.695	5.432	8.669	12.995	14.434	17.403	2.768
9	4.130	5.420	6.221	9.669	14.206	15.705	18.783	2.618
10	4.771	6.169	7.021	10.668	15.407	16.962	20.145	2.497
11	5.428	6.924	7.829	11.668	16.598	18.208	21.490	2.397
12	6.099	7.690	8.646	12.668	17.782	19.442	22.821	2.312
13	6.782	8.464	9.470	13.668	18.958	20.668	24.139	2.239
14	7.477	9.246	10.300	14.668	20.128	21.886	25.446	2.177
15	8.181	10.035	11.135	15.668	21.292	23.098	26.743	2.122
16	8.895	10.831	11.976	16.668	22.452	24.302	28.031	2.073
17	9.616	11.633	12.822	17.668	23.606	25.500	29.310	2.029
18	10.346	12.442	13.672	18.668	24.756	26.692	30.581	1.990
19	11.082	13.254	14.525	19.668	25.902	27.879	31.815	1.954
20	11.825	14.072	15.383	20.668	27.045	29.062	33.103	1.922

Tabla 7.1. - Tabla para el diseño de planes con riesgos especificados

Los valores de $n \times p_{0.99}$, $n \times p_{0.95}$ y $n \times p_{0.90}$, corresponden a la calidad del lote para la cual el riesgo del productor es del 1%, 5% y 10%, es decir, el AQL correspondiente a estos riesgos, respectivamente.

Así mismo, los valores de $n \times p_{0.10}$, $n \times p_{0.05}$ y $n \times p_{0.01}$, corresponden a la calidad del lote para la cual el riesgo del consumidor es del 10%, 5% y 1%, es decir, el LTPD correspondiente a estos riesgos, respectivamente.

Adicionalmente, el valor $n \times p_{0.50}$, es la calidad del lote para el cuál el riesgo del productor o del consumidor es del 50%, esto es, la calidad de indiferencia.

Los valores del cuerpo de la tabla son el producto del tamaño de la muestra y las calidades p_k para los diferentes números de aceptación c , por lo tanto $n = \text{valor de la tabla} / \text{la calidad del lote}$, (es decir el AQL, LTPD o Calidad de indiferencia).

EJEMPLO 1: Determine un plan con número de aceptación, $c = 0$ y un riesgo del productor del 5%, y un AQL = 0.5%.

Objetivo: Ilustrar el uso de la tabla para la determinación de planes de aceptación con riesgos especificados

Solución:

Para $c = 0$, y dado que el riesgo del productor es del 5%, se busca en la columna $n \times p_{0.95}$ de la tabla, en este caso igual a 0.051, por lo tanto, el tamaño de la muestra, n , será: $n = 0.051 / 0.005 = 10.2$, donde el denominador, 0.005 corresponde a la calidad del lote o AQL especificado, El valor obtenido se redondea al entero más próximo, o sea, $n = 10$, por lo tanto, el plan es: ($n = 10$; $c = 0$).

Para comprobarlo, se tiene, $P(A) = b(0; 10; 0.005) = 95.11\%$.

Para otros valores de c , se tiene:

Número aceptación c	$n \times p_{0.95}$	$n \times p_{0.95} / 0.005$	Redondeo: n	$P(A) = b(c; n; 0.005)$ (comprobación)
1	0.355	71	71	95.05%
2	0.818	163.6	164	95.00%
3	1.366	273.2	273	95.05%
4	1.970	394	394	95.04%
5	2.613	522.6	523	95.03%

En consecuencia, para lotes con calidad 0.5%, los planes: ($n = 10$; $c = 0$); ($n = 71$; $c = 1$); ($n = 164$; $c = 2$); ($n = 273$; $c = 3$); ($n = 394$; $c = 4$) y ($n = 523$; $c = 5$); tienen probabilidades de aceptación del 95%, es decir, iguales riesgos del productor de $\alpha = 5\%$.

3. PLANES QUE CUMPLAN SIMULTÁNEAMENTE RIESGOS DEL PRODUCTOR Y DEL CONSUMIDOR

Observe que en los apartados anteriores se ha considerado sólo planes que cumplan bien la especificación del productor, o bien la del consumidor.

Ahora se examinará la posibilidad de hallar planes de aceptación que cumplan simultáneamente las especificaciones de ambos agentes. Suponga que se desea determinar un plan que simultáneamente cumpla las siguientes especificaciones:

Para el productor: AQL = 1% $\alpha = 95\%$

Para el consumidor LTPD = 5% $\beta = 10\%$

Los planes de muestreo considerando independientemente los riesgos, serian:

$$\begin{array}{l}
 c = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Para el productor: } n = 0.051 / 0.01 = 5. \text{ Plan } (n = 5; c = 0) \\ \text{Para el consumidor: } n = 2.303 / 0.05 = 46. \text{ Plan } (n = 46; c = 0) \end{array} \right. \\
 \\
 c = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Para el productor: } n = 0.355 / 0.01 = 35. \text{ Plan } (n = 35; c = 1) \\ \text{Para el consumidor: } n = 3.890 / 0.05 = 78. \text{ Plan } (n = 78; c = 1) \end{array} \right. \\
 \\
 c = 2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Para el productor: } n = 0.818 / 0.01 = 82. \text{ Plan } (n = 82; c = 2) \\ \text{Para el consumidor: } n = 5.322 / 0.05 = 106. \text{ Plan } (n = 106; c = 2) \end{array} \right. \\
 \\
 c = 3 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Para el productor: } n = 1.366 / 0.01 = 137. \text{ Plan } (n = 137; c = 3) \\ \text{Para el consumidor: } n = 6.681 / 0.05 = 134. \text{ Plan } (n = 134; c = 3) \end{array} \right.
 \end{array}$$

Como puede verse en los cálculos anteriores no existe un plan que satisfaga simultáneamente ambos requerimientos, sin embargo con $c = 3$, los planes son muy similares.

Calculando la relación entre el LTPD y el AQL, $0.05 / 0.01 = 5$ y usando la última columna de la tabla $p_{0.10} / p_{0.95}$ se observa que para $c = 2$ el valor es 6.509 y para $c = 3$ es 4.890 y dado que ninguno de estos valores es igual 5, se concluye que no existe un plan que cumpla de manera estricta ambas especificaciones. Sin embargo, dado que el valor 4.890 está cercano a 5 puede concluirse que en los planes con $c = 3$, los tamaños de muestra son igualmente cercanos como se vio antes.

Si se modifica ligeramente el AQL o el LTPD de manera que $LTPD / AQL = 4.890$, puede obtenerse un plan que cumpla estrictamente ambas especificaciones.

Por ejemplo, si el $LTPD = 0.0489$, y el $AQL = 0.01$, la relación toma el valor de 4.89, correspondiente a la última columna de la tabla para $c = 3$ y en consecuencia existe un plan que cumpla ambas especificaciones. Este plan es:

Para el productor: $n = 1.366 / 0.01 = 137$. Plan ($n = 137$; $c = 3$)

Para el consumidor: $n = 6.681 / 0.0489 = 137$. Plan ($n = 137$; $c = 3$)

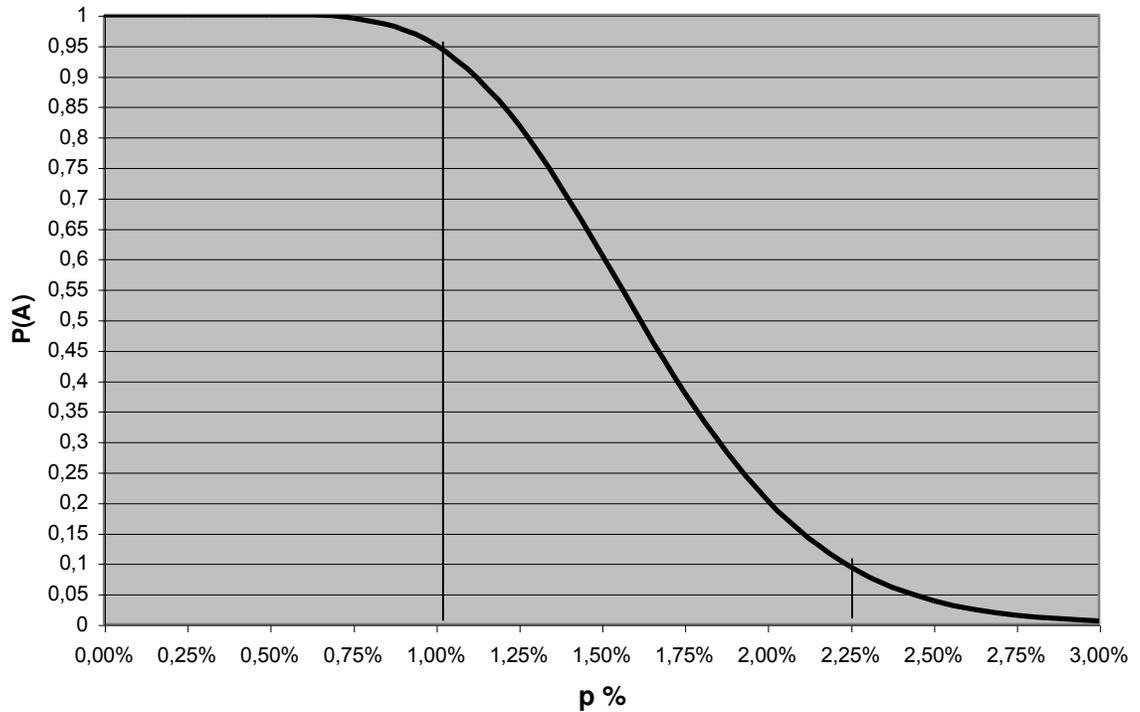
Calculando las probabilidades de aceptación del plan para lotes $AQL = 5\%$ y $LTPD = 4.89\%$, se tiene: $b(3; 137; AQL) \cong 95\%$ y $b(3; 137; LTPD) \cong 10\%$, comprobándose lo anterior.

EJEMPLO 2: Determine un plan de aceptación que satisfaga simultáneamente al productor y al consumidor con riesgos de $\alpha = 5\%$, $\beta = 10\%$, para lotes $AQL = 1\%$ y $LTPD = 2.24\%$.

Objetivo: Ilustrar el uso de la tabla para la determinación de planes de aceptación con riesgos especificados

Solución:

La relación $LTPD / AQL = 0.0224 / 0.01 = 2.24$. En la última columna de la tabla este valor corresponde a $c = 13$, por lo tanto, $n = 8.464 / 0.01 = 846$ y el plan que cumple ambas especificaciones es: ($n = 846$; $c = 13$), tal como puede verse en la curva característica.



4. TALLER:

1. Determine tres planes de muestreo de aceptación, para los cuales el AQL sea del 1.2% con un riesgo del productor del 1%.
2. Determine tres planes de muestreo de aceptación, para los cuales el LTPD sea del 4.2% con un riesgo del consumidor del 5%.
3. Determine tres planes de aceptación para una calidad de indiferencia del 2.2% y muestras mayores de 300.
4. Determine un plan de aceptación cuya curva característica pase por los puntos $(0.0115; 0.95)$ y $(0.034; 0.10)$. Qué sentido tienen estos puntos?

5. Determine los planes de muestreo de aceptación para $c = 0, 1, \dots, 6$, y que cumplan las siguientes especificaciones:
- AQL = 1.5% $\alpha = 99\%$
 - LTPD = 5% $\beta = 5\%$
 - Calidad de indiferencia = 4%
 - AQL = 0.7% $\alpha = 95\%$

5. BIBLIOGRAFÍA

- Duncan, A. Control de Calidad y Producción Industrial. Alfaomega, Bogotá 1990.
- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Gaither, N. y G. Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Thomas Editores. México 2000.
- Buffa, E. Operation Management: Problems and Models. Wiley. New York 1972.
- Rendón HD. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 2003

MODULO 8 – PLANES DE ACEPTACIÓN PARA VARIABLES (1º parte)

“Si las distancias son infinitamente divisibles, entonces el movimiento es imposible, ya que para atravesar una distancia AB primero hay que llegar a C, el punto medio entre A y B. De igual modo, para llegar a C, se debe llegar primero a D, el punto medio entre A y C, y así sucesivamente. Ya que existe un número infinito de distancias por cubrir, el movimiento debe ser imposible”

Paradoja de la Dicotomía

Zenón

OBJETIVOS:

- Comprender la naturaleza y los fundamentos de los planes de aceptación para variables
- Comprender el uso de la tabla de factores para el muestreo por variables para el diseño de planes de aceptación (Bowker y Good)

CONTENIDO:

1	Introducción	111
2	Repaso fundamentos estadísticos	112
3	Planes de muestreo Bowker y Good para variables	116
4	Tabla de factores para muestreo de aceptación por variables	118
5	Taller	121
6	Bibliografía	122

1. INTRODUCCION

Los planes de muestreo de aceptación por variables están basados en las siguientes premisas:

- Se aplican a una sola característica de calidad que pueda ser medida en una escala cuantitativa continua.
- Los valores de la característica de calidad son una variable aleatoria cuyas observaciones son independientes y siguen una distribución normal.
- Se establecen límites de especificación superior, inferior o ambos.
- La calidad se expresa en términos de porcentaje defectuoso.
- La variabilidad del proceso puede conocerse o no.
- La variabilidad del proceso permanece constante
- La media del proceso puede variar

2. REPASO FUNDAMENTOS ESTADISTICOS

Antes de abordar los planes de aceptación por variables, se presenta un breve repaso de los conceptos estadísticos en los que están basados estos planes de muestreo, mediante ejemplos ilustrativos.

EJEMPLO 1: Considere una población (lote) de pernos cuya longitud se distribuye normalmente con media 30 cm y desviación estándar 3.685 cm

Suponga que se consideran defectuosos aquellos pernos que midan 23 cm o menos o aquellos que midan más de 38 cm.

- Calcule la fracción defectuosa del lote.

El siguiente gráfico muestra la situación:

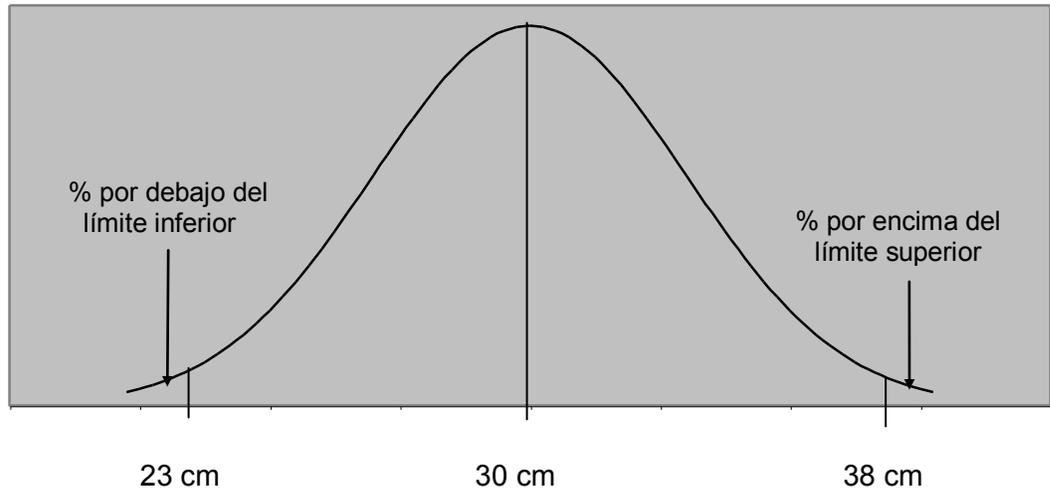


Figura 8.1. - Areas bajo la curva normal del ejemplo 1

El cálculo de la fracción defectuosa de esta población (lote), aceptando las condiciones dadas, es decir un límite inferior, LI = 23 cm y un límite superior, LS = 38 cm, estaría dado por:

$$P(X \leq 23) + P(X \geq 38) = P(Z \leq -1.9) + P(Z \geq 2.17) = 0.287 + (1 - 0.985) = 2.87\% + 1.5\% = 4.37\%$$

Por lo tanto, el 4.37% de los pernos del lote son defectuosos, es decir la calidad del lote es 4.37% defectuoso.

EJEMPLO 2: Suponga ahora que se toma una muestra del lote del ejemplo 1, de 8 pernos y se adopta el siguiente criterio de aceptación: Aceptar el lote si el promedio de la muestra está entre 29 y 32 cm y rechazar el lote de otra manera.

- ¿Cuál es la probabilidad de aceptar el lote?

Usando la distribución muestral de la media (con media igual a la de la población y desviación estándar igual a la de la población dividida por la raíz cuadrada de n) puede calcularse la probabilidad de aceptar el lote, así:

$$P(29 \leq \bar{X} \leq 32) = P\left(\frac{(29-30)}{(3.685/8^{0.5})} \leq Z \leq \frac{(32-30)}{(3.685/8^{0.5})}\right) = 71.6\%$$

En consecuencia el plan adoptado acepta el 71.6% de los lotes con calidad 4.37% defectuoso.

EJEMPLO 3: Considere una población distribuida normalmente con desviación estándar conocida, por ejemplo con $\sigma' = 1.1$ y media μ' . Si se establece un límite inferior para la variable aleatoria X (LI), digamos de 16.5 y se sabe que el lote es 5%, es decir que el 5% de los elementos del lote son menores que 16.5.

¿Cuál es la media del lote?

La siguiente figura muestra la situación planteada

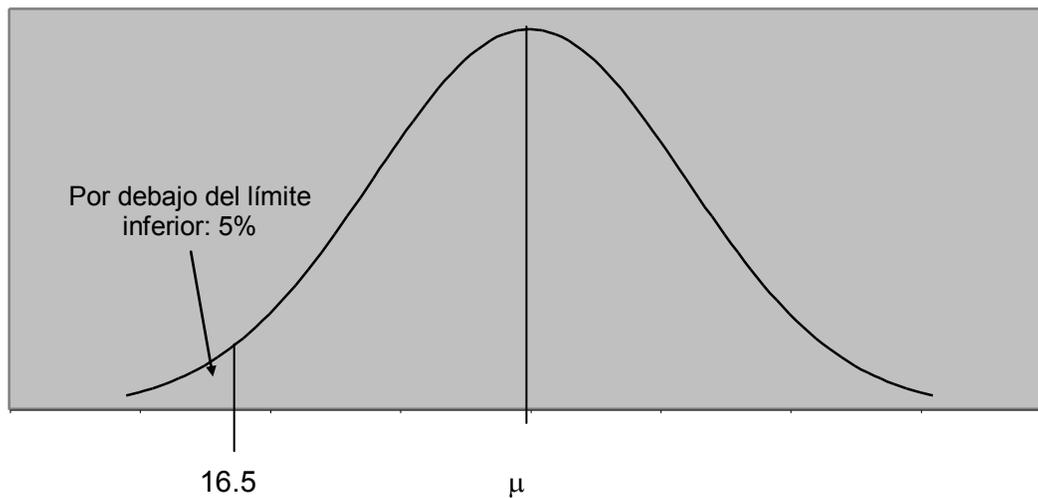


Figura 8.2. - Areas bajo la curva normal del ejemplo 3

Aceptando que $P(X \leq 16.5) = 0.05$ y que $\sigma' = 1.1$, puede hallarse el valor μ de la población, así:

$$P(Z \leq (16.5 - \mu) / 1.1) = 0.05; \quad Z = -1.64 = (16.5 - \mu) / 1.1;$$

de donde $\mu = 18.304$

Si en esta población consideramos que los valores que estén por debajo de 16.5 son inaceptables o en otras palabras que son defectuosos, estaríamos diciendo que la población con $\mu = 18.304$ y $\sigma' = 1.1$ es 5% defectuosa.

EJEMPLO 4: Suponga ahora que de la población del ejemplo 3, se extrae una muestra n de 16 elementos y se calcula su media \bar{X} , aceptando el lote si $\bar{X} \geq 18.5$.

- ¿Cuál es la probabilidad de aceptar el lote?

Sabemos que la distribución muestral de la media es normal con $\mu_x = \mu'$ y $\sigma_x = \sigma' / n^{0.5}$, por lo tanto, la probabilidad pedida, es :

$$P(Z \geq (18.5 - 18.304) / (1.1 / 4)) = P(Z \geq 0.71) = 1 - 0.7611 = 24\%$$

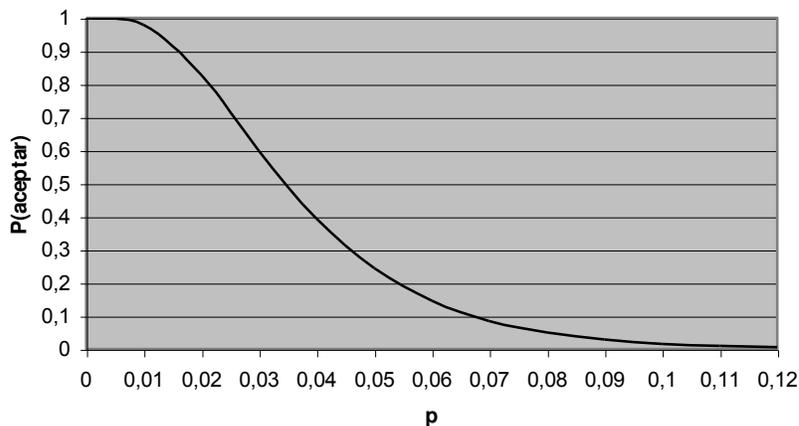
Es decir, para este plan de aceptación lotes 5%, tienen una probabilidad de aceptación del 24%

Es posible construir la curva característica operativa de este plan, calculando las probabilidades de aceptación para diversas calidades del lote.

La siguiente tabla muestra estos cálculos:

p	Z	μ	P(aceptar)
0,00	--	--	1
0,01	-2,32634193	19,0589761	0,97895564
0,02	-2,05374818	18,759123	0,82697164
0,03	-1,88078957	18,5688685	0,59887292
0,04	-1,75068635	18,425755	0,39358716
0,05	-1,644853	18,3093383	0,24405579
0,06	-1,5547721	18,2102493	0,14602417
0,07	-1,47579158	18,1233707	0,08541205
0,08	-1,40507382	18,0455812	0,04922324
0,09	-1,34075435	17,9748298	0,02808522
0,10	-1,28155079	17,9097059	0,01591554
0,11	-1,22652864	17,8491815	0,00897584
0,12	-1,17498757	17,7924863	0,00504434

La correspondiente curva característica se muestra en la siguiente figura:



EJEMPLO 5: Si en el problema del ejemplo 1 no se conoce la variabilidad del proceso y se toman 50 muestras de tamaño $n = 8$, y calculando la desviación estándar de las 50 muestras, se obtiene $\bar{s} = 3.41$

- Estime la desviación estándar del proceso (lote)
- ¿Cuál es la probabilidad de una de estas muestras tenga una media menor o igual a 27 cm?

Recuerde que la variabilidad del proceso puede estimarse a partir de la variabilidad de muestras.

El cálculo de la desviación estándar promedio de k muestras de tamaño n , denotada como \bar{s} , permite estimar $\sigma = \bar{s} / c_2$, el valor de c_2 se halla en la tabla de factores para gráficos de control para diferentes tamaños de muestra, n . (Ver tabla página 51)

Para el problema se tiene que la desviación estándar de la media muestral de las 50 muestras de tamaño $n = 8$, es: $\bar{s} = 3.41$ y el factor $c_2 = 0.9027$ (en tabla página 51), por lo tanto, $\sigma = 3.41 / 0.9027 = 3.78$.

Ahora, el cálculo de la probabilidad pedida, sabiendo que la media del proceso es de 30 cm, y σ de la población igual a 3.78, está dado por:

$$P(x \leq 20) = P(z \leq (27 - 30) / (3.78 / 8^{0.5})) = P(z \leq -2.24) = 1.25\%$$

3. PLANES DE MUESTREO BOWKER Y GOOD PARA VARIABLES

Estos planes están basados para especificaciones de un solo lado y dos lados, tanto para sigma conocida como desconocida.

Usando la tabla de factores para el muestreo por variables, que se transcribe a continuación, se pretende determinar el tamaño de la muestra y el valor crítico de la media muestral para aceptar o rechazar el lote con una protección equivalente de un plan por atributos dado (que dé la misma protección al comprador)

La tabla consta de cuatro columnas principales, a saber:

- Planes de sigma conocido para especificaciones de un solo lado
- Planes de sigma desconocido para especificaciones de un solo lado
- Planes de sigma conocido para especificaciones de dos lados
- Planes de muestreo sencillo por atributos equivalente (con igual riesgo del consumidor)

En cada una de estas columnas se hallan el tamaño de la muestra n , y los factores k' , k y k^* .

Estos factores permiten determinar los criterios de aceptación del lote, así:

$$\text{Sigma conocido} \left\{ \begin{array}{l} \text{1 solo lado} \left\{ \begin{array}{l} \text{Inferior (LI)} \rightarrow \text{Aceptar si: } \bar{X} \geq \text{LI} + k'\sigma' \\ \text{Superior (LS)} \rightarrow \text{Aceptar si: } \bar{X} \leq \text{LS} - k'\sigma' \end{array} \right. \\ \text{2 lados} \left\{ \text{Aceptar si: } \text{LI} + k^*\sigma' \leq \bar{X} \leq \text{LS} - k^*\sigma' \end{array} \right.$$

$$\text{Sigma desconocido} \left\{ \begin{array}{l} \text{Inferior (LI)} \rightarrow \text{Aceptar si: } \bar{X} \geq \text{LI} + ks \\ \text{Superior (LS)} \rightarrow \text{Aceptar si: } \bar{X} \leq \text{LS} - ks \end{array} \right.$$

(s = desviación de la muestra)

A continuación se presenta la tabla de factores para muestreo de aceptación por variables.

4. TABLA DE FACTORES PARA MUESTREO DE ACEPTACIÓN POR VARIABLES

Planes sigma conocido y un solo limite de especificación				Sigma desconocido. Un solo limite		Sigma conocido. Dos limites		Plan sencillo por atributos equivalente	
N	k'	100p _{0.95}	100p _{0.1}	n	k	n	k'	n	c
5	1.748	0.05	12.00	7	1.636	3	1.587	10	0
5	1.522	1.20	17.15	7	1.449	4	1.404	30	1
5	1.278	2.20	24.03	7	1.212	4	1.201	20	1
5	1.117	3.20	20.34	7	1.107	5	1.070	15	1
5	1.027	3.00	32.50	7	1.053	5	1.017	10	1
5	1.015	4.00	32.03	7	0.969	5	0.935	10	1
6	1.812	0.65	9.87	10	1.757	4	1.720	15	0
6	1.580	1.20	14.40	10	1.562	5	1.529	30	1
6	1.343	2.20	20.63	10	1.400	5	1.303	20	1
6	1.272	2.00	22.71	10	1.287	6	1.102	15	1
6	1.181	3.20	25.54	10	1.186	6	1.119	15	1
6	0.973	5.00	32.63	10	0.994	7	1.060	15	2
7	2.105	0.32	5.26	13	1.957	5	1.027	20	0
7	1.862	0.65	8.41	13	1.764	5	1.736	55	1
7	1.635	1.20	12.49	13	1.583	6	1.557	30	1
7	1.432	2.00	17.16	13	1.472	6	1.418	20	1
7	1.392	2.20	18.19	13	1.371	7	1.348	20	1
7	1.177	3.00	24.41	13	1.189	8	1.169	20	2
7	1.084	4.40	27.43	13	1.132	8	1.113	20	2
9	2.300	0.22	3.00	16	2.116	5	2.090	30	0
9	2.178	0.32	4.00	16	2.018	6	1.994	150	1
9	1.035	0.65	6.57	16	1.822	6	1.799	55	1
9	1.709	1.20	10.00	16	1.694	7	1.672	30	1
9	1.466	2.20	14.95	16	1.437	8	1.418	30	2
9	1.363	2.80	17.47	16	1.378	8	1.360	30	2
9	1.226	3.80	21.22	16	1.217	9	1.201	30	3
9	1.158	4.40	23.25	16	1.180	10	1.164	30	3
11	2.433	0.17	2.03	20	2.246	6	2.225	40	0
11	2.352	0.22	2.47	20	2.180	6	2.159	225	1
11	2.231	0.32	3.26	20	2.080	7	2.060	150	1
11	1.988	0.65	5.46	20	1.880	7	1.861	55	1
11	1.761	1.20	8.46	20	1.749	8	1.732	40	1
11	1.518	2.20	12.80	20	1.504	10	1.489	40	2
11	1.400	2.90	15.54	20	1.388	10	1.374	40	3
11	1.356	3.20	16.61	20	1.351	11	1.337	40	3
11	1.210	4.40	20.51	20	1.218	12	1.205	40	4

EJEMPLO 6: Una empresa contrata el llenado de potes de champú y estableció un límite inferior de 200 cc., el proceso de envasado tiene un $\sigma' = 10$ cc. Se desea un plan de aceptación para variables cuya protección sea equivalente a un plan por atributos ($n = 40$; $c = 4$)

Objetivo: Ilustrar el uso de la tabla de factores para muestreo de aceptación por variables para determinar un plan por variables que dé la misma protección al consumidor que un plan por atributos dado.

Solución:

Entrando a la tabla por el plan por atributos ($n = 40$; $c = 4$), se halla en la columna “planes de sigma conocido para especificaciones de un solo lado”, los valores: $n = 11$; $k' = 1.210$.

Por lo tanto, se toma una muestra de 16 potes y se calcula \bar{X} ; se acepta el lote si:

$$\bar{X} \geq LI + k'\sigma' \qquad \bar{X} \geq 200 + 1.210 \times 10 = 218.46$$

Adicionalmente, la tabla proporciona el AQL y el LTPD para $\alpha = 95\%$ y $\beta = 10\%$, en las columnas $100p_{0.95}$ y $100p_{0.10}$, así:

AQL = 4.40% y LTPD = 20.51%.

EJEMPLO 7: Una empresa láctea estableció que el límite superior del contenido de grasa de una bebida es del 5%. Si el proceso tiene una $\sigma' = 0.4\%$. Determine un plan muestreo para variables que proporcione una protección equivalente a un plan para atributos ($n = 40$; $c = 3$).

Objetivo: Ilustrar el uso de la tabla de factores para muestreo de aceptación por variables para determinar un plan por variables que dé la misma protección al consumidor que un plan por atributos dado.

Solución:

Se hallan en la tabla: $n = 11$ y $k' = 1.4$. Se acepta el lote si: $\bar{X} \leq LS - k'\sigma'$, es decir si la muestra de 11 bebidas tiene un valor promedio de $\bar{X} \leq 5 - 1.4 \times 0.4 = 4.44\%$ de grasa.

El AQL = 2.9% y el LTPD = 15.54%.

EJEMPLO 8: Calcule la probabilidad de aceptar un lote 2.9% con el plan de muestreo del ejemplo 7.

Objetivo: Comprobar los valores dados por la tabla del AQL y el LTPD de un plan de aceptación dado.

Solución:

Para un lote 2.9% defectuoso, la $P(X \geq 5) = 2.9\%$, que equivale al valor normalizado $Z = (5 - \mu) / 0.4 = 1.9$, por lo tanto, $\mu = 4.24$

La probabilidad de aceptar el lote es:

$$P(\bar{X} \leq 4.44) = P(Z \leq (4.44 - 4.24) / (0.4 / 11^{0.5})) = 95.15\%$$

Observe que este resultado coincide con el valor del AQL obtenido en el ejemplo anterior, es decir que lotes con calidad 2.9% defectuoso tienen probabilidad de aceptación igual a $1 - \alpha$.

