



Apuntes de la materia:
Control Estadístico de la Calidad
INF-1007
SATCA: 3–2–5
Ingeniería Industrial

Elaborados por:
JOSÉ ANTONIO ZAPATA COSSÍO

Contribución académica

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Industrial la capacidad de analizar y determinar causas de problemas de calidad, mediante la aplicación de las herramientas estadísticas básicas del control de calidad, llevar a cabo una toma de decisiones oportuna y asertiva para lograr la mejora continua tanto en las organizaciones como en sus procesos, mediante el uso y la aplicación de las herramientas estadísticas, conduzca al Ingeniero Industrial a mejorar la competitividad de la organización.

Puesto que esta materia está directamente vinculada con el desempeño profesional del Ingeniero Industrial, de manera particular, se apoya en competencias adquiridas a partir de la probabilidad, inferencia estadística y da soporte a toda actividad humana encaminada a lograr la mejora continua en los procesos.

Esta asignatura esta alineada con el punto 3 del perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Industrial que dice:

3. Implanta sistemas de calidad utilizando métodos estadísticos para mejorar la competitividad de las organizaciones.

En las actividades de enseñanza aprendizaje de los cuatro temas se énfasis en la realización de ejercicios y resolución de problemas utilizando software para el control de calidad, tanto para las herramientas estadísticas de calidad, gráficos de control por variables y por atributos, y para el muestreo de aceptación. Esta sería mi principal intención para la realización de estos apuntes: Mostrarle al estudiante, de una manera muy detallada, los pasos a seguir en la resolución de un ejercicio o un problema empleando el software estadístico.

INDICE

Tema 1: Teoría general y herramientas básicas	1
1.1. Conceptos e importancia de la Calidad.	2
1.2. Costos de Calidad.	7
1.3. Cadena Cliente-Proveedor.	9
1.4. Recolección de datos.	11
1.5. Herramientas administrativas.	14
1.5.1. Diagrama afinidad.	14
1.5.2. Diagrama de relaciones.	16
1.5.3. Diagrama de árbol.	22
1.5.4. Diagrama matricial.	25
1.5.5. Diagrama de flujo.	27
1.5.6. Tormenta de ideas.	29
1.5.7. Porque- porque.	31
1.5.8. Como-como.	32
1.5.9. 5W y una H.	34
1.6. Herramientas estadísticas.	35
1.6.1. Hojas de verificación.	35
1.6.2. Diagrama de Pareto.	38
1.6.3. Diagrama Causa-Efecto.	42
1.6.4. Histograma.	46
1.6.5. Diagrama de Dispersión.	53
1.6.6. Estratificación.	59
1.7 Habilidad y Capacidad del proceso.	63
Tema 2: Gráficas de Control para Variables	65
2.1. Conceptos generales y principios del CEP.	66
2.2. Elaboración e interpretación de gráficas para variables.	68
2.2.1. Gráfico X-R.	77
2.2.2. Gráfico X-S.	85
2.2.3. Gráfico X de individuales.	89
2.3 Capacidad de proceso, Cp, Cpk y Cpm.	95
Tema 3: Gráficas de Control para Atributos	105
3.1. Conceptos generales de Atributos.	106

3.2.	Elaboración e interpretación de gráficas para Atributos.	109
3.2.1.	Gráfico p	109
3.2.2.	Gráfico np	114
3.2.3.	Gráfico c	120
3.2.4.	Gráfico u	125
3.3.	Capacidad de proceso	128
Tema 4: Planes de Muestreo de Aceptación		136
4.1.	Conceptos Básicos del Muestreo de Aceptación.	137
4.2.	Uso de Tablas de Muestreo (MIL-STD, 414, 105D y DODGE ROMING)	142
4.2.1.	Plan de muestreo de Aceptación por atributos.	143
4.2.2.	Plan de muestreo de aceptación por variables.	150
Referencias bibliográficas.....		156
Instrumentación didáctica.....		157

INTRODUCCIÓN

En un mundo altamente competitivo y globalizado, la calidad se ha convertido en un factor clave para el éxito de cualquier organización, independientemente de su tamaño o sector. El Control Estadístico de Calidad (CEC) es una disciplina fundamental dentro de la ingeniería industrial, ya que permite supervisar, mejorar y optimizar los procesos de producción y servicios mediante el uso de herramientas estadísticas. Esta asignatura proporciona a los estudiantes los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para aplicar métodos estadísticos en la evaluación y mejora de la calidad en diversos ámbitos industriales y comerciales.

El concepto de calidad ha evolucionado a lo largo del tiempo, pasando de ser un simple control del producto final a convertirse en un enfoque integral que abarca todas las etapas del proceso productivo. La calidad no solo implica cumplir con especificaciones técnicas, sino también satisfacer las expectativas del cliente, minimizar costos de no conformidad y optimizar el uso de recursos. En este contexto, el Control Estadístico de Calidad juega un papel crucial al permitir una toma de decisiones basada en datos objetivos y metodologías rigurosas.

A lo largo de esta materia, se estudiarán diferentes herramientas estadísticas utilizadas en el control de calidad, tales como gráficos de control, análisis de capacidad de procesos, muestreo de aceptación y metodologías de mejora continua. Estas herramientas permiten detectar variaciones en los procesos, identificar posibles causas de defectos y establecer estrategias para su reducción o eliminación. Además, se explorarán conceptos fundamentales como variabilidad, distribución de datos que son esenciales para comprender el comportamiento de los procesos productivos.

El Control Estadístico de Calidad no solo es aplicable en la manufactura, sino también en sectores como la salud, la tecnología, la alimentación y los servicios financieros. Empresas líderes en el mercado han demostrado que la implementación de estrategias de calidad basadas en datos puede generar ventajas competitivas significativas, como la reducción de desperdicios, la mejora en la satisfacción del cliente y el incremento en la eficiencia operativa. Por ello, esta asignatura también enfatiza la aplicación práctica de los conceptos en escenarios reales, promoviendo el desarrollo de habilidades analíticas y de resolución de problemas en los estudiantes.

Otro aspecto fundamental del curso es la integración de metodologías modernas como Seis Sigma, Lean Manufacturing y el enfoque de mejora continua (Kaizen), que combinan el análisis estadístico con técnicas de optimización de procesos. Estas metodologías han sido adoptadas por numerosas organizaciones de prestigio a nivel mundial debido a su efectividad en la gestión de la calidad y la productividad.

Tema 1

Teoría general y herramientas básicas

1.1 Conceptos e importancia de la calidad.

La calidad es un concepto fundamental en diversos ámbitos de la vida, desde la producción industrial hasta la prestación de servicios, pasando por la educación y la salud. A lo largo de la historia, la percepción y la definición de calidad han evolucionado, adaptándose a las necesidades y expectativas cambiantes de la sociedad. En este ensayo, exploraremos en detalle el concepto de calidad, examinando diversas definiciones y analizando su importancia en la actualidad.

Concepto de Calidad

La calidad se refiere a la medida en que un producto, servicio, proceso o experiencia cumple con los requisitos y expectativas establecidos. Es un concepto multidimensional que abarca diferentes aspectos, como la eficiencia, la efectividad, la fiabilidad, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de normas y estándares.

En el contexto de la producción industrial, la calidad se relaciona con la conformidad de un producto con sus especificaciones técnicas y la ausencia de defectos. Esto implica la utilización de materiales adecuados, procesos de fabricación controlados y una inspección rigurosa para garantizar que el producto final cumpla con los estándares de calidad establecidos.

En el ámbito de los servicios, la calidad se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades y expectativas del cliente. Esto incluye aspectos como la amabilidad y la competencia del personal, la rapidez en la atención, la fiabilidad del servicio y la resolución efectiva de problemas o reclamaciones.

En general, la calidad también se asocia con la mejora continua y la búsqueda constante de la excelencia. Implica identificar áreas de mejora, implementar acciones correctivas y preventivas, y mantener un enfoque centrado en la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa.

Definiciones de Calidad

A lo largo del tiempo, han surgido diversas definiciones de calidad, cada una con un enfoque particular y adaptada a diferentes contextos. A continuación, se presentan algunas de las definiciones más relevantes:

1. **Definición de Juran:** Joseph Juran, uno de los pioneros en el campo de la gestión de la calidad, define la calidad como "aptitud para el uso", es decir, la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente.
2. **Definición de Deming:** W. Edwards Deming, otro influyente experto en calidad, define la calidad como "cumplimiento de los requisitos", haciendo hincapié en la importancia de entender y satisfacer las necesidades del cliente.

3. **Definición de Crosby:** Philip Crosby propone una definición más simple y directa de calidad: "hacer las cosas bien a la primera vez". Según esta perspectiva, la calidad implica la prevención de defectos y la búsqueda de la excelencia en todos los aspectos de la actividad empresarial.
4. **Definición de ISO 9000:** La Organización Internacional de Normalización (ISO) define la calidad como "el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos". Esta definición destaca la importancia de especificar claramente los requisitos del cliente y medir el grado en que se cumplen.
5. **Definición de Taguchi:** Genichi Taguchi, un ingeniero japonés conocido por sus contribuciones a la mejora de la calidad, define la calidad como "la pérdida que el producto impone a la sociedad desde el momento en que es embarcado". Esta definición amplía el enfoque tradicional de la calidad para incluir no solo la conformidad con los requisitos, sino también el impacto total del producto en la sociedad y el medio ambiente.

Estas son solo algunas de las muchas definiciones de calidad que existen, cada una con sus matices y enfoques particulares. Sin embargo, todas convergen en la idea fundamental de satisfacer las necesidades y expectativas del cliente y buscar la excelencia en todas las actividades empresariales.

Importancia de la Calidad en la Actualidad

La calidad juega un papel fundamental en el éxito y la sostenibilidad de las organizaciones en la actualidad. A continuación, se exploran algunas de las razones por las cuales la calidad es esencial en el mundo empresarial contemporáneo:

1. **Satisfacción del Cliente:** En un entorno altamente competitivo, la satisfacción del cliente es crucial para mantener la lealtad y ganar cuota de mercado. La calidad de los productos y servicios es un factor determinante en la experiencia del cliente y su percepción de la marca.
2. **Reputación y Credibilidad:** La calidad contribuye a construir una sólida reputación y credibilidad en el mercado. Las organizaciones reconocidas por la calidad de sus productos y servicios suelen gozar de una mayor confianza por parte de los consumidores y de una imagen positiva en el sector.
3. **Reducción de Costos:** La calidad puede contribuir a la reducción de costos al minimizar los errores, los retrabajos y los desperdicios. Un enfoque centrado en la prevención de defectos y la mejora continua puede generar eficiencias operativas y mejorar la rentabilidad a largo plazo.
4. **Cumplimiento de Normativas y Estándares:** En muchos sectores, el cumplimiento de normativas y estándares de calidad es un requisito legal y regulatorio. Las organizaciones que no cumplen con estos requisitos pueden enfrentarse a sanciones legales, multas y daños a su reputación.

5. **Diferenciación Competitiva:** La calidad puede ser un factor clave de diferenciación en un mercado saturado. Las organizaciones que ofrecen productos o servicios de alta calidad pueden destacarse entre la competencia y ganar la preferencia de los consumidores.
6. **Fidelización y Recomendación:** Los clientes satisfechos tienden a ser más leales y a recomendar los productos y servicios a otros. La calidad puede generar un efecto de boca a boca positivo que contribuye al crecimiento y la expansión de la base de clientes.
7. **Innovación y Mejora Continua:** La búsqueda constante de la calidad impulsa la innovación y la mejora continua en las organizaciones. El análisis de datos, la retroalimentación del cliente y la identificación de áreas de mejora son componentes clave de un enfoque de calidad centrado en la excelencia.
8. **Responsabilidad Social y Ambiental:** La calidad no se limita solo a la satisfacción del cliente, sino que también abarca consideraciones sociales y ambientales. Las organizaciones responsables se esfuerzan por minimizar su impacto negativo en la sociedad y el medio ambiente, ofreciendo productos y servicios seguros, sostenibles y éticos.

Control estadístico de Calidad

El control estadístico de calidad (CEC) es una herramienta fundamental en la gestión de la calidad de cualquier organización. Se basa en la recopilación y análisis sistemático de datos para monitorear y mejorar la calidad de los productos o servicios ofrecidos. Desde su desarrollo a principios del siglo XX por pioneros como Walter A. Shewhart y W. Edwards Deming, el CEC ha evolucionado hasta convertirse en un componente esencial de la gestión de la calidad total en numerosas industrias en todo el mundo.

Conceptos fundamentales del Control Estadístico de Calidad:

1. **Variabilidad:** Uno de los conceptos centrales en el CEC es la variabilidad inherente a cualquier proceso de producción o servicio. Esta variabilidad puede ser causada por una multitud de factores, incluidos materiales, equipos, métodos de trabajo y habilidades del personal.
2. **Proceso:** Se entiende como un conjunto de actividades u operaciones que transforman insumos en productos o servicios. La comprensión del proceso es esencial para implementar un control efectivo de la calidad.
3. **Muestras y poblaciones:** En el CEC, se toman muestras representativas de un proceso o producto para realizar análisis estadísticos. Estas muestras deben ser seleccionadas de manera aleatoria y ser lo suficientemente grandes como para ser estadísticamente significativas.

4. Estadísticos de control: Son herramientas estadísticas utilizadas para monitorear y analizar la variabilidad de un proceso. Algunos de los estadísticos de control más comunes incluyen la media, la desviación estándar, el rango y los gráficos de control.

5. Límites de control: Son límites establecidos en los gráficos de control que indican los límites dentro de los cuales se considera que el proceso está bajo control. Cualquier punto que caiga fuera de estos límites puede indicar una variabilidad inusual en el proceso que requiere atención.

6. Acciones correctivas y preventivas: El CEC no solo se trata de monitorear la calidad, sino también de tomar medidas para corregir problemas y prevenir su recurrencia. Esto puede incluir ajustes en el proceso, capacitación del personal o cambios en los materiales utilizados.

Importancia del Control Estadístico de Calidad:

1. Mejora de la calidad del producto/servicio: Al identificar y corregir problemas de calidad de manera temprana, el CEC ayuda a garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares especificados. Esto conduce a una mayor satisfacción del cliente y una mejor reputación de la marca.

2. Reducción de costos: La detección temprana de problemas de calidad ayuda a evitar costosos retrabajos o reclamaciones de garantía. Además, al optimizar los procesos para reducir la variabilidad, se pueden eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia, lo que resulta en una reducción de costos a largo plazo.

3. Toma de decisiones basada en datos: El CEC proporciona a los gerentes y tomadores de decisiones información objetiva y basada en datos sobre el rendimiento del proceso. Esto les permite tomar decisiones informadas para mejorar continuamente el proceso y los productos o servicios.

4. Cumplimiento de estándares y regulaciones: En muchas industrias, existen estándares y regulaciones estrictos que deben cumplirse para garantizar la seguridad y la calidad del producto. El CEC ayuda a garantizar el cumplimiento de estos estándares al proporcionar un medio para monitorear y controlar la calidad de manera sistemática.

5. Fomento de una cultura de calidad: Implementar el CEC requiere un compromiso organizacional con la calidad y la mejora continua. Esto fomenta una cultura de calidad en toda la organización, donde todos los empleados están comprometidos con la excelencia y la satisfacción del cliente.

6. Competitividad en el mercado: En un entorno empresarial cada vez más globalizado y competitivo, la calidad se ha convertido en un factor diferenciador clave. Las organizaciones

que pueden ofrecer productos o servicios de alta calidad de manera consistente tienen una ventaja competitiva significativa en el mercado.

Métodos y herramientas del Control Estadístico de Calidad:

1. Gráficos de control: Son herramientas visuales que se utilizan para monitorear el rendimiento de un proceso a lo largo del tiempo. Los gráficos más comunes incluyen el gráfico de control de Shewhart, el gráfico de control de medias móviles y el gráfico de control CUSUM.

2. Muestreo estadístico: Consiste en seleccionar una muestra representativa del proceso o producto y realizar pruebas estadísticas para evaluar la calidad. Esto puede incluir pruebas de hipótesis, intervalos de confianza y análisis de regresión.

3. Análisis de capacidad del proceso: Se utiliza para evaluar la capacidad de un proceso para cumplir con los requisitos de calidad especificados. Esto incluye calcular índices de capacidad como el Cp, Cpk y Ppk, que comparan la variabilidad del proceso con los límites de especificación del cliente.

4. Diseño de experimentos (DOE): Es una metodología para investigar y optimizar los factores que afectan la calidad de un proceso o producto. El DOE permite identificar las variables más influyentes y encontrar la combinación óptima de factores para mejorar la calidad.

5. Análisis de causa raíz: Cuando se detecta un problema de calidad, el análisis de causa raíz se utiliza para identificar las causas subyacentes y tomar medidas correctivas efectivas. Esto puede implicar el uso de herramientas como diagramas de Ishikawa, análisis Pareto y 5 porqués.

6. Control de calidad total (TQM): Aunque no es específicamente una herramienta estadística, el TQM es una filosofía de gestión que enfatiza la participación de todos los miembros de la organización en la mejora continua de la calidad. El CEC es un componente clave del enfoque TQM, proporcionando los medios para monitorear y mejorar la calidad de manera sistemática.

En conclusión, el control estadístico de calidad es una disciplina fundamental para garantizar la calidad y la competitividad en cualquier organización. Al utilizar métodos y herramientas estadísticas, las empresas pueden monitorear y mejorar continuamente sus procesos y productos, reduciendo la variabilidad y cumpliendo con los estándares de calidad especificados. En un entorno empresarial cada vez más exigente, el CEC es una herramienta esencial para mantener la satisfacción del cliente y alcanzar el éxito a largo plazo.

1.2 Costos de calidad

Los costos de calidad son una parte fundamental de la gestión empresarial, ya que representan los gastos asociados con la garantía y el control de la calidad de los productos o servicios ofrecidos por una organización. Estos costos abarcan una amplia gama de actividades, desde la prevención de defectos hasta el manejo de fallas y reclamaciones de garantía. En este artículo, exploraremos en detalle los diferentes tipos de costos de calidad, su importancia en la gestión empresarial y cómo pueden influir en la rentabilidad y la reputación de una empresa.

Tipos de Costos de Calidad

1. Costos de Prevención: Estos son los costos incurridos para prevenir la aparición de defectos en los productos o servicios. Incluyen actividades como capacitación del personal, diseño y desarrollo de procesos, implementación de sistemas de gestión de calidad, y establecimiento y mantenimiento de estándares de calidad. Aunque estos costos pueden parecer elevados inicialmente, a menudo resultan ser una inversión rentable a largo plazo al reducir la cantidad de defectos y la necesidad de retrabajos o reparaciones.

2. Costos de Evaluación: Se refieren a los costos asociados con la evaluación y el control de la calidad de los productos o servicios durante el proceso de producción. Esto puede incluir el costo de realizar inspecciones y pruebas de calidad, auditorías internas y externas, y el mantenimiento de equipos de medición y pruebas. Si bien estos costos son necesarios para garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad, también pueden aumentar significativamente los gastos operativos de una empresa si no se gestionan eficientemente.

3. Costos de Fallas Internas: Estos son los costos relacionados con la detección y corrección de defectos antes de que los productos sean entregados al cliente. Incluyen actividades como el retrabajo de productos defectuosos, la reposición de materiales y la pérdida de tiempo de producción. Los costos de fallas internas pueden ser especialmente perjudiciales para una empresa, ya que representan recursos que se desperdician debido a errores en el proceso de producción.

4. Costos de Fallas Externas: Son los costos asociados con los defectos que son detectados por los clientes una vez que los productos o servicios han sido entregados. Estos costos pueden incluir gastos relacionados con reclamaciones de garantía, devoluciones de productos, reparaciones o reemplazos, y la pérdida de clientes y reputación de la marca. Los costos de fallas externas son especialmente preocupantes, ya que pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad y la imagen pública de una empresa.

Importancia de los Costos de Calidad

1. Impacto en la Rentabilidad: Los costos de calidad pueden tener un impacto directo en la rentabilidad de una empresa. Por un lado, los costos de prevención y evaluación pueden aumentar los gastos operativos, pero al mismo tiempo, pueden reducir los costos asociados con las fallas internas y externas. Una gestión eficiente de los costos de calidad puede ayudar a optimizar los recursos y mejorar la rentabilidad a largo plazo.

2. Satisfacción del Cliente: La calidad de los productos y servicios es un factor crucial para la satisfacción del cliente. Los costos de calidad están estrechamente relacionados con la capacidad de una empresa para cumplir con las expectativas del cliente en cuanto a calidad y fiabilidad. Al reducir la cantidad de defectos y problemas de calidad, una empresa puede mejorar la satisfacción del cliente y mantener la lealtad del mismo a lo largo del tiempo.

3. Reputación de la Marca: La reputación de una empresa está directamente vinculada a la calidad de sus productos y servicios. Los costos de fallas externas pueden tener un impacto significativo en la reputación de la marca, ya que los clientes insatisfechos pueden compartir sus experiencias negativas en línea o a través del boca a boca. Por otro lado, una empresa que se destaca por su compromiso con la calidad y la satisfacción del cliente puede ganar una reputación positiva en el mercado.

4. Competitividad en el Mercado: En un mercado cada vez más competitivo, la calidad se ha convertido en un factor diferenciador clave. Las empresas que pueden ofrecer productos y servicios de alta calidad tienen una ventaja competitiva significativa sobre aquellas que no lo hacen. Al gestionar eficientemente los costos de calidad, una empresa puede mejorar su posición en el mercado y atraer a más clientes.

5. Cumplimiento de Estándares y Regulaciones: En muchas industrias, existen estándares y regulaciones estrictos que deben cumplirse para garantizar la seguridad y la calidad de los productos. Los costos de calidad incluyen los gastos asociados con el cumplimiento de estos estándares, como la implementación de sistemas de gestión de calidad y la realización de pruebas y evaluaciones periódicas.

Estrategias para Gestionar los Costos de Calidad

1. Enfoque en la Prevención: La prevención de defectos es fundamental para reducir los costos de calidad a largo plazo. Las empresas deben enfocarse en identificar y abordar las causas raíz de los problemas de calidad, en lugar de simplemente corregir los síntomas. Esto puede implicar la implementación de programas de capacitación para el personal, la mejora de los procesos de producción y la adopción de tecnologías avanzadas de control de calidad.

2. Mejora Continua: La mejora continua es una filosofía empresarial que implica la búsqueda constante de formas de mejorar la calidad y la eficiencia. Las empresas pueden utilizar herramientas como el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y la metodología Seis Sigma para identificar áreas de mejora y realizar cambios incrementales en sus procesos y productos.

3. Colaboración con Proveedores: Los proveedores juegan un papel crucial en la calidad de los productos finales de una empresa. Al colaborar estrechamente con los proveedores y establecer estándares de calidad claros, una empresa puede reducir el riesgo de defectos en los materiales y componentes suministrados.

4. Uso de Tecnología: La tecnología puede desempeñar un papel importante en la gestión de los costos de calidad. Las empresas pueden utilizar sistemas de gestión de calidad basados en software para automatizar procesos, recopilar datos de calidad en tiempo real y generar informes y análisis detallados sobre el rendimiento del proceso.

5. Enfoque en el Cliente: Finalmente, es importante tener en cuenta las necesidades y expectativas del cliente al gestionar los costos de calidad. Las empresas deben recopilar retroalimentación de los clientes y utilizarla para mejorar continuamente sus productos y servicios, garantizando así la máxima satisfacción del cliente y la lealtad a largo plazo.

En resumen, los costos de calidad son una parte integral de la gestión empresarial y pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad, la satisfacción del cliente y la reputación de la marca. Al gestionar eficientemente estos costos y enfocarse en la prevención y la mejora continua, las empresas pueden mejorar su competitividad en el mercado y garantizar el éxito a largo plazo.

1.3 Cadena Cliente-Proveedor

La cadena cliente-proveedor es un concepto fundamental en la gestión empresarial que describe la relación interdependiente entre una empresa y sus proveedores, así como entre una empresa y sus clientes. Esta cadena representa el flujo de productos, servicios, información y valor a lo largo de la cadena de suministro, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente.

Importancia de la Cadena Cliente-Proveedor

1. Integración y Colaboración: La cadena cliente-proveedor fomenta la integración y la colaboración entre las distintas partes involucradas en el proceso de producción y distribución. Al trabajar de manera conjunta y compartir información, empresas y

proveedores pueden optimizar sus operaciones, reducir los costos y mejorar la eficiencia en toda la cadena de suministro.

2. Calidad y Confiabilidad: Una relación sólida entre cliente y proveedor es fundamental para garantizar la calidad y la confiabilidad de los productos o servicios ofrecidos. Los proveedores confiables y de calidad pueden contribuir a la mejora continua de los productos y procesos de una empresa, lo que a su vez se traduce en una mayor satisfacción del cliente y una reputación positiva en el mercado.

3. Flexibilidad y Adaptabilidad: En un entorno empresarial cada vez más dinámico y competitivo, la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda del mercado es esencial. Una cadena cliente-proveedor bien gestionada permite a las empresas y proveedores ajustar sus operaciones y procesos de producción de manera eficiente para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes y aprovechar nuevas oportunidades de negocio.

4. Reducción de Costos y Tiempos de Entrega: Una colaboración estrecha entre cliente y proveedor puede ayudar a reducir los costos y los tiempos de entrega a lo largo de la cadena de suministro. Al optimizar los procesos de producción, minimizar los tiempos de espera y eliminar los cuellos de botella, las empresas pueden mejorar su eficiencia operativa y ofrecer productos de alta calidad de manera más rápida y rentable.

Componentes de la Cadena Cliente-Proveedor

1. Clientes: En la cadena cliente-proveedor, los clientes son aquellos individuos o empresas que adquieren los productos o servicios ofrecidos por una empresa. Los clientes pueden ser tanto internos (dentro de la misma empresa) como externos (fuera de la empresa). Comprender las necesidades y expectativas de los clientes es fundamental para el éxito empresarial y el desarrollo de productos y servicios que satisfagan sus requerimientos.

2. Proveedores: Los proveedores son las empresas o individuos que suministran los materiales, componentes o servicios necesarios para la producción de bienes o la prestación de servicios. Se consideran un eslabón clave en la cadena de suministro, ya que su desempeño y calidad afectan directamente la calidad y la eficiencia de los productos finales. Establecer relaciones sólidas con proveedores confiables y de calidad es fundamental para garantizar una cadena de suministro eficiente y rentable.

3. Flujo de Materiales e Información: El flujo de materiales e información es el proceso mediante el cual los productos, materiales y datos se mueven a lo largo de la cadena cliente-proveedor. Este flujo debe ser gestionado de manera eficiente para minimizar los tiempos de espera, reducir los costos y garantizar la entrega oportuna de productos y servicios. La tecnología de la información desempeña un papel crucial en la gestión del flujo de información, permitiendo la comunicación en tiempo real entre clientes y proveedores y facilitando la coordinación de operaciones.

4. Gestión de Relaciones: La gestión de relaciones entre clientes y proveedores es un aspecto clave de la cadena cliente-proveedor. Esto implica establecer y mantener relaciones sólidas y colaborativas basadas en la confianza, la transparencia y el compromiso mutuo. La comunicación abierta y bidireccional es fundamental para resolver problemas de manera eficiente, anticipar cambios en la demanda del mercado y trabajar juntos en la mejora continua de los procesos y productos.

Estrategias para una Gestión Eficaz de la Cadena Cliente-Proveedor

1. Selección y Evaluación de Proveedores: Es fundamental seleccionar cuidadosamente a los proveedores en función de su capacidad para cumplir con los estándares de calidad, confiabilidad y servicio requeridos. Además, es importante realizar evaluaciones periódicas de los proveedores para monitorear su desempeño y garantizar que sigan cumpliendo con los requisitos de la empresa.

2. Colaboración y Comunicación: Fomentar una cultura de colaboración y comunicación abierta entre clientes y proveedores es esencial para una gestión efectiva de la cadena cliente-proveedor. Esto incluye la participación en reuniones regulares, la compartición de información relevante y la resolución conjunta de problemas y desafíos.

3. Establecimiento de Objetivos Comunes: Es importante que tanto clientes como proveedores compartan objetivos comunes y estén alineados en términos de expectativas y metas. Esto ayuda a garantizar una colaboración efectiva y a trabajar juntos hacia la mejora continua de los productos y procesos.

4. Uso de Tecnología: La tecnología juega un papel cada vez más importante en la gestión de la cadena cliente-proveedor. La implementación de sistemas de gestión de relaciones con los clientes (CRM) y sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) puede ayudar a automatizar procesos, mejorar la visibilidad y la coordinación de la cadena de suministro, y facilitar la comunicación y colaboración entre clientes y proveedores.

1.4 Recolección de datos

La recolección de datos es un paso crucial en el control estadístico de calidad (CEC), ya que proporciona la base para el análisis y la mejora continua de los procesos.

Importancia de la Recolección de Datos en el Control Estadístico de Calidad

La recolección de datos es fundamental en el CEC por las siguientes razones:

1. Tomar Decisiones Basadas en Datos: La toma de decisiones informadas es esencial para mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos. La recolección de datos proporciona la información necesaria para identificar áreas de mejora, tomar medidas correctivas y prevenir la recurrencia de problemas de calidad.

2. Identificar Variabilidad: El CEC se basa en la comprensión y control de la variabilidad en los procesos. La recolección de datos ayuda a identificar la variabilidad inherente en los procesos de producción y a determinar si están dentro de los límites aceptables.

3. Monitorear el Rendimiento del Proceso: La recolección regular de datos permite monitorear el rendimiento del proceso a lo largo del tiempo. Esto ayuda a identificar tendencias y cambios en el proceso que pueden afectar la calidad del producto final.

4. Evaluar la Capacidad del Proceso: Los datos recopilados se utilizan para evaluar la capacidad del proceso para cumplir con los requisitos de calidad especificados. Esto ayuda a identificar áreas de mejora y optimizar el proceso para cumplir con los estándares de calidad.

5. Facilitar la Mejora Continua: La recolección de datos es un componente clave de la mejora continua en el CEC. Al analizar sistemáticamente los datos recopilados, las empresas pueden identificar oportunidades de mejora y tomar medidas para aumentar la eficiencia y la calidad de los procesos.

Métodos y Técnicas de Recolección de Datos

Existen varios métodos y técnicas para recopilar datos en el CEC, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Algunos de los métodos más comunes incluyen:

1. Inspección y Muestreo: La inspección y el muestreo son métodos tradicionales de recolección de datos que implican examinar físicamente los productos o servicios para detectar defectos o problemas de calidad. Esto puede incluir la inspección visual, la medición de dimensiones, pruebas de funcionamiento, entre otros.

2. Registros de Producción: Los registros de producción consisten en recopilar datos directamente del proceso de producción, como tiempos de ciclo, velocidades de producción, cantidades producidas, entre otros. Estos datos proporcionan una visión detallada del rendimiento del proceso y pueden utilizarse para identificar oportunidades de mejora.

3. Encuestas y Cuestionarios: Las encuestas y cuestionarios se utilizan para recopilar datos de los empleados, clientes u otras partes interesadas sobre la calidad del producto o servicio. Esto puede incluir preguntas sobre la satisfacción del cliente, la percepción de la calidad y las sugerencias de mejora.

4. Sensores y Dispositivos de Monitoreo: Los sensores y dispositivos de monitoreo se utilizan para recopilar datos en tiempo real sobre variables clave del proceso, como temperatura, presión, humedad, entre otros. Estos datos pueden ser registrados automáticamente y utilizados para monitorear y controlar el proceso en tiempo real.

5. Sistemas de Información de Calidad (QIS): Los sistemas de información de calidad son herramientas de software diseñadas específicamente para recopilar, almacenar y analizar datos de calidad. Estos sistemas pueden integrarse con otros sistemas empresariales, como sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) o sistemas de gestión de la calidad (QMS), para proporcionar una visión completa de la calidad en toda la organización.

Mejores Prácticas para la Recolección de Datos en el Control Estadístico de Calidad

Para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados en el CEC, es importante seguir algunas mejores prácticas:

1. Definir Claramente los Objetivos y Variables de Interés: Antes de iniciar la recolección de datos, es fundamental definir claramente los objetivos del estudio y las variables de interés. Esto ayuda a garantizar que se recopilen los datos necesarios para responder a las preguntas de investigación y tomar decisiones informadas.

2. Utilizar Métodos y Técnicas Apropriadas: Se deben seleccionar los métodos y técnicas de recolección de datos más adecuados para el tipo de proceso y las variables de interés. Esto puede incluir una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, según las necesidades del estudio.

3. Establecer Procedimientos Estandarizados: Es importante establecer procedimientos estandarizados para la recolección de datos, incluyendo instrucciones claras sobre cómo recopilar, registrar y almacenar los datos de manera consistente. Esto ayuda a minimizar la variabilidad en la recolección de datos y garantizar la consistencia y confiabilidad de los resultados.

4. Entrenar al Personal: El personal encargado de la recolección de datos debe recibir capacitación adecuada sobre los procedimientos de recolección de datos y el uso de herramientas y equipos de medición. Esto ayuda a garantizar que los datos se recopilen de manera precisa y consistente.

5. Realizar Controles de Calidad: Se deben realizar controles de calidad periódicos para verificar la precisión y consistencia de los datos recopilados. Esto puede incluir la verificación de datos duplicados, la identificación y corrección de errores, y la validación de los resultados.

6. Mantener la Integridad de los Datos: Es importante mantener la integridad de los datos a lo largo de todo el proceso de recolección, almacenamiento y análisis. Esto incluye proteger los datos contra el acceso no autorizado, asegurar su confidencialidad y garantizar su exactitud y consistencia.

La recolección de datos es un paso fundamental en el control estadístico de calidad, ya que proporciona la información necesaria para monitorear, analizar y mejorar continuamente los procesos y productos de una organización. Al utilizar métodos y técnicas apropiadas y seguir las mejores prácticas de recolección de datos, las empresas pueden garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados, lo que a su vez contribuye a la toma de decisiones informadas y la mejora continua de la calidad. En un entorno empresarial cada vez más competitivo y orientado hacia la calidad, la recolección de datos juega un papel crucial en el éxito a largo plazo de las organizaciones.

1.5 Herramientas administrativas

1.5.1 Diagrama de afinidad

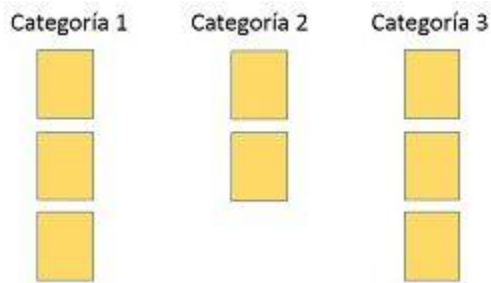
El diagrama de afinidad es una herramienta utilizada para organizar datos que parecen dispersos a primera vista. Es una técnica que se utiliza en el ámbito de la administración para asegurar la calidad de una empresa. Este diagrama es especialmente útil cuando se enfrenta a problemas complejos o desordenados. Se utiliza para representar propuestas y posibles soluciones a través del trabajo en equipo. Además, refleja las soluciones o aspectos resaltantes dentro de la problemática que enfrentan los participantes. Para realizar un diagrama de afinidad, se pueden utilizar hojas en blanco y notas adhesivas, o también se pueden utilizar software especializados.

El diagrama de afinidad, también conocido como método KJ, fue creado por el Dr. Kawakita Jiro en 1980. Se utiliza para organizar ideas sobre un problema complejo. Aunque no proporciona la solución al problema, permite identificar las causas o factores que lo originan. Este diagrama se utiliza principalmente para organizar una gran cantidad de datos obtenidos de una lluvia de ideas. También se utiliza para abordar problemas complejos o temas difíciles de tratar. El diagrama de afinidad ayuda a centrar un problema poco definido y a tener una idea más clara de lo que podría estar causando el problema. Para realizar este diagrama, se deben seguir ciertos pasos, como contar con hojas en blanco y notas adhesivas.

El diagrama de afinidad es considerado una de las 7 nuevas herramientas de calidad. Es una herramienta para categorizar datos, información o ideas basados en su relación entre sí. Al utilizar este diagrama, se pueden organizar muchas ideas y conceptos, lo que resulta útil cuando se tiene una gran cantidad de información sin orden. También ayuda a comprender

más a fondo una situación o problema. El diagrama de afinidad es visual y fomenta la creatividad del grupo. Además, facilita el análisis posterior y se puede utilizar en diversos campos, incluido el control de calidad. Para realizar un diagrama de afinidad, se deben seguir pasos como escribir los datos en pequeños trozos de papel y agruparlos según su afinidad.

El uso de un diagrama de afinidad es un proceso creativo que se crea por consenso, por medio de una clasificación que se elabora habitualmente en equipos de trabajo.

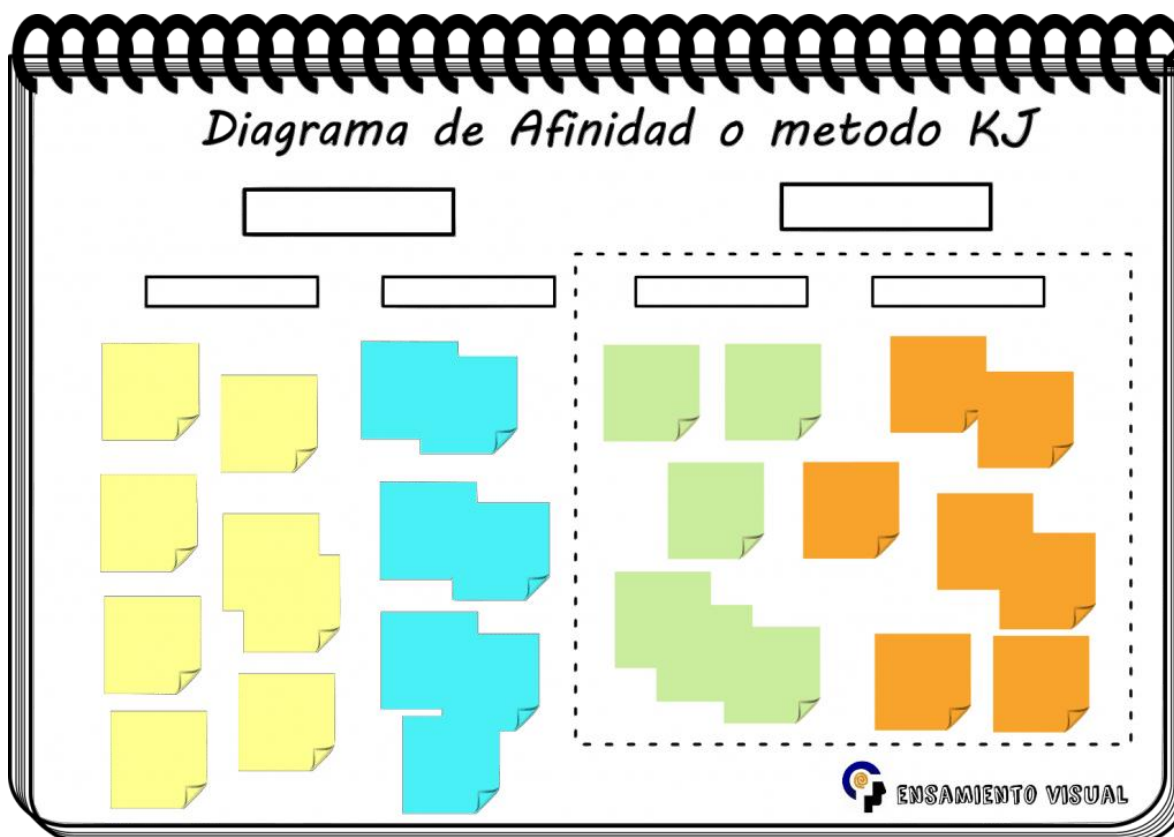


Este método se usa cuando el problema...

- Es complejo o difícil de entender,
- tiende a estar desorganizado,
- requiere la participación y soporte de todo el equipo
- o cuando se quiere determinar los temas claves de un gran número de ideas y problemas.

El modo de elaboración de estos diagramas se lleva a cabo por medio de esta metodología:

- 1) **Identificar el problema:** se debe determinar cuál es el problema a solucionar, se puede realizar mediante preguntas.
- 2) **Reunir datos sobre posibles causas,** estos se pueden agrupar mediante lluvia de ideas, entrevistas, grupos de trabajo...
- 3) **Estudiar los datos,** se desglosan en frases independientes con un solo significado evidente.
- 4) **Unir datos por afinidad,** una vez expuestas todas las ideas se van agrupando por temas "afinidad mutua".
- 5) **Nombrar los grupos:** En cada grupo de ideas se pone un título en común mediante una discusión en grupo.
- 6) **Elaborar el diagrama:** Se dibuja el diagrama de afinidad.
- 7) **Confirmar los datos:** Por último, se discute como han quedado los grupos y los elementos correspondientes al problema.



1.5.2 Diagrama de relaciones

Este diagrama proporciona una visión de conjunto sobre todos los elementos que influyen en los efectos o en los objetivos bajo estudio, y de las relaciones de causalidad existentes entre todos ellos.

Es de aplicación a todos aquellos estudios en los que se necesita obtener una visión global de problemas o situaciones complejas, identificar los factores involucrados en los mismos y sus interrelaciones. Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos y Grupos de Mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en la mejora de la calidad. Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.

CONSTRUCCIÓN

Paso 1: Elegir un coordinador

Su misión es velar por el cumplimiento de la metodología y por el correcto desarrollo de las sesiones de trabajo.

Paso 2: Definir el enunciado del tema objeto de análisis

Definir el enunciado del tema objeto de análisis consiste en especificar de forma clara y sencilla el objetivo u objetivos que se persiguen, el efecto o efectos que deben ser analizados, etc. El enunciado del tema a tratar se definirá con anterioridad a la realización de la sesión de trabajo especificando lo que incluye y lo que excluye. Esto permite la preparación de la misma por los componentes del grupo.

El enunciado debe ser:

Específico: Para que no sea interpretado de forma diferente por los componentes del grupo de trabajo y para que las aportaciones se concentren sobre el verdadero tema a analizar.

No sesgado: Para no excluir posibles líneas de análisis sobre el tema.

Paso 3: Establecer el objetivo de la construcción del Diagrama de Relaciones y el tipo de diagrama a utilizar

En primer lugar, se establecerá claramente la información que se desea obtener con la construcción del Diagrama de Relaciones.

En segundo lugar, se elegirá el tipo de diagrama más idóneo, en función del objetivo de su construcción y de las características del tema a analizar:

a) Diagrama de Relaciones convergente en el centro

Esta ordenación gráfica es conveniente cuando se tiene un efecto principal en el cual se centra la atención.

b) Diagrama de Relaciones direccional

Este enfoque, es conveniente cuando los factores involucrados en el diagrama, se puedan ordenar de forma que: la mayoría de sus interrelaciones presentan una sucesión temporal o lógica hacia un objetivo final o efecto principal.

c) Diagrama de Relaciones enfocado a las interrelaciones

Esta forma no presenta ninguna restricción formal. Su única regla es disponer los factores interrelacionados de forma que el diagrama resulte claro y armónico. Su utilización está especialmente indicada cuando el problema o la situación representada consta de varios efectos u objetivos principales y de igual importancia.

d) Diagrama de Relaciones estructurado

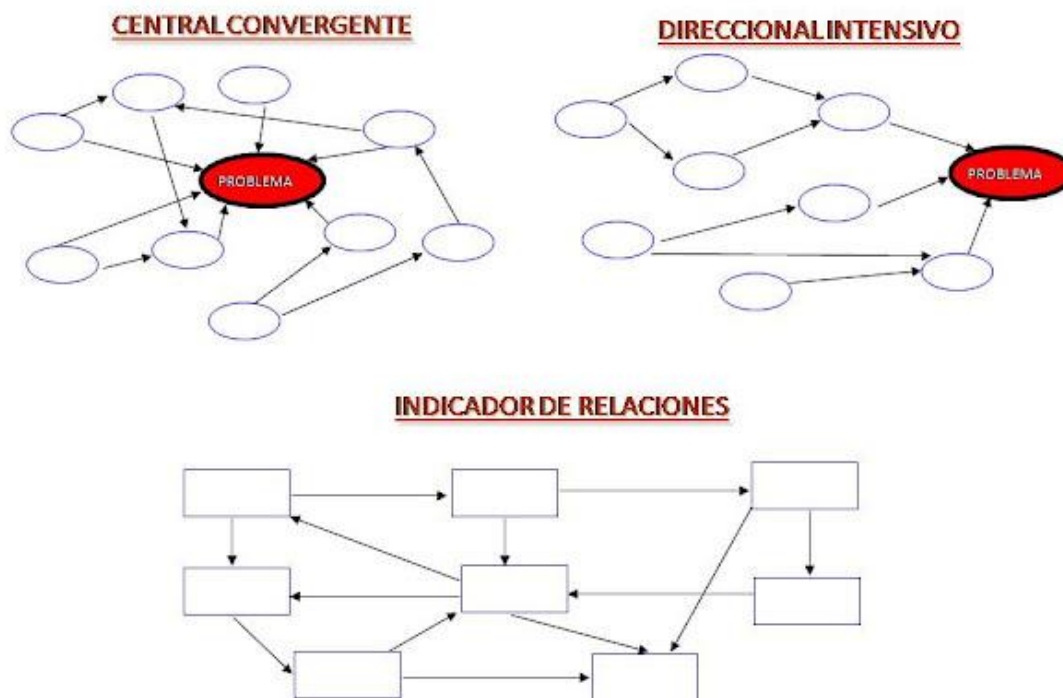
En este enfoque se acoplan los factores del diagrama según una estructura que obedece a criterios relevantes para la construcción o utilización del mismo.

Criterios de estructuración frecuentemente utilizados son, por ejemplo:

- Según áreas de responsabilidad
- Por departamentos
- Siguiendo las fases de un proceso
- Según una secuencia temporal, etc.

Este enfoque es también idóneo para representar problemas o situaciones en las que existen varios efectos u objetivos de similar nivel de importancia.

DIAGRAMA DE RELACIONES



Recuperado el 14 de febrero de 2024, de Ingenio Empresa:

[Diagrama de Relaciones | Mejora Continua Total](#)

Paso 4: Decidir la herramienta a utilizar para la obtención de los factores que deberán ser representados en el diagrama

Atendiendo a las características y particularidades del grupo de trabajo y a las del problema o situación analizada se elige el enfoque metodológico a utilizar:

- La Tormenta de Ideas
- Proceso lógico de discusión paso a paso

En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas, su resultado (lista de ideas) será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama.

En el caso de utilizar un proceso lógico la fuente primaria serán los propios componentes del grupo, aportando sus ideas según se va construyendo el diagrama.

Paso 5: Preparar la logística de la sesión

Preparar con anterioridad a la sesión, superficies y material de escritura idóneos. Esto tiene las siguientes ventajas:

- Permite escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión.
- Ayuda a mantener un ritmo constante a lo largo de la sesión.
- Favorece el trabajo de construcción del diagrama.
- Permite la correcta realización de la Tormenta de Ideas (en caso necesario).

Pasos a desarrollar en la primera sesión de trabajo

Paso 6: Obtención de una lista ordenada de factores que contribuyen al objetivo o fenómeno en estudio

Mediante la utilización de la Tormenta de Ideas o de un proceso lógico de discusión paso a paso se obtiene una lista ordenada de los mismos.

Paso 7: Comenzar el diagrama dibujando los efectos (objetivos) en estudio

Se escribe el efecto o efectos y cada uno de ellos se enmarca, bien en un doble recuadro, bien en una doble elipse.

Paso 8: Incluir en el diagrama los factores contenidos en la lista

a) Se incluye el primer factor de la lista enmarcándolo en una figura simple (sin borde doble) similar a la utilizada para el efecto o efectos (rectángulo, elipse).

b) En el caso de que dicho factor esté relacionado directamente con el efecto o efectos en estudio, se conectan mediante flechas, de modo que la causa apunte al efecto.

c) Se repasa el resto de la lista, identificando aquellos factores que tienen relación directa con este primer factor (factor analizado).

d) Todos los factores identificados se incluyen en el diagrama y cada uno de ellos se une mediante una flecha con el factor analizado. El sentido de la flecha es el que marca la relación causa-efecto.

e) Repetir el mismo proceso para el segundo factor de la lista y sucesivamente para todos los demás.

Si alguno de los factores directamente relacionados ya está incluido en el diagrama, únicamente se traza la flecha de conexión con el factor objeto de análisis.

f) Si se duda sobre la posible relación directa entre dos de los factores o entre un factor y un efecto, no incluir dicha relación y anotarla para ser consultada con otros expertos.

Paso 9: Ordenar el diagrama

El resultado del paso anterior es un Diagrama de Relaciones sin ordenar, en el que se entremezclan las flechas de conexión, dificultando su interpretación.

En función de este diagrama dibujado y del tipo de Diagrama de Relaciones que se quiere obtener como resultado final, se ordena la posición, en la superficie de escritura, de cada uno de los elementos que lo componen.

Con la obtención de este Diagrama de Relaciones se finaliza la primera sesión

Paso 10: Revisar y aprobar el Diagrama de Relaciones.

Antes de la segunda sesión de trabajo:

- El Diagrama de Relaciones construido será revisado individualmente por cada uno de los componentes del grupo.
- Las dudas surgidas en su construcción serán consultadas con otros expertos en el tema analizado.

Durante de la segunda sesión de trabajo:

- Se incluye la información referida a las dudas existentes sobre relaciones directas.
- Se aclaran las discrepancias con el diagrama que surjan del análisis individualizado.

Paso 11: Identificar los factores más relevantes del diagrama

Una vez se tiene el Diagrama de Relaciones revisado y completo, se identificarán aquellos factores que pueden ser más relevantes para su análisis posterior.

Factores relevantes:

- Aquellos que presentan mayor número de conexiones, ya que esto significa que influyen o están influidos por un gran número de elementos del diagrama.
- Aquellos que, por su naturaleza, desde el punto de vista de la situación analizada, parecen elementos de especial significación.

La información que proporciona sobre las relaciones entre todos los factores que intervienen en la situación y la posibilidad de incluir más de un efecto, de forma claramente diferenciada, permite prever la necesidad de análisis de efectos o situaciones colaterales.

Esta última consideración es una ventaja fundamental del Diagrama de Relaciones sobre el Diagrama Causa-Efecto. Este último da una visión menos global de la situación en estudio y no permite trabajar con más de un efecto de forma tan eficaz.

Posibles problemas y deficiencias de interpretación

a) La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama de Relaciones, es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Su consistencia lógica no sustituye su comprobación empírica.

b) Deficiencias en las conclusiones pueden provenir de la interpretación de diagramas artificialmente complejos.

La expresión de los factores, incluidos en el diagrama, de forma excesivamente simple provoca la existencia de gran número de flechas de conexión entre los mismos y el diagrama es difícil de entender, siendo compleja la identificación de los factores clave del mismo.

c) Deficiencias en la definición del efecto o situación en estudio, o en la realización del proceso de construcción pueden provocar sesgos en su resultado y por tanto, en su interpretación posterior.



1.5.3 Diagrama de árbol

Es una herramienta de calidad que a través de un proceso sistemático nos permite hallar la relación existente entre un concepto general y los elementos que lo componen.

Dicho de otra forma, la herramienta se basa en la visión en conjunto de los medios requeridos (las ramas del árbol) para resolver un problema o alcanzar un objetivo (el tronco del árbol).

Parte de un elemento central (tronco) que se desagrega en otras subelementos más pequeñas (ramas de primer nivel), que a su vez también se desagregan en otros elementos; de ahí el nombre de árbol. Así pues, en la medida en que vamos desagregando el elemento central encontramos medios más detallados y accionables.

Es decir, que entre más conseguimos profundizar, el diagrama entrega mayor precisión sobre los medios que deben ser empleados para alcanzar el elemento central -el tronco- por lo que podríamos considerar los niveles superiores como productos u objetivos secundarios.

Dentro de las características de diagrama de árbol tenemos que:

- Permite visualizar la relación entre una generalidad y sus detalles.
- Logramos encontrar causa raíz del problema o situación que se aborda.
- Logramos detectar elementos faltantes (ramas) al tener una visión en conjunto del elemento central.
- Para analizar procesos de forma detallada.
- Como herramienta comunicativa y visual al mostrar la relación entre conceptos de forma gráfica.
- Su elaboración se apoya en otras técnicas y herramientas como tormenta de ideas, diagrama de afinidad y diagrama de relaciones.

Las situaciones que aborda el diagrama son varias, por ejemplo:

- Un proyecto, objetivo o plan de acción del que descomponemos las actividades o medios.
- Un problema y queremos hallar la causa raíz.
- La estructura de elaboración de un producto por componentes.

Cómo hacer un diagrama de árbol

Paso 1: Definiendo el grupo de trabajo

Puedes hacerlo solo, pero según la complejidad de la situación que se aborda es posible que no obtengas los mejores resultados. De ahí que para hacer un diagrama de árbol siempre sea mejor definir un equipo de trabajo.

Deberá haber personas con conocimiento de la situación que se aborda, también personal con capacidad analítica y de diferentes áreas de conocimiento si es aplicable.

Paso 2: Definiendo el elemento central

Toda desagregación tiene un punto de partida general, defínelo. Este será el problema, situación, meta, proyecto o lo que sea que vamos a desagregar. Puedes ubicarlo en la parte superior del diagrama desde donde se empezará a desagregar, o lo que es más común, a la izquierda de todo.

Paso 3: Las ramas de primer nivel

Consideramos que al tener completos los medios o ramas de primer nivel lograremos dar solución al elemento central. Puede que al ser el primer nivel estemos algo confundidos al no saber cómo empezar. Conviene entonces que nos preguntemos:

- Si hablamos de un proyecto, objetivo o plan de acción: ¿Qué tenemos que hacer para lograr esto? o «Para conseguir esto, debemos...»
- Si hablamos de un proyecto: ¿Qué es lo que está causando este problema? o ¿Por qué se está generando esto?
- Y si es un producto: ¿Cómo podemos descomponer la elaboración de este producto?

