

61
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD EN LA
INDUSTRIA DEL PAPEL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN ACTUARIA
P R E S E N T A :
RAUL VALDES COTERA

MEXICO, D. F.

MAYO 1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	
DESCRIPCION	
CAPITULO 1 LA EVOLUCION DEL CONCEPTO DE CALIDAD	1
1.1 Concepto de Calidad	
1.2 Enfoque histórico del concepto de Calidad	
1.3 El Control de Calidad	
1.4 Notas históricas del Control de Calidad	
1.5 Organización de la Calidad	
1.6 Fiabilidad	
1.7 Aseguramiento de la Calidad	
1.8 La Calidad como elemento de Competitividad	
1.9 Costos de Calidad	
1.10 Marco Legal del Control de Calidad	
1.11 México y la Calidad	
CAPITULO 2 EL CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCION DE PAPEL	19
2.1 El Control de Calidad en el Papel	
2.2 Notas Históricas del Papel	
2.3 Elaboración del Papel	
2.4 Elaboración de Cajas de Cartón Corrugado	
2.5 La Flexografía y la Calidad	
2.6 Características Medibles del Papel y del Cartón	
2.7 El Papel y el Medio Ambiente	
2.8 Calidad Frente a Productividad en el Papel	
CAPITULO 3 CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD	31
3.1 La Estadística como Herramienta para el C.C.	
3.2 El Control Estadístico del Proceso	
3.3 Diagramas o Gráficas de Control	
3.4 Gráficos de Control por Variables	
3.5 Gráficas de Control por Atributos	
3.6 Histogramas	
3.7 Diagrama de Pareto	
3.8 Diagrama de Probabilidad	
3.9 Estadísticas Básicas	
CAPITULO 4 SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CALIDAD	90
4.1 Introducción al Zontec	
4.2 Las Funciones más Comunes de Zontec	
4.3 Características Operacionales	
4.4 Estructura de Archivos	

- 4.5 Modificación, Actualización y Transformación
- 4.6 Referencia (Estadísticas Básicas)
- 4.7 Claves de Acción y Función
- 4.8 Introducción de Datos (variables)
- 4.9 Capacidad
- 4.10 Introducción de Datos (atributos)
- 4.11 Histogramas
- 4.12 Pareto
- 4.13 Probabilidad
- 4.14 Gráficas Múltiples

CONCLUSION

SIMBOLOGIA UTILIZADA

APENDICE A

- TABLAS A1
- TABLAS A2
- TABLAS A3
- TABLAS A4
- TABLAS A5

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Desde fines de los 80's a la fecha, el gobierno mexicano ha puesto en práctica una política de liberalización de mercados cautivos que no conocían de competencia.

El objetivo ha sido favorecer el crecimiento de la industria nacional, mediante la existencia de un sector exportador sólido y competitivo.

La firma del T.L.C. nos ha forzado a un análisis empresarial interno que no es del todo saludable, por lo que el crecimiento de la economía mexicana en los próximos años, estará en función directa con la capacidad de la planta industrial generando los recursos necesarios para la exportación de productos manufacturados y la sustitución paulatina de importaciones.

Estamos obligados a competir en los mercados internacionales con innovación tecnológica, servicio, precio y calidad sin precedente.

Sin embargo, en la mayoría de las empresas mexicanas no hay un concepto de calidad claramente definido. No se emplean técnicas adecuadas y las que se utilizan son empíricas y rudimentarias.

Esta necesidad nacional de lograr altos niveles de calidad, abre un espacio muy importante para la participación de profesionistas inclinados hacia las áreas industriales, y de manera muy particular a especialistas en probabilidad, estadística, computación y administración, que puedan establecer criterios para la interpretación de resultados de manera accesible a todos los niveles de la empresa.

Los procesos de calidad van educando poco a poco a todo el personal a tener una actitud científica para el manejo de problemas, lo cual se fundamenta en instrumentos estadísticos y no en opiniones subjetivas.