En el caso de no conocer la variabilidad del proceso, se usa el factor k. Los criterios de aceptación son:

Para límite inferior: Aceptar el lote si: $\bar{X} \geq LI + ks$

Para límite superior: Aceptar el lote si: $\bar{X} \leq LS - ks$

EJEMPLO 9: Si en el ejemplo 6 no se conoce σ' , determine el plan de muestreo para variables, si: $s = 9.6$ cc.

Objetivo: Ilustrar el uso de la tabla de factores para muestreo de aceptación por variables para determinar un plan por variables que dé la misma protección al consumidor que un plan por atributos dado y con σ' desconocido.

Solución:

Se hallan en la tabla: $n = 20$ y $k = 1.218$.

Se acepta el lote si: $\bar{X} \geq 200 + 1.218 \times 9.6$, o sea, si $\bar{X} \geq 211.69$ cc

5. TALLER:

1. Halle dos planes de aceptación para variables que proporcionen a un comprador una protección equivalente a un plan por atributos ($n = 55$; $c = 1$), para un producto con límite superior de especificación y variabilidad conocida.

- Establezca el criterio de aceptación de ambos planes

2. Halle dos planes de aceptación para variables que proporcionen a un comprador una protección equivalente a un plan por atributos ($n = 55$; $c = 1$), para un producto con límite inferior de especificación y variabilidad desconocida.

- Establezca el criterio de aceptación de ambos planes

3. En relación con el problema 1, suponga que la desviación estándar del proceso es 8.75, y el límite de especificación es: $LS = 120$. Tome de la siguiente tabla, en orden, los valores de la característica de calidad que requiera para determinar si deben aceptarse o rechazarse los lotes.

Nº Obs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Valor	119	121	97	102	105	107	95	117	111	119	115	122	99

4. En relación con el problema 2, suponga que la desviación estándar del proceso es desconocida y $LI = 95$. Tome de la siguiente tabla, en orden, los valores de la característica de calidad que requiera para determinar si deben aceptarse o rechazarse los lotes.

Nº Obs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Valor	109	112	97	102	105	107	95	114	118	119	115	102	96

Nº Obs	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Valor	99	122	92	102	109	107	95	117	121	119	114	120	98

5. En relación con el problema 1 determine el AQL y el LTPD de los dos planes hallados para $\alpha = 5\%$ y $\beta = 10\%$. Interprete los resultados.
6. Compruebe los valores del AQL y el LTPD hallados en el problema 5, sabiendo que los parámetros del proceso son: $\mu = 108$ y $\sigma = 8.75$.
7. El comprador de un tipo de eje inspecciona el peso del producto, en kilogramos, mediante un plan Bowker y Good; y ha fijado un límite superior de especificación. Si el proceso de producción del proveedor de los ejes tiene variabilidad conocida y la probabilidad de que acepte lotes 10% defectuosos es del 10%.
 - Determine el plan de aceptación usado por el comprador y el criterio de aceptación de los lotes.
 - Cuál es el Nivel aceptable de calidad de los lotes si el productor ha fijado su riesgo $\alpha = 5\%$, bajo este plan?

6. BIBLIOGRAFIA

- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Rendón, H.D. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2003
- Acuña, Jorge. Control de Calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 1998

MODULO 9 - FABRICACION CON ARREGLO A ESPECIFICACION

*Un reconocido barman le comentaba a un cliente:
“Mire, hablando del martini, recuerde que tomar
uno es insuficiente y tres ya son demasiados”*

OBJETIVOS:

- Comprender las relaciones entre los procesos y la fabricación con arreglo a una especificación
- Evaluar la capacidad de los procesos en relación a la fabricación con arreglo a una especificación

CONTENIDO:

1. Introducción	123
2. Capacidad del proceso y especificación	124
3. Índice de capacidad del proceso	129
4. Taller	130
5. Bibliografía	132

1. INTRODUCCIÓN

En el control de calidad por variables, la fabricación de un elemento puede hacerse con arreglo a una especificación, esto es, determinar la dimensión máxima y mínima que debe tener el elemento fabricado. Se definen los siguientes conceptos:

VALOR NOMINAL: Dimensión nominal del elemento. Por ejemplo, se requiere la fabricación de dados de acero con peso nominal de 70 gramos.

ESPECIFICACIÓN: Dimensiones máxima y mínima aceptables.

Especificación: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Dimensión máxima: 72 gramos.} \\ \text{Dimensión mínima: 68 gramos.} \end{array} \right.$

TOLERANCIA: La tolerancia está definida como: Dimensión máxima - Valor nominal y Dimensión mínima - Valor nominal. En este caso, $72 - 70 = 2$ gr. y $68 - 70 = -2$ gr., Esto es, Tolerancia = ± 2 gramos.

En consecuencia, la fabricación del dado está especificada en 70 ± 2 gramos.

2. CAPACIDAD DEL PROCESO Y ESPECIFICACIÓN

Mediante la aplicación del gráfico de control puede establecerse si las especificaciones de fabricación son adecuadas para el producto. En otras palabras se trata de evaluar si la “capacidad” del proceso de producción puede “soportar” la fabricación del producto con la especificación dada.

En el módulo 4, numerales 6 y 7, paginas 54 a 57, se trató este tema, enfocado desde los gráficos de control de proceso para valores individuales, en este módulo se enfocará el tema desde el punto de vista del control de calidad de aceptación.

EJEMPLO 1: Un proceso de fabricación de balines, proporciona balines con un diámetro promedio de 16 milímetros y desviación estándar de 0.45 milímetros. El productor desea fabricar balines de 16 ± 1 milímetros. ¿Qué proporción de los balines producidos por este proceso cumplen la especificación?

Objetivo: Ilustrar los cálculos para determinar la capacidad de un proceso en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

Observe que los límites de control del proceso 3σ , para balines individuales ($n = 1$), son:

$$LSC = 16 + 3 \times 0.45 = 17.35$$

$$LC = 16$$

$$LIC = 16 - 3 \times 0.45 = 14.65$$

Si el proceso está bajo control, puede decirse que el 99.74% de los balines producidos estará entre 17.35 y 14.65 milímetros.

Dado que la tolerancia es de ± 1 milímetro, se trata de hallar, que proporción de balines fabricados por este proceso, estarán entre: 15 y 17 milímetros. Esto es:

$$P[Z \leq (17 - 16) / 0.45] - P[Z \leq (15 - 16) / 0.45] = 0.9868 - 0.0132 = 97.36\%.$$

Así, el 97.36% de los balines producidos, estarán dentro de la especificación 16 ± 1 , y, por lo tanto, el 2.64% de los balines producidos por este proceso no cumplen la especificación.

La siguiente figura muestra esta situación.

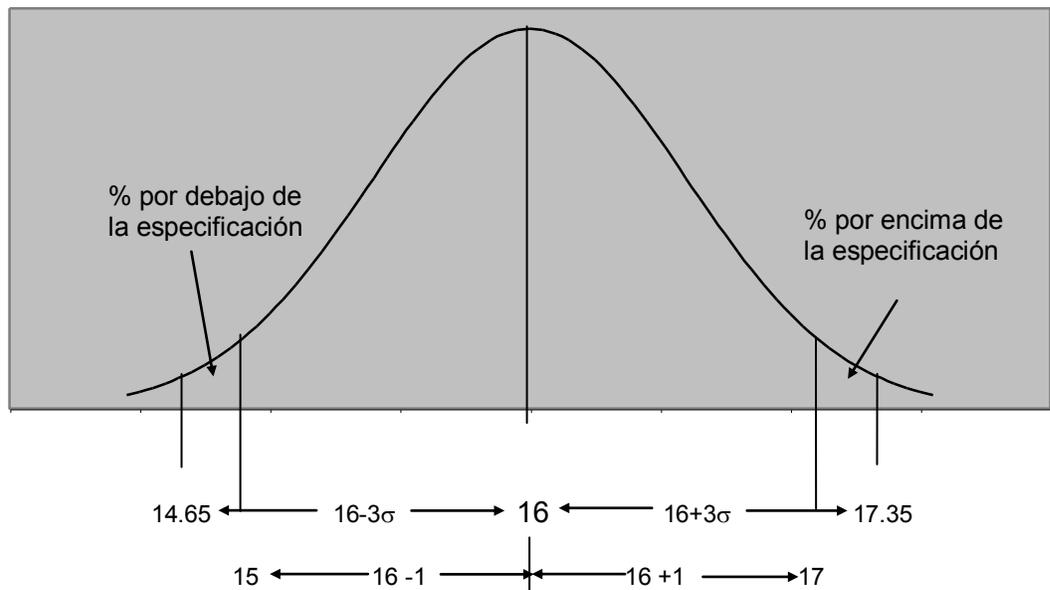


Figura 9.1. - Areas bajo la curva normal del ejemplo 1.

EJEMPLO 2: En relación con el ejemplo 1, ¿Cuál sería la tolerancia “límite” que soporta el proceso para 3 sigma?

Objetivo: Ilustrar los cálculos para determinar que valor de las especificaciones le permitirían al proceso producir artículos conformes.

Solución:

Se trata de hallar el valor $\pm t$, tal que: $\pm t / \sigma = \pm 3$, es decir, $\pm t / 0.45 = \pm 3$. El valor de t sería ± 1.35 . Lo que significa que el productor podría aceptar la producción de balines con arreglo a una especificación más laxa, es decir 16 ± 1.35 , y así el 99.74% de las unidades estarían dentro la especificación.

EJEMPLO 3: Como tendría que ajustarse la variabilidad del proceso de producción de balines para aceptar un pedido con especificación 16 ± 0.8 milímetros.

Objetivo: Ilustrar los cálculos para determinar el cambio en la variabilidad del proceso para soportar la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

$Z = \pm 0.8 / \sigma = \pm 3$, por lo tanto, $\sigma = 0.26$. Es decir el productor tendría que disminuir la desviación estándar del proceso de 0.45 a 0.26 para poder producir con la especificación pedida por el comprador: 16 ± 0.8 milímetros.

EJEMPLO 4: En un proceso de llenado de ampollitas no se conocen la media ni la desviación estándar. Durante 20 días se tomaron muestras de 25 ampollitas y se midió la cantidad de centímetros cúbicos del medicamento envasado. La siguiente tabla muestra los resultados del contenido promedio y el rango de cada muestra.

Muestra Nº	Media muestra	Rango	Muestra Nº	Media muestra	Rango
1	10.14	0.11	11	10.00	0.15
2	10.08	0.18	12	10.08	0.13
3	9.73	0.25	13	9.97	0.20
4	9.83	0.19	14	9.83	0.24
5	10.05	0.17	15	10.14	0.14
6	10.00	0.25	16	9.95	0.09
7	9.91	0.22	17	9.89	0.12
8	10.21	0.15	18	10.12	0.18
9	10.04	0.17	19	10.07	0.11
10	10.11	0.21	20	9.85	0.14

Tabla 9.1. - Datos del ejemplo 4

Objetivo: Ilustrar los cálculos para determinar la capacidad de un proceso en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

De los datos de la tabla se calcula: $\bar{X} = 10$ y $\bar{R} = 0.17$.

La estimación de la desviación estándar del proceso puede hallarse mediante la relación R / d_2 , para $n = 25$, $d_2 = 3.931$ (valor tabulado, página 51). Luego, $\sigma = 0.17 / 3.931 = 0.0432$. En consecuencia, para 3σ el 99.74% de las ampollitas estarán entre $10 \pm (3 \times 0.0432)$, es decir, entre 10.13 y 9.87 cc,

Si un laboratorio farmacéutico encarga el llenado de ampollitas con especificación de 10 ± 0.1 cc. Puede este proceso satisfacer dicha especificación?

El proceso obtendría ampollitas por encima de la especificación, con $P(X \geq 10.1) = 1 - P(Z \leq (10.1 - 10) / 0.0432) = 1 - P(Z \leq 2.31) = 1 - 0.9896 = 1.04\%$. Análogamente el 1.04% de las ampollitas estará por debajo de 9.9 cc. Así, el proceso obtiene el 97.92% de las ampollitas dentro de la especificación, porcentaje menor al 99.74 para control 3σ . Y por lo tanto el proceso no “soporta” la especificación.

Si la especificación fuera 10 ± 0.15 cc, se tiene: que el 99.92% de las ampollitas caen dentro de la especificación, que es mayor al 99.74% (para control 3σ). Y por lo tanto, el proceso soporta esta especificación.

El valor “límite” de la especificación estaría dado por $Z = t / 0.0432 = \pm 3$, es decir, $t = \pm 0.1296$.

EJEMPLO 5: Si en el ejemplo 4, la media del proceso es de 10.05 cc., y las demás condiciones no varían. Cómo cambia la solución?

Objetivo: Ilustrar los cálculos para determinar la capacidad de un proceso en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

El proceso produce ampollitas de más de 10.1 cc, con $Z = (10.1 - 10.05) / 0.0432 = 1.16$, por lo tanto, $1 - 0.877 = 12.3\%$, es decir el 12.3% de las unidades estarán por encima de la especificación superior.

Así mismo, para la especificación inferior, $Z = (9.9 - 10.05) / 0.0432 = -3.47$, así, el 0.03% de la producción estará por debajo de 9.9 cc.

En consecuencia, la tolerancia superior que “soporta” el proceso, sería: $t = 1.16 \times 0.0432 = 0.05$. La inferior, es: $t = -3.47 \times 0.0432 = -0.15$. Así el proceso “soporta”, producir con la especificación: $10 + 0.05$ y $10 - 0.15$. Esto significa que el proceso “soporta” la especificación superior original, pero no la especificación inferior original.

EJEMPLO 6: Un fabricante de resistencias produce la referencia AA-125, bajo dos procesos de producción. El proceso 1 produce resistencias con media de 100 ohmios y desviación estándar de 1 ohmio. El proceso 2 produce resistencias con media de 102 ohmios y desviación estándar de 0.8 ohmios.

Un cliente ordena un pedido de resistencias exigiendo una especificación de 100 ± 3 ohmios. Cuál de los dos procesos deberá usarse para producir las resistencias solicitadas?

Objetivo: Ilustrar la evaluación de la capacidad de procesos en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

Límites de control para resistencias individuales ($n = 1$):

<p style="text-align: center;">Proceso 1:</p> <p>LSC = $100 + (3 \times 1) = 103$</p> <p>LIC = $100 - (3 \times 1) = 97$</p>	<p style="text-align: center;">Proceso 2:</p> <p>LSC = $102 + (3 \times 0.8) = 104.2$</p> <p>LIC = $102 - (3 \times 0.8) = 99.6$</p>
--	--

$$\text{Especificación: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Superior: } 100 + 3 = 103 \\ \text{Inferior: } 100 - 3 = 97 \end{array} \right.$$

Porcentaje de resistencias dentro de la especificación en cada proceso:

Proceso 1:

$$P(Z \leq (103 - 100) / 1.0) - P(Z \leq (97 - 100) / 1.0) = 0.9987 - 0.0013 = 99.74\%$$

Proceso 2:

$$P(Z \leq (103 - 102) / 0.8) - P(Z \leq (97 - 102) / 0.8) = 0.8944 - 0.0000 = 89.44\%$$

En consecuencia, deberá usarse el proceso 1, puesto que “soporta” mejor la especificación, es decir, para límites 3σ , el proceso produce el 99.74% de las resistencias dentro de los límites especificados.

EJEMPLO 7: Si en el problema anterior la desviación estándar del proceso 2 se reduce hasta 0.3 ohmios. Cómo cambia la solución?

Objetivo: Ilustrar la evaluación de la capacidad de procesos en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

Ahora el porcentaje de resistencias producidas por el proceso 2 que cumplen la especificación, sería:

$$P(Z \leq (103 - 102) / 0.3) - P(Z \leq (97 - 102) / 0.3) = 0.9996 - 0.0000 = 99.96\%$$

Observe que este porcentaje es mayor que el 99.74% para límites de control 3σ del proceso 1, por lo tanto, el proceso 2 ahora “soporta” sobradamente la especificación pedida por el cliente.

3. INDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO:

El concepto de Índice de capacidad, tratado en el módulo 4, página 58, tienen plena validez en este enfoque, así el índice de capacidad de un proceso en relación con una especificación dada, está dado, por:

$$C_P = (\text{Especificación Sup} - \text{Especificación Inf}) / 6\sigma$$

Observe que esta definición no depende de la media del proceso, asumiéndose que el proceso está centrado. Para obtener información acerca del centrado del proceso, se definen los índices de capacidad de un solo lado, así:

$$\text{Índice de capacidad superior} = C_{PS} = (\text{Esp Sup} - \mu) / 3\sigma$$

$$\text{Índice de capacidad inferior} = C_{PI} = (\mu - \text{Esp Inf}) / 3\sigma$$

Y se redefine el índice de capacidad del proceso $C_P = \text{Mínimo} [C_{PS}, C_{PI}]$

Los índices de un solo lado indican la capacidad del proceso en relación con la producción de artículos con especificaciones superior e inferior.

EJEMPLO 8: Calcule los índices de capacidad de los procesos 1 y 2, del ejemplo 6.

Objetivo: Ilustrar la evaluación de los índices de capacidad de un solo lado de procesos en relación con la producción de artículos con especificaciones dadas.

Solución:

La desviación estándar del proceso 1, $\sigma = 1.0$

La desviación estándar del proceso 2, $\sigma = 0.8$

Especificación superior del producto: 103

Especificación inferior del producto: 97

Para el proceso 1:

$$C_{PS} = 103 - 100 / 3 = 1$$

$$C_{PI} = 100 - 97 / 3 = 1$$

$$C_P = 1$$

Para el proceso 2:

$$C_{PS} = 103 - 102 / 2.4 = 0.417$$

$$C_{PI} = 102 - 97 / 2.4 = 2.083$$

$$C_P = 0.417$$

El proceso 1 con un índice igual a 1 soporta la especificación, mientras que el índice del proceso 2 menor que 1, indica que no soporta la especificación

Observe que el resultado es equivalente al encontrado en el problema 6.

4. TALLER

1. Un proceso produce pernos cuyo peso se distribuye normal con media igual a 12.5 gramos y desviación estándar igual 0.18 gramos.
 - Que porcentaje de la producción cumplirá la especificación 12.5 ± 0.1
 - Calcule el índice de capacidad del proceso

2. Un proceso produce ejes cuya longitud se distribuye normal con media igual a 35 cm y desviación estándar igual 1.1 cm.
 - Que porcentaje de los ejes tendrá longitudes mayores de 36 o menores de 34 cm
 - Calcule el índice de capacidad del proceso para producir ejes de 35 ± 1 cm

3. En relación con el problema 2
 - Qué porcentaje de los ejes tendrá longitudes entre 34.5 y 37 cm
 - Calcule los índices de capacidad superior e inferior del proceso

4. No se conocen la media ni la desviación estándar del peso en gramos de las bolsas de una máquina empacadora de maní. Se toman muestras durante un mes de tamaño $n = 10$, obteniéndose los siguientes valores: $\bar{X} = 100$ y $\bar{R} = 1.9$.
 - Qué porcentaje de las bolsas pesarán menos de 95 gramos?
 - Qué porcentaje de las bolsas cumplirán la especificación 100 ± 3 gramos?
 - Calcule el índice de capacidad del proceso
 - Interprete los resultados obtenidos en los dos puntos anteriores

5. Se dispone de dos procesos para la producción de la láminas de acero con la siguiente especificación del espesor 15 ± 0.5 mm. Se sabe que el proceso A produce láminas con media 14.8 y desviación estándar 0.64 mm. El proceso B con media 15.1 y desviación estándar 0.56 mm.
 - Cuál de los dos procesos tiene mayor capacidad para cumplir la especificación?

6. La media de una población es 125. Si la probabilidad de que un elemento esté entre 124 y 126 es prácticamente 1.
 - Cuál es la variabilidad de la población?

7. La duración promedio y la desviación estándar de una marca de baterías, son: 40 y 6 meses, respectivamente. Si las especificaciones de la batería son: 40 ± 5 .
- Cuál es la probabilidad de que la duración de una batería cumpla la especificación?
 - Cuál deberá ser la tolerancia límite de la duración de las baterías para garantizar el cumplimiento de la especificación?

5. BIBLIOGRAFÍA

- Duncan, A. Control de Calidad y Producción Industrial. Alfaomega, Bogotá 1990.
- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Gaither, N. y G. Frazier. Administración de Producción y Operaciones. Thomas Editores. México 2000.
- Buffa, E. Operation Management: Problems and Models. Wiley. New York 1972.
- Rendón, H.D. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2003
- Acuña, Jorge. Control de Calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 1996

MODULO 10 - PLANES DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS TABLAS DODGE - ROMIG

*“Prefiero ser el primero en este pueblo
que el segundo en Roma”*

Julio Cesar

OBJETIVOS:

- Comprender las características de las tablas para la determinación de planes de muestreo de aceptación para atributos.
- Aprender los usos y aplicaciones de las tablas de muestreo de aceptación para atributos Dodge – Romig

CONTENIDO:

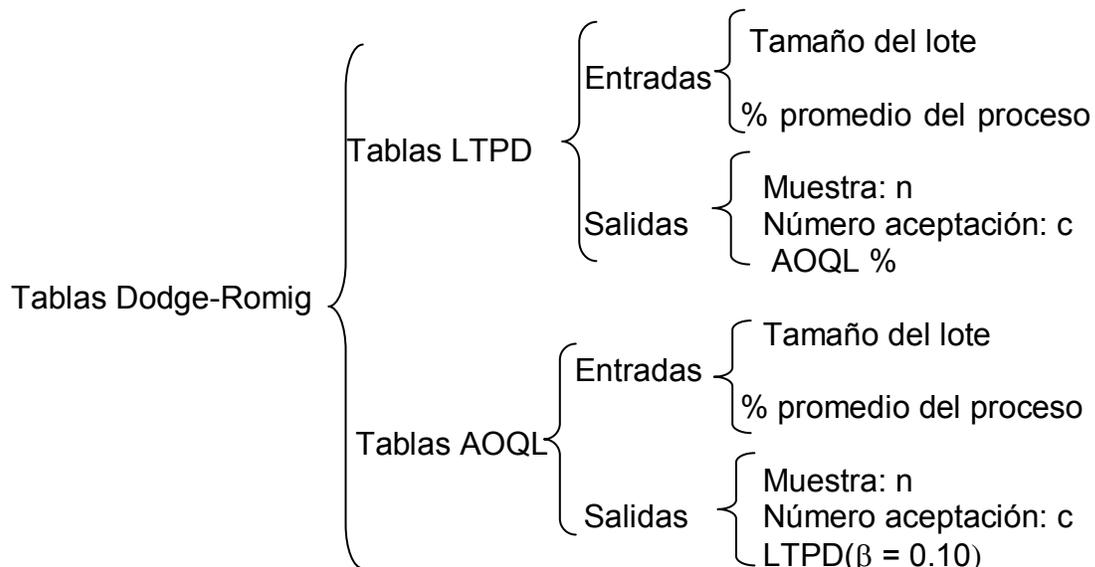
1. Tablas para la determinación de planes de aceptación	134
2. Tablas de muestreo de aceptación Dodge – Romig	134
3. Tabla muestreo sencillo Dodge – Romig AOQL = 2%	135
4. Tabla muestreo sencillo Dodge – Romig LTPD = 5%	136
5. Tabla muestreo doble Dodge – Romig AOQL = 2%	137
6. Tabla muestreo doble Dodge – Romig LTPD = 5%	139
7. Taller	144
8. Bibliografía	145

1. TABLAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLANES DE ACEPTACIÓN

Existen variedad de tablas para determinar planes de aceptación de muestreo por atributos, tanto simples como dobles y basadas en diversos criterios, tales como: El LTPD para riesgos especificados del consumidor, El límite de calidad de salida promedio (AOQL), El AQL para riesgos especificados del productor, El tamaño del lote y la calidad promedio del proceso productivo.

2. TABLAS DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN DODGE – ROMIG

Las tablas de muestreo de aceptación por atributos Dodge – Romig, para muestreo simple y doble se dividen en: Tablas de tolerancias de lotes (LTPD) y Tablas de límite de calidad de salida promedio (AOQL).



A continuación se presentan tablas Dodge-Romig LTPD y AOQL para planes sencillos (simples) y dobles, así:

- Tabla Dodge – Romig para muestreo sencillo. Límite de calidad de salida promedio (AOQL) = 2%
- Tabla Dodge – Romig de tolerancia del lote (LTPD) = 5%. Riesgo del consumidor $\beta = 10\%$, para muestreo sencillo.
- Tabla Dodge – Romig para muestreo doble. Límite de calidad de salida promedio (AOQL) = 2%
- Tabla Dodge – Romig de tolerancia del lote (LTPD) = 5%. Riesgo del consumidor $\beta = 10\%$, para muestreo doble.

**3. - TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO SENCILLO.
LIMITE DE CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO (AOQL) = 2%**

promedio proceso %	0.00 – 0.04			0.05 – 0.40			0.41 – 0.80			0.81 – 1.20			1.21 – 1.60			1.61 – 2.00		
	n	c	p _t %	n	c	p _t %	n	c	p _t %									
1 – 15	All	0	---	All	0	---	All	0	---									
16 – 50	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6
51 – 100	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4
101 – 200	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	35	1	10.5	35	1	10.5
201 – 300	17	0	12.3	17	0	12.3	17	0	12.3	37	1	10.2	37	1	10.2	37	1	10.2
301 – 400	18	0	11.8	18	0	11.8	38	1	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	60	2	8.5
401 – 500	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
501 – 600	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
601 – 800	18	0	11.9	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.0	65	2	8.0	85	3	7.5
801 – 1000	18	0	12.0	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.1	65	2	8.1	90	3	7.4
1001 – 2000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5
2001 – 3000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5	180	6	5.8
3001 – 4000	18	0	12.0	42	1	9.3	65	2	8.2	95	3	7.0	155	5	6.0	210	7	5.5
4001 – 5000	18	0	12.0	42	1	9.3	70	2	7.5	125	4	6.4	155	5	6.0	245	8	5.3
5001 – 7000	18	0	12.0	42	1	9.3	95	3	7.0	125	4	6.4	185	6	5.6	280	9	5.1
7001-10000	42	1	9.3	70	2	7.5	95	3	7.0	155	5	6.0	220	7	5.4	350	11	4.8
10001-20000	42	1	9.3	70	2	7.6	95	3	7.0	190	6	5.6	290	9	4.9	460	14	4.4
20001-50000	42	1	9.3	70	2	7.6	125	4	6.4	220	7	5.4	395	12	4.5	720	21	3.9

4. - TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO SENCILLO.
LIMITE DE TOLERANCIA DEL LOTE (LTPD) = 5%
RIESGO DEL CONSUMIDOR $\beta = 10\%$

% promedio del proceso	0.00 – 0.05			0.06 – 0.50			0.51 – 1.00			1.01 – 1.50			1.51 – 2.00			2.01 – 2.50		
	n	c	AOQL	n	c	AOQL	n	c	AOQL									
1 – 30	All	0	0	All	0	0	All	0	0									
31 – 50	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49
51 – 100	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63
101 – 200	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74
201 – 300	43	0	0.74	43	0	0.74	70	1	0.92	70	1	0.92	95	2	0.99	95	2	0.99
301 – 400	44	0	0.74	44	0	0.74	70	1	0.99	100	1	1.00	120	3	1.10	145	4	1.10
401 – 500	45	0	0.75	75	1	0.95	100	2	1.10	100	1	1.10	125	3	1.20	150	4	1.20
501 – 600	45	0	0.76	75	1	0.98	100	2	1.10	125	1	1.20	150	4	1.30	175	5	1.30
601 – 800	45	0	0.77	75	1	1.00	100	2	1.20	130	2	1.20	175	5	1.40	200	6	1.40
801 – 1000	45	0	0.78	75	1	1.00	105	2	1.20	155	2	1.40	180	5	1.40	225	7	1.50
1001 – 2000	45	0	0.80	75	1	1.00	130	3	1.40	180	2	1.60	230	7	1.70	280	9	1.80
2001 – 3000	75	1	1.10	105	2	1.30	135	3	1.40	210	3	1.70	280	9	1.90	370	13	2.10
3001 – 4000	75	1	1.10	105	2	1.30	160	4	1.50	210	3	1.70	305	10	2.00	420	15	2.20
4001 – 5000	75	1	1.10	105	2	1.30	160	4	1.50	235	4	1.80	330	11	2.00	440	16	2.20
5001 – 7000	75	1	1.10	105	2	1.30	185	5	1.70	260	4	1.90	350	12	2.20	490	18	2.40
7001-10000	75	1	1.10	105	2	1.30	185	5	1.70	260	5	1.90	380	13	2.20	535	20	2.50
10001-20000	75	1	1.10	135	3	1.40	210	6	1.80	285	6	2.00	425	15	2.30	610	23	2.60
20001-50000	75	1	1.10	135	3	1.40	235	7	1.90	305	7	2.10	470	17	2.40	700	27	2.70

**5. - TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO DOBLE.
LIMITE DE CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO AOQL = 2%**

% promedio del proceso	0.00 - 0.04						0.05 - 0.40						0.41 - 0.80					
	Primera		Segunda				Primera		Segunda				Primera		Segunda			
Tamaño lote	n ₁	c ₁	n ₂	n ₁ +n ₂	c ₂	p _t %	n ₁	c ₁	n ₂	n ₁ +n ₂	c ₂	p _t %	n ₁	c ₁	n ₂	n ₁ +n ₂	c ₂	p _t %
1 – 15	All	0	--	---	--	---	All	0	--	---	--	---	All	0	--	---	--	---
16 – 50	14	0	--	---	--	13.6	14	0	--	---	--	13.6	14	0	--	---	--	13.6
51 – 100	21	0	12	33	1	11.7	21	0	12	33	1	11.7	21	0	12	33	1	11.7
101 – 200	24	0	13	37	1	11.0	24	0	13	37	1	11.0	24	0	13	37	1	11.0
201 – 300	26	0	15	41	1	10.4	26	0	15	41	1	10.4	29	0	31	60	2	9.1
301 – 400	26	0	16	42	1	10.3	26	0	16	42	1	10.3	30	0	35	65	2	9.0
401 – 500	27	0	16	43	1	10.3	30	0	35	65	2	9.0	30	0	35	65	2	9.0
501 – 600	27	0	16	43	1	10.3	31	0	34	65	2	8.9	35	0	55	90	3	7.9
601 – 800	27	0	17	44	1	10.2	31	0	39	70	2	8.8	35	0	60	95	3	7.7
801 – 1000	27	0	17	44	1	10.2	32	0	38	70	2	8.7	36	0	59	95	3	7.6
1001 – 2000	33	0	37	70	2	8.5	33	0	37	70	2	8.5	37	0	63	100	3	7.5
2001 – 3000	34	0	41	75	2	8.2	34	0	41	75	2	8.2	41	0	84	125	4	7.0
3001 – 4000	34	0	41	75	2	8.2	38	0	62	100	3	7.3	41	0	89	130	4	6.9
4001 – 5000	34	0	41	75	2	8.2	38	0	62	100	3	7.3	42	0	88	130	4	6.9
5001 – 7000	35	0	40	75	2	8.1	38	0	62	100	3	7.3	44	0	116	160	5	6.4
7001 – 10000	35	0	40	75	2	8.1	38	0	62	100	3	7.3	45	0	115	160	5	6.3
10001-20000	35	0	40	75	2	8.1	39	0	66	105	3	7.2	45	0	115	160	5	6.3
20001-50000	35	0	40	75	2	8.1	43	0	92	135	4	6.6	47	0	148	195	6	6.0

**TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO DOBLE.
LIMITE DE CALIDAD DE SALIDA PROMEDIO AOQL = 2%
(Continuación)**

% promedio del proceso	0.81 - 1.20						1.21 - 1.60						1.61 - 2.00					
	Primera		Segunda				Primera		Segunda				Primera		Segunda			
Tamaño lote	n_1	C_1	n_2	n_1+n_2	c_2	p_t %	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	p_t %	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	p_t %
1 – 15	All	0	--	---	--	---	All	0	--	---	--	---	All	0	--	---	--	---
16 – 50	14	0	--	---	--	13.6	14	0	--	---	--	13.6	14	0	--	---	--	13.6
51 – 100	21	0	12	33	1	11.7	21	0	12	33	1	11.7	23	0	23	46	2	10.9
101 – 200	27	0	28	55	2	9.6	27	0	28	55	2	9.6	27	0	28	55	2	9.6
201 – 300	29	0	31	60	2	9.1	32	0	48	80	3	8.4	32	0	48	80	3	8.4
301 – 400	33	0	52	85	3	8.2	33	0	52	85	3	8.2	36	0	69	105	4	7.6
401 – 500	34	0	56	90	3	7.9	36	0	74	110	4	7.5	60	1	90	150	6	7.0
501 – 600	35	0	55	90	3	7.9	37	0	78	115	4	7.4	65	1	95	160	6	6.8
601 – 800	38	0	82	120	4	7.3	38	0	82	120	4	7.3	70	1	120	190	7	6.4
801 – 1000	38	0	87	125	4	7.2	70	1	100	170	6	6.5	70	1	145	215	8	6.2
1001 – 2000	43	0	112	155	5	6.5	80	1	160	240	8	5.8	110	2	205	315	11	5.5
2001 – 3000	75	1	115	190	6	6.1	115	2	195	310	10	5.3	160	3	310	470	15	4.7
3001 – 4000	80	1	140	220	7	5.8	120	2	255	375	12	5.0	235	5	415	650	20	4.3
4001 – 5000	80	1	175	255	8	5.5	125	2	285	410	13	4.9	275	6	475	750	23	4.2
5001 – 7000	85	1	205	290	9	5.3	125	2	320	445	14	4.8	280	6	575	855	26	4.1
7001 – 10000	85	1	210	295	9	5.2	165	3	335	500	15	4.5	320	7	645	965	29	4.0
10001-20000	90	1	260	350	11	5.1	170	3	425	595	18	4.4	395	9	835	1230	37	3.9
20001-50000	130	2	300	430	13	4.7	205	4	515	720	22	4.3	480	11	1090	1570	46	3.7

**6. - TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO DOBLE.
 LIMITE DE TOLERANCIA DEL LOTE (LTPD) = 5%
 RIESGO DEL CONSUMIDOR $\beta = 10\%$**

% promedio del proceso	0.00 - 0.05						0.06 - 0.50						0.51 - 1.00					
	Primera		Segunda				Primera		Segunda				Primera		Segunda			
Tamaño lote	n_1	c_1	n_2	$n_1 + n_2$	c_2	AOQL	n_1	c_1	n_2	$n_1 + n_2$	c_2	AOQL	n_1	c_1	n_2	$n_1 + n_2$	c_2	AOQL
1 – 30	All	0	--	---	--	0.00	All	0	--	---	--	0.00	All	0	--	---	--	0.00
31 – 50	30	0	--	---	--	0.49	30	0	--	---	--	0.49	30	0	--	---	--	0.49
51 – 75	38	0	--	---	--	0.59	38	0	--	---	--	0.59	38	0	--	---	--	0.59
76 – 100	44	0	21	65	1	0.64	44	0	21	65	1	0.64	44	0	21	65	1	0.64
101 – 200	49	0	26	75	1	0.84	49	0	26	75	1	0.84	49	0	26	75	1	0.84
201 – 300	50	0	30	80	1	0.91	50	0	30	80	1	0.91	50	0	55	105	2	1.00
301 – 400	55	0	30	85	1	0.92	55	0	55	110	2	1.10	55	0	55	110	2	1.10
401 – 500	55	0	30	85	1	0.93	55	0	55	110	2	1.10	55	0	80	135	3	1.20
501 – 600	55	0	30	85	1	0.94	55	0	60	115	2	1.10	55	0	85	140	3	1.20
601 – 800	55	0	35	90	1	0.95	55	0	65	120	2	1.10	55	0	85	140	3	1.30
801 – 1000	55	0	35	90	1	0.96	55	0	65	120	2	1.10	55	0	115	170	4	1.40
1001 – 2000	55	0	35	90	1	0.98	55	0	95	150	3	1.30	55	0	120	175	4	1.40
2001 – 3000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	95	150	3	1.30	55	0	150	205	5	1.50
3001 – 4000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	95	150	3	1.30	90	1	140	230	6	1.60
4001 – 5000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	95	150	3	1.40	90	1	165	255	7	1.80
5001 – 7000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	95	150	3	1.40	90	1	165	255	7	1.80
7001-10000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	120	175	4	1.50	90	1	190	280	8	1.90
10001-20000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	120	175	4	1.50	90	1	190	280	8	1.90
20001-50000	55	0	65	120	2	1.20	55	0	150	205	5	1.70	90	1	215	305	9	2.00

TABLA DODGE – ROMIG PARA MUESTREO DOBLE.
LIMITE DE TOLERANCIA DEL LOTE (LTPD) = 5%
RIESGO DEL CONSUMIDOR $\beta = 10\%$
(Continuación)

% promedio del proceso	1.01 - 1.50						1.51 - 2.00						2.01 - 2.50					
	Primera		Segunda				Primera		Segunda				Primera		Segunda			
Tamaño lote	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	AOQL	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	AOQL	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	AOQL
1 – 30	All	0	--	---	--	0.00	All	0	--	---	--	0.00	All	0	--	---	--	0.00
31 – 50	30	0	--	---	--	0.49	30	0	--	---	--	0.49	30	0	--	---	--	0.49
51 – 75	38	0	--	---	--	0.59	38	0	--	---	--	0.59	38	0	--	---	--	0.59
76 – 100	44	0	21	65	1	0.64	44	0	21	65	1	0.64	44	0	21	65	1	0.64
101 – 200	49	0	51	100	2	0.91	49	0	51	100	2	0.91	49	0	51	100	2	0.91
201 – 300	50	0	55	105	2	1.00	50	0	80	130	3	1.10	50	0	100	150	4	1.10
301 – 400	55	0	80	135	3	1.10	55	0	100	155	4	1.20	85	1	105	190	6	1.30
401 – 500	55	0	105	160	4	1.30	85	1	120	205	6	1.40	85	1	140	225	7	1.40
501 – 600	55	0	110	165	4	1.30	85	1	145	230	7	1.40	85	1	165	250	8	1.50
601 – 800	90	1	125	215	6	1.50	90	1	170	260	8	1.50	120	2	185	305	10	1.60
801 – 1000	90	1	150	240	7	1.50	90	1	200	290	9	1.60	120	2	210	330	11	1.70
1001 – 2000	90	1	185	275	8	1.70	120	2	225	345	11	1.90	175	4	260	435	15	2.00
2001 – 3000	120	2	180	300	9	1.90	150	3	270	420	14	2.10	205	5	375	580	21	2.30
3001 – 4000	120	2	210	330	10	2.00	150	3	295	445	15	2.30	230	6	420	650	24	2.40
4001 – 5000	120	2	255	375	12	2.10	150	3	345	495	17	2.30	255	7	445	700	26	2.50
5001 – 7000	120	2	260	380	12	2.10	150	3	370	520	18	2.30	255	7	495	750	28	2.60
7001-10000	120	2	285	405	13	2.10	175	4	370	545	19	2.40	280	8	540	820	31	2.70
10001-20000	120	2	310	430	14	2.20	175	4	420	595	21	2.40	280	8	560	940	36	2.80
20001-50000	120	2	335	455	15	2.20	205	5	485	690	25	2.50	305	9	745	1050	41	2.90

EJEMPLO 1: Se compra un elemento que puede inspeccionarse por atributos, en lotes de 3500 unidades y con calidad promedio del 1.8%.

- Diseñe un plan sencillo de aceptación, si lotes 5% defectuosos tienen una probabilidad de aceptación del 10%.

Objetivo: Ilustrar el uso de las tablas Dodge – Romig para el diseño de planes sencillos de aceptación.

Solución:

En este caso se tiene: LTPD = 5% para $\beta = 10\%$. Se entra a la tabla por la fila correspondiente a tamaño de lote: 3001 – 4000 y por la columna % promedio del proceso: 1.51 – 2.00, Hallando: el plan ($n = 305$; $c = 10$) y un AOQL = 2%

EJEMPLO 2: Bajo las mismas condiciones del ejemplo 1.

- Diseñe un plan sencillo de aceptación si se desea obtener luego de la rectificación lotes cuya fracción defectuosa sea como máximo del 2%. Qué fracción defectuosa del lote tiene una probabilidad de aceptación del 10%?

Objetivo: Ilustrar el uso de las tablas Dodge – Romig para el diseño de planes sencillos de aceptación.

Solución:

En este caso se tiene AOQL = 2%. Se entra a la tabla AOQL por la fila correspondiente a tamaño de lote: 3001 – 4000 y por la columna % promedio del proceso: 1.61 – 2.00, Hallando: El plan ($n = 210$; $c = 7$). La fracción defectuosa del lote correspondiente a una probabilidad de aceptación del 10%, se halla en la columna $p_t\%$ y es igual a 5.5%.

EJEMPLO 3: Diseñe un plan de muestreo doble de aceptación para un elemento que se inspecciona por atributos y se produce en lotes de 700 unidades, con fracción defectuosa promedio del 1.1%. El comprador del producto desea aceptar sólo 1 de cada 10 lotes con calidad 5% defectuoso.

Objetivo: Ilustrar el uso de las tablas Dodge – Romig para el diseño de planes dobles de aceptación.

Solución:

Se entra a la tabla LTPD, por la fila correspondiente al tamaño del lote: 601 – 800; y por la columna % promedio del proceso: 1.01% - 1.50%, Se halla el plan doble:

Primera muestra: $n_1 = 90$; $c_1 = 1$
 Segunda muestra: $n_2 = 125$; $n_1 + n_2 = 215$; $c_2 = 6$
 AOQL = 1.5%

Este plan le garantiza al comprador el recibir lotes con calidad mejor o igual al 1.5 % defectuoso luego del proceso inspección rectificación.

El plan doble opera de la siguiente manera:

1° muestra de 90 u.	{	Aceptar el lote si hay: 0 o 1 defectuosos Rechazar el lote si hay 7 o más defectuosos Tomar la 2° muestra si hay entre 2 y 6 defectuosos
2° muestra de 125 u.	{	Aceptar el lote si en la muestra conjunta (215 unidades) hay 6 o menos unidades defectuosas. Rechazar el lote si en la muestra conjunta hay 7 o mas unidades defectuosas

EJEMPLO 4: En relación con el problema 3, diseñe un plan doble de aceptación, si el comprador desea recibir una calidad igual o mejor del 2% luego del proceso inspección – rectificación.

Objetivo: Ilustrar el uso de las tablas Dodge – Romig para el diseño de planes dobles de aceptación.

Solución:

En este caso se entra a la tabla AOQL, se halla el plan doble:

Primera muestra: $n_1 = 38$; $c_1 = 0$
 Segunda muestra: $n_2 = 82$; $n_1 + n_2 = 120$; $c_2 = 4$
 Tolerancia del lote: 7.3%

EJEMPLO 5: El plan de muestreo de aceptación ($n = 280$; $c = 9$), es un plan Dodge – Romig LTPD 5% para un producto con calidad promedio de 1.8% y producido en lotes de 2500 unidades.

- Verifique que lotes 5% defectuosos tienen una probabilidad de aceptación del 10%.
- Verifique que el valor dado por la tabla del AOQL = 1.9%

Objetivo: Ilustrar el uso de las tablas Dodge – Romig para el diseño de planes sencillos de aceptación.

Solución:

- Dado que corresponde a un plan LTPD = 5%, se calcula la probabilidad de aceptar un lote 5%, así:

$$P(X \leq 9) = b(0, 280, 0.05) + b(1, 210, 0.05) + \dots + b(9, 280, 0.05) = 10.3\%$$

Observe que el valor hallado es similar al riesgo del consumidor, $\beta = 10\%$ del plan Dodge – Romig.

- En la siguiente tabla se muestra el calculo del AOQL del plan:

p %	P(aceptar)	AOQ	
0,0%	1	0	
1,0%	1,00	1,00	
2,0%	0,94	1,89	
3,0%	0,67	2,00	AOQL
4,0%	0,31	1,26	
5,0%	0,10	0,52	
6,0%	0,03	0,15	

Observe que el resultado es similar al AOQL dado por la tabla.

7. TALLER:

1. Determine planes sencillos de aceptación Dodge – Romig para las siguientes situaciones:
 - Lote = 6000. % promedio del proceso = 0.8%. LTPD = 5%
 - Lote = 4000. % promedio del proceso = 1.2%. LTPD = 5%
 - Lote = 700. % promedio del proceso = 0.25%. LTPD = 5%
 - Lote = 6000. % promedio del proceso = 1.0%. AOQL = 2%
 - Lote = 500. % promedio del proceso = 0.25%. AOQL = 2%

2. Determine planes dobles de aceptación Dodge – Romig para las siguientes situaciones:
 - Lote = 6000. % promedio del proceso = 0.8%. LTPD = 5%
 - Lote = 4000. % promedio del proceso = 1.2%. LTPD = 5%
 - Lote = 700. % promedio del proceso = 0.25%. LTPD = 5%
 - Lote = 6000. % promedio del proceso = 1.0%. AOQL = 2%
 - Lote = 500. % promedio del proceso = 0.25%. AOQL = 2%

3. Según datos históricos de la oficina de liquidación de impuestos de una ciudad, el 1.5% de las liquidaciones tiene errores. Se desea establecer un plan sencillo de aceptación sobre las liquidaciones que se tramitan cada día, aproximadamente 350, a fin de garantizarle a la comunidad que en el peor de los casos recibirán 2 liquidaciones erróneas de cada 100.
 - Cuál es el plan?
 - Si un día cualquiera se tramitaron erróneamente 35 liquidaciones. ¿Cuál es la probabilidad de que al aplicar el plan un supervisor no se percate de la situación?

4. Una máquina produce cremalleras en lotes de 6000 unidades, de las cuales, el 2.2% en promedio son defectuosas. El productor desea implantar un plan de aceptación, bien sea, sencillo o doble Dodge – Romig $LTPD = 5\%$, buscando maximizar la calidad que reciban sus clientes luego de la inspección – rectificación. ¿Cuál de las dos alternativas deberá elegir?

5. Un productor usa un plan de aceptación Dodge – Romig $LTPD$, para controlar un producto final. El promedio del proceso es del 1.8% defectuoso y los lotes son de 700 unidades.
 - Encuentre un plan alternativo que tenga el mismo número de aceptación, c , usando la tabla para el diseño de planes con riesgos especificados (Módulo 7, pagina 105)
 - Cuál de los dos planes tiene menores costos de inspección – rectificación en lotes con calidad igual al promedio del proceso.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Rendón, H.D. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2003
- Acuña, Jorge. Control de Calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 1998

MODULO 11 TABLAS MIL – STD 105 D PARA MUESTREO DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS

OBJETIVOS:

- Comprender los tipos y las características de las tablas MIL – STD 105 D para la determinación de planes de muestreo de aceptación
- Aprender los usos y aplicaciones de las tablas MIL – STD 105 D

CONTENIDO:

1.	Tablas militares (MIL – STD 105 D)	147
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección normal	149
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección rigurosa	150
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo sencillo e inspección reducida	151
2.	Uso de las tablas MIL – STD 105 D	152
3.	Niveles de inspección	153
4.	El AQL en las tablas MIL – STD 105 D	153
5.	Números de aceptación y rechazo	154
6.	Tablas MIL – STD 105 D para muestreo doble	155
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección normal	156
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección rigurosa	157
	Tabla MIL – STD 105 D muestreo doble e inspección reducida	158
7.	Taller	161
8.	Bibliografía	162

1. TABLAS MILITARES (MIL STD 105D)

Estas tablas fueron desarrolladas por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos durante la segunda guerra mundial para planes de aceptación por atributos.

Se conocen con el nombre genérico de tablas militares y proporcionan el tamaño de la muestra y el número de aceptación para diferentes tamaños y niveles de calidad aceptable (AQL) de los lotes, así mismo, ofrecen planes de aceptación para tres niveles de inspección: Reducida, normal y rigurosa.

Para la aplicación de las tablas militares inicialmente se determina la **Letra Clave** correspondiente al tamaño del lote y el nivel de inspección a utilizar, consultando la siguiente tabla:

Tamaño del lote	NIVELES GENERALES DE INSPECCION		
	Reducida (Nivel I)	Normal (Nivel II)	Rigurosa (Nivel 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 – 1200	G	J	K
1201 – 3200	H	K	L
3201 – 10000	J	L	M
10001 – 35000	K	M	N
35001 – 150000	L	N	P
150001 – 500000	M	P	Q
Más de 500001	N	Q	R

Tabla 11. 1. - Letra Clave para tamaño de lote y nivel general de inspección

Las tablas MIL – STD 105 D, para muestreo sencillo, se presentan a continuación, así:

- Tabla MIL – STD 105 D para planes de muestreo sencillo e Inspección normal.
- Tabla MIL – STD 105 D para planes de muestreo sencillo e Inspección rigurosa.
- Tabla MIL – STD 105 D para planes de muestreo sencillo e Inspección reducida.

TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO SENCILLO. INSPECCION NORMAL

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)														INSPECCION NORMAL											
		0,01	0,015	0,025	0,04	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	1000
LETRA	n	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	1250	0 1		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22																
R	2000		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22																	

Use el primer plan de muestreo indicado sobre o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO SENCILLO. INSPECCION RIGUROSA

LETRA	n	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)														INSPECCION RIGUROSA												
		0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,4	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000	
		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	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	1250		0 1																1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19			
R	2000	0 1																	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19			
S	3150			1 2															1 2									

Use el primer plan de muestreo indicado sobre o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

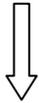
TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO SENCILLO. INSPECCION REDUCIDA

LETRA	n	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)															INSPECCION REDUCIDA										
		0,01	0,015	0,025	0,04	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	1000
		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	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

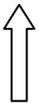
↓ Use el primer plan de muestreo indicado sobre o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%
 Si el número de aceptación ha sido excedido, pero el número de rechazo no se ha alcanzado, acepte el lote y continúe inspeccionando los lotes siguientes bajo inspección normal

2. USO DE LAS TABLAS MIL – STD 105 D

Se entra a la tabla correspondiente al nivel de inspección (Reducida, normal o rigurosa) en la fila correspondiente a la letra clave y en la columna correspondiente al AQL del lote. Se ubica el correspondiente tamaño de la muestra n y los números de aceptación y rechazo A y R , de acuerdo a la siguiente convención:



Usar el plan ubicado debajo de flecha. En caso de que n sea mayor que el tamaño del lote, se realiza inspección 100%.



Usar el plan ubicado arriba de la flecha.

EJEMPLO 1: Determine un plan de muestreo de aceptación simple por atributos usando inspección normal, para un elemento producido en lotes de 1500 unidades y un AQL = 1.5%.

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación sencillos mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

Inicialmente se busca la letra clave correspondiente al tamaño del lote, para este caso letra: K; correspondiente a tamaño de lote 1201 – 3200 y nivel de inspección II (normal).

Luego se pasa a la tabla de nivel de inspección normal y se entra por la fila correspondiente a la letra K y a la columna correspondiente al AQL = 1.5%, hallando el plan ($n = 125$; $A = 5$; $R = 6$).

Por lo tanto, se acepta el lote si en la muestra de 125 unidades se encuentran 5 o menos defectuosas.

EJEMPLO 2: Si en el problema del ejemplo 1, el AQL = 0.04% y las demás condiciones no cambian, cuál es el plan de aceptación?

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación sencillos mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

En la tabla de nivel de inspección normal se entra por la fila correspondiente a la letra: K y a la columna correspondiente al AQL = 0.04%, se encuentra: ↓, por lo tanto, se usa el plan ubicado debajo de la flecha, esto es: (n = 315; A = 0; R = 1).

Por lo tanto, se acepta el lote si en la muestra de 315 unidades se encuentran 0 defectuosas.

3. NIVELES DE INSPECCION

Las tablas militares contemplan tres niveles de inspección, así:

Nivel I: Inspección reducida.

Nivel II: Inspección normal.

Nivel III: Inspección rigurosa.

En la práctica se inicia con el nivel II o Inspección normal y se utilizan los criterios presentados en la siguiente tabla para cambiar el nivel de inspección:

Pasar de:	A:	CRITERIO
Normal	Rigurosa	Si 2 de 5 lotes han sido rechazados
Normal	Reducida	Si 10 lotes consecutivos han sido aceptados
Rigurosa	Normal	Si 5 lotes consecutivos han sido aceptados
Reducida	Normal	Si 1 lote es rechazado

Tabla 11.2. - Criterios para el cambio de niveles de inspección

4. EL AQL EN LAS TABLAS MIL – STD – 105D

En las tablas militares los valores del AQL oscilan entre 0.010 y 400, el sentido de los valores de: 100, 150, 250 y 400, se refiere al número de defectos por 100 unidades, permitiendo que en el muestreo puedan identificarse varios atributos simultáneamente. Para el caso de un único atributo los valores del AQL desde: 0.01% a 65% se interpretan como el porcentaje defectuoso de los lotes correspondientes a un riesgo del productor del 5%, tal como se definió antes.

5. NUMEROS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (A y R)

En las tablas de inspección reducida el número de rechazo, R, no necesariamente es igual a: $1 + A$; en tales casos, si el número de aceptación se ha sido excedido pero sin superar el número de rechazo, se acepta el lote y se continúa el muestreo para estos lotes con nivel de inspección normal.

EJEMPLO 3: Determine un plan simple bajo inspección normal, para un artículo producido en lotes de 5000 unidades y con AQL = 1%.

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para el cambio de niveles de inspección en el muestreo de aceptación.

Solución:

Letra clave: L.

AQL = 1%

En la tabla de inspección normal se halla el plan de aceptación ($n = 200$; $A = 5$; $R = 6$)

- Si los últimos 10 lotes han sido aceptados, qué plan deberá usarse para el próximo lote?

En este caso se pasa al nivel de inspección I o inspección reducida, para el cual la letra clave es J y en la tabla de inspección reducida se halla el plan ($n = 32$; $A = 1$; $R = 3$)

- Si en el anterior lote se encuentran 2 defectuosos, qué debe hacerse?

Dado que no se alcanzó el número de rechazo, se acepta el lote, pero deberá adoptarse la inspección normal para los siguientes lotes.

EJEMPLO 4: Una empresa compra un producto a dos proveedores que se inspecciona por atributos. Los proveedores 1 y 2 producen el artículo en lotes de 1000 y 1500 unidades, respectivamente y con AQL = 2.5%.

- Qué planes de aceptación debe adoptar el comprador para cada proveedor con inspección normal?

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación sencillos mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

Para lotes del proveedor 1

Letra clave: J

Plan: $n = 80$; $A = 5$; $R = 6$

Para lotes del proveedor 2

Letra clave: K

Plan: $n = 125$; $A = 7$; $R = 8$

6. TABLAS MIL – STD – 105D PARA MUESTREO DOBLE

A continuación se reproducen las tablas para muestreo doble con niveles de inspección normal, rigurosa y reducida.

De igual manera que para las tablas de muestreo sencillo, es necesario determinar la letra clave correspondiente al tamaño del lote y al nivel de inspección. Posteriormente se entra a la tabla con la letra clave y el valor del AQL.

Las tablas proporcionan: los tamaños de la primera y segunda muestra, el tamaño acumulativo de ambas muestras y los números de aceptación y rechazo.

Las convenciones de   operan igual que para los planes sencillos.

Adicionalmente, si se halla el símbolo \$, puede usarse el plan de muestreo sencillo correspondiente o el plan de muestreo doble hacia abajo cuando esté disponible.

En la tabla de inspección reducida, si se excede el número de aceptación de la segunda muestra pero sin alcanzar el número de rechazo el lote deberá ser aceptado y para los siguientes lotes usar inspección normal.

TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO DOBLE. INSPECCION NORMAL

LETRA	MUESTRA	n	Acum	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL %)														Inspección Normal											
				0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,4	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
A	Primera																												
A	Segunda																												
B	Primera	2	2																										
B	Segunda	2	4																										
C	Primera	3	3																										
C	Segunda	3	6																										
D	Primera	5	5																										
D	Segunda	5	10																										
E	Primera	8	8																										
E	Segunda	8	16																										
F	Primera	13	13																										
F	Segunda	13	26																										
G	Primera	20	20																										
G	Segunda	20	40																										
H	Primera	32	32																										
H	Segunda	32	64																										
J	Primera	50	50																										
J	Segunda	50	100																										
K	Primera	80	80																										
K	Segunda	80	160																										
L	Primera	125	125																										
L	Segunda	125	250																										
M	Primera	200	200																										
M	Segunda	200	400																										
N	Primera	315	315																										
N	Segunda	315	630																										
P	Primera	500	500																										
P	Segunda	500	1000																										
Q	Primera	800	800																										
Q	Segunda	800	1600																										
R	Primera	1250	1250																										
R	Segunda	1250	2500																										

Use el primer plan de muestreo indicado arriba o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

§: Use el plan de muestreo sencillo correspondiente, o alternativamente, el plan doble hacia abajo, cuando esté disponible

TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO DOBLE. INSPECCIÓN RIGUROSA

LETRA	MUESTRA	n	Acum	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)													Inspección Rigurosa												
				0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,4	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
				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	Primera																												
A	Segunda																												
B	Primera	2	2																										
B	Segunda	2	4																										
C	Primera	3	3																										
C	Segunda	3	6																										
D	Primera	5	5																										
D	Segunda	5	10																										
E	Primera	8	8																										
E	Segunda	8	16																										
F	Primera	13	13																										
F	Segunda	13	26																										
G	Primera	20	20																										
G	Segunda	20	40																										
H	Primera	32	32																										
H	Segunda	32	64																										
J	Primera	50	50																										
J	Segunda	50	100																										
K	Primera	80	80																										
K	Segunda	80	160																										
L	Primera	125	125																										
L	Segunda	125	250																										
M	Primera	200	200																										
M	Segunda	200	400																										
N	Primera	315	315																										
N	Segunda	315	630																										
P	Primera	500	500																										
P	Segunda	500	1000																										
Q	Primera	800	800																										
Q	Segunda	800	1600																										
R	Primera	1250	1250																										
R	Segunda	1250	2500																										
S	Primera	2000	2000																										
S	Segunda	2000	4000																										

Use el plan de muestreo indicado sobre o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

§: Use el plan sencillo correspondiente o alternativamente el plan doble hacia abajo cuando esté disponible

TABLA MIL-STD 105 D. MUESTREO DOBLE. INSPECCION REDUCIDA

LETRA	MUESTRA	n	Acum	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)														Inspección Reducida													
				0,01	0,015	0,025	0,04	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	1000		
A	Primera																														
	Segunda																														
B	Primera																														
	Segunda																														
C	Primera																														
	Segunda																														
D	Primera	2	2																												
	Segunda	2	4																												
E	Primera	3	3																												
	Segunda	3	6																												
F	Primera	5	5																												
	Segunda	5	10																												
G	Primera	8	8																												
	Segunda	8	16																												
H	Primera	13	13																												
	Segunda	13	26																												
J	Primera	20	20																												
	Segunda	20	40																												
K	Primera	32	32																												
	Segunda	32	64																												
L	Primera	50	50																												
	Segunda	50	100																												
M	Primera	80	80																												
	Segunda	80	160																												
N	Primera	125	125																												
	Segunda	125	250																												
P	Primera	200	200																												
	Segunda	200	400																												
Q	Primera	315	315																												
	Segunda	315	630																												
R	Primera	500	500																												
	Segunda	500	1000																												

Use el primer plan sobre o debajo de la flecha, según su dirección. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

\$: Use el plan de muestreo sencillo correspondiente o alternativamente, el plan doble hacia abajo, cuando esté disponible.

Si después de la segunda muestra el número de aceptación ha sido excedido, pero no se ha alcanzado el número de rechazo, acepte el lote, pero reinstale la inspección normal.

EJEMPLO 5: Determine un plan de muestreo doble, con inspección normal, para un artículo que se produce en lotes de 15000 unidades con AQL = 2.5%.

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación dobles mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

Letra clave: M

Primera muestra: ($n = 200$; $Ac = 7$; $Re = 11$)

Segunda muestra: ($n = 200$; $Ac = 18$; $Re = 19$)

Por lo tanto: Se inspecciona la primera muestra de 200 unidades: Si se obtienen 7 defectuosos o menos se acepta el lote; si se obtienen 11 o más defectuosos se rechaza el lote; si se obtienen 8, 9 o 10 defectuosos, se inspecciona la segunda muestra de 200 unidades: Si se obtienen 18 o menos defectuosos en ambas muestras se acepta el lote; si se obtienen 19 o más defectuosos se rechaza el lote.

EJEMPLO 6: Determine un plan de muestreo doble, con inspección normal, para un artículo que se produce en lotes de 120 unidades con AQL = 0.15%.

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación dobles mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

Letra clave: F

Entrando a la tabla se hallan: primera muestra = 13 y segunda muestra = 13; sin embargo para el AQL correspondiente se halla ↓ y debajo de la flecha está el símbolo \$, por lo tanto, pueden usarse alternativamente:

Alternativa 1: Plan de muestreo sencillo. Letra clave: F. Plan: ($n = 80$; $Ac = 0$; $Re = 1$), ubicado debajo de la flecha.

Alternativa 2: Plan doble (debajo de las flechas), no está disponible y no es posible usar el plan doble.

Por lo tanto, sólo es válida la alternativa 1.

EJEMPLO 7: Determine un plan de muestreo doble, con inspección reducida, para un artículo que se produce en lotes de 1500 unidades con calidad AQL = 4%.

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para la determinación de planes de muestreo de aceptación dobles mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

Letra clave: H

Primera muestra: (n = 13; Ac = 0; Re = 4)

Segunda muestra: (n = 13; Ac = 3; Re = 6)

EJEMPLO 8: Para el plan del problema anterior, cuál es la probabilidad de inspeccionar sólo la primera muestra?

Objetivo: Ilustrar el procedimiento para analizar comparativamente planes de muestreo de aceptación sencillos y dobles mediante el uso de las tablas militares.

Solución:

La probabilidad pedida es:

$P(\text{aceptar el lote } 1^{\circ} \text{ muestra}) + P(\text{rechazar el lote } 1^{\circ} \text{ muestra})$

$$\begin{array}{r} P(\text{aceptar}) = b(0; 13; 0.04) \\ P(\text{rechazar}) = b(4; 13; 0.04) + b(5; 13; 0.04) + \dots \end{array} \begin{array}{r} = 58.82\% \\ = 0.14\% \\ \hline 58.96\% \end{array}$$

Observe que el plan de muestreo sencillo correspondiente es (n = 20; Ac = 2; Re = 5).