Como ves, todo sigue el mismo procedimiento independiente del caso.

Todo se logra a través de una lluvia de ideas, pero también te será útil, si lo tienes de antes, los elementos obtenidos en un diagrama de relaciones o diagrama de afinidad.

Paso 4: Primer verificación

Ya con el primer nivel desagregado, en este paso nos aseguramos de que no nos falte nada.

Pregúntate entonces:

- ¿Teniendo completas todos los elementos, conseguimos cumplir el elemento central?

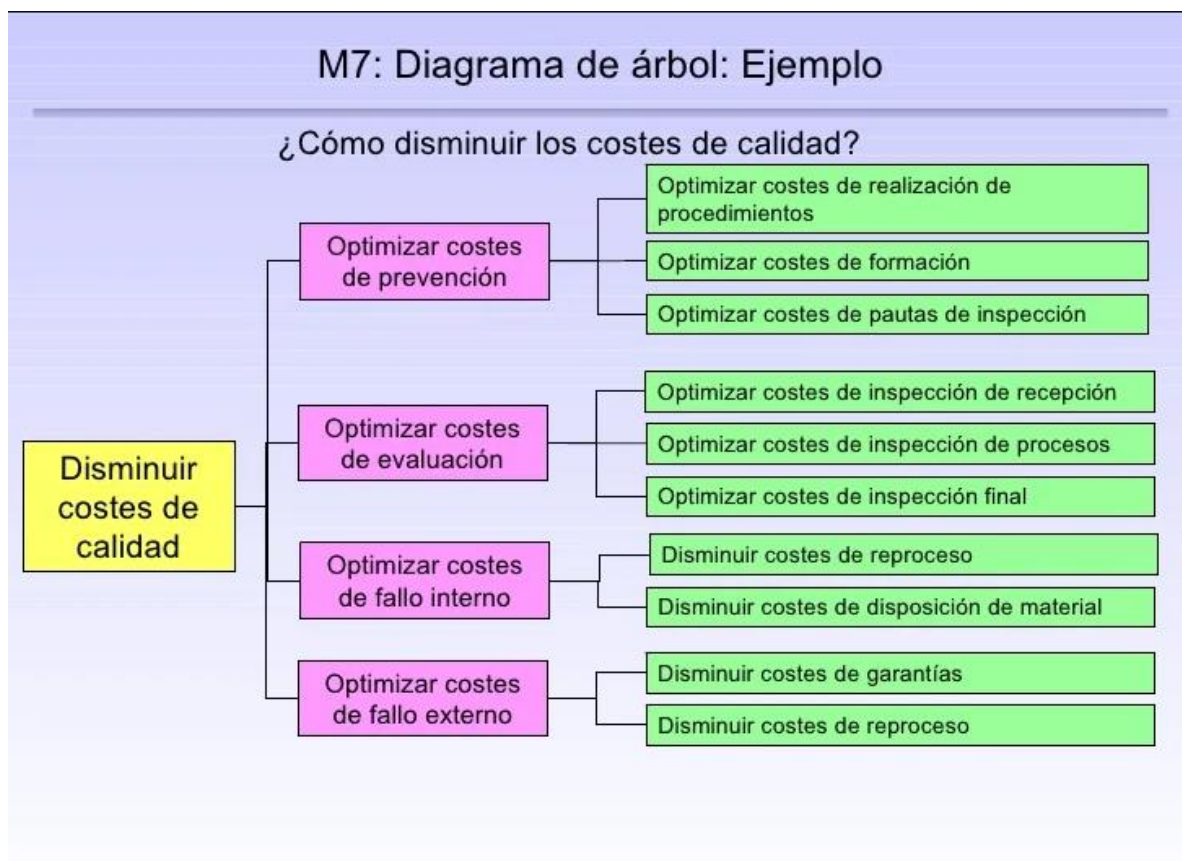
- ¿Son necesarios todos estos elementos para cumplir el elemento central?

Paso 5: Repetimos paso 3 y 4.

Es decir que los elementos detectados en el nivel anterior, serán objetivo de la pregunta.

Paso 6: Verificación final

Con esta verificación tomamos todos los elementos desde la parte inferior del árbol y comenzamos a subir por cada nivel, hasta que comprobar que, en efecto, no sobran ni faltan elementos para completar el elemento central.



Betancourt, D. F. (13 de julio de 2018). *Qué es un diagrama de árbol y cómo se hace*. Recuperado el 14 de febrero de 2024, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/diagrama-de-arbol.

1.5.4 Diagrama matricial

Un diagrama matricial es una representación gráfica de datos organizados en forma de una matriz, donde las filas y columnas representan distintas categorías o elementos que se comparan o relacionan entre sí. Este tipo de diagrama se utiliza principalmente en el ámbito de la gestión de proyectos, la toma de decisiones y la resolución de problemas.

El propósito principal de un diagrama matricial es proporcionar una visión clara y estructurada de las relaciones entre diferentes variables, factores o elementos. Al organizar la información en una matriz, se pueden identificar fácilmente patrones, tendencias y conexiones que pueden no ser evidentes al observar los datos en su forma original.

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	Característica A	Característica B	Característica C	...	Característica M
Requerimiento A	●	●			
Requerimiento B	●		△		○
Requerimiento C		●	△		
⋮					○
Requerimiento N	○		●		

● Relación fuerte ○ Relación media △ Relación débil

El proceso para crear un diagrama matricial generalmente implica los siguientes pasos:

1. Identificación de categorías o elementos relevantes: Se deben identificar los elementos o categorías que se van a comparar o analizar. Estos pueden ser tareas en un proyecto, funciones en una organización, características de un producto, entre otros.
2. Definición de criterios de comparación: Se determinan los criterios o factores que se utilizarán para comparar los elementos entre sí. Estos criterios pueden variar dependiendo

del contexto del análisis, pero suelen incluir aspectos como la importancia, la complejidad, el costo, el impacto, entre otros.

3. Construcción de la matriz: Se crea una matriz donde se colocan los elementos en las filas y columnas, y se registran los datos relevantes según los criterios definidos. Esto puede hacerse manualmente utilizando papel y lápiz, o mediante software especializado que facilite la creación y manipulación de matrices.

4. Análisis de resultados: Una vez completada la matriz, se analizan los datos para identificar patrones, relaciones significativas, áreas de oportunidad o posibles problemas. Esta etapa puede implicar el uso de técnicas adicionales, como análisis de tendencias, cálculos estadísticos o la aplicación de métodos de optimización.

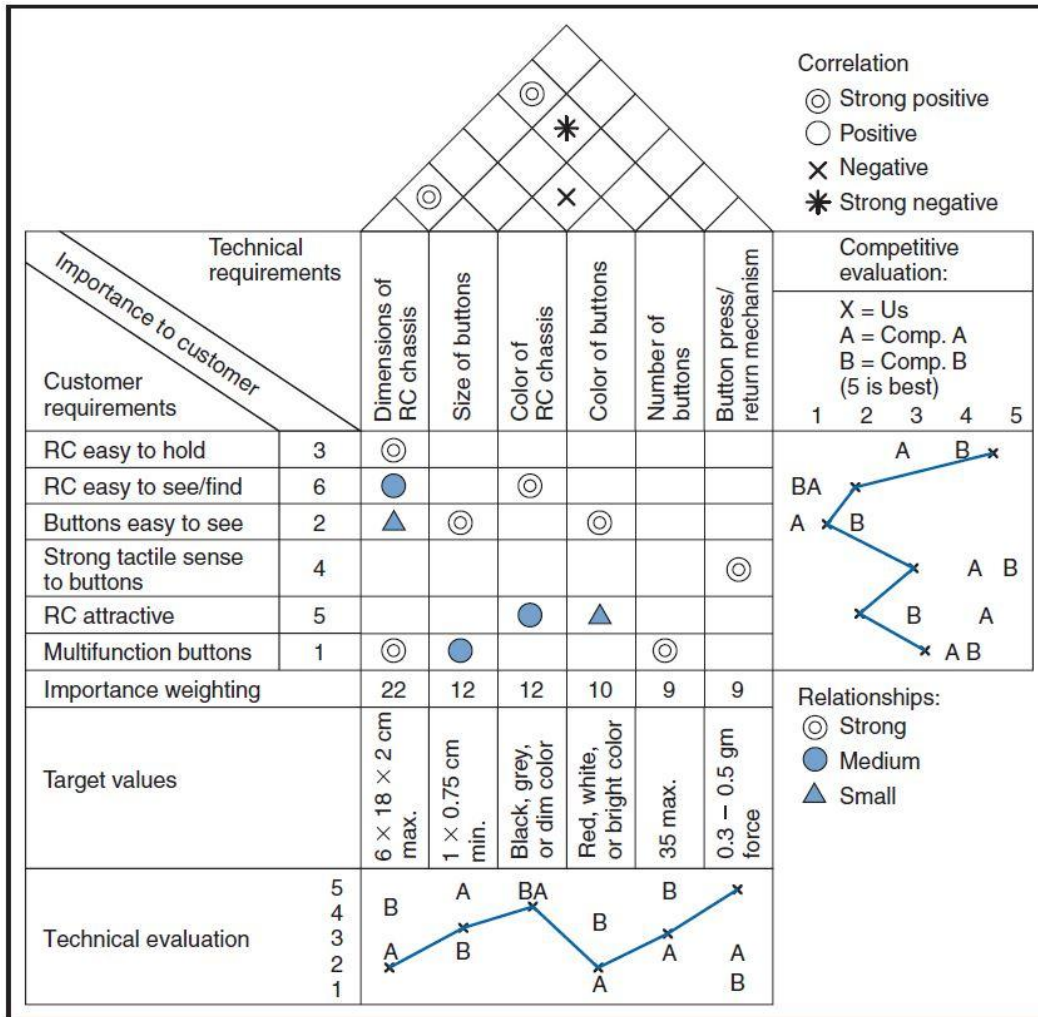
Los diagramas matriciales se utilizan en una variedad de contextos y para diversos propósitos, algunos de los cuales incluyen:

Gestión de proyectos: Para asignar recursos, identificar dependencias entre tareas, evaluar riesgos y priorizar actividades.

Toma de decisiones: Para comparar diferentes opciones o alternativas en función de múltiples criterios y seleccionar la mejor opción.

Análisis de procesos: Para identificar cuellos de botella, puntos de mejora o áreas de ineficiencia en un proceso.

Evaluación de desempeño: Para comparar el rendimiento de diferentes individuos, equipos o áreas funcionales en una organización.



Ejemplo de Diagrama Matricial

1.5.5 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso o sistema, que muestra la secuencia de pasos o acciones que se deben seguir para completar una tarea o alcanzar un objetivo específico. Estos diagramas utilizan símbolos y flechas para representar los distintos pasos, decisiones, operaciones y conexiones dentro del proceso.

Los diagramas de flujo se utilizan en una amplia variedad de campos y aplicaciones, desde la ingeniería y la programación hasta la gestión de proyectos y la planificación empresarial. Su objetivo principal es proporcionar una visualización clara y estructurada de un proceso,

lo que facilita la comprensión, la comunicación y la identificación de posibles mejoras o problemas.

A continuación, se detallan los elementos clave y el proceso de creación de un diagrama de flujo:

1. Símbolos y convenciones: Los diagramas de flujo utilizan una serie de símbolos estándar para representar diferentes elementos del proceso. Algunos de los símbolos más comunes incluyen:

- Rectángulos: Representan pasos o acciones dentro del proceso.
- Diamantes: Representan decisiones o puntos de bifurcación en el flujo.
- Círculos u óvalos: Representan puntos de inicio, fin o términos del flujo.
- Flechas: Indican la dirección del flujo entre los distintos pasos o decisiones.

2. Secuencia de pasos: Los pasos del proceso se organizan en una secuencia lógica, comenzando desde el inicio del proceso y avanzando hacia el final. Cada paso se representa mediante un símbolo y se conecta con flechas para indicar la dirección del flujo.

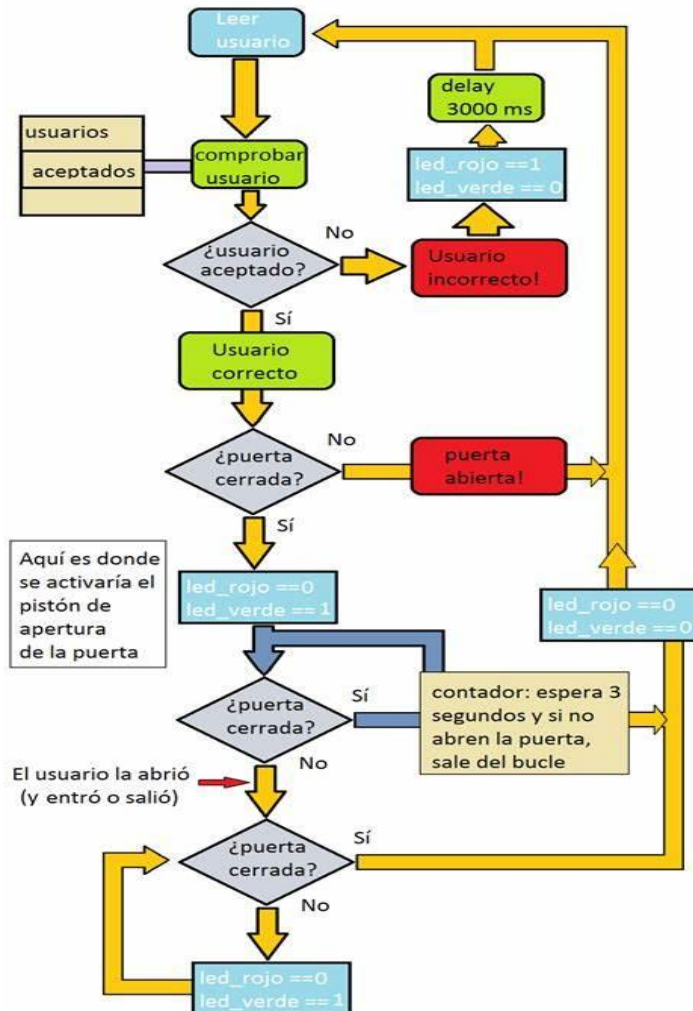
3. Decisiones y bifurcaciones: Cuando el proceso implica la toma de decisiones, se utilizan diamantes para representar estos puntos de decisión. Dependiendo de la condición o criterio especificado, el flujo puede tomar diferentes caminos.

4. Conexiones y ramificaciones: Los diagramas de flujo pueden incluir ramificaciones o conexiones entre diferentes partes del proceso, lo que permite representar múltiples caminos o escenarios posibles.

5. Análisis y mejora: Una vez creado el diagrama de flujo, se puede analizar para identificar posibles cuellos de botella, redundancias, errores o áreas de mejora en el proceso. Esto puede llevar a la optimización del proceso para aumentar la eficiencia, reducir los tiempos de ciclo o mejorar la calidad del resultado final.

Los diagramas de flujo se utilizan para una variedad de propósitos, entre los que se incluyen:

- Documentación de procesos: Para capturar y documentar los pasos necesarios para llevar a cabo una tarea o actividad.
- Diseño de sistemas: Para planificar y diseñar sistemas o procesos complejos antes de su implementación.
- Resolución de problemas: Para identificar y solucionar problemas en un proceso existente mediante la visualización de su flujo.
- Comunicación: Para transmitir de manera clara y concisa la secuencia de pasos o decisiones a otros miembros del equipo o stakeholders involucrados en el proceso.



1.5.6 Tormenta de ideas

La tormenta de ideas, también conocida como "brainstorming" en inglés, es una técnica utilizada para generar ideas de manera creativa y colaborativa en un entorno de grupo. Esta técnica fue popularizada por Alex Osborn en la década de 1950 como una forma de fomentar la creatividad y la innovación en equipos de trabajo.

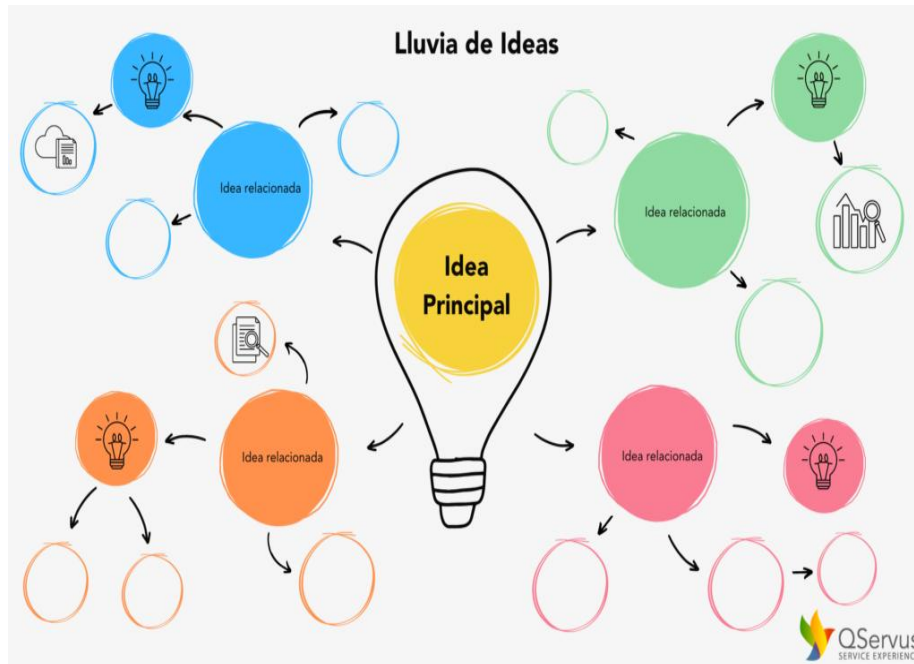
El proceso de tormenta de ideas se basa en la premisa de que la cantidad de ideas generadas es más importante que la calidad en las etapas iniciales del proceso creativo. El objetivo es liberar la mente de las limitaciones y el juicio crítico, permitiendo que fluyan ideas de manera libre y sin restricciones.

A continuación, se detallan los pasos típicos para llevar a cabo una sesión de tormenta de ideas:

1. Definición del objetivo o problema: Antes de comenzar la sesión, es importante establecer claramente el objetivo o el problema que se desea abordar. Esto proporciona un marco de referencia para guiar la generación de ideas.
2. Reunión del equipo: Se reúne un grupo de personas que representen una variedad de perspectivas y habilidades relevantes para el tema en cuestión. Es importante que el grupo sea diverso para fomentar la generación de ideas desde diferentes ángulos.
3. Establecimiento de reglas básicas: Se establecen algunas reglas básicas para guiar el proceso de tormenta de ideas, como la suspensión del juicio crítico, la generación de ideas sin censura y el fomento de la construcción de ideas sobre las sugerencias de los demás.
4. Generación de ideas: Durante esta fase, los participantes comparten libremente todas las ideas que se les ocurran, sin preocuparse por su viabilidad o originalidad. Se anima a los participantes a construir sobre las ideas de los demás y a pensar de manera creativa y fuera de lo común.
5. Registro de ideas: Un facilitador o alguien designado se encarga de registrar todas las ideas generadas, ya sea en un tablero, papel o software de colaboración. Es importante capturar todas las ideas, incluso aquellas que puedan parecer poco convencionales o poco prácticas en un principio.
6. Evaluación y selección: Una vez que se han generado suficientes ideas, el grupo puede proceder a evaluarlas y seleccionar aquellas que consideren más prometedoras o relevantes para el objetivo establecido. Esta fase puede incluir discusiones adicionales, votaciones u otras técnicas para priorizar las ideas.

La tormenta de ideas se utiliza para una variedad de propósitos, entre los que se incluyen:

- Generación de ideas para solucionar problemas o abordar desafíos.
- Desarrollo de nuevos productos, servicios o iniciativas.
- Mejora de procesos existentes.
- Promoción de la innovación y la creatividad en equipos de trabajo.
- Estimulación del pensamiento lateral y la exploración de diferentes perspectivas.



1.5.7 Porque-Porque

La técnica del "Por qué-Por qué" (también conocida como "Five Whys" en inglés) es un método de resolución de problemas que se utiliza para identificar la causa raíz de un problema o situación no deseada. Esta técnica fue popularizada por Toyota como parte de su sistema de producción y gestión de la calidad, conocido como el Sistema de Producción Toyota (TPS), y se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en la mejora continua y la resolución de problemas en diversos contextos.

El proceso de la técnica "Por qué-Por qué" es bastante simple y consiste en hacer una serie de preguntas "por qué" de manera repetida, profundizando en las causas subyacentes de un problema hasta identificar su causa raíz. A menudo, se realiza un mínimo de cinco iteraciones de preguntas "por qué", aunque pueden requerirse más o menos dependiendo de la complejidad del problema.

A continuación, se describen los pasos típicos para aplicar la técnica "Por qué-Por qué":

1. Identificación del problema: Se define claramente el problema o la situación no deseada que se desea abordar. Es importante comprender completamente el impacto y las implicaciones del problema para poder abordar adecuadamente sus causas subyacentes.

2. Formulación de la primera pregunta "Por qué": Se comienza haciendo la pregunta "Por qué" para identificar la causa inmediata o superficial del problema. Esta pregunta busca entender qué sucedió para que ocurriera el problema en primer lugar.

3. Análisis de la respuesta y formulación de la siguiente pregunta "Por qué": Se analiza la respuesta a la primera pregunta y se formula la siguiente pregunta "Por qué" para profundizar en las causas subyacentes. Esta pregunta se basa en la respuesta anterior y busca identificar qué causó esa causa inicial.

4. Iteración del proceso: Se repite el proceso de formular preguntas "Por qué" y analizar las respuestas hasta que se identifique la causa raíz del problema. Esto implica seguir profundizando en las causas subyacentes hasta que ya no sea posible realizar más preguntas "Por qué" de manera significativa.

5. Identificación de acciones correctivas: Una vez identificada la causa raíz del problema, se pueden identificar acciones correctivas específicas para abordar esa causa y prevenir la recurrencia del problema en el futuro. Estas acciones pueden incluir cambios en procesos, procedimientos, sistemas o prácticas de trabajo.

La técnica del "Por qué-Por qué" se utiliza para una variedad de propósitos, entre los que se incluyen:

- Resolución de problemas: Para identificar y abordar las causas subyacentes de problemas o situaciones no deseadas.
- Mejora continua: Para identificar áreas de oportunidad y realizar mejoras incrementales en procesos, sistemas o productos.
- Análisis de calidad: Para identificar defectos, errores o fallos en productos o procesos y tomar medidas correctivas.
- Gestión de proyectos: Para identificar riesgos potenciales y tomar medidas preventivas para mitigarlos.

1.5.8 Cómo-Cómo

La técnica del "Cómo-Cómo" es una metodología de resolución de problemas que se utiliza para analizar y diseñar soluciones de manera detallada y efectiva. Esta técnica se enfoca en identificar los pasos concretos y prácticos necesarios para implementar una solución o alcanzar un objetivo específico. A través del análisis exhaustivo de cómo se llevará a cabo una acción, esta técnica ayuda a planificar y ejecutar de manera efectiva los cambios requeridos.

A continuación, se describen los pasos típicos para aplicar la técnica del "Cómo-Cómo":

1. Definición del objetivo: Se establece claramente el objetivo o el resultado deseado que se busca lograr. Es importante que el objetivo sea específico, medible, alcanzable, relevante y con un tiempo definido (SMART).
2. Identificación de la solución general: Se analizan y generan posibles soluciones o enfoques para lograr el objetivo establecido. Es importante tener en cuenta todas las posibles alternativas y evaluar su viabilidad antes de seleccionar una solución específica.
3. Descomposición de la solución en pasos concretos: Se toma la solución seleccionada y se descompone en una serie de pasos concretos y secuenciales que deben seguirse para implementarla con éxito. Cada paso debe describirse de manera clara y detallada, especificando qué acciones se deben llevar a cabo, quién las llevará a cabo, cuándo se realizarán y qué recursos se necesitarán.
4. Análisis de contingencias y posibles obstáculos: Se identifican posibles obstáculos o desafíos que puedan surgir durante la implementación de los pasos identificados. Se desarrollan planes de contingencia para abordar estos obstáculos y se consideran estrategias alternativas para mantener el progreso hacia el objetivo.
5. Evaluación de la viabilidad y eficacia de la solución propuesta: Se revisa y se evalúa la solución propuesta en términos de su viabilidad, eficacia y capacidad para lograr el objetivo deseado. Se pueden realizar ajustes o modificaciones en la solución y en los pasos identificados según sea necesario.

La técnica del "Cómo-Cómo" se utiliza para una variedad de propósitos, entre los que se incluyen:

- Planificación y ejecución de proyectos: Para diseñar planes detallados y efectivos que guíen la implementación de proyectos y alcanzar sus objetivos.
- Resolución de problemas: Para analizar y abordar problemas de manera sistemática, identificando pasos específicos para implementar soluciones efectivas.
- Desarrollo de procesos: Para diseñar y mejorar procesos operativos, identificando pasos prácticos para optimizar la eficiencia y la calidad.
- Desarrollo de estrategias: Para diseñar e implementar estrategias organizacionales, identificando pasos específicos para lograr los objetivos estratégicos.

1.5.9 5 W y una H

La técnica de las "5W y 1H" es un enfoque ampliamente utilizado en el periodismo, la investigación, la planificación de proyectos y la resolución de problemas para obtener información completa sobre un tema específico. Las "5W" representan las palabras en inglés: Who (Quién), What (Qué), Where (Dónde), When (Cuándo) y Why (Por qué), mientras que la "H" representa How (Cómo).

A través de esta técnica, se busca obtener respuestas a estas seis preguntas clave para entender completamente un tema, evento o situación específica. Al obtener respuestas a estas preguntas, se puede obtener una visión completa y detallada del problema o tema en cuestión, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la planificación efectiva.

Aquí está el significado de cada una de las "5W" y la "H":

1. Who (Quién): Se refiere a las personas, grupos o entidades involucradas en el tema o evento en cuestión. Esta pregunta busca identificar quiénes están relacionados directa o indirectamente con el asunto.
2. What (Qué): Se refiere a las acciones, eventos o aspectos específicos del tema en cuestión. Esta pregunta busca identificar qué está ocurriendo o qué se está discutiendo.
3. Where (Dónde): Se refiere al lugar o la ubicación donde ocurren los eventos o actividades relacionados con el tema. Esta pregunta busca identificar la ubicación geográfica o física relevante.
4. When (Cuándo): Se refiere al tiempo o al período en el que ocurren los eventos o actividades relacionadas con el tema. Esta pregunta busca identificar cuándo ocurrieron, ocurren o ocurrirán los eventos.
5. Why (Por qué): Se refiere a las razones, motivaciones o causas detrás del tema o evento en cuestión. Esta pregunta busca entender las razones o motivos que llevaron a que ocurriera algo.
6. How (Cómo): Se refiere al método, proceso o manera en que ocurren los eventos o se llevan a cabo las acciones relacionadas con el tema. Esta pregunta busca entender el proceso o los pasos involucrados en la realización de las acciones.

La técnica de las "5W y 1H" se utiliza en una variedad de contextos y situaciones, incluyendo:

- Periodismo: Para investigar y escribir artículos informativos y completos.
- Investigación: Para recopilar información y datos de manera sistemática.
- Planificación de proyectos: Para comprender los detalles y los requisitos de un proyecto.
- Resolución de problemas: Para analizar los aspectos clave de un problema y desarrollar soluciones efectivas.

1.6 Herramientas estadísticas

1.6.1 Hojas de verificación

Una **hoja de verificación** es una hoja con formato de tabla que sirve para registrar datos de un proceso. Es decir, una hoja de verificación es una plantilla que se usa para observar un proceso e ir apuntando los fenómenos observados a medida que van sucediendo.

Por ejemplo, se puede utilizar una hoja de verificación para registrar los diferentes defectos de las unidades fabricadas, de manera que un operario apunta en una hoja de verificación cada defecto que encuentra. De este modo se puede saber cuáles son los defectos que se producen y cuáles son los que más se repiten.

La hoja de verificación también se puede llamar **lista de chequeo, hoja de comprobación** u **hoja de control**.

En gestión de la calidad, las hojas de verificación tienen muchas aplicaciones, pero básicamente se usan para registrar elementos de un proceso. Los datos recopilados con una hoja de verificación son útiles para analizar el rendimiento del proceso, identificar las causas de los defectos y revelar tendencias o patrones.

Los pasos para **hacer una hoja de verificación** son

Definir el objetivo: en primer lugar, se debe tener claro cuál es el problema que se quiere abordar y qué se pretende conseguir con la investigación. Esto te ayudará a diseñar una hoja de verificación que se adapte a las características de la investigación.

Establecer la frecuencia para recoger datos: se debe decidir cuándo se recopilarán datos y durante cuánto tiempo.

Diseñar la hoja de verificación: una vez se han definido las características de la investigación, se debe construir una tabla que permita recoger los datos de forma sencilla

y eficiente. Ten en cuenta que es importante que la hoja de verificación permita registrar los datos haciendo marcas simples, de manera que luego no se tengan que procesar los datos para poder analizarlos.

Añadir información a la hoja de verificación: la hoja de verificación debe contener toda la información necesaria para que los operarios puedan entenderla y usarla fácilmente. Por lo tanto, se debe poner el nombre de las fechas, operarios, categorías, etc.

Comprobar el uso de la hoja de verificación: antes de ponerla en funcionamiento, debes hacer unas pruebas para comprobar que la hoja de verificación está bien diseñada, es decir, que permite recoger los datos de interés y es fácil de usar.

Formar al personal: para poder llevar a cabo la investigación y que los datos recopilados sean correctos, debes entrenar a los operarios que la utilizarán para que hagan un uso correcto de la hoja de verificación.

Ejemplo de hoja de verificación de frecuencia:

Model		Part Name	Part No:	
Operator		Location	Model	
S.No	Defect	Frequency		Total
1	Crack			23
2	Blow hole			16
3	Wrinkle			28
4	Rough Surface			18
5	Dent			26
6	Blister			14

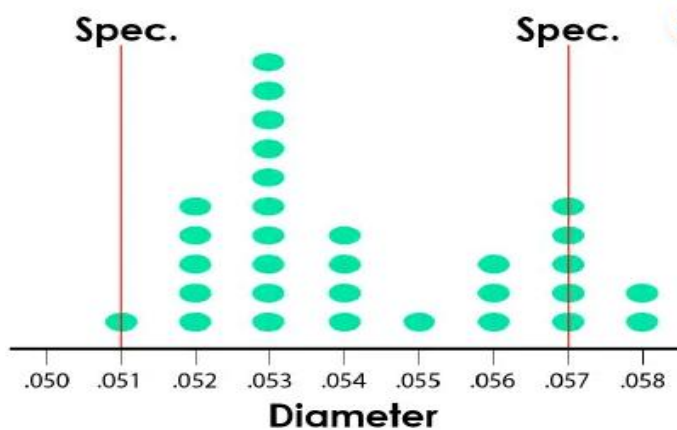
Ejemplo de hoja de verificación con clasificación:

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Wrong orders	///	HHH	HHH HHH HHH HHH //	/	//	////	HHH //
Reworked orders		/	//	///		/	//
Late deliveries	HHH ///	/	///	//		///	//
Shipping damage						HHH HHH HHH HHH	HHH ///
Late payments		/					
Totals	11	8	27	6	2	28	19

Ejemplo de hoja de verificación de localización:



Ejemplo de hoja de verificación con escala de medición:



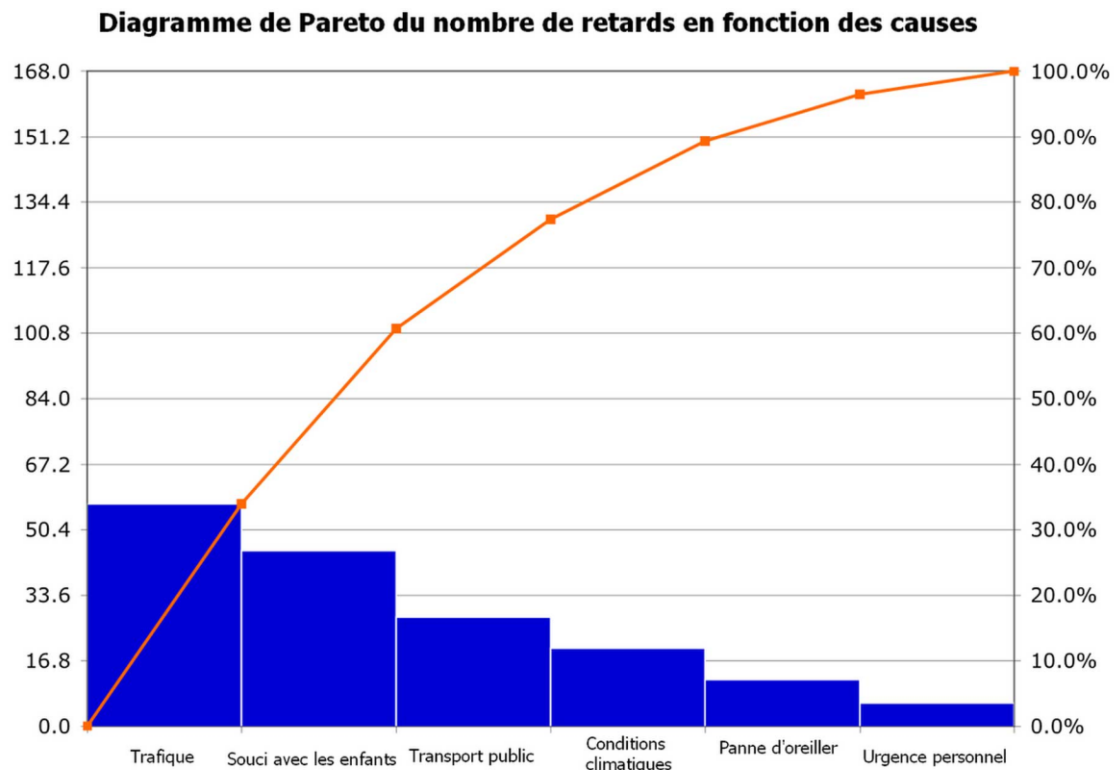
1.6.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que nos permite organizar datos de forma ordenada y visualizar las prioridades. Con este diagrama, podemos identificar los problemas más importantes y asignarles un orden de importancia. La idea principal detrás del diagrama de Pareto es el principio de Pareto, que establece que pocos elementos son vitales y muchos son triviales. Esto significa que hay muchos problemas sin importancia en comparación con unos pocos muy importantes.

El diagrama de Pareto se utiliza en diferentes ámbitos, como en la industria, las empresas comerciales y los fenómenos sociales o naturales. Es una herramienta útil para analizar fallas y tomar decisiones dentro de una organización. Además, se puede generar utilizando programas de hoja de cálculo o herramientas de visualización como Microsoft Excel o Minitab.

El diagrama de Pareto se basa en el principio de Pareto, que establece que el 20% de las causas totales son responsables del 80% de los efectos. Esto significa que un pequeño número de causas son las responsables de la mayoría de los problemas. Al utilizar el diagrama de Pareto, podemos identificar estas causas principales y enfocar nuestros esfuerzos en resolverlas.

En resumen, el diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que nos permite organizar datos y priorizar problemas. Nos ayuda a identificar las causas principales de los problemas y tomar decisiones basadas en datos. Es una herramienta útil en diferentes ámbitos y se puede generar utilizando programas de hoja de cálculo o herramientas de visualización. Al utilizar el principio de Pareto, podemos enfocar nuestros esfuerzos en resolver las causas principales y mejorar la eficiencia de una organización.



Elaboración de un Diagrama de Pareto en Minitab

De acuerdo con la información de una hoja de verificación en una línea de proceso de envasado de tequila, se presentaron en el último mes los siguientes resultados en cuanto a defectos y frecuencia:

Defecto de envasado	Frecuencia
Botella	804
Tapa	715
Etiqueta	1823
Contra etiqueta	742
Botella sin sello	916
Otros	102
Total de botellas envasadas en el mes	424654

Elabore un Diagrama de Pareto y saque conclusiones

Paso 1. Abrir el Minitab y colocar los tipos de defecto de envasado y su respectiva frecuencia datos en columnas.

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asi

Sesión

Hoja de trabajo*

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	DEFECTOS	FRECUENCIA					
1	BOTELLA	804					
2	TAPA	715					
3	ETIQUETA	1823					
4	CONTRA ETIQUETA	742					
5	BOTELLA SIN SELLO	916					
6	OTROS	102					
7							
8							

Paso 2. Damos clic en Estadísticas, Herramientas de calidad y Diagrama de Pareto

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Estadísticas básicas
Regresión
ANOVA
DOE
Gráficas de control
Herramientas de calidad
Confiability/supervivencia
Análisis multivariado
Series de tiempo
Tablas
No paramétricos
Pruebas de equivalencia
Potencia y tamaño de la muestra

Gráfica de corridas...
Diagrama de Pareto...
Causa y efecto...
Identificación de la distribución individual...
Transformación de Johnson...
Análisis de capacidad
Capability Sixpack
Intervalos de tolerancia (Distribución normal)...
Intervalos de tolerancia (Distribución no normal)...
Estudio del sistema de medición
Crear hoja de trabajo de análisis de concordancia de atributos...
Análisis de concordancia de atributos...
Muestreo de aceptación por atributos...
Muestreo de aceptación por variables...
Gráfica multi-vari...
Gráfica de simetría...

Sesión

Hoja de trabajo*

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	DEFECTOS	FRECUENCIA					
1	BOTELLA	804					
2	TAPA	715					
3	ETIQUETA	1823					
4	CONTRA ETIQUETA	742					
5	BOTELLA SIN SELLO	916					
6	OTROS	102					
7							
8							
9							
10							

Paso 3. Trasladar con doble clic la columna de defectos y la columna de frecuencia y por último dar click en aceptar.

Diagrama de Pareto

C1 DEFECTOS
C2 FRECUENCIA

Defectos o datos de atributos en: DEFECTOS

Frecuencias en: FRECUENCIA (opcional)

Por variable en: (opcional)

☒ Predeterminado (todo en una gráfica, el mismo orden de las barras)
☐ Un grupo por gráfica, mismo orden de barras
☐ Un grupo por gráfica, orden independiente de barras

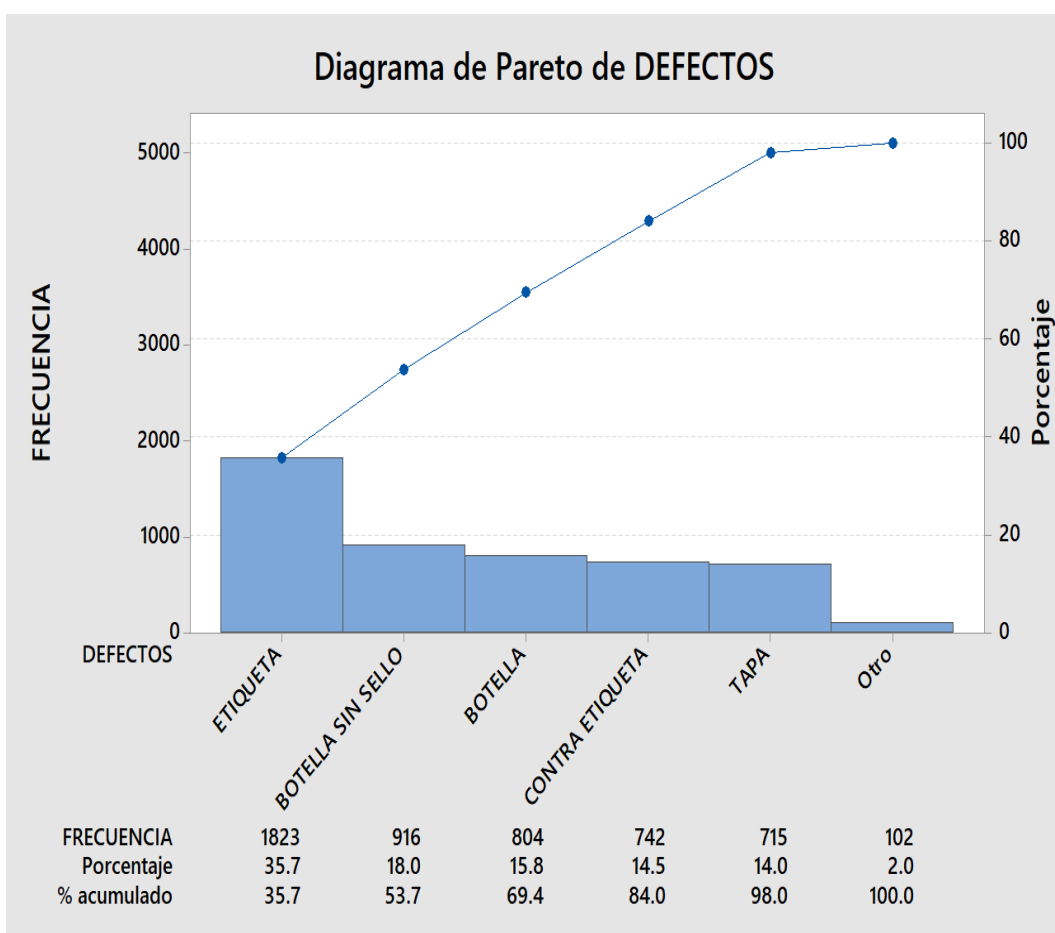
☒ Combinar defectos restantes en una categoría después de este porcentaje: 95
☐ No combinar

Seleccionar

Ayuda

Aceptar Cancelar

Y así obtenemos la gráfica de Pareto para su interpretación.



1.6.3 Diagrama Causa-Efecto

El diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es una herramienta utilizada para identificar las posibles causas de un problema específico. Fue creado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Su finalidad es organizar de manera esquemática las posibles causas de un problema o efecto específico, especialmente en procesos relacionados con la producción industrial.

El diagrama de causa-efecto se representa como un pez, con el defecto o problema en la cabeza del pez y las causas extendiéndose hacia la izquierda como espinas de pescado. Las causas se agrupan en categorías principales para identificar y clasificar las fuentes de variación. Este diagrama es utilizado para identificar las causas principales de un problema y aumentar la probabilidad de encontrar las causas raíz.

Este diagrama es muy útil en procesos de mejoramiento continuo y en la prevención de defectos de calidad. Permite organizar grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Además, facilita el análisis de un problema, ayudando a reflexionar sobre sus posibles causas y agrupándolas en categorías generales.

En resumen, el diagrama de causa-efecto es una herramienta efectiva para identificar las causas de un problema y desarrollar un plan de recolección de datos. Ayuda a organizar racionalmente el análisis de un problema prioritario y es utilizado en diferentes tipos de procesos, especialmente en la producción industrial. Utilizar esta herramienta puede ser de gran ayuda para mejorar los procesos corporativos y alcanzar la calidad deseada.

Pasos para crear un diagrama de causa-efecto en Minitab:

1. Abrir Minitab:

- Inicia Minitab en tu computadora.

2. Identificar los datos:

- Para comenzar, necesitas tener identificadas las causas y el efecto que quieres analizar. Por ejemplo, si estás investigando las posibles causas de un problema de calidad (efecto), necesitas listar las categorías principales de causas que podrían contribuir a ese efecto.

3. Ingresar datos en una hoja de trabajo:

Minitab - Sin título

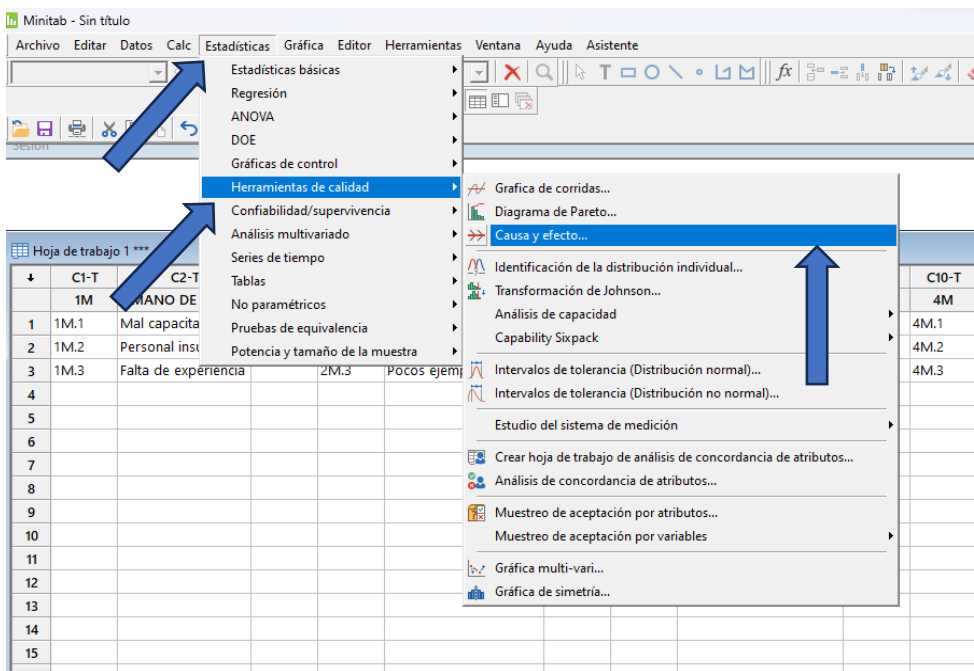
Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Hoja de trabajo 1 ***

	C1-T	C2-T	C3	C4-T	C5-T	C6	C7-T	C8-T	C9	C10-T	C11-T	C12	C13-T	C14-T	C15	C16-T	C17-T	C18
	1M	MANO DE OBRA		2M	MÉTODOS DE TRABAJO		3M	MAQUINARIA Y EQUIPO		4M	MATERIALES		5M	MEDICIÓN		6M	MEDIO AMBIENTE	
1	1M.1	Mal capacitada		2M.1	Falta de estándares		3M.1	Fallas en el horno		4M.1	Ingredientes de baja calidad		5M.1	instrumental viejo		6M.1	Mal clima laboral	
2	1M.2	Personal insuficiente		2M.2	Instrucciones obsoletas		3M.2	Fallas en la refrigeración		4M.2	Cantidades inadecuadas		5M.2	instrumental no calibrado		6M.2	Alta carga de trabajo	
3	1M.3	Falta de experiencia		2M.3	Pocos ejemplares		3M.3	Herramientas dañadas		4M.3	Mal almacenamiento		5M.3	instrumental inadecuado		6M.3	instalaciones reducidas	
4																		
5																		
6																		
7																		

4. Crear el diagrama:

- Ve al menú Estadísticas > Calidad > Diagrama de causa-efecto.



5. Seleccionar columnas:

- En la ventana del diagrama de causa-efecto, selecciona la columna que contiene el efecto y las columnas que contienen las causas. Renombrar las etiquetas si es necesario.

Fallas en la refrigeración	4M.2	Cantidades inadecuadas	5M.2	instrumental no calibrado
----------------------------	------	------------------------	------	---------------------------

Diagrama de causa y efecto

C1 1M

C2 MANO DE OBRA

C4 2M

C5 MÉTODOS DE TRABAJO

C7 3M

C8 MAQUINARIA Y EQUIPO

C10 4M

C11 MATERIALES

C13 5M

C14 MEDICIÓN

C16 6M

C17 MEDIO AMBIENTE

Ramal	Causas	Etiqueta
1	En columna	'MANO DE OBRA'
2	En columna	'MAQUINARIA Y EQUIPO'
3	En columna	MATERIALES
4	En columna	'MÉTODOS DE TRABAJO'
5	En columna	MEDICIÓN
6	En columna	'MEDIO AMBIENTE'
7	En columna	
8	En columna	
9	En columna	
10	En columna	

Efecto: PIEZAS DE BAJA CALIDAD

Título: DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

☐ No etiquetar los ramales
 ☐ No mostrar ramales vacíos

Seleccionar

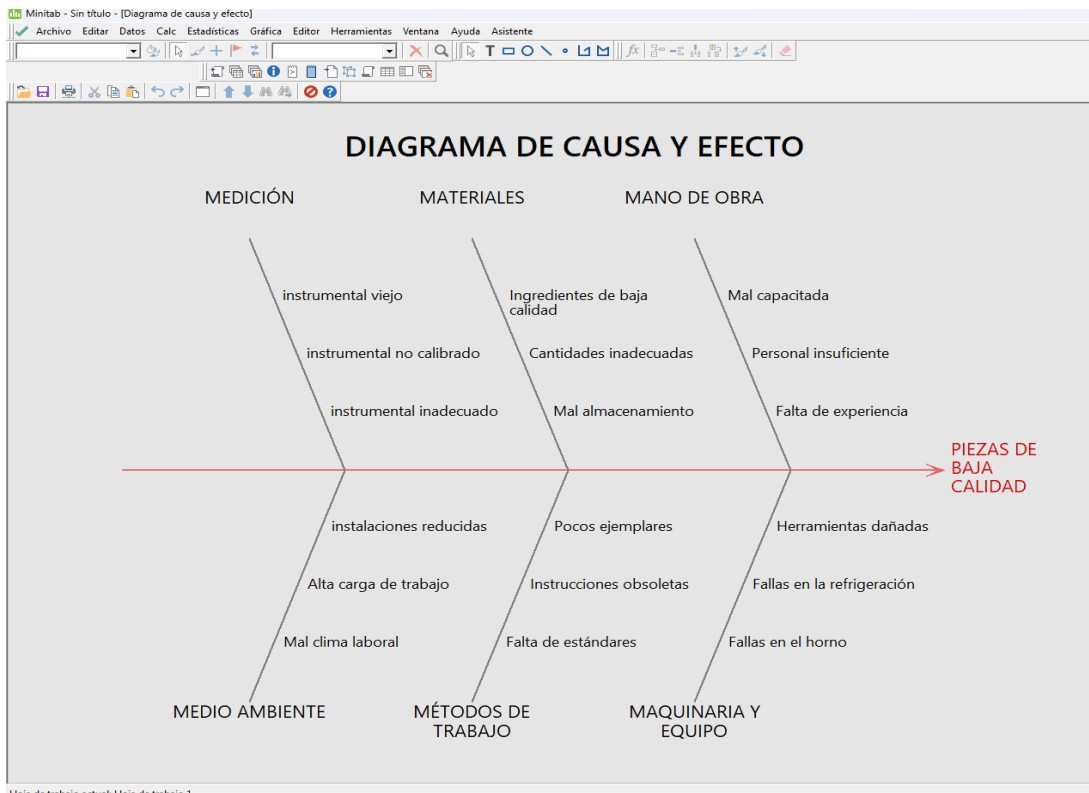
Ayuda

Aceptar

Cancelar

6. Generar el diagrama:

- Haz clic en “Aceptar” para que Minitab genere el diagrama de causa-efecto basado en los datos que ingresaste.



7. Configurar opciones:

- Puedes ajustar opciones como el tamaño de letra, el título del diagrama y otros detalles visuales desde las opciones disponibles en la ventana desde el diagrama obtenido.

8. Interpretar el diagrama:

- Una vez que se genere el diagrama, Minitab mostrará un gráfico con el efecto (problema) en el centro y líneas que representan las categorías de causas principales que podrían contribuir al efecto.
- Cada categoría de causa puede tener sub-causas adicionales que se ramifican desde la línea principal. Esto te ayuda a visualizar de manera estructurada las posibles causas del problema.

9. Análisis y acción:

- Utiliza el diagrama para discutir y analizar las posibles causas del efecto observado.
- Puedes utilizar herramientas adicionales en Minitab para realizar análisis estadísticos más profundos sobre las causas identificadas si es necesario.

10. Guardar y compartir:

- Guarda el proyecto de Minitab si deseas conservar el diagrama y los datos asociados. También puedes exportar el diagrama en diferentes formatos para compartirlo con otros.

Consejos adicionales:

- Asegúrate de que las causas y el efecto estén claramente definidos antes de ingresar los datos en Minitab para obtener un diagrama preciso y útil.
- Revisa y valida las causas identificadas con datos adicionales o experiencias prácticas para confirmar su relevancia.