Esto ayuda a desaparecer el pensamiento mágico de la solución a problemas sin el análisis exhaustivo de sus posibles causas.

Aunado a este proceso de mejora, el desarrollo de softwares en la carrera de la informática ha dado pauta a la elaboración de paquetes estadísticos que permiten evaluar, antes, en proceso, ó después de proceso, la calidad que el producto tiene. De instalación y utilización sencilla, es una herramienta que facilita los cálculos manuales y proporciona información oportuna y específica.

La aplicación de la estadística para el control de la calidad, traerá un aumento en la productividad fortaleciendo la eficiencia y competitividad en los mercados internacionales, lo cual se traduce en una mejoría del nivel económico de la población.

DESCRIPCION

El objetivo principal de este trabajo es presentar un panorama general de los principales aspectos de calidad que se utilizan en una empresa, así como algunas técnicas de control de calidad de manera accesible para niveles técnicos. La presentación de cada método esta precedida por una justificación técnica y algunas aplicaciones.

El trabajo se divide en cuatro partes que a continuación se describen de manera muy breve.

Capitulo 1

En este capítulo, se presentan los antecedentes y el enfoque actual del control de calidad, así como el marco legal que lo delimita.

Capítulo 2

Este capítulo está dedicado en gran parte al control de calidad en la elaboración del cartón corrugado. Considera los aspectos medibles del papel y su efecto en la productividad.

Capítulo 3

Este capítulo describe las herramientas básicas de estadística, así como las técnicas para vigilar la calidad y mantenerla. Muestra casos prácticas de cada técnica utilizada.

Capítulo 4

Este último capítulo presenta la operación de una herramienta de software para el control estadístico de la calidad.

CAPITULO 1

LA EVOLUCION DEL CONCEPTO DE CALIDAD

1.1 CONCEPTO DE CALIDAD

Aunque la palabra calidad tiene connotaciones distintas según las personas que la empleen, en ella subyace siempre una idea central. Calidad es la resultante de una combinación de características de ingeniería y de fabricación, que determinan el grado de satisfacción que el producto proporcione durante su uso.

En la frase Control de Calidad, la palabra calidad no tiene el significado popular, de lo "mejor" en sentido absoluto. Industrialmente quiere decir "mejor dentro de ciertas condiciones preestablecidas".

Dentro de esas condiciones son importantes, el uso a que el producto se destina y su precio de venta. A su vez, estas dos condiciones se reflejan en otras cinco: (1) especificaciones dimensionales y operativas de las características, (2) La vida y los objetivos de la confiabilidad, (3) los costos de ingeniería y fabricación, (4) Las condiciones bajo las cuales el producto es elaborado y (5) los objetivos de instalación y mantenimiento.

No es práctico ni económico buscar perfección en esas condiciones y, por esta razón, se aceptan tolerancias. La meta mas bien establece un balance entre el costo del producto y el servicio que debe rendir.

El producto debe desempeñar sus funciones tantas veces, como se le pida a lo largo de su vida estipulada, en las condiciones de ambiente y de servicio. En otras palabras, debe mostrar confiabilidad. El servicio y la duración diseñados deben cumplirse para que el producto se considere como servicial.

Por otro lado, el producto debe tener un aspecto que agrade al consumidor, debe ser atractivo.

Cuando todas estas características del producto se encuentren balanceadas, resulta de ese conjunto, la "verdadera" calidad.

Vemos entonces que la calidad de un producto es un concepto que nos indica la medida en que las cualidades que presenta satisfacen, lo que se espera de él; que sea confiable, servicial y durable.

Sin embargo, debido a que los sistemas industriales estan conformados por elementos técnicos y humanos que interaccionan bajo limitaciones de tiempo y costos, la calidad de un producto manufacturado, siempre está sujeta a una cierta cantidad de variación como resultado del azar. Es imposible fabricar dos o más artículos iguales entre sí.