El análisis comparativo del plan doble y el plan sencillo en relación con el número de artículos inspeccionados (sin considerar la rectificación), indica, que en el plan doble se inspeccionan 13 artículos con probabilidad del 58.96% o 26 con probabilidad del 41.04%, lo que da un valor esperado de $13 * 0.5896 + 26 * 0.4102 = 18.33$, que comparado con los 20 del plan sencillo es significativamente menor.

El anterior resultado puede generalizarse, indicando que los planes dobles de muestreo en promedio tienen ventajas en relación con el número de elementos inspeccionados respecto a los planes sencillos.

7. TALLER

1. Determine los siguientes planes de aceptación simples MIL – STD 105 D
 - Lote = 2500; AQL = 1%; Inspección normal
 - Lote = 200; AQL = 0.4%; Inspección normal
 - Lote = 200; AQL = 0.4%; Inspección rigurosa
 - Lote = 500; AQL = 0.65%; Inspección reducida

2. Determine los siguientes planes de aceptación dobles MIL – STD 105 D
 - Lote = 2500; AQL = 1%; Inspección normal
 - Lote = 2000; AQL = 0.4%; Inspección normal
 - Lote = 1000; AQL = 2.5%; Inspección rigurosa
 - Lote = 500; AQL = 0.65%; Inspección reducida

3. Un comprador usa un plan de muestreo simple MIL – STD 105 D, para un artículo, producido en lotes de 2500 unidades. Si lotes con calidad 2.5% defectuoso tienen una probabilidad de rechazo del 95%.
 - Cuál es el plan si se usa inspección reducida?
 - Bajo el plan del punto anterior, un día se encontraron 3 unidades defectuosas. Qué deberá hacerse con el lote? Qué plan deberá usarse para inspeccionar el próximo lote?
 - Bajo el plan del punto anterior, se han rechazado 3 de los últimos 5 lotes recibidos. Qué plan deberá usarse en adelante?
 - Bajo el plan del punto anterior los siguientes 5 lotes han sido aceptados. Qué plan deberá usarse en adelante?

4. Bajo el plan MIL – STD 105 D de aceptación sencillo con inspección normal, ($n = 50$; $Ac = 3$; $Re = 4$)
 - Cuál es la calidad de los lotes cuya probabilidad de ser rechazados equivale al 5%? (Use sólo la información de la tabla)
 - Verifique analíticamente la solución hallada en la tabla del punto anterior e interprete el resultado.

5. Un elemento producido en lotes de 20 unidades, con $AQL = 0.25\%$, se inspecciona por atributos bajo un plan MIL – STD 105 D con nivel de inspección normal. Qué porcentaje del lote debe inspeccionarse?

8. BIBLIOGRAFIA

- Duncan, A. Control de Calidad y Producción Industrial. Alfaomega, Bogotá 1990.
- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Acuña, Jorge. Control de Calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago 1998.

MODULO 12 PLANES DE ACEPTACIÓN PARA VARIABLES MIL – STD 414

Y vamos a estrenar tablas

OBJETIVOS:

- Comprender los tipos y características de los planes de muestreo de aceptación para variables MIL – STD 414
- Aprender el uso y las aplicaciones de las tablas para planes de muestreo de aceptación MIL –STD 414

CONTENIDO:

1. Planes de Aceptación para Variables MIL–STD 414	164
2. Clasificación y características de las tablas del estándar MIL-STD 414 Tablas MIL – STD 414	167 169
3. Procedimiento para el uso de las tablas. Variabilidad desconocida	193
3.1. Método de la desviación. Forma M. Un límite especificación	193
3.2. Método de la desviación. Forma M. Dos límites especificación	194
3.3. Método de la desviación. Forma M. Dos límites. \neq AQL	195
3.4. Método de la desviación. Forma K. Un límite especificación	196
3.5. Método del recorrido. Forma M. Un límite especificación	197
3.6. Método del recorrido. Forma M. Dos límites especificación	199
3.7. Método del recorrido. Forma K. Un límite especificación	200
4. Procedimiento para el uso de las tablas. Variabilidad conocida	201
4.1. Método de la desviación. Forma M. Un límite especificación	201
4.2. Método de la desviación. Forma M. Dos límites especificación	203
4.3. Método de la desviación. Forma M. Dos límites. \neq AQL	204
4.4. Método de la desviación. Forma K. Un límite especificación	205
5. Taller	206
6. Bibliografía	208

1. PLANES DE ACEPTACIÓN PARA VARIABLES MIL - STD 414

Los planes de muestreo de aceptación por variables MIL – STD – 414 desarrollados por el ejercito norteamericano durante la segunda guerra mundial, proporcionan planes de muestreo de aceptación para variables, estos planes se generalizaron ampliamente en la actividad productiva de paz, luego de la terminación del conflicto bélico y su uso se ha extendido universalmente hasta nuestros días.

Las tablas MIL – STD 414 proporcionan el tamaño de la muestra y el valor crítico de aceptación, para el muestreo de aceptación de productos con especificaciones superior, inferior o ambas, tanto para procesos con variabilidad conocida como desconocida. Así mismo, utilizan el método de la desviación y el método del rango o recorrido, bajo dos modalidades, denominadas: forma M y forma K. Adicionalmente, contemplan el diseño de planes para cinco niveles de inspección.

En la siguiente figura se muestran sintéticamente las diversas modalidades de los planes MIL – STD 414.

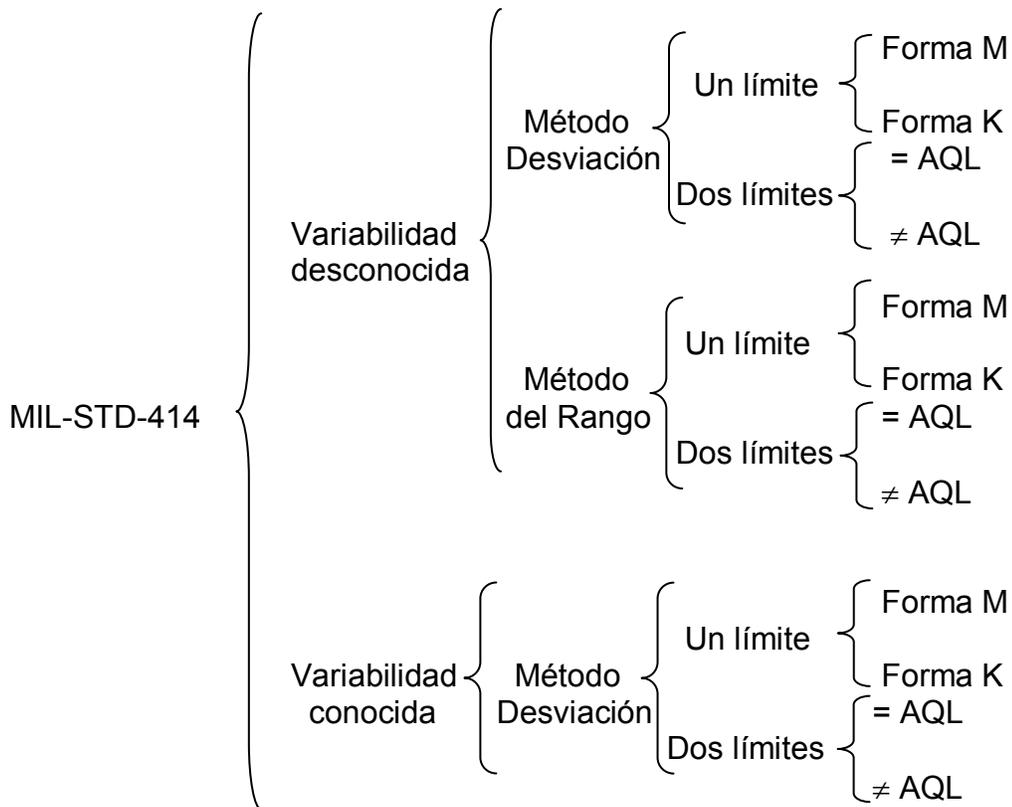


Figura 12.1. - Modalidades del estándar 414

Para la aplicación del estándar MIL - STD – 414 se requiere conocer:

- Nivel de inspección requerido, así: Niveles I, II, III, IV y V. El nivel de inspección IV corresponde a inspección normal.
- El tamaño del lote. El cual determina la Letra clave para los diferentes niveles de inspección, mediante el uso de la tabla A -1.
- El AQL del lote correspondiente, para riesgos del productor: $1\% \leq \alpha \leq 10\%$
- Las especificaciones requeridas del producto, tanto, de un solo lado (superior o inferior), como de dos lados (superior e inferior)
- El Método a utilizar, así: Método de la desviación estándar o el método del recorrido.
- La Forma a utilizar, así: Forma M o forma K, conocidas también como: formas 1 y 2, respectivamente.

La siguiente tabla muestra las letras clave para diferentes tamaños de lote:

TABLA A-1 - Letras clave

TAMAÑO DEL LOTE	NIVELES DE INSPECCION				
	I	II	III	IV	V
2 – 8	B	B	B	B	C
9 – 15	B	B	B	B	D
16 – 25	B	B	B	C	E
26 – 40	B	B	B	D	F
41 – 65	B	B	C	E	G
66 – 110	B	B	D	F	H
111 – 180	B	C	E	G	I
181 – 300	B	D	F	H	J
301 – 500	C	E	G	I	K
501 – 800	D	F	H	J	L
801 – 1300	E	G	I	K	L
1301 – 3200	F	H	J	L	M
3201 – 8000	G	I	L	M	N
8001 – 22000	H	J	M	N	O
22001 – 110000	I	K	N	O	P
110001 – 550000	I	K	O	P	Q
Más de 550001	I	K	P	Q	Q

Tabla 12.1. - Letra clave para tamaño de muestra MIL – STD 414

Como se mencionó antes, el nivel de inspección IV corresponde a inspección normal.

Mientras que los niveles de inspección III y V se refieren a la inspección reducida y rigurosa, respectivamente.

Los niveles I y II, constituyen niveles especiales de inspección que no se tratan en este texto.

Los AQL en las tablas MIL – STD 414, están expresados en porcentaje defectuoso y toman los siguientes valores: 0.04, 0.065, 0.10, 0.15, 0.25, 0.40, 0.65, 1.00, 1.50, 2.50, 4.00, 6.50, 10.0 y 15.0.

Se recomienda usar valores del AQL, para la aplicación del estándar, cuando éstos estén en los intervalos, que se muestran en la tabla 12.2.

Intervalos del AQL%			Usar el AQL%
-----	a	0.049	0.04
0.050	a	0.069	0.065
0.070	a	0.109	0.10
0.110	a	0.164	0.15
0.165	a	0.279	0.25
0.280	a	0.439	0.40
0.440	a	0.699	0.65
0.70	a	1.09	1.00
1.10	a	1.64	1.50
1.65	a	2.79	2.50
2.80	a	4.39	4.00
4.40	a	6.99	6.50
7.00	a	10.9	10.0
11.00	a	16.4	15.0

Tabla 12.2. - Valores a usar del AQL%

2. CLASIFICACION Y CARACTERÍSTICAS DE LAS TABLAS DEL ESTANDAR MIL – STD – 414

La siguiente tabla muestra información sobre las tablas MIL - STD 414, así:

TABLA	CARACTERISTICAS	ENTRADAS	SALIDAS
A – 1 Página 165	Letra clave	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño lote 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave
B – 1 Página 169	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Inspección normal y rigurosa Variabilidad desconocida Método desviación Un límite Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave Nivel inspección AQL 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño muestra: n Valor k
B – 2 Página 170	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Inspección reducida Variabilidad desconocida Método desviación Un límite Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave AQL 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño muestra: n Valor k
B – 3 Página 171	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Inspección normal y rigurosa Variabilidad desconocida Método desviación Un límite o dos límites Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave Nivel inspección AQL 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño muestra: n Valor M
B – 4 Página 172	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Inspección reducida Variabilidad desconocida Método desviación Un límite o dos límites Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave AQL 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño muestra: n Valor M
B – 5 Páginas 181-186	Estimación p% defectuoso del lote <ul style="list-style-type: none"> Método de la desviación 	<ul style="list-style-type: none"> Q_s Q_l o ambos Tamaño muestra 	<ul style="list-style-type: none"> $p_s\%$, $p_l\%$ o ambos
C – 1 Página 173	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> Inspección normal y rigurosa Variabilidad desconocida Método del recorrido Un límite Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> Letra clave Nivel inspección AQL 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño muestra: n Valor k

C – 2 Página 174	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección reducida • Variabilidad desconocida • Método del recorrido • Un límite • Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor k
C – 3 Página 175	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección normal y rigurosa • Variabilidad desconocida • Método del recorrido • Uno límite o dos límites • Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • Nivel inspección • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor M • Factor c
C – 4 Página 176	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección reducida • Variabilidad desconocida • Método del recorrido • Uno límite o dos límites • Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor M • Factor c
C – 5 Páginas 187-192	Estimación p% defectuoso del lote <ul style="list-style-type: none"> • Método del recorrido 	<ul style="list-style-type: none"> • Q_s, Q_l o ambos • Tamaño muestra 	<ul style="list-style-type: none"> • $p_s\%$, $p_l\%$ o ambos
D – 1 Página 177	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección normal y rigurosa • Variabilidad conocida • Un límite • Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • Nivel inspección • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor k
D – 2 Página 178	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección reducida • Variabilidad conocida • Un límite • Forma K 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor k
D – 3 Página 179	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección normal y rigurosa • Variabilidad conocida • Un límite o dos límites • Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • Nivel inspección • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor M • Factor v
D – 4 Página 180	Plan de muestreo <ul style="list-style-type: none"> • Inspección reducida • Variabilidad conocida • Un límite o dos límites • Forma M 	<ul style="list-style-type: none"> • Letra clave • AQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño muestra: n • Valor M • Factor v

**TABLA B-1 MIL-STD 414 METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR.
VARIABILIDAD DESCONOCIDA. INSPECCION NORMAL Y RIGUROSA.
UN LIMITE DE ESPECIFICACION. FORMA K**

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)													
		Inspección Normal													
		0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15
Letra	n	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,617	0,393
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,874	0,675	0,455
E	7	↓	↓	↓	↓	2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755	0,536
F	10	↓	↓	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,838	0,611
G	15	2,64	2,53	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886	0,664
H	20	2,69	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695
I	25	2,72	2,61	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936	0,712
J	30	2,73	2,61	2,51	2,41	2,28	2,15	2,00	1,86	1,73	1,55	1,36	1,15	0,946	0,723
K	35	2,77	2,65	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969	0,745
L	40	2,77	2,66	2,55	2,44	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,58	1,39	1,18	0,971	0,746
M	50	2,83	2,71	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00	0,774
N	75	2,90	2,77	2,66	2,55	2,41	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03	0,804
O	100	2,92	2,80	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05	0,819
P	150	2,96	2,84	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,841
Q	200	2,97	2,85	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	2,04	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,845
		0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15	
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)											Inspección Rigurosa		

↓ Use el plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

**TABLA B-2 MIL-STD 414 METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR.
VARIABILIDAD DESCONOCIDA. INSPECCION REDUCIDA.
UN LIMITE DE ESPECIFICACION. FORMA K**

Letra	n	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)					Inspección Reducida								
		0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	
B	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341	
C	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341	
D	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341	
E	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341	
F	4								1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,393	
G	5							1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,740	0,455	
H	7				2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755	0,536	
I	10			2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828	0,611	
J	10			2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828	0,611	
K	15	2,53	2,42	2,32	2,20	2,05	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886	0,664	
L	20	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695	
M	20	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695	
N	25	2,61	2,50	2,40	2,25	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936	0,712	
O	30	2,61	2,51	2,41	2,28	2,15	2,00	1,85	1,73	1,55	1,36	1,15	0,946	0,723	
P	50	2,71	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00	0,774	
Q	75	2,77	2,66	2,55	2,41	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03	0,804	

↓ Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

**TABLA B-3 MIL-STD 414 METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR.
VARIABILIDAD DESCONOCIDA INSPECCION NORMAL Y RIGUROSA
UNO O DOS LIMITES DE ESPECIFICACION FORMA M**

Letra	n	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)							Inspección Normal		4,00	6,50	10	15	
		0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50					
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	36,90
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,33	3,32	5,83	9,80	14,39	20,19	26,56	33,99
E	7	↓	↓	↓	↓	0,422	1,06	2,14	3,55	5,35	8,40	12,20	17,35	23,29	30,50
F	10	↓	↓	↓	0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
G	15	0,099	0,186	0,312	0,503	0,818	1,31	2,11	3,05	4,31	6,56	9,46	13,71	18,94	25,61
H	20	0,135	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
I	25	0,155	0,250	0,380	0,551	0,877	1,29	2,00	2,86	3,97	5,97	8,63	12,57	17,51	23,97
J	30	0,179	0,280	0,413	0,581	0,879	1,29	1,98	2,83	3,91	5,86	8,47	12,36	17,24	23,58
K	35	0,170	0,264	0,388	0,535	0,847	1,23	1,87	2,68	3,70	5,57	8,10	11,87	16,65	22,91
L	40	0,179	0,275	0,401	0,566	0,873	1,26	1,88	2,71	3,72	5,58	8,09	11,85	16,61	22,86
M	50	0,163	0,250	0,363	0,503	0,789	1,17	1,71	2,49	3,45	5,20	7,61	11,23	15,87	22,00
N	75	0,147	0,228	0,330	0,467	0,720	1,07	1,60	2,29	3,20	4,87	7,15	10,63	15,13	21,11
O	100	0,145	0,220	0,317	0,447	0,689	1,02	1,53	2,20	3,07	4,69	6,91	10,32	14,75	20,66
P	150	0,134	0,203	0,293	0,413	0,638	0,949	1,43	2,05	2,89	4,43	6,57	9,88	14,20	20,02
Q	200	0,135	0,204	0,294	0,414	0,637	0,945	1,42	2,04	2,87	4,40	6,53	9,81	14,12	19,92
		0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15	
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)							Inspección Rigurosa						

↓ Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

**TABLA B-4 MIL-STD 414. METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR.
DESCONOCIDA. INSPECCION REDUCIDA.
UNO O DOS LIMITES DE ESPECIFICACION. FORMA M**

VARIABILIDAD

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)								Inspección Reducida				
		0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10
Letra	n	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3									7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	3									7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
D	3									7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
E	3									7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
F	4							1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	36,90
G	5						1,33	3,32	5,83	9,80	14,39	20,19	26,56	33,99
H	7				0,422	1,06	2,14	3,55	5,35	8,40	12,20	17,35	23,29	30,50
I	10			0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
J	10			0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
K	15	0,186	0,312	0,503	0,818	1,31	2,11	3,05	4,31	6,56	9,46	13,71	18,94	25,61
L	20	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
M	20	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
N	25	0,250	0,380	0,551	0,877	1,29	2,00	2,86	3,97	5,97	8,63	12,57	17,51	23,97
O	30	0,280	0,413	0,581	0,879	1,29	1,98	2,83	3,91	5,86	8,47	12,36	17,24	23,58
P	50	0,250	0,363	0,503	0,789	1,17	1,71	2,49	3,45	5,20	7,61	11,23	15,87	23,00
Q	75	0,228	0,330	0,467	0,720	1,07	1,60	2,29	3,20	4,87	7,15	10,63	15,13	21,11

↓ Use el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote haga inspección 100%

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)										Inspección Normal			
Letra	n	0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,857	0,502	0,401	0,296	0,178
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,651	0,598	0,525	0,450	0,364	0,276	0,175
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,663	0,614	0,565	0,498	0,431	0,352	0,272	0,184
E	7	↓	↓	↓	↓	0,702	0,659	0,613	0,569	0,525	0,465	0,405	0,336	0,266	0,189
F	10	↓	↓	↓	0,916	0,863	0,811	0,755	0,703	0,650	0,579	0,507	0,424	0,341	0,252
G	15	1,09	1,04	0,999	0,958	0,903	0,850	0,792	0,738	0,684	0,610	0,536	0,452	0,368	0,276
H	25	1,14	1,10	1,05	0,96	0,951	0,896	0,835	0,779	0,723	0,647	0,571	0,484	0,398	0,305
I	30	1,15	1,10	1,06	1,02	0,959	0,904	0,843	0,787	0,730	0,654	0,577	0,490	0,403	0,310
J	35	1,16	1,11	1,07	1,02	0,964	0,903	0,848	0,791	0,734	0,658	0,581	0,494	0,406	0,313
K	40	1,18	1,13	1,08	1,04	0,978	0,921	0,860	0,803	0,746	0,668	0,591	0,503	0,415	0,321
L	50	1,19	1,14	1,09	1,05	0,988	0,931	0,893	0,812	0,754	0,676	0,598	0,510	0,421	0,327
M	60	1,21	1,16	1,11	1,06	1,00	0,948	0,885	0,826	0,768	0,689	0,610	0,521	0,432	0,336
N	85	1,23	1,17	1,13	1,08	1,02	0,962	0,899	0,839	0,780	0,701	0,621	0,530	0,441	0,345
O	115	1,24	1,19	1,14	1,09	1,03	0,975	0,911	0,851	0,791	0,711	0,631	0,539	0,449	0,353
P	175	1,26	1,21	1,16	1,11	1,05	0,994	0,929	0,868	0,807	0,726	0,644	0,552	0,460	0,263
Q	230	1,27	1,21	1,16	1,12	1,06	0,996	0,931	0,870	0,809	0,728	0,646	0,553	0,462	0,364
		0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15	
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)										Inspección Rigurosa			



Use el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)								Inspección Reducida					
		0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	
Letra	n	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	
B	3										0,587	0,502	0,401	0,296	0,178
C	3										0,587	0,502	0,401	0,296	0,178
D	3										0,587	0,502	0,401	0,296	0,178
E	3										0,587	0,502	0,401	0,296	0,178
F	4							0,651	0,598	0,525	0,451	0,364	0,276	0,176	
G	5						0,666	0,617	0,567	0,500	0,432	0,353	0,273	0,184	
H	7				0,702	0,659	0,613	0,569	0,525	0,465	0,405	0,336	0,266	0,189	
I	10			0,916	0,863	0,811	0,755	0,703	0,650	0,579	0,507	0,424	0,341	0,252	
J	10			0,916	0,863	0,811	0,755	0,703	0,650	0,579	0,507	0,424	0,341	0,252	
K	15	1,04	0,999	0,958	0,903	0,850	0,792	0,738	0,684	0,610	0,536	0,452	0,368	0,276	
L	25	1,10	1,05	1,01	0,951	0,896	0,835	0,779	0,723	0,647	0,571	0,484	0,398	0,305	
M	25	1,10	1,05	1,01	0,951	0,896	0,835	0,779	0,723	0,647	0,571	0,484	0,398	0,305	
N	30	1,10	1,05	1,02	0,959	0,904	0,843	0,787	0,730	0,654	0,577	0,490	0,403	0,310	
O	35	1,11	1,07	1,02	0,964	0,908	0,848	0,791	0,734	0,658	0,581	0,494	0,406	0,313	
P	60	1,16	1,11	1,06	1,00	0,948	0,885	0,826	0,768	0,689	0,610	0,521	0,432	0,336	
Q	85	1,17	1,13	1,08	1,02	0,962	0,899	0,839	0,780	0,701	0,621	0,530	0,441	0,345	

↓ Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

			NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)										Inspección Normal			
Letra	n	Factor C	0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15
			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	1,910	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	4	2,234	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	35,90
D	5	2,474	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,42	3,44	5,93	9,90	14,47	20,27	26,59	33,95
E	7	2,830	↓	↓	↓	↓	0,280	0,89	1,99	3,46	5,32	8,47	12,35	17,54	23,50	30,66
F	10	2,405	↓	↓	↓	0,230	0,580	1,14	2,05	3,23	4,77	7,42	10,79	15,49	21,06	27,90
G	15	2,379	0,061	0,136	0,253	0,430	0,786	1,30	2,10	3,11	4,44	6,76	9,76	14,09	19,30	25,92
H	25	2,358	0,125	0,214	0,336	0,506	0,827	1,27	1,95	2,82	3,96	5,98	8,65	12,59	17,48	23,79
I	30	2,353	0,147	0,240	0,366	0,537	0,856	1,29	1,96	2,81	3,92	5,88	8,50	12,36	17,19	23,42
J	35	2,349	0,165	0,261	0,391	0,564	0,883	1,33	1,98	2,82	3,90	5,85	8,42	12,24	17,03	23,21
K	40	2,346	0,160	0,252	0,375	0,539	0,842	1,25	1,83	2,69	3,73	5,61	8,11	11,84	16,55	22,38
L	50	2,342	0,169	0,261	0,381	0,542	0,838	1,25	1,60	2,63	3,64	5,47	7,91	11,57	16,20	22,26
M	60	2,339	0,158	0,244	0,356	0,504	0,781	1,16	1,74	2,47	3,44	5,17	7,54	11,10	15,64	21,63
N	85	2,335	0,156	0,242	0,350	0,493	0,755	1,12	1,67	2,37	3,30	4,97	7,27	10,73	15,17	21,05
O	115	2,333	0,153	0,230	0,333	0,468	0,718	1,06	1,58	2,25	3,14	4,76	6,99	10,37	14,74	20,57
P	175	2,333	0,139	0,210	0,303	0,427	0,655	0,972	1,46	2,08	2,93	4,47	6,60	9,89	14,15	19,88
Q	230	2,333	0,142	0,215	0,308	0,432	0,661	0,976	1,47	2,08	2,92	4,46	6,57	9,84	14,10	19,82
			0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	15	
			NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)										Inspección Rigurosa			

↓ Use el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

			NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE (AQL%)										Inspección Reducida			
			0,04	0,07	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10	
Letra	n	Factor C	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
B	3	1,910										7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	3	1,910										7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
D	3	1,910										7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
E	3	1,910										7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
F	4	2,234								1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	36,90
G	5	2,474							1,42	3,44	5,93	9,90	14,47	20,27	26,59	33,95
H	7	2,830				0,280	0,890	1,99	3,46	5,32	8,47	12,35	17,54	23,50	20,66	
I	10	2,405			0,230	0,580	1,14	2,05	3,23	4,77	7,42	10,79	15,49	21,06	27,90	
J	10	2,405			0,230	0,580	1,14	2,05	3,23	4,77	7,42	10,79	15,49	21,06	20,66	
K	15	2,379	0,136	0,253	0,430	0,786	1,30	2,10	3,11	4,44	6,76	9,76	14,09	19,30	25,92	
L	25	2,358	0,214	0,336	0,506	0,827	1,27	1,95	2,82	3,96	5,98	8,65	12,59	17,48	23,79	
M	25	2,358	0,214	0,336	0,506	0,827	1,27	1,95	2,82	3,96	5,98	8,65	12,59	17,48	23,79	
N	30	2,353	0,240	0,366	0,537	0,856	1,29	1,96	2,81	3,92	5,88	8,50	12,36	17,19	23,42	
O	35	2,349	0,261	0,381	0,542	0,838	1,25	1,60	2,63	3,64	5,47	7,91	11,57	16,20	22,26	
P	60	2,339	0,244	0,356	0,504	0,781	1,16	1,74	2,47	3,44	5,17	7,54	11,10	15,64	21,63	
Q	85	2,335	0,242	0,350	0,493	0,755	1,12	1,67	2,37	3,30	4,97	7,27	10,73	15,17	21,05	



Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Normal														
	0,04		0,065		0,10		0,15		0,25		0,40		0,65	
LETRA	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k
B	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
C	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
D	↓		↓		↓		↓		↓		↓		2 1,58	
E	↓		↓		↓		↓		2 1,94		2 1,81		3 1,69	
F	↓		↓		↓		3 2,19		3 2,07		3 1,91		4 1,80	
G	3	2,58	3	2,49	4	2,39	4	2,30	4	2,14	5	2,05	5	1,83
H	4	2,65	4	2,55	5	2,46	5	2,34	6	2,23	6	2,08	7	1,95
I	5	2,69	6	2,59	6	2,49	6	2,37	7	2,25	8	2,13	8	1,96
J	6	2,72	6	2,53	7	2,50	7	2,38	8	2,26	9	2,13	10	1,99
K	7	2,77	7	2,63	8	2,64	9	2,45	9	2,29	10	2,16	11	2,01
L	8	2,77	8	2,64	9	2,54	10	2,45	11	2,31	12	2,18	13	2,03
M	10	2,83	11	2,72	11	2,59	12	2,49	13	2,35	14	2,21	16	2,07
N	14	2,83	15	2,77	16	2,65	17	2,54	19	2,41	21	2,27	23	2,12
O	19	2,92	20	2,84	22	2,69	23	2,57	25	2,43	27	2,29	30	2,14
P	27	2,96	30	2,84	31	2,72	34	2,62	37	2,47	40	2,33	44	2,17
Q	37	2,97	40	2,85	42	2,73	45	2,62	49	2,48	54	2,34	59	2,18

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Rigurosa														
	0,065		0,10		0,15		0,25		0,40		0,65		1,00	

↓ Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Normal														
	1,00		1,50		2,50		4,00		6,50		10,00		15,00	
LETRA	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k
B	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
C	2	1,36	2	1,25	2	1,09	2	0,936	3	0,755	3	0,573	4	0,344
D	2	1,42	2	1,33	3	1,17	3	1,01	3	0,825	4	0,641	4	0,429
E	3	1,56	3	1,44	4	1,28	4	1,11	5	0,919	5	0,728	6	0,515
F	4	1,69	4	1,53	5	1,39	5	1,20	6	0,991	7	0,797	8	0,584
G	6	1,78	6	1,62	7	1,45	8	1,28	9	1,07	11	0,877	12	0,649
H	7	1,80	8	1,68	9	1,49	10	1,31	12	1,11	14	0,906	16	0,685
I	9	1,83	10	1,70	11	1,51	13	1,34	15	1,13	17	0,924	20	0,706
J	11	1,86	12	1,72	13	1,53	15	1,35	18	1,15	21	0,942	24	0,719
K	12	1,88	14	1,75	15	1,56	18	1,38	20	1,17	24	0,964	27	0,737
L	14	1,89	15	1,75	18	1,57	20	1,38	23	1,17	27	0,965	31	0,741
M	17	1,93	19	1,79	22	1,61	25	1,42	29	1,21	33	0,995	38	0,770
N	25	1,97	28	1,84	32	1,65	36	1,46	42	1,24	49	1,03	56	0,803
O	33	2,00	36	1,86	42	1,67	48	1,48	55	1,26	64	1,05	75	0,819
P	49	2,03	54	1,89	61	1,69	70	1,51	82	1,29	95	1,07	111	0,841
Q	65	2,04	71	1,89	81	1,70	93	1,51	109	1,29	127	1,07	147	0,845

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Rigurosa												
	1,50		2,50		4,00		6,50		10,00		15,00	

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Reducida														
	0,04		0,065		0,10		0,15		0,25		0,40		0,65	
LETRA	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k
B														
C														
D														
E														
F													2	1,36
G											2	1,58	2	1,42
H							2	1,94	2	1,81	3	1,69	3	1,56
I					3	2,19	3	2,07	3	1,91	4	1,80	4	1,69
J					3	2,19	3	2,07	3	1,91	4	1,80	4	1,69
K	3	2,49	4	2,39	4	2,30	4	2,14	5	2,05	5	1,88	6	1,78
L	4	2,55	5	2,46	5	2,34	6	2,23	6	2,08	7	1,95	7	1,80
M	4	2,55	5	2,46	5	2,34	6	2,23	6	2,08	7	1,95	7	1,80
N	6	2,59	6	2,49	6	2,37	7	2,25	8	2,13	8	1,96	9	1,83
O	6	2,58	7	2,50	7	2,38	8	2,26	9	2,13	10	1,99	10	1,86
P	11	2,72	11	2,59	12	2,49	13	2,35	14	2,21	16	2,07	17	1,93
Q	15	2,77	16	2,65	17	2,54	19	2,41	21	2,27	23	2,12	25	1,97



Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE % Inspección Reducida														
	0,65		1,00		1,50		2,50		4,00		6,50		10,00	
LETRA	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k
B														
C														
D														
E														
F	2	1,36	2	1,25	2	1,09	2	0,936	3	0,755	3	0,573	4	0,344
G	2	1,42	2	1,33	3	1,17	3	1,01	3	0,825	4	0,641	4	0,429
H	3	1,56	3	1,44	4	1,28	4	1,11	5	0,919	5	0,728	6	0,515
I	4	1,69	4	1,53	5	1,39	5	1,20	6	0,991	7	0,797	8	0,584
J	4	1,69	4	1,53	5	1,39	5	1,20	6	0,991	7	0,797	8	0,584
K	6	1,78	6	1,62	7	1,45	8	1,28	9	1,07	11	0,877	12	0,649
L	7	1,80	8	1,68	9	1,49	10	1,31	12	1,11	14	0,906	16	0,685
M	7	1,80	8	1,68	9	1,49	10	1,31	12	1,11	14	0,906	16	0,685
N	9	1,83	10	1,70	11	1,51	13	1,34	15	1,13	17	0,924	20	0,705
O	10	1,86	12	1,72	13	1,53	15	1,35	18	1,15	21	0,942	24	0,719
P	17	1,93	19	1,79	22	1,61	25	1,42	29	1,21	33	0,995	38	0,770
Q	25	1,97	28	1,84	32	1,65	36	1,46	42	1,24	49	1,030	56	0,803

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %															Inspección Normal					
		0,04			0,065			0,10			0,15			0,25			0,40			0,65		
LETRA	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	
B																						
C																						
D																						
E													2	0,310	1,414	2	0,510	1,414	3	1,94	1,225	
F													3	0,369	1,225	3	0,568	1,225	4	1,88	1,155	
G	3	0,079	1,225	3	0,114	1,225	4	0,290	1,155	4	0,399	1,155	4	0,681	1,155	5	1,09	1,118	5	1,76	1,118	
H	4	0,111	1,155	4	0,161	1,155	5	0,296	1,118	5	0,445	1,118	6	0,721	1,095	6	1,14	1,095	7	1,75	1,080	
I	5	0,130	1,118	6	0,230	1,095	6	0,321	1,095	6	0,478	1,095	7	0,756	1,080	8	1,14	1,069	8	1,80	1,069	
J	6	0,145	1,095	6	0,234	1,095	7	0,343	1,080	7	0,507	1,080	8	0,791	1,069	9	1,18	1,061	10	1,79	1,054	
K	7	0,141	1,080	7	0,226	1,080	8	0,330	1,069	9	0,469	1,061	9	0,760	1,061	10	1,14	1,054	11	1,73	1,049	
L	8	0,153	1,069	8	0,243	1,069	9	0,351	1,061	10	0,494	1,054	11	0,768	1,049	12	1,15	1,045	13	1,74	1,041	
M	10	0,141	1,054	11	0,217	1,049	11	0,326	1,049	12	0,461	1,045	13	0,721	1,041	14	1,08	1,035	16	1,62	1,033	
N	14	0,138	1,038	15	0,211	1,035	16	0,308	1,033	17	0,438	1,031	19	0,673	1,027	21	1,00	1,025	23	1,51	1,023	
O	19	0,134	1,027	20	0,207	1,026	22	0,296	1,024	23	0,423	1,023	25	0,655	1,021	27	0,980	1,019	30	1,47	1,017	
P	27	0,129	1,019	30	0,193	1,017	31	0,283	1,017	34	0,397	1,015	37	0,615	1,014	40	0,921	1,013	44	1,39	1,012	
Q	37	0,130	1,014	40	0,196	1,013	42	0,285	1,012	45	0,402	1,011	49	0,620	1,010	54	0,920	1,009	59	1,39	1,009	
		0,065			0,10			0,15			0,25			0,40			0,65			1,00		
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %															Inspección Rigurosa					
 Use el primer plan bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%																						
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %															Inspección Normal					
		1,00			1,50			2,50			4,00			6,50			10,00			15,00		
LETRA	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	
B																						
C	2	2,73	1,414	2	3,90	1,414	2	6,11	1,414	2	9,27	1,414	3	17,74	1,225	3	24,22	1,225	4	33,67	1,155	
D	2	2,23	1,414	2	3,00	1,414	3	7,56	1,225	3	10,79	1,225	3	15,60	1,225	4	22,97	1,155	4	31,01	1,155	
E	3	2,76	1,225	3	3,85	1,225	4	6,99	1,155	4	9,97	1,155	5	15,21	1,118	5	20,80	1,118	6	28,64	1,095	
F	4	2,58	1,155	4	3,87	1,155	5	6,05	1,118	5	8,92	1,118	6	13,89	1,095	7	19,46	1,080	8	26,64	1,069	
G	6	2,57	1,095	6	3,77	1,095	7	5,83	1,080	8	8,62	1,069	9	12,88	1,061	11	17,88	1,049	12	24,88	1,045	
H	7	2,62	1,080	8	3,68	1,059	9	5,68	1,061	10	8,43	1,054	12	12,35	1,045	14	17,36	1,038	16	23,96	1,033	
I	9	2,59	1,061	10	3,63	1,054	11	5,60	1,049	13	8,13	1,041	15	12,04	1,035	17	17,05	1,031	20	23,43	1,026	
J	11	2,57	1,049	12	3,61	1,045	13	5,58	1,041	15	8,13	1,035	18	11,88	1,029	21	16,71	1,025	24	23,13	1,022	
K	12	2,49	1,045	14	3,43	1,038	15	5,34	1,035	18	7,72	1,029	20	11,57	1,026	24	16,23	1,022	27	22,63	1,019	
L	14	2,51	1,038	15	3,54	1,035	18	5,29	1,029	20	7,80	1,026	23	11,56	1,023	27	16,27	1,019	31	22,57	1,017	
M	17	2,35	1,031	19	3,28	1,027	22	4,98	1,024	25	7,34	1,021	29	10,93	1,018	33	15,61	1,016	38	21,77	1,013	
N	25	2,19	1,021	28	3,05	1,018	32	4,68	1,016	36	6,95	1,014	42	10,40	1,012	49	14,87	1,010	56	20,90	1,009	
O	33	2,12	1,016	36	2,99	1,014	42	4,55	1,012	48	6,75	1,011	55	10,17	1,009	64	14,58	1,008	75	20,48	1,007	
P	49	2,00	1,010	54	2,82	1,009	61	4,35	1,008	70	6,48	1,007	82	9,76	1,006	95	14,09	1,005	111	19,90	1,005	
Q	65	2,00	1,008	71	2,82	1,007	81	4,34	1,006	93	6,46	1,005	109	9,73	1,005	127	14,02	1,004	147	19,84	1,003	
		1,50			2,50			4,00			6,50			10,00			15,00					
		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %															Inspección Rigurosa					

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %												Inspección Reducida								
		0,04			0,065			0,10			0,15			0,25			0,40			0,65		
LETRA		n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v
B																						
C																						
D																						
E																						
F																						
G																						
H																						
I																						
J																						
K		3	0,110	1,225	4	0,290	1,155	4	0,399	1,155	4	0,681	1,155	5	1,09	1,118	5	1,76	1,118	6	2,57	1,095
L		4	0,160	1,155	5	0,296	1,118	5	0,445	1,118	6	0,721	1,095	6	1,14	1,095	7	1,75	1,080	7	2,62	1,080
M		4	0,160	1,155	5	0,296	1,118	5	0,445	1,118	6	0,721	1,095	6	1,14	1,095	7	1,75	1,080	7	2,62	1,080
N		6	0,234	1,095	6	0,321	1,095	6	0,478	1,095	7	0,756	1,080	8	1,14	1,069	8	1,80	1,069	9	2,59	1,061
O		6	0,234	1,095	7	0,343	1,080	7	0,507	1,080	8	0,791	1,069	9	1,18	1,061	10	1,79	1,054	11	2,57	1,049
P		11	0,217	1,049	11	0,326	1,049	12	0,461	1,045	13	0,721	1,041	14	1,08	1,038	16	1,62	1,033	17	2,35	1,031
Q		15	0,211	1,035	16	0,308	1,033	17	0,438	1,031	19	0,673	1,027	21	1,00	1,025	23	1,51	1,023	25	2,19	1,021

↓ Use el primer plan de inspección bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga inspección 100%

		NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE %												Inspección Reducida								
		0,65			1,00			1,50			2,50			4,00			6,50			10,00		
LETRA		n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v	n	M	v
B																						
C																						
D																						
E																						
F		2	2,73	1,414	2	3,90	1,414	2	6,11	1,414	2	9,27	1,414	3	17,74	1,225	3	24,22	1,225	4	33,67	1,155
G		2	2,23	1,414	2	3,00	1,414	3	7,56	1,225	3	10,79	1,225	3	15,60	1,225	4	22,97	1,155	4	31,01	1,155
H		3	2,76	1,225	3	3,85	1,225	4	6,99	1,155	4	9,97	1,155	5	15,21	1,118	5	20,80	1,118	6	28,64	1,095
I		4	2,58	1,155	4	3,87	1,155	5	6,05	1,118	5	8,92	1,118	6	13,89	1,095	7	19,46	1,080	8	26,64	1,069
J		4	2,58	1,155	4	3,87	1,155	5	6,05	1,118	5	8,92	1,118	6	13,89	1,095	7	19,46	1,080	8	26,64	1,069
K		6	2,57	1,095	6	3,77	1,095	7	5,83	1,080	8	8,62	1,069	9	12,88	1,061	11	17,88	1,049	12	24,88	1,045
L		7	2,62	1,080	8	3,68	1,069	9	5,68	1,061	10	8,43	1,054	12	12,35	1,045	14	17,36	1,038	16	23,96	1,033
M		7	2,62	1,080	8	3,68	1,069	9	5,68	1,061	10	8,43	1,045	12	12,35	1,045	14	17,36	1,038	16	23,96	1,033
N		9	2,59	1,061	10	3,63	1,054	11	5,60	1,049	13	8,13	1,041	15	12,04	1,035	17	17,05	1,031	20	23,43	1,026
O		11	2,57	1,049	12	3,61	1,045	13	5,58	1,041	15	8,13	1,035	18	11,88	1,029	21	16,71	1,025	24	23,13	1,022
P		17	2,35	1,031	19	3,28	1,027	22	4,98	1,024	25	7,34	1,021	29	10,93	1,018	33	15,61	1,016	38	21,77	1,013
Q		25	2,19	1,021	28	3,05	1,018	32	4,68	1,016	36	6,95	1,014	42	10,40	1,012	49	14,87	1,010	56	20,90	1,009

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
0,0	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
0,1	47,24	46,67	46,44	46,26	46,16	46,10	46,08	46,06	46,05	46,05	46,04	46,04	46,03	46,03	46,02	46,02
0,2	44,46	43,33	42,90	42,54	42,35	42,24	42,19	42,16	42,15	42,13	42,13	42,11	42,10	42,09	42,08	42,08
0,3	41,63	40,00	39,37	38,87	38,60	38,44	38,37	38,33	38,31	38,29	38,28	38,27	38,25	38,24	38,22	38,22
0,31	41,35	39,67	39,02	38,50	38,23	38,06	37,99	37,95	37,93	37,91	37,90	37,89	37,87	37,86	37,84	37,84
0,32	41,06	39,33	38,67	38,14	37,86	37,69	37,62	37,58	37,55	37,54	37,52	37,51	37,49	37,48	37,46	37,46
0,33	40,77	39,00	38,32	37,78	37,49	37,31	37,24	37,20	37,18	37,16	37,15	37,13	37,11	37,10	37,08	37,08
0,34	40,49	38,67	37,97	37,42	37,12	36,91	36,87	36,83	36,80	36,78	36,77	36,75	36,73	36,72	36,71	36,71
0,35	40,20	38,33	37,62	37,06	36,75	36,57	36,49	36,45	36,43	36,41	36,40	36,38	36,36	36,35	36,33	36,33
0,36	39,91	38,00	37,28	36,69	36,38	36,20	36,12	36,08	36,05	36,04	36,02	36,01	35,98	35,97	35,96	35,96
0,37	39,62	37,67	36,93	36,33	36,02	35,83	35,75	35,71	35,68	35,66	35,65	35,63	35,61	35,60	35,59	35,58
0,38	39,33	37,33	36,58	35,98	35,65	35,46	35,38	35,34	35,31	35,29	35,28	35,26	35,24	35,23	35,22	35,21
0,39	39,03	37,00	36,23	35,62	35,29	35,10	35,01	34,97	34,94	34,93	34,91	34,89	34,87	34,86	34,85	34,84
0,40	38,74	36,67	35,88	35,26	34,93	34,73	34,65	34,60	34,58	34,56	34,54	34,53	34,50	34,49	34,48	34,47
0,41	38,45	36,33	35,54	34,90	34,57	34,37	34,28	34,24	34,21	34,19	34,18	34,16	34,13	34,12	34,11	34,10
0,42	38,15	36,00	35,19	34,55	34,21	34,00	33,92	33,87	33,85	33,83	33,81	33,79	33,77	33,76	33,74	33,74
0,43	37,85	35,67	34,85	34,19	33,85	33,64	33,56	33,51	33,48	33,46	33,45	33,43	33,40	33,39	33,38	33,37
0,44	37,56	35,33	34,50	33,84	33,49	33,28	33,20	33,15	33,12	33,10	33,09	33,07	33,04	33,03	33,02	33,01
0,45	37,26	35,00	34,16	33,49	33,13	32,92	32,84	32,79	32,76	32,74	32,73	32,71	32,68	32,67	32,65	32,65
0,46	36,96	34,67	33,81	33,13	32,78	32,57	32,48	32,43	32,40	32,38	32,37	32,35	32,32	32,31	32,30	32,29
0,47	36,66	34,33	33,47	32,78	32,42	32,21	32,12	32,07	32,04	32,02	32,01	31,99	31,96	31,95	31,94	31,93
0,48	36,35	34,00	33,12	32,43	32,07	31,85	31,77	31,72	31,69	31,66	31,65	31,63	31,61	31,60	31,58	31,58
0,49	36,05	33,67	32,78	32,08	31,72	31,50	31,41	31,36	31,33	31,31	31,30	31,28	31,25	31,24	31,23	31,22
0,50	35,75	33,33	32,44	31,74	31,37	31,15	31,06	31,01	30,98	30,96	30,95	30,93	30,90	30,89	30,87	30,87
0,51	35,44	33,00	32,10	31,39	31,02	30,80	30,71	30,66	30,63	30,61	30,60	30,57	30,55	30,54	30,52	30,52
0,52	35,13	32,67	31,76	31,04	30,67	30,45	30,36	30,31	30,28	30,26	30,25	30,23	30,20	30,19	30,17	30,17
0,53	34,82	32,33	31,42	30,70	30,32	30,10	30,01	29,96	29,93	29,91	29,90	29,88	29,85	29,84	29,83	29,82
0,54	34,51	32,00	31,08	30,36	29,98	29,76	29,67	29,62	29,59	29,57	29,55	29,53	29,51	29,49	29,48	29,48
0,55	34,20	31,67	30,74	30,01	29,64	29,41	29,32	29,27	29,24	29,22	29,21	29,19	29,16	29,15	29,14	29,13
0,56	33,88	31,33	30,40	29,67	29,29	29,07	28,98	28,93	28,90	28,88	28,87	28,85	28,82	28,81	28,79	28,79
0,57	33,57	31,00	30,06	29,33	28,95	28,73	28,64	28,59	28,56	28,54	28,53	28,51	28,48	28,47	28,45	28,45
0,58	33,25	30,67	29,73	28,99	28,61	28,39	28,30	28,25	28,22	28,20	28,19	28,17	28,14	28,13	28,12	28,11
0,59	32,93	30,33	29,39	28,66	28,28	28,05	27,96	27,92	27,89	27,87	27,85	27,83	27,81	27,79	27,78	27,77
0,60	32,61	30,00	29,05	28,32	27,94	27,72	27,63	27,58	27,55	27,53	27,52	27,50	27,47	27,46	27,45	27,44
0,61	32,28	29,67	28,72	27,98	27,60	27,39	27,30	27,25	27,22	27,20	27,18	27,16	27,14	27,13	27,11	27,11
0,62	31,96	29,33	28,39	27,65	27,27	27,05	26,96	26,92	26,89	26,87	26,85	26,83	26,81	26,80	26,78	26,78
0,63	31,63	29,00	28,05	27,32	26,94	26,72	26,63	26,59	26,56	26,54	26,52	26,50	26,48	26,47	26,45	26,45
0,64	31,30	28,67	27,72	26,99	26,61	26,39	26,31	26,26	26,23	26,21	26,20	26,18	26,15	26,14	26,13	26,12
0,65	30,97	28,33	27,39	26,66	26,28	26,07	25,98	25,93	25,90	25,88	25,87	25,85	25,83	25,82	25,80	25,80
0,66	30,63	28,00	27,06	26,33	25,96	25,74	25,66	25,61	25,58	25,56	25,55	25,53	25,51	25,49	25,48	25,48
0,67	30,30	27,67	26,73	26,00	25,63	25,42	25,33	25,29	25,26	25,24	25,23	25,21	25,19	25,17	25,16	25,16
0,68	29,96	27,33	26,40	25,68	25,31	25,10	25,01	24,97	24,94	24,92	24,91	24,89	24,87	24,86	24,84	24,84
0,69	29,61	27,00	26,07	25,35	24,99	24,78	24,70	24,65	24,62	24,60	24,59	24,57	24,55	24,54	24,53	24,52
0,70	29,27	26,67	25,74	25,03	24,67	24,46	24,38	24,33	24,31	24,29	24,28	24,26	24,24	24,23	24,21	24,21
0,71	28,92	26,33	25,41	24,71	24,35	24,15	24,06	24,02	23,99	23,98	23,96	23,95	23,92	23,91	23,90	23,90
0,72	28,57	26,00	25,09	24,39	24,03	23,83	23,75	23,71	23,68	23,67	23,65	23,64	23,61	23,60	23,59	23,59
0,73	28,22	25,67	24,76	24,07	23,72	23,52	23,44	23,40	23,37	23,36	23,34	23,33	23,31	23,30	23,29	23,28
0,74	27,86	25,33	24,44	23,75	23,41	23,21	23,13	23,09	23,07	23,05	23,04	23,02	23,00	22,99	22,98	22,98
0,75	27,50	25,00	24,11	23,44	23,10	22,90	22,83	22,79	22,76	22,75	22,73	22,72	22,70	22,69	22,68	22,67
0,76	27,13	24,67	23,79	23,12	22,79	22,60	22,52	22,48	22,46	22,44	22,43	22,42	22,40	22,39	22,38	22,37
0,77	26,77	24,33	23,47	22,81	22,48	22,30	22,22	22,18	22,16	22,14	22,13	22,12	22,10	22,09	22,08	22,08
0,78	26,39	24,00	23,15	22,50	22,18	21,99	21,92	21,89	21,86	21,85	21,84	21,82	21,80	21,79	21,78	21,78
0,79	26,02	23,67	22,83	22,19	21,87	21,70	21,63	21,59	21,57	21,55	21,54	21,53	21,51	21,50	21,49	21,49
0,80	25,64	23,33	22,51	21,88	21,57	21,40	21,33	21,29	21,27	21,26	21,25	21,23	21,22	21,21	21,20	21,20

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
0,81	25,25	23,00	22,19	21,58	21,27	21,10	21,04	21,00	20,98	20,97	20,96	20,94	20,93	20,92	20,91	20,91
0,82	24,86	22,67	21,87	21,27	20,98	20,81	20,75	20,71	20,69	20,68	20,67	20,65	20,64	20,63	20,62	20,62
0,83	24,47	22,33	21,56	20,97	20,68	20,52	20,46	20,42	20,40	20,39	20,38	20,37	20,35	20,35	20,34	20,34
0,84	24,07	22,00	21,24	20,67	20,39	20,23	20,17	20,14	20,12	20,11	20,10	20,09	20,07	20,06	20,05	20,05
0,85	23,67	21,67	20,93	20,37	20,10	19,94	19,89	19,86	19,84	19,82	19,82	19,80	19,79	19,78	19,78	19,77
0,86	23,26	21,33	20,62	20,07	19,81	19,66	19,60	19,57	19,56	19,54	19,54	19,53	19,51	19,51	19,50	19,50
0,87	22,84	21,00	20,31	19,78	19,52	19,38	19,32	19,30	19,28	19,27	19,26	19,25	19,24	19,23	19,22	19,22
0,88	22,62	20,67	20,00	19,48	19,23	19,10	19,04	19,02	19,00	18,99	18,98	18,98	18,96	18,96	18,95	18,65
0,89	21,99	20,33	19,69	19,19	18,95	18,82	18,77	18,74	18,73	18,72	18,71	18,70	18,69	18,69	18,68	18,68
0,90	21,55	20,00	19,38	18,90	18,67	18,54	18,50	18,47	18,46	18,45	18,44	18,43	18,42	18,42	18,41	18,41
0,91	21,11	19,67	19,07	18,61	18,39	18,27	18,22	18,20	18,19	18,18	18,17	18,17	18,16	18,15	18,15	18,15
0,92	20,66	19,33	18,77	18,33	18,11	18,00	17,96	17,94	17,92	17,92	17,91	17,90	17,89	17,89	17,88	17,88
0,93	20,20	19,00	18,46	18,04	17,84	17,73	17,69	17,67	17,66	17,65	17,65	17,64	17,63	17,63	17,62	17,62
0,94	19,74	18,67	18,16	17,76	17,57	17,46	17,43	17,41	17,40	17,39	17,39	17,38	17,37	17,37	17,36	17,36
0,95	19,25	18,33	17,86	17,48	17,29	17,20	17,17	17,15	17,14	17,13	17,13	17,12	17,12	17,11	17,11	17,11
0,96	18,76	18,00	17,56	17,20	17,03	16,94	16,91	16,89	16,88	16,88	16,87	16,87	16,86	16,86	16,86	16,85
0,97	18,25	16,67	17,25	16,92	16,76	16,68	16,65	16,63	16,63	16,62	16,62	16,61	16,61	16,61	16,60	16,60
0,98	17,74	17,33	16,96	16,65	16,49	16,42	16,39	16,38	16,37	16,37	16,37	16,36	16,36	16,36	16,36	16,36
0,99	17,21	17,00	16,66	16,37	16,23	16,16	16,14	16,13	16,12	16,12	16,12	16,12	16,11	16,11	16,11	16,11
1,00	16,67	16,67	16,36	16,10	15,97	15,91	15,89	15,88	15,88	15,87	15,87	15,87	15,87	15,87	15,87	15,87
1,01	16,11	16,33	16,07	15,83	15,72	15,66	15,64	15,63	15,63	15,63	15,63	15,63	15,62	15,62	15,62	15,62
1,02	15,53	16,00	15,78	15,56	15,46	15,41	15,40	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,38	15,38	15,38	15,38
1,03	14,93	15,67	15,48	15,30	15,21	15,17	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15
1,04	14,31	15,33	15,19	15,03	14,96	14,92	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91
1,05	13,66	15,00	14,91	14,77	14,71	14,66	14,67	14,67	14,67	14,67	14,68	14,68	14,68	14,68	14,68	14,68
1,06	12,98	14,67	14,62	14,51	14,46	14,44	14,44	14,44	14,44	14,44	14,45	14,45	14,45	14,45	14,45	14,45
1,07	12,27	14,33	14,33	14,26	14,22	14,20	14,20	14,21	14,21	14,21	14,21	14,22	14,22	14,22	14,22	14,23
1,08	11,51	14,00	14,05	14,00	13,97	13,97	13,97	13,98	13,91	13,98	13,99	13,99	13,99	14,00	14,00	14,00
1,09	10,71	13,67	13,76	13,75	13,73	13,74	13,74	13,75	13,75	13,76	13,76	13,77	13,77	13,77	13,78	13,78
1,10	9,84	13,33	13,48	13,49	13,50	13,51	13,52	13,52	13,53	13,54	13,54	13,54	13,55	13,55	13,56	13,56
1,11	8,89	13,00	13,20	13,25	13,26	13,28	13,29	13,30	13,31	13,31	13,32	13,32	13,33	13,34	13,34	13,34
1,12	7,82	12,67	12,93	13,00	13,03	13,05	13,07	13,08	13,09	13,10	13,10	13,11	13,12	13,12	13,12	13,13
1,13	6,60	12,33	12,65	12,75	12,80	12,83	12,85	12,86	12,87	12,88	12,89	12,89	12,90	12,91	12,91	12,92
1,14	5,08	12,00	12,37	12,51	12,57	12,61	12,63	12,65	12,66	12,67	12,67	12,68	12,69	12,70	12,70	12,70
1,15	0,29	11,67	12,10	12,27	12,34	12,39	12,42	12,44	12,45	12,46	12,46	12,47	12,48	12,49	12,49	12,50
1,16	0,00	11,33	11,83	12,03	12,12	12,18	12,21	12,22	12,24	12,25	12,25	12,26	12,28	12,28	12,29	12,29
1,17	0,00	11,00	11,56	11,79	11,90	11,96	12,00	12,02	12,03	12,04	12,05	12,06	12,07	12,08	12,08	12,09
1,18	0,00	10,67	11,29	11,56	11,68	11,75	11,79	11,81	11,82	11,84	11,84	11,85	11,87	11,88	11,88	11,89
1,19	0,00	10,33	11,02	11,33	11,46	11,54	11,58	11,61	11,62	11,63	11,64	11,65	11,67	11,68	11,69	11,69
1,20	0,00	10,00	10,76	11,10	11,24	11,34	11,38	11,41	11,42	11,43	11,44	11,46	11,47	11,48	11,49	11,49
1,21	0,00	9,67	10,50	10,87	11,03	11,13	11,18	11,21	11,22	11,24	11,25	11,26	11,28	11,29	11,30	11,30
1,22	0,00	9,33	10,23	10,65	10,82	10,93	10,98	11,01	11,03	11,04	11,05	11,07	11,09	11,09	11,10	11,11
1,23	0,00	9,00	9,97	10,42	10,61	10,73	10,78	10,81	10,84	10,85	10,86	10,88	10,90	10,91	10,91	10,92
1,24	0,00	8,67	9,72	10,20	10,41	10,53	10,59	10,62	10,64	10,66	10,67	10,69	10,71	10,72	10,73	10,73
1,25	0,00	8,33	9,46	9,98	10,21	10,34	10,40	10,43	10,46	10,47	10,48	10,50	10,52	10,53	10,54	10,55
1,26	0,00	8,00	9,21	9,77	10,00	10,15	10,21	10,25	10,27	10,28	10,30	10,32	10,34	10,35	10,36	10,37
1,27	0,00	7,67	8,96	9,55	9,81	9,96	10,02	10,06	10,09	10,10	10,12	10,13	10,16	10,17	10,18	10,19
1,28	0,00	7,33	8,71	9,34	9,61	9,77	9,84	9,88	9,90	9,92	9,94	9,95	9,98	9,99	10,00	10,01
1,29	0,00	7,00	8,46	9,13	9,42	9,58	9,65	9,70	9,72	9,74	9,76	9,78	9,80	9,82	9,83	9,83
1,30	0,00	6,67	8,21	8,93	9,22	9,40	9,48	9,52	9,55	9,57	9,58	9,60	9,63	9,64	9,65	9,66
1,31	0,00	6,33	7,97	8,72	9,03	9,22	9,30	9,34	9,37	9,39	9,41	9,43	9,46	9,47	9,48	9,49
1,32	0,00	6,00	7,73	8,52	8,85	9,04	9,12	9,17	9,20	9,22	9,24	9,26	9,29	9,30	9,31	9,32
1,33	0,00	5,67	7,49	8,32	8,66	8,86	8,95	9,00	9,03	9,05	9,07	9,09	9,12	9,13	9,15	9,15
1,34	0,00	5,33	7,25	8,12	8,48	8,69	8,78	8,83	8,86	8,88	8,90	8,92	8,95	8,97	8,98	8,99