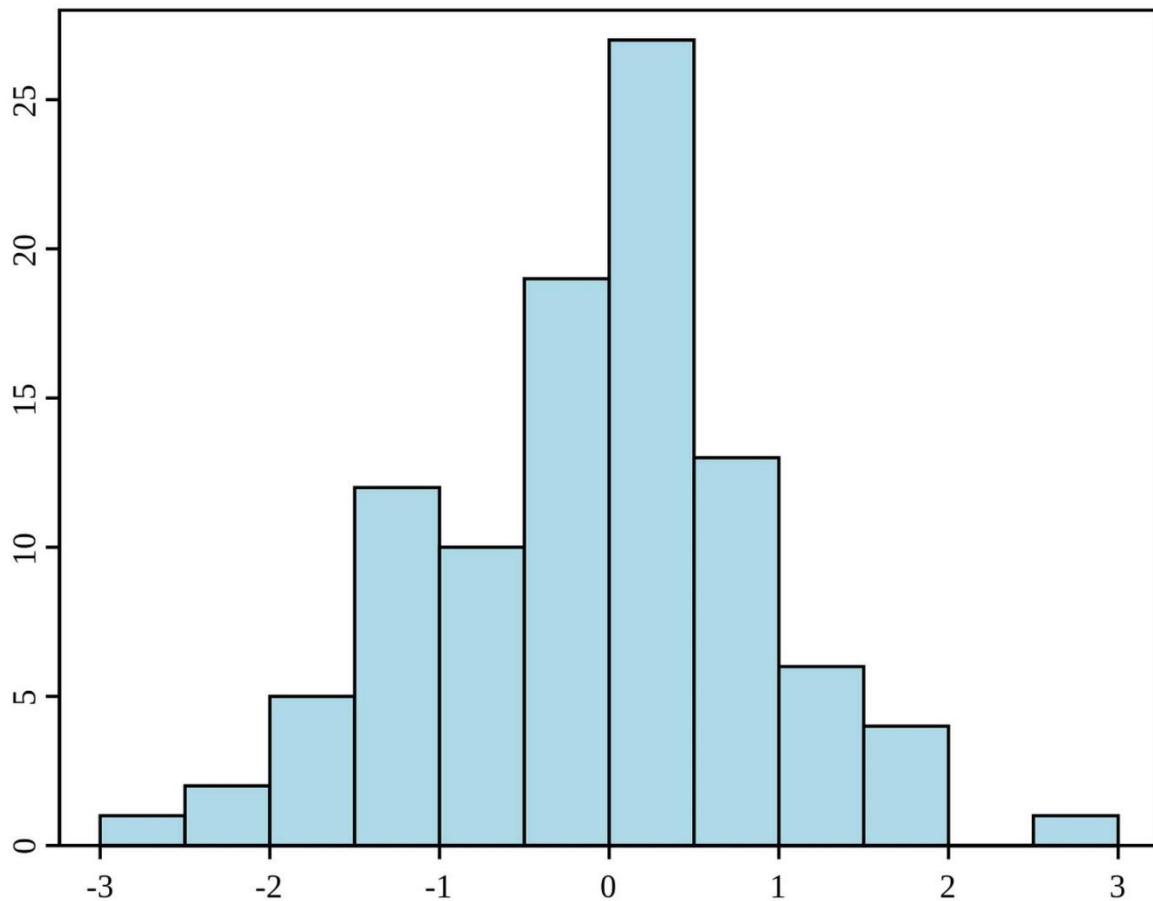
1.6.4 Histograma

Un histograma es una representación gráfica de la distribución de datos numéricos. Para construir un histograma, se dividen los valores en intervalos y se cuenta cuántos valores caen en cada intervalo. Los intervalos, llamados "bins", suelen ser de igual tamaño, pero también pueden ser de tamaño desigual. Los histogramas muestran la densidad de la distribución de los datos y se utilizan para estimar la función de densidad de probabilidad de la variable subyacente. A diferencia de los gráficos de barras, que se utilizan para datos categóricos, los histogramas se utilizan para datos cuantitativos.

Un histograma es útil para visualizar la distribución de datos numéricos. Muestra la frecuencia o el número de observaciones en diferentes rangos numéricos, llamados bins. Cada barra en el histograma representa un bin y su altura muestra la frecuencia de observaciones en ese bin. Esto permite identificar patrones y tendencias en los datos, así como hacer comparaciones entre diferentes conjuntos de datos. Por ejemplo, se puede utilizar un histograma para representar la distribución de edades en una población. Las barras más altas indicarían que hay más personas en ese rango de edad.

Es importante tener en cuenta que los histogramas se utilizan para datos continuos, mientras que los gráficos de barras se utilizan para datos categóricos o nominales. Los histogramas no tienen espacios entre las barras y representan la cantidad de valores en un rango específico. Por otro lado, los gráficos de barras tienen espacios entre las barras y representan los valores de medida de cada categoría.

Ejemplo



Ejemplo de elaboración de un histograma:

En la elaboración de envases de plásticos, primero se elabora la preforma, para la cual se tienen varios criterios de calidad, uno de ellos es el peso de la preforma. Para cierto envase se tiene que el peso debe estar entre 28.00 ± 0.5 gramos. A continuación, se muestran los últimos 80 datos obtenidos mediante una hoja de verificación para esta variable.

MUESTRAS

27.72	28.39	28.21	28.19	28.02	27.92	27.89	27.88
28.06	27.91	27.91	27.95	27.96	27.94	28.04	28.05
27.81	27.74	27.95	27.91	27.93	28.07	28.13	27.93
27.87	27.87	27.82	28.23	27.90	27.91	28.16	27.94
27.86	27.84	27.70	27.98	28.02	28.00	27.99	28.13
28.26	28.10	27.94	28.07	27.84	27.90	27.87	27.76

27.95	27.94	27.81	27.76	27.96	27.84	27.85	27.93
28.22	27.96	27.88	28.08	28.04	28.19	27.89	28.08
28.09	28.02	27.85	28.27	27.75	27.98	27.75	27.82
28.13	27.88	28.11	28.05	28.14	28.11	28.08	28.16

a) Construya un Histograma e interprételo.

Pasos para crear un histograma en Minitab:

1. Abrir Minitab:

- Inicia Minitab en tu computadora.

2. Ingresar datos:

- Abre una hoja de trabajo en Minitab.
- Ingresa los datos que desees analizar en una columna de la hoja de trabajo.

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica

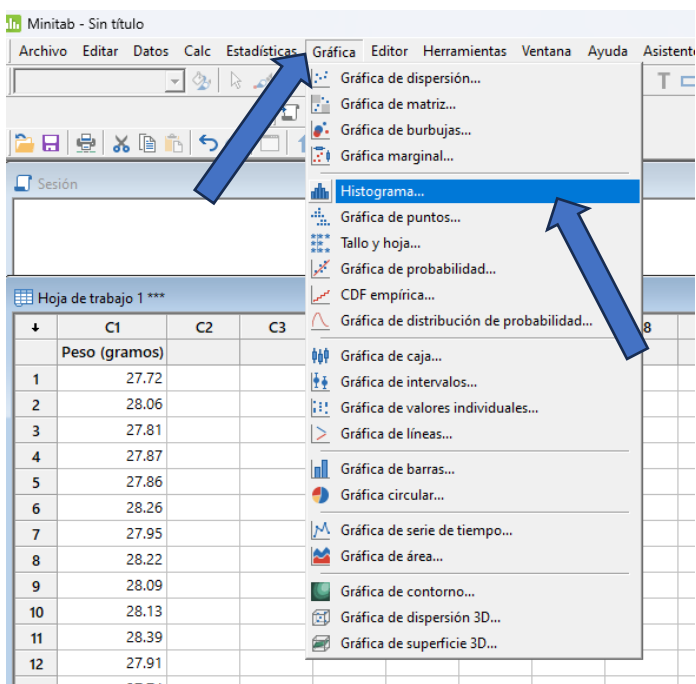
Sesión

Hoja de trabajo 1 ***

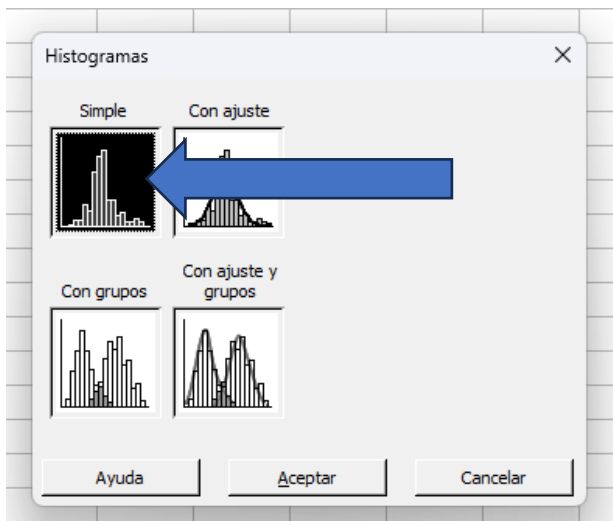
	C1	C2	C3	C4
	Peso (gramos)			
1	27.72			
2	28.06			
3	27.81			
4	27.87			
5	27.86			
6	28.26			
7	27.95			
8	28.22			
9	28.09			
10	28.13			
11	28.39			
12	27.91			
13	27.74			
14	27.87			
15	27.84			

3. Crear histograma:

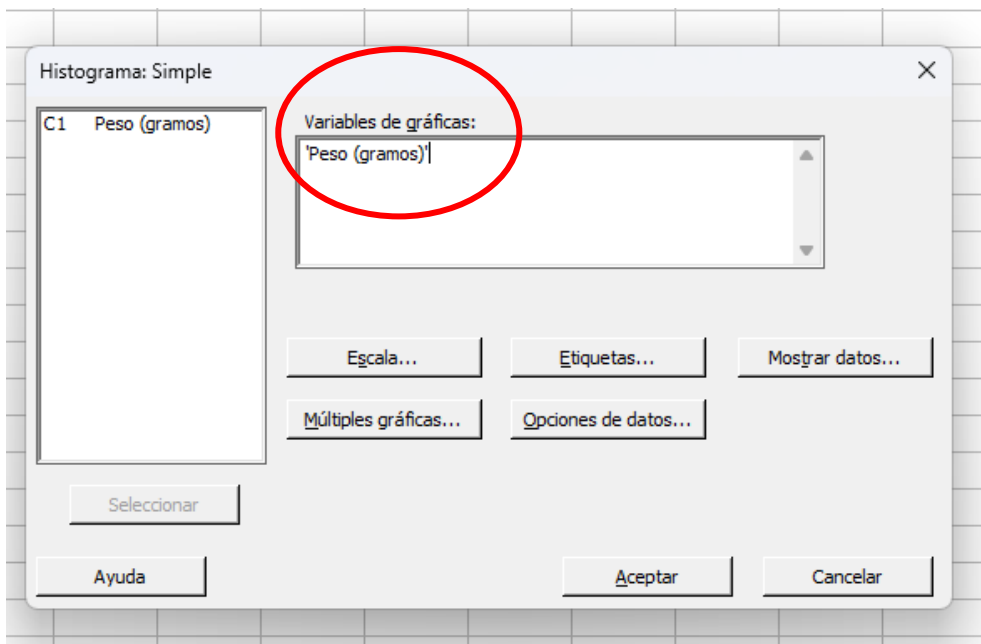
- Ve al menú Gráficos > Histograma.... Se abrirá una nueva ventana.



4. Seleccionar el tipo de histograma:



- En la ventana de opciones del histograma, selecciona la columna que contiene los datos que deseas representar en el histograma.



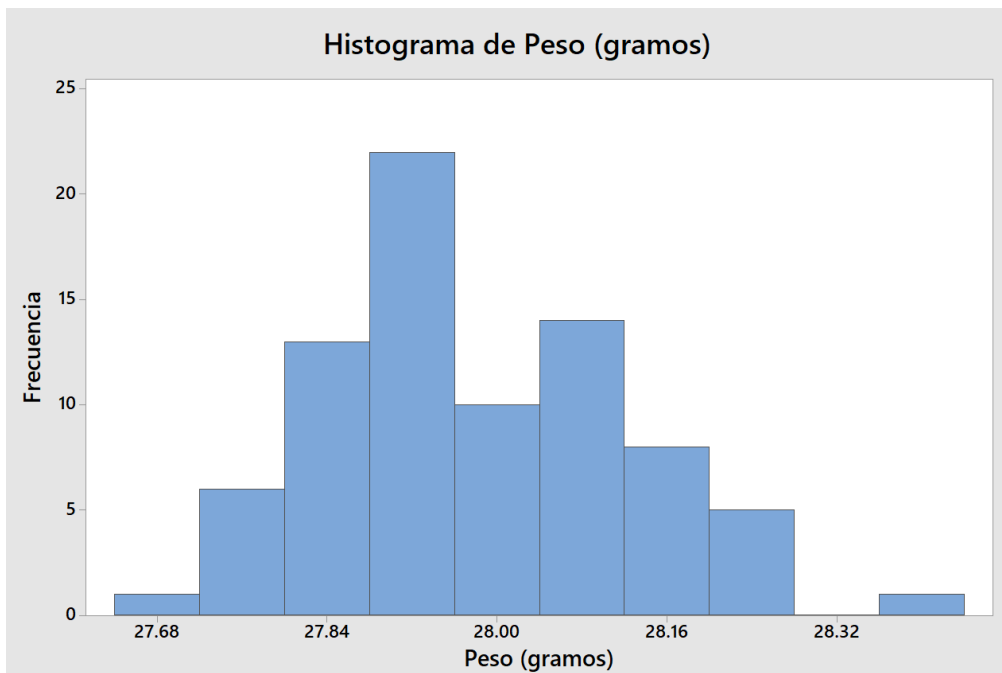
5. Configurar opciones de histograma:

- Minitab automáticamente seleccionará el número de clases para el histograma, pero puedes ajustar este número si lo deseas.

- Puedes también modificar otras opciones como el título del histograma, etiquetas de ejes, entre otros detalles visuales.

6. Visualizar el histograma:

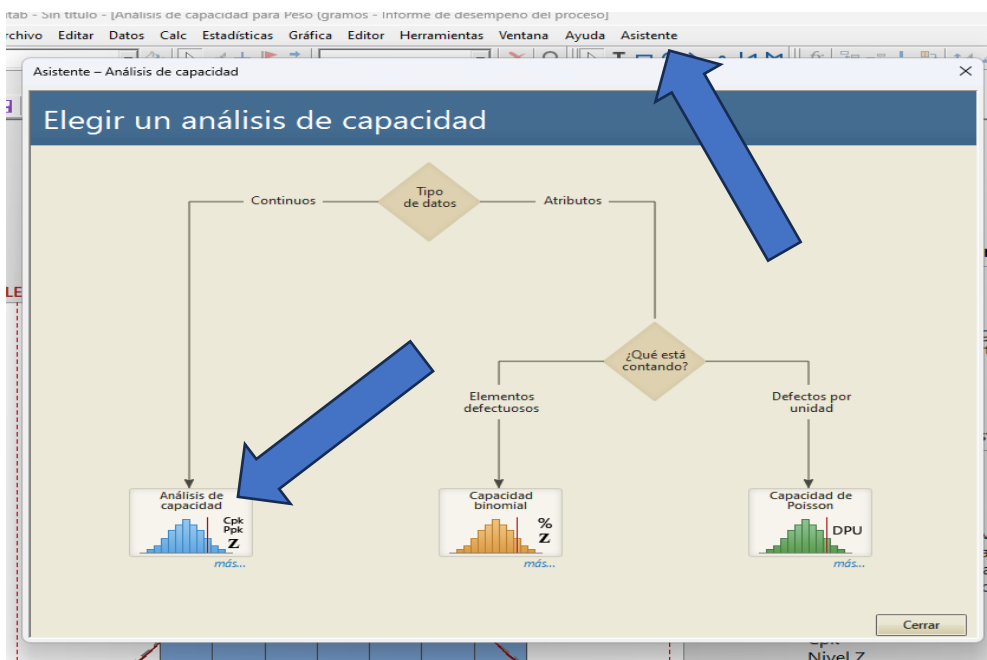
- Haz clic en Aceptar en la ventana de opciones para que Minitab genere el histograma.

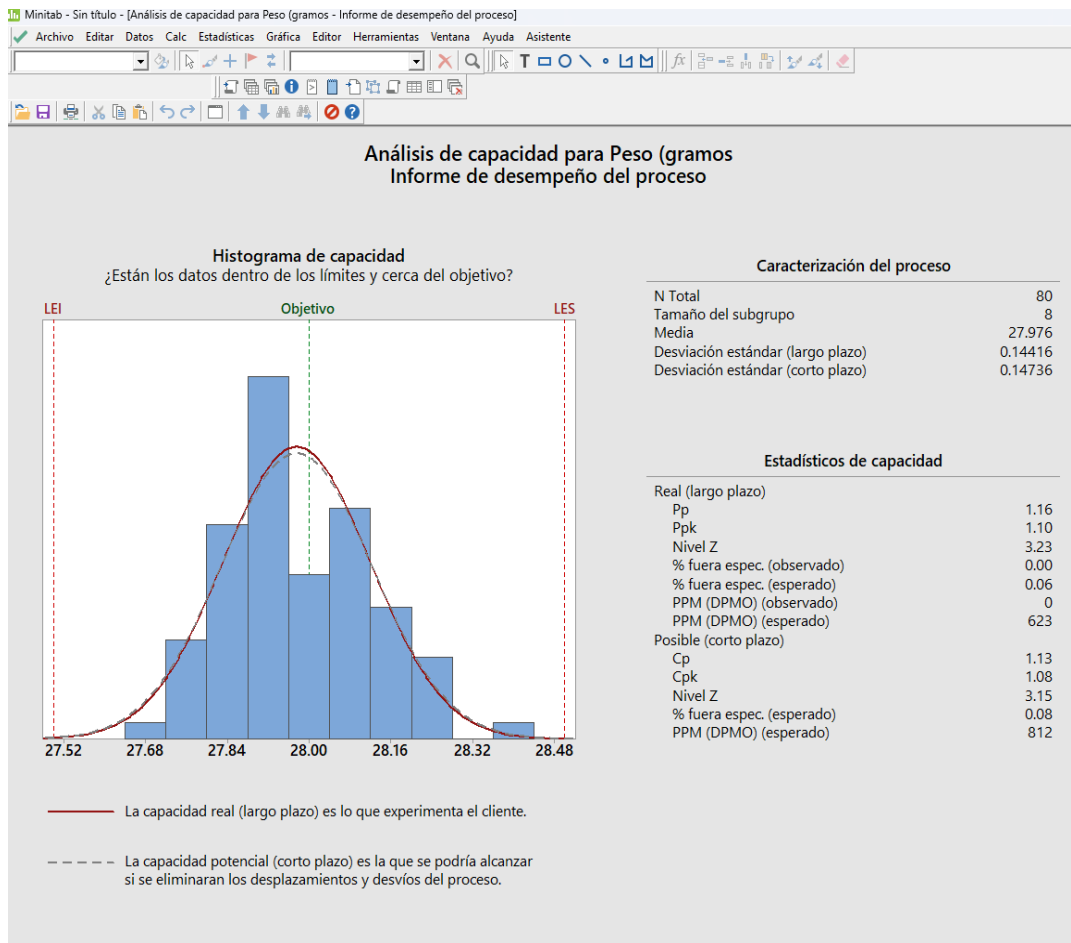


- El histograma representa visualmente la distribución de los datos, mostrando las frecuencias (o densidades) de los valores en cada clase (o intervalo) definida.

7. Interpretar el histograma:

- Una vez generado, Minitab te puede hacer un análisis de capacidad en la pestaña de asistente.





8. Personalizar el histograma (opcional):

- Puedes personalizar el histograma haciendo clic derecho sobre él en la ventana gráfica y seleccionando “Propiedades del gráfico”. Desde aquí, puedes ajustar colores, etiquetas, líneas, y otros aspectos visuales del histograma.

9. Guardar y compartir:

- Guarda el proyecto de Minitab si deseas conservar el histograma y los datos asociados. También puedes exportar el histograma en diferentes formatos de imagen para compartirlo con otros.

Consejos adicionales:

- Asegúrate de seleccionar un número apropiado de clases para el histograma. Demasiadas clases pueden ocultar patrones, mientras que muy pocas pueden simplificar demasiado la representación de la distribución.
- Utiliza el histograma para analizar la forma y la dispersión de tus datos, identificando tendencias y patrones importantes.

1.6.5 Diagrama de Dispersión

El diagrama de dispersión permite estudiar las relaciones entre dos conjuntos asociados de datos que aparecen en pares, por ejemplo, x , y . El diagrama muestra estos pares como una nube de puntos.

Las relaciones entre los conjuntos asociados de datos se infieren a partir de la forma de las nubes.

- Una relación positiva entre x y y significa que los valores crecientes de x están asociados con los valores crecientes de y .
- Una relación negativa significa que los valores crecientes de x están asociados con los valores decrecientes de y .

Entre sus usos está descubrir y mostrar las relaciones entre dos conjuntos asociados de datos y confirmar relaciones anticipadas entre dos conjuntos asociados de datos.

El diagrama de dispersión puede estudiar la relación entre:

- Dos factores o causas relacionadas con la calidad.
- Dos problemas de calidad.
- Un problema de calidad y su posible causa.

Correlación

La correlación no es más que cómo se relacionan ambas variables entre sí. En la tabla siguiente te muestro algunos tipos de correlación:

Tipos de correlación

Posible correlación negativa	Un aumento de x provocará una tendencia a la disminución de y .
Correlación negativa	Un aumento de x causará una disminución de y .
Correlación positiva	Un aumento de y depende de un aumento de x .
Posible correlación positiva	Un aumento de x provocará una tendencia a un aumento de y .
Correlación nula (sin correlación)	La gráfica no sigue ningún tipo de tendencia. Los puntos se encuentran totalmente dispersos.

Línea de ajuste

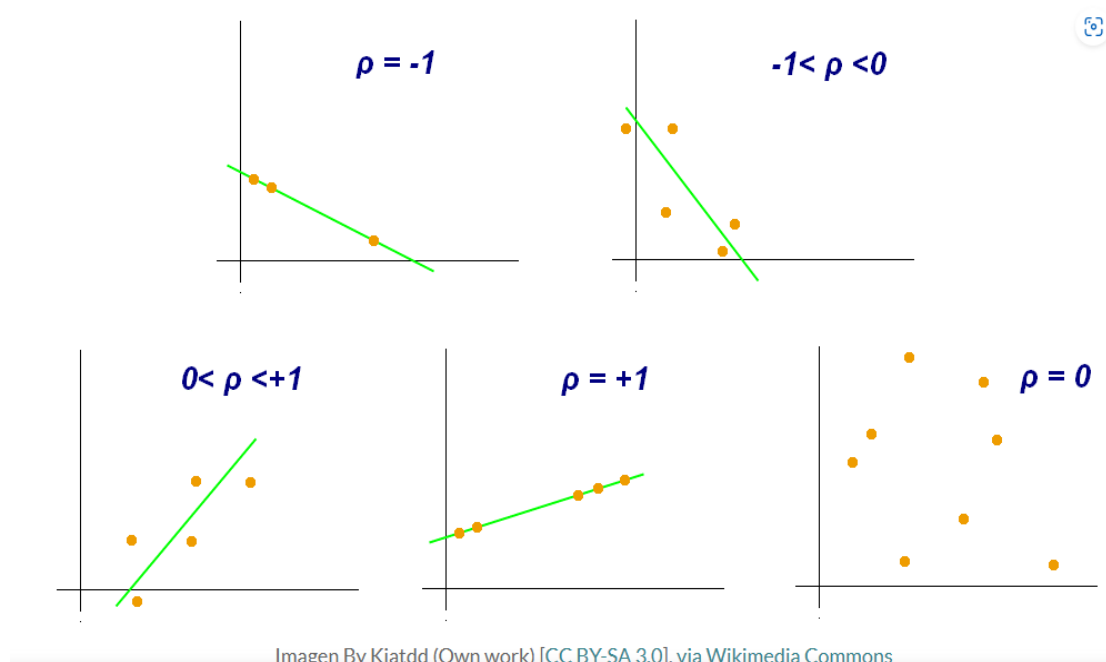
La línea de ajuste se usa para hacer predicciones basándonos en datos pasados. Cuando se dibuja la recta, debemos asegurarnos de que encaje con la mayor parte de los datos. Si hay

un punto que está muy por encima o muy por debajo con respecto al resto (puntos atípicos) debemos dejarlo fuera de la recta.

Coeficiente de correlación de Pearson.

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una **medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas**. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como **un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas**.



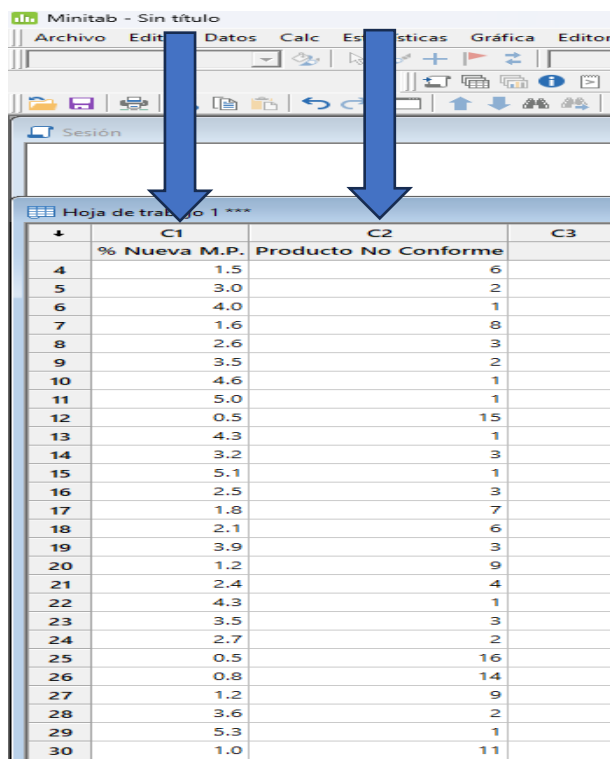
Ejemplo de elaboración e interpretación de un diagrama de dispersión.

Una empresa de fabricación de jabón se plantea cambiar la composición de uno de sus productos utilizando una nueva materia prima. Antes de tomar una decisión, la empresa decide realizar un ensayo para estudiar la posible relación entre la utilización dicha materia prima y el número de no conformidades. Para ello analiza lotes con diferentes porcentajes de la nueva materia prima y toma los siguientes datos:

Nº muestr	Nueva materia prima (%)	Producto no conform
1	1	10
2	2	5
3	1,5	7
4	1,5	6
5	3	2
6	4	1
7	1,6	8
8	2,6	3
9	3,5	2
10	4,6	1
11	5	1
12	0,5	15
13	4,3	1
14	3,2	3
15	5,1	1
16	2,5	3
17	1,8	7
18	2,1	6
19	3,9	3
20	1,2	9
21	2,4	4
22	4,3	1
23	3,5	3
24	2,7	2
25	0,5	16
26	0,8	14
27	1,2	9
28	3,6	2
29	5,3	1
30	1	11

Paso 1. Abrir Minitab.

Paso 2. Ingresar datos.



Minitab - Sin título

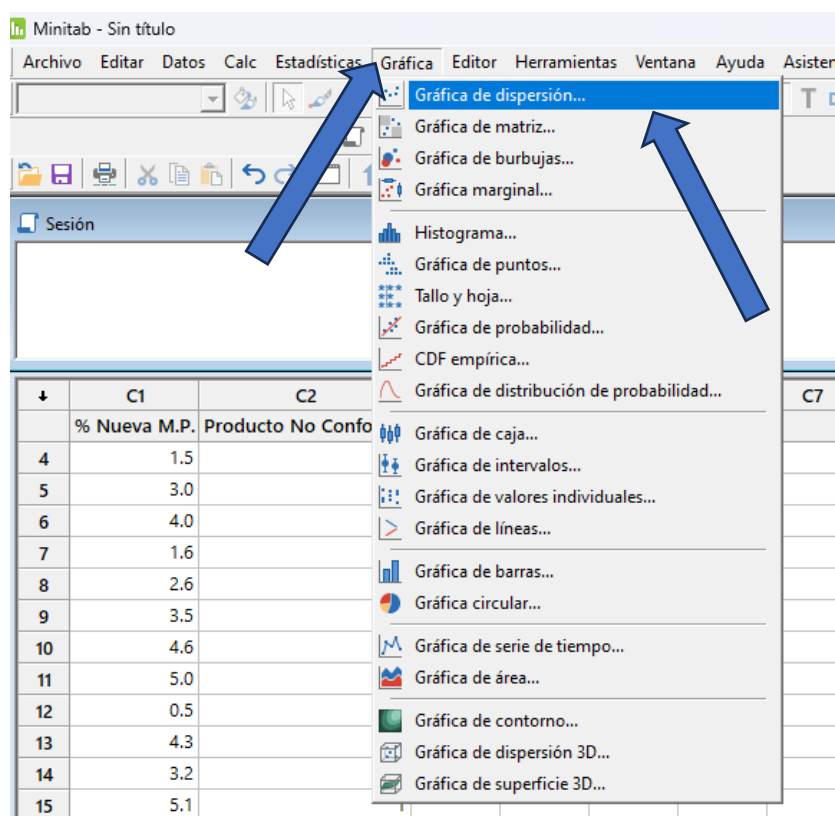
Archivo Edit Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor

Sesión

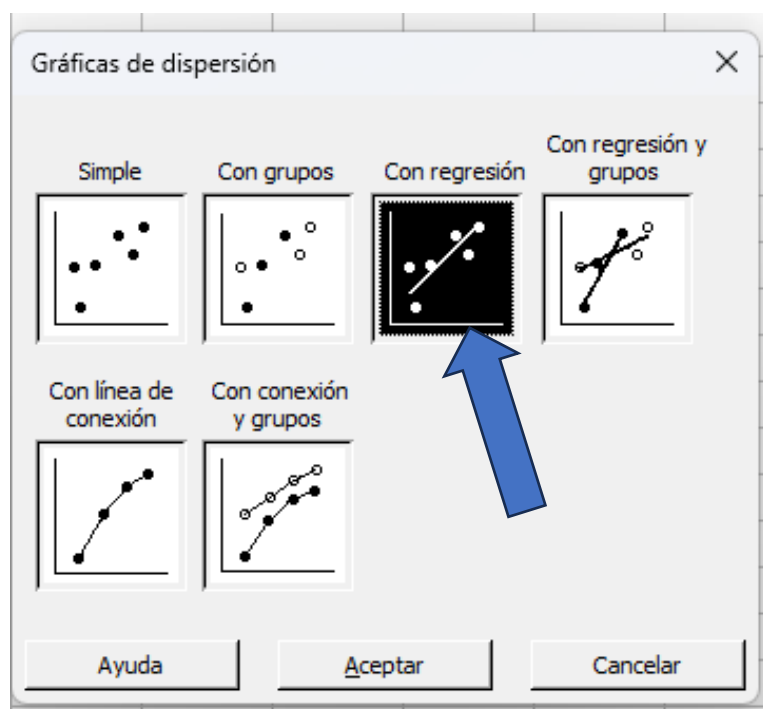
Hoja de trabajo 1 ***

	C1	C2	C3
	% Nueva M.P.	Producto No Conforme	
4	1.5		6
5	3.0		2
6	4.0		1
7	1.6		8
8	2.6		3
9	3.5		2
10	4.6		1
11	5.0		1
12	0.5		15
13	4.3		1
14	3.2		3
15	5.1		1
16	2.5		3
17	1.8		7
18	2.1		6
19	3.9		3
20	1.2		9
21	2.4		4
22	4.3		1
23	3.5		3
24	2.7		2
25	0.5		16
26	0.8		14
27	1.2		9
28	3.6		2
29	5.3		1
30	1.0		11

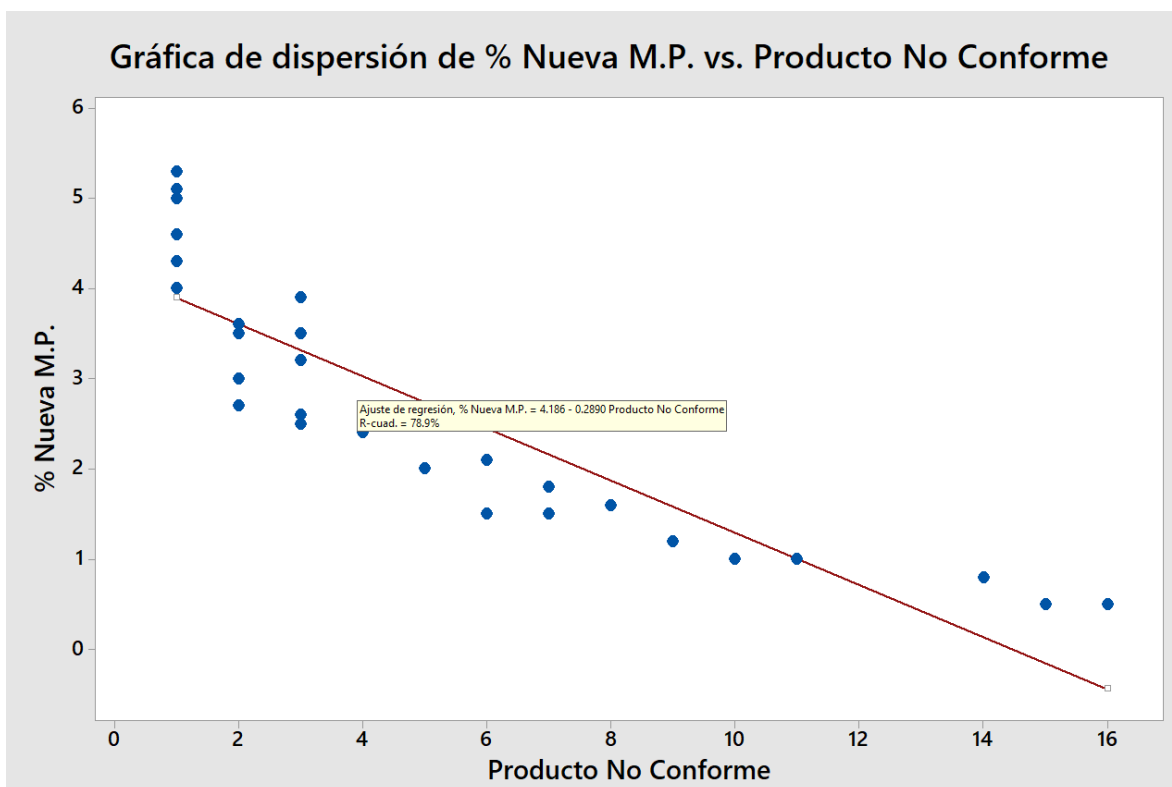
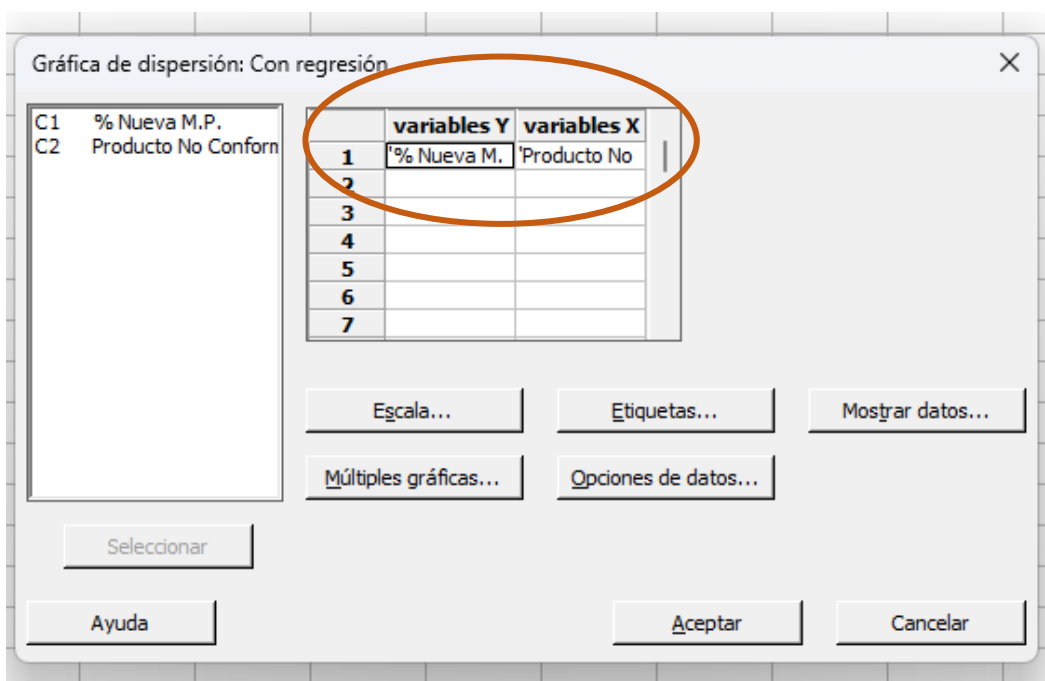
Damos clic en Gráfica > Gráfica de dispersión



Seleccionamos la opción de Con regresión



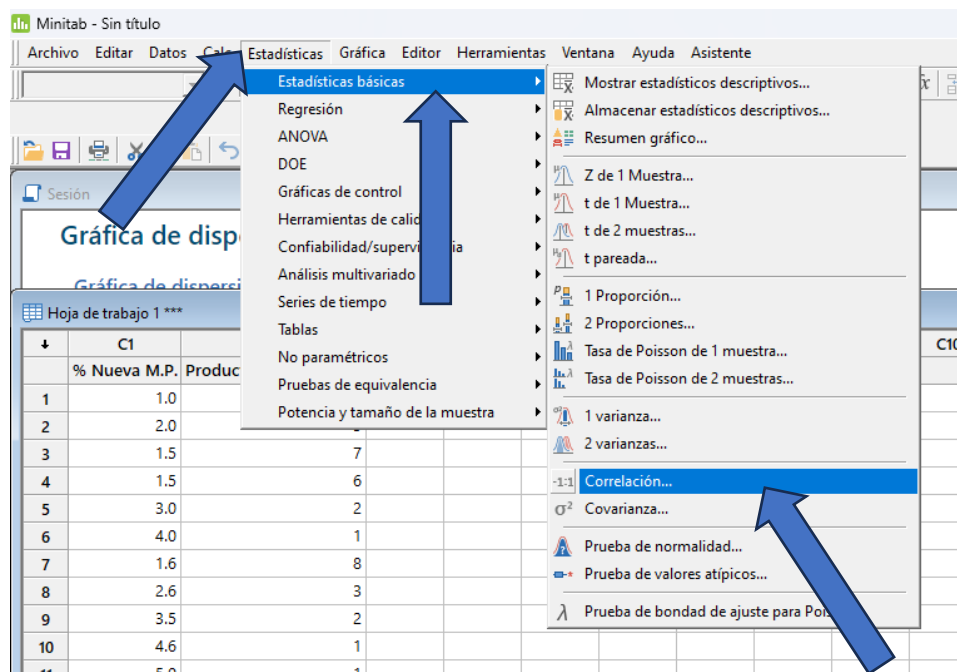
Con doble clic, colocamos las variables X y Y



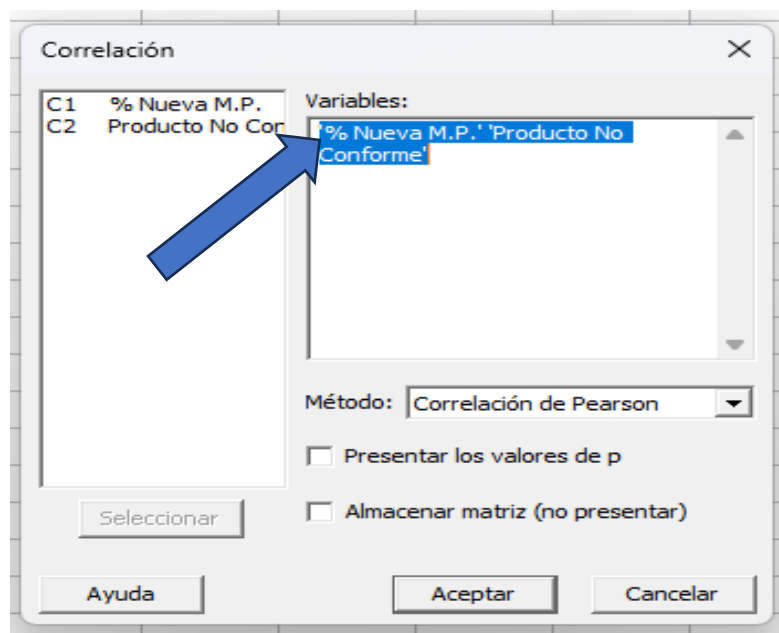
Se observa que a mayor porcentaje de nueva materia prima, es menor la cantidad de producto no conforme.

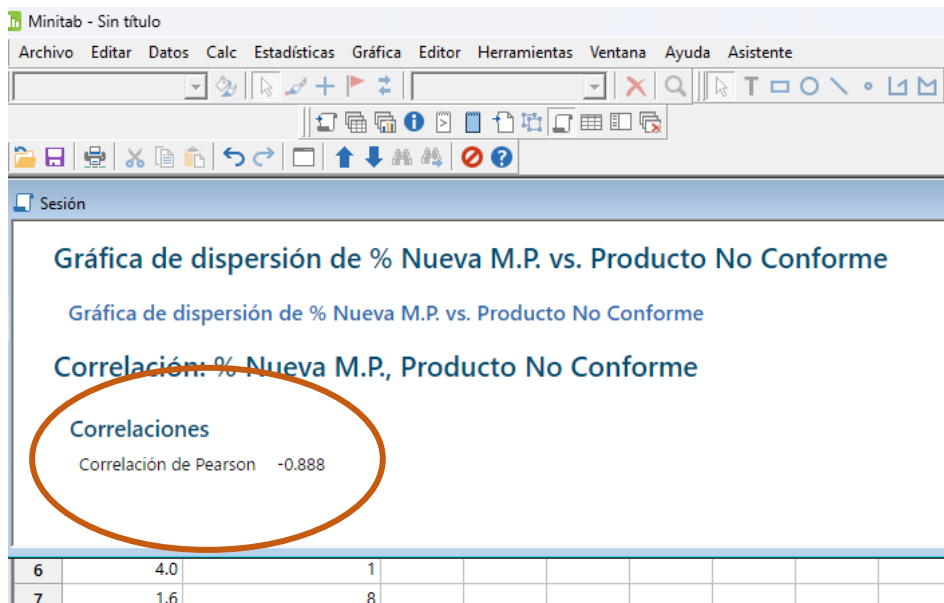
Cómo se obtiene el coeficiente de correlación de Pearson:

Damos clic en Estadísticas > Estadísticas básicas > correlación



Con doble clic insertamos las variables





En este caso, tendremos una correlación negativa fuerte (a medida que aumentamos el % de la nueva materia prima, disminuye el número de productos no conformes). Con estos resultados la empresa podría plantearse la introducción de más nueva materia prima en su proceso.

1.6.6 Estratificación

La estratificación es una herramienta de calidad utilizada en la gestión de procesos y en la mejora continua para analizar y comprender mejor los datos y las variaciones dentro de un sistema o proceso. Se trata de una técnica que consiste en dividir un conjunto de datos en subgrupos homogéneos (estratos) para identificar patrones, tendencias y causas raíz de los problemas. A continuación, se desarrolla el tema de la estratificación como herramienta de calidad:

Definición y Propósito de la Estratificación

La estratificación es una técnica que agrupa datos en categorías significativas y comparables, permitiendo una mejor comprensión de las diferencias y variaciones dentro de los datos. El propósito principal de la estratificación es facilitar el análisis detallado de los datos para identificar causas específicas de variabilidad y para distinguir entre variaciones naturales y aquellas debidas a factores específicos.

Importancia en el control de Calidad

La estratificación es crucial porque permite a los equipos de mejora entender y analizar las causas de los problemas de manera más efectiva. Al separar los datos en estratos, se puede:

- Identificar variaciones específicas relacionadas con diferentes factores (por ejemplo, turnos de trabajo, proveedores, lotes de materiales, etc.).
- Analizar los resultados de manera más precisa y enfocada.
- Desarrollar soluciones más efectivas y dirigidas para los problemas detectados.

Métodos de Estratificación

La estratificación puede realizarse de diversas maneras, dependiendo de los factores que se deseen analizar. Algunos métodos comunes de estratificación incluyen:

- Por tiempo: Comparar datos recolectados en diferentes períodos de tiempo (horas del día, días de la semana, meses del año).
- Por ubicación: Analizar datos de diferentes lugares o posiciones dentro de un proceso o sistema.
- Por fuente: Separar datos de diferentes proveedores, máquinas, o lotes de materiales.
- Por categoría: Estratificar por categorías específicas como tipo de producto, tipo de defecto, o características del cliente.

Proceso de Estratificación

El proceso de estratificación generalmente sigue estos pasos:

1. Recolectar Datos: Recoger datos relevantes del proceso o sistema bajo análisis.
2. Identificar Factores de Estratificación: Determinar los factores más relevantes para el análisis (tiempo, ubicación, fuente, categoría, etc.).
3. Dividir los Datos en Estratos: Separar los datos en subgrupos homogéneos basados en los factores identificados.
4. Analizar los Estratos: Examinar los datos estratificados para identificar patrones, tendencias y variaciones.
5. Interpretar Resultados: Utilizar los hallazgos para identificar causas raíz de problemas y desarrollar estrategias de mejora.

Ejemplo de Estratificación en la Industria

En una empresa, existen dos cadenas de fabricación de tornillería en continuo. Se quiere analizar el número de productos defectuosos apartados de la línea de producción, éstos se consideran desechos ya que no pueden repararse. El jefe de planta tiene la sospecha que en

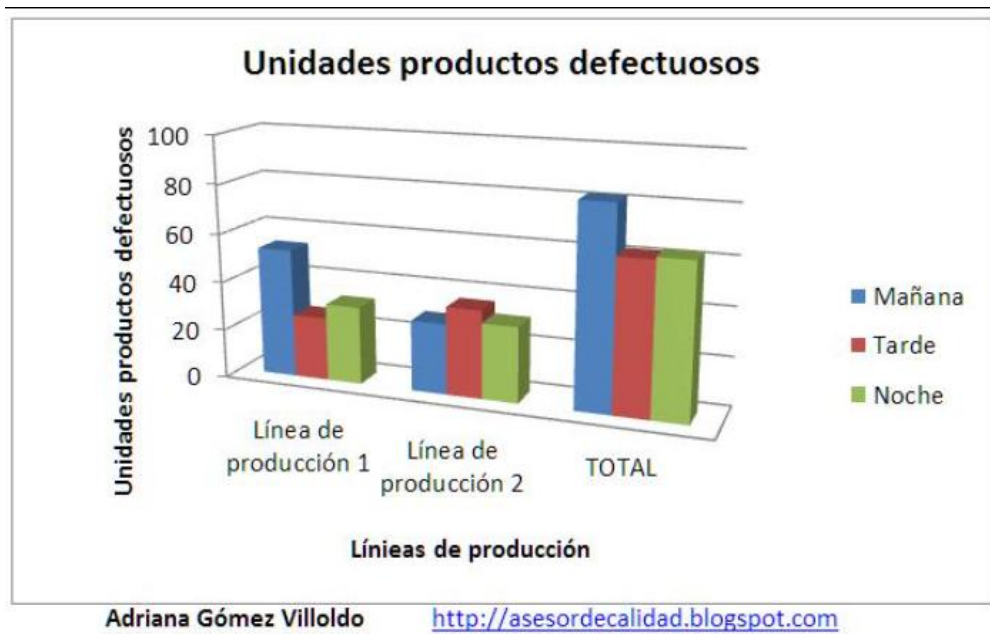
función del turno se producen más o menos productos defectuosos. Para ello, contabiliza el número de productos apartados, por línea de producción y por turno del personal en una semana. De esta manera, podremos considerar si la causa es debido a los grupos de trabajo (turnos del personal) o bien es debido a la maquinaria de la línea de producción.

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla de datos: unidades productos defectuosos detectado en una semana (del 22 al 28 de mayo de 2017)			
Turnos	Línea de producción 1	Línea de producción 2	TOTAL
Mañana	53	29	82
Tarde	26	36	62
Noche	32	31	63
TOTAL PRODUCTOS DEFECTUOSOS	111	96	207
Adriana Gómez Villoldo http://asesordecalidad.blogspot.com			

Tabla de datos: % productos defectuosos detectado en una semana (del 22 al 28 de mayo de 2017)			
Turnos	Línea de producción 1	Línea de producción 2	TOTAL
Mañana	26%	14%	40%
Tarde	13%	17%	30%
Noche	15%	15%	30%
TOTAL PRODUCTOS DEFECTUOSOS	54%	46%	100%
Adriana Gómez Villoldo http://asesordecalidad.blogspot.com			

Si realizamos un diagrama de barras simple, obtendremos el siguiente gráfico:



En el gráfico anterior, vemos tal y como habíamos detectado en la tabla de datos anterior, en el turno de mañana de la línea de producción 1 es donde más productos defectuosos son detectados y apartados. Por lo tanto, podemos proceder al análisis más detallado de las posibles causas que puedan surgir en el turno de mañana de la línea de producción 1.

Si no resulta evidente la causa principal para tomar su correspondiente **acción correctora**, podemos seguir haciendo otro análisis de estratificación, teniendo en cuenta las posibles causas que puedan hacer que el personal del turno de mañana de esa línea de producción, obtengan un % más elevado que la media de defectos de los otros turnos y de la otra línea de producción.

Beneficios de la Estratificación

La estratificación ofrece varios beneficios en la gestión de calidad:

- Mejora en la Identificación de Problemas: Permite una identificación más precisa de las causas raíz de los problemas.
- Mayor Eficiencia: Facilita el enfoque en áreas específicas que requieren atención, optimizando los esfuerzos de mejora.
- Toma de Decisiones Informadas: Proporciona datos detallados y precisos que apoyan decisiones más informadas y efectivas.
- Reducción de Variabilidad: Ayuda a identificar y controlar las fuentes de variabilidad en los procesos, mejorando la consistencia y la calidad del producto.

1.7 Habilidad y capacidad del proceso

La habilidad y la capacidad del proceso son conceptos fundamentales en la gestión de calidad y la mejora continua. Se refieren a la capacidad inherente de un proceso para cumplir con los requisitos especificados y producir resultados consistentes y predecibles. Estas medidas son cruciales para evaluar la eficacia y la confiabilidad de un proceso en la entrega de productos o servicios de alta calidad.

1. Habilidad del proceso:

La habilidad del proceso se refiere a la capacidad inherente de un proceso para producir resultados dentro de los límites especificados y con un nivel aceptable de variabilidad. En otras palabras, la habilidad del proceso indica qué tan bien un proceso puede realizar su función deseada y cumplir con los requisitos establecidos. Se mide mediante la capacidad del proceso, que generalmente se representa mediante indicadores de rendimiento clave como C_p y C_{pk} en el control estadístico de procesos (SPC).

- C_p : Es una medida de la variabilidad del proceso en comparación con los límites de especificación. Cuanto mayor sea el valor de C_p , menor será la variabilidad del proceso en relación con los límites de especificación, lo que indica una mayor capacidad del proceso.
- C_{pk} : Es una medida de la capacidad del proceso en relación con la posición central de los límites de especificación. Un valor de C_{pk} mayor a 1 indica que el proceso es capaz de producir resultados dentro de los límites especificados.

2. Capacidad del proceso:

La capacidad del proceso se refiere a la capacidad real de un proceso para cumplir con los requisitos del cliente y producir resultados que estén dentro de los límites de especificación. En contraste con la habilidad del proceso, que es una medida intrínseca, la capacidad del proceso tiene en cuenta la variabilidad del proceso en relación con los límites de especificación y cómo afecta la capacidad para satisfacer las necesidades del cliente.

La capacidad del proceso se evalúa teniendo en cuenta tanto la variabilidad del proceso como la dispersión de los límites de especificación. Si la variabilidad del proceso es baja y los límites de especificación son amplios, es más probable que el proceso tenga una capacidad alta para cumplir con los requisitos del cliente. Sin embargo, si la variabilidad del proceso es alta o los límites de especificación son estrechos, la capacidad del proceso puede ser limitada.

La habilidad y capacidad del proceso es un tema importante en la producción de productos y servicios. Un proceso se refiere a una secuencia de operaciones que tienen como objetivo obtener un producto o servicio. La capacidad del proceso se refiere a la capacidad de un

proceso para producir productos dentro de las especificaciones del cliente. Esto significa que un proceso es capaz si produce todos los productos dentro de las especificaciones. Sin embargo, es importante destacar que un proceso puede estar bajo control, pero no ser capaz, lo que significa que produce productos consistentes, pero fuera de las especificaciones.

Para evaluar la capacidad de un proceso, se utilizan índices de capacidad del proceso como C_p y C_{pk} . Estos índices cuantifican en qué medida la salida de un proceso cumple con las especificaciones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la capacidad del proceso solo se puede evaluar cuando el proceso está bajo control estadístico. Esto significa que el proceso tiene un comportamiento predecible y una capacidad predecible. Por lo tanto, es necesario realizar un estudio de capacidad después de que el proceso esté bajo control.

La capacidad del proceso es importante en las empresas de producción, ya que ayuda a disminuir la incertidumbre en el proceso productivo y pronosticar la magnitud del proceso. Además, evaluar la habilidad y capacidad del proceso permite asegurar que los productos estén dentro de los límites de tolerancia establecidos. Para evaluar la capacidad del proceso, es necesario realizar un análisis estadístico y obtener datos del resultado del proceso. Cuantos más datos se incluyan, más preciso será el resultado. En resumen, la habilidad y capacidad del proceso son aspectos importantes a considerar para garantizar la calidad de los productos y servicios producidos.

Tema 2

Gráfica de Control para variables

2.1 Conceptos generales y principios del CEP.

La variabilidad natural siempre existe en cualquier proceso de producción, no importa que tan bien diseñado esté. Esta variabilidad natural es denominada **causas comunes** o aleatorias de variabilidad, un proceso que opera en estas condiciones se dice que está en control estadístico. Existen otras fuentes de variabilidad que pueden ser causadas por máquinas, errores de operadores o materiales defectuosos. Esta variabilidad es muy grande en relación con la variabilidad natural y es originada por **causas especiales** o asignables haciendo que el proceso opere fuera de control estadístico. Cuando el proceso está en control, la mayor parte de la producción se encuentra dentro de los límites de control. Sin embargo, cuando el proceso está fuera de control, una gran proporción del proceso se encuentra fuera de estos límites.

El Objetivo del CEP es la detección oportuna de la ocurrencia de causas especiales para tomar acciones correctivas antes de que se produzcan unidades defectivas o no conformes, para esto se utilizan las gráficas de control, permitiendo también la estimación de la capacidad o habilidad del proceso y la reducción continua de la variabilidad hasta donde sea posible. El CEP no sirve si se implanta y después no se mantiene, ya que la mejora continua debe ser parte de la cultura de la organización.