La variación de este patrón estable es inevitable, pero las razones para variaciones fuera de este patrón estable, pueden ser descubiertas y corregidas.

Es claro que la calidad no es fortuita, sino el producto de una efectiva administración de recursos con los que cuenta la empresa moderna, utilizando la mas variada gama de herramientas.

La calidad debe ser impulsada con el más auténtico esfuerzo conciente y conjunto de los diversos elementos de la organización para lograr satisfacción del producto al más bajo costo.

1.2 ENFOQUE HISTORICO DEL CONCEPTO DE CALIDAD

La historia de la calidad se remonta a los primeros esfuerzos del hombre para producir utensilios. Desde entonces existía un cierto orgullo al fabricar correctamente un producto y una sensación de frustración cuando este fallaba al estar en servicio. Por eso, cuando el hombre primitivo fabricaba algún tipo de herramienta era muy probable que escogiera la piedra mas adecuada tanto en forma como en dureza.

Durante la edad media las distintas agrupaciones gremiales establecieron estándares de perfección que debían cumplir sus miembros con el fin de proteger tanto reputación como clientela. Surgiendo con esta práctica un interés por mantener una buena reputación asociada con la marca.

Los siglos XIX y XX se caracterizan por un enorme avance tecnológico. La revolución industrial trae consigo la producción en masa, que exige mas que nunca la facilidad de intercambio y reemplazo de piezas, proporcionando un mayor impulso a la estandarización.

Pero es en el siglo XX cuando se desarrollan avanzadas tecnologías que requieren de alta calidad.

A partir de la Segunda Guerra Mundial se observa la necesidad de atacar los problemas de calidad de una forma sistemática y metodológica, con bases científicas y aplicando técnicas confiables y efectivas.

Hasta finales de la década de los cuarenta, el enfoque prevaleciente fue el del Control Estadístico de la Calidad, el cual alcanzó un alto nivel de desarrollo y proporcionó credibilidad a las técnicas empleadas en el mismo.

Para la década de los cincuenta se habían apreciado las limitaciones del enfoque esencialmente científico y se difundió la idea de control total de la calidad o calidad total, que incorporaba aspectos administrativos en su estructuración y aplicación.

Durante los años sesenta se propagaron infinidad de programas específicos de control de calidad que habían tenido éxito en diversas industrias y empezó a adquirir importancia el concepto de fiabilidad o confiabilidad, que se refiere al funcionamiento del producto bajo condiciones definidas por un período de tiempo dado. (tiempo de servicio útil del producto).

Finalmente, es en la década de los setenta cuando, debido a las implicaciones legales derivadas de fallas en la calidad, toma auge el concepto de Aseguramiento de la Calidad; interesado en el conjunto de acciones y evidencias necesarias para proveer confianza adecuada de que un producto o servicio satisfará necesidades dadas.

1.3 EL CONTROL DE CALIDAD

Control de calidad, es el procedimiento seguido para alcanzar la meta de calidad industrial. Este se encarga de orientar, supervisar y controlar todas las etapas para la obtención de un producto con la calidad deseada.

Se siguen cuatro etapas generalmente, en cada uno de los controles:

- 1. Establecimiento de Estándares.** Determinación de estándares para los costos de la calidad, para el funcionamiento y para la confiabilidad en el producto.
- 2. Estimación de conformidad.** Comparación de la concordancia entre el producto manufacturado y los estándares.
- 3. Ejercer acción cuando sea necesario.** Aplicar la corrección necesaria cuando se rebasan los estándares.
- 4. Hacer planes para mejoramiento.** Desarrollar un esfuerzo continuado para mejorar los estándares de los costos, del comportamiento y de la confiabilidad del producto.

El control de calidad representa una inversión que como cualquier otra, debe producir rendimientos adecuados que justifiquen su existencia. Sea cual sea el trabajo que desarrolle una persona o una máquina, quien realiza el trabajo o maneja la máquina es quien con mayor eficacia puede controlar la calidad o informar de la imposibilidad de alcanzar la calidad deseada para que se adopten medidas correctivas.