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1,35	0,00	5,00	7,02	7,92	8,30	8,52	8,61	8,66	8,69	8,72	8,74	8,76	8,79	8,81	8,82	8,83
1,36	0,00	4,67	6,79	7,73	8,12	8,35	8,44	8,50	8,53	8,55	8,57	8,60	8,63	8,65	8,66	8,67
1,37	0,00	4,33	6,56	7,54	7,95	8,18	8,29	8,33	8,37	8,39	8,41	8,44	8,47	8,49	8,50	8,51
1,38	0,00	4,00	6,33	7,35	7,77	8,01	8,12	8,17	8,21	8,24	8,25	8,28	8,31	8,33	8,35	8,35
1,39	0,00	3,67	6,10	7,17	7,60	7,85	7,96	8,01	8,05	8,08	8,10	8,12	8,16	8,18	8,19	8,20
1,40	0,00	3,33	5,88	6,98	7,44	7,69	7,80	7,86	7,90	7,92	7,94	7,97	8,01	8,02	8,04	8,05
1,41	0,00	3,00	5,66	6,80	7,27	7,53	7,64	7,70	7,74	7,77	7,79	7,82	7,86	7,87	7,89	7,90
1,42	0,00	2,67	5,44	6,62	7,10	7,37	7,49	7,55	7,59	7,62	7,64	7,67	7,71	7,73	7,74	7,75
1,43	0,00	2,33	5,23	6,45	6,94	7,22	7,34	7,40	7,44	7,47	7,50	7,52	7,56	7,58	7,60	7,61
1,44	0,00	2,00	5,01	6,27	6,78	7,07	7,19	7,26	7,30	7,33	7,35	7,38	7,42	7,44	7,46	7,47
1,45	0,00	1,67	4,81	6,10	6,63	6,92	7,04	7,11	7,15	7,18	7,21	7,24	7,28	7,30	7,31	7,33
1,46	0,00	1,33	4,60	5,93	6,47	6,77	6,90	6,97	7,01	7,04	7,07	7,10	7,14	7,16	7,18	7,19
1,47	0,00	1,00	4,39	5,77	6,32	6,63	6,75	6,83	6,87	6,90	6,93	6,96	7,00	7,02	7,04	7,05
1,48	0,00	0,67	4,19	5,60	6,17	6,48	6,61	6,69	6,73	6,77	6,79	6,82	6,86	6,88	6,90	6,91
1,49	0,00	0,33	3,99	5,44	6,02	6,34	6,48	6,55	6,60	6,63	6,65	6,69	6,73	6,75	6,77	6,78
1,50	0,00	0,00	3,80	5,28	5,87	6,20	6,34	6,41	6,46	6,50	6,52	6,55	6,60	6,62	6,64	6,65
1,51	0,00	0,00	3,61	5,13	5,73	6,06	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,42	6,47	6,49	6,51	6,52
1,52	0,00	0,00	3,42	4,97	5,59	5,93	6,07	6,15	6,20	6,23	6,26	6,29	6,34	6,36	6,38	6,39
1,53	0,00	0,00	3,23	4,82	5,45	5,80	5,94	6,02	6,07	6,11	6,13	6,17	6,21	6,24	6,26	6,27
1,54	0,00	0,00	3,05	4,67	5,31	5,67	5,81	5,89	5,95	5,98	6,01	6,04	6,09	6,11	6,13	6,15
1,55	0,00	0,00	2,87	4,52	5,18	5,54	5,69	5,77	5,82	5,86	5,88	5,92	5,97	5,99	6,01	6,02
1,56	0,00	0,00	2,69	4,38	5,05	5,41	5,56	5,65	5,70	5,74	5,76	5,80	5,85	5,87	5,89	5,90
1,57	0,00	0,00	2,52	4,24	4,92	5,29	5,44	5,53	5,58	5,62	5,64	5,68	5,73	5,75	5,78	5,79
1,58	0,00	0,00	2,35	4,10	4,79	5,16	5,32	5,41	5,46	5,50	5,53	5,56	5,61	5,64	5,66	5,67
1,59	0,00	0,00	2,19	3,96	4,66	5,04	5,20	5,29	5,34	5,36	5,41	5,45	5,50	5,52	5,54	5,56
1,60	0,00	0,00	2,03	3,83	4,54	4,92	5,09	5,17	5,23	5,27	5,30	5,33	5,38	5,41	5,43	5,44
1,61	0,00	0,00	1,87	3,69	4,41	4,81	4,97	5,06	5,12	5,16	5,18	5,22	5,27	5,30	5,32	5,33
1,62	0,00	0,00	1,72	3,57	4,30	4,69	4,86	4,95	5,01	5,04	5,07	5,11	5,16	5,19	5,21	5,23
1,63	0,00	0,00	1,57	3,44	4,18	4,58	4,75	4,84	4,90	4,94	4,97	5,01	5,06	5,08	5,11	5,12
1,64	0,00	0,00	1,42	3,31	4,06	4,47	4,64	4,73	4,79	4,83	4,86	4,90	4,95	4,98	5,00	5,01
1,65	0,00	0,00	1,28	3,19	3,95	4,36	4,53	4,62	4,68	4,72	4,75	4,79	4,85	4,87	4,90	4,91
1,66	0,00	0,00	1,15	3,07	3,84	4,25	4,43	4,52	4,58	4,62	4,65	4,69	4,74	4,77	4,80	4,81
1,67	0,00	0,00	1,02	2,95	3,73	4,15	4,32	4,42	4,48	4,52	4,55	4,59	4,64	4,67	4,70	4,71
1,68	0,00	0,00	0,89	2,84	3,62	4,05	4,22	4,32	4,38	4,42	4,45	4,49	4,55	4,57	4,60	4,61
1,69	0,00	0,00	0,77	2,73	3,52	3,94	4,12	4,22	4,28	4,32	4,35	4,39	4,45	4,47	4,50	4,51
1,70	0,00	0,00	0,66	2,62	3,41	3,84	4,02	4,12	4,18	4,22	4,25	4,30	4,35	4,38	4,41	4,42
1,71	0,00	0,00	0,55	2,51	3,31	3,75	3,93	4,02	4,09	4,13	4,16	4,20	4,26	4,29	4,31	4,32
1,72	0,00	0,00	0,45	2,41	3,21	3,65	3,83	3,93	3,99	4,04	4,07	4,11	4,17	4,19	4,22	4,23
1,73	0,00	0,00	0,36	2,30	3,11	3,56	3,74	3,84	3,90	3,94	3,98	4,02	4,08	4,10	4,13	4,14
1,74	0,00	0,00	0,27	2,20	3,02	3,46	3,65	3,75	3,81	3,85	3,89	3,93	3,99	4,01	4,04	4,05
1,75	0,00	0,00	0,19	2,11	2,93	3,37	3,56	3,66	3,72	3,77	3,80	3,84	3,90	3,93	3,95	3,97
1,76	0,00	0,00	0,12	2,01	2,83	3,28	3,47	3,57	3,63	3,68	3,71	3,76	3,81	3,84	3,87	3,88
1,77	0,00	0,00	0,06	1,92	2,74	3,20	3,38	3,48	3,55	3,59	3,63	3,67	3,73	3,76	3,78	3,80
1,78	0,00	0,00	0,02	1,83	2,66	3,11	3,30	3,40	3,47	3,51	3,54	3,59	3,64	3,67	3,70	3,71
1,79	0,00	0,00	0,00	1,74	2,57	3,03	3,21	3,32	3,38	3,43	3,46	3,51	3,56	3,59	3,62	3,63
1,80	0,00	0,00	0,00	1,65	2,49	2,94	3,13	3,24	3,30	3,35	3,38	3,43	3,48	3,51	3,54	3,55
1,81	0,00	0,00	0,00	1,57	2,40	2,86	3,05	3,16	3,22	3,27	3,30	3,35	3,40	3,43	3,46	3,47
1,82	0,00	0,00	0,00	1,49	2,32	2,79	2,98	3,08	3,15	3,19	3,22	3,27	3,33	3,36	3,38	3,40
1,83	0,00	0,00	0,00	1,41	2,25	2,71	2,90	3,00	3,07	3,11	3,15	3,19	3,25	3,28	3,31	3,32
1,84	0,00	0,00	0,00	1,34	2,17	2,63	2,82	2,93	2,99	3,04	3,07	3,12	3,18	3,21	3,23	3,25
1,85	0,00	0,00	0,00	1,26	2,09	2,56	2,75	2,85	2,92	2,97	3,00	3,05	3,10	3,13	3,16	3,17
1,86	0,00	0,00	0,00	1,19	2,02	2,48	2,68	2,78	2,85	2,89	2,93	2,97	3,03	3,06	3,09	3,10
1,87	0,00	0,00	0,00	1,12	1,95	2,41	2,61	2,71	2,78	2,82	2,86	2,90	2,96	2,99	3,02	3,03
1,88	0,00	0,00	0,00	1,06	1,88	2,34	2,54	2,64	2,71	2,75	2,79	2,83	2,89	2,92	2,95	2,96

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1.89	0.00	0.00	0.00	0.99	1.81	2.28	2.47	2.57	2.64	2.69	2.72	2.77	2.83	2.85	2.88	2.90
1.90	0.00	0.00	0.00	0.93	1.75	2.21	2.40	2.51	2.57	2.62	2.65	2.70	2.76	2.79	2.82	2.83
1.91	0.00	0.00	0.00	0.87	1.68	2.14	2.34	2.44	2.51	2.56	2.59	2.63	2.69	2.72	2.75	2.77
1.92	0.00	0.00	0.00	0.81	1.62	2.08	2.27	2.38	2.45	2.49	2.52	2.57	2.63	2.66	2.69	2.70
1.93	0.00	0.00	0.00	0.76	1.56	2.02	2.21	2.32	2.38	2.43	2.46	2.51	2.57	2.60	2.62	2.64
1.94	0.00	0.00	0.00	0.70	1.50	1.96	2.15	2.25	2.32	2.37	2.40	2.45	2.51	2.54	2.56	2.58
1.95	0.00	0.00	0.00	0.65	1.44	1.90	2.09	2.19	2.26	2.31	2.34	2.39	2.45	2.48	2.50	2.52
1.96	0.00	0.00	0.00	0.60	1.38	1.84	2.03	2.14	2.20	2.25	2.28	2.33	2.39	2.42	2.44	2.46
1.97	0.00	0.00	0.00	0.56	1.33	1.78	1.97	2.08	2.14	2.19	2.22	2.27	2.33	2.36	2.39	2.40
1.98	0.00	0.00	0.00	0.51	1.27	1.73	1.92	2.02	2.09	2.13	2.17	2.21	2.27	2.30	2.33	2.34
1.99	0.00	0.00	0.00	0.47	1.22	1.67	1.86	1.97	2.03	2.08	2.11	2.16	2.22	2.25	2.27	2.29
2.00	0.00	0.00	0.00	0.43	1.17	1.62	1.81	1.91	1.98	2.03	2.06	2.10	2.16	2.19	2.22	2.23
2.01	0.00	0.00	0.00	0.39	1.12	1.57	1.76	1.86	1.93	1.97	2.01	2.05	2.11	2.14	2.17	2.18
2.02	0.00	0.00	0.00	0.36	1.07	1.52	1.71	1.81	1.87	1.92	1.95	2.00	2.06	2.09	2.11	2.13
2.03	0.00	0.00	0.00	0.32	1.03	1.47	1.66	1.76	1.82	1.87	1.90	1.95	2.01	2.04	2.06	2.08
2.04	0.00	0.00	0.00	0.29	0.98	1.42	1.61	1.71	1.77	1.82	1.85	1.90	1.96	1.99	2.01	2.03
2.05	0.00	0.00	0.00	0.26	0.94	1.37	1.56	1.66	1.73	1.77	1.80	1.85	1.91	1.94	1.96	1.98
2.06	0.00	0.00	0.00	0.23	0.90	1.33	1.51	1.61	1.68	1.72	1.76	1.80	1.86	1.89	1.92	1.93
2.07	0.00	0.00	0.00	0.21	0.86	1.28	1.47	1.52	1.63	1.68	1.71	1.76	1.81	1.84	1.87	1.88
2.08	0.00	0.00	0.00	0.18	0.82	1.24	1.42	1.52	1.59	1.63	1.66	1.71	1.77	1.79	1.82	1.84
2.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.78	1.20	1.38	1.48	1.54	1.59	1.62	1.66	1.72	1.75	1.78	1.79
2.10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.74	1.16	1.34	1.44	1.50	1.54	1.58	1.62	1.68	1.71	1.73	1.75
2.11	0.00	0.00	0.00	0.12	0.71	1.12	1.30	1.39	1.46	1.51	1.53	1.58	1.63	1.66	1.69	1.70
2.12	0.00	0.00	0.00	0.10	0.67	1.08	1.26	1.35	1.42	1.46	1.49	1.54	1.59	1.62	1.65	1.66
2.13	0.00	0.00	0.00	0.08	0.64	1.04	1.22	1.31	1.38	1.42	1.45	1.50	1.55	1.58	1.61	1.62
2.14	0.00	0.00	0.00	0.07	0.61	1.00	1.18	1.28	1.34	1.38	1.41	1.46	1.51	1.54	1.57	1.58
1.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.58	0.97	1.14	1.24	1.30	1.34	1.37	1.42	1.47	1.50	1.53	1.54
2.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.55	0.93	1.10	1.20	1.26	1.30	1.34	1.38	1.43	1.46	1.49	1.50
2.17	0.00	0.00	0.00	0.04	0.52	0.90	1.07	1.16	1.22	1.27	1.30	1.34	1.40	1.42	1.45	1.46
2.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.49	0.87	1.03	1.13	1.19	1.23	1.26	1.30	1.36	1.39	1.41	1.42
2.19	0.00	0.00	0.00	0.02	0.46	0.83	1.00	1.09	1.15	1.20	1.23	1.27	1.32	1.35	1.33	1.39
2.20	0.00	0.00	0.00	0.015	0.437	0.803	0.968	1.061	1.120	1.161	1.192	1.233	1.287	1.314	1.340	1.352
2.21	0.00	0.00	0.00	0.010	0.413	0.772	0.936	1.028	1.087	1.128	1.158	1.199	1.253	1.279	1.305	1.318
2.22	0.00	0.00	0.00	0.006	0.389	0.743	0.905	0.996	1.054	1.095	1.125	1.166	1.219	1.245	1.271	1.283
2.23	0.00	0.00	0.00	0.003	0.366	0.715	0.875	0.965	1.023	1.063	1.093	1.134	1.186	1.212	1.238	1.250
2.24	0.00	0.00	0.00	0.002	0.345	0.687	0.845	0.935	0.992	1.032	1.061	1.102	1.154	1.180	1.205	1.218
2.25	0.00	0.00	0.00	0.001	0.324	0.660	0.816	0.905	0.962	1.002	1.031	1.071	1.123	1.148	1.173	1.186
2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.304	0.634	0.789	0.876	0.933	0.972	1.001	1.041	1.092	1.117	1.142	1.155
2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.285	0.609	0.762	0.848	0.904	0.943	0.972	1.011	1.062	1.087	1.112	1.124
2.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.267	0.585	0.735	0.821	0.876	0.915	0.943	0.982	1.033	1.058	1.082	1.091
2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.250	0.561	0.710	0.794	0.849	0.887	0.915	0.954	1.004	1.029	1.053	1.065
2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.233	0.538	0.685	0.769	0.823	0.861	0.888	0.927	0.977	1.001	1.025	1.037
2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.218	0.516	0.661	0.743	0.797	0.834	0.862	0.900	0.949	0.974	0.997	1.009
2.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.203	0.495	0.637	0.719	0.772	0.809	0.836	0.874	0.923	0.947	0.971	0.982
2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.189	0.474	0.614	0.695	0.748	0.784	0.811	0.848	0.897	0.921	0.944	0.956
2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.175	0.454	0.592	0.672	0.724	0.760	0.787	0.824	0.872	0.895	0.915	0.930
2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.163	0.435	0.571	0.650	0.701	0.736	0.763	0.799	0.847	0.870	0.893	0.905
2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.151	0.416	0.550	0.628	658	0.714	0.740	0.776	0.823	0.846	0.869	0.880
2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.139	0.398	0.530	0.606	0.656	0.691	0.717	0.753	0.799	0.822	0.845	0.856
2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.128	0.381	0.510	0.586	0.635	0.670	0.695	0.730	0.777	0.799	0.822	0.833
2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.118	0.364	0.491	0.566	0.614	0.648	0.674	0.709	0.754	0.777	0.799	0.810
2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.109	0.348	0.473	0.546	0.594	0.628	0.653	0.687	0.732	0.755	0.777	0.787
2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.100	0.332	0.455	0.527	0.575	0.608	0.633	0.667	0.711	0.733	0.755	0.766
2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.091	0.317	0.437	0.509	0.555	0.588	0.613	0.646	0.691	0.712	0.734	0.744

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.083	0.302	0.421	0.491	0.537	0.569	0.593	0.627	0.670	0.692	0.713	0.724
2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.076	0.288	0.404	0.474	0.519	0.551	0.575	0.608	0.651	0.672	0.693	0.703
2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.069	0.275	0.389	0.457	0.501	0.533	0.556	0.589	0.632	0.653	0.673	0.684
2.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.063	0.262	0.373	0.440	0.484	0.516	0.539	0.571	0.613	0.634	0.654	0.664
2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.057	0.249	0.339	0.425	0.468	0.499	0.521	0.553	0.595	0.615	0.635	0.646
2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.051	0.237	0.344	0.409	0.452	0.482	0.505	0.536	0.577	0.597	0.617	0.627
2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.046	0.226	0.331	0.394	0.436	0.466	0.488	0.519	0.560	0.580	0.600	0.609
2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.041	0.214	0.317	0.380	0.421	0.451	0.473	0.503	0.543	0.563	0.582	0.592
2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.037	0.204	0.304	0.366	0.407	0.436	0.457	0.487	0.527	0.546	0.565	0.575
2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.033	0.193	0.292	0.352	0.392	0.421	0.442	0.472	0.511	0.530	0.549	0.558
2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.029	0.184	0.280	0.339	0.379	0.407	0.428	0.457	0.495	0.514	0.533	0.542
2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.026	0.174	0.268	0.326	0.365	0.393	0.413	0.442	0.480	0.499	0.517	0.527
2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.023	0.165	0.257	0.314	0.352	0.379	0.400	0.428	0.465	0.481	0.502	0.511
2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.020	0.156	0.246	0.302	310	0.366	0.386	0.414	0.451	0.469	0.487	0.496
2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.017	0.148	0.236	0.291	0.327	0.354	0.373	0.401	0.437	0.455	0.473	0.482
2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.140	0.226	0.279	0.316	0.341	0.361	0.388	0.424	0.441	0.459	0.468
2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.013	0.133	0.216	0.269	0.304	0.330	0.349	0.375	0.410	0.428	0.445	0.454
2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.011	0.125	0.207	0.258	0.293	0.318	0.337	0.363	0.398	0.415	0.432	0.441
2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.118	0.198	0.248	0.282	0.307	0.325	0.351	0.385	0.402	0.419	0.428
2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.008	0.112	0.189	0.235	0.272	0.296	0.314	0.339	0.373	0.390	0.406	0.415
2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.007	0.105	0.181	0.229	0.262	0.285	0.303	0.328	361	0.378	0.394	0.402
2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005	0.099	0.172	0.220	0.252	0.275	0.293	0.317	0.350	0.366	0.382	0.390
2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005	0.094	0.165	0.211	0.243	0.256	0.282	0.307	0.339	0.355	0.371	0.379
2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004	0.088	0.157	0.202	0.233	0.256	0.273	0.296	0.328	0.344	0.359	0.367
2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003	0.083	0.150	0.194	0.224	0.246	0.263	0.286	0.317	0.333	0.348	0.356
2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.078	0.143	0.186	0.216	0.237	0.254	0.277	0.307	0.322	0.338	0.345
2.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.073	0.136	0.179	0.208	0.229	0.245	0.267	0.297	0.312	0.327	0.335
2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.069	0.130	0.171	0.200	0.220	0.236	0.258	0.288	0.302	0.317	0.325
2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.064	0.124	0.164	0.192	0.212	0.227	0.249	0.278	0.293	0.307	0.315
2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.060	0.118	0.157	0.184	0.204	0.219	0.241	2.69	0.283	0.298	0.305
2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.057	0.112	0.151	0.177	0.197	0.211	0.232	0.260	0.274	0.288	0.296
2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.053	0.107	0.144	0.170	0.189	0.204	0.224	0.252	0.266	0.279	0.286
2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.049	0.102	0.138	0.163	0.182	0.196	0.216	0.243	0.257	0.271	0.277
2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.046	0.087	0.132	0.157	0.175	0.189	0.209	0.235	0.249	0.262	0.269
2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.043	0.092	0.126	0.151	0.168	0.182	0.201	0.227	0.241	0.254	0.260
2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.040	0.087	0.121	0.145	0.162	0.175	0.194	0.220	0.233	246	0.252
2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.037	0.083	0.115	0.139	0.156	0.169	0.187	0.212	0.225	0.238	0.244
2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.035	0.079	0.110	0.133	0.150	0.162	0.181	0.205	0.218	0.230	0.237
2.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.032	0.075	0.105	0.128	0.144	0.156	0.174	0.198	0.211	0.223	0.229
2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.030	0.071	0.101	0.122	0.138	0.150	0.168	0.192	0.204	0.216	0.222
2.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.028	0.067	0.096	0.117	0.133	0.145	0.162	0.185	0.197	0.209	0.215
2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.026	0.064	0.092	0.112	0.128	0.139	0.156	0.179	0.190	0.202	0.208
2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.024	0.060	0.088	0.108	0.122	0.134	0.150	0.173	0.184	0.195	0.201
2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.022	0.057	0.084	0.103	0.118	0.129	0.145	0.167	0.178	0.189	0.195
2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.020	0.054	0.080	0.099	0.113	0.124	0.139	0.161	0.172	0.183	0.188
2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.019	0.051	0.076	0.094	0.108	0.119	0.134	0.155	0.166	0.177	0.182
2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.017	0.048	0.073	0.090	0.104	0.114	0.129	0.150	0.160	0.171	0.176
2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.046	0.069	0.087	0.100	0.110	0.125	0.145	0.155	0.165	0.171
2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.043	0.066	0.083	0.096	0.106	0.120	0.140	0.150	0.160	0.165
2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.013	0.041	0.063	0.079	0.092	0.101	0.115	0.135	0.145	0.155	0.160
2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.012	0.038	0.060	0.076	0.088	0.097	0.111	0.130	0.140	0.149	0.154
2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.011	0.036	0.057	0.072	0.084	0.093	0.107	0.125	0.135	0.144	0.149
2.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.010	0.034	0.054	0.069	0.081	0.090	0.103	0.121	0.130	0.140	0.144
2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.032	0.051	0.066	0.077	0.086	0.099	0.117	0.126	0.135	0.140

**TABLA B-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DE LA DESVIACION ESTANDAR (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,009	0,030	0,049	0,063	0,074	0,083	0,095	0,112	0,121	0,130	0,135
2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008	0,028	0,046	0,060	0,071	0,079	0,091	0,108	0,117	0,126	0,130
2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,027	0,044	0,057	0,068	0,076	0,088	0,104	0,113	0,122	0,126
3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,025	0,042	0,055	0,065	0,073	0,084	0,101	0,109	0,118	0,122
3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,024	0,040	0,052	0,062	0,070	0,081	0,097	0,105	0,114	0,118
3,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,022	0,038	0,050	0,059	0,067	0,078	0,093	0,101	0,110	0,114
3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,021	0,036	0,048	0,057	0,064	0,075	0,090	0,098	0,106	0,110
3,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,019	0,034	0,045	0,054	0,061	0,072	0,087	0,094	0,102	0,106
3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,018	0,032	0,043	0,052	0,059	0,069	0,083	0,091	0,099	0,103
3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,017	0,030	0,041	0,050	0,056	0,066	0,080	0,088	0,095	0,099
3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,016	0,029	0,039	0,047	0,054	0,064	0,077	0,085	0,092	0,096
3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,015	0,027	0,037	0,045	0,052	0,061	0,074	0,081	0,089	0,092
3,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,014	0,026	0,036	0,043	0,049	0,059	0,072	0,079	0,086	0,089
3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,013	0,024	0,034	0,041	0,047	0,056	0,069	0,076	0,083	0,086
3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,012	0,023	0,032	0,039	0,045	0,054	0,066	0,073	0,080	0,083
3,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,011	0,022	0,031	0,038	0,043	0,052	0,064	0,070	0,077	0,080
3,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,011	0,021	0,029	0,036	0,041	0,050	0,061	0,068	0,074	0,077
3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,010	0,019	0,028	0,034	0,040	0,048	0,059	0,065	0,071	0,075
3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,009	0,018	0,026	0,033	0,038	0,046	0,057	0,063	0,069	0,072
3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,009	0,017	0,025	0,031	0,036	0,044	0,055	0,060	0,066	0,069
3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,008	0,016	0,024	0,030	0,035	0,042	0,053	0,058	0,064	0,067
3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,007	0,015	0,022	0,028	0,033	0,040	0,050	0,056	0,062	0,065
3,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,007	0,015	0,021	0,027	0,032	0,038	0,049	0,054	0,059	0,062
3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,006	0,014	0,020	0,026	0,030	0,037	0,047	0,052	0,057	0,060
3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,013	0,019	0,024	0,029	0,035	0,045	0,050	0,055	0,058
3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,012	0,018	0,023	0,027	0,034	0,043	0,048	0,053	0,056
3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,011	0,017	0,022	0,026	0,032	0,041	0,046	0,051	0,054
3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,011	0,016	0,021	0,025	0,031	0,040	0,044	0,049	0,052
3,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,010	0,015	0,020	0,024	0,030	0,038	0,043	0,048	0,050
3,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,009	0,015	0,019	0,023	0,028	0,037	0,041	0,046	0,048
3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,009	0,014	0,019	0,022	0,027	0,035	0,040	0,044	0,046
3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,008	0,013	0,017	0,021	0,026	0,034	0,038	0,042	0,045
3,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,008	0,012	0,016	0,020	0,025	0,032	0,037	0,041	0,043
3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,007	0,012	0,015	0,019	0,024	0,031	0,035	0,039	0,042
3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,007	0,011	0,015	0,018	0,023	0,030	0,034	0,038	0,040
3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,006	0,010	0,014	0,017	0,022	0,029	0,032	0,036	0,039
3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,006	0,010	0,013	0,016	0,021	0,027	0,031	0,035	0,037
3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,006	0,009	0,013	0,015	0,020	0,026	0,030	0,034	0,036
3,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,005	0,009	0,012	0,015	0,019	0,025	0,029	0,032	0,034
3,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,005	0,008	0,011	0,014	0,018	0,024	0,028	0,031	0,033
3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,005	0,008	0,011	0,013	0,017	0,023	0,026	0,030	0,032
3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,004	0,007	0,010	0,013	0,016	0,022	0,025	0,029	0,031
3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,004	0,007	0,010	0,012	0,016	0,021	0,024	0,028	0,029
3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,004	0,007	0,009	0,011	0,015	0,020	0,023	0,027	0,028
3,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,006	0,009	0,011	0,014	0,020	0,022	0,026	0,027
3,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,006	0,009	0,011	0,014	0,019	0,022	0,025	0,026
3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,008	0,010	0,013	0,018	0,021	0,024	0,025
3,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,007	0,009	0,012	0,017	0,020	0,023	0,024
3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,007	0,009	0,012	0,016	0,019	0,022	0,023
3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,005	0,007	0,008	0,011	0,016	0,018	0,021	0,022
3,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,011	0,015	0,017	0,020	0,022
3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,010	0,014	0,017	0,019	0,021
3,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,002	0,004	0,005	0,007	0,010	0,014	0,016	0,019	0,020
3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,002	0,003	0,005	0,007	0,009	0,013	0,015	0,018	0,019

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
0,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
0,10	47,24	46,67	46,44	46,29	46,20	46,13	46,08	46,07	46,06	46,05	46,05	46,04	46,03	46,03	46,02	46,02
0,20	44,46	43,33	42,90	42,60	42,42	42,29	42,19	42,17	42,16	42,15	42,13	42,12	42,10	42,10	42,08	42,08
0,30	41,63	40,00	39,37	38,95	38,70	38,51	38,38	38,34	38,32	38,31	38,28	38,27	38,26	38,24	38,23	38,22
0,31	41,35	39,67	39,02	38,59	38,33	38,14	38,00	37,96	37,94	37,93	37,90	37,89	37,88	37,86	37,85	37,84
0,32	41,06	39,33	38,67	38,23	37,96	37,77	37,63	37,59	37,57	37,55	37,53	37,51	37,50	37,48	37,47	37,46
0,33	40,77	39,00	38,32	37,87	37,60	37,39	37,25	37,21	37,19	37,18	37,15	37,14	37,12	37,11	37,09	37,09
0,34	40,49	38,67	37,97	37,51	37,23	37,02	36,88	36,84	36,82	36,80	36,77	36,76	36,74	36,73	36,71	36,71
0,35	40,20	38,33	37,62	37,15	36,87	36,65	36,50	36,46	36,44	36,43	36,40	36,39	36,37	36,36	36,34	36,33
0,36	39,91	38,00	37,28	36,79	36,50	36,29	36,13	36,09	36,07	36,05	36,03	36,01	35,99	35,97	35,96	35,96
0,37	39,62	37,67	36,93	36,43	36,14	35,92	35,76	35,72	35,70	35,68	35,65	35,64	35,62	35,61	35,59	35,59
0,38	39,33	37,33	36,58	36,07	35,78	35,55	35,39	35,35	35,33	35,31	35,28	35,27	35,25	35,24	35,22	35,22
0,39	39,03	37,00	36,23	35,72	35,41	35,19	35,02	34,98	34,96	34,94	34,92	34,90	34,88	34,87	34,85	34,85
0,40	38,74	36,67	35,88	35,36	35,05	34,82	34,66	34,62	34,59	34,58	34,55	34,53	34,51	34,49	34,48	34,48
0,41	38,45	36,33	35,54	35,01	34,69	34,46	34,29	34,25	34,23	34,21	34,18	34,17	34,14	34,12	34,11	34,11
0,42	38,15	36,00	35,19	34,65	34,33	34,10	33,93	33,89	33,86	33,85	33,82	33,80	33,78	33,77	33,75	33,74
0,43	37,85	35,67	34,85	34,30	33,98	33,74	33,57	33,53	33,50	33,48	33,45	33,44	33,41	33,39	33,38	33,38
0,44	37,56	35,33	34,50	33,95	33,62	33,38	33,21	33,17	33,14	33,12	33,09	33,08	33,05	33,03	33,02	33,02
0,45	37,26	35,00	34,16	33,60	33,27	33,02	32,85	32,81	32,78	32,76	32,73	32,72	32,69	32,67	32,66	32,66
0,46	36,96	34,67	33,81	33,24	32,91	32,66	32,49	32,45	32,42	32,40	32,37	32,36	32,33	32,31	32,30	32,30
0,47	36,66	34,33	33,47	32,89	32,56	32,31	32,13	32,09	32,06	32,04	32,01	32,00	31,97	31,95	31,94	31,94
0,48	36,35	34,00	33,12	32,55	32,21	31,96	31,78	31,74	31,71	31,69	31,66	31,64	31,62	31,61	31,59	31,58
0,49	36,05	33,67	32,78	32,20	31,86	31,60	31,42	31,38	31,35	31,33	31,30	31,29	31,26	31,24	31,23	31,23
0,50	35,75	33,33	32,44	31,85	31,51	31,25	31,07	31,03	31,00	30,98	30,95	30,94	30,91	30,89	30,88	30,87
0,51	35,44	33,00	32,10	31,51	31,16	30,90	30,72	30,68	30,65	30,63	30,60	30,59	30,55	30,55	30,53	30,52
0,52	35,13	32,67	31,76	31,16	30,81	30,55	30,37	30,33	30,30	30,28	30,25	30,24	30,21	30,19	30,18	30,17
0,53	34,82	32,33	31,42	30,82	30,46	30,21	30,02	29,98	29,95	29,93	29,90	29,89	29,86	29,84	29,83	29,83
0,54	34,51	32,00	31,08	30,47	30,12	29,86	29,68	29,64	29,61	29,59	29,56	29,54	29,52	29,50	29,48	29,48
0,55	34,20	31,67	30,74	30,13	29,78	29,52	29,33	29,29	29,26	29,24	29,21	29,20	29,17	29,15	29,14	29,14
0,56	33,88	31,33	30,40	29,79	29,44	29,18	28,99	28,95	28,92	28,90	28,87	28,86	28,83	28,81	28,80	28,79
0,57	33,57	31,00	30,06	29,45	29,09	28,83	28,65	28,61	28,58	28,56	28,53	28,52	28,49	28,47	28,46	28,45
0,58	33,25	30,67	29,73	29,11	28,76	28,50	28,31	28,27	28,24	28,22	28,19	28,18	28,15	28,13	28,12	28,12
0,59	32,93	30,33	29,39	28,77	28,42	28,16	27,97	27,93	27,91	27,89	27,86	27,84	27,82	27,80	27,78	27,78
0,60	32,61	30,00	29,05	28,44	28,08	27,82	27,64	27,60	27,57	27,55	27,52	27,51	27,48	27,46	27,45	27,45
0,61	32,28	29,67	28,72	28,10	27,75	27,49	27,31	27,27	27,24	27,22	27,19	27,17	27,15	27,14	27,12	27,11
0,62	31,96	29,33	28,39	27,77	27,41	27,16	26,97	26,93	26,91	26,89	26,86	26,84	26,82	26,81	26,79	26,78
0,63	31,63	29,00	28,05	27,44	27,08	26,82	26,64	26,60	26,58	26,56	26,53	26,51	26,49	26,48	26,46	26,45
0,64	31,30	28,67	27,72	27,11	26,75	26,50	26,32	26,28	26,25	26,23	26,20	26,19	26,16	26,14	26,13	26,13
0,65	30,97	28,33	27,39	26,78	26,42	26,17	25,99	25,95	25,92	25,90	25,87	25,86	25,84	25,83	25,81	25,80
0,66	30,63	28,00	27,06	26,45	26,10	25,84	25,67	25,63	25,60	25,58	25,55	25,54	25,52	25,50	25,48	25,48
0,67	30,30	27,67	26,73	26,12	25,77	25,52	25,34	25,30	25,28	25,26	25,23	25,22	25,20	25,18	25,16	25,16
0,68	29,96	27,33	26,40	25,79	25,45	25,20	25,02	24,98	24,96	24,94	24,91	24,90	24,88	24,87	24,85	24,84
0,69	29,61	27,00	26,07	25,47	25,12	24,88	24,71	24,67	24,64	24,62	24,59	24,58	24,56	24,55	24,53	24,53
0,70	29,27	26,67	25,74	25,14	24,80	24,56	24,39	24,35	24,32	24,31	24,28	24,27	24,25	24,24	24,22	24,21
0,71	28,92	26,33	25,41	24,82	24,48	24,24	24,07	24,03	24,01	23,99	23,97	23,95	23,93	23,91	23,90	23,90
0,72	28,57	26,00	25,09	24,50	24,17	23,93	23,76	23,72	23,70	23,68	23,66	23,64	23,62	23,60	23,59	23,59
0,73	28,22	25,67	24,76	24,18	23,85	23,61	23,45	23,41	23,39	23,37	23,35	23,33	23,32	23,30	23,29	23,29
0,74	27,86	25,33	24,44	23,86	23,54	23,30	23,14	23,10	23,08	23,07	23,04	23,03	23,01	23,00	22,98	22,98
0,75	27,50	25,00	24,11	23,53	23,22	22,99	22,84	22,80	22,78	22,76	22,74	22,72	22,71	22,69	22,68	22,68
0,76	27,13	24,67	23,79	23,23	22,91	22,69	22,53	22,49	22,47	22,46	22,43	22,42	22,41	22,39	22,38	22,38
0,77	26,77	24,33	23,47	22,92	22,60	22,38	22,23	22,19	22,17	22,16	22,13	22,12	22,11	22,09	22,08	22,08
0,78	26,39	24,00	23,15	22,60	22,30	22,08	21,93	21,90	21,88	21,86	21,85	21,83	21,81	21,80	21,78	21,78
0,79	26,02	23,67	22,83	22,29	21,99	21,78	21,64	21,60	21,58	21,57	21,54	21,53	21,52	21,50	21,49	21,49
0,80	25,64	23,33	22,51	21,98	21,69	21,48	21,34	21,30	21,28	21,27	21,26	21,24	21,22	21,22	21,20	21,20