La Gráfica de Control es un tipo especial de gráfica que se dirige a la posibilidad de interpretar información derivada de un proceso creando una imagen de las fronteras o límites de variación permisibles. Permite de manera objetiva determinar si un proceso se encuentra «en control» o «fuera de control». Es una herramienta útil para establecer fronteras de variación dentro de un proceso. Muestra cuando estas fronteras se sobrepasan y entonces buscar las claves que lleven a las causas para resolverlas. La experiencia ha demostrado que los gráficos de control dirigen efectivamente la atención hacia las causas especiales de variación y a la magnitud de la variación de causas comunes que se deben reducir mediante actuación por parte de la dirección.

Tipos de gráficos de control

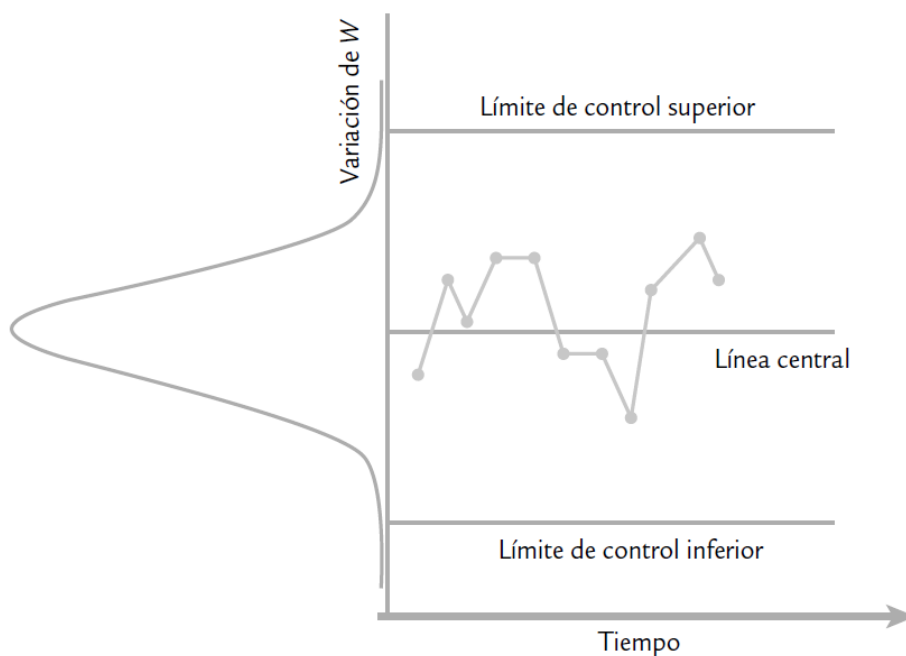
Los gráficos de control pueden ser de dos tipos según la característica del producto o servicio a analizar: **Gráficos de control para variables** y **gráficos de control para atributos**. En los gráficos de control para variables, el control del proceso se realiza mediante variables susceptibles de ser medidas: cantidades, pesos, diámetros, espesores, frecuencias, etc. En ellos se analizarán parámetros de posición y dispersión de la característica a controlar a lo largo del tiempo. El gráfico, que analiza la media muestral y el rango de una muestra predeterminada, es el más utilizado en este ámbito. En los gráficos de control para atributos, el control del proceso se realiza mediante atributos de tipo dicotómico. Así, se puede analizar si el producto o servicio posee o no una determinada característica: color,

forma, defecto, tipo, etc. Y en general se aborda dicho análisis mediante preguntas del tipo: aceptable/no aceptable, si/no, funciona/no funciona, etc.

Los principales gráficos para atributos son: los que controlan número de unidades defectuosas: 'p' y 'np', y los que controlan el número de defectos 'c' y 'u'. Su estudio se abordará posteriormente.

En general se prefiere el control por variables, ya que la información recogida es más objetiva y representa más fielmente el estado del proceso en términos de la característica que se intenta controlar; máxime, si se tiene en cuenta que, para realizar el control, el número de 'piezas' observadas es muy pequeño comparado con la población de la que provienen y que permiten establecer la capacidad del proceso. Así, estos gráficos nos informan más fielmente acerca de la variación que sufre la característica que se mide a lo largo del tiempo y de la magnitud de esa variación.

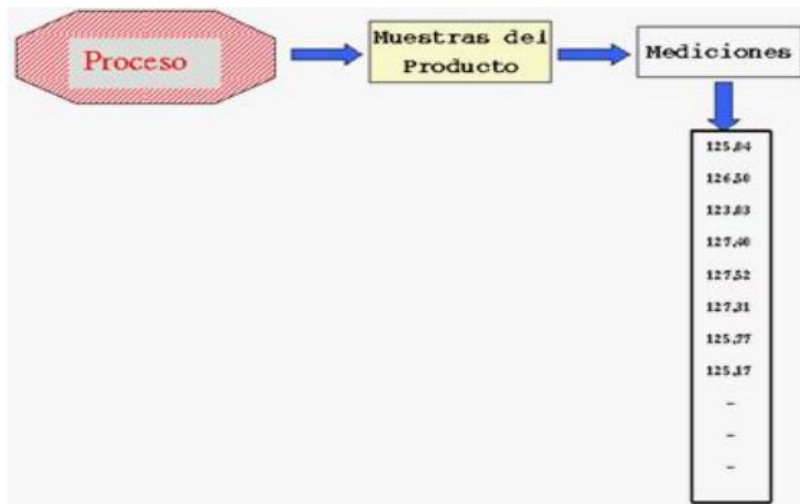
Por otra parte, los gráficos de control por atributos sólo nos dan una indicación de la aceptabilidad de la muestra, sin informar de la variación producida por la característica y, además, por lo general requieren para su construcción tamaños muestrales mayores. Así, si la característica que se pretende controlar es muy importante se emplearán los gráficos de control para variables.



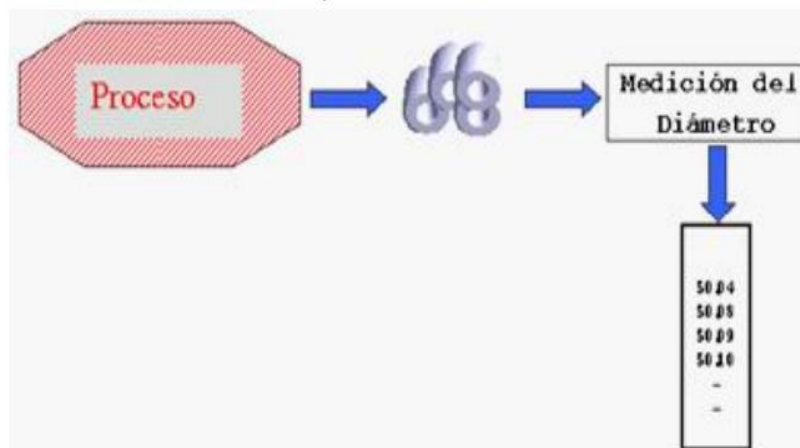
Idea y elementos de una carta de control.

2.2 Elaboración e interpretación de gráficas para variables.

Los gráficos X-R se utilizan cuando la característica de calidad que se desea controlar es una variable continua. Para entender los gráficos X-R, es necesario conocer el concepto de Subgrupos (o Subgrupos racionales).

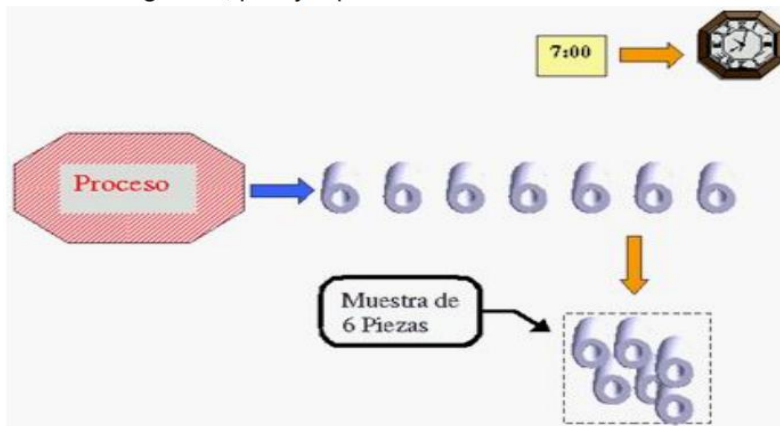


Trabajar con subgrupos significa agrupar las mediciones que se obtienen de un proceso, de acuerdo a algún criterio. Los subgrupos se realizan agrupando las mediciones de tal modo que haya la máxima variabilidad entre subgrupos y la mínima variabilidad dentro de cada subgrupo. Por ejemplo, si hay cuatro turnos de trabajo en un día, las mediciones de cada turno podrían constituir un subgrupo.

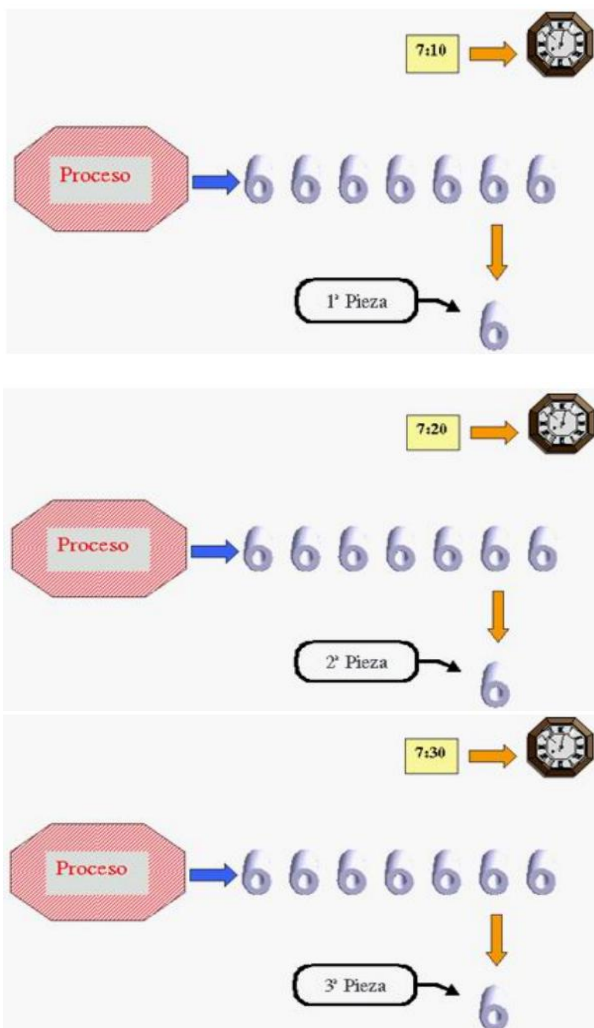


Supongamos una fábrica que produce piezas cilíndricas para la industria automotriz. La característica de calidad que se desea controlar es el diámetro de las piezas.

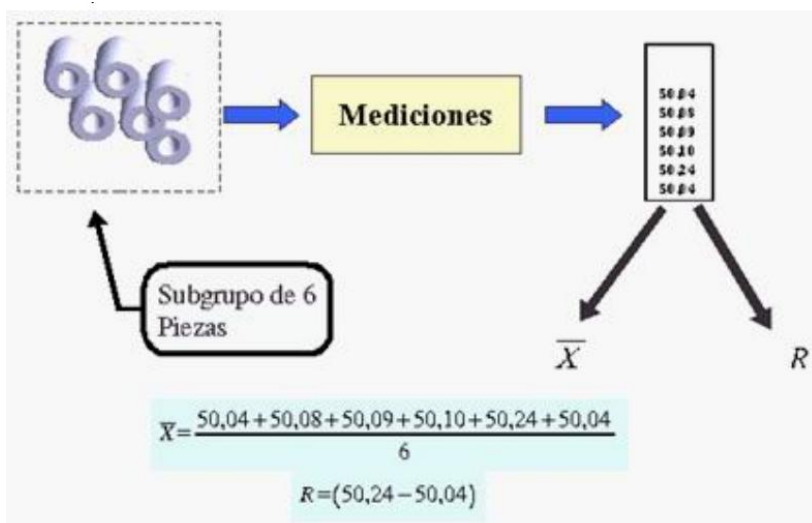
Hay dos maneras de obtener los subgrupos. Una de ellas es retirar varias piezas juntas a intervalos regulares, por ejemplo, cada hora:



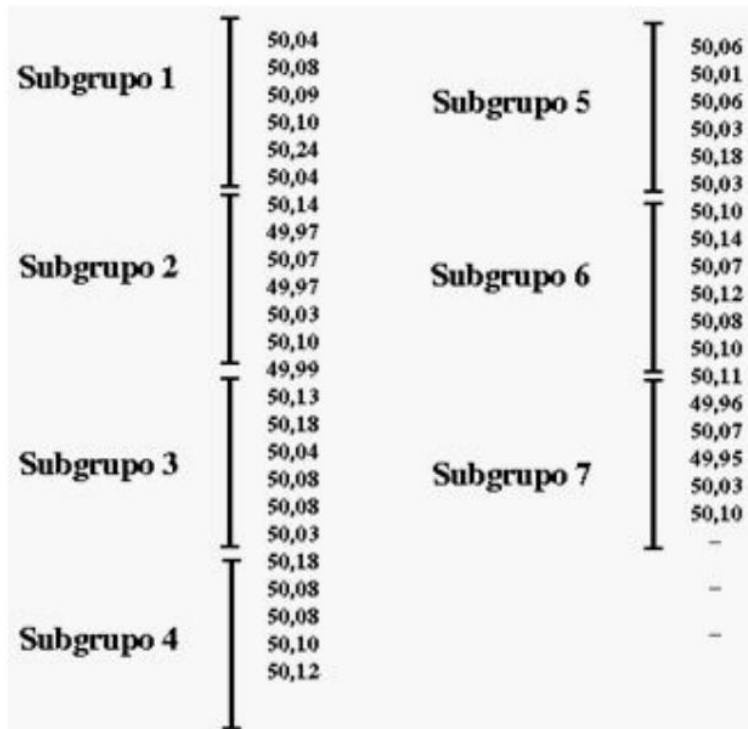
La otra forma es retirar piezas individuales a lo largo del intervalo de tiempo correspondiente al subgrupo:



Por cualquiera de los dos caminos, obtenemos grupos de igual número de mediciones. Para cada subgrupo calculamos el Promedio y el Rango (Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo).



Para calcular los Límites de Control es necesario obtener un gran número de mediciones, divididas en subgrupos. En nuestro ejemplo, podríamos obtener 30 subgrupos de 6 datos cada uno:



Después de calcular el Promedio y el Rango de cada subgrupo, tendríamos una tabla como la siguiente:

Nº Subgrupo	Xp	R
1	50.10	0.20
2	50.05	0.17
3	50.08	0.19
4	50.10	0.15
5	50.06	0.17
6	50.10	0.07
7	50.04	0.16
-	-	-
-	-	-

A partir de esta tabla, se calculan el promedio general de promedios de subgrupo y el promedio de rangos de subgrupo:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N}$$

$\bar{X}_i$ Promedio de Subgrupo

N Número de Subgrupos

o también:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum x_i}{N \cdot n}$$

x_i Mediciones individuales

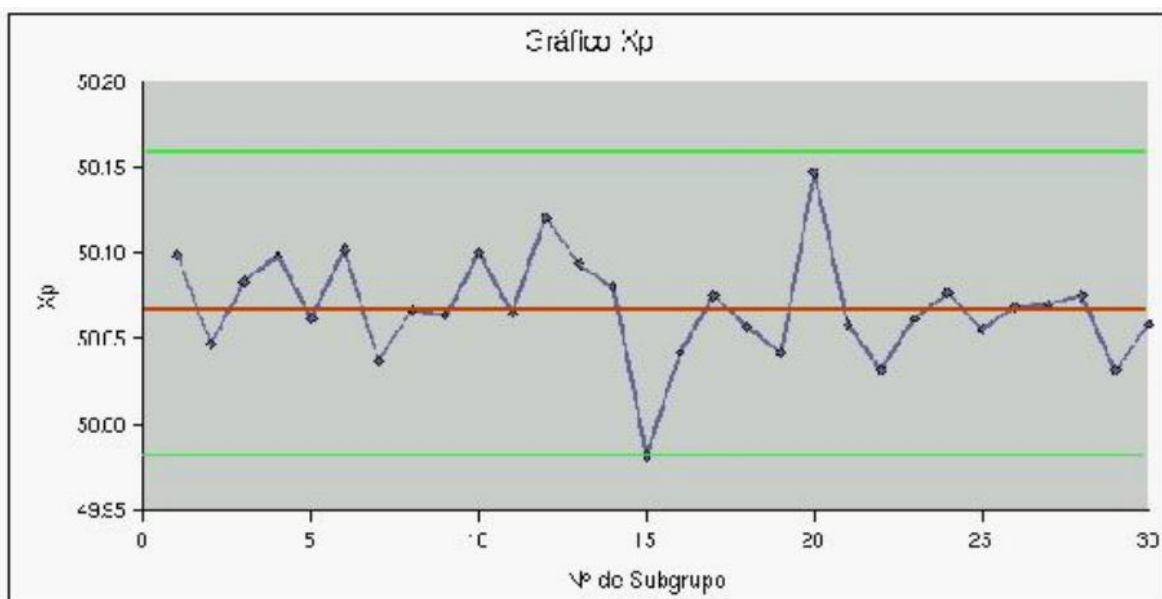
N Número de Subgrupos

n Número de mediciones dentro del Subgrupo

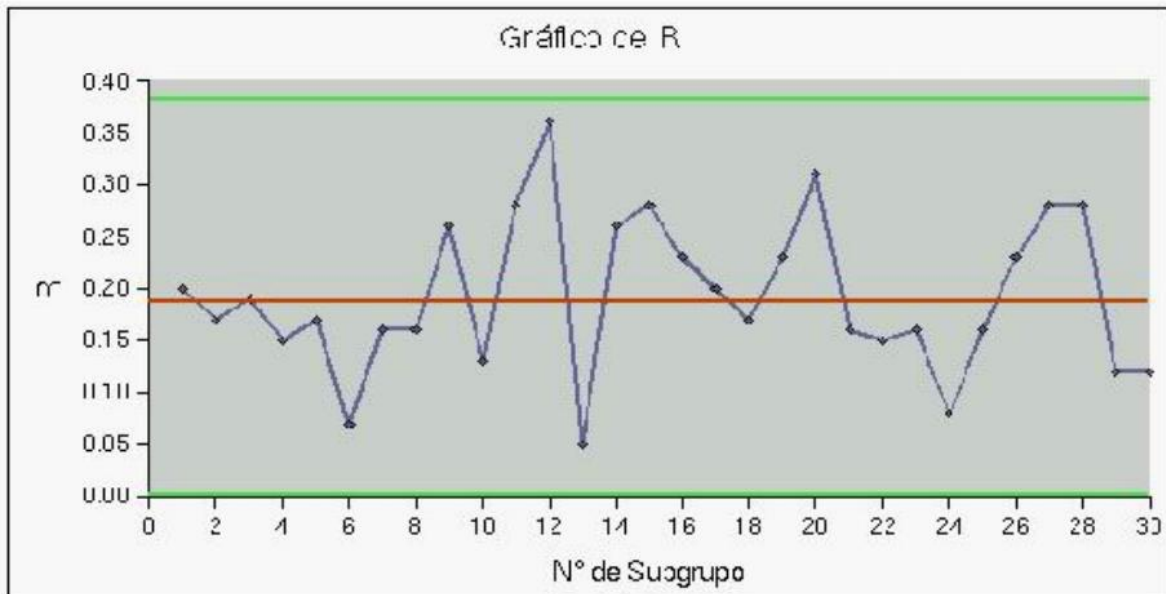
$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N}$$

R_i Rango del Subgrupo

Se calculan los límites de control superior e inferior y construimos entonces un Gráfico X de prueba y representamos los promedios de los subgrupos:

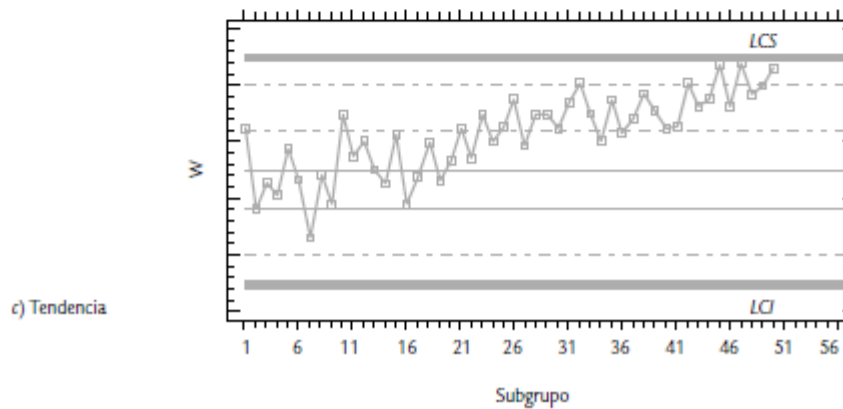
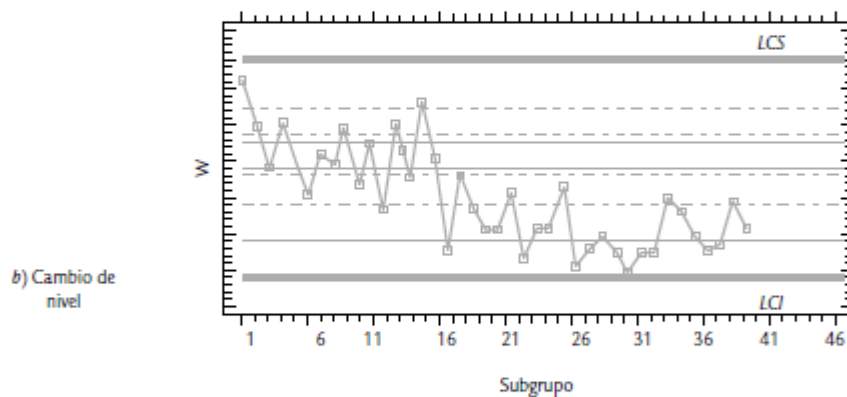
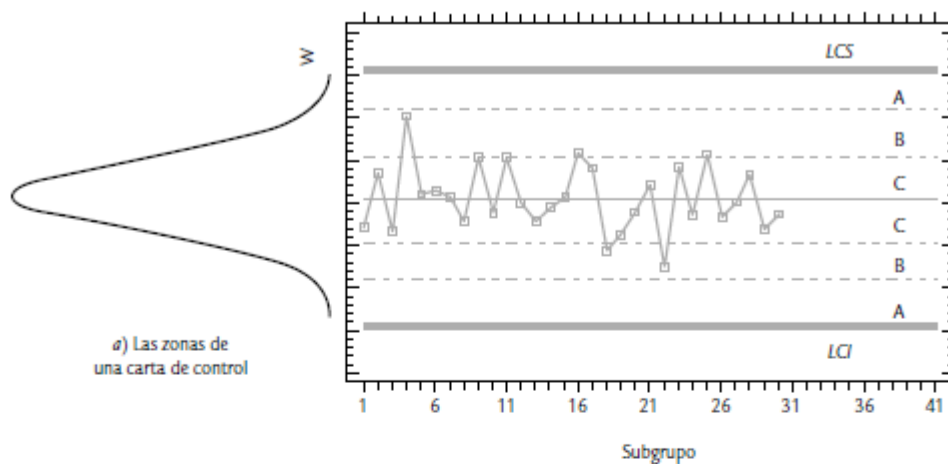


Y un Gráfico R de prueba, donde representamos los rangos de los subgrupos:

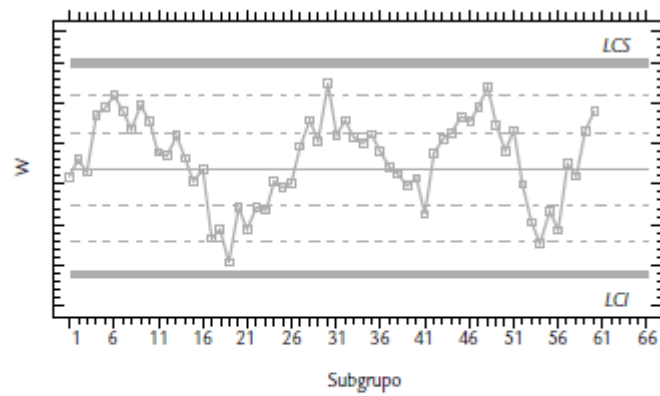


Si no hay puntos fuera de los límites de control y no se encuentran patrones no aleatorios, se adoptan los límites calculados para controlar la producción futura.

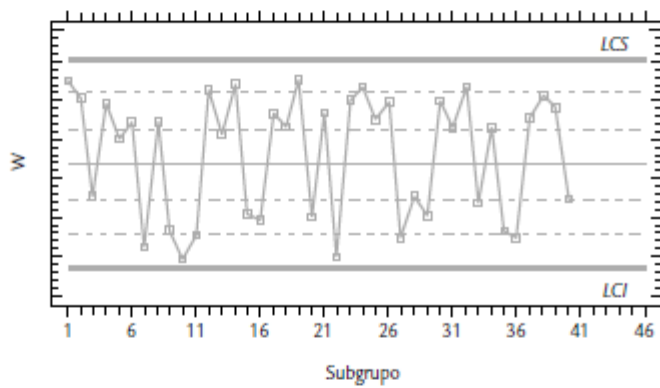
Interpretación de las gráficas de control



d) Ciclo



e) Alta variabilidad



f) Falta de variabilidad

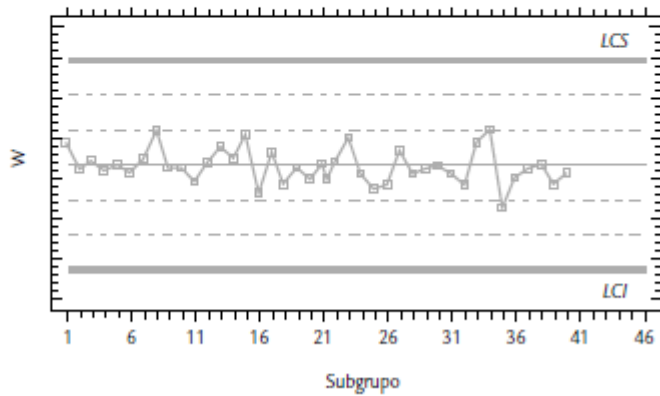


TABLA 8.5b Elementos para la selección de una carta de control para variables.

CARTA	PROPÓSITO	USO	TAMAÑO DE SUBGRUPO, n	CONSIDERACIONES ADICIONALES
De medias $\bar{X}$	Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está inspirada en la distribución normal, funciona bien para otras funciones debido al teorema central del límite.	Procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos y/o mediciones.	$n > 3$ A medida que n crece la carta detecta incluso pequeños cambios en el proceso. Por ello, generalmente un tamaño de n menor que 10 es suficiente para detectar cambios moderados y grandes, que son los de mayor interés en la práctica.	Los límites de control indican dónde se espera que varíen las medias de los subgrupos, por lo que no indican dónde varían las mediciones individuales, y no tienen nada que ver con las especificaciones.
Rangos (R)	Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta $\bar{X}$ cuando $n < 11$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$3 < n < 11$ A medida que n crece es capaz de detectar cambios más pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.	Es importante utilizarla junto con una carta $\bar{X}$. De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta $\bar{X}$ cuando $n > 10$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$n > 10$ Dado el tamaño de subgrupo recomendado. Usarla sólo cuando se quieran detectar incluso pequeños cambios en la dispersión del proceso y se esté dispuesto a atender estos cambios.	Tanto la carta $\bar{X}$ como ésta, tienen una mayor sensibilidad cuando n crece, usarlas cuando se quiere y se esté dispuesto a tener un control estricto sobre el proceso. De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Individuales (X)	Analiza cada medición individual del proceso y detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Si la distribución no es normal, la carta puede resultar un poco afectada.	Procesos de bajo volumen, donde se requiere un tiempo considerable (de una a más horas) para obtener un resultado o medición. También cuando mediciones cercanas en el tiempo sólo difieren por error de medición.	Por propósito $n = 1$	Si en estos procesos es importante detectar cambios más pequeños y medianos, se recomienda utilizar otra carta más sensible (la EWMA o CUSUM, véase capítulo siguiente).

2.2.1 Elaboración e interpretación del gráfico X-R

Para aprovechar las tecnologías ya existentes en particular el Software MINITAB y optimizar el tiempo en la elaboración e interpretación de los gráficos de control, se mostrará en el siguiente ejercicio tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.

Ejercicio 14, Capítulo 7, Pagina 214

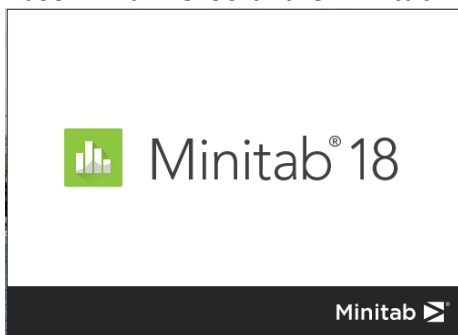
Se desea que la resistencia de un artículo sea de por lo menos 300 psi. Para verificar que se cumple con tal característica de calidad, se hacen pequeñas inspecciones periódicas y los datos se registran en una carta $\bar{X}$ -R. El tamaño del subgrupo que se ha usado es de tres artículos, que son tomados de manera consecutiva cada dos horas. Los datos de los últimos 30 subgrupos se muestran en la tabla 7.5.

- Calcule los límites de la carta $\bar{X}$ -R e interpréte los.
- Obtenga las cartas e interpréte las (puntos fuera, tendencias, ciclos, alta variabilidad, etcétera).

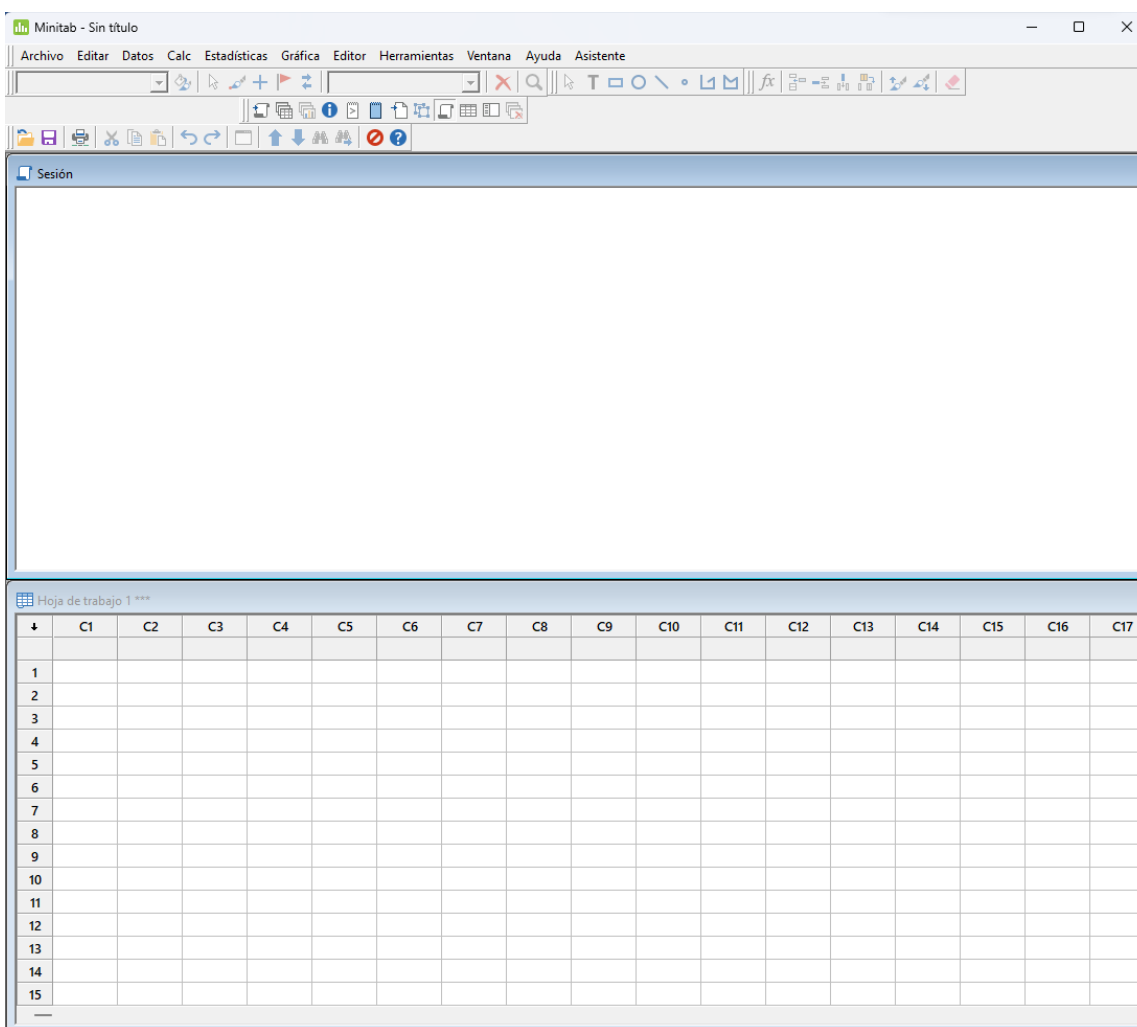
TABLA 7.5 Datos para el ejercicio 14.

SUBGRUPO	DATOS		
1	315.6	319.2	303.8
2	318.8	309.2	321.4
3	311.2	312.1	342.9
4	322.0	321.1	329.1
5	315.2	327.4	300.6
6	310.3	319.8	338.5
7	320.6	315.9	318.3
8	322.2	303.6	323.4
9	329.1	306.7	312.4
10	322.4	318.8	299.7
11	326.2	310.1	338.5
12	328.8	325.0	322.0
13	328.8	306.3	305.6
14	318.7	320.8	310.3
15	326.7	316.7	327.3
16	313.4	307.4	329.5
17	337.3	312.9	324.4
18	316.3	314.1	323.0
19	327.2	338.2	340.9
20	337.8	343.0	337.4
21	309.2	321.7	310.5
22	314.3	321.6	318.0
23	318.9	322.2	333.5
24	303.7	326.3	337.1
25	319.3	338.8	320.9
26	317.0	327.4	312.5
27	310.6	318.5	336.7
28	319.5	326.0	333.2
29	308.6	321.7	306.0
30	316.2	321.6	328.5

Paso 1: Abrir el Software Minitab



Paso 2: Se desplegará la hoja de trabajo.

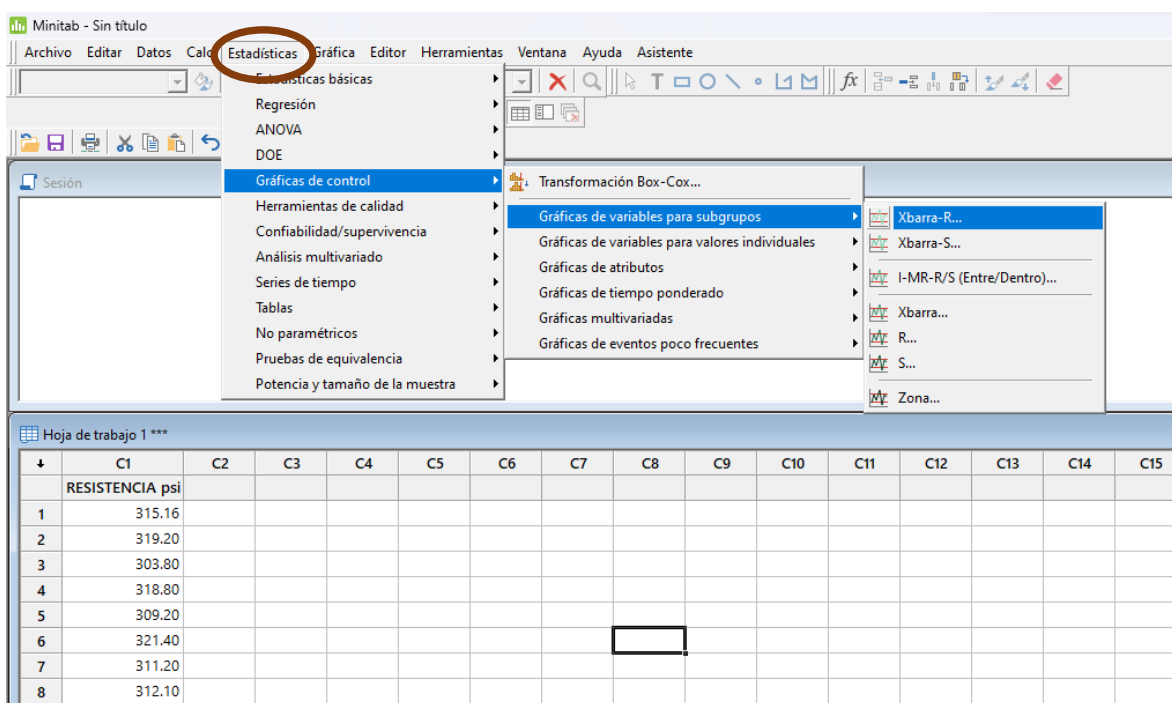


Paso 3: Insertar los datos del problema en la columna 1 (C1), escribiendo primero el nombre de la variable que se desea controlar.

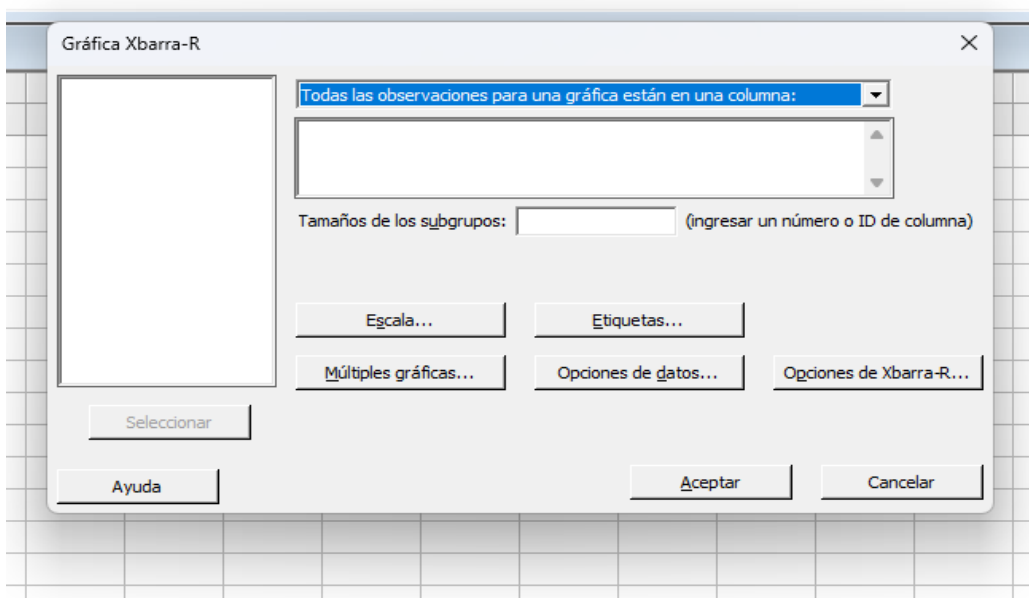
The screenshot shows the Minitab software interface with a worksheet titled 'Hoja de trabajo 1 ***'. The worksheet has columns labeled C1 through C9. Column C1 is highlighted, and its header is 'REISTENCIA psi'. The data in column C1 consists of 24 numerical values. Annotations include a box labeled 'Columna 1' pointing to the C1 header, a yellow box labeled 'Nombre de la variable a controlar y sus unidades.' pointing to the text 'REISTENCIA psi', and a box labeled 'Datos del problema' pointing to the data rows in column C1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	REISTENCIA psi								
1	315.16								
2	319.20								
3	303.80								
4	318.80								
5	309.20								
6	321.40								
7	311.20								
8	312.10								
9	342.90								
10	322.00								
11	321.10								
12	329.10								
13	315.20								
14	327.40								
15	300.60								
16	310.30								
17	319.80								
18	338.50								
19	320.60								
20	315.90								
21	318.30								
22	322.20								
23	303.60								
24	323.40								

Paso 4: Una vez capturados los datos, seleccionar en el menú Estadísticas. Dentro de este menú, seleccionar Gráficas de Control, después Gráficas de variables para subgrupos, y por último dar clic en Xbarra-R

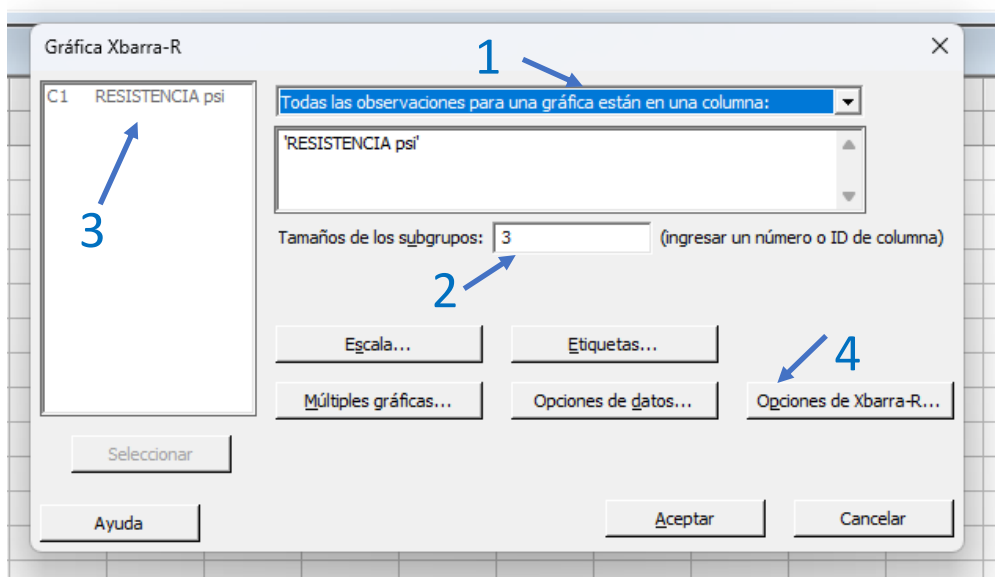


Paso 5: Después de haber dado clic en Xbarra-R se desplegará la siguiente ventana:

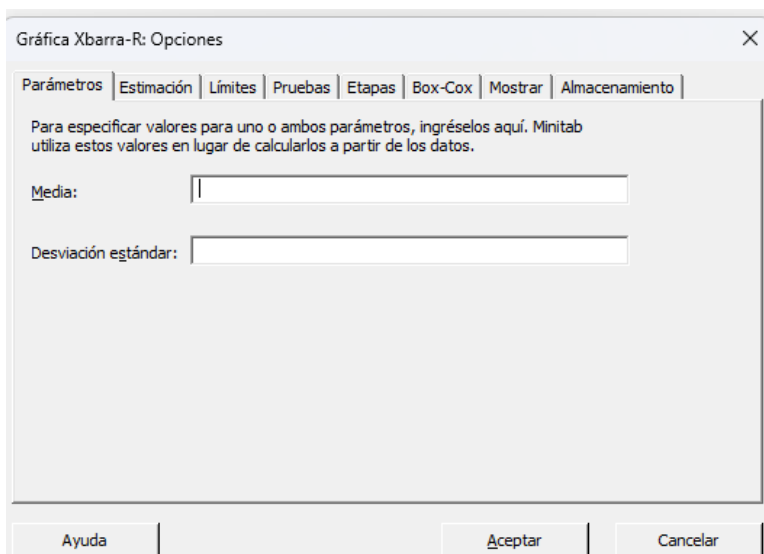


Y aquí vamos a realizar lo siguiente:

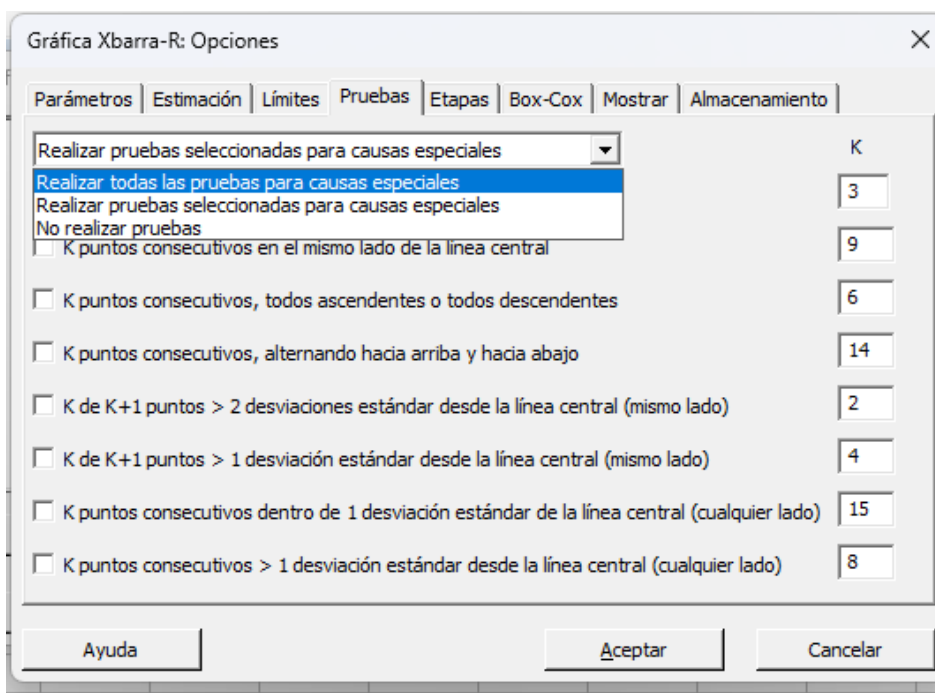
1. Dejamos la opción “todas las observaciones para una gráfica están en una columna” que aparece por default.
2. Indicamos con un número (en este caso es 3) el tamaño de los subgrupos.
3. En el recuadro blanco grande de la izquierda damos doble click en el texto que dice C1 RESISTENCIA psi. Aparecerá en el recuadro mediano de la derecha el texto “Resistencia psi”
4. Damos click donde dice Opciones de Xbarra-R



Luego de dar click en “Opciones de Xbarra-R aparecerá la siguiente ventana:



Paso 6. Damos clic en “Pruebas” y seleccionamos “Realizar todas las pruebas para causas especiales”:



Paso 7. Damos clic en “Aceptar” en esta ventana y en la anterior para que se nos desplieguen los gráficos Xbarra y R de manera automática.

El **AIAG** (Automotive Industry Action Group) es una organización que desarrolla estándares y guías para la industria automotriz. Sus publicaciones son ampliamente utilizadas por empresas en diversas industrias para mejorar sus procesos. Minitab, un software de análisis estadístico, basa algunos de sus métodos de estudio del sistema de medición en las publicaciones del AIAG.

Minitab proporciona ocho pruebas para detectar causas especiales. Por opción predeterminada, Minitab solo utiliza la Prueba 1. Seleccione pruebas adicionales con base en las normas de la empresa o de la industria. Utilice las pruebas para determinar qué observaciones investigar e identificar los patrones y tendencias específicos en sus datos.

En la lista desplegable, especifique si se realizarán algunas, todas o ninguna de las pruebas para detectar causas especiales. Usted puede hacer que cada prueba sea más o menos sensible al cambiar el valor de K.

1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central

La Prueba 1 identifica subgrupos que son poco comunes en comparación con otros subgrupos. La Prueba 1 se reconoce universalmente como una prueba necesaria para detectar situaciones fuera de control. Si pequeños cambios en el proceso son de interés, usted puede utilizar la Prueba 2 para complementar la Prueba 1 a fin de crear una gráfica de control que tenga mayor sensibilidad.

K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central

La Prueba 2 identifica cambios rápidos en el centrado del proceso. Si pequeños cambios en el proceso son de interés, usted puede utilizar la Prueba 2 para complementar la Prueba 1 a fin de crear una gráfica de control que tenga mayor sensibilidad.

K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes

La Prueba 3 detecta tendencias. Esta prueba busca series largas de puntos consecutivos cuyos valores aumenten o disminuyan de manera consistente.

K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo

La Prueba 4 detecta variación sistemática. Usted desea que el patrón de variación en un proceso sea aleatorio, pero un punto que no pasa la Prueba 4 podría indicar que el patrón de variación es predecible.

K de K+1 puntos > 2 desviaciones estándar desde la línea central (mismo lado)

La Prueba 5 detecta pequeños cambios rápidos en el proceso.

K de K+1 puntos > 1 desviación estándar desde la línea central (mismo lado)

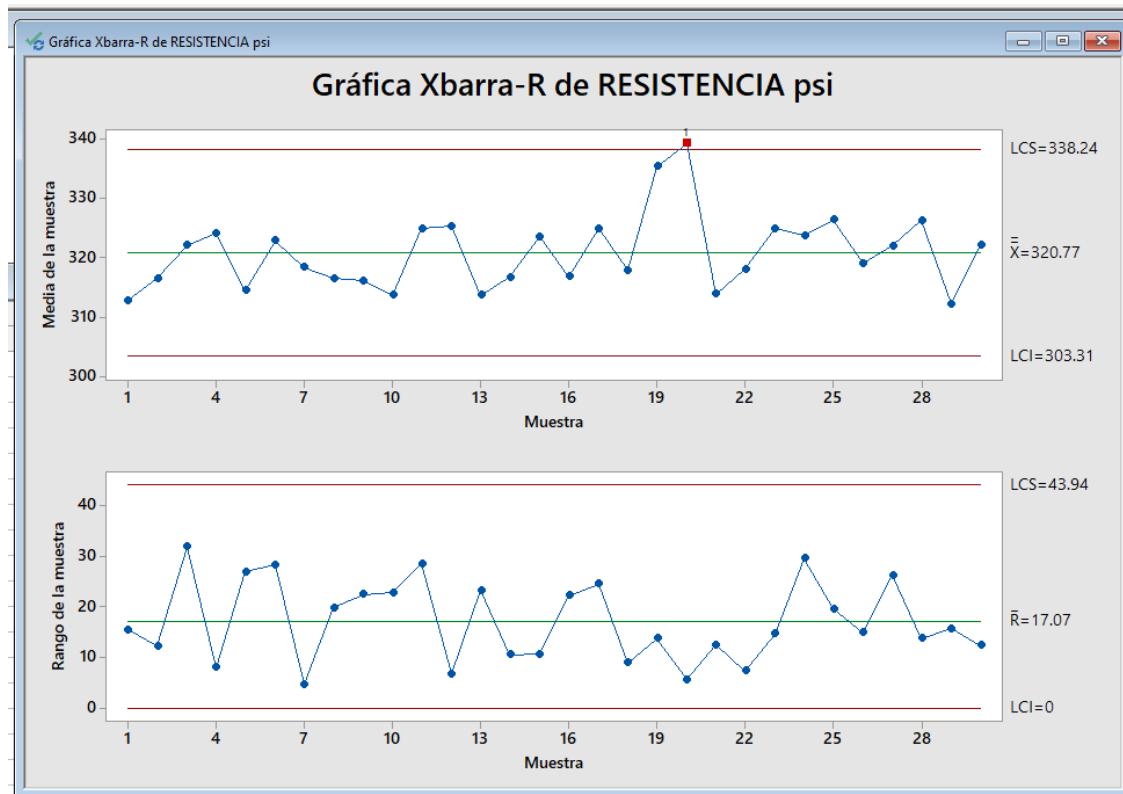
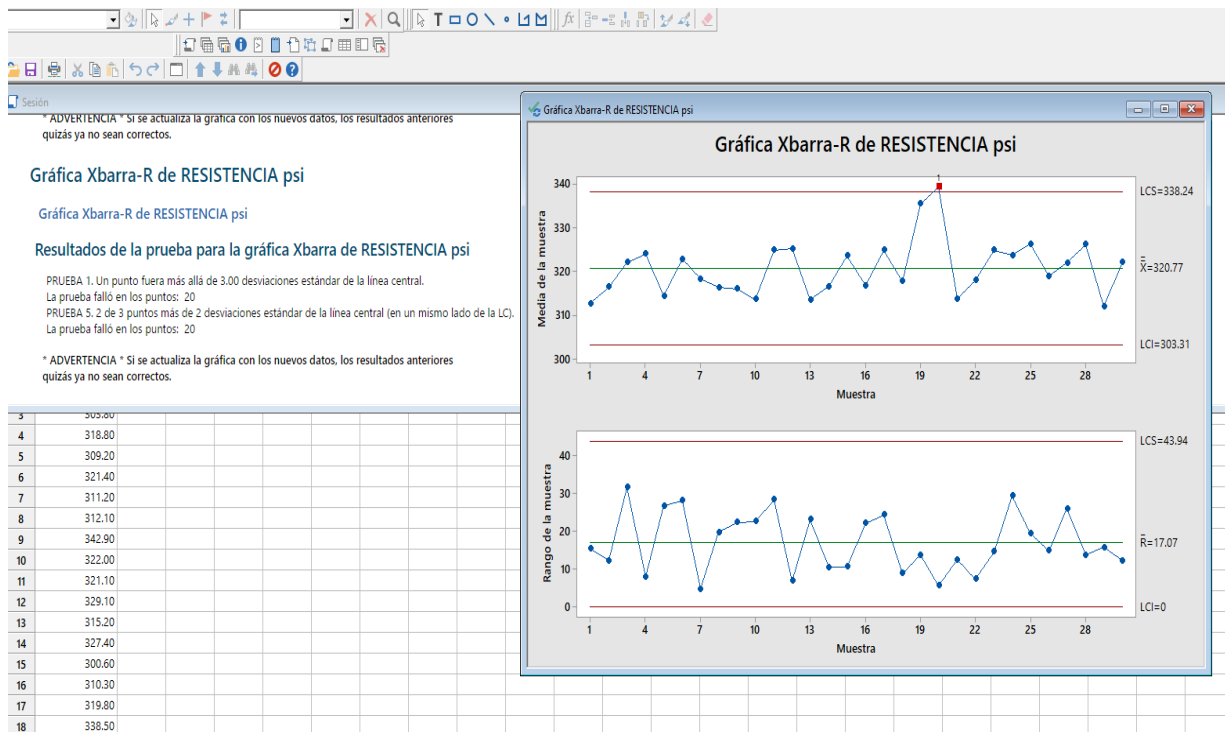
La Prueba 6 detecta pequeños cambios rápidos en el proceso.

K puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (cualquier lado)

La Prueba 7 detecta un patrón de variación que a veces se interpreta equivocadamente como evidencia de control adecuado. Esta prueba detecta límites de control que son demasiado amplios. Los límites de control que son demasiado amplios generalmente se deben a datos estratificados, lo que ocurre cuando una fuente de variación sistemática está presente dentro de cada subgrupo.

K puntos consecutivos > 1 desviación estándar desde la línea central (cualquier lado)

La Prueba 8 detecta un patrón de mezcla. En un patrón de mezcla, los puntos tienden a ubicarse lejos de la línea central y cerca de los límites de control.



Interpretación: El proceso **no** se encuentra bajo control estadístico porque el punto 20 se encuentra por arriba del límite de control superior de la gráfica de Medias

Gráfica Xbarra-R de RESISTENCIA psi

Gráfica Xbarra-R de RESISTENCIA psi

Resultados de la prueba para la gráfica Xbarra de RESISTENCIA psi

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central.

La prueba falló en los puntos: 20

PRUEBA 5. 2 de 3 puntos más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en un mismo lado de la LC).

La prueba falló en los puntos: 20

* ADVERTENCIA * Si se actualiza la gráfica con los nuevos datos, los resultados anteriores quizás ya no sean correctos.

2.2.2 Elaboración e interpretación del gráfico de medias y desviación estándar X - S

Ejercicio tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.

Ejercicio 30, Capítulo 7, Pagina 220

30. Los datos de la tabla 7.10 representan los resultados obtenidos en un proceso. Como se aprecia, el tamaño del subgrupo es de $n = 10$, y se tiene un total de 20 subgrupos. Conteste lo siguiente:

Calcule los límites de control para las cartas $\bar{X}$ —S e interprételos.

Grafique las cartas $\bar{X}$ —S e interprételas.

¿El proceso tiene una estabilidad aceptable? Argumente.

Suponiendo especificaciones de $El = 20$ y $ES = 80$, haga un estudio de capacidad e interprete a detalle.

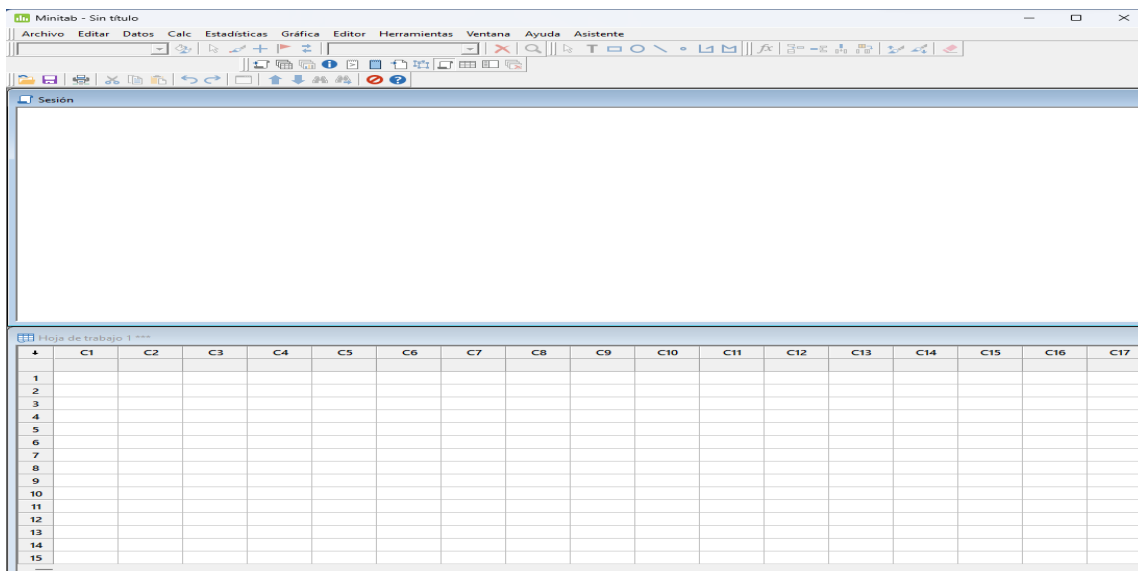
TABLA 7.10 Datos para el ejercicio 30.

SUBGRUPO	MEDICIONES									
1	50	41	21	52	55	45	62	55	28	51
2	60	44	61	61	53	36	60	45	71	57
3	69	53	65	63	54	35	37	66	55	39
4	40	67	64	46	53	64	43	39	48	38
5	46	60	75	55	56	59	60	73	75	60
6	45	50	57	45	35	61	35	53	58	31
7	46	56	48	43	30	56	50	48	41	50
8	62	59	52	47	68	46	47	44	38	54
9	61	79	49	55	58	39	41	58	28	67
10	27	62	51	50	39	40	51	47	61	60
11	58	55	46	68	66	58	42	50	52	35
12	65	20	42	75	36	65	24	65	62	33
13	52	58	62	55	53	44	52	41	46	61
14	44	50	53	61	54	59	54	55	32	50
15	35	47	60	59	64	48	52	55	64	49
16	50	58	44	48	37	46	43	66	51	52
17	45	52	56	61	47	76	44	66	43	38
18	40	72	25	67	47	33	54	42	50	40
19	52	52	42	60	52	35	42	37	58	65
20	50	23	37	48	52	48	33	39	60	77

Paso 1: Abrir el Software Minitab



Paso 2: Se desplegará la hoja de trabajo.



Paso 3: Insertar los datos del problema en las columnas C1 a la C10, escribiendo en la parte superior el número de muestra.

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

Hoja de trabajo 1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	
1	50	41	21	52	55	45	62	55	28	51	
2	60	44	61	61	53	36	60	45	71	57	
3	69	53	65	63	54	35	37	66	55	39	
4	40	67	64	46	53	64	43	39	48	38	
5	46	60	75	55	56	59	60	73	75	60	
6	45	50	57	45	35	61	35	53	58	31	
7	46	56	48	43	30	56	50	48	41	50	
8	62	59	52	47	68	46	47	44	38	54	
9	61	79	49	55	58	39	41	58	28	67	
10	27	62	51	50	39	40	51	47	61	60	
11	58	55	46	68	66	58	42	50	52	35	
12	65	20	42	75	36	65	24	65	62	33	
13	52	58	62	55	53	44	52	41	46	61	
14	44	50	53	61	54	59	54	55	32	50	
15	35	47	60	59	64	48	52	55	64	49	
16	50	58	44	48	37	46	43	66	51	52	
17	45	52	56	61	47	76	44	66	43	38	
18	40	72	25	67	47	33	54	42	50	40	
19	52	52	42	60	52	35	42	37	58	65	
20	50	23	37	48	52	48	33	39	60	77	

Paso 4: Una vez capturados los datos, seleccionar en el menú Estadísticas. Dentro de este menú, seleccionar Gráficas de Control > Gráficas de variables para subgrupos > Xbarra-S.

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

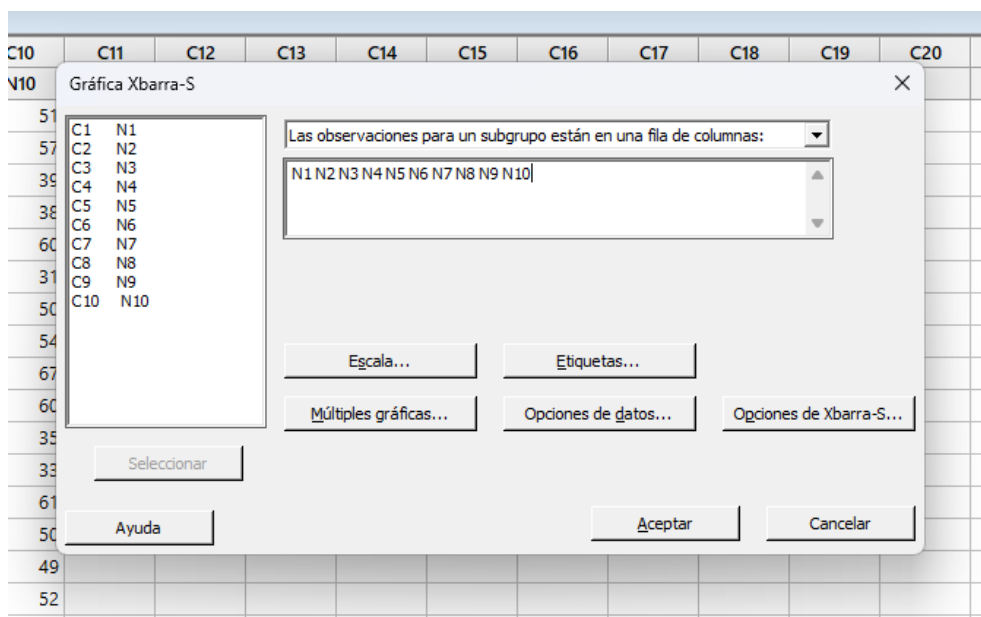
Hoja de trabajo 1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10						
1	50	41	21	52	55	45	62	55	28	51						
2	60	44	61	61	53	36	60	45	71	57						
3	69	53	65	63	54	35	37	66	55	39						
4	40	67	64	46	53	64	43	39	48	38						

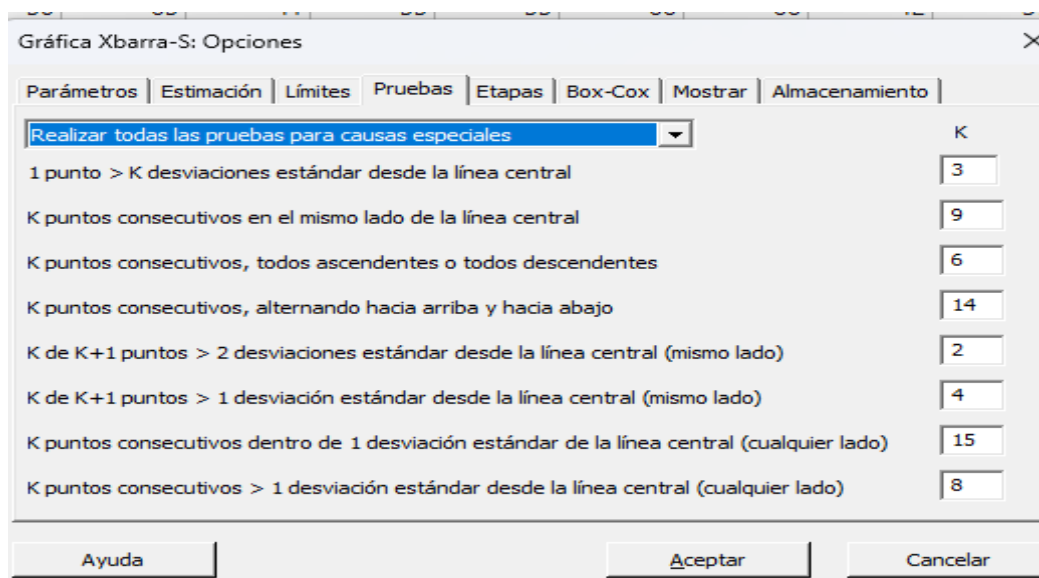
Paso 5: Después de haber dado click en Xbarra-S se desplegará la siguiente ventana:

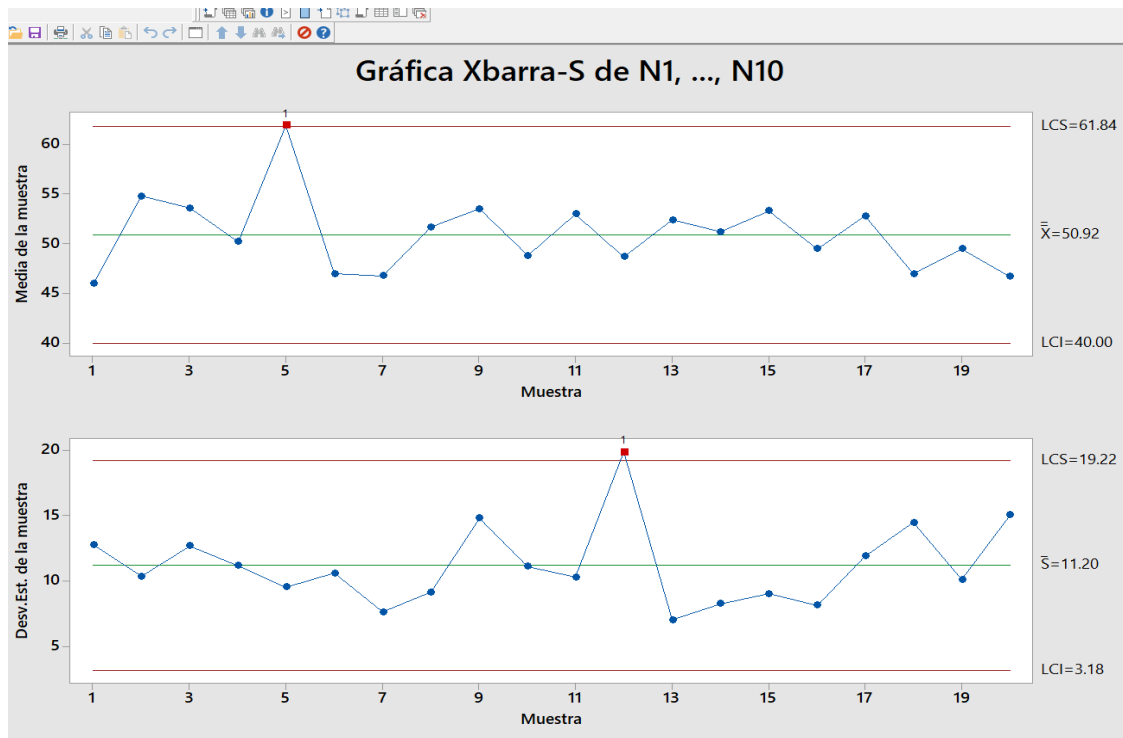
Y aquí vamos a realizar lo siguiente:

1. Seleccionamos la opción “las observaciones para un subgrupo están en una fila de columnas”.
2. En el recuadro blanco grande de la izquierda damos doble clic en cada una de las C (de C1 a C10). Aparecerá en el recuadro mediano de la derecha N1 a N10
3. Damos clic donde dice Opciones de Xbarra-R



Luego de dar clic en “Opciones de Xbarra-R aparecerá la siguiente ventana, y damos clic en pruebas. Seleccionamos “Realizar todas las pruebas para causas especiales”:





Interpretación: El proceso **no** se encuentra bajo control estadístico porque el punto 5 se encuentra por arriba del límite de control superior de la gráfica de Medias y el punto 12 en la gráfica de S

2.2.3 Elaboración e interpretación del gráfico Individuales y Rangos Móviles I-Rm

En una empresa se hacen impresiones en láminas de acero que después se convierten en recipientes de productos de otras empresas. Un aspecto importante que vigilar en dicha impresión es la temperatura de “horneado”, donde, entre otras cosas, se presentan adherencias y la lámina se seca una vez que ha sido impresa. La temperatura de cierto horno debe ser 125°C con una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{C}$. A pesar de que al horno se le programa la temperatura, por experiencia se sabe que no la mantiene; por ello, para llevar un control adecuado de la temperatura del proceso se decide emplear una carta de control de individuales.

Cada dos horas se mide la temperatura, en la tabla 7.9 se muestran los últimos 45 datos en el orden que se obtuvieron, con el rango móvil para facilitar los cálculos.

a) ¿Por qué utilizar en este caso una carta de individuales y no una carta $\bar{X}$ -R?

- b) Estime los límites de control para la carta de individuales e interprételos.
- c) Obtenga la carta e interprétela.
- d) En el punto 32 se decidió hacer un ajuste al horno, ¿tiene algún fundamento estadístico esta decisión? ¿Fue una decisión oportuna?

TABLA 7.9 Datos para el ejercicio 21.

SUBGRUPO	TEMPERATURA	RANGO MÓVIL	SUBGRUPO	TEMPERATURA	RANGO MÓVIL
1	27.4		24	26.5	2.7
2	26.8	0.6	25	23.3	3.2
3	24.3	2.5	26	23.8	0.5
4	26.6	2.3	27	25.5	1.7
5	26.5	0.1	28	26.4	0.9
6	25.6	0.9	29	27.5	1.1
7	25.1	0.5	30	27.7	0.2
8	26.5	1.4	31	28.5	0.8
9	25.8	0.7	32	29.8	1.3
10	24.7	1.1	33	25.1	4.7
11	23.3	1.4	34	25.0	0.1
12	23.3	0.0	35	22.9	2.1
13	24.7	1.4	36	23.6	0.7
14	23.4	1.3	37	24.7	1.1
15	27.4	4.0	38	24.4	0.3
16	24.7	2.7	39	25.4	1.0
17	21.7	3.0	40	23.5	1.9
18	26.7	5.0	41	27.8	4.3
19	24.2	2.5	42	25.5	2.3
20	25.5	1.3	43	26.5	0.9
21	25.3	0.2	44	24.5	1.9
22	25.0	0.3	45	23.5	1.0
23	23.8	1.2			

- 1- Abrimos una hoja de trabajo en Minitab
- 2- Introducimos los datos en la columna C1

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

Hoja de trabajo 1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	TEMPERATURA °C							
1	27.4							
2	26.8							
3	24.3							
4	26.6							
5	26.5							
6	25.6							
7	25.1							
8	26.5							
9	25.8							
10	24.7							
11	23.3							
12	23.3							
13	24.7							
14	23.4							
15	27.4							
16	24.7							
17	21.7							
18	26.7							
19	24.2							
20	25.5							
21	25.3							
22	25.0							
23	23.8							
24	26.5							
25	23.3							
26	23.8							
27	25.5							
28	26.4							
29	27.5							
30	27.7							

3- Damos clic en Estadísticas > Gráficas de control > Gráficas fr variables para valores individuales > I-MR

Minitab - Sin título

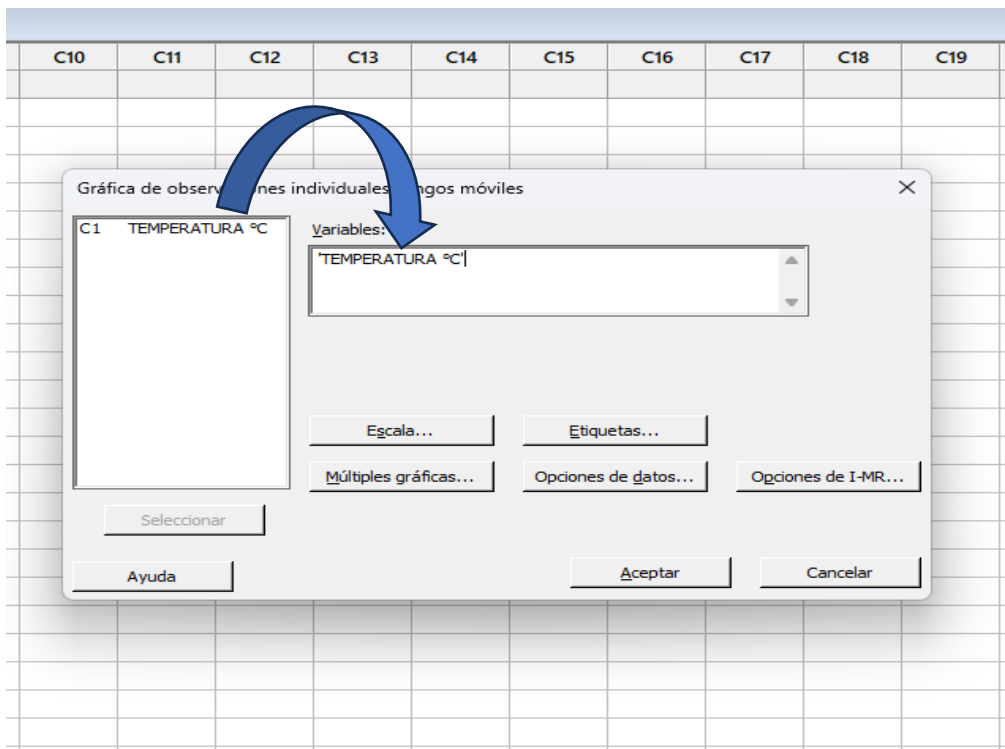
Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Sesión

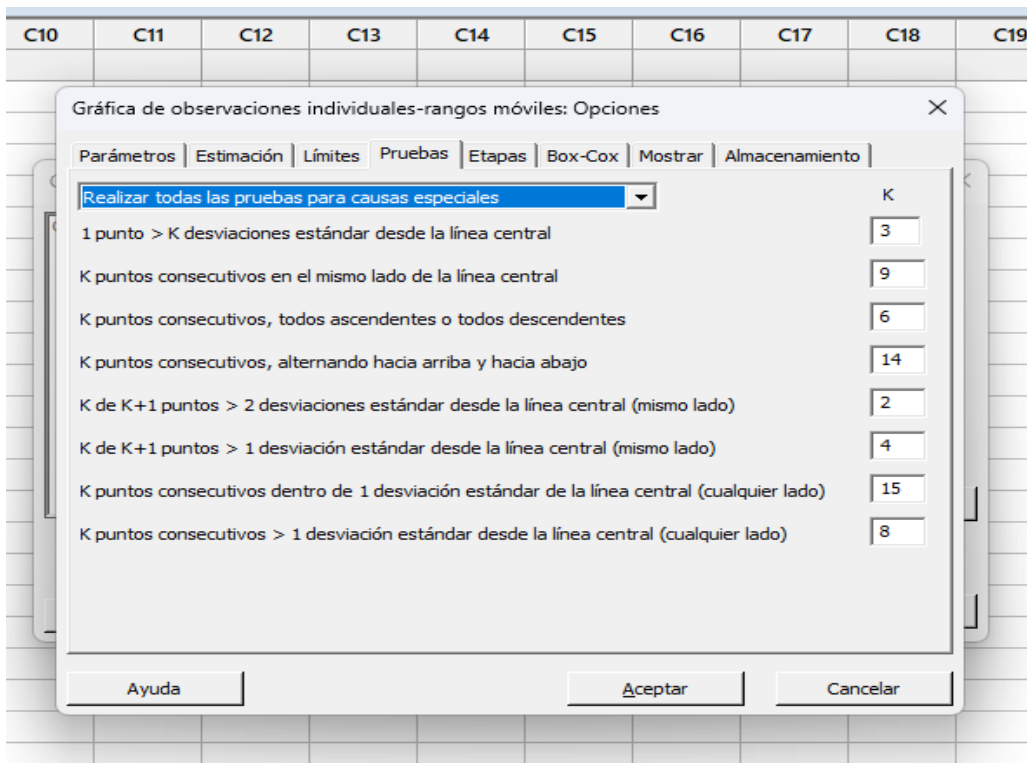
Hoja de trabajo 1 ***

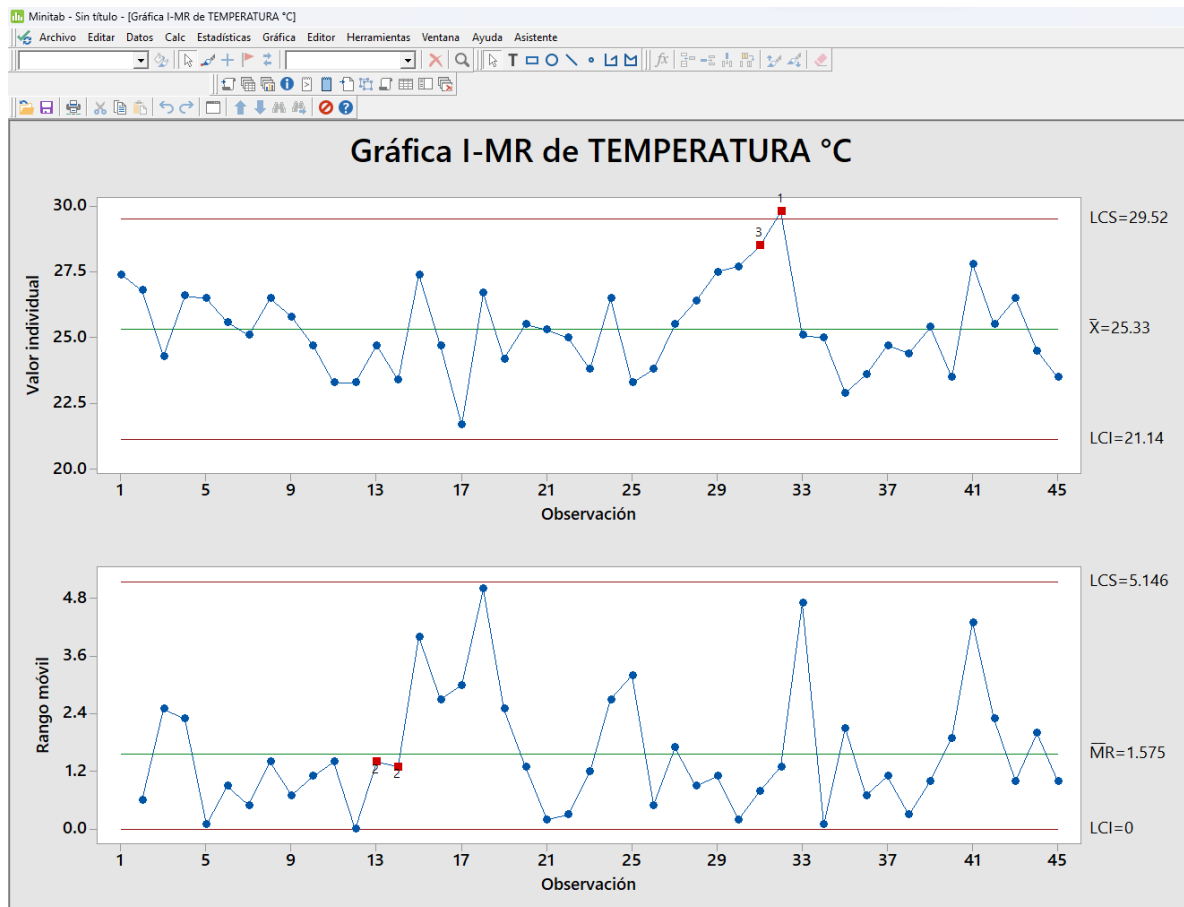
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
	TEMPERATURA °C														
1	27.4														
2	26.8														
3	24.3														
4	26.6														
5	26.5														
6	25.6														
7	25.1														
8	26.5														

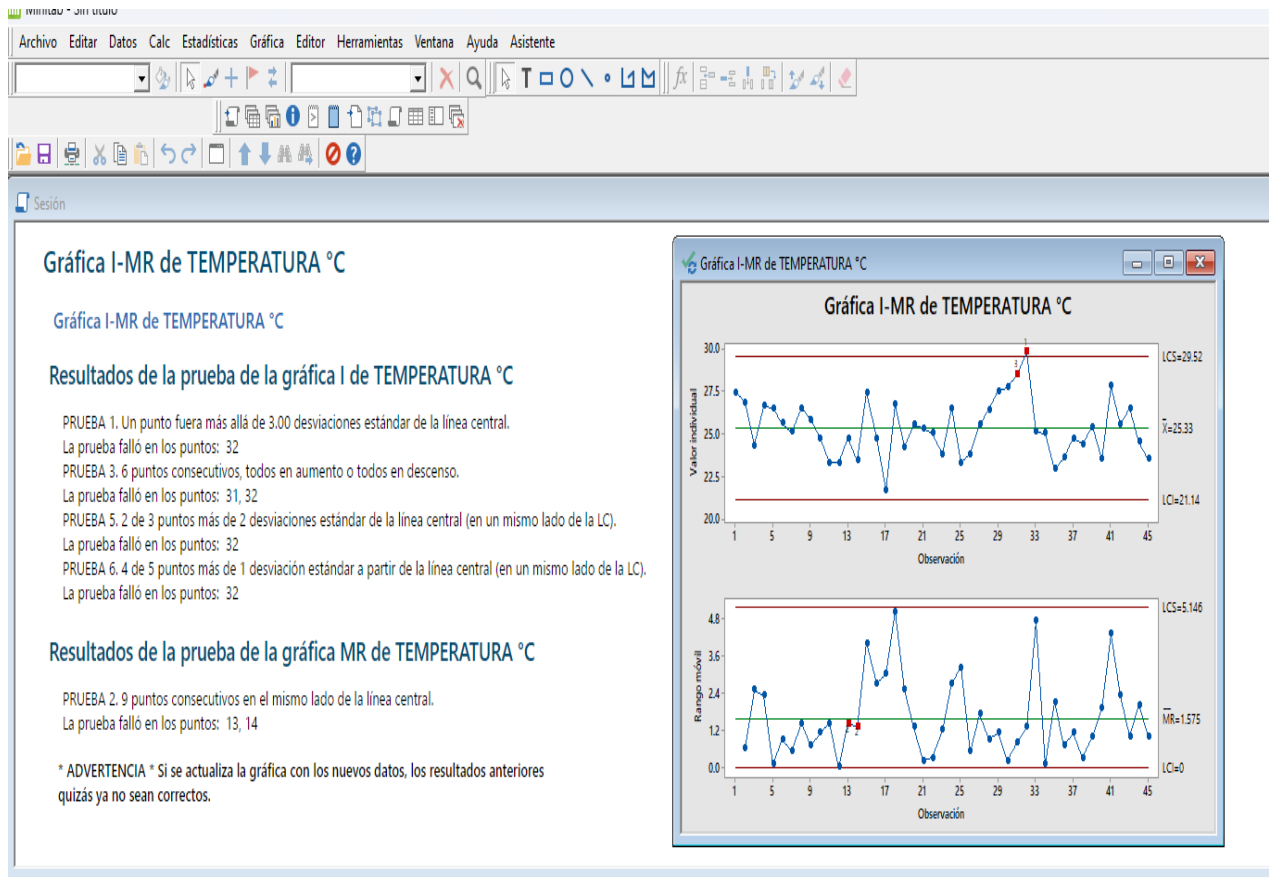
4- Con doble clic colocamos las variables desde la columna C1



Damos clic en opciones de I-MR > pruebas > Realizar todas las pruebas para causas especiales







Interpretación: El proceso no se encuentra bajo control estadístico porque no pasa las pruebas que se indican en la ventana anterior.

2.3 Capacidad de proceso, Cp, Cpk y Cpm

Capacidad de Proceso (**Cp**):

La Capacidad de Proceso (CP) es una medida que evalúa la habilidad de un proceso para producir productos que cumplan con las especificaciones del cliente. Se calcula como la relación entre la tolerancia de especificación (TS) y la variabilidad del proceso.

Matemáticamente, se expresa de la siguiente manera:

$$CP = \frac{Tolerancia}{6\sigma}$$

Donde:

- *Tolerancia* es la diferencia entre el límite superior de especificación (LSE) y el límite inferior de especificación (LIE).
- σ es la desviación estándar del proceso.

Un valor de CP mayor que 1 indica que la variabilidad del proceso es menor que la tolerancia de especificación, lo que sugiere que el proceso es capaz de producir productos dentro de los límites de especificación.

Índice de Capacidad del Proceso (**Cpk**):

El Índice de Capacidad del Proceso (Cpk) se utiliza para evaluar la capacidad de un proceso para producir productos dentro de los límites de especificación, teniendo en cuenta tanto la variabilidad del proceso como su desplazamiento respecto al centro de las especificaciones. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Cpk = \min \left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right)$$

Donde:

- μ es la media del proceso.
- *LSE* es el límite superior de especificación.
- *LIE* es el límite inferior de especificación.
- σ es la desviación estándar del proceso.

Un valor de Cpk mayor que 1 indica que el proceso es capaz de producir productos dentro de los límites de especificación, con un margen adecuado entre la media del proceso y los límites de especificación.

Capacidad del Proceso a Largo Plazo (**Cpm**):

La Capacidad del Proceso a Largo Plazo (Cpm) es similar al Cpk, pero tiene en cuenta la variabilidad a largo plazo del proceso. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Cpm = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_{total}}$$

Donde:

- σ_{total} es la variabilidad total del proceso, que incluye tanto la variabilidad a corto plazo como la variabilidad a largo plazo.

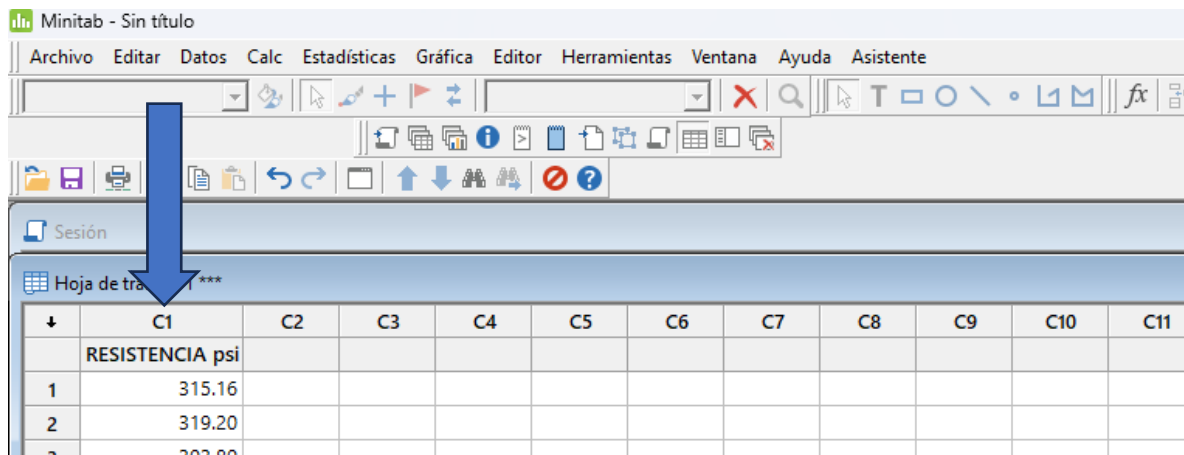
El Cpm es una medida más conservadora de la capacidad del proceso, ya que considera la variabilidad a largo plazo que puede ser causada por factores como cambios en el equipo, materiales o métodos de producción.

En resumen, CP, Cpk y Cpm son medidas importantes para evaluar la capacidad de un proceso de manufactura para producir productos que cumplan con las especificaciones del cliente. Estas métricas son fundamentales en la gestión de la calidad y en la mejora continua de los procesos industriales.

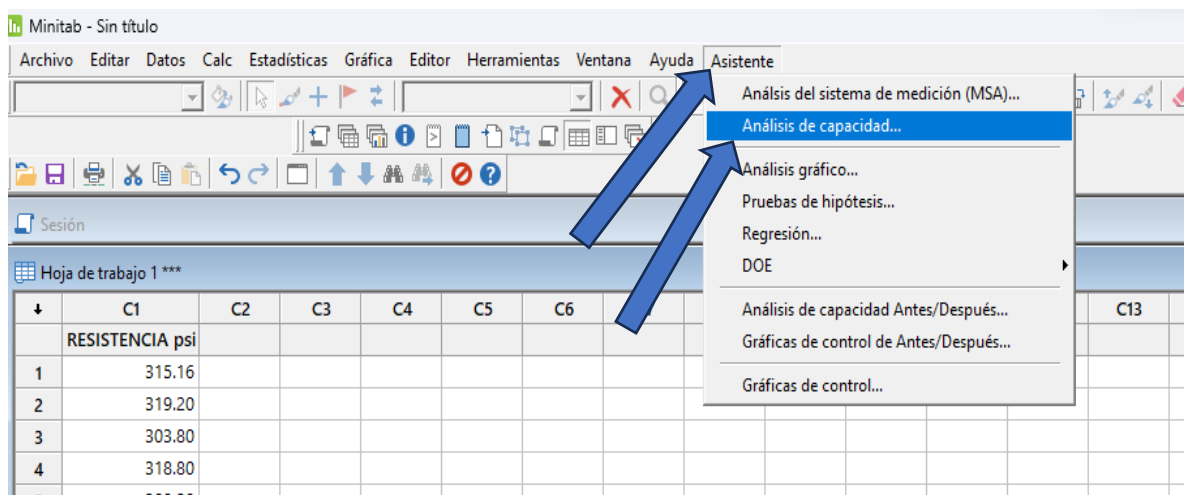
Ejemplo de como se hace un análisis de capacidad para variables.

Ejercicio 14, Capítulo 7, Pagina 214, tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.

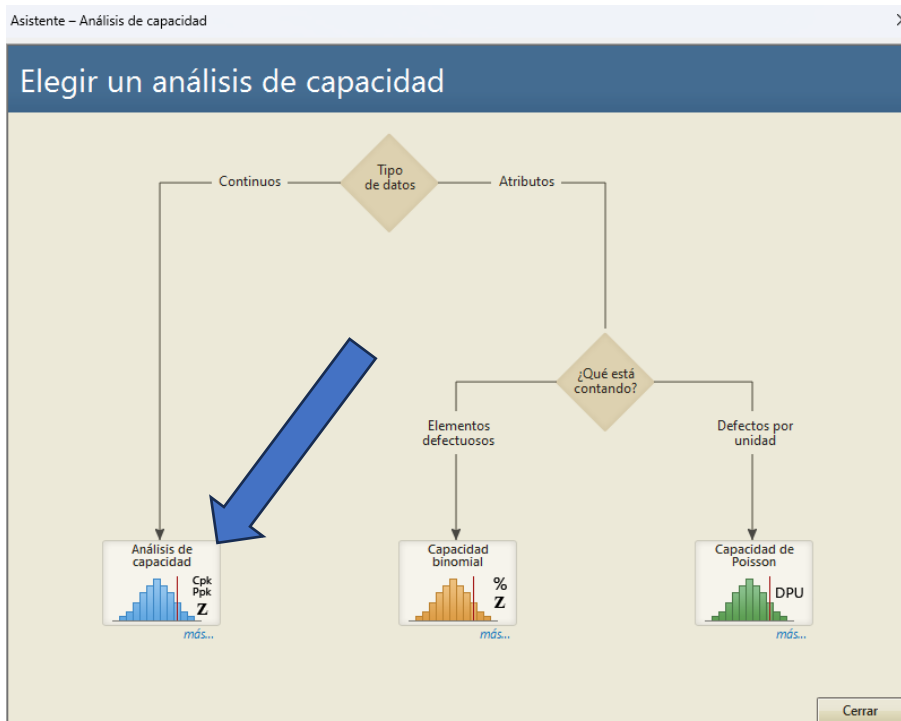
Se colocan los datos en la columna C1



Damos clic en Asistente > Análisis de capacidad



Seleccionamos análisis de capacidad para datos continuos



Colocamos los datos con doble clic donde clic columna

Análisis de capacidad

C1 RESISTENCIA psi

Tipo de análisis

☒ Completo

☐ Momentánea (utilícese solamente con datos individuales que no estén en orden cronológico)

Datos del proceso

¿Cómo están ordenados sus datos en la hoja de trabajo?

Los datos se encuentran en una columna

Columna: RESISTENCIA psi

¿Cómo se definen sus subgrupos?

☒ Tamaño constante para todos los subgrupos: 3

☐ Columna de ID de subgrupos:

Límites de especificación (se requiere por lo menos 1)

Espec. inferior: 300

Espec. superior:

Prueba de la media (opcional)

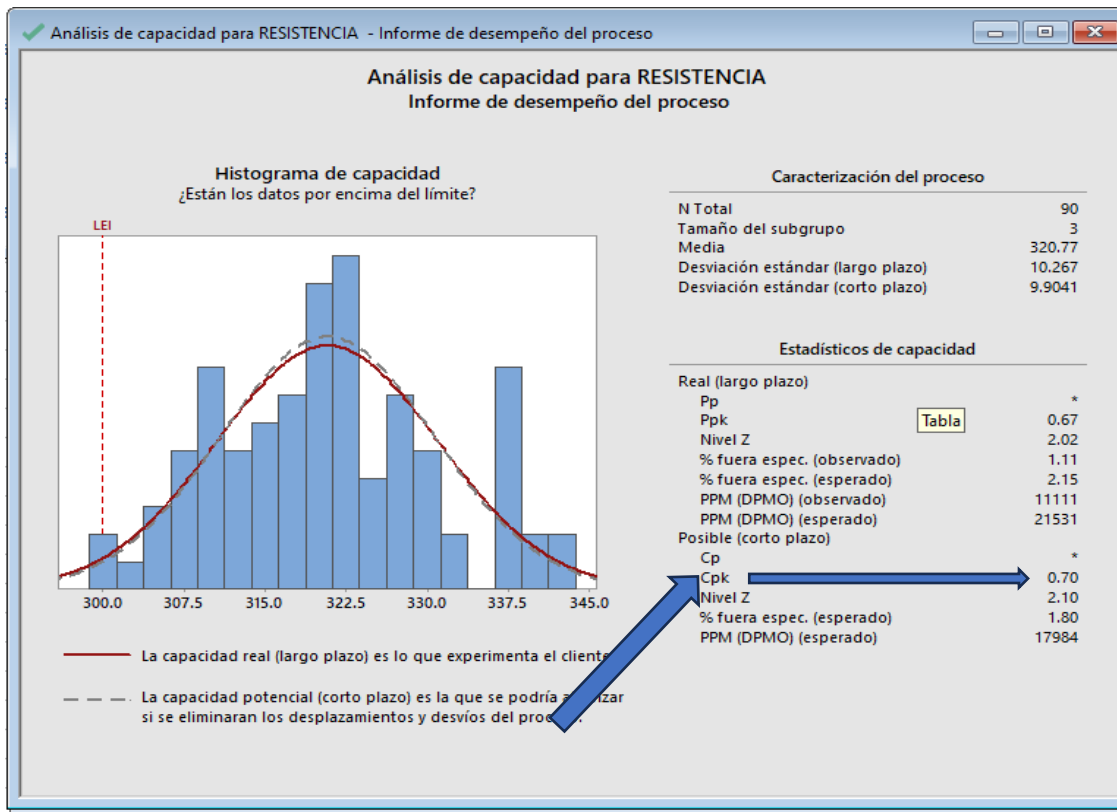
Ingrese el valor objetivo para la media del proceso.

Objetivo:

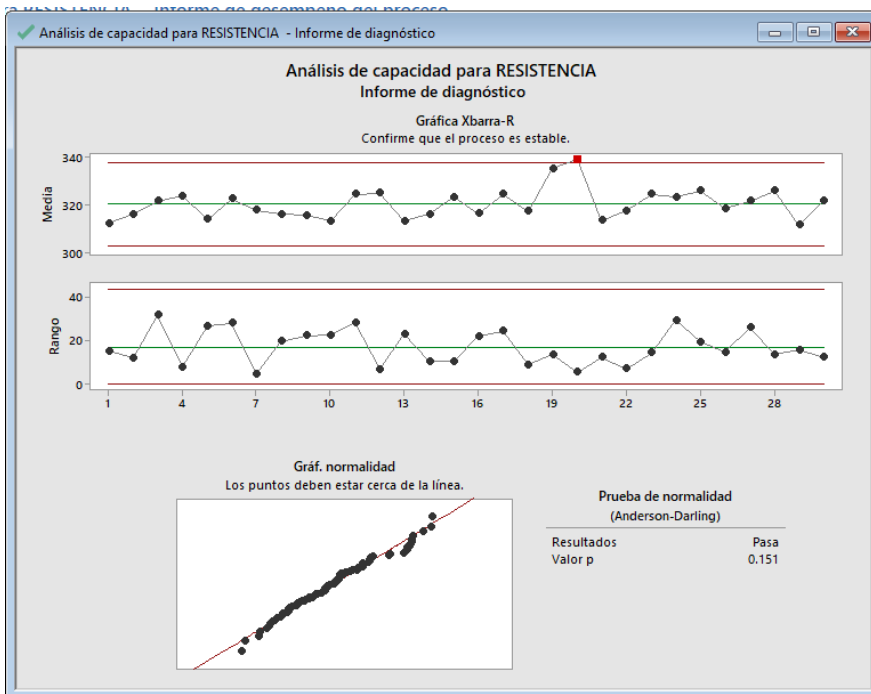
Seleccionar

Aceptar Cancelar

Se da clic en Aceptar y se nos muestran varias ventanas

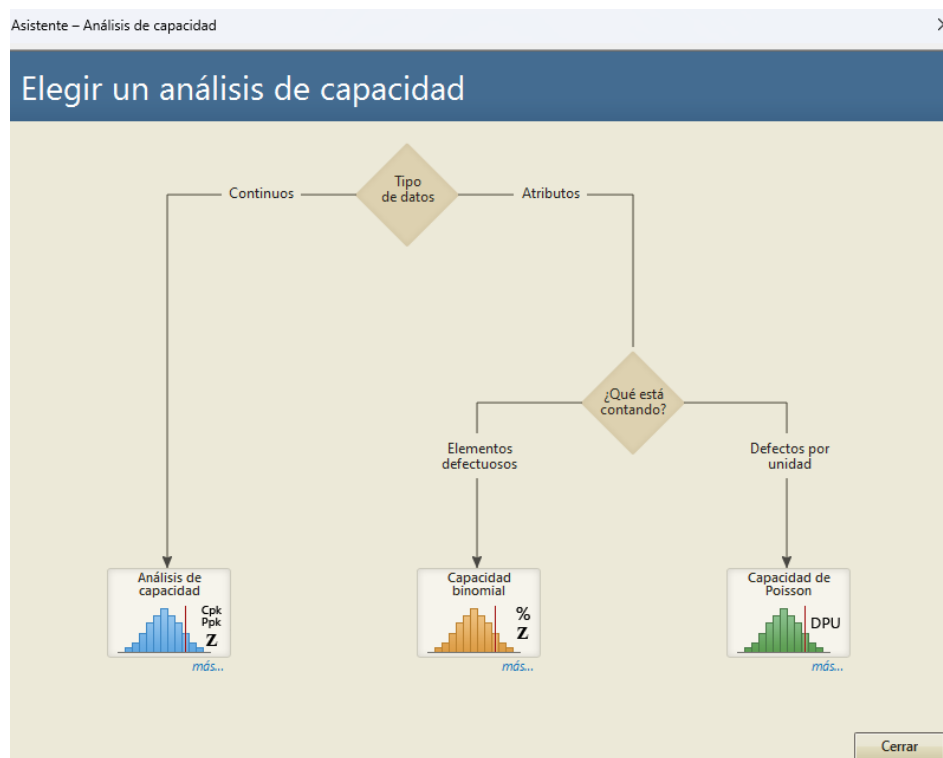
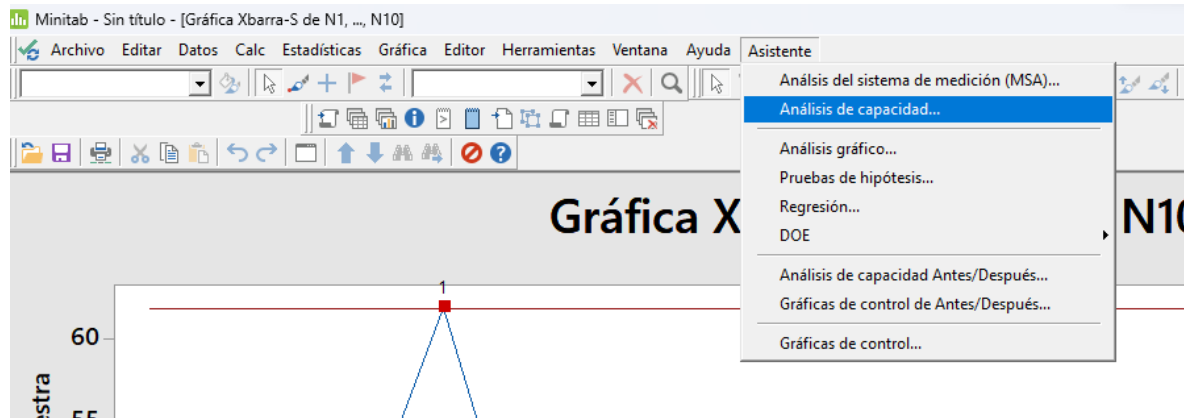


Interpretación: Como el $Cpk < 1$, se concluye diciendo que el proceso no es capaz.



Ejemplo de Análisis de capacidad para variables

Ejercicio 30, Capítulo 7, Pagina 220, tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.



Análisis de capacidad

C1 N1
 C2 N2
 C3 N3
 C4 N4
 C5 N5
 C6 N6
 C7 N7
 C8 N8
 C9 N9
 C10 N10

Tipo de análisis

☒ Completo
☐ Momentánea (utilícese solamente con datos individuales que no estén en orden cronológico)

Datos del proceso

¿Cómo están ordenados sus datos en la hoja de trabajo?

Los datos se encuentran en múltiples columnas, una fila para cada subgrupo

Columnas: N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8 N9 N10

Límites de especificación (se requiere por lo menos 1)

Espec. inferior: 20

Espec. superior: 80

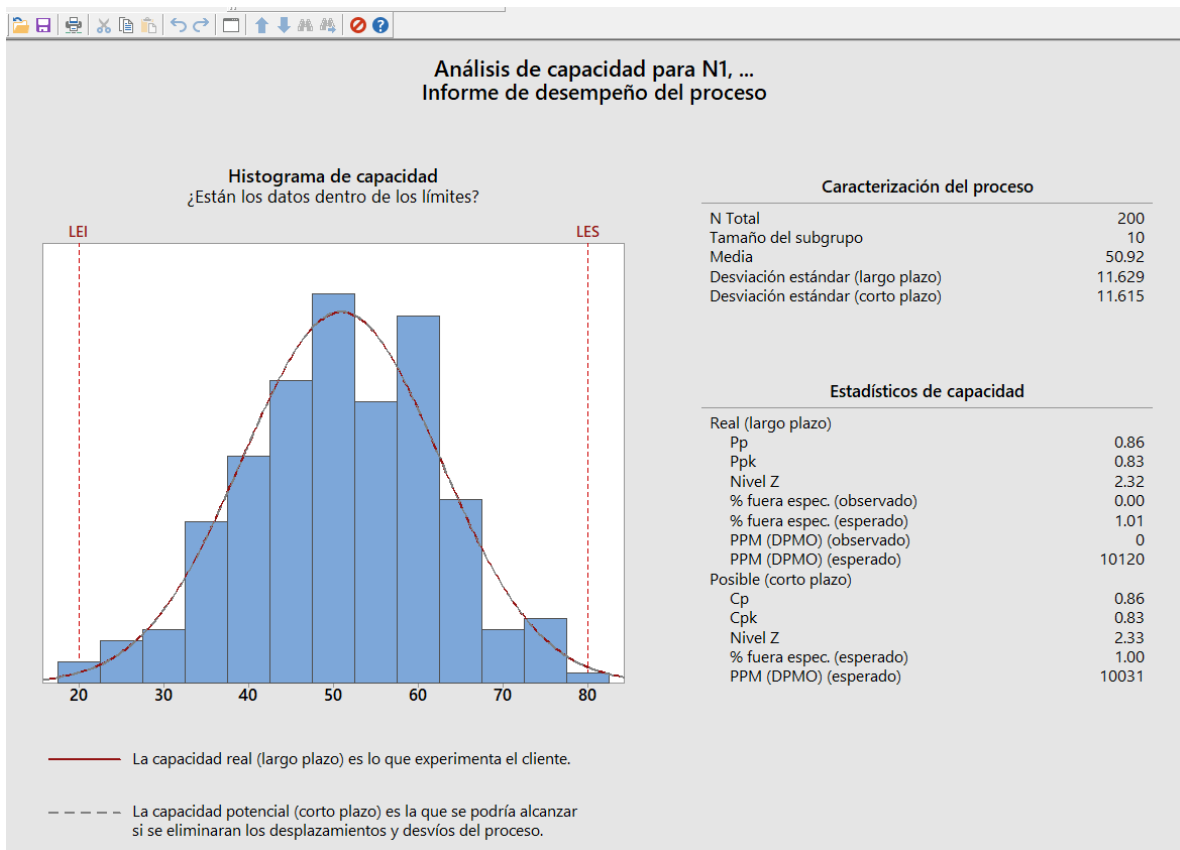
Prueba de la media (opcional)

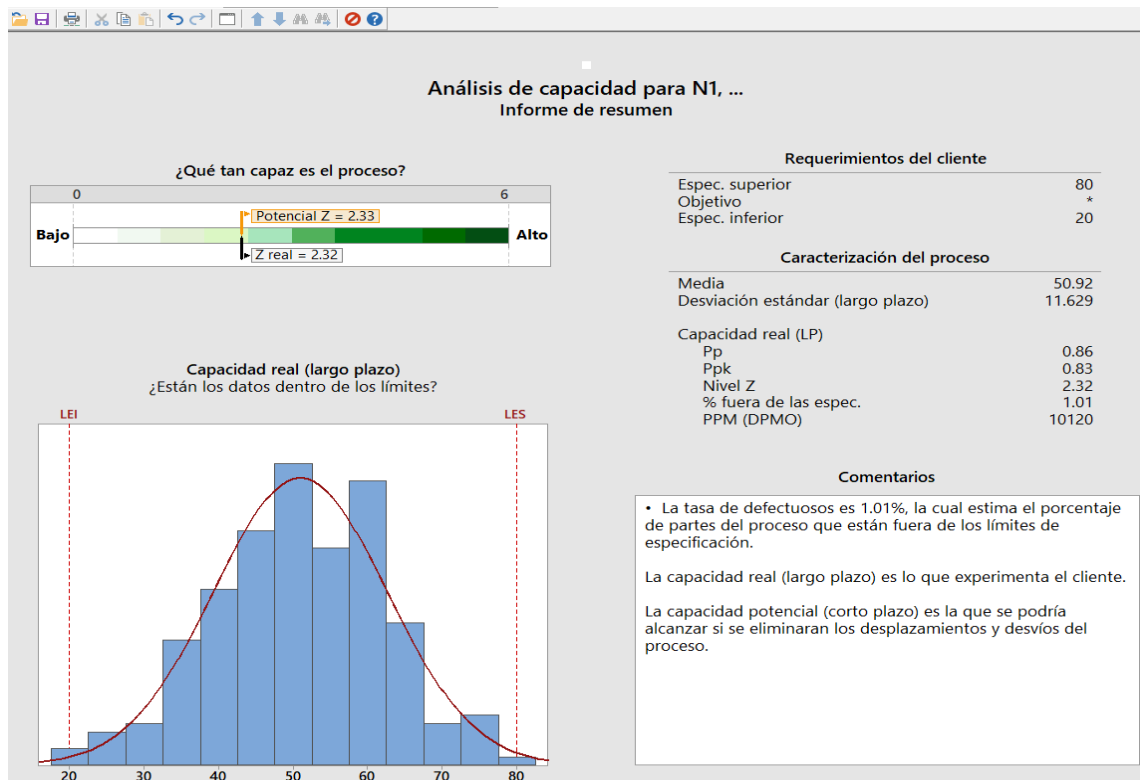
Ingrese el valor objetivo para la media del proceso.