El trabajo del personal de control de calidad es asistir con acierto y a un costo razonable a la gerencia en el alcance de un nivel apropiado de calidad.

Beneficios del control de calidad

Si el control de calidad está organizado como un medio para asegurar la buena calidad del producto, ¿Cómo puede la empresa justificar su existencia? ¿La calidad no aparecería como un área de ahorro intangible e indefinida?

La respuesta, por supuesto, deberá ser que el control de calidad puede y debe producir resultados muy evidentes. La prueba de los hechos será tangible y evidente por:

- 1. El mejoramiento de la calidad con la reducción de desperdicios y devoluciones.**
- 2. El incremento de la productividad con el mismo equipo.**
- 3. La reducción de los costos de manufactura.**

4. El incremento de las ventas podrá ser procesado dado el mejoramiento de la capacidad del mismo equipo y el manejo del trabajo adicional.
5. Mejoramiento del rendimiento en el trabajo y en las relaciones de los empleados como resultado de una gran satisfacción en el trabajo.

En resumen, los resultados serán mostrados en el estado de pérdidas y ganancias como un factor más en la utilidad.

Es esencial para estos beneficios el entendimiento por el trabajador y el supervisor, del papel que cada uno debe jugar y de los parámetros que han sido establecidos por sus productos como niveles aceptables de calidad.

1.4 NOTAS HISTORICAS DEL CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es tan viejo como la propia industria. Desde el momento en que el hombre comenzó a elaborar cosas en sus manos, debió existir interés en la calidad de lo producido. Ya en la edad media los gremios o hermandades de artesanos habían establecido un largo período de adiestramiento para los aprendices, y exigían que quienes trataran de convertirse en maestros de un oficio, presentaran pruebas de su aptitud y habilidad. Tales reglas estaban orientadas al mantenimiento de la calidad.

El primero en aplicar los nuevos métodos estadísticos al problema de control de calidad fue Walter A. Shewart, de los Bell Telephone Laboratories. El 16 de mayo de 1924, Shewart hizo el primer esbozo de un moderno diagrama de control.

En 1931 publicó un libro acerca del control estadístico de calidad. Este libro fijó las normas para posteriores aplicaciones de los métodos estadísticos al control de procesos de fabricación.

Otros dos hombres del Bell System, H.F. Dodge y H.G. Romig, fueron los más destacados en el desarrollo de la aplicación de la teoría estadística a la inspección de muestras, siendo la culminación de su trabajo las tablas de muestreo de inspección de Dodge-Romig. El trabajo de Shewart, Dodge y Romig, constituye la mayor parte de lo que hoy abarca la teoría del control estadístico de calidad.

La frialdad inicial de la industria mundial hacia el control estadístico de calidad, fue abandonada rápidamente durante la Segunda Guerra Mundial. Las fuerzas armadas aparecieron en el mercado como consumidores de importancia de la producción industrial, y como tales, tuvieron un influjo creciente en las normas de calidad.

Los cursos de entrenamiento y los programas de investigación patrocinados por los gobiernos esencialmente norteamericano y británico, dieron origen a varios centros industriales y a la formación de sociedades de control de calidad.

Desde estos dos países, las técnicas del control de calidad se extendieron a otras naciones. Bajo la dirección del Dr. W. Edwards,

Deming, el control de calidad estadístico en Japón ha evolucionado hasta convertirse en uno de los mejores del mundo.

Después de los diagramas de control y los planes de muestreo, otras técnicas como las de correlación, análisis de varianza y diseño de experimentos, han llegado a ser de uso común en laboratorios industriales y departamentos de investigación.

Un desarrollo muy reciente en E.U. ha sido el gran brote de interés en la calidad de los bienes y servicios en general, en el papel que ha de desempeñar la administración superior en el mejoramiento de la calidad y en el incremento en productividad que puede alcanzarse por la reducción en el material de desecho o en la reelaboración de productos que no cumplen con las normas.