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
0,81	25,25	23,00	22,19	21,68	21,39	21,18	21,04	21,01	20,99	20,98	20,97	20,95	20,93	20,93	20,91	20,91
0,82	24,86	22,67	21,87	21,37	21,09	20,89	20,75	20,72	20,70	20,69	20,68	20,66	20,64	20,64	20,62	20,62
0,83	24,47	22,33	21,56	21,06	20,79	20,59	20,46	20,43	20,42	20,40	20,38	20,37	20,36	20,35	20,34	20,34
0,84	24,07	22,00	21,24	20,76	20,49	20,30	20,17	20,15	20,13	20,12	20,10	20,09	20,08	20,06	20,06	20,06
0,85	23,67	21,67	20,93	20,46	20,20	20,01	19,89	19,87	19,85	19,84	19,82	19,81	19,79	19,79	19,78	19,78
0,86	23,26	21,33	20,62	20,16	19,90	19,73	19,60	19,58	19,57	19,56	19,54	19,54	19,52	19,51	19,50	19,50
0,87	22,84	21,00	20,31	19,86	19,61	19,44	19,32	19,31	19,29	19,28	19,26	19,25	19,24	19,24	19,22	19,22
0,88	22,42	20,67	20,00	19,57	19,33	19,16	19,04	19,03	19,01	19,00	19,98	19,98	19,97	19,96	19,95	19,95
0,89	21,99	20,33	19,69	19,27	19,04	18,88	18,77	18,75	18,74	18,73	18,71	18,70	18,69	18,69	18,68	18,68
0,90	21,55	20,00	19,38	18,98	18,75	18,60	18,50	18,48	18,47	18,46	18,44	18,43	18,42	18,42	18,41	18,41
0,91	21,11	19,67	19,07	18,69	18,47	18,32	18,22	18,21	18,20	18,19	18,17	18,17	18,17	18,16	18,15	18,15
0,92	20,66	19,33	18,77	18,40	18,19	18,05	17,96	17,95	17,93	17,92	19,92	17,90	17,89	17,89	17,88	17,88
0,93	20,20	19,00	18,46	18,11	17,91	17,78	17,69	17,68	17,67	17,66	17,65	17,65	17,63	17,63	17,62	17,62
0,94	19,74	18,67	18,16	17,82	17,64	17,51	17,43	17,42	17,41	17,40	17,39	17,39	17,37	17,37	17,36	17,36
0,95	19,25	18,33	17,86	17,54	17,36	17,24	17,17	17,16	17,15	17,17	17,13	17,13	17,12	17,12	17,11	17,11
0,96	18,76	18,00	17,56	17,26	17,09	16,98	16,91	16,90	16,89	16,88	16,88	16,87	16,86	16,86	16,86	16,86
0,97	18,25	17,67	17,25	16,97	16,82	16,71	16,65	16,64	16,63	16,63	16,62	16,62	16,61	16,61	16,60	16,60
0,98	17,74	17,33	16,96	16,70	16,55	16,45	16,39	16,38	16,38	16,37	16,37	16,37	16,36	16,36	16,36	16,36
0,99	17,21	17,00	16,66	16,42	16,28	16,19	16,14	16,13	16,13	16,12	16,12	16,12	16,11	16,11	16,11	16,11
1,00	16,67	16,67	16,36	16,14	16,02	15,94	15,89	15,88	15,88	15,88	15,87	15,87	15,87	15,87	15,87	15,87
1,01	16,11	16,33	16,07	15,87	15,76	15,68	15,64	15,63	15,63	15,63	15,63	15,63	15,62	15,62	15,62	15,62
1,02	15,53	16,00	15,78	15,60	15,50	15,43	15,40	15,39	15,39	15,39	15,39	15,39	15,38	15,38	15,38	15,38
1,03	14,93	15,67	15,48	15,33	15,24	15,18	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15	15,15
1,04	14,31	15,33	15,19	15,06	14,98	14,94	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91	14,91
1,05	13,66	15,00	14,91	14,79	14,73	14,69	14,67	14,67	14,67	14,67	14,67	14,68	14,68	14,68	14,68	14,68
1,06	12,98	14,67	14,62	14,53	14,48	14,45	14,44	14,44	14,44	14,44	14,44	14,44	14,45	14,45	14,45	14,45
1,07	12,27	14,33	14,33	14,27	14,23	14,21	14,20	14,21	14,21	14,21	14,21	14,21	14,22	14,22	14,22	14,22
1,08	11,51	14,00	14,05	14,01	13,98	13,97	13,97	13,98	13,98	13,98	13,98	13,99	13,99	13,99	14,00	14,00
1,09	10,71	13,67	13,76	13,75	13,74	13,73	13,74	13,75	13,75	13,75	13,76	13,76	13,77	13,77	13,78	13,78
1,10	9,84	13,33	13,48	13,50	13,49	13,50	13,52	13,52	13,52	13,53	13,54	13,54	13,55	13,55	13,56	13,56
1,11	8,89	13,00	13,20	13,24	13,25	13,27	13,29	13,30	13,30	13,31	13,31	13,32	13,32	13,33	13,34	13,34
1,12	7,82	12,67	12,93	12,99	13,02	13,04	13,07	13,08	13,08	13,09	13,10	13,10	13,12	13,12	13,12	13,12
1,13	6,60	12,33	12,65	12,74	12,78	12,81	12,85	12,86	12,86	12,87	12,89	12,89	12,89	12,90	12,91	12,91
1,14	5,00	12,00	12,37	12,49	12,55	12,59	12,63	12,64	12,65	12,66	12,67	12,67	12,69	12,69	12,70	12,70
1,15	0,29	11,67	12,10	12,25	12,31	12,37	12,42	12,43	12,44	12,45	12,46	12,46	12,48	12,48	12,48	12,49
1,16	0,00	11,33	11,83	12,00	12,08	12,15	12,21	12,22	12,23	12,24	12,25	12,25	12,27	12,28	12,29	12,29
1,17	0,00	11,00	11,56	11,76	11,86	11,93	12,00	12,01	21,02	12,03	12,05	12,06	12,07	12,07	12,08	12,08
1,18	0,00	10,67	11,29	11,52	11,63	11,71	11,79	11,80	11,81	11,82	11,84	11,84	11,86	11,88	11,88	11,88
1,19	0,00	10,33	11,02	11,29	11,41	11,50	11,58	11,60	11,61	11,62	11,64	11,65	11,66	11,68	11,69	11,69
1,20	0,00	10,00	10,76	11,05	11,19	11,29	11,38	11,40	11,41	11,42	11,43	11,45	11,47	11,47	11,49	11,49
1,21	0,00	9,67	10,50	10,82	10,97	11,08	11,18	11,20	11,21	11,22	11,25	11,26	11,27	11,29	11,30	11,30
1,22	0,00	9,33	10,23	10,59	10,76	10,88	10,98	11,00	11,02	11,03	11,04	11,06	11,08	11,09	11,10	11,10
1,23	0,00	9,00	9,97	10,36	10,54	10,67	10,78	10,80	10,82	10,84	10,85	10,87	10,89	10,90	10,91	10,91
1,24	0,00	8,67	9,72	10,13	10,33	10,47	10,58	10,61	10,63	10,64	10,67	10,68	10,70	10,71	10,73	10,73
1,25	0,00	8,33	9,46	9,21	10,12	10,27	10,39	10,42	10,44	10,46	10,47	10,41	10,51	10,52	10,54	10,54
1,26	0,00	8,00	9,21	9,69	9,92	10,08	10,20	10,24	10,26	10,27	10,30	10,31	10,33	10,34	10,36	10,36
1,27	0,00	7,67	8,96	9,47	9,71	9,88	10,01	10,05	10,07	10,09	10,11	10,13	10,15	10,17	10,18	10,18
1,28	0,00	7,33	8,71	9,25	9,51	9,69	9,83	9,87	9,89	9,90	9,93	9,95	9,97	9,99	10,00	10,00
1,29	0,00	7,00	8,46	9,04	9,31	9,50	9,64	9,68	9,71	9,72	9,75	9,77	9,79	9,81	9,83	9,83
1,30	0,00	6,67	8,21	8,86	9,11	9,32	9,47	9,51	9,53	9,55	9,58	9,59	9,62	9,64	9,65	9,65
1,31	0,00	6,33	7,97	8,62	8,92	9,13	9,29	9,33	9,35	9,37	9,40	9,42	9,45	9,47	9,48	9,48
1,32	0,00	6,00	7,73	8,41	8,73	8,95	9,11	9,15	9,18	9,20	9,23	9,25	9,28	9,30	9,31	9,31
1,33	0,00	5,67	7,49	8,20	8,54	8,77	8,94	8,98	9,01	9,03	9,06	9,08	9,11	9,13	9,14	9,15
1,34	0,00	5,33	7,25	8,00	8,35	8,59	8,77	8,81	8,84	8,86	8,89	8,91	8,94	8,96	8,98	8,98

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1,35	0,00	5,00	7,02	7,80	8,16	8,41	8,60	8,64	8,67	8,69	8,73	8,75	8,78	8,80	8,82	8,82
1,36	0,00	4,67	6,79	7,60	7,98	8,24	8,43	8,48	8,51	8,53	8,56	8,59	8,62	8,64	8,66	8,66
1,37	0,00	4,33	6,56	7,40	7,80	8,07	8,27	8,31	8,34	8,37	8,40	8,43	8,46	8,48	8,50	8,50
1,38	0,00	4,00	6,33	7,21	7,62	7,90	8,11	8,15	8,18	8,21	8,25	8,26	8,30	8,32	8,34	8,35
1,39	0,00	3,67	6,10	7,02	7,45	7,73	7,95	7,99	8,02	8,05	8,09	8,11	8,14	8,17	8,19	8,19
1,40	0,00	3,33	5,88	6,83	7,27	7,57	7,79	7,84	7,88	7,90	7,93	7,96	8,00	8,02	8,03	8,04
1,41	0,00	3,00	5,66	6,65	7,10	7,41	7,63	7,68	7,71	7,74	7,78	8,81	7,85	7,87	7,88	7,89
1,42	0,00	2,67	5,44	6,46	6,93	7,25	7,48	7,53	7,56	7,59	7,63	7,66	7,70	7,72	7,74	7,74
1,43	0,00	2,33	5,23	6,28	6,76	7,09	7,33	7,36	7,41	7,44	7,49	7,51	7,54	7,57	7,59	7,60
1,44	0,00	2,00	5,01	6,10	6,60	6,93	7,18	7,24	7,28	7,30	7,34	7,37	7,41	7,43	7,45	7,46
1,45	0,00	1,67	4,81	5,93	6,44	6,78	7,03	7,00	7,13	7,15	7,20	7,23	7,27	7,29	7,30	7,32
1,46	0,00	1,33	4,60	5,75	6,28	6,63	6,89	6,95	6,99	7,01	7,06	7,09	7,13	7,15	7,17	7,18
1,47	0,00	1,00	4,39	5,58	6,12	6,48	6,74	6,80	6,85	6,87	6,92	6,95	6,99	7,01	7,03	7,04
1,48	0,00	0,67	4,19	5,41	5,96	6,34	6,60	6,66	6,71	6,73	6,78	6,81	6,85	6,87	6,89	6,90
1,49	0,00	0,33	3,99	5,24	5,81	6,19	6,47	6,53	6,57	6,60	6,64	6,67	6,72	6,74	6,76	6,77
1,50	0,00	0,00	3,80	5,08	5,66	6,05	6,33	6,39	6,43	6,46	6,51	6,54	6,58	6,61	6,63	6,64
1,51	0,00	0,00	3,61	4,92	5,51	5,91	6,19	6,25	6,30	6,33	6,38	6,41	6,45	6,48	6,50	6,51
1,52	0,00	0,00	3,42	4,76	5,37	5,77	6,06	6,12	6,17	6,20	6,25	6,28	6,32	6,35	6,37	6,38
1,53	0,00	0,00	3,23	4,60	5,22	5,64	5,93	5,99	6,04	6,07	6,12	6,15	6,20	6,22	6,25	6,26
1,54	0,00	0,00	3,05	4,45	5,08	5,50	5,80	5,86	5,91	5,95	6,00	6,03	6,07	6,10	6,12	6,14
1,55	0,00	0,00	2,87	4,30	4,94	5,37	5,68	5,74	5,79	5,82	5,87	5,90	5,95	5,98	6,00	6,01
1,56	0,00	0,00	2,69	4,15	4,81	5,24	5,55	5,62	5,67	5,70	5,75	5,78	5,83	5,86	5,88	5,89
1,57	0,00	0,00	2,52	4,01	4,67	5,11	5,43	5,50	5,55	5,58	5,63	5,66	5,71	5,74	5,77	5,79
1,58	0,00	0,00	2,35	3,86	4,54	4,99	5,31	5,38	5,43	5,46	5,52	5,55	5,59	5,62	5,65	5,66
1,59	0,00	0,00	2,19	3,72	4,41	4,86	5,19	5,26	5,31	5,34	5,40	5,43	5,48	5,51	5,53	5,55
1,60	0,00	0,00	2,03	3,58	4,28	4,74	5,08	5,14	5,19	5,23	5,29	5,32	5,36	5,39	5,42	5,43
1,61	0,00	0,00	1,87	3,45	4,16	4,62	4,96	5,03	5,08	5,12	5,17	5,20	5,25	5,28	5,31	5,32
1,62	0,00	0,00	1,72	3,31	4,03	4,51	4,85	4,92	4,97	5,01	5,06	5,09	5,14	5,17	5,20	5,22
1,63	0,00	0,00	1,57	3,18	3,91	4,39	4,74	4,81	4,86	4,90	4,96	4,99	5,04	5,07	5,10	5,12
1,64	0,00	0,00	1,42	3,06	3,79	4,28	4,63	4,70	4,75	4,79	4,85	4,88	4,93	4,96	4,99	5,00
1,65	0,00	0,00	1,28	2,92	3,58	4,17	4,52	4,59	4,61	4,68	4,74	4,77	4,83	4,86	4,89	4,91
1,66	0,00	0,00	1,15	2,81	3,56	4,06	4,41	4,49	4,54	4,58	4,64	4,67	4,72	4,75	4,79	4,81
1,67	0,00	0,00	1,02	2,69	3,45	3,95	4,31	4,39	4,44	4,48	4,54	4,57	4,62	4,65	4,69	4,71
1,68	0,00	0,00	0,89	2,57	3,34	3,85	4,21	4,29	4,34	4,38	4,44	4,47	4,53	4,56	4,59	4,61
1,69	0,00	0,00	0,77	2,46	3,23	3,74	4,10	4,19	4,24	4,28	4,34	4,37	4,43	4,46	4,49	4,51
1,70	0,00	0,00	0,66	2,35	3,13	3,64	4,00	4,09	4,14	4,18	4,24	4,28	4,33	4,36	4,40	4,42
1,71	0,00	0,00	0,55	2,24	3,02	3,54	3,92	3,99	4,05	4,09	4,15	4,18	4,24	4,27	4,30	4,31
1,72	0,00	0,00	0,45	2,13	2,92	3,45	3,82	3,90	3,95	3,99	4,06	4,09	4,15	4,18	4,21	4,23
1,73	0,00	0,00	0,36	2,03	2,82	3,35	3,73	3,81	3,86	3,90	3,96	4,00	4,06	4,09	4,12	4,14
1,74	0,00	0,00	0,27	1,93	2,73	3,26	3,63	3,72	3,77	3,81	3,87	3,91	3,97	4,00	4,03	4,05
1,75	0,00	0,00	0,19	1,83	2,63	3,16	3,54	3,63	3,68	3,72	3,79	3,82	3,88	3,91	3,94	3,96
1,76	0,00	0,00	0,12	1,73	2,54	3,07	3,45	3,54	3,59	3,63	3,70	3,74	3,79	3,82	3,86	3,88
1,77	0,00	0,00	0,06	1,64	2,45	2,99	3,37	3,45	3,51	3,55	3,61	3,65	3,71	3,74	3,77	3,79
1,78	0,00	0,00	0,02	1,55	2,36	2,90	3,28	3,37	3,43	3,47	3,53	3,57	3,62	3,65	3,69	3,71
1,79	0,00	0,00	0,00	1,46	2,27	2,81	3,20	3,28	3,34	3,38	3,45	3,49	3,54	3,57	3,61	3,63
1,80	0,00	0,00	0,00	1,38	2,19	2,73	3,11	3,20	3,26	3,30	3,37	3,41	3,46	3,49	3,53	3,55
1,81	0,00	0,00	0,00	1,29	2,10	2,65	3,03	3,12	3,18	3,22	3,29	3,33	3,38	3,41	3,45	3,47
1,82	0,00	0,00	0,00	1,21	2,02	2,57	2,96	3,05	3,11	3,15	3,21	3,25	3,31	3,34	3,37	3,39
1,83	0,00	0,00	0,00	1,14	1,94	2,49	2,88	2,97	3,03	3,07	3,13	3,17	3,23	3,26	3,30	3,32
1,84	0,00	0,00	0,00	1,06	1,87	2,42	2,80	2,89	2,95	2,99	3,06	3,10	3,16	3,19	3,22	3,24
1,85	0,00	0,00	0,00	0,99	1,79	2,34	2,73	2,82	2,88	2,92	2,99	3,03	3,08	3,11	3,15	3,17
1,86	0,00	0,00	0,00	0,92	1,72	2,27	2,66	2,75	2,81	2,85	2,91	2,95	3,01	3,04	3,08	3,10
1,87	0,00	0,00	0,00	0,86	1,65	2,20	2,59	2,68	2,74	2,78	2,84	2,88	2,94	2,97	3,01	3,03
1,88	0,00	0,00	0,00	0,79	1,58	2,13	2,52	2,61	2,67	2,71	2,77	2,81	2,87	2,90	2,94	2,96

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1,89	0,00	0,00	0,00	0,73	1,51	2,06	2,45	2,56	2,60	2,64	2,71	2,75	2,81	2,84	2,87	2,89
1,90	0,00	0,00	0,00	0,67	1,45	1,99	2,38	2,47	2,53	2,57	2,64	2,68	2,74	2,77	2,81	2,83
1,91	0,00	0,00	0,00	0,62	1,38	1,93	2,32	2,41	2,47	2,51	2,58	2,61	2,67	2,70	2,74	2,76
1,92	0,00	0,00	0,00	0,56	1,32	1,86	2,25	2,34	2,41	2,45	2,51	2,55	2,61	2,64	2,68	2,70
1,93	0,00	0,00	0,00	0,51	1,26	1,80	2,19	2,28	2,34	2,38	2,45	2,49	2,55	2,58	2,61	2,63
1,94	0,00	0,00	0,00	0,46	1,20	1,74	2,13	2,22	2,28	2,32	2,39	2,43	2,49	2,52	2,55	2,57
1,95	0,00	0,00	0,00	0,42	1,15	1,68	2,07	2,16	2,22	2,26	2,33	2,37	2,43	2,46	2,49	2,51
1,96	0,00	0,00	0,00	0,37	1,09	1,62	2,01	2,10	2,16	2,20	2,27	2,31	2,37	2,40	2,43	2,45
1,97	0,00	0,00	0,00	0,33	1,04	1,57	1,95	2,04	2,10	2,14	2,21	2,25	2,31	2,34	2,38	2,40
1,98	0,00	0,00	0,00	0,30	0,99	1,51	1,90	1,99	2,05	2,09	2,15	2,19	2,25	2,28	2,32	2,34
1,99	0,00	0,00	0,00	0,26	0,94	1,46	1,84	1,93	1,99	2,03	2,10	2,14	2,20	2,23	2,26	2,28
2,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,89	1,41	1,79	1,88	1,94	1,98	2,05	2,08	2,14	2,17	2,21	2,23
2,01	0,00	0,00	0,00	0,20	0,84	1,36	1,74	1,83	1,89	1,93	1,99	2,03	2,09	2,12	2,16	2,18
2,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,80	1,31	1,69	1,78	1,83	1,87	1,94	1,98	2,04	2,07	2,10	2,12
2,03	0,00	0,00	0,00	0,14	0,75	1,26	1,64	1,73	1,78	1,82	1,89	1,93	1,99	2,02	2,05	2,07
2,04	0,00	0,00	0,00	0,12	0,71	1,21	1,59	1,68	1,73	1,77	1,84	1,88	1,94	1,97	2,00	2,02
2,05	0,00	0,00	0,00	0,10	0,67	1,17	1,54	1,63	1,69	1,73	1,79	1,83	1,89	1,92	1,95	1,97
2,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,63	1,12	1,49	1,58	1,64	1,68	1,74	1,78	1,84	1,87	1,91	1,93
2,07	0,00	0,00	0,00	0,06	0,60	1,08	1,45	1,54	1,59	1,63	1,70	1,74	1,79	1,82	1,86	1,88
2,08	0,00	0,00	0,00	0,05	0,56	1,04	1,40	1,49	1,55	1,59	1,65	1,69	1,75	1,78	1,81	1,83
2,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,53	1,00	1,36	1,45	1,50	1,54	1,61	1,64	1,70	1,73	1,77	1,79
2,10	0,00	0,00	0,00	0,02	0,49	0,96	1,32	1,41	1,46	1,50	1,56	1,60	1,66	1,69	1,72	1,74
2,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,46	0,92	1,28	1,36	1,42	1,46	1,52	1,56	1,61	1,64	1,68	1,70
2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,88	1,24	1,32	1,38	1,42	1,48	1,52	1,57	1,60	1,64	1,66
2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,85	1,20	1,28	1,34	1,38	1,44	1,48	1,53	1,56	1,60	1,62
2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,81	1,16	1,25	1,30	1,34	1,40	1,44	1,49	1,52	1,56	1,58
2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,78	1,13	1,21	1,26	1,30	1,36	1,40	1,45	1,48	1,52	1,54
2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,75	1,09	1,17	1,22	1,26	1,32	1,36	1,41	1,44	1,48	1,50
2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,71	1,06	1,13	1,18	1,22	1,29	1,32	1,38	1,41	1,44	1,46
2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,68	1,02	1,10	1,15	1,19	1,25	1,28	1,34	1,37	1,40	1,41
2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,65	0,99	1,06	1,11	1,15	1,22	1,25	1,30	1,33	1,37	1,39
2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,236	0,625	0,954	1,030	1,083	1,122	1,178	1,214	1,267	1,299	1,330	1,346
2,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,217	0,597	0,922	0,997	1,050	1,089	1,144	1,180	1,233	1,265	1,295	1,311
2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,199	0,570	0,891	0,966	1,018	1,056	1,111	1,147	1,199	1,231	1,261	1,277
2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,182	0,544	0,861	0,935	0,986	1,025	1,079	1,115	1,167	1,197	1,228	1,244
2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,166	0,519	0,831	0,905	0,956	0,994	1,048	1,083	1,135	1,165	1,195	1,211
2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,150	0,495	0,802	0,875	0,926	0,964	1,018	1,052	1,104	1,134	1,163	1,179
2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,136	0,471	0,775	0,847	0,897	0,935	0,987	1,022	1,073	1,103	1,132	1,148
2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,123	0,449	0,748	0,819	0,869	0,906	0,958	0,993	1,043	1,073	1,103	1,118
2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,111	0,427	0,722	0,792	0,841	0,878	0,930	0,964	1,014	1,044	1,073	1,088
2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,099	0,406	0,697	0,766	0,814	0,851	0,902	0,936	0,986	1,015	1,044	1,059
2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,089	0,386	0,672	0,741	0,789	0,825	0,875	0,909	0,959	0,988	1,016	1,031
2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,079	0,367	0,648	0,716	0,763	0,799	0,849	0,882	0,931	0,960	0,988	1,003
2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,070	0,348	0,624	0,691	0,739	0,774	0,823	0,856	0,905	0,934	0,962	0,976
2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,061	0,330	0,601	0,668	0,715	0,750	0,798	0,831	0,879	0,908	0,935	0,959
2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,054	0,313	0,579	0,645	0,691	0,726	0,774	0,807	0,854	0,882	0,909	0,924
2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,047	0,296	0,553	0,623	0,669	0,703	0,750	0,782	0,829	0,857	0,884	0,899
2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,040	0,280	0,538	0,602	0,646	0,680	0,728	0,759	0,806	0,833	0,860	0,874
2,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,035	0,265	0,518	0,580	0,624	0,658	0,705	0,736	0,782	0,809	0,836	0,850
2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,029	0,250	0,498	0,560	0,604	0,637	0,683	0,714	0,759	0,787	0,813	0,827
2,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025	0,236	0,479	0,541	0,584	0,616	0,662	0,693	0,737	0,764	0,791	0,804
2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021	0,223	0,461	0,521	0,564	0,596	0,641	0,671	0,715	0,742	0,769	0,782
2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,017	0,210	0,443	0,503	0,545	0,577	0,621	0,651	0,695	0,721	0,747	0,760
2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,014	0,198	0,426	0,485	0,526	0,552	0,601	0,631	0,674	0,701	0,726	0,739

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,011	0,186	0,410	0,467	0,508	0,539	0,582	0,611	0,654	0,679	0,705	0,718
2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,009	0,175	0,393	0,450	0,491	0,521	0,564	0,593	0,635	0,660	0,685	0,698
2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,165	0,378	0,434	0,473	0,503	0,545	0,573	0,616	0,641	0,665	0,678
2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,154	0,362	0,417	0,456	0,486	0,528	0,556	0,597	0,622	0,646	0,659
2,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,145	0,348	0,403	0,441	0,470	0,511	0,538	0,579	0,604	0,627	0,640
2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,136	0,333	0,387	0,425	0,454	0,494	0,522	0,532	0,586	0,609	0,622
2,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,127	0,321	0,372	0,409	0,438	0,478	0,504	0,545	0,569	0,593	0,605
2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,118	0,307	0,353	0,395	0,423	0,463	0,489	0,528	0,552	0,575	0,587
2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,111	0,294	0,345	0,381	0,409	0,447	0,473	0,512	0,536	0,558	0,570
2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,103	0,282	0,331	0,367	0,394	0,432	0,458	0,497	0,519	0,542	0,553
2,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,096	0,270	0,319	0,354	0,381	0,418	0,444	0,481	0,503	0,526	0,537
2,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,089	0,258	0,306	0,340	0,367	0,404	0,428	0,466	0,488	0,510	0,522
2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,083	0,247	0,294	0,328	0,354	0,390	0,415	0,451	0,473	0,495	0,506
2,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,077	0,237	0,283	0,316	0,341	0,377	0,401	0,437	0,459	0,480	0,491
2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,071	0,227	0,272	0,304	0,328	0,364	0,388	0,424	0,445	0,466	0,477
2,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,066	0,217	0,261	0,292	0,317	0,352	0,376	0,411	0,432	0,452	0,463
2,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,061	0,207	0,251	0,282	0,305	0,340	0,363	0,397	0,418	0,439	0,445
2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,056	0,198	0,240	0,271	0,294	0,328	0,351	0,385	0,406	0,426	0,436
2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,052	0,189	0,231	0,260	0,283	0,317	0,339	0,372	0,393	0,413	0,423
2,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,048	0,181	0,224	0,250	0,273	0,306	0,327	0,360	0,381	0,400	0,410
2,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,044	0,173	0,212	0,241	0,263	0,295	0,316	0,349	0,368	0,388	0,398
2,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,040	0,164	0,203	0,232	0,253	0,285	0,306	0,338	0,357	0,376	0,386
2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,037	0,157	0,195	0,223	0,244	0,274	0,295	0,327	0,346	0,365	0,375
2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,034	0,149	0,186	0,213	0,234	0,265	0,285	0,316	0,335	0,353	0,363
2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,031	0,143	0,179	0,205	0,225	0,255	0,275	0,305	0,324	0,342	0,352
2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,028	0,136	0,171	0,197	0,217	0,246	0,266	0,296	0,314	0,332	0,342
2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025	0,129	0,164	0,190	0,209	0,238	0,257	0,286	0,304	0,321	0,331
2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,023	0,123	0,156	0,182	0,201	0,228	0,248	0,277	0,295	0,311	0,321
2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,021	0,117	0,150	0,174	0,193	0,220	0,239	0,267	0,285	0,302	0,311
2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,019	0,111	0,145	0,167	0,185	0,212	0,231	0,259	0,275	0,292	0,301
2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,017	0,106	0,137	0,160	0,178	0,205	0,222	0,250	0,266	0,283	0,292
2,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,015	0,101	0,131	0,153	0,171	0,197	0,215	0,241	0,258	0,274	0,282
2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,014	0,096	0,125	0,147	0,164	0,189	0,207	0,233	0,248	0,266	0,274
2,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,012	0,091	0,120	0,141	0,158	0,182	0,200	0,225	0,241	0,257	0,265
2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,011	0,086	0,114	0,135	0,152	0,175	0,192	0,217	0,232	0,249	0,257
2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,010	0,081	0,109	0,130	0,146	0,169	0,185	0,210	0,226	0,241	0,249
2,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008	0,077	0,103	0,124	0,140	0,163	0,179	0,202	0,218	0,233	0,241
2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,074	0,099	0,118	0,134	0,156	0,172	0,196	0,210	0,225	0,233
2,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,070	0,094	0,113	0,129	0,150	0,165	0,189	0,204	0,218	0,226
2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,066	0,090	0,109	0,123	0,144	0,159	0,183	0,194	0,211	0,210
2,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,062	0,085	0,103	0,118	0,139	0,154	0,176	0,190	0,204	0,212
2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,059	0,082	0,099	0,113	0,134	0,148	0,170	0,184	0,197	0,205
2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,055	0,078	0,095	0,109	0,128	0,143	0,164	0,178	0,191	0,198
2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,053	0,074	0,091	0,104	0,124	0,137	0,159	0,172	0,185	0,192
2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,050	0,070	0,087	0,100	0,119	0,132	0,152	0,166	0,179	0,185
2,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,047	0,067	0,082	0,095	0,114	0,127	0,147	0,160	0,173	0,179
2,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,044	0,064	0,079	0,091	0,109	0,122	0,142	0,155	0,167	0,173
2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,042	0,061	0,075	0,088	0,105	0,117	0,138	0,149	0,161	0,168
2,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,039	0,057	0,072	0,084	0,101	0,112	0,132	0,145	0,156	0,162
2,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,037	0,055	0,069	0,080	0,097	0,107	0,127	0,140	0,151	0,157
2,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,035	0,052	0,066	0,077	0,093	0,104	0,123	0,134	0,146	0,151
2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,033	0,049	0,062	0,073	0,089	0,100	0,118	0,129	0,141	0,146
2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,031	0,047	0,059	0,070	0,086	0,096	0,114	0,125	0,136	0,142
2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,029	0,044	0,056	0,067	0,082	0,092	0,110	0,121	0,132	0,137