Objetivo:

Seleccionar

Aceptar Cancelar

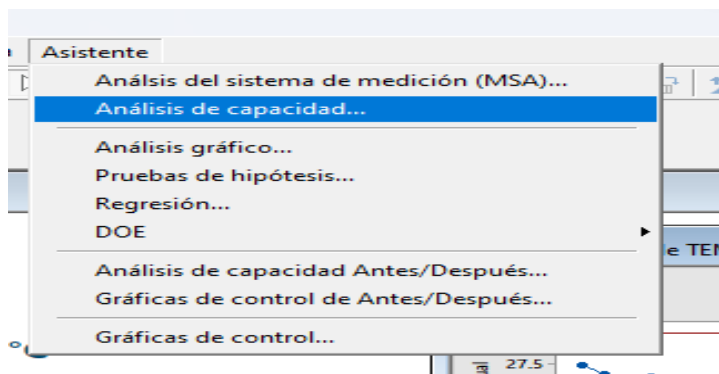


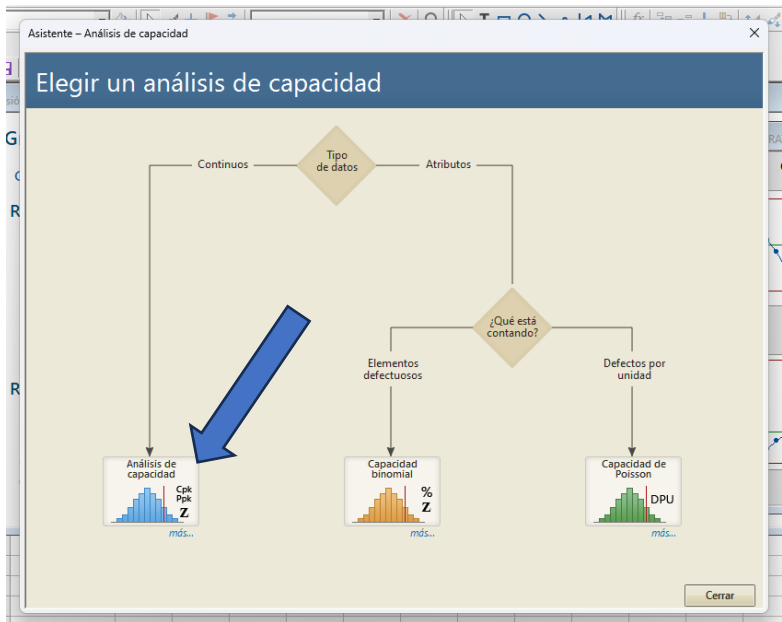


Interpretación: el proceso no es capaz porque el Cpk < 1

Ejemplo de Análisis de capacidad para variables

Ejercicio 21, Capítulo 7, Pagina 218 tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.





Insertamos con doble clic los datos del proceso.

Indicamos el tamaño del subgrupo (1)

Tecleamos los valores de las especificaciones y del valor objetivo.

30.0 LCS=29.5

Análisis de capacidad

C1 TEMPERATURA °C

Tipo de análisis

- ☒ Completo
- ☐ Momentánea (utilícese solamente con datos individuales que no estén en orden cronológico)

Datos del proceso

¿Cómo están ordenados sus datos en la hoja de trabajo?

Los datos se encuentran en una columna

Columna: TEMPERATURA °C

¿Cómo se definen sus subgrupos?

- ☒ Tamaño constante para todos los subgrupos: 1
- ☐ Columna de ID de subgrupos:

Límites de especificación (se requiere por lo menos 1)

Espec. inferior: 120

Espec. superior: 130

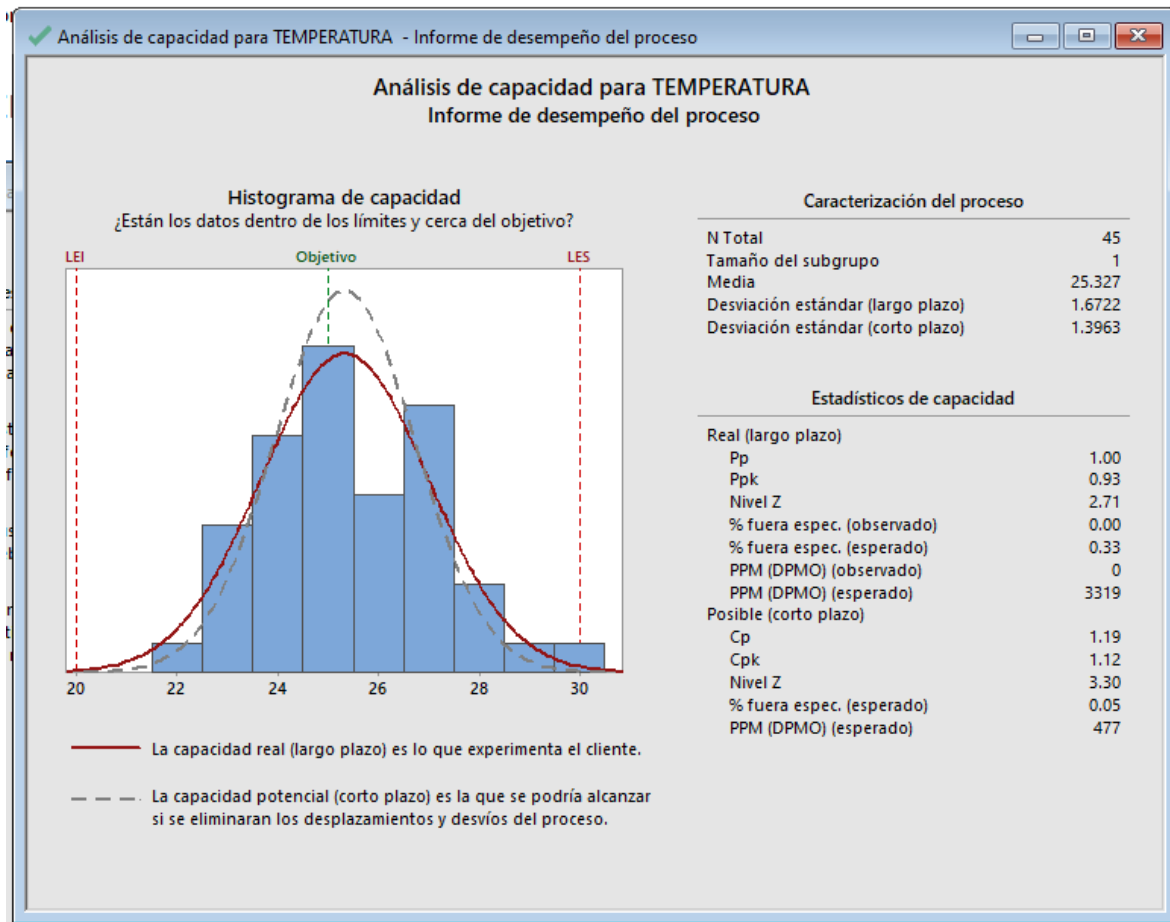
Prueba de la media (opcional)

Ingrese el valor objetivo para la media del proceso.

Objetivo: 125

Seleccionar

Aceptar Cancelar



Interpretación: El proceso si es capaz porque su $Cpk > 1$

Tema 3

Gráficas de Control para atributos

3.1 Conceptos generales de atributos.

Los gráficos de control para atributos son una herramienta fundamental en el control de calidad estadístico. Se utilizan para monitorear la variabilidad en procesos que generan resultados cualitativos o atributos discretos, en lugar de mediciones continuas. Este tipo de gráficos son especialmente útiles cuando se trata de características como la presencia o ausencia de ciertas características, la conformidad con estándares o la clasificación de productos como defectuosos o no defectuosos.

Aquí hay una descripción detallada de cómo funcionan y cómo se utilizan los gráficos de control para atributos:

Concepto Básico:

- En lugar de medir valores continuos, los gráficos de control para atributos registran la presencia o ausencia de un atributo o la clasificación de un artículo como aceptable o no aceptable.
- Los datos se recopilan en muestras, y para cada muestra se registra el número de defectos o la proporción de unidades defectuosas.

Tipos de Gráficos de Control para Atributos:

- 1. Gráfico p:** También conocido como gráfico de proporción defectuosa. Es útil cuando el tamaño de la muestra varía.
- 2. Gráfico np:** Este gráfico se usa cuando el tamaño de la muestra es constante.
- 3. Gráfico c:** Se utiliza cuando se cuenta el número de defectos por muestra, y el tamaño de la muestra es constante.
- 4. Gráfico u:** Se utiliza para medir el número promedio de defectos por unidad.

Pasos para Construir un Gráfico de Control:

- 1. Recopilación de Datos:** Se recopilan datos sobre la presencia o ausencia del atributo de interés en muestras del proceso.
- 2. Cálculo de Estadísticos:** Dependiendo del tipo de gráfico, se calculan estadísticos como la proporción de defectuosos, el número de defectos, etc.
- 3. Límites de Control:** Se calculan los límites de control superior e inferior para el gráfico.
- 4. Dibujo del Gráfico:** Se dibujan los puntos que representan las estadísticas de las muestras y se trazan las líneas de control.
- 5. Análisis de los Resultados:** Se monitorean los puntos para detectar patrones, tendencias o puntos fuera de control que puedan indicar problemas en el proceso.

Ventajas de los Gráficos de Control para Atributos:

- Proporcionan una manera visual y rápida de monitorear la calidad del proceso.
- Ayudan a identificar problemas en el proceso antes de que afecten la calidad del producto final.
- Permiten tomar decisiones basadas en datos para mejorar continuamente el proceso.

Limitaciones:

- No proporcionan información detallada sobre la magnitud de los defectos.
- Requieren datos de calidad confiables y consistentes para ser efectivos.
- No pueden prevenir problemas en el proceso, solo detectarlos después de que hayan ocurrido.

Los tipos de gráficos de control para atributos también se pueden clasificar en dos grupos, ya que el gráfico P y el gráfico NP se basan en la **distribución binomial** y, por otro lado, el gráfico C y el gráfico U se basan en la **distribución de Poisson**.

Gráfico de control P

Un **gráfico de control P**, o simplemente **gráfico P**, es un gráfico de control por atributos en el que se representa la evolución de la proporción de unidades defectuosas.

En gestión de calidad, a menudo tenemos que estudiar si en un proceso de producción se están fabricando las unidades correctamente o, por el contrario, si se están produciendo demasiados defectos. Así pues, el gráfico de control P permite analizar la evolución del porcentaje de unidades defectuosas y ver cuándo el proceso de producción está bajo control y cuándo no.

No obstante, el gráfico de control P no solo sirve para controlar un proceso de producción, sino que también tiene otras aplicaciones como controlar la proporción de enfermos o controlar el porcentaje de éxito de un experimento dicotómico. Aunque principalmente se usa para controlar procesos de producción.

Una de las características de este tipo de gráfico de control por atributos es que el tamaño de las diferentes muestras analizadas no es necesario que sea igual, de manera que se pueden tomar muestras de diferente tamaño para realizar el estudio estadístico.

Gráfico de control NP

Un **gráfico de control NP**, o simplemente **gráfico NP**, es un gráfico en el que se representa el número de unidades defectuosas de varias muestras de tamaño constante.

Por lo tanto, el gráfico de control NP sirve para controlar que el número de unidades defectuosas de un proceso no está fuera de los límites de control.

Por ejemplo, se puede utilizar un gráfico de control NP para analizar la evolución de productos defectuosos fabricados por un proceso de producción. De este modo podremos saber que hay algún problema en el proceso de producción cuando el número de productos defectuosos supere los límites de control.

Es importante destacar que, a diferencia de un gráfico de control P, el gráfico de control NP no monitoriza la proporción de unidades defectuosas, sino el número de unidades defectuosas. Además, el tamaño de todas las muestras debe ser el mismo.

Gráfico de control C

Un **gráfico de control C**, o simplemente **gráfico C**, es un gráfico en el que se representa el número de veces que ocurre un fenómeno por unidad de medida.

Por ejemplo, en gestión de calidad el gráfico de control C se usa para controlar que el número de defectos de los productos estén dentro de los límites de control.

Asimismo, el gráfico de control C tiene muchas aplicaciones, por ejemplo, sirve para controlar el número de quejas recibidas por día, el número de accidentes laborales por unidad de tiempo, el número de usuarios al mes en una página web, etc.

Gráfico de control U

Un **gráfico de control U**, o simplemente **gráfico U**, es un gráfico en el que se representa el número de veces que ocurre un fenómeno por unidad de medida cuando esta es variable.

Por ejemplo, se puede utilizar un gráfico de control U para controlar el número de defectos por metro cuadrado de tela. A menudo no se pueden tomar muestras de tela con la misma superficie, por lo que cada muestra es diferente. Así pues, el gráfico U nos permite estudiar procesos que tienen un tamaño muestral variable.

Ten en cuenta que, al igual que en el gráfico de control C, el modelo matemático de referencia del gráfico de control U es la distribución de Poisson, pues se estudian el número de ocurrencias de un fenómeno por unidad de medida.

	TAMAÑO MUESTRA CONSTANTE	TAMAÑO MUESTRA VARIABLE
No. De piezas defectuosas	np	p
No. De defectos	c	u

3.2 Elaboración e interpretación de gráficas para atributos.

Interpretación de los Gráficos:

- Puntos dentro de los límites de control: Indican que el proceso está bajo control y que las variaciones son debidas al azar.
- Puntos fuera de los límites de control o patrones no aleatorios: Pueden indicar problemas en el proceso que necesitan ser investigados y corregidos.
- Tendencias: Indican un cambio sistemático en el proceso que necesita ser abordado.

3.2.1 Elaboración e interpretación del gráfico p

Una empresa ha recogido 25 muestras de productos y en cada una ha anotado el tamaño de la muestra y el número de piezas defectuosas que se han encontrado. Puedes ver los datos recopilados en la siguiente tabla:

Muestra	Tamaño de la muestra	Número de piezas defectuosas
1	115	15
2	220	18
3	210	23
4	220	22
5	220	18
6	255	15
7	440	44
8	365	47
9	255	13
10	300	33
11	280	42
12	330	46
13	320	38
14	225	29
15	290	26
16	170	17
17	65	5
18	100	7
19	135	14
20	280	36
21	250	25
22	220	24
23	220	20
24	220	15
25	220	18

1.- Colocamos los datos en las columnas C1 y C2

Minitab - Sin título

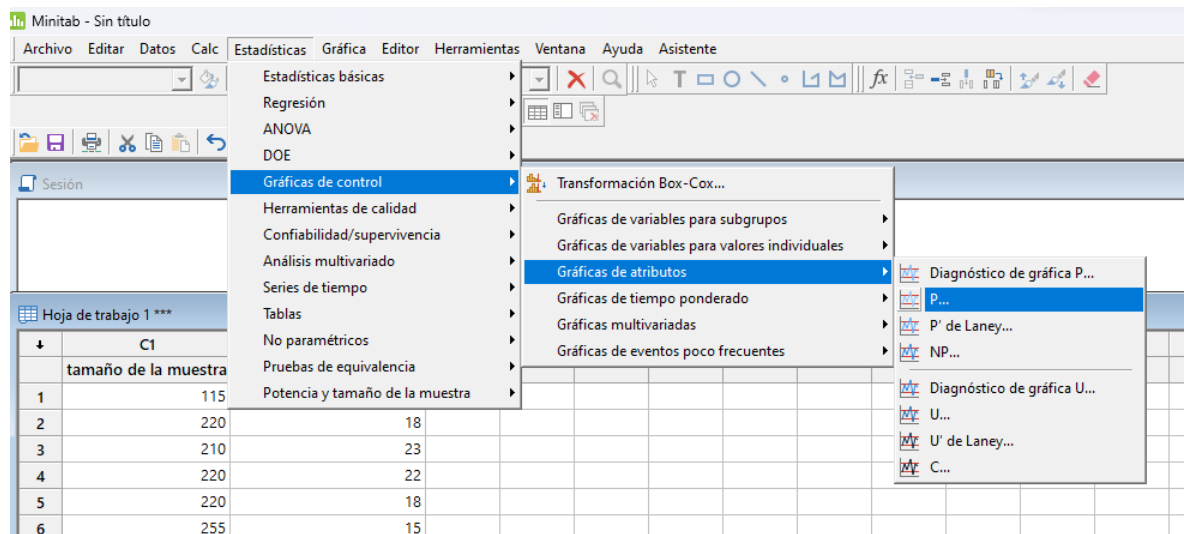
Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas

Sesión

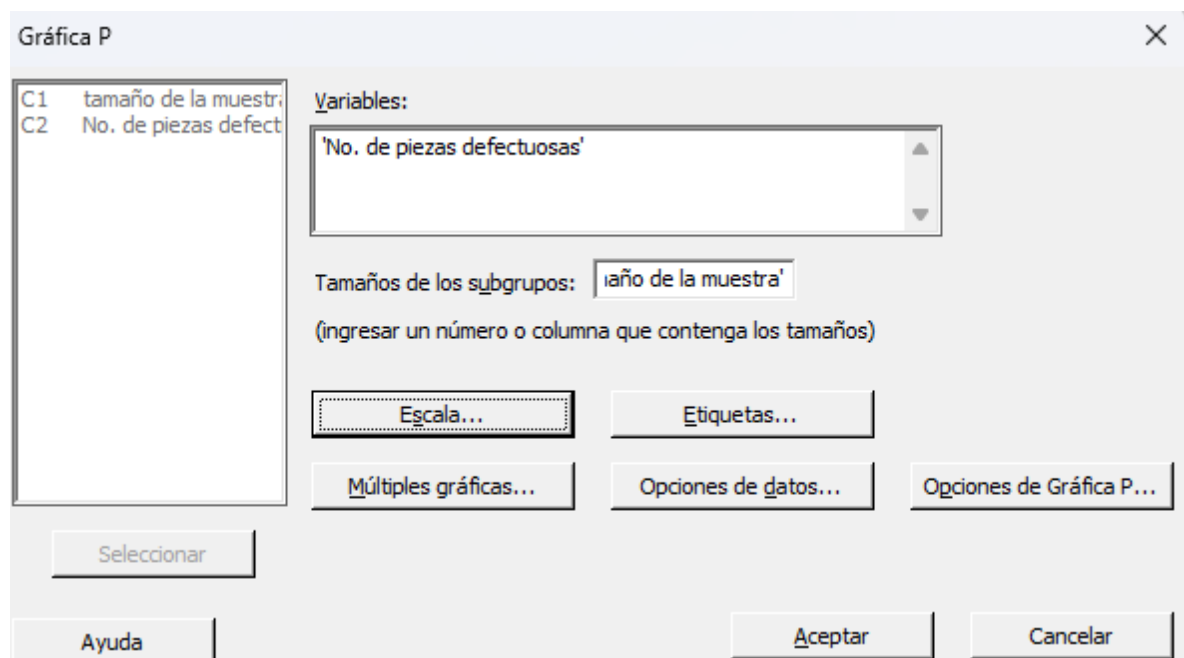
Hoja de trabajo

↓	C1	C2	C3
	tamaño de la muestra	No. de piezas defectuosas	
1	115	15	
2	220	18	
3	210	23	
4	220	22	
5	220	18	
6	255	15	
7	440	44	
8	365	47	
9	255	13	
10	300	33	
11	280	42	
12	330	46	
13	320	38	
14	225	29	
15	290	26	
16	170	17	
17	65	5	
18	100	7	
19	135	14	
20	280	36	
21	250	25	
22	220	24	
23	220	20	
24	220	15	
25	220	18	
26			

2.- Damos clic en Estadísticas > Gráficas de control > gráficas de atributos > P



3.- Con doble clic trasladamos la columna C2 a Variables y la columna C1 a tamaños de los subgrupos.



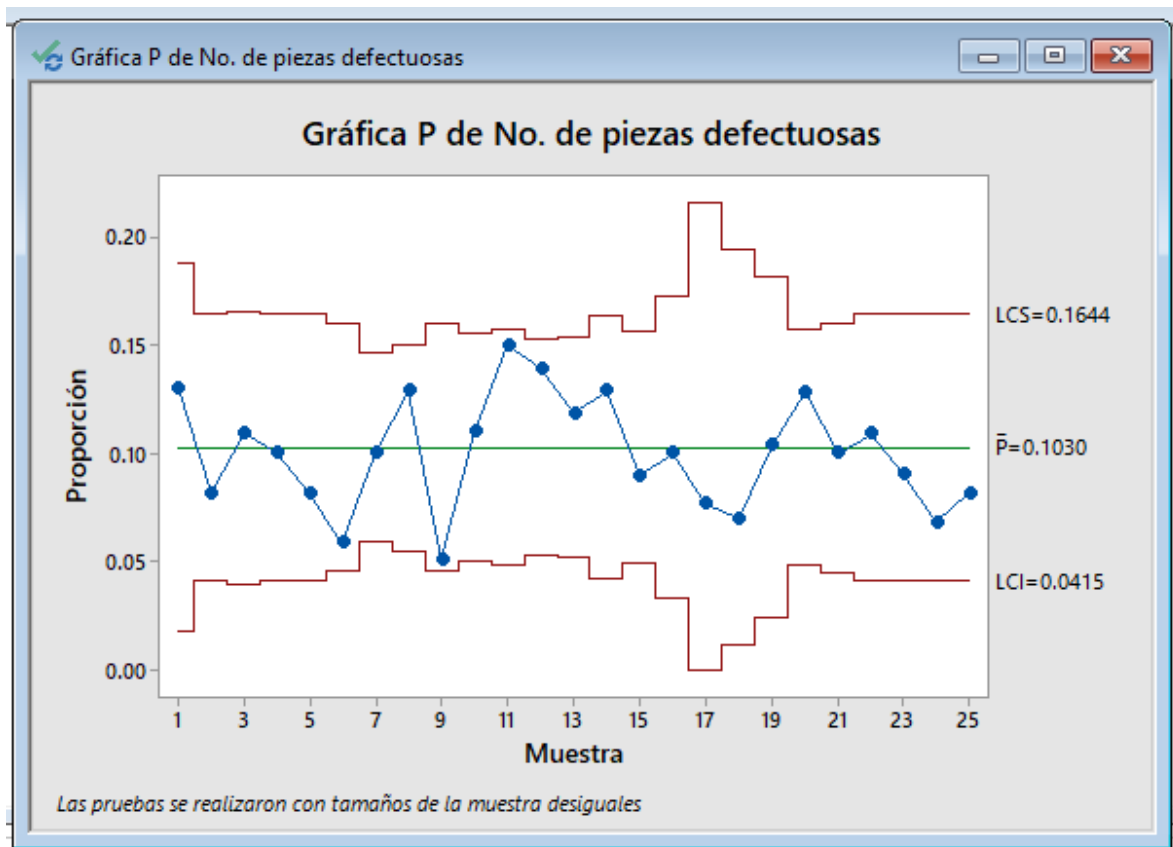
3.- Damos clic en Opciones de gráfica P.

4.- Damos clic en pruebas y seleccionamos “Realizar todas las pruebas para causas especiales” > Aceptar

The image shows a software dialog box titled "Gráfica P: Opciones" with a close button (X) in the top right corner. The dialog has several tabs: "Parámetros", "Estimación", "Límites", "Pruebas", "Etapas", "Mostrar", and "Almacenamiento". The "Pruebas" tab is currently selected. Inside this tab, there is a dropdown menu at the top left with the text "Realizar todas las pruebas para causas especiales". To the right of this menu is a label "K". Below the dropdown, there are four rows of text, each followed by a text input field:

	K
1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central	3
K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central	9
K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes	6
K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo	14

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Ayuda", "Aceptar", and "Cancelar".



Como se puede ver en el gráfico, todos los valores de proporciones están dentro de los límites de control. Por lo tanto, se llega a la conclusión de que el proceso de producción **si está bajo control estadístico**.

3.2.2 Elaboración e interpretación del gráfico np

Un ingeniero especializado en calidad evalúa si el proceso utilizado para producir focos está bajo control. El ingeniero prueba 500 focos cada hora durante tres turnos de 8 horas y registra el número de focos que no encienden (elementos defectuosos).

El ingeniero decide crear una gráfica np para monitorear el número de focos defectuosos.

Datos recabados durante 4 días.

subgrupo	defectuosos
1	5
2	8

3	13
4	11
5	8
6	6
7	5
8	3
9	1
10	6
11	4
12	12
13	6
14	8
15	13
16	17
17	4
18	5
19	4
20	9
21	7
22	2
23	3
24	6

- 1.- Abrimos una hoja de trabajo en Minitab
- 2.- Colocamos los datos en la columna C1

Minitab - Sin título

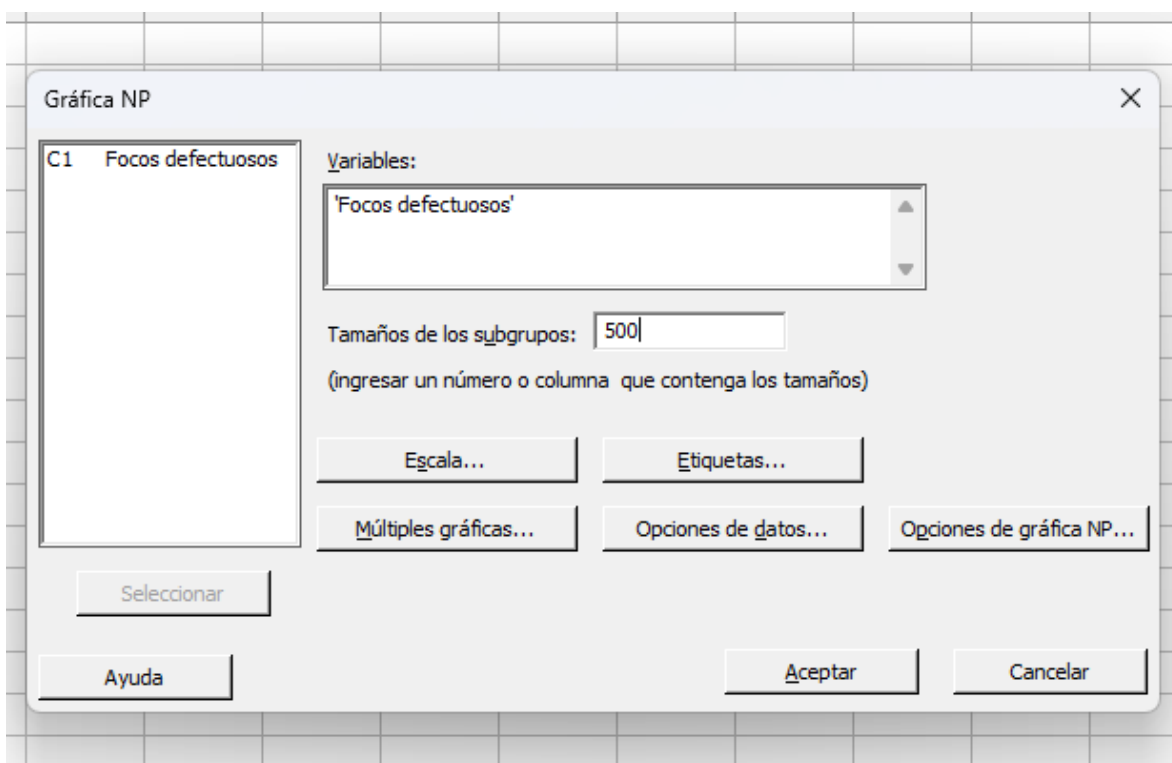
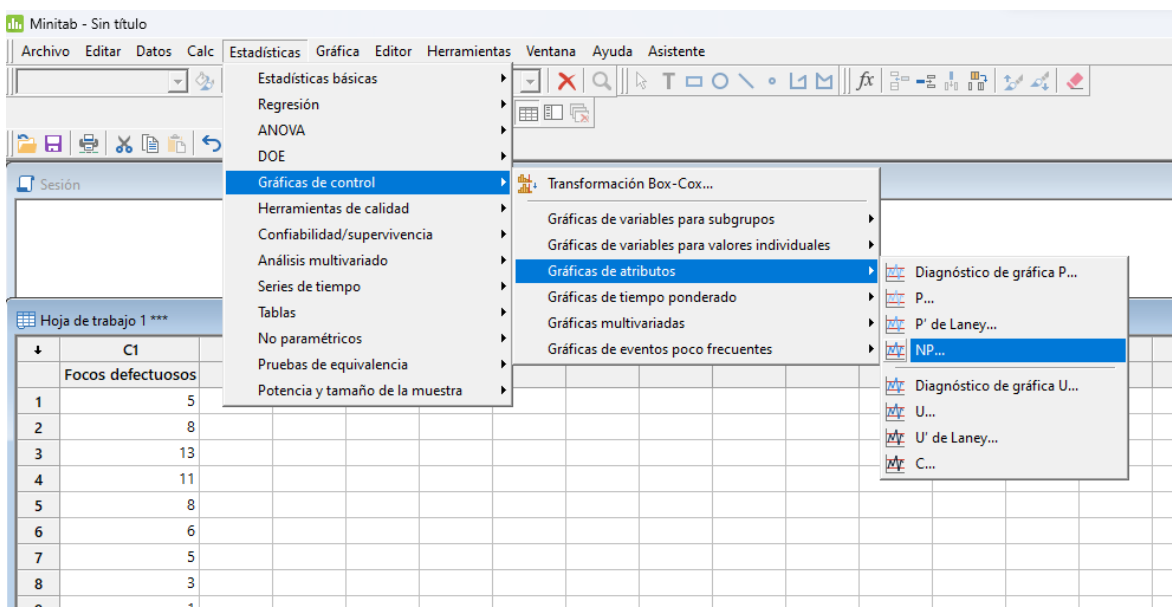
Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas

Sesión

Hoja de trabajo ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5
	Focos defectuosos				
1	5				
2	8				
3	13				
4	11				
5	8				
6	6				
7	5				
8	3				
9	1				
10	6				
11	4				
12	12				
13	6				
14	8				
15	13				
16	17				
17	4				
18	5				
19	4				
20	9				
21	7				
22	2				
23	3				
24	6				
25					

3.- Damos clic en Estadísticas > Gráficas de control > gráficas de atributos > NP



Gráfica NP: Opciones

Parámetros | Estimación | Límites | **Pruebas** | Etapas | Mostrar | Almacenamiento

Realizar todas las pruebas para causas especiales ▼ K

1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central	3
K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central	9
K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes	6
K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo	14

Ayuda | Aceptar | Cancelar

En la lista desplegable, especifique si se realizarán algunas, todas o ninguna de las pruebas para detectar causas especiales. Usted puede hacer que cada prueba sea más o menos sensible al cambiar el valor de K.

1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central

La Prueba 1 identifica subgrupos que son poco comunes en comparación con otros subgrupos. La Prueba 1 se reconoce universalmente como una prueba necesaria para detectar situaciones fuera de control. Si pequeños cambios en el proceso son de interés, usted puede utilizar la Prueba 2 para complementar la Prueba 1 a fin de crear una gráfica de control que tenga mayor sensibilidad.

K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central

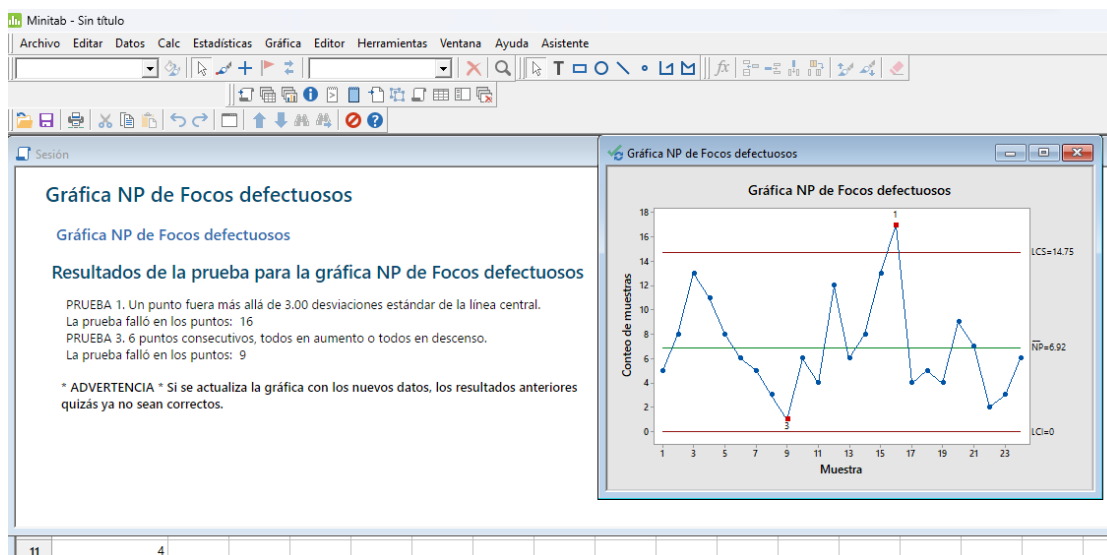
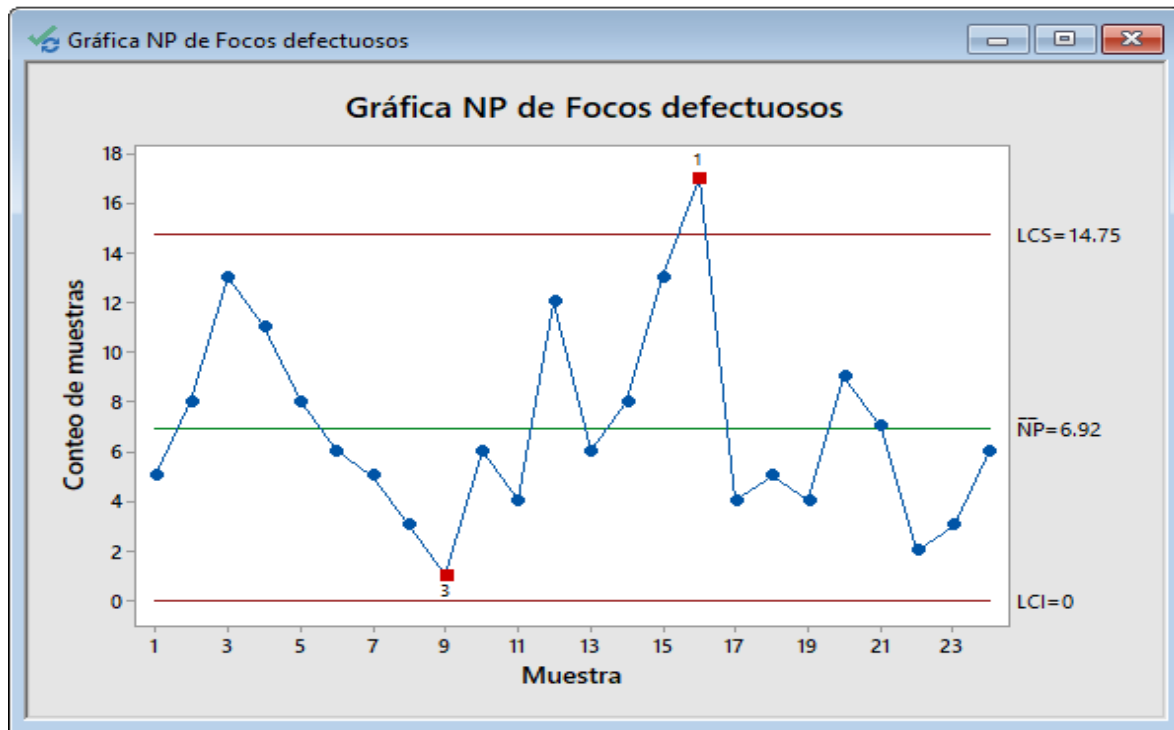
La prueba 2 identifica cambios rápidos en la tasa de defectos del proceso. Si pequeños cambios en el proceso son de interés, usted puede utilizar la Prueba 2 para complementar la Prueba 1 a fin de crear una gráfica de control que tenga mayor sensibilidad.

K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes

La Prueba 3 detecta tendencias. Esta prueba busca series largas de puntos consecutivos cuyos valores aumenten o disminuyan de manera consistente.

K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo

La Prueba 4 detecta variación sistemática. Usted desea que el patrón de variación en un proceso sea aleatorio, pero un punto que no pasa la Prueba 4 podría indicar que el patrón de variación es predecible.



Interpretación: El proceso no se encuentra bajo control estadístico porque no pasa varias pruebas según se indican en la ventana anterior.

3.2.3 Elaboración e interpretación del gráfico c

Ejercicio tomado del libro de Control estadístico de Calidad y Seis Sigma de Humberto Gutiérrez pulido.

Ejercicio 20, Capítulo 8, Pagina 248

En una línea de ensamble o montaje de pequeñas piezas en tarjetas electrónicas se cuantifica el número de defectos de diferente tipo por medio de una muestra de 10 tarjetas. Los defectos encontrados en las últimas 35 muestras se listan a continuación (datos en orden por renglón).

28 22 25 21 26 22 36 22 32 22 23 27 26 18 29 24 6 20 25 29 26 24 32 31 29 24 27 21 27 31
20 22 28 26 24

- a) Calcule los límites de control para una carta c e interprete los límites obtenidos.
- b) Obtenga la carta c y analícela.
- c) El dato de la muestra 17 es especial, por lo que habría que buscar las posibles causas que ocasionaron esto, ¿por qué?
- d) ¿Qué opina de la estabilidad del proceso?
- e) ¿El nivel de calidad se puede considerar satisfactorio?

1.- Abrimos una hoja de trabajo de Minitab y colocamos los datos en la columna C1

Minitab - Sin título

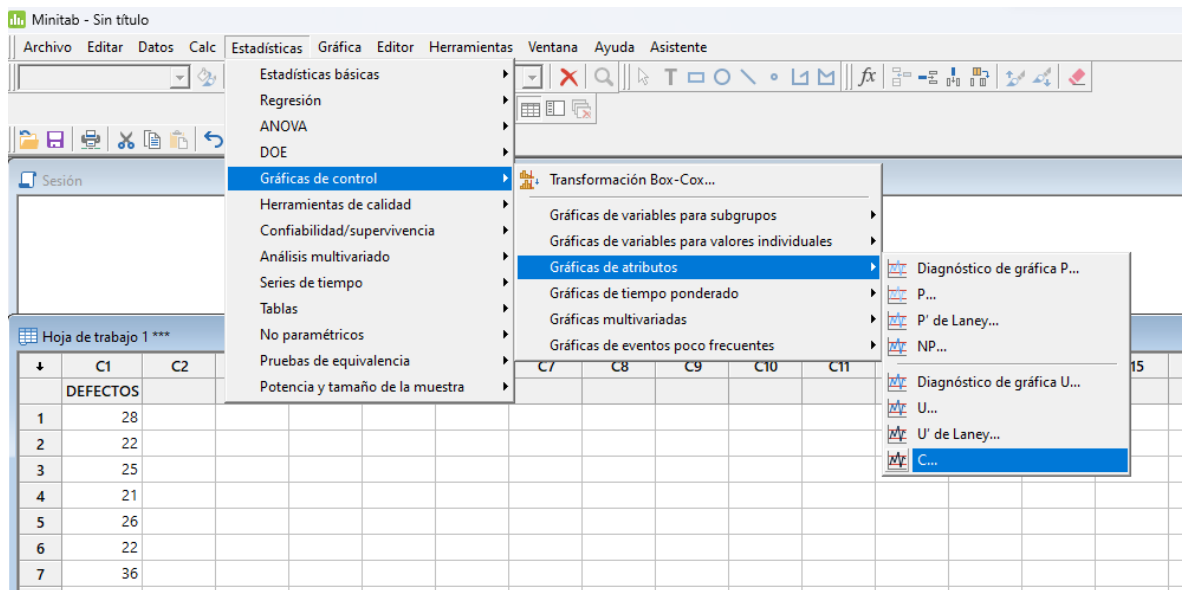
Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor H

Sesión

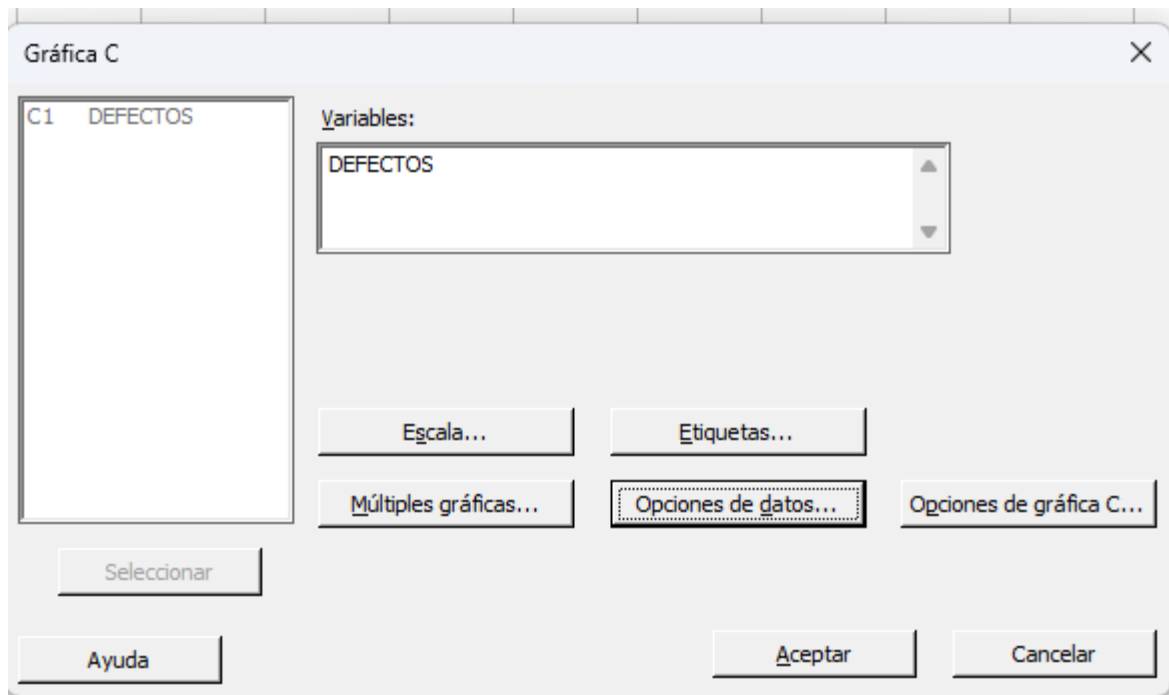
Hoja de cálculo 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5
	DEFECTOS				
1	28				
2	22				
3	25				
4	21				
5	26				
6	22				
7	36				
8	22				
9	32				
10	22				
11	23				
12	27				
13	26				
14	18				
15	29				
16	24				
17	6				
18	20				
19	25				
20	29				
21	26				
22	34				
23	32				
24	31				
25	29				
26	24				
27	27				
28	21				

2.- Damos clic en Estadísticas > Gráficas de control > Gráficas de atributos > C



3.- Con doble clic en C1 trasladamos los datos a Variables.

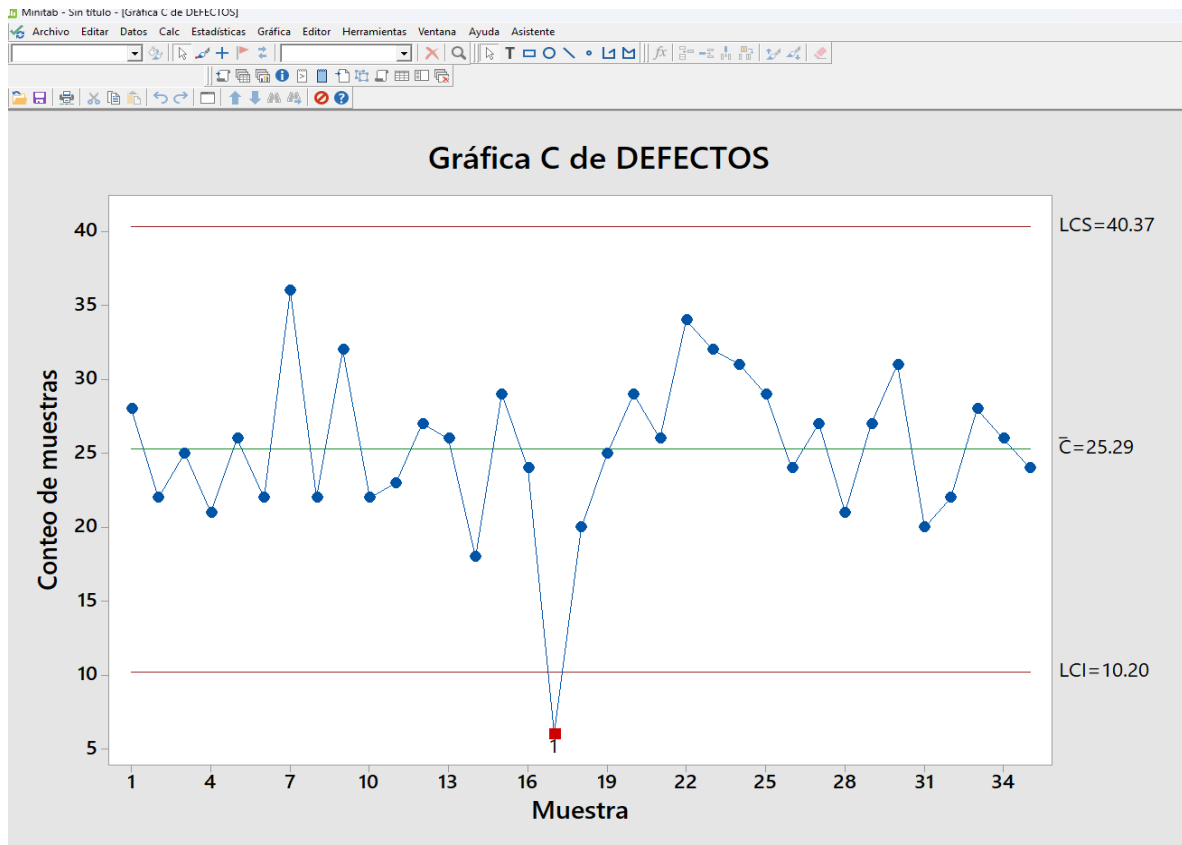


4.- Damos clic en Opciones de gráfico C > pruebas > Realizar todas las pruebas para causas especiales > Aceptar

The image shows a software dialog box titled 'Gráfica C: Opciones' with a close button (X) in the top right corner. The dialog has several tabs: 'Parámetros', 'Estimación', 'Límites', 'Pruebas' (which is selected), 'Etapas', 'Mostrar', and 'Almacenamiento'. In the 'Pruebas' tab, there is a dropdown menu currently showing 'Realizar todas las pruebas para causas especiales'. To the right of this menu is a label 'K'. Below the dropdown, there are four rows of settings, each with a text description and a corresponding input field for the value of 'K':

	K
1 punto > K desviaciones estándar desde la línea central	3
K puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central	9
K puntos consecutivos, todos ascendentes o todos descendentes	6
K puntos consecutivos, alternando hacia arriba y hacia abajo	14

At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'Ayuda', 'Aceptar', and 'Cancelar'.



Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Gráfica C de DEFECTOS

Gráfica C de DEFECTOS

Resultados de la prueba para la gráfica C de DEFECTOS

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central.
La prueba falló en los puntos: 17

* ADVERTENCIA * Si se actualiza la gráfica con los nuevos datos, los resultados anteriores quizás ya no sean correctos.

Interpretación: El proceso no se encuentra bajo control estadístico.

3.2.4 Elaboración e interpretación del gráfico u

Ejercicio recuperado de [► Gráfico de control U \(probabilidadyestadistica.net\)](http://probabilidadyestadistica.net)

Una empresa industrial quiere controlar el número de defectos por m² de tela. En la siguiente tabla se muestran las muestras analizadas y la cantidad de defectos encontrados. Realiza un gráfico de control U para estudiar el número de defectos.

Muestra	m ² de la muestra	Número de defectos
1	1	2
2	1	5
3	1	3
4	1	4
5	1	2
6	1,3	6
7	1,3	2
8	1,3	5
9	1,3	7
10	1,3	3
11	1,3	2
12	1,3	4
13	1,3	2
14	1,3	5
15	1,2	3
16	1,2	6
17	1,2	2
18	1,7	5
19	1,7	7
20	1,7	3

1.- Abrimos una hoja de trabajo en Minitab y colocamos los datos en las columnas C1 y C2.

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda

Sesión

Hoja de trabajo 1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5
	mts cuadrados muestra	Número de defectos			
1	1.0	2			
2	1.0	5			
3	1.0	3			
4	1.0	4			
5	1.0	2			
6	1.3	6			
7	1.3	2			
8	1.3	5			
9	1.3	7			
10	1.3	3			
11	1.3	2			
12	1.3	4			
13	1.3	2			
14	1.3	5			
15	1.2	3			
16	1.2	6			
17	1.2	2			
18	1.7	5			
19	1.7	7			
20	1.7	3			
21					

2.- Damos clic en Estadísticas > Gráficas de control > Gráficas de atributos > U

Minitab - Sin título

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Estadísticas básicas
Regresión
ANOVA
DOE
Gráficas de control
Herramientas de calidad
Confiabilidad/supervivencia
Análisis multivariado
Series de tiempo
Tablas
No paramétricos
Pruebas de equivalencia
Potencia y tamaño de la muestra

Transformación Box-Cox...
Gráficas de variables para subgrupos
Gráficas de variables para valores individuales
Gráficas de atributos
Gráficas de tiempo ponderado
Gráficas multivariadas
Gráficas de eventos poco frecuentes

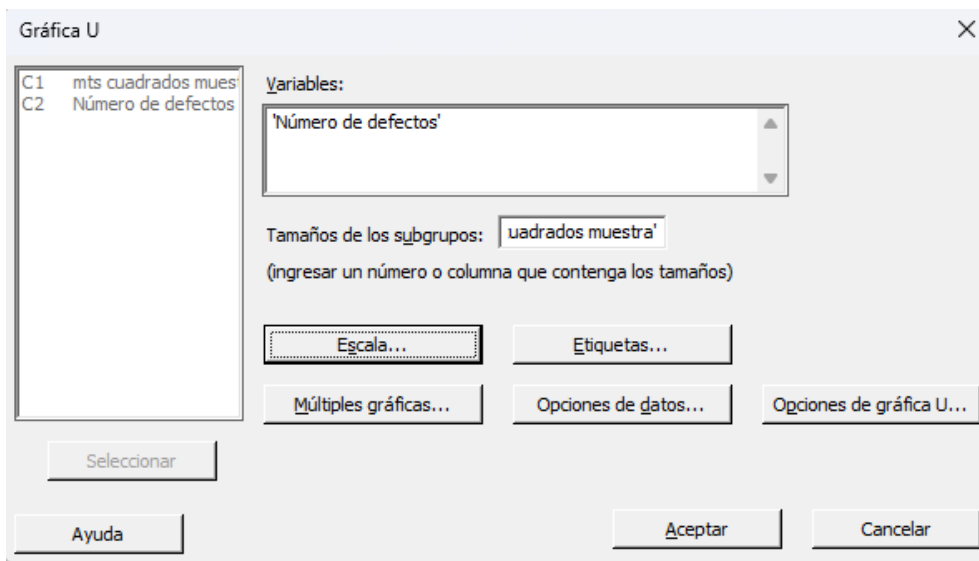
Diagnóstico de gráfica P...
P...
P' de Laney...
NP...
Diagnóstico de gráfica U...
U...
U' de Laney...
C...

Sesión

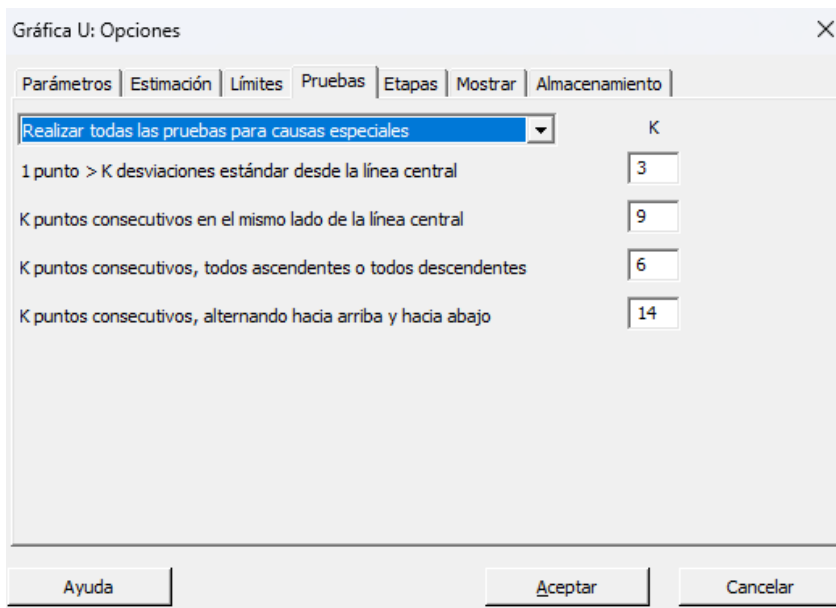
Hoja de trabajo 1 ***

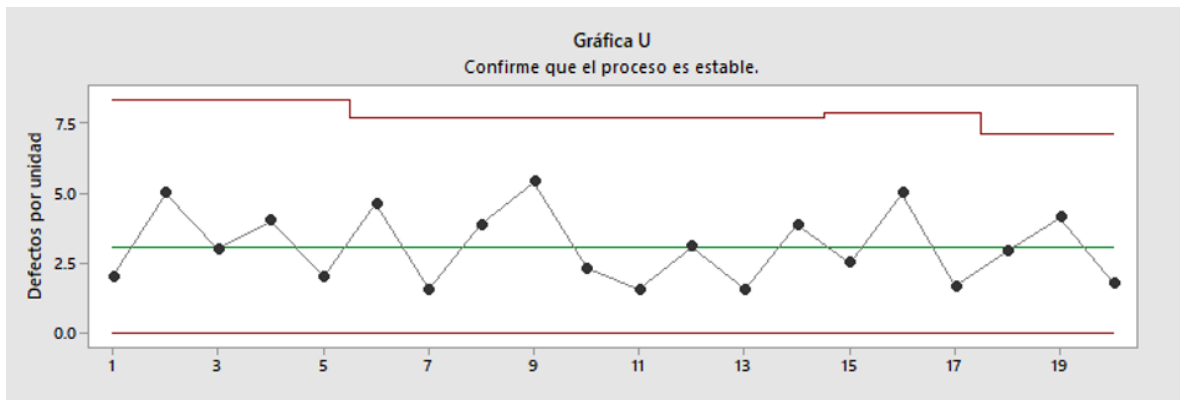
	C1	C2	C3	C4	C5
	mts cuadrados muestr				
1	1				
2	1				
3	1.0	3			
4	1.0	4			
5	1.0	2			
6	1.3	6			
7	1.3	2			

3.- Con doble clic pasamos la columna C2 a Variables y la columna C1 a tamaño de los subgrupos.



4.- Damos clic en opciones de gráfica U y de aquí damos clic en Pruebas y seleccionamos "Realizar todas las pruebas para causas especiales". Finalmente damos clic en Aceptar.



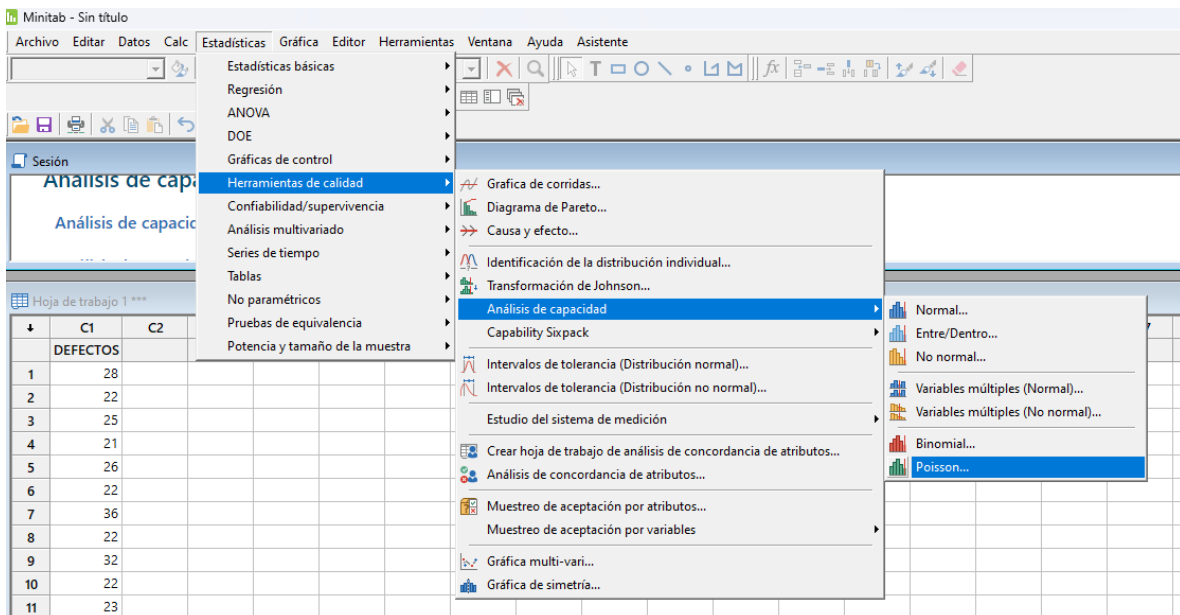


Interpretación: Como se puede ver en el gráfico U, todos los valores están entre los límites de control. Por lo tanto, se concluye que el proceso de producción está bajo control estadístico.

3.3 Capacidad de proceso

Análisis de capacidad para atributos

1.- Damos clic en Estadísticas > Herramientas de calidad > Análisis de capacidad > Poisson



2.- Con doble clic pasamos la columna C1 a "Defectos" > tecleamos el tamaño de la muestra > tecleamos el valor del DPU objetivo.

Análisis de capacidad (distribución de Poisson)

C1 DEFECTOS

Defectos: DEFECTOS

Tamaño de la muestra

☒ Tamaño de constante: 10

☐ Utilizar tamaños en:

μ histórico: (opcional)

Ingrese un DPU objetivo para este proceso (opcional)

Objetivo: 3

Pruebas...

Opciones...

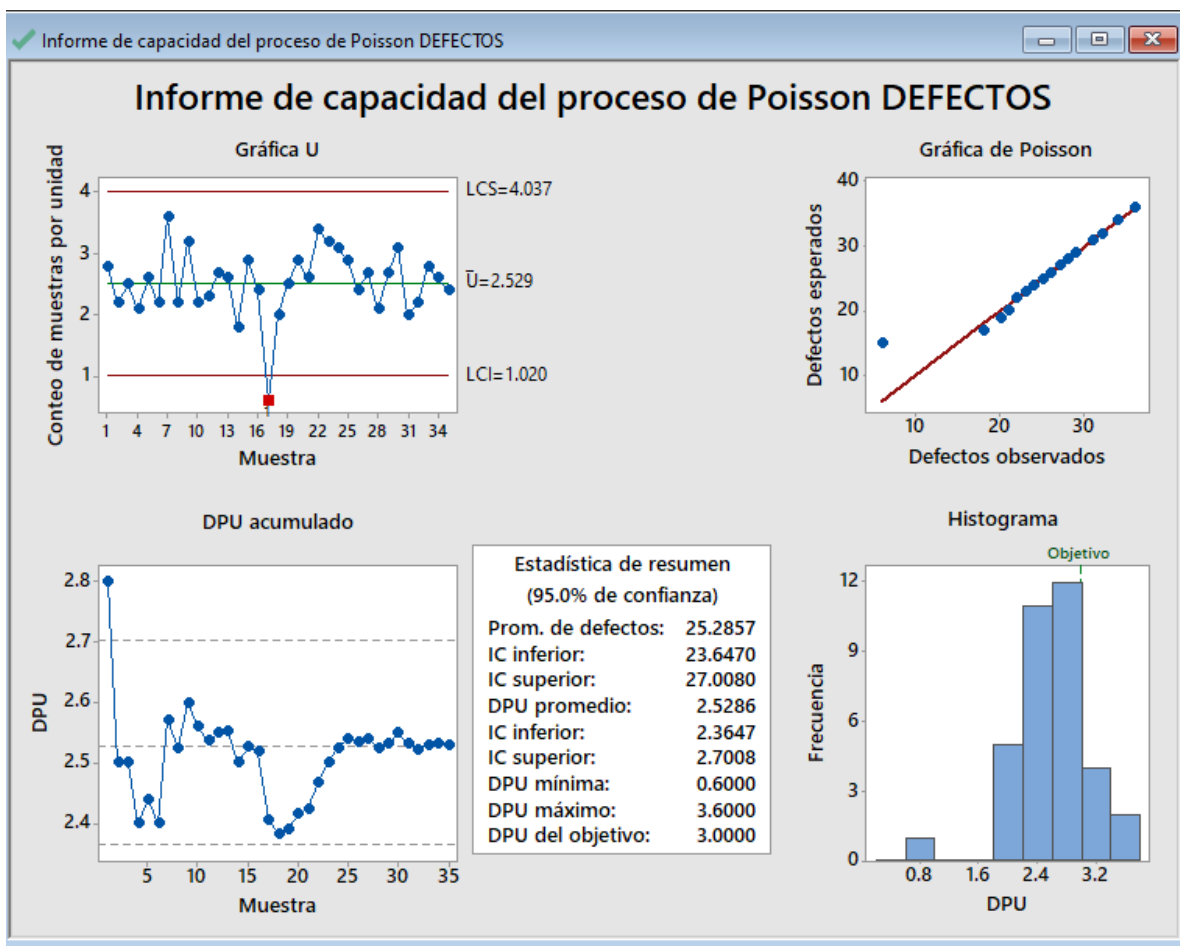
Almacenamiento...

Seleccionar

Ayuda

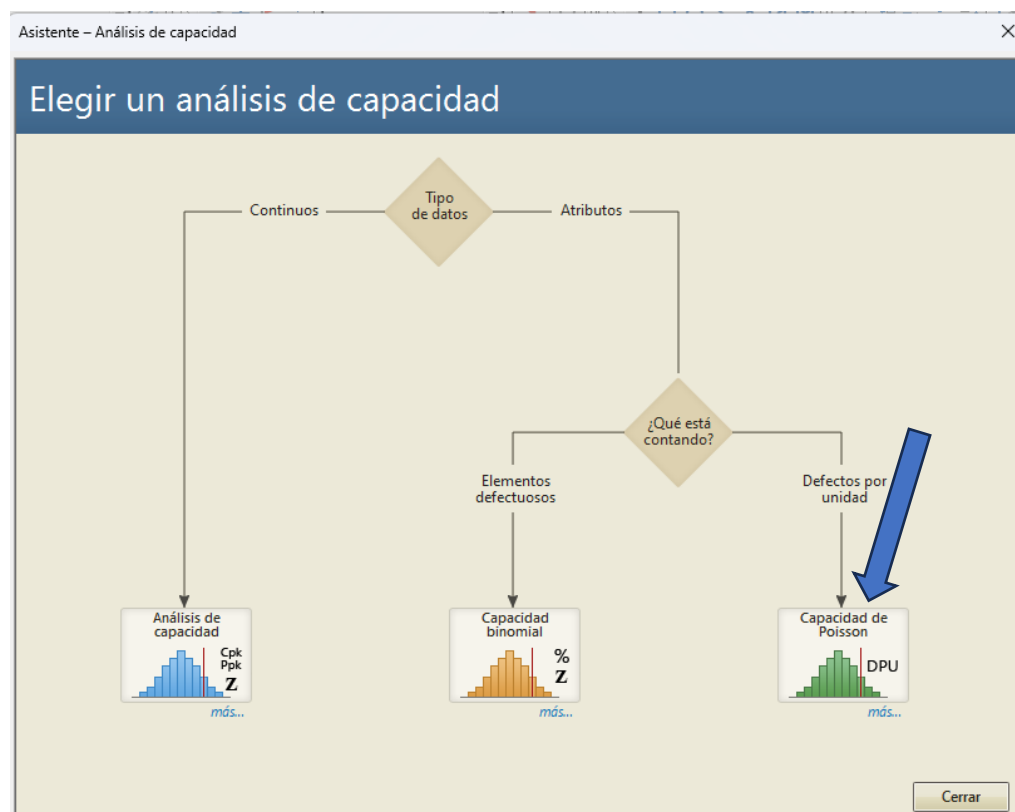
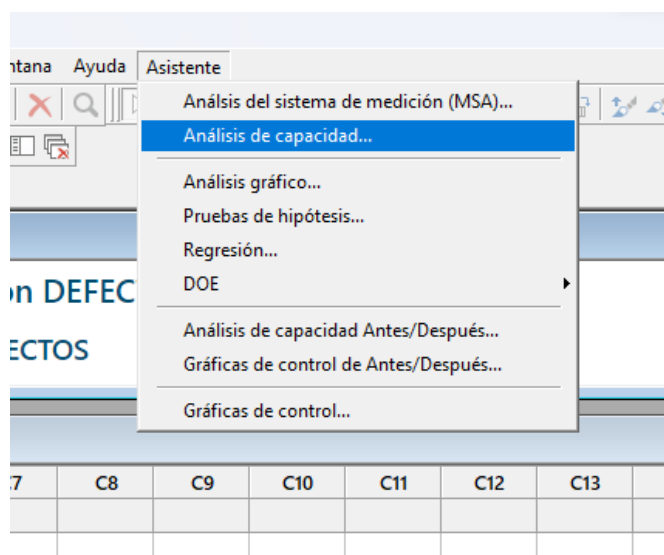
Aceptar

Cancelar



Interpretación: El proceso si es capaz porque el DPU promedio es menor que 3

Una manera alternativa de realizar el análisis de capacidad es haciéndolo con el Asistente como se indica en las siguientes ventanas.



Análisis de Capacidad para Defectos por Unidad (Poisson)

C1 DEFECTOS

Datos del proceso

Columna de número de defectos: DEFECTOS

¿Cómo se definen sus subgrupos?

☒ Tamaño constante para todos los subgrupos: 10

☐ Columna de tamaños de subgrupos:

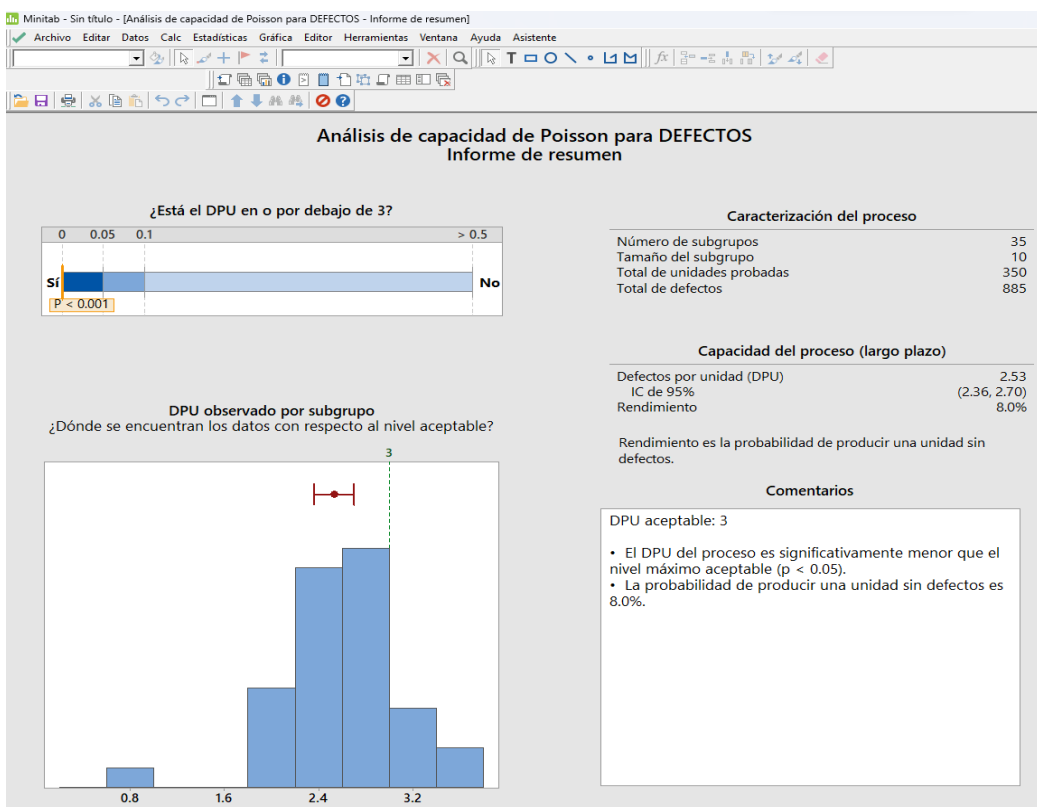
Configuración de la prueba

¿Cuál es la cantidad máxima de defectos por unidad que estaría dispuesto a aceptar?

Máximo: 3

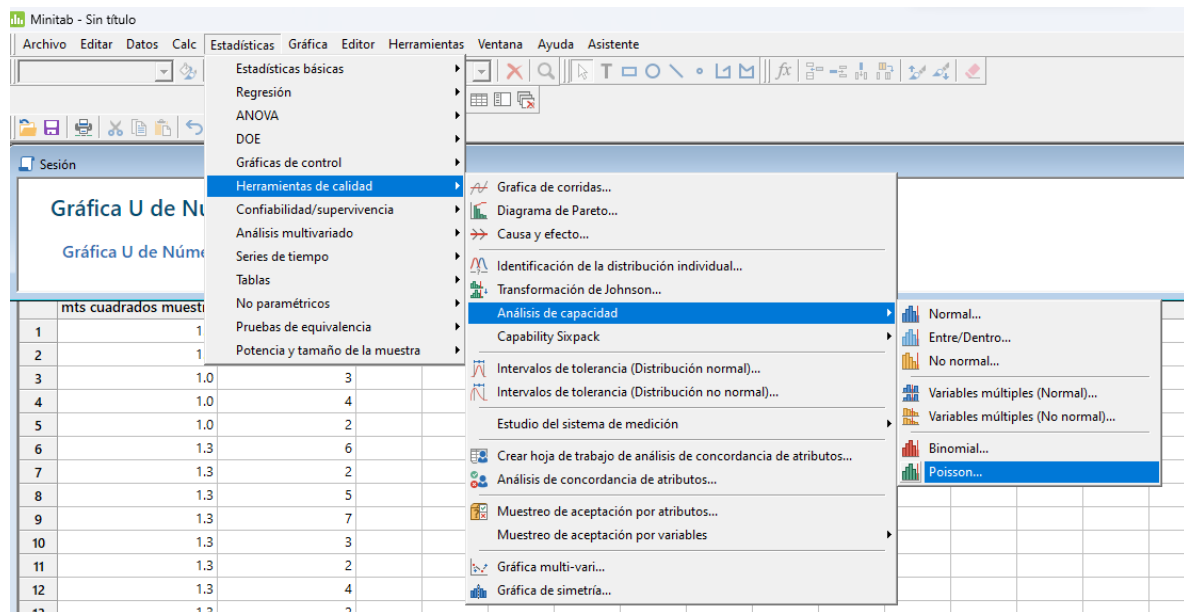
Seleccionar

Aceptar Cancelar



Se llega a la misma conclusión: el proceso si es capaz.

Análisis de capacidad suponiendo que solamente se permite un máximo de 4 defectos por metro cuadrado de tela.



Análisis de capacidad (distribución de Poisson)

Defectos:

Tamaño de la muestra

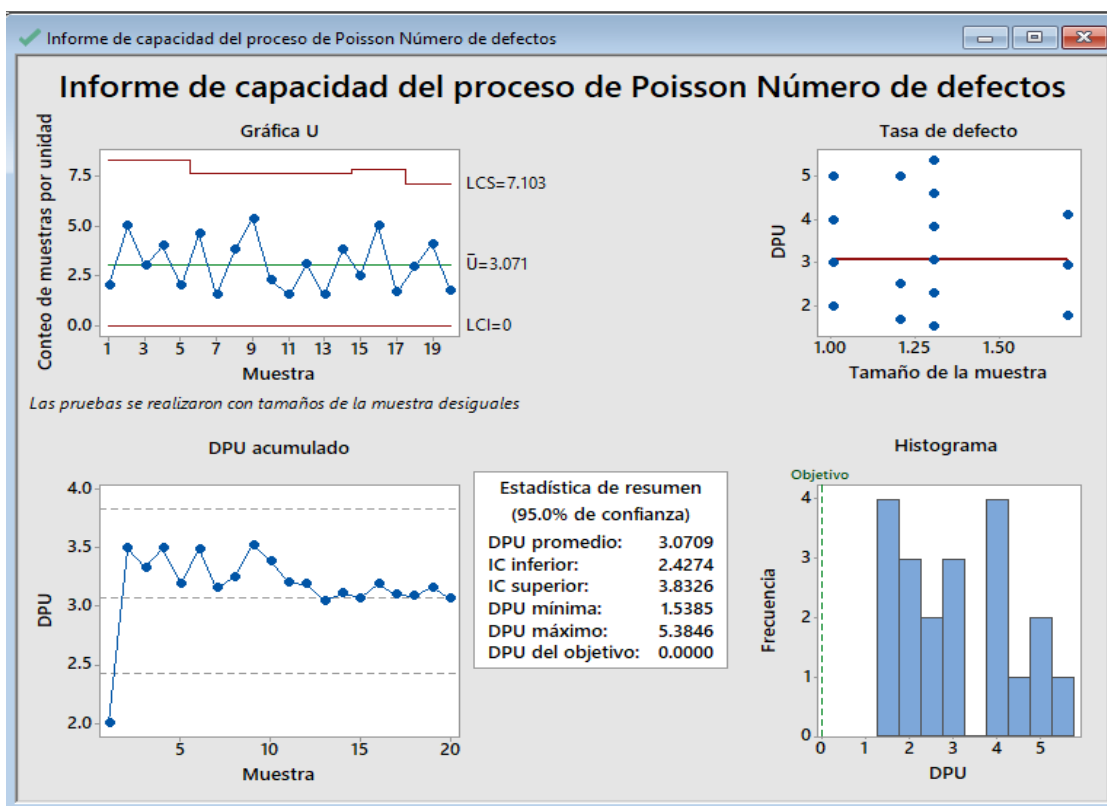
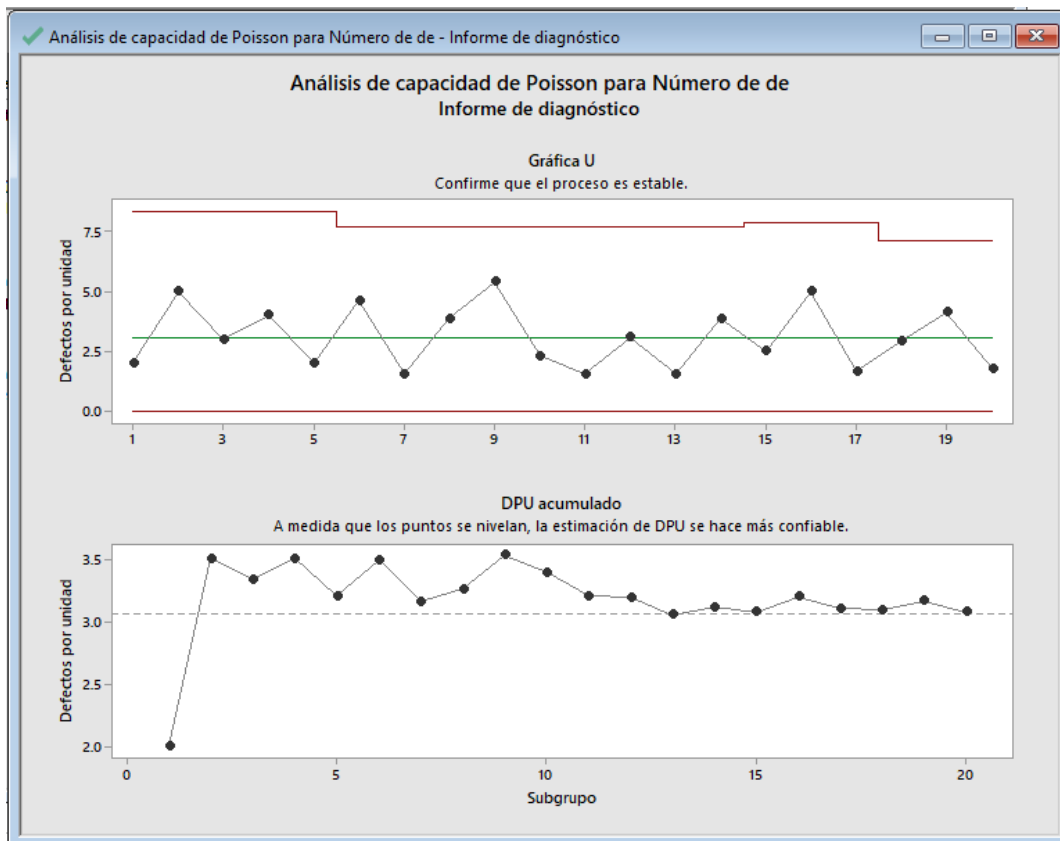
☐ Tamaño de constante:

☒ Utilizar tamaños en:

μ histórico: (opcional)

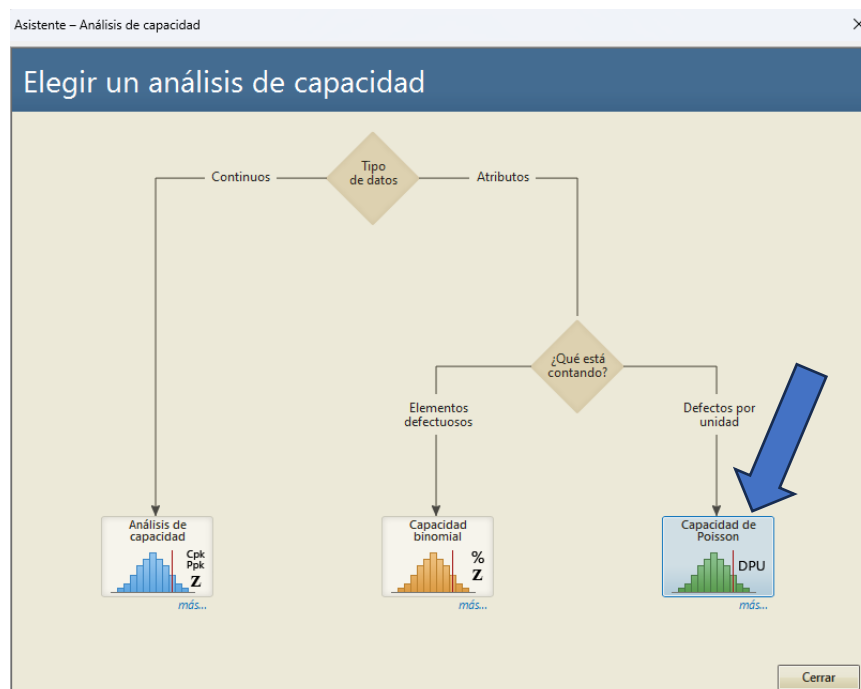
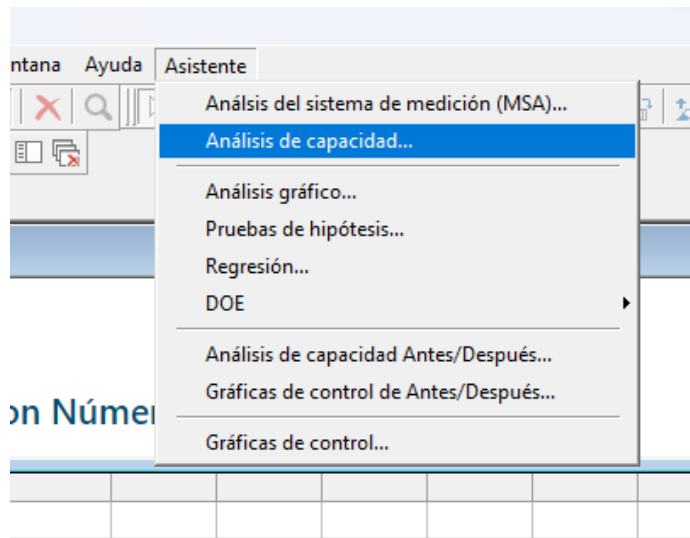
Ingrese un DPU objetivo para este proceso (opcional)

Objetivo:



Interpretación: Como el DPU (3.0709) es menor que el DPU Objetivo (4), se dice que el proceso si es capaz.

Análisis de capacidad con el Asistente de Minitab:



Análisis de Capacidad para Defectos por Unidad (Poisson)

Datos del proceso

Columna de número de defectos:

¿Cómo se definen sus subgrupos?

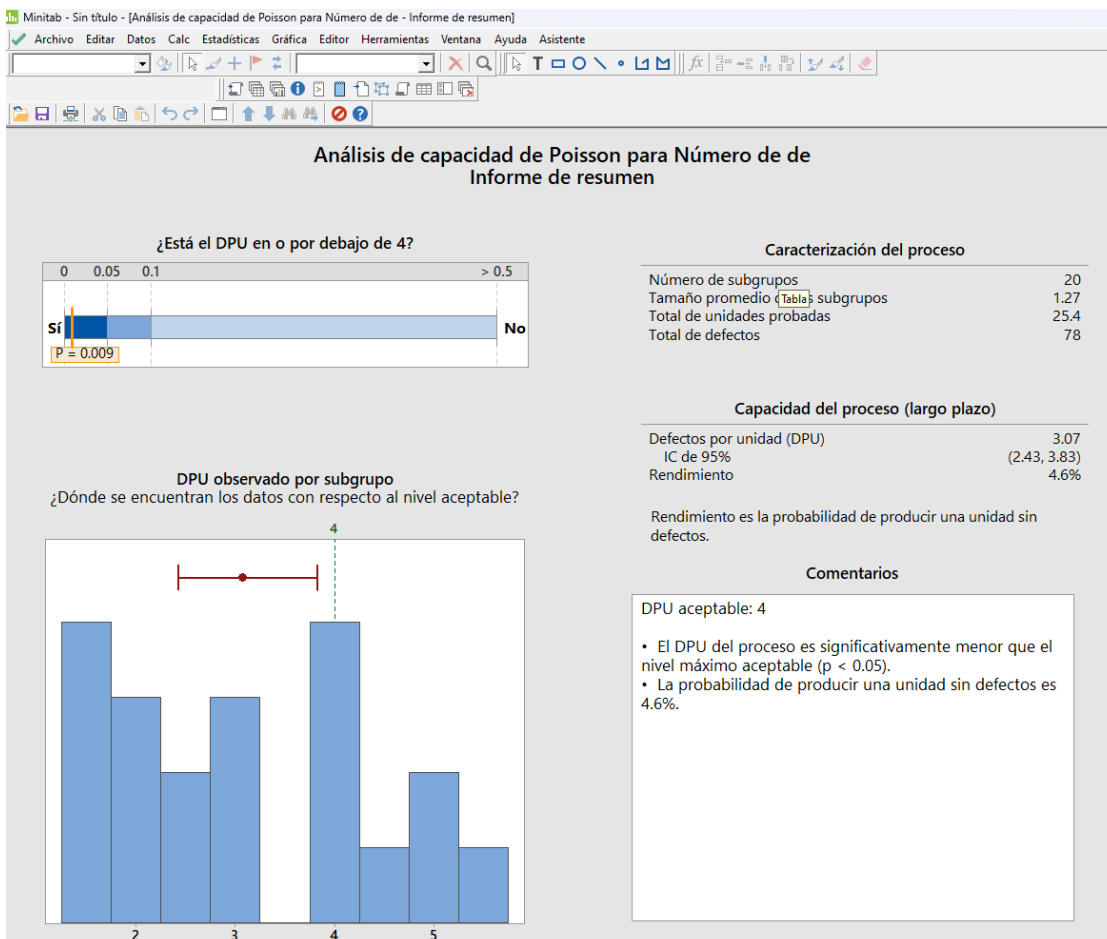
☐ Tamaño constante para todos los subgrupos:

☒ Columna de tamaños de subgrupos:

Configuración de la prueba

¿Cuál es la cantidad máxima de defectos por unidad que estaría dispuesto a aceptar?

Máximo:



Tema 4

Planes de muestreo de aceptación

4.1 Conceptos básicos del Muestreo de Aceptación.

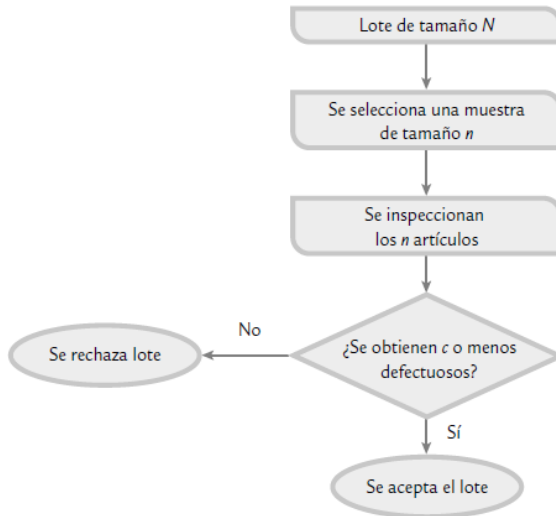
En las actividades de control de calidad, en ocasiones es necesario inspeccionar lotes de materia prima, así como partes o productos terminados para asegurar que se cumplen ciertos niveles de calidad con un buen grado de confianza. El *muestreo de aceptación* es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote que se realiza con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote.

El muestreo de aceptación se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas; se considera una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad. Una situación típica del muestreo de aceptación es la siguiente: una compañía recibe un lote de materiales o componentes de cierto proveedor, se selecciona una muestra de artículos del lote y se inspeccionan de acuerdo con ciertos criterios de calidad. Con base en la información obtenida con la inspección se tomará una decisión: aceptar o rechazar todo el lote. Si los lotes son aceptados pasan directamente a ser utilizados, pero si el lote es rechazado, entonces es devuelto al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (por ejemplo, inspección de todos los productos del lote —inspección al 100%— pagada por el proveedor).

Si los criterios de calidad con los que se inspecciona son variables de atributos del tipo pasa no pasa, entonces un plan simple de muestreo de aceptación está definido por un tamaño de lote, N , un tamaño de muestra, n , y el número de aceptación, c .

Por ejemplo, el plan: $N = 6\ 000$, $n = 200$ y $c = 2$

significa que de un lote de 6 000 unidades se seleccionan e inspeccionan 200; y si entre éstas se encuentran dos o menos piezas defectuosas, entonces el lote completo es aceptado. Pero si aparecen tres o más piezas defectuosas el lote es rechazado. Lo anterior se muestra en el esquema de la figura siguiente:



Se debe tener claro que el muestreo de aceptación es una forma particular de inspección, en la que simplemente se aceptan y rechazan lotes, pero no mejora la calidad. Es decir, este muestreo no es una estrategia de mejora de la calidad, sino más bien una estrategia para proporcionar cierto nivel de seguridad de que los niveles de calidad con los que se diseña el plan se están alcanzando. Por lo tanto, es una estrategia defensiva ante el posible deterioro de la calidad.

Cuando se pretende enjuiciar un lote se tienen tres alternativas: inspección al 100%, cero inspección o muestreo de aceptación. Esta última es una decisión intermedia entre las otras dos alternativas opuestas, y a veces resulta la más económica a nivel global

1. **Cero inspecciones** (aceptar o mandar el lote sin inspección). Esta alternativa es adecuada cuando se ha demostrado que el proceso que fabricó el lote cumple de manera holgada los niveles de calidad acordados entre el cliente y el proveedor. También se aplica cero inspecciones cuando la pérdida global causada por las unidades defectuosas es pequeña en comparación con el costo del muestreo.

2. **Inspección al 100%**. Consiste en revisar todos los artículos del lote y quitar los que no cumplan con las características de calidad establecidas. Los que no cumplen podrían ser devueltos al proveedor, reprocesados o desechados. La inspección al 100% se utiliza en aquellos casos en que los productos son de alto riesgo y si pasan defectuosos se puede generar una gran pérdida económica. También es útil cuando la capacidad del proceso de fabricación del lote es inadecuada para cumplir las especificaciones.

Se pensaría que la inspección al 100%, aunque costosa, es una buena estrategia para garantizar la calidad; sin embargo, esto no es así, pues con este tipo de inspección se corre el riesgo de caer en la monotonía, en mayores errores de inspección y en ocasiones el producto se daña.

3. **Muestreo de aceptación (inspección por muestras)**. Esta opción es útil cuando se tienen una o varias de las siguientes situaciones:

- Cuando la inspección se realiza con pruebas destructivas (como pruebas de tensión y resistencia) es indispensable la inspección por muestras, de lo contrario todos los productos serían destruidos por las pruebas.
- Cuando el costo de inspección al 100% es demasiado alto en comparación con el costo de pasar unidades defectuosas.
- En los casos en que la inspección al 100% es imposible en términos técnicos o económicos.
- Cuando el lote está formado por la gran cantidad de artículos que se debe inspeccionar y la probabilidad de error en la inspección es suficientemente alta, de manera que la inspección al 100% podría dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestreo.
- En situaciones donde, históricamente, el vendedor ha tenido excelentes niveles de calidad y se desea una reducción en la cantidad de inspección, pero la capacidad del proceso no es suficientemente buena como para no inspeccionar.
- Cuando es necesario asegurar la confiabilidad del producto, aunque la capacidad del proceso fabricante del lote sea satisfactoria.

Un plan de muestreo de aceptación es una metodología utilizada en el control de calidad para determinar si un lote de productos cumple con ciertas especificaciones de calidad. Selecciona muestras aleatorias del lote y las inspecciona para determinar si el lote completo debe ser aceptado o rechazado. Uno de los aspectos clave en la evaluación de un plan de muestreo de aceptación es la curva de operación OC.

Plan de Muestreo de Aceptación:

1. Objetivo del Plan de Muestreo:

- Determinar si un lote de productos cumple con los estándares de calidad especificados.
- Minimizar el costo y el tiempo de la inspección mientras se garantiza la calidad del lote.

2. Componentes del Plan de Muestreo:

- Tamaño del lote: Total de unidades en el lote a inspeccionar.
- Tamaño de la muestra: Número de unidades seleccionadas aleatoriamente del lote para inspección.
- Criterios de aceptación: Niveles aceptables de unidades defectuosas en la muestra.

3. Tipos de Planes de Muestreo:

- Por atributos: Se basa en características que pueden ser clasificadas como defectuosas o no defectuosas.
- Por variables: Se basa en características que se pueden medir, como dimensiones, peso, etc.

4. Normas y Estándares Utilizados:

- MIL-STD-105D, MIL-STD-414, entre otros, proporcionan tablas y directrices para la creación de planes de muestreo.

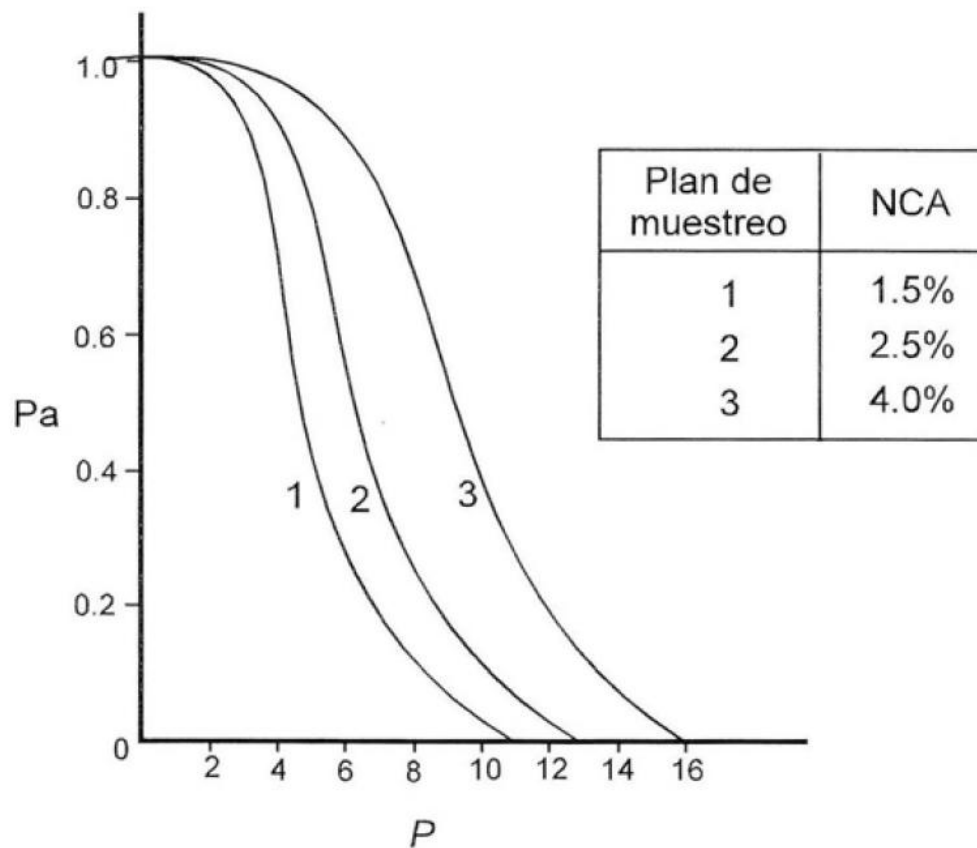
Curva de Operación OC:

La Curva de Operación OC (Operating Characteristic Curve) es una representación gráfica que muestra la probabilidad de aceptar un lote en función de la calidad real del lote. Es una herramienta crucial para evaluar la efectividad de un plan de muestreo de aceptación y ayuda a tomar decisiones informadas sobre la aceptación o el rechazo de lotes.

1. Eje X (Horizontal): Representa la proporción de unidades defectuosas en el lote (tasa de defectos).
2. **Eje Y (Vertical): Representa la probabilidad de aceptar el lote.

Componentes Clave de la Curva OC:

1. Línea de Inspección:
 - Representa los criterios de aceptación del plan de muestreo.
 - Por encima de esta línea, el lote se acepta; por debajo, se rechaza.
2. Características:
 - Forma y pendiente: Pueden variar según el tipo de plan de muestreo y el tamaño del lote.
3. AQL y LTPD:
 - AQL (Nivel de Calidad Aceptable): La calidad mínima aceptable del lote.
 - LTPD (Lote Totalmente Poblado Defectuoso): La calidad máxima inaceptable del lote.



Curvas OC para diferentes NCA (Niveles de Calidad Aceptable)

Importancia de la Curva OC:

- Permite comprender cómo varía la probabilidad de aceptación con diferentes niveles de calidad del lote.
- Ayuda a evaluar la eficacia y la eficiencia de los planes de muestreo de aceptación.
- Facilita la toma de decisiones sobre aceptación o rechazo de lotes en función de la calidad real observada en la inspección de la muestra.

El plan de muestreo de aceptación como la curva de operación OC son herramientas esenciales en el control de calidad, proporcionando un marco estructurado y una visión probabilística para la toma de decisiones respecto a la calidad de los lotes de productos inspeccionados.

4.2 Uso de tablas de muestreo (MIL-STD, 414, 105D y DOGDE ROMING)

El uso de tablas de muestreo es una práctica fundamental en el control de calidad y la gestión de la calidad en la industria. Estas tablas proporcionan criterios objetivos para determinar el tamaño de la muestra y los criterios de aceptación o rechazo de lotes de productos basados en inspecciones de muestra.

1. MIL-STD-105D: Este estándar militar de los Estados Unidos establece los procedimientos y las tablas de muestreo para la inspección por atributos de lotes de productos. Define tres tipos de planes de muestreo: normal, reducido y aumentado, cada uno con diferentes niveles de inspección basados en el tamaño del lote y el nivel de riesgo aceptable.

2. MIL-STD-414: Este estándar proporciona tablas de muestreo para inspección por variables, lo que significa que se centra en características continuas o medidas de los productos en lugar de atributos. Define planes de muestreo para inspecciones basadas en medidas como dimensiones, peso, resistencia, etc. Utiliza técnicas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra y los criterios de aceptación.

3. MIL-STD-1916: Este estándar establece procedimientos y tablas de muestreo para la inspección de atributos y variables simultáneamente. Combina los enfoques de MIL-STD-105D y MIL-STD-414 para proporcionar una guía completa para la inspección de calidad de productos tanto discretos como continuos.

4. Dodge-Roming: Este método, desarrollado por Harold F. Dodge y Harry G. Roming, es ampliamente utilizado en la industria automotriz y se centra en la inspección por atributos. Proporciona tablas de muestreo para lotes de diferentes tamaños y niveles de inspección basados en el número de unidades defectuosas permitidas en la muestra y el tamaño total del lote.

Las tablas de muestreo de estos estándares y métodos se construyen utilizando técnicas estadísticas para equilibrar la confiabilidad del proceso de inspección con la eficiencia en términos de tiempo y costo. Se basan en conceptos como el nivel de calidad aceptable (AQL), el nivel de inspección (normal, reducido, aumentado), el tamaño del lote y la cantidad

de unidades defectuosas permitidas en la muestra para determinar el curso de acción apropiado: aceptar, rechazar o realizar una inspección adicional.

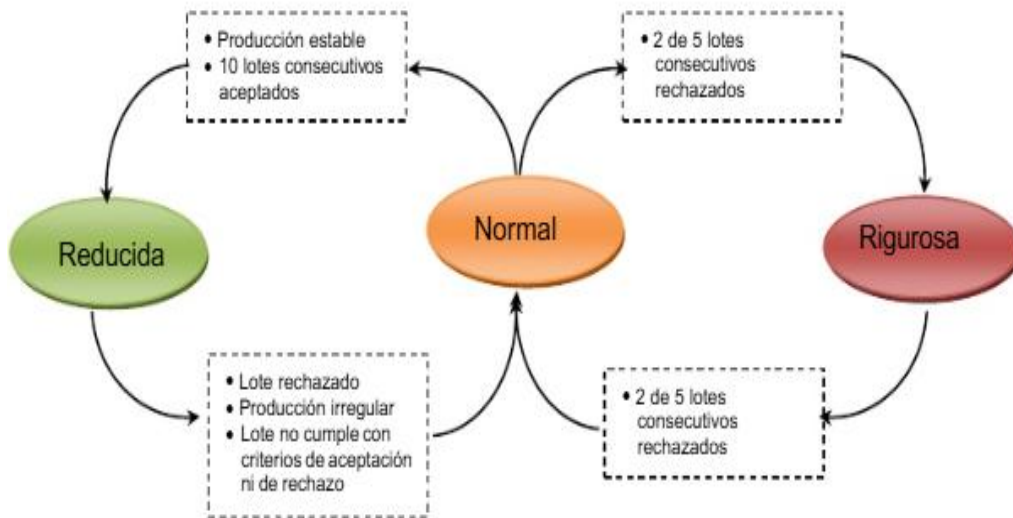
Es importante destacar que, aunque estas tablas proporcionan una guía valiosa, también es esencial que las organizaciones adapten sus procedimientos de inspección y muestreo según las necesidades específicas de sus productos, procesos y clientes. Además, en un entorno de calidad total, las empresas pueden combinar estas técnicas con otras herramientas como el Control Estadístico de Procesos (SPC) para mejorar continuamente la calidad y la eficiencia de sus operaciones.

4.2.1 Plan de muestreo de aceptación por atributos

La versión original de MIL STD 105E fue creada en 1950 y desde entonces ha tenido cuatro revisiones, siendo la última en 1989 que dio lugar a MIL STD 105E. En la actualidad es el sistema de muestreo de aceptación por atributos más usado en el mundo. Alternativamente se puede usar su contraparte civil ANSI/ASQ Z1.4.

Para diseñar planes con MIL STD 105E se usa principalmente el nivel de calidad aceptable, NCA o AQL. Aunque la probabilidad de aceptar los lotes con calidad NCA siempre es alta (entre 0.89 y 0.99), pero no es la misma para todos los planes que se obtienen con esta norma. El estándar prevé 26 valores (porcentajes) diferentes para el NCA; 16 de ellos que van de 0.010 a 10%, están enfocados a porcentajes de defectuosos; y los otros 10, que van desde 15 hasta 1 000 defectos por cada 100 unidades, se enfocan a diseñar planes del tipo: defectos por unidad. Aunque para niveles pequeños de NCA, se pueden utilizar los mismos planes para controlar tanto la proporción de defectuosos como el número de defectos por unidad.

REDUCIDA	• Capacidad discriminatoria baja. • Los lotes indican que el proceso promedio es mejor que el AQL.
NORMAL	• Capacidad discriminatoria media. • No hay razón para sospechar que el proceso promedio difiera de un nivel aceptable
RIGUROSA	• Capacidad discriminatoria alta. • Los lotes indican que el proceso promedio puede ser más deficiente que el AQL



Ejercicio 1:

Elaborar los planes de muestreo simple por atributos para inspección normal, severa y reducida, suponiendo que el tamaño del lote sea de 1500 unidades con un nivel de calidad aceptable de 1.5 %. Utilice un nivel general de inspección tipo II

$N = 1500$

$NCA = 1.5 \%$

Nivel de inspección: II

Paso 1: Determinar la letra código en base al tamaño del lote.

TABLE I – Sample Size code letters

Lot or batch size	Special inspection levels				General inspection levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 To 8	A	A	A	A	A	A	B
9 To 15	A	A	A	A	A	B	C
16 To 25	A	A	B	B	B	C	D
26 To 50	A	B	B	C	C	D	E
51 To 90	B	B	C	D	D	F	G
91 To 150	B	B	C	D	D	F	G
151 To 280	B	C	D	E	E	G	H
281 To 500	B	C	D	E	F	H	J
501 To 1200	C	C	E	F	G	I	H
1201 To 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 To 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 To 35000	C	D	F	H	K	M	N

La letra código es K

En la tabla II-A determinamos el tamaño de la muestra n y el número de aceptación c para inspección normal.

MIL-STD-105E

TABLE II-A – Single sampling plans for normal inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

		Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																									
Sample size Code Letters	Sample size	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

Tamaño de muestra = 125 Número de aceptación = 5

En la tabla II-B determinamos el tamaño de la muestra n y el número de aceptación c para inspección severa.

TABLE II-B – Single sampling plans for tightened inspection (Master table)

(See 4.9.3. a)

Sample size Code Letters	Sample size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																			
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65
		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	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tamaño de muestra = 125 Número de aceptación = 3

En la tabla II-C determinamos el tamaño de la muestra n y el número de aceptación c para inspección reducida.

TABLE II-C – Single sampling plans for reduced inspection (Master table)

Sample size Code Letters	Sample size	Acceptable Quality Levels (Reduced Inspection)†															
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10
		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	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tamaño de muestra = 50 Número de aceptación = 2

Resumiendo:

	Normal	Severa	Reducida
n	125	125	50
c	5	3	2

Las tablas de Dodge-Roming

En la década de los veinte, H. F. Dodge y H. G. Roming diseñaron un juego de tablas de inspección para la aceptación de producto lote por lote mediante el muestreo de atributos. Estas tablas se basan en dos de conceptos nivel de calidad límite (NCL) y límite de la calidad promedio de salida (LCPS). Por cada uno de estos conceptos hay tablas, tanto para muestreo sencillo como doble. No hay tablas para el muestreo múltiple. En el texto presente sólo se ha incluido el muestreo sencillo.

La ventaja principal de las tablas de Dodge-Roming es la reducida inspección necesaria para un procedimiento de inspección determinado. Esta ventaja hace especialmente atractivas las tablas en la inspección que se hace en el mismo sitio donde se obtienen los productos.

1. Nivel de calidad límite (NCL). Estas tablas se basan en la probabilidad de que un lote en articular, cuyo porcentaje de no conformidad sea igual al NCL, resulte aceptado. Esta probabilidad es el riesgo del consumidor, β , y es igual a 0.10. Los planes NCL garantizan que los lotes individuales de mala calidad rara vez resulten aceptados.

Hay dos juegos de tablas NCL: uno para el muestreo sencillo y otro para el muestreo doble. Cada juego tiene tablas para valores de NCL de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0 Y 10.0%, con un total de 16 tablas. Para propósitos de explicación, se muestra la tabla 9-6 para muestreo sencillo, empleando NCL = 1.0%. No se publican las tablas de los demás valores de NCL.

Para usar las tablas, antes hay que tomar una decisión acerca de si se va a utilizar el muestreo sencillo o el muestreo doble. Además, el NCL tiene que calcularse, lo que se puede hacer de manera semejante al caso de NCA. El tipo de muestro (sencillo o doble) y el NCL determinarán qué tabla hay que utilizar.

Una vez que se sabe cuál es el tamaño del lote y el promedio del proceso, es fácil obtener el plan de muestreo de aceptación.

Por ejemplo, si el tamaño del lote, N, es 1500 y el promedio del proceso es 0.25%, el plan de muestreo sencillo necesario para NCL = 1.0% se encuentra en la tabla 1. La respuesta es:

N = 1500

n = 490

c=2

En la tabla se localiza también el LCPS de cada plan, que para este ejemplo es de 0.21%.

Table 1. Dodge and Romig Single Sampling Lot Inspection Table.
Based on Stated Value of Lot Tolerance Per Cent Defective (LTPD) = 1.0 % and Consumer's Risk = 0.10.