**TABLA C-5 MIL-STD 414. FRACCION DEFECTUOSA DEL LOTE.
METODO DEL RECORRIDO (Continuación)**

Qi Qs	TAMAÑO DE LA MUESTRA															
	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,027	0,042	0,054	0,064	0,079	0,088	0,105	0,116	0,127	0,132
2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025	0,039	0,051	0,061	0,075	0,085	0,101	0,112	0,123	0,128
2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,024	0,038	0,049	0,058	0,072	0,082	0,098	0,108	0,119	0,124
3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,022	0,036	0,047	0,056	0,069	0,078	0,094	0,105	0,115	0,120
3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,022	0,034	0,044	0,053	0,066	0,075	0,091	0,101	0,111	0,116
3,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,020	0,032	0,042	0,05	0,063	0,072	0,087	0,097	0,107	0,112
3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,019	0,030	0,040	0,048	0,061	0,069	0,084	0,094	0,103	0,108
3,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,017	0,028	0,038	0,045	0,058	0,066	0,081	0,090	0,099	0,104
3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,016	0,027	0,036	0,043	0,056	0,064	0,078	0,086	0,096	0,101
3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,015	0,025	0,034	0,041	0,053	0,061	0,075	0,083	0,920	0,097
3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,014	0,024	0,032	0,039	0,051	0,059	0,072	0,080	0,089	0,094
3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,013	0,022	0,030	0,037	0,049	0,056	0,069	0,077	0,086	0,091
3,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,012	0,021	0,029	0,036	0,046	0,054	0,067	0,075	0,083	0,088
3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,011	0,020	0,027	0,034	0,044	0,051	0,064	0,072	0,080	0,085
3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,011	0,019	0,026	0,032	0,042	0,050	0,061	0,069	0,077	0,082
3,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,010	0,018	0,025	0,031	0,041	0,048	0,060	0,067	0,074	0,079
3,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,010	0,017	0,024	0,029	0,039	0,046	0,057	0,064	0,072	0,075
3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,009	0,015	0,023	0,028	0,037	0,044	0,055	0,062	0,069	0,073
3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008	0,014	0,021	0,026	0,036	0,042	0,053	0,060	0,067	0,070
3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008	0,014	0,020	0,025	0,034	0,040	0,051	0,057	0,064	0,067
3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007	0,013	0,019	0,024	0,033	0,038	0,049	0,056	0,062	0,065
3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,012	0,017	0,022	0,031	0,036	0,046	0,053	0,060	0,063
3,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,006	0,012	0,017	0,021	0,030	0,034	0,044	0,052	0,057	0,060
3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,011	0,016	0,020	0,028	0,033	0,043	0,049	0,055	0,058
3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,010	0,015	0,019	0,027	0,032	0,041	0,047	0,053	0,056
3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,009	0,014	0,018	0,025	0,031	0,040	0,045	0,051	0,054
3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,009	0,013	0,017	0,024	0,029	0,037	0,043	0,049	0,052
3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,009	0,013	0,016	0,023	0,028	0,037	0,042	0,047	0,050
3,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,008	0,012	0,015	0,022	0,027	0,035	0,040	0,046	0,049
3,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,007	0,011	0,015	0,021	0,025	0,033	0,039	0,044	0,047
3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,007	0,011	0,014	0,021	0,024	0,032	0,037	0,042	0,045
3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,006	0,010	0,013	0,019	0,023	0,031	0,036	0,040	0,043
3,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,006	0,009	0,012	0,018	0,023	0,029	0,034	0,039	0,042
3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,005	0,009	0,012	0,017	0,021	0,028	0,033	0,037	0,040
3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,005	0,008	0,011	0,017	0,021	0,027	0,032	0,036	0,039
3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,007	0,010	0,016	0,020	0,026	0,030	0,034	0,037
3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,007	0,010	0,015	0,019	0,025	0,029	0,033	0,036
3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,007	0,009	0,014	0,018	0,024	0,028	0,032	0,035
3,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,006	0,009	0,014	0,017	0,023	0,027	0,031	0,033
3,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,006	0,008	0,013	0,016	0,022	0,026	0,030	0,032
3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,004	0,006	0,008	0,012	0,015	0,021	0,024	0,028	0,031
3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,007	0,012	0,014	0,019	0,024	0,027	0,030
3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,007	0,011	0,014	0,019	0,022	0,027	0,029
3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,003	0,005	0,007	0,010	0,013	0,018	0,021	0,026	0,028
3,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,006	0,010	0,012	0,018	0,021	0,025	0,027
3,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,006	0,009	0,012	0,017	0,020	0,024	0,026
3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,005	0,009	0,011	0,016	0,019	0,023	0,025
3,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,005	0,008	0,011	0,015	0,018	0,022	0,024
3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,004	0,005	0,008	0,011	0,014	0,017	0,021	0,023
3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,003	0,005	0,008	0,010	0,014	0,017	0,020	0,022
3,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,007	0,010	0,014	0,016	0,019	0,021
3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,007	0,009	0,013	0,015	0,018	0,020
3,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,001	0,003	0,004	0,006	0,009	0,012	0,015	0,018	0,020
3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,001	0,002	0,003	0,006	0,008	0,012	0,014	0,017	0,019

3. PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL ESTANDAR MIL-STD-414. VARIABILIDAD DESCONOCIDA

3.1. Variabilidad desconocida. Método de la desviación. Forma M. Un límite de especificación

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A - 1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y el valor M , en la tabla B-3; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, según el caso LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y s .
- Calcular

{	Para LS $\rightarrow Q_S = (LS - \bar{X}) / s$
}	Para LI $\rightarrow Q_I = (\bar{X} - LI) / s$
- Hallar

{	Fracción defectuosa del lote, para LS $\rightarrow p_S \%$ (Tabla B-5, con n y Q_S)
}	Fracción defectuosa del lote, para LI $\rightarrow p_I \%$ (Tabla B-5, con n y Q_I)
- Criterio

{	Para LS \rightarrow Aceptar el lote si: $p_S \% \leq M$
}	Para LI \rightarrow Aceptar el lote si: $p_I \% \leq M$

EJEMPLO 1: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma M y límite superior de especificación.

- Tamaño del lote = 200; \rightarrow Letra clave H
- AQL = 1%
- En tabla B-3, con AQL = 1% y letra H, se hallan: $n = 20$ y $M = 2.95$
- Si: LS = 28
- Se extrae un muestra de $n = 20$ y se calculan \bar{X} y s .
Si $\bar{X} = 23$ y $s = 1.4$.
- Se calcula $Q_S = (28 - 23) / 1.4 = 3.57$
- En tabla B-5, con $n = 20$ y $Q_S = 3.57$: se halla $p_S \% = 0$.
- Se Acepta el lote puesto que $p_S \%$ es menor que M

EJEMPLO 2: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma M y límite inferior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 1.5%
- En tabla B-3, con AQL = 1.5% y letra J, se hallan: $n = 30$ y $M = 3.91$
- Si $LI = 19$
- Se extrae una muestra de $n = 30$ y se calculan: \bar{X} y s .
Si $\bar{X} = 21$ y $s = 2.8$.
- Se calcula $Q_i = (21 - 19) / 2.8 = 0.714$
- En tabla B-5, con $n = 30$ y $Q_i = 0.714$: se halla $p_i \% = 23.99$
- Se Rechaza el lote puesto que $p_i \%$ no es menor que M

3.2. Variabilidad desconocida. Método de la desviación. Forma M. Dos límites de especificación e igual AQL

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y el valor M , en la tabla B-3; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar los límites de especificación, LS y LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y s .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} Q_s = (LS - \bar{X}) / s \\ Q_i = (\bar{X} - LI) / s \end{array} \right.$

- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_s \% \\ \text{(Tabla B-5, con } n \text{ y } Q_s) \\ \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_i \% \\ \text{(Tabla B-5, con } n \text{ y } Q_i) \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aceptar el lote si: } p_s \% + p_i \% \leq M \end{array} \right.$

EJEMPLO 3: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma M, dos límites de especificación e igual AQL.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 2.5%
- En tabla B-3, con AQL = 2.5% y letra J, se hallan: $n = 30$ y $M = 5.86$
- Si $LS = 30$ y $LI = 19$
- Se extrae una muestra de $n = 30$ y se calculan \bar{X} y s . Si $\bar{X} = 21$ y $s = 3.1$.
- Se calculan: $Q_S = (30 - 21) / 3.1 = 2.9032$ y $Q_I = (21 - 17) / 3.1 = 1.2903$
- En tabla B-5, con $n = 30$, $Q_S = 2.90$ y $Q_I = 1.29$ se hallan: $p_S \% = 0.087$ y $p_I \% = 9.720$
- Se Rechaza el lote puesto que $p_S \% + p_I \%$ no es menor que M

3.3. Variabilidad desconocida. Método de la desviación. Forma M. Dos límites de especificación y diferente AQL

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y los valores M_S y M_I , en la tabla B-3; entrando con la letra clave y los AQL_S y AQL_I
- Fijar los límites de especificación, LS y LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y s .

• Calcular $\left\{ \begin{array}{l} Q_S = (LS - \bar{X}) / s \\ Q_I = (\bar{X} - LI) / s \end{array} \right.$

• Hallar $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_S \% \\ \text{(Tabla B-5, con } n \text{ y } Q_S) \\ \\ \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_I \% \\ \text{(Tabla B-5, con } n \text{ y } Q_I) \end{array} \right.$

• Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aceptar el lote si: } p_S \% + p_I \% < \text{Máximo } (M_S; M_I) \\ p_S \% < M_S \\ p_I \% < M_I \end{array} \right.$

EJEMPLO 4: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma M, dos límites de especificación y diferente AQL

- Tamaño del lote = 500; → Letra clave I
- $AQL_S = 1.0\%$; $AQL_I = 1.5\%$
- En tabla B-3, con: $AQL_S = 1.0\%$; $AQL_I = 1.5\%$ y letra I, se hallan: $n = 25$ y $M_1 = 2.86$; $M_2 = 3.97$
- Si: $LS = 30$ y $LI = 17$
- Se extrae un muestra de $n = 30$ y se calculan: \bar{X} y s .
Si $\bar{X} = 22$ y $s = 2.5$.
- Se calculan: $Q_S = (30 - 22) / 2.5 = 3.2$ y $Q_I = (22 - 17) / 2.5 = 2.0$
- En tabla B-5, con $n = 25$, $Q_S = 3.2$ y $Q_I = 2.0$ se hallan: $p_S \% = 0.014$ y $p_I \% = 1.91$
- Se Acepta el lote puesto que se cumplen las tres condiciones.

3.4. Variabilidad desconocida. Método de la desviación. Forma K. Un límite de especificación

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y el valor k , en la tabla B-1 o B-2; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y s .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / s \\ \text{Para límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / s \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / s \geq k \\ \text{Límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / s \geq k \end{array} \right.$ Aceptar el lote si:

EJEMPLO 5: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma K y límite superior de especificación.

- Tamaño del lote = 200; → Letra clave H
- AQL = 1%
- En tabla B-1, con AQL = 1% y letra H, se hallan: $n = 20$ y $k = 1.82$
- Si: $LS = 28$
- Se extrae un muestra de $n = 20$ y se calculan: \bar{X} y s .
Si $\bar{X} = 21$ y $s = 2$
- Se calcula $(LS - \bar{X}) / s = (28 - 21) / 2 = 3.5$
- Se Acepta el lote puesto que $(LS - \bar{X}) / s \geq k$

EJEMPLO 6: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, método de la desviación, forma K y límite inferior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 1.5%
- En tabla B-1, con AQL = 1% y letra j, se hallan: $n = 30$ y $k = 1.73$
- Si: $LI = 19$
- Se extrae un muestra de $n = 30$ y se calculan: \bar{X} y s .
Si $\bar{X} = 21$ y $s = 2.8$
- Se calcula $(\bar{X} - LI) / s = (21 - 19) / 2.8 = 0.7142$
- Se Rechaza el lote puesto que $(\bar{X} - LI) / s$ no es mayor que k

3.5. Variabilidad desconocida. Método del recorrido. Forma M. Un límite de especificación

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y los valores M y c , en la tabla C-3 o C-4; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, según el caso LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y \bar{R} .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para LS} \rightarrow Q_S = (LS - \bar{X}) / (\bar{R} / c) \\ \text{Para LI} \rightarrow Q_I = (\bar{X} - LI) / (\bar{R} / c) \end{array} \right.$

- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fracción defectuosa del lote, para LS} \rightarrow p_S \% \\ \text{(Tabla C-5, con } n \text{ y } Q_S) \\ \text{Fracción defectuosa del lote, para LI} \rightarrow p_I \% \\ \text{(Tabla C-5, con } n \text{ y } Q_I) \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para LS} \rightarrow \text{Aceptar el lote si: } p_S \% \leq M \\ \text{Para LI} \rightarrow \text{Aceptar el lote si: } p_I \% \leq M \end{array} \right.$

EJEMPLO 7: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, Método del recorrido, Forma M y límite superior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; \rightarrow Letra clave J
- AQL = 1%
- En tabla C-3, con AQL = 1% y letra J, se hallan: $n = 35$; $M = 2.82$ y $c = 2.349$.
- Si: $LS = 28$
- Se extrae una muestra de $n = 35$ y se calculan: \bar{X} y \bar{R} .
Si $\bar{X} = 22$ y $\bar{R} = 4.5$
- Se calcula $Q_S = (28 - 22) / (4.5 / 2.349) = 3.13$
- En tabla C-5 con $n = 35$ y $Q_S = 3.13$, se halla $p_S \% = 0.024$
- Se Acepta el lote puesto que $p_S \%$ es menor que M

EJEMPLO 8: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, Método del recorrido, Forma M y límite inferior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 1%
- En tabla C-3, con AQL = 1% y letra J, se hallan: $n = 35$; $M = 2.82$ y $c = 2.349$.
- Si: $LI = 18$
- Se extrae un muestra de $n = 35$ y se calculan: \bar{X} y \bar{R} .
Si $\bar{X} = 22$ y $\bar{R} = 4.8$
- Se calcula $Q_I = (22 - 18) / (4.8 / 2.349) = 1.957$
- En tabla C-5 con $n = 35$ y $Q_I = 1.957$, se halla $p_I \% = 2.22$
- Se Acepta el lote puesto que $p_I \%$ es menor que M

3.6. Variabilidad desconocida. Método del recorrido. Forma M. Dos límites de especificación e igual AQL

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y los valores M y c , en la tabla C-3 o C-4; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar los límites de especificación, LS y LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y \bar{R} .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} Q_S = (LS - \bar{X}) / (\bar{R} / c) \\ Q_I = (\bar{X} - LI) / (\bar{R} / c) \end{array} \right.$

- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_S \% \text{ (Tabla C-5, con } n \text{ y } Q_S) \\ \text{Fracción defectuosa del lote} \rightarrow p_I \% \text{ (Tabla C-5, con } n \text{ y } Q_I) \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aceptar el lote si: } p_S \% + p_I \% \leq M \end{array} \right.$

EJEMPLO 9: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, Método del recorrido, Forma M y dos límites de especificación con igual AQL.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 1.5%
- En tabla C-3, con AQL = 1.5% y letra J, se hallan: $n = 35$; $M = 3.9$ y $c = 2.349$
- Si: $LS = 27$ y $LI = 18$
- Se extrae un muestra de $n = 35$ y se calculan: \bar{X} y \bar{R} . Si $\bar{X} = 22$ y $\bar{R} = 4.8$.
- Se calculan: $Q_S = (27 - 22) / (4.8/2.349) = 2.45$ y $Q_I = (22 - 18) / (4.8/2.349) = 1.96$
- En tabla C-5, con $n = 35$, $Q_S = 2.45$ y $Q_I = 1.96$ se hallan: $p_S \% = 0.473$ y $p_I \% = 2.22$
- Se Acepta el lote puesto que $p_S \% + p_I \%$ es menor que M

3.7. Variabilidad desconocida. Método del recorrido. Forma K. Un límite de especificación

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y el valor k , en la tabla C-1 o C-2; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} y \bar{R} .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / \bar{R} \\ \text{Para límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / \bar{R} \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / \bar{R} \geq k \\ \text{Límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / \bar{R} \geq k \end{array} \right.$ Aceptar el lote si:

EJEMPLO 10: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, Método del recorrido, Forma K y límite superior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 1%
- En tabla C-1, con AQL = 1% y letra j, se hallan: $n = 35$ y $k = 0.791$
- Si: $LS = 27$
- Se extrae un muestra de $n = 35$ y se calculan: \bar{X} y \bar{R} .
Si $\bar{X} = 23$ y $\bar{R} = 4.8$
- Se calcula: $(LS - \bar{X}) / \bar{R} = (27 - 23) / 4.8 = 0.833$
- Se Acepta el lote puesto que $(LS - \bar{X}) / \bar{R} \geq k$

EJEMPLO 11: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad desconocida, Método del recorrido, Forma K y límite inferior de especificación.

- Tamaño del lote = 600; → Letra clave J
- AQL = 0.25%
- En tabla C-1, con AQL = 0.25% y letra J, se hallan: $n = 35$ y $k = 0.964$
- Si: $LI = 18$
- Se extrae un muestra de $n = 35$ y se calculan: \bar{X} y \bar{R} .
Si $\bar{X} = 22$ y $\bar{R} = 4.8$
- Se calcula: $(\bar{X} - LI) / \bar{R} = (22 - 18) / 4.8 = 0.83$
- Se Rechaza el lote puesto que $(\bar{X} - LI) / \bar{R}$ no es mayor que k .

4. PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL ESTANDAR MIL-STD-414. VARIABILIDAD CONOCIDA

4.1. Variabilidad conocida. Método de la desviación. Forma M. Un límite de especificación

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n , el valor M , y v , en la tabla D-3; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, según el caso LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X}

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para LS} \rightarrow Q_S = (LS - \bar{X}) v / \sigma' \\ \text{Para LI} \rightarrow Q_I = (\bar{X} - LI) v / \sigma' \end{array} \right.$
- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} p\% \text{ del lote, para LS} \rightarrow p_S \% \text{ (Tabla normal } P(Z \geq Q_S)) \\ P\% \text{ del lote, para LI} \rightarrow p_I \% \text{ (Tabla normal } P(Z \leq -Q_I)) \end{array} \right.$
- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para LS} \rightarrow \text{Aceptar el lote si: } p_S \% \leq M \\ \text{Para LI} \rightarrow \text{Aceptar el lote si: } p_I \% \leq M \end{array} \right.$

EJEMPLO 12: Determine un plan de muestreo para variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma M y límite superior de especificación.

- Letra clave: K. AQL = 0.4% $\sigma' = 3.8$ LS = 37
- En tabla D-3 con Letra clave: K. y AQL = 0.4%, se hallan: $n = 10$; $M = 1.14$; $v = 1.054$
- Se calcula la media de una muestra $n = 10$, $\bar{X} = 31.2$
- Se calcula $Q_S = ((37 - 31.2) \times 1.054) / 3.8 = 1.61$
- $p_S \% = P(Z \geq Q_S) = 1 - P(Z \leq Q_S) = 1 - P(Z \leq 1.61) = 5.37\%$
- Se rechaza el lote puesto que $p_S \%$ no es menor o igual que M.

EJEMPLO 13: Determine un plan de muestreo para variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma M y límite inferior de especificación.

- Letra clave: K. AQL = 0.4% $\sigma' = 3.8$ LI = 24
- En tabla D-3 con Letra clave: K. y AQL = 0.4%, se hallan: $n = 10$; $M = 1.14$; $v = 1.054$
- Se calcula la media de una muestra $n = 10$, $\bar{X} = 31.9$
- Se calcula $Q_I = ((31.9 - 24) \times 1.054) / 3.8 = 2.19$
- $p_I \% = P(Z \leq -Q_I) = P(Z \leq -2.19) = 1.43\%$
- Se acepta el lote puesto que $p_I \%$ es menor que M.

4.2. Variabilidad conocida. Método de la desviación. Forma M. Dos límites de especificación e igual AQL

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y los valores M y v , en la tabla D-3; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar los límites de especificación, LS y LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} .
- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} Q_S = (LS - \bar{X}) v / \sigma' \\ Q_I = (\bar{X} - LI) v / \sigma' \end{array} \right.$
- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} p\% \text{ del lote} \rightarrow p_S \% \text{ (Tabla normal: } P(Z \geq Q_S) \text{)} \\ p\% \text{ del lote} \rightarrow p_I \% \text{ (Tabla normal: } P(Z \leq -Q_I) \text{)} \end{array} \right.$
- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aceptar el lote si: } p_S \% + p_I \% \leq M \end{array} \right.$

EJEMPLO 14: Determine un plan de muestreo para variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma M y dos límites de especificación con igual AQL.

- Letra clave: H. AQL = 1.5% $\sigma' = 3.8$ LS = 36 LI = 25
- En tabla D-3 con Letra clave: H. y AQL = 1.5%, se hallan: $n = 8$; $M = 3.68$; $v = 1.069$
- Se calcula la media de una muestra $n = 8$, $\bar{X} = 31.3$
- Se calculan: $Q_S = ((36 - 31.3) \times 1.069) / 3.8 = 1.32$ y $Q_I = ((31.3 - 25) \times 1.069) / 3.8 = 1.77$
- $p_S \% = P(Z \geq Q_S) = 1 - P(Z \leq Q_S) = 1 - P(Z \leq 1.32) = 9.34\%$
- $p_I \% = P(Z \leq -Q_I) = P(Z \leq -1.77) = 3.84\%$
- Se rechaza el lote puesto que $p_S \% + p_I \%$ no es menor que M

4.3. Variabilidad conocida. Método de la desviación. Forma M. Dos límites de especificación y diferente AQL

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Entrando con la letra clave y los AQL_S y AQL_I , hallar el tamaño de la muestra n (en este caso, se toma el mayor de los n); los valores M_S , M_I y el valor v , correspondiente al mayor de los n , en la tabla D-3;
- Fijar los límites de especificación, LS y LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} .
- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} Q_S = (LS - \bar{X}) v / \sigma' \\ Q_I = (\bar{X} - LI) v / \sigma' \end{array} \right.$
- Hallar $\left\{ \begin{array}{l} p\% \text{ del lote} \rightarrow p_S \% \text{ (Tabla normal: } P(Z \geq Q_S) \text{)} \\ p\% \text{ del lote} \rightarrow p_I \% \text{ (Tabla normal: } P(Z \leq -Q_I) \text{)} \end{array} \right.$
- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Aceptar el lote si: } p_S \% \leq M_S \\ p_I \% \leq M_I \\ p_S \% + p_I \% \leq \text{Máximo (} M_S \text{ y } M_I \text{)} \end{array} \right.$

EJEMPLO 15: Determine un plan de muestreo para variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma M y dos límites de especificación con diferente AQL.

- Letra clave: M. $AQL_S = 1.5\%$ $AQL_I = 2.5\%$ $\sigma' = 3.8$
LS = 38 LI = 22
- En tabla D-3 con Letra clave: H. y los AQL, se hallan: $n = 19$ y $n = 22$, por lo tanto se toma $n = 22$; $M_S = 3.28$; $M_I = 4.98$ y $v = 1.024$
- Se calcula la media de una muestra $n = 22$, $\bar{X} = 29.9$
- Se calculan: $Q_S = ((38 - 29.9) \times 1.024) / 3.8 = 2.18$ y $Q_I = ((29.9 - 22) \times 1.024) / 3.8 = 2.12$
- $p_S \% = P(Z \geq Q_S) = 1 - P(Z \leq Q_S) = 1 - P(Z \leq 2.18) = 1.46\%$
- $p_I \% = P(Z \leq -Q_I) = P(Z \leq -2.12) = 1.70\%$
- Se acepta el lote puesto que se cumplen las tres condiciones

**4.4. Variabilidad conocida. Método de la desviación. Forma K.
Un límite de especificación**

- Con el tamaño del lote hallar la letra clave en tabla A-1.
- Hallar el tamaño de la muestra n y el valor k , en la tabla D-1 o D-2; entrando con la letra clave y el AQL.
- Fijar el límite de especificación, LS o LI
- Tomar una muestra de tamaño n y calcular \bar{X} .

- Calcular $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / \sigma' \\ \text{Para límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / \sigma' \end{array} \right.$

- Criterio $\left\{ \begin{array}{l} \text{Límite superior} \rightarrow (LS - \bar{X}) / \sigma' \geq k \\ \text{Límite inferior} \rightarrow (\bar{X} - LI) / \sigma' \geq k \end{array} \right.$ Aceptar el lote si:

EJEMPLO 16: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma k y límite superior de especificación.

- Letra clave P
- AQL = 2.5%
- En tabla D-1, con AQL = 2.5% y letra P, se hallan: $n = 61$ y $k = 1.69$
- Si: LS = 39
- Se extrae un muestra de $n = 61$ y se calcula \bar{X} . Si $\bar{X} = 30.8$
- Se calcula $(LS - \bar{X}) / \sigma' = (39 - 30.8) / 3.8 = 2.15$
- Se Acepta el lote puesto que $(LS - \bar{X}) / \sigma' \geq k$

EJEMPLO 17: Determine un plan de muestreo por variables. Variabilidad conocida, Método de la desviación, Forma k y límite inferior de especificación.

- Letra clave P
- AQL = 1.0%
- En tabla D-1, con AQL = 1.0% y letra P, se hallan: $n = 49$ y $k = 2.03$
- Si: $LI = 28$
- Se extrae un muestra de $n = 49$ y se calcula \bar{x} . Si $\bar{x} = 31.2$
- Se calcula $(\bar{x} - LI) / \sigma' = (31.2 - 28) / 3.8 = 0.84$
- Se rechaza el lote puesto que $(LS - \bar{x}) / \sigma'$ no es mayor o igual que k

5. TALLER:

1. Se desea controlar el contenido porcentual de grasa de una variedad de queso, producido en un proceso con variabilidad desconocida. Halle planes de aceptación MIL – STD 414 con inspección normal y usando el método de la desviación, para el producto, y determine si se aceptan o rechazan los lotes, en los siguientes casos:

- Tamaño lote: 40; $LS = 9.8\%$; $AQL = 1\%$; $\bar{x} = 9.1\%$; $s = 0.5\%$
- Tamaño lote: 100; $LS = 9.8\%$; $AQL = 1\%$; $\bar{x} = 9.3\%$; $s = 0.52\%$
- Tamaño lote: 400; $LS = 9.8\%$; $AQL = 2.5\%$; $\bar{x} = 9.5\%$; $s = 0.48\%$
- Tamaño lote: 40; $LI = 8.5\%$; $AQL = 1\%$; $\bar{x} = 9.1\%$; $s = 0.5\%$
- Tamaño lote: 400; $LI = 8.5\%$; $AQL = 2.5\%$; $\bar{x} = 9.5\%$; $s = 0.4\%$

2. En relación con el problema 1. Halle planes de aceptación MIL – STD 414 con inspección normal y usando el método del recorrido, para el producto, y determine si se aceptan o rechazan los lotes, en los siguientes casos:

- Tamaño lote: 400; $LI = 8.5\%$; $AQL = 2.5\%$; $\bar{x} = 9.5\%$; $R = 1.4\%$
- Tamaño lote: 400; $LS = 9.8\%$; $AQL = 2.5\%$; $\bar{x} = 9.5\%$; $s = 1.2\%$
- Tamaño lote: 100; $LI = 8.5\%$; $AQL = 1\%$; $\bar{x} = 9.5\%$; $R = 1.5\%$

3. En relación con el problema 1. Halle planes de aceptación MIL – STD 414 con inspección normal y usando el método de la desviación, para el producto, y determine si se aceptan o rechazan los lotes, en los siguientes casos:

- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 4\%; \quad \bar{X} = 9.5\%; \quad s = 0.4\%$

- Tamaño lote: 800 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 1\%; \quad \bar{X} = 9.3\%; \quad s = 0.5\%$

- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{AQLs} = 2.5\% \\ \text{AQLi} = 1.5\% \end{array} \quad \bar{X} = 9.1\%; \quad s = 0.6\%$

4. En relación con el problema 1. Halle planes de aceptación MIL – STD 414 con inspección normal y usando el método del recorrido, para el producto, y determine si se aceptan o rechazan los lotes, en los siguientes casos:

- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 4\%; \quad \bar{X} = 9.4\%; \quad R = 1.1\%$

- Tamaño lote: 800 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 1\%; \quad \bar{X} = 9.3\%; \quad R = 1.7\%$

- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{AQLs} = 2.5\% \\ \text{AQLi} = 1.5\% \end{array} \quad \bar{X} = 9.1\%; \quad R = 1.5\%$

5. En relación con el problema 1, suponga que la desviación estándar del contenido de grasa del proceso, es $\sigma' = 5\%$ Halle planes de aceptación MIL – STD 414 con inspección normal y usando el método de la desviación, para el producto, y determine si se aceptan o rechazan los lotes, en los siguientes casos:

- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 4\%; \quad \bar{X} = 9.5\%;$
- Tamaño lote: 800 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \end{array} \right. \quad \text{AQL} = 1\%; \quad \bar{X} = 9.3\%$
- Tamaño lote: 500 $\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} = 9.5\% \quad \text{AQLs} = 2.5\% \\ \text{LI} = 8.5\% \quad \text{AQLi} = 1.5\% \end{array} \right. \quad \bar{X} = 9.1\%;$

6. BIBLIOGRAFIA

- Conde, R. Control Estadístico de Calidad. Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Santiago de Chile 1973.
- Grant, E. Control de Calidad Estadístico. Mc Graw Hill. 1975.
- Juran, J. Quality Control Handbook. Mc Graw Hill, Nueva York. 1974.
- Acuña, Jorge. Control de Calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 1998
- Rendón, HD. Fundamentos Estadísticos para el Control Estadístico de Calidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 2003

Control estadístico de calidad

Hernán Darío Rendón C.

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Centro Editorial Facultad de Minas

Se utilizaron las fuentes Arial para el cuerpo de texto y para títulos

125 AÑOS
1887 - 2012
Ingeniería con Trabajo y Rectitud



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