LOT SIZE	PROCESS AVERAGE (%)																	
	0 - 0.010			0.011 - 0.10			0.11 - 0.20			0.21 - 0.30			0.31 - 0.40			0.41 - 0.50		
	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)	n	c	AOQL (%)
1 - 120	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00	All	0	0.00
121 - 150	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06	120	0	0.06
151 - 200	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08	140	0	0.08
201 - 300	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10	165	0	0.10
301 - 400	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12	175	0	0.12
401 - 500	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13	180	0	0.13
501 - 600	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	190	0	0.13	305	1	0.14
601 - 800	200	0	0.14	200	0	0.14	200	0	0.14	330	1	0.15	330	1	0.15	330	1	0.15
801 - 1000	205	0	0.14	205	0	0.14	205	0	0.14	335	1	0.17	335	1	0.17	335	1	0.17
1001 - 2000	220	0	0.15	220	0	0.15	360	1	0.19	490	2	0.21	490	2	0.21	610	3	0.22
2001 - 3000	220	0	0.15	375	1	0.20	505	2	0.23	645	3	0.25	745	4	0.26	870	5	0.26
3001 - 4000	225	0	0.15	380	1	0.20	510	2	0.24	645	3	0.25	880	5	0.28	1000	6	0.29
4001 - 5000	225	0	0.16	380	1	0.20	520	2	0.24	770	4	0.28	895	5	0.29	1120	7	0.31
5001 - 7000	230	0	0.16	385	1	0.21	655	3	0.27	780	4	0.29	1020	6	0.32	1260	8	0.34
7001 - 10000	230	0	0.16	520	2	0.25	660	3	0.28	910	5	0.32	1150	7	0.34	1500	10	0.37
10001 - 20000	390	1	0.21	525	2	0.26	785	4	0.31	1040	6	0.35	1400	9	0.39	1980	14	0.43
20001 - 50000	390	1	0.21	530	2	0.26	920	5	0.34	1300	8	0.39	1890	13	0.44	2570	19	0.48
50001 - 100000	390	1	0.21	670	3	0.29	1040	6	0.36	1420	9	0.41	2120	15	0.47	3150	23	0.50

n : size of sample; entry of "All" indicates that each piece in lot is to be inspected.

c : acceptance number for sample.

AOQL : average outgoing quality limit.

1 Dodge y Roming emplearon el término "Por ciento de defecto de tolerancia de un lote" (LTPD lot tolerance percent defective). En este texto se utiliza en su lugar "Nivel de calidad límite, (NCL)" puesto que es el término actual adecuado.

Al analizar las tablas NCL se desprende que:

a. Conforme aumenta el tamaño del lote, el tamaño relativo de la muestra disminuye. Por ejemplo, en el caso de un proceso con promedio de 0.25%, un lote de tamaño 1000 tiene un tamaño de muestra de 335, en tanto que en un lote de tamaño 4000 el tamaño de la muestra es de 645. El tamaño del lote aumentó en un factor de aproximadamente 2. Es decir, los costos de inspección son más económicos cuando los lotes son grandes.

b. Las tablas continúan hasta que el promedio del proceso es la mitad del NCL. No es necesario contar con más promedios de procesos cuando el promedio del proceso excede a la mitad de NCL, de ser así una inspección del 100% resulta más económica que la inspección por muestreo.

c. Conforme aumenta el promedio del proceso, se produce el consecuente aumento en la cantidad inspeccionada. Es decir, una mejora en el promedio del proceso da como resultado menos inspecciones y un menor costo de inspección por muestreo.

2. Límite de la calidad promedio de salida, LCPS, (AOQL). Los planes de muestreo para el concepto LCPS se concibieron como respuesta a necesidades surgidas en cierta situación de fabricación. Cuando se especifica la cantidad de lote, como es el caso en los lotes del cliente (homogéneos) es aplicable el concepto de LCPS, pero también es aplicable cuando el lote inspeccionado es una subdivisión conveniente del flujo de un producto para propósitos de manejo de materiales (no homogéneos). Los planes LCPS limitan la cantidad de la calidad pobre de salida, con base en un promedio, pero no ofrecen garantía alguna en el caso de los lotes individuales. Las tablas para el LCPS tienen un grupo para muestreo sencillo y otro para muestreo doble. Cada grupo tiene tablas para valores LCPS de 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0 y 10.0%, lo que da un total de 26 tablas. Para propósitos de explicación, en la tabla 9-7 se muestra una tabla para muestreo sencillo, en la que el LCPS = 3.0%. No aparecen las tablas de los demás valores de LCPS.

Además de definir si se utilizará muestreo sencillo o doble, también se necesita el valor de LCPS. El tipo de muestreo (sencillo o doble) y el LCPS indicarán qué tipo de tabla habrá que usar.

Una vez conocidos el tamaño del lote y el promedio del proceso, se puede definir el plan de muestreo de aceptación. Por ejemplo, si el tamaño del lote, N , es 1500 y el promedio del proceso es 1.60%, el plan de muestreo sencillo requerido para un LCPS = 3.0% se localiza en la tabla 9-7. La respuesta es:

$$N = 1500$$

$$n_i = 65$$

$$C_i = 3$$

El NCL que corresponde a este plan es 10.2%

Table 9. Dodge-Romig Single Sampling Lot Inspection Table.

Based on Average Outgoing Quality Limit (AOQL) = 3.0 %.

LOT SIZE	PROCESS AVERAGE (%)																	
	0.00 - 0.06			0.07 - 0.60			0.61 - 1.20			1.21 - 1.80			1.81 - 2.40			2.41 - 3.00		
	n	c	LQL (%)	n	c	LQL (%)	n	c	LQL (%)	n	c	LQL (%)	n	c	LQL (%)	n	c	LQL (%)
1 - 10	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-	All	0	-
11 - 50	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0	10	0	19.0
51 - 100	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	11	0	18.0	22	1	16.4
101 - 200	12	0	17.0	12	0	17.0	12	0	17.0	25	1	15.1	25	1	15.1	25	1	15.1
201 - 300	12	0	17.0	12	0	17.0	26	1	14.6	26	1	14.6	26	1	14.6	40	2	12.8
301 - 400	12	0	17.1	12	0	17.1	26	1	14.7	26	1	14.7	41	2	12.7	41	2	12.7
401 - 500	12	0	17.2	27	1	14.1	27	1	14.1	42	2	12.4	42	2	12.4	42	2	12.4
501 - 600	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	42	2	12.4	42	2	12.4	60	3	10.8
601 - 800	12	0	17.3	27	1	14.2	27	1	14.2	43	2	12.1	60	3	10.9	60	3	10.9
801 - 1000	12	0	17.4	27	1	14.2	44	2	11.8	44	2	11.8	60	3	11.0	80	4	9.8
1001 - 2000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	80	4	9.8	100	5	9.1
2001 - 3000	12	0	17.5	28	1	13.8	45	2	11.7	65	3	10.2	100	5	9.1	140	7	8.2
3001 - 4000	12	0	17.5	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	165	8	7.8
4001 - 5000	28	1	13.8	28	1	13.8	65	3	10.3	85	4	9.5	125	6	8.4	210	10	7.4
5001 - 7000	28	1	13.8	45	2	11.8	65	3	10.3	105	5	8.8	145	7	8.1	235	11	7.1
7001 - 10000	28	1	13.9	46	2	11.6	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	280	13	6.8
10001 - 20000	28	1	13.9	46	2	11.7	85	4	9.5	125	6	8.4	215	10	7.2	380	17	6.2
20001 - 50000	28	1	13.9	65	3	10.3	105	5	8.8	170	8	7.6	310	14	6.5	560	24	5.7
50001 - 100000	28	1	13.9	65	3	10.3	125	6	8.4	215	10	7.2	385	17	6.2	690	29	5.4

n : size of sample; entry of "All" indicates that each piece in lot is to be inspected.

c : acceptance number for sample.

LQL : limiting quality level corresponding to a consumer's risk (β) = 0.10.

De un análisis de las tablas LCPS se desprende lo siguiente:

- Conforme aumenta el tamaño del lote disminuye el tamaño de la muestra.
- No se ofrecen planes para promedios de procesos que rebasan el LCPS, dado que el muestreo no es económico cuando la calidad de entrada promedio es menor que el LCPS especificado.
- Cuanto más bajo es el promedio del proceso, menor el tamaño de la muestra, lo que se traduce en menos costo por inspección.

4.2.2 Plan de muestreo de aceptación por variables.

MIL-STD 414

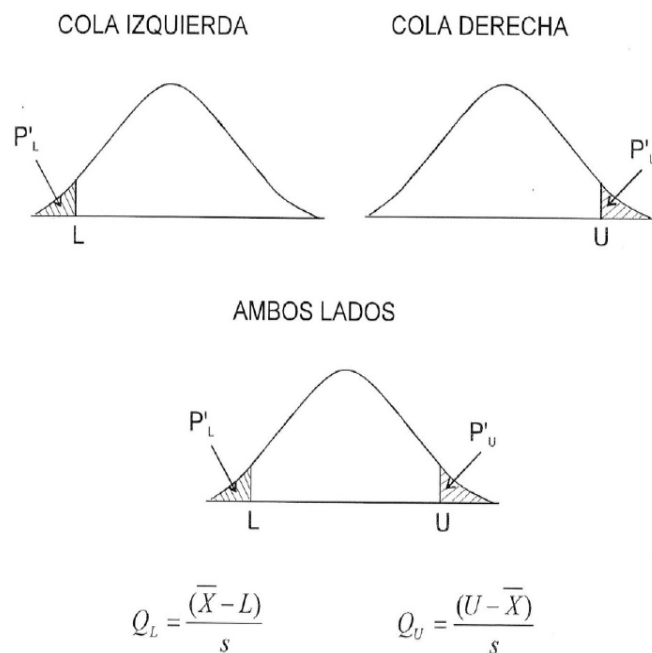
La MIL-STD 414 contiene cuatro Secciones: A, B, C y D.

La Sección A contiene una descripción general de los planes de muestreo. Establece normas para el uso de los planes, clasificación de defectos, expresión de la disconformidad, Nivel de Calidad Aceptable (NCA), presentación del producto, aceptabilidad del lote, selección de muestras, cambios en la severidad de inspección, y procedimientos especiales

La sección B contiene instrucciones para la aplicación de los planes del método de la desviación estándar σ desconocida, para límites de especificación simples y dobles; tablas maestras para las inspecciones normal, rigurosa y reducida; tablas para la estimación del porcentaje defectuoso, empleando el método de desviación tipo; instrucciones y tablas para estimar la media de calidad; criterios para la inspección reducida y rigurosa; valores de F para la desviación tipo máxima, y ejemplos de cálculo.

La sección C es aplicable a la situación de variabilidad desconocida y es exactamente la misma que la Sección B, excepto que las tablas se basan en cálculos que emplean la amplitud media como medida de variabilidad. Se usan, precisamente, como se indica en la Sección B.

Para cuestiones de ejemplificar, tomaremos sólo la Sección B. Las fórmulas para calcular son las siguientes:



Así tenemos que para las decisiones de aceptación o rechazo son:

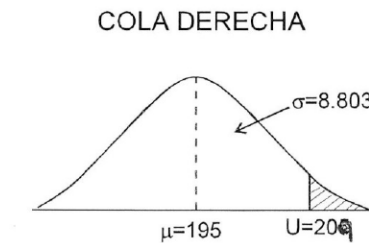
- Si $Q_L \geq k$ se debe de aceptar el lote
Si $Q_L < k$ se debe de rechazar el lote

Siendo k una constante que depende del NCA, tamaño del lote y del tipo de inspección.

Por ejemplo: La temperatura máxima de funcionamiento de cierto dispositivo se especifica en 209°F. Se somete a inspección un lote de 40 unidades. Se emplea el nivel de inspección IV, e inspección normal, con NCA 1.0%.

1. En primer lugar debemos hallar la letra código la cual por medio de la tabla 4 nos da D.
2. Ahora en la tabla 5 encontramos el tamaño de muestra y el valor de k para la letra D y NCA=1.0, los cuales son: $n = 5$ y $k = 1.53$
3. Siguiendo lo prescrito, se saca una muestra de cinco lecturas, obteniéndose las medidas siguientes: 197, 188, 184, 205 y 201 grados.
4. Se calcula su desviación estándar para la muestra y su promedio, los cual nos arroja los siguientes valores $s = 8.803$ y $\bar{x} = 195$.
5. Después se calcula Q_U para poder comparar y tomar la decisión.

La gráfica que representa los datos anteriores se encuentra a continuación, se puede observar que la parte achurada de la derecha es el producto que no cumple con la especificación superior de 205°F.



$$Q_U = \frac{(U - \bar{X})}{s} = \frac{(209 - 195)}{8.803} = 1.59$$

Como: $Q_U > k$ es decir $1.59 > 1.53$ entonces se debe aceptar el lote, de acuerdo al criterio anteriormente descrito.

Ejercicio 2:

Determine el plan de muestreo por variables para inspección normal y severa con los siguientes datos:

Tamaño del lote = 900 unidades

Nivel de Inspección = III

Nivel de calidad aceptable = 0.25 %

De la tabla A1 determinamos el valor de AQL a utilizar según el dato que tenemos de 0.25 % la letra código de acuerdo con el tamaño del lote

For specified AQL values falling within these ranges	Use this AQL value
----- to 0.049	0.04
0.050 to 0.069	0.065
0.070 to 0.109	0.10
0.110 to 0.164	0.15
0.165 to 0.279	0.25
0.280 to 0.439	0.40
0.440 to 0.699	0.65
0.700 to 1.09	1.0
1.10 to 1.64	1.5
1.65 to 2.79	2.5
2.80 to 4.39	4.0
4.40 to 6.99	6.5
7.00 to 10.9	10.0
11.00 to 16.4	15.0

Table 1. AQL Conversion Table

El valor para utilizar de AQL será de 0.25

De la tabla A2 determinamos la letra código de acuerdo con el tamaño del lote y el nivel de inspección, que en este caso es de 900 unidades y III respectivamente.

LOT SIZE	INSPECTION LEVELS				
	I	II	III	IV	V
3 to 8	B	B	B	B	C
9 to 15	B	B	B	B	D
16 to 25	B	B	B	C	E
26 to 40	B	B	B	D	F
41 to 65	B	B	C	E	G
66 to 110	B	B	D	F	H
111 to 180	B	C	E	G	I
181 to 300	B	D	F	H	J
301 to 500	C	E	G	I	K
501 to 800	D	F	H	J	L
801 to 1,300	E	G	I	K	L
1,301 to 3,200	F	H	J	L	M
3,201 to 8,000	G	I	L	M	N
8,001 to 22,000	H	J	M	N	O
22,001 to 110,000	I	K	N	O	P
110,001 to 550,000	I	K	O	P	Q
550,001 and over	I	K	P	Q	Q

Table A-2. Sample-Size Code Letters.

La letra código es I

Con el valor del AQL de 0.25 y la letra código I, buscamos en la tabla B1 el valor de k para inspección normal e inspección severa.

(Single Specification Limit and Form 1).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)													
		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	15.0
		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										1.17	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							1.75	1.62	1.50	1.33	1.15	0.955	0.755	0.536
F	10				2.24	2.00	1.88	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	0.828	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	10.00	15.00	
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)															

All AQL and table values are in percent defective.

El valor de K es de 2.26 para inspección normal y un tamaño de muestra de 25.

(Single Specification Limit and Form 1).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)													
		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	15.0
		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	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.17	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	0.828	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	10.00	15.00	
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)															

All AQL and table values are in percent defective.

El valor de K para inspección severa es de 2.40 y un tamaño de muestra de 25.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). Wiley.
2. Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
3. Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.
4. Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice-Hall.
5. Taguchi, G., Chowdhury, S., & Taguchi, S. (2000). *Robust Engineering: Learn How to Boost Quality While Reducing Costs & Time to Market*. McGraw-Hill.
6. Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2019). *Managing for Quality and Performance Excellence* (11th ed.). Cengage Learning.
7. Feigenbaum, A. V. (1991). *Total Quality Control* (3rd ed.). McGraw-Hill.
8. Ryan, T. P. (2011). *Statistical Methods for Quality Improvement* (3rd ed.). Wiley.
9. Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). *The Six Sigma Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
10. Wheeler, D. J. (2000). *Understanding Statistical Process Control* (2nd ed.). SPC Press.
11. Besterfield, D. H. (2018). *Quality Control* (9th ed.). Pearson.
12. ISO. (2015). *ISO 9001:2015 - Quality management systems - Requirements*. International Organization for Standardization.
13. ASQ. (2020). *The Certified Quality Engineer Handbook* (4th ed.). American Society for Quality.
14. Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Van Nostrand.
15. Oakland, J. S. (2014). *Statistical Process Control* (7th ed.). Routledge.

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: AC-GC-FOR02
		Revisión: 1
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 5.1.2, 8.1, 8.2, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.5.1, 8.5.2, 8.6, 8.7	Página 1 de 219

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATEHUALA
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES

Periodo: AGOSTO - DICIEMBRE 2019

Nombre de la asignatura: Administración de las operaciones I

Carrera: INGENIERIA INDUSTRIAL

Clave de la asignatura: INC-1001

Horas teoría-Horas práctica-Créditos: 2-2-4

1. Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura es fundamental en la carrera de Ingeniería Industrial, debido a que aporta al perfil profesional las herramientas básicas para diseñar, mejorar e integrar sistemas productivos de bienes y servicios aplicando tecnologías para su optimización. Para cursar Administración de las Operaciones I, es requisito que los estudiantes tengan conocimientos previos de los temas: Estadística Inferencial I, Estadística Inferencial II. Asimismo, se ubica en quinto semestre y es requisito para cursar la de Administración de Operaciones II y Formulación y Evaluación de Proyectos. Esta asignatura contribuye al desarrollo del estudiante con un pensamiento sistémico, el manejo de técnicas de pronósticos, de planeación de la capacidad e inventarios para la toma de decisiones y optimizar los sistemas de producción de bienes y servicios.

2. Intención didáctica

La asignatura de Administración de Operaciones I, proporciona al estudiante los conceptos y herramientas esenciales para aplicarlas en los sistemas de producción de bienes y servicios.

El desarrollo de esta asignatura está organizado en cinco unidades. El tema uno hace referencia al estudio de los diferentes sistemas de producción, analizando sistemas reales, así como las funciones principales desarrolladas en la administración de operaciones. En el tema dos se dan a conocer los métodos de pronóstico de la demanda para planear la actividad futura de la empresa. El tema tres abarca desde los conceptos básicos hasta las herramientas para la planeación de la capacidad. El tema cuatro hace referencia a la administración de inventarios con demanda independiente con el fin de reducir faltantes y los costos de inventario, mediante la aplicación de los modelos y sistemas de inventarios. El tema cinco considera la importancia de administración de almacenes, las operaciones que se llevan a cabo así como la selección del equipo de manejo, el almacenamiento y la utilización de las tecnologías de la información para un mejor control de los inventarios y reducción de los costos relacionados.

El enfoque de esta asignatura es teórico-práctico ya que el contenido se aplica a situaciones reales para analizar, diseñar y mejorar los sistemas de producción de bienes y servicios. De igual manera, se recomienda que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio, casos prácticos, visitas a empresas de manufactura y resolver problemas contextuales, donde implica el enfoque de investigación, de modo que aplique modelos y técnicas cuantitativas para tomar decisiones sobre situaciones reales y mejorar la productividad de los sistemas productivos de bienes y servicios.

Es recomendable el uso de Software como: Win QSB, DS For Windows y Hojas de Cálculo como herramientas para la solución de problemas. Por otra parte, es importante que el estudiante se desempeñe con ética, que sea autónomo y estratégico en cada una de las actividades que realice en esta asignatura. Él (la) docente actuará como un facilitador (a) del aprendizaje y debe asegurar el dominio de las competencias requeridas para cada subtema, con los tres saberes integrados saber conocer, saber hacer, saber convivir.

Asimismo, durante el curso él o (la) docente llevará a cabo actividades para lograr la retroalimentación y la metacognición en los estudiantes, con el propósito de alcanzar las competencias planteadas.

3. Competencias de la asignatura.

- ☐ Utiliza técnicas de pronósticos y de planeación de la capacidad para tomar decisiones en la administración de sistemas de producción de bienes y servicios.
- ☒ Aplica técnicas de inventarios y de administración de almacenes para optimizar los sistemas de almacenamiento.

4. Análisis por competencias específicas.

Competencia No.:

1

Descripción:

Conoce las diferencias de los sistemas de producción y analiza sistemas reales, así como las funciones principales desarrolladas en la administración de operaciones

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
1. Sistemas de Producción 1.1. Definición y concepto de los sistemas de producción 1.2. La evolución de los sistemas de producción. 1.3. Clasificación de los sistemas de producción 1.4. Sistemas avanzados de manufactura. 1.5. Actividades principales de la administración de operaciones.	Investiga hechos históricos de la administración de operaciones Elabora un cuadro comparativo de los sistemas de producción tradicionales que muestren su evolución Comprende las diferencias entre los sistemas de producción de bienes y de servicios Explica las actividades principales de la administración de las operaciones y su relación con otras funciones de la empresa - Investigar hechos históricos de la administración de operaciones. - Analizar la evolución de los sistemas de producción. - Comprender las diferencias entre los sistemas de producción de bienes y de servicios.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.	Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Toma de decisiones. Habilidad para buscar información proveniente de diversas fuentes. Trabajo en equipo. Habilidades de investigación Capacidad de aprender.	8T- 4P

1.6. Estrategias de operaciones en un entorno global	Clasificar los sistemas de producción observados en visitas industriales, videos o casos. • Describir las características de los métodos avanzados de manufactura. • Explicar las actividades principales de la administración de las operaciones y su relación con otras funciones de la empresa.			
--	--	--	--	--

Indicadores de alcance (4.8)	Valor de indicador (4.9)
A.- Investiga y elabora un resumen para identificar las principales premisas de la teoría de Taylor.	20 %
B.- Investiga y elabora resumen para conocer los conceptos más relevantes de la teoría del Fordismo	20 %
C.- Investiga y elabora resumen para identificar las características primordiales del Toyotismo.	20%
D.- Investiga y realiza un video sobre la OPEX	40 %

Niveles de desempeño (4.10):

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple con los indicadores A, B, C y D	90-100%
	Notable	Cumple con los indicadores B, C y D	80-89
	Bueno	Cumple con los indicadores C y D	75-79
	Suficiente	Cumple con los indicadores A, B y C	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	Solamente cumple con uno de los 4 o ninguno	NA (No Alcanzada)

Matriz de evaluación (4.11):

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance					Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	
A.- Resumen Taylorismo	20	20					Rúbrica de evaluación
B. – Resumen Fordismo	20		20				Rúbrica de evaluación
C.- Resumen Toyotismo	20			20			Rúbrica de evaluación
D.- Video OPEX	40				40		Rúbrica de evaluación
	Total	20	20	20	40		

Nota: este apartado 4 de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

Competencia No.:

2

Descripción:

Comprende los elementos básicos y comparar los sistemas tradicionales de los sistemas de manufactura, así como las diferentes métricas útiles para medir su rendimiento.

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
2.- Pronóstico de la Demanda 2.1. Importancia estratégica del pronóstico. 2.2. Características de la demanda. 2.3. Métodos cualitativos. 2.4. Métodos cuantitativos 2.5. Pronósticos en el sector servicios. 2.6. Pronósticos para empresas en creación. 2.7. Uso de software en pronósticos	Aplica los métodos de pronósticos cualitativos y cuantitativos para un problema de contexto. Determina el grado de confiabilidad de los pronósticos obtenidos. Analiza la importancia estratégica del pronóstico mediante casos reales. Analizar series de tiempo y describir sus características. Analizar los métodos de pronósticos cualitativos. Realizar pronósticos usando los métodos cuantitativos Identificar qué modelo de regresión se ajusta mejor a una serie de datos de demanda. Usar software para resolución de problemas o casos asignados (WinQSB, Excel, etc)	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos	☑ Capacidad de análisis y síntesis. ☑ Capacidad de organizar y planificar. ☑ Habilidades básicas de manejo de la computadora. ☑ Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar. ☑ Solución de problemas. ☑ Toma de decisiones	T12-P8

Indicadores de alcance (4.8)	Valor de indicador (4.9)
A. Busca y analiza información para conocer los aspectos principales de los pronósticos. B. Investiga y elabora cuadro sinóptico sobre los diferentes tipos de pronósticos. C. Utiliza software para resolver problemas de pronósticos. D. Utiliza algoritmos para resolver problemas de pronósticos.	15 % 15 % 30% 40 %

Niveles de desempeño (4.10):

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple con los indicadores A,B,C y D	95-100
	Notable	Cumple con los indicadores A, B, C y D 80%	85-94
	Bueno	Cumple con los indicadores A, B, y D	75-84
	Suficiente	Cumple con los indicadores A, B y C	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	Solamente cumple con 2 o menos	NA (No Alcanzada).

Matriz de evaluación (4.11):

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance					Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	
Cuadro sinóptico	30	15	15				Rubrica de evaluación
Examen	70			30	40		Rubrica de evaluación
	Total 100%	15	15	30	40		

Nota: este apartado 4 de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

Competencia No.:

3

Descripción:

Planea la capacidad de producción, utilizando distintas técnicas de gestión de la capacidad para calcular la capacidad máxima

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
3.- Planeación de la Capacidad 3.1 Conceptos generales. 3.2 Consideración sobre la capacidad. 3.3 Planeación de la capacidad 3.4 Herramientas para la planeación de la capacidad	☐ Identifica las razones de las economías de escala ☐ Clasifica elementos estratégicos como colchones de capacidad, opciones de tiempo, magnitud y los vínculos con otras decisiones ☐ Calcula las brechas de capacidad y elabora estrategias para subsanarlas	Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica.	Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Comunicación oral y escrita en su propia lengua. Habilidades básicas de manejo de la computadora. Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar). Solución de problemas. Toma de decisiones	T15-P10

Indicadores de alcance (4.8)	Valor de indicador (4.9)
A. Investiga, analiza y elabora un resumen sobre planeación de la capacidad	20
B. Investiga e identifica las diferentes maneras de calcular la capacidad y realiza un trabajo de campo	50
C. Investiga, analiza e identifica las brechas de capacidad y propone estrategias para remediarlas	30

Niveles de desempeño (4.10):

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple con los indicadores A,B y C	95-100
	Notable	Cumple con los indicadores B y C	85-94
	Bueno	Cumple con los indicadores A y B	75-84
	Suficiente	Cumple con los indicadores A y C	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	Cumple solamente con el indicador A o ninguno	NA (No Alcanzada).

Matriz de evaluación (4.11):

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance					Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	
A. Resumen	20	20					Rúbrica de evaluación
B. Reporte de trabajo de campo	80		50	30			Rúbrica de evaluación
	100 Total	20	50	30			

Nota: este apartado 4 de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

Competencia No.:

4

Descripción:

Analiza y evalúa el flujo de los procesos de los sistemas de manufactura

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
4.- Administración de Inventarios 4.1 Definición y tipos de inventarios. 4.2 4.2 Ventajas y desventajas de los inventarios. 4.3 4.3 Administración de los inventarios. 4.4 Modelos de inventario determinísticos. 4.5 Modelos de inventarios probabilísticos. 4.6 Uso de software en inventarios	Explica las ventajas y desventajas de mantener inventarios. Describe los costos ocasionados por el manejo de los inventarios. Aplica la clasificación ABC. Analiza la problemática relacionada con la administración de los inventarios. Aplica los diferentes modelos de inventarios en la solución de problemas reales. Analiza los casos en los cuales se puedan ordenar artículos, aprovechando los descuentos por cantidad.	Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica. Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.	☐ Capacidad de análisis y síntesis. ☐ Capacidad de organizar y planificar. ☐ Habilidades básicas de manejo de la computadora. ☐ Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar). ☐ Solución de problemas. ☐ Toma de decisiones.	T12-P6

	Usa software para resolución de problemas o casos asignados (WinQSB, Excel, etc)			
--	--	--	--	--

Indicadores de alcance (4.8)	Valor de indicador (4.9)
A. Investiga y elabora una infografía sobre la administración de inventarios.	30%
B. Resuelve un caso real aplicando el sistema ABC.	20%
C. Elabora un formulario y resuelve problemas de inventarios.	50%

Niveles de desempeño (4.10):

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple con los indicadores A,B, y C	95-100
	Notable	Cumple con los indicadores B y C	85-94
	Bueno	Cumple con los indicadores A y B	75-84
	Suficiente	A, B 50% y C 50%	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	Cumple solamente el indicador A o ninguno	NA (NO ALCANZADA)

Matriz de evaluación (4.11):

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
A. Infografía	30	30						Rúbrica de evaluación.
B. Ejercicio sistema ABC	20		20					Rúbrica de evaluación.
C. Examen	50			50				Rúbrica de evaluación.
	100%Total	30	20	50				

Nota: este apartado 4 de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

Competencia No.:

5

Descripción:

Investiga y analiza la importancia de la administración de almacenes, las operaciones que se llevan a cabo, así como los criterios para seleccionar el equipo de manejo y almacenamiento adecuados a las operaciones de la empresa.

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-práctica
5. Administración de Almacenes 5.1 Funciones y manejo físico de los inventarios, recepción, organización, despacho, mantenimiento de los registros.	Conoce las funciones de administración de un almacén. Analiza la localización y distribución de diferentes almacenes	Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.	Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Comunicación oral y escrita en su propia lengua.	T15-P10

5.2 Localización y distribución de almacenes. 5.3 Selección de mobiliario y equipo de almacén. 5.4 Sistemas Informáticos de administración de almacenes	Observa la diversidad del equipo utilizado en la operación de los almacenes. Así como la selección de equipo de captura de datos Investiga la disponibilidad y características principales de los paquetes de software comercial que se usan en la administración de un almacén	Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica.	Habilidades básicas de manejo de la computadora. Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar). Solución de problemas. Toma de decisiones	
--	---	--	--	--

Indicadores de alcance (4.8)	Valor de indicador (4.9)
A. Investiga y elabora un ppt sobre las funciones de un administrador de almacén	30
B. Investiga y elabora una tabla sobre el software disponible para administrar almacenes	30
C. Realiza una investigación de campo en un almacén para determinar su grado modernidad	50

Niveles de desempeño (4.10):

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple con los indicadores A,B y C	95-100
	Notable	Cumple con los indicadores B y C	85-94
	Bueno	Cumple con los indicadores A y C	75-84
	Suficiente	Cumple con los indicadores A y B	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	Cumple solamente con el indicador A o ninguno	NA (No Alcanzada).

Matriz de evaluación (4.11):

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance					Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	
A. Ppt funciones administrador	30	30					Rúbrica de evaluación
B. Tabla de software	30		30				Rúbrica de evaluación
C. Reporte de Investigación de campo	50			50			Rúbrica de evaluación
	100 Total	30	30	50			

Nota: este apartado 4 de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

5.-Fuentes de información y apoyos didácticos

Fuentes de información:	Apoyos didácticos:
1. Adam Everett E. y Ebert Ronald J. Administración de la Producción y las Operaciones (<i>Cuarta edición</i>), Pearson Educacion, 1991. 2. Chase Richard B, Aquilano Nicholas J. y Jacobs F. Robert. Administración de Producción y Operaciones (<i>Octava edición</i>), McGraw-Hill, 2000. 3. Gaither Norman y Frazier Greg. Administración de Producción y Operaciones 4. (<i>Cuarta edición</i>), International Thomson Editores, 2000. 5. Hay, Edward J. Justo a tiempo, Grupo editorial Norma, 1998 6. Hernández Arnoldo. Manufactura justo a tiempo. CECSA.	1. Libros. 2. Internet. 3. Computadora, 4. Cañón, 5. Pantalla. 6. Pintarrón, 7. Marcadores. 8. Material impreso.

7. Hopeman Richard J. Administración de Producción y Operaciones. <i>CECSA</i> , 1986.	
8. Krajewski Lee J. y Ritzman Larry P. Administración de Operaciones (<i>Quinta edición</i>), Prentice Hall, 2000..	

6.-Calendarización de Evaluación en semanas (6):

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...	N
TP	ED	EF1	EF1	EF2	EF2	EF2	EF3	EF3	EF3	EF4	EF4	EF4	EF5	EF5	EF5	ES		
TR																		
SD																		

TP=tiempo planeado

TR=tiempo real

SD=seguimiento departamental

(Siglas que deben llevar los recuadros según corresponda): ED= evaluación diagnóstica

EFn=evaluación formativa (competencia específica n)

ES=evaluación sumativa

Fecha de elaboración:

M.C. José Antonio Zapata Cossío.

Docente del área de Ingeniería Industrial.

Ing. Laura Verónica Torres Contreras.

Jefa de Departamento de Ingeniería Industrial

MIL-STD-105E

10 MAY 1989

NOT MEASUREMENT SENSITIVE

SUPERSEDING

MIL-STD-105D

29 APRIL 1963

1. MILITARY STANDARD
SAMPLING PROCEDURES AND TABLES FOR
INSPECTION BY ATTRIBUTES



TABLE I – Sample Size code letters

TABLE I – Sample Size code letters										
Lot or batch size				Special inspection levels				General inspection levels		
				S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	To	8	A	A	A	A	A	A	B	
9	To	15	A	A	A	A	A	B	C	
16	To	25	A	A	B	B	B	C	D	
26	To	50	A	B	B	C	C	D	E	
51	To	90	B	B	C	D	D	F	G	
91	To	150	B	B	C	D	D	F	G	
151	To	280	B	C	D	E	E	G	H	
281	To	500	B	C	D	E	F	H	J	
501	To	1200	C	C	E	F	G	J	H	
1201	To	3200	C	D	E	G	H	K	L	
3201	To	10000	C	D	F	G	J	L	M	
10001	To	35000	C	D	F	H	K	M	N	

35001	To	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	To	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500000	And	Over	D	E	H	K	N	Q	R
CODE LETTERS									

MIL-STD-105E

TABLE II-A – Single sampling plans for normal inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample size Code Letters	Sample size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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	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 65			
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 65	↑		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 65	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 65	↑	↑	↑		
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 first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

--

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

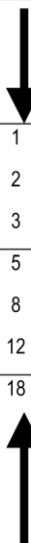
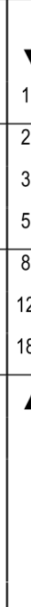
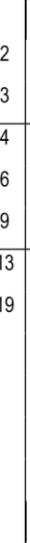
Re =

Rejection number

SINGLE
NORMAL

--

TABLE II-B – Single sampling plans for tightened inspection (Master table)

		Acceptable Quality Levels (Normal Inspection)																											
Sample size Code Letters	Sample size	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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																												
B	3																												
C	5																												
D	8																												
E	13																												
F	20																												
G	32																												
H	50																												
J	80																												
K	125																												
L	200																												
M	315																												
N	500																												
P	800																												
Q	1250																												
R	2000																												
S	3150																												

↓ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

SINGLE
TIGHTENED

TABLE II-C – Single sampling plans for reduced inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample size Code Letters	Sample size	Acceptable Quality Levels (Reduced Inspection) [†]																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	2 4	3 5	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24
R	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 3	1 4	2 5	3 6	5 8	7 10	10 13	14 17	21 24

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

--

Ac = Acceptance number
Re = Rejection number
= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

† =If, after the second sample, the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot, but reinstate normal inspection (see4.10.1.4)

SINGLE

REDUCED

TABLE III-A – Double sampling plans for normal inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection) [†]																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	First Second	2 2	2 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	First Second	3 3	3 6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	First Second	5 5	5 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	First Second	8 8	8 16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	First Second	13 13	13 26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	First Second	20 20	20 40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	First Second	32 32	32 64	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	First Second	50 50	50 100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	First Second	80 80	80 160	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	First Second	125 125	125 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	First Second	200 200	200 400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	First Second	315 315	315 630	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	First Second	500 500	500 1000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	First Second	800 800	800 1600	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	First Second	1250 1250	1250 2500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

† Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

DOUBLE
NORMAL

TABLE III-B – Double sampling plans for tightened inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (Tightened Inspection) [†]																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	First Second	2 2	2 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	First Second	3 3	3 6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	First Second	5 5	5 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	First Second	8 8	8 16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	First Second	13 13	13 26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	First Second	20 20	20 40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	First Second	32 32	32 64	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	First Second	50 50	50 100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	First Second	80 80	80 160	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	First Second	125 125	125 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	First Second	200 200	200 400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	First Second	315 315	315 630	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	First Second	500 500	500 1000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	First Second	800 800	800 1600	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	First Second	1250 1250	1250 2500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
S	First Second	2000 2000	2000 4000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

DOUBLE
TIGHTENE
D

TABLE III-C – Double sampling plans for reduced inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (Reduced Inspection) [†]																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	First Second	2 2	2 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	First Second	3 3	3 6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	First Second	5 5	5 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	First Second	8 8	8 16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	First Second	13 13	13 26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	First Second	20 20	20 40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	First Second	32 32	32 64	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	First Second	50 50	50 100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	First Second	80 80	80 160	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	First Second	125 125	125 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	First Second	200 200	200 400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	First Second	315 315	315 630	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	First Second	500 500	500 1000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

[†] = If, after the second sample, the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot, but reinstate normal inspection (see 4.10.1.4)**DOUBLE****REDUCED**

TABLE IV-A – Multiple sampling plans for normal inspection (Master table)

See 4.9.3. and 4.9.4)

[illegible]

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑↑ Use first sampling plan above arrow.

Ac Acceptance number

Re Rejection number

==

==

==

MULTIPLE
NORMAL

- †

∞
- = Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below,
 - = where available) Use corresponding double sampling plan (or alternatively, use double
 - = sampling plan below, where available) Acceptance not permitted at this sample size.

TABLE IV-A – Multiple sampling plans for normal inspection (Master table)
(Continued)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (Normal Inspection) [†]																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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 B C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	First	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	Third	2	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	2	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	Fifth	2	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	2	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	Seventh	2	14	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	First	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
I	Third	3	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	3	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	Fifth	3	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	3	18	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	Seventh	3	21	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	First	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	Third	5	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	5	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	Fifth	5	25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	5	30	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
O	Seventh	5	35	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	First	8	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	8	16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	Third	8	24	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	8	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	Fifth	8	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	8	48	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
S	Seventh	8	56	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
T	First	13	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	13	26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
U	Third	13	39	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	13	52	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
V	Fifth	13	65	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	13	78	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
W	Seventh	13	91	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
X	First	20	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	20	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Y	Third	20	60	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	20	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Z	Fifth	20	100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	20	120	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
AA	Seventh	20	140	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

● = Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

∞ = Acceptance not permitted at this sample size.

MULTIPLE
NORMAL

Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

TABLE IV-B – Multiple sampling plans for tightened inspection (Master table)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (tightened inspection)†																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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 B C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	First	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	2	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	2	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	2	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	2	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	2	14	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	First	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	3	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	3	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	3	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	3	18	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	3	21	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	First	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	5	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	5	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	5	25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	5	30	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	5	35	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	First	8	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	8	16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	8	24	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	8	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	8	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	8	48	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	8	56	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	First	13	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	13	26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	13	39	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	13	52	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	13	65	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	13	78	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	13	91	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	First	20	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Second	20	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Third	20	60	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fourth	20	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Fifth	20	100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Sixth	20	120	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Seventh	20	140	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

† Use first sampling plan above arrow.

Ac Acceptance number

Re Rejection number

= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below,

where available) Use corresponding double sampling plan (or alternatively, use double

‡ sampling plan below, where available) Acceptance not permitted at this sample size.

**MULTIPLE
TIGHTENED**

See 4.9.3. and 4.9.4)

TABLE IV-B – Multiple sampling plans for tightened inspection (Master table) (Continued)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample Size Code Letter		Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (tightened inspection)†																											
					0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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	Ac Re
K	First	32	32																													
	Second	32	64																													
	Third	32	96																													
	Fourth	32	128																													
	Fifth	32	160																													
	Sixth	32	192																													
	Seventh	32	224																													
L	First	50	50																													
	Second	50	100																													
	Third	50	150																													
	Fourth	50	200																													
	Fifth	50	250																													
	Sixth	50	300																													
	Seventh	50	350																													
M	First	80	80																													
	Second	80	160																													
	Third	80	240																													
	Fourth	80	320																													
	Fifth	80	400																													
	Sixth	80	480																													
	Seventh	80	560																													
N	First	125	125																													
	Second	125	250																													
	Third	125	375																													
	Fourth	125	500																													
	Fifth	125	625																													
	Sixth	125	750																													
	Seventh	125	875																													
P	First	200	200																													
	Second	200	400																													
	Third	200	600																													
	Fourth	200	800																													
	Fifth	200	1000																													
	Sixth	200	1200																													
	Seventh	200	1400																													
Q	First	315	315																													
	Second	315	630																													
	Third	315	945																													
	Fourth	315	1260																													
	Fifth	315	1575																													
	Sixth	315	1890																													
	Seventh	315	2205																													
R	First	500	500																													
	Second	500	1000																													
	Third	500	1500																													
	Fourth	500	2000																													
	Fifth	500	2500																													
	Sixth	500	3000																													
	Seventh	500	3500																													
S	First	800	800																													
	Second	800	1600																													
	Third	800	2400																													
	Fourth	800	3200																													
	Fifth	800	4000																													
	Sixth	800	4800																													
	Seventh	800	5600																													

See 4.9.3. and 4.9.4)

↑ == Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspectionsUse first sampling plan above arrow. = Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

MULTIPLE

Ac = Acceptance numberRe = Rejection number

Acceptance not permitted at this sample size.

TIGHTENED

See 4.9.3. and 4.9.4)

TABLE IV-C – Multiple sampling plans for reduced inspection (Master table)

Sample Size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (reduced inspection) †																									
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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 B C D E				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	First	2	2																										
	Second	2	4																										
	Third	2	6																										
	Fourth	2	8																										
	Fifth	2	10																										
	Sixth	2	12																										
F	Seventh	2	14																										
	First	3	3																										
	Second	3	6																										
	Third	3	9																										
	Fourth	3	12																										
	Fifth	3	15																										
	Sixth	3	18																										
G	Seventh	3	21																										
	First	5	5																										
	Second	5	10																										
	Third	5	15																										
	Fourth	5	20																										
	Fifth	5	25																										
	Sixth	5	30																										
H	Seventh	5	35																										
	First	8	8																										
	Second	8	16																										
	Third	8	24																										
	Fourth	8	32																										
	Fifth	8	40																										
	Sixth	8	48																										
J	Seventh	8	56																										
	First	13	13																										
	Second	13	26																										
	Third	13	39																										
	Fourth	13	52																										
	Fifth	13	65																										
	Sixth	13	78																										
K	Seventh	13	91																										

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number

See 4.9.3. and 4.9.4)

= Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available) **MULTIPLE ‡** Use corresponding double sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available) **TIGHTENED**

Acceptance not permitted at this sample size.

† If, after the final sample, the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot but reinstate normal inspection (See 4.10.1.4)

TABLE IV-C – Multiple sampling plans for reduced inspection (Master table)

(Continued)

See 4.9.3. and 4.9.4)

Sample size Code Letter	Sample	Sample Size	Cumulative sample size	Acceptable Quality Levels (reduced inspection) †																											
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	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	Ac Re
L	First	20	20	↓	↓	↓	↓	•	↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	0 6	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	20	40								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 7												3 9	
	Third	20	60								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 8	3 9	6 12													
	Fourth	20	80								0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12	8 15													
	Fifth	20	100								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	11 17													
	Sixth	20	120								0 3	1 5	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	14 20													
	Seventh	20	140								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	18 22													
M	First	32	32	↓	↓	↓	↓	•	↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	# 4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	32	64								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 6												2 8	
	Third	32	96								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12												3 10	
	Fourth	32	128								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	5 11													
	Fifth	32	160								0 3	0 4	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	7 12													
	Sixth	32	192								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11													
	Seventh	32	224								2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11															
N	First	50	50	↓	↓	↓	↑	•	↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	# 4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	50	100								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 6												2 8	
	Third	50	150								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12												3 10	
	Fourth	50	200								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	5 11													
	Fifth	50	250								0 3	0 4	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	7 12													
	Sixth	50	300								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11													
	Seventh	50	350								2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11															
P	First	80	80	↓	•	↑	↓	•	↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	# 4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	80	160								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 6												2 8	
	Third	80	240								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12												3 10	
	Fourth	80	320								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	5 11													
	Fifth	80	400								0 3	0 4	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	7 12													
	Sixth	80	480								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11													
	Seventh	80	560								2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11															
Q	First	125	125	↑	•	↓	↑	•	↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	# 4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	125	250								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 6												2 8	
	Third	125	375								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12												3 10	
	Fourth	125	500								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	5 11													
	Fifth	125	625								0 3	0 4	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	7 12													
	Sixth	125	750								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11													
	Seventh	125	875								2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11															
R	First	200	200	↑	↑	↑	↑	•	↑	↑	# 2	# 2	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	# 4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
	Second	200	400								# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	0 5	1 6												2 8	
	Third	200	600								0 2	0 3	0 4	0 5	1 6	2 7	3 10	5 12												3 10	
	Fourth	200	800								0 3	0 4	1 6	2 7	3 8	5 11	7 13	5 11													
	Fifth	200	1000								0 3	0 4	1 6	3 7	4 9	7 12	10 15	7 12													
	Sixth	200	1200								1 3	1 5	2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11													
	Seventh	200	1400								2 7	4 8	6 10	9 14	13 17	9 11															

= Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspections

↑ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number

See 4.9.3. and 4.9.4)

Re = Rejection number

=Use corresponding single sampling plan (or alternatively, use double sampling plan below, where available)

MULTIPLE

†# ==Acceptance not permitted at this sample size.If, after the final sample, the acceptance number has been exceeded, but the rejection number has not been reached, accept the lot but reinstate normal inspection (See 4.10.1.4)

TIGHTENED

TABLE V-A – Average Outgoing Quality Limit Factors for Normal Inspection (Single sampling)

(See 3.

[illegible]

[illegible]

Sample size **AOQL** *Note: For the exact AOQL, the above values must be multiplied by $(1 = \frac{\text{Lot or Batch size}}{\text{Sample size}})$ **NORMAL**

TABLE V-B – Average Outgoing Quality Limit Factors for Tightened Inspection (Single sampling)

(See 3.

[illegible]

Sample size

A

*Note: For the exact AOQL, the above values must be multiplied by (1 = Lot or Batch size

) (See 11.4) **TIGHTENED**

TABLE VI-A – Limiting Quality (in percent defective) for which $P_a = 10$ Percent
(for Normal Inspection, Single sampling)

(See 3.)

Code Letter	Sample Size	Acceptable Quality Level															
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10
		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 R
A	2															68	
B	3														54		
C	5													37			58
D	8												25			41	54
E	13											16			27	36	44
F	20										11			18	25	30	42
G	32									6.9			12	16	20	27	34
H	50								4.5			7.6	10	13	18	22	29
J	80							2.8			4.8	6.5	8.2	11	14	19	24
K	125						1.8			3.1	4.3	5.4	7.4	9.4	12	16	23
L	200					1.2			2.0	2.7	3.3	4.6	5.9	7.7	10	14	
M	315				0.73			1.2	1.7	2.1	2.9	3.7	4.9	6.4	9.0		
N	500			0.46			0.78	1.1	1.3	1.9	2.4	3.1	4.0	5.6			
P	800		0.29			0.49	0.67	0.84	1.2	1.5	1.9	2.5	3.5				
Q	1250	0.18			0.31	0.43	0.53	0.74	0.94	1.2	1.6	2.3					
R	2000			0.20	0.27	0.33	0.46	0.59	0.77	1.0	1.4						

LQ (DEFECTIVE)
10

TABLE VI-B – Limiting Quality (in defects per hundred units) for which $P_a = 10$ Percent
(for Normal Inspection, Single sampling)

(See 4

[illegible]

[illegible]

L Q (D E F E C T S) 1 0 %

TABLE VII-A – Limiting Quality (in percent defective) for which $P_a = 5$ Percent
(for Normal Inspection, Single sampling)

(See 4.1)

Code Letter	Sample Size	Acceptable Quality Level															
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10
		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 R
A	2															78	
B	3														63		
C	5													45			66
D	8												31			47	60
E	13											21			32	41	50
F	20										14			22	28	34	46
G	32									8.9			14	18	23	30	37
H	50								5.8			9.1	12	15	20	25	32
J	80							3.7			5.8	7.7	9.4	13	16	20	26
K	125						2.4			3.8	5.0	6.2	8.4	11	14	18	24
L	200					1.5				2.4	3.9	5.3	6.6	8.5	11	15	
M	315				0.95			1.5		2.0	2.5	3.3	4.2	5.4	7.0	9.6	
N	500			0.60			0.95	1.3	1.6	2.1	2.6	3.4	4.4	6.1			
P	800		0.38			0.59	0.79	0.97	1.3	1.6	2.1	2.7	3.8				
Q	1250	0.24			0.38	0.50	0.62	0.84	1.1	1.4	1.8	2.4					
R	2000			0.24	0.32	0.39	0.53	0.66	0.85	1.1	1.5						

LQ (DEFECTIVE)

TABLE VII-B – Limiting Quality (in defects per hundred units) for which $P_a = 5$ Percent
(for Normal Inspection, Single sampling)

(See 4.1)

[illegible]

[illegible]

4.2.2 Plan de muestreo por variables

TABLA MIL-STD-414 Ir. Budi Nurtama, M.Agr. 2005

- Table 1. AQL Conversion Table. 1
- Table A-2. Sample-Size Code Letters. 2
- Table B-1. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Standard Deviation Method
(Single Specification Limit and Form 1). 3
- Table B-3. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Standard Deviation Method
(Double Specification Limit and Form 2--- Single Specification Limit). 4
- Table C-1. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Range Method
(Single Specification Limit and Form 1). 5
- Table C-3. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Range Method
(Double Specification Limit and Form 2---- Single Specification Limit). 6
- Table for Estimating the Lot Percent Defective Using Standard Deviation Method. 7

Operasi Sistem Penarikan Sampel MIL-STD-414

1. Tentukan AQL (Acceptable Quality Level); untuk double specification limits, nilai-nilai AQL yang berbeda mungkin dipilih untuk setiap batas jika diinginkan.
2. Bila perlu, gunakan AQL Conversion Table untuk memperoleh AQL yang konsisten dengan rancangan MIL-STD-414.
3. Tentukan modus dan tingkat inspeksi; kecuali ada yang dispesifikasikan, gunakan Normal Inspection Level IV untuk mulai.
4. Gunakan tabel Sample Size Code Letters untuk memilih huruf kode yang sesuai.
5. Tentukan rancangan yang digunakan : Form 1 atau Form 2.

For specified AQL values falling within these ranges	Use this AQL value
----- to 0.049	0.04
0.050 to 0.069	0.065
0.070 to 0.109	0.10
0.110 to 0.164	0.15
0.165 to 0.279	0.25
0.280 to 0.439	0.40
0.440 to 0.699	0.65

0.700 to 1.09	1.0
1.10 to 1.64	1.5
1.65 to 2.79	2.5
2.80 to 4.39	4.0
4.40 to 6.99	6.5
7.00 to 10.9	10.0
11.00 to 16.4	15.0

LOU SIZE	INSPECTION LEVELS				
	I	II	III	IV	V
3 to 8	B	B	B	B	C
9 to 15	B	B	B	B	D
16 to 25	B	B	B	C	E
26 to 40	B	B	B	D	F
41 to 65	B	B	C	E	G
66 to 110	B	B	D	F	H
111 to 180	B	C	E	G	I
181 to 300	B	D	F	H	J
301 to 500	C	E	G	I	K
501 to 800	D	F	H	J	L
801 to 1,300	E	G	I	K	L

Table 1. AQL

1,301 to 3,200	F	H	J	L	M
3,201 to 8,000	G	I	L	M	N
8,001 to 22,000	H	J	M	N	O
22,001 to 110,000	I	K	N	O	P
110,001 to 550,000	I	K	O	P	Q
550,001 and over	I	K	P	Q	Q

Conversion Table

Table A-2. Sample-Size Code Letters.**Table B-1. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Standard Deviation Method**

(Single Specification Limit and Form 1).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)													
		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	15.0
		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	0.828	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	10.00	15.00	
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)															

All AQL and table values are in percent defective.

□ Use first sampling plan below arrow; that is, both sample size as well as k value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

Table B-3. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Standard**Deviation Method**

(Double Specification Limit and Form 2--- Single Specification Limit).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)													
		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	15.0
		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
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
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
		0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)															

All AQL and table values are in percent defective.

□ Use first sampling plan below arrow; that is, both sample size as well as M value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

Table C-1. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Range Method
(Single Specification Limit and Form 1).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)												
		0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.587	0.502	0.401	0.250
C	4										0.525	0.450	0.364	0.250
D	5							0.663	0.614	0.565	0.498	0.431	0.352	0.250
E	7					0.702	0.659	0.613	0.569	0.525	0.465	0.405	0.336	0.250
F	10	↓	↓	↓	0.916	0.863	0.811	0.755	0.703	0.650	0.579	0.507	0.424	0.350
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	0.350
H	25	1.14	1.10	1.05	1.01	0.951	0.896	0.835	0.779	0.723	0.647	0.571	0.484	0.350
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	0.400
J	35	1.16	1.11	1.07	1.02	0.964	0.908	0.848	0.791	0.734	0.658	0.581	0.494	0.400
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	0.400
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	0.400
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	0.400
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	0.400
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	0.400
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	0.400
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	0.400
		0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)														

All AQL and table values are in percent defective.

Table C-3. Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown : Range Method
 (Double Specification Limit and Form 2---- Single Specification Limit).

SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	FACTOR c	ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL INSPECTION)												
			0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	
			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
B	3	1.910	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	3
C	4	2.234								1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	2
D	5	2.474							1.42	3.44	5.93	9.90	14.47	20.27	2
E	7	2.830					0.28	0.89	1.99	3.46	5.32	8.47	12.35	17.54	2
F	10	2.405	↓	↓	↓	0.23	0.58	1.14	2.05	3.23	4.77	7.42	10.79	15.49	2
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	1
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	1
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	1
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	1
K	40	2.346	0.160	0.252	0.375	0.539	0.842	1.25	1.88	2.69	3.73	5.61	8.11	11.84	1
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	1
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	1
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	1
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	1
P	175	2.331	0.139	0.210	0.303	0.427	0.655	0.972	1.46	2.06	2.93	4.47	6.60	9.89	1
Q	230	2.330	0.142	0.215	0.308	0.432	0.661	0.976	1.47	2.08	2.92	4.46	6.57	9.84	1
			0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	1
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (TIGHTENED INSPECTION)															

All AQL and table values are in percent defective.