1.5 ORGANIZACION DE LA CALIDAD

Actualmente, todos los aspectos de la producción en una empresa moderna, entre ellos la calidad, dependen de la estructura de la red de comunicaciones y de la consiguiente implementación. Todas las personas cualquiera que sea su nivel en la empresa, desde el presidente del consejo, hasta cualquier obrero, influyen en la calidad.

La influencia del obrero aparece clara. Ni las técnicas de control de calidad "ni la dirección", ni los objetivos de la dirección de la empresa pueden producir artículos de alta calidad. Sólo obreros bien preparados que usan equipo y materiales adecuados, pueden obtener productos de alta calidad.

Los ejecutivos de niveles inferiores, como supervisores de línea son el último eslabón en el proceso de comunicación de decisiones y el primero en su correcta implementación. Esto requiere un profundo conocimiento de la decisiones así como de las técnicas adecuadas.

No se puede pensar que el encargado de control de calidad es un jefe mas al que hay que mantener tranquilo, sino que es una persona que ayuda a identificar problemas en su línea o en el lugar donde trabajan.

Los mandos intermedios, son los responsables de la adopción de decisiones sobre las operaciones normales agregando los siguientes ingredientes: motivación, capacitación, equipo y materiales. La calidad del producto final será todo lo bueno que éstas sean.

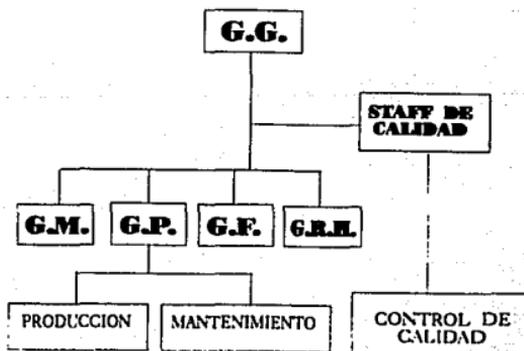
El papel de los altos ejecutivos se limita a: 1) establecer las normas generales de política empresarial. 2) crear un ambiente en el seno de la empresa, que estimule y fomente mejores decisiones por parte de los ejecutivos intermedios, y 3) Facilitar tanto comunicación como implemetación de decisiones.

Calidad a niveles departamentales

- 1. Marketing (Ventas) identifica el nivel de calidad que los clientes desean y por el cual van a pagar.**

2. **Ingeniería de diseño** traduce las expectativas de calidad del cliente en un producto trabajable y establecen las especificaciones exactas.
3. **Compras** va al mercado y reúne los materiales necesarios para obtener un nivel aceptable de calidad al mejor precio posible.
4. **Planeación** selecciona el equipo y las herramientas con las cuales se hará mejor la tarea y programará el trabajo en conformidad.
5. **Manufactura** toma todos los materiales, las especificaciones y el equipo y las combina apropiadamente para hacer un producto completamente aceptable a las expectativas del cliente.
6. **Control de calidad** revisa el producto que ha sido elaborado y determina si el producto final responde a las pruebas prediseñadas de desempeño y uniformidad.
7. **Embarques** influye en el impacto inicial del producto de un cliente como resultado del agrado y cuidado que se ponga en el empaque, manejo y envío.

Organigrama Actual de Control de Calidad



Calidad y Productividad

Siendo la productividad un índice para medir la eficiencia con que un proceso de fabricación transforma recursos en productos utilizables, la productividad y la calidad están estrechamente relacionadas.

En cierto sentido son dos formas alternativas de una misma cosa: La eficiencia en la conversión de insumos. Ambas tienen idéntico objetivo: Obtener mas productos utilizables con el mismo gasto de insumos.

1.6 FIABILIDAD

Fiabilidad es aquel aspecto de la garantía de calidad que se ocupa de la calidad del funcionamiento del producto. Es la probabilidad de realizar sin fallos, una función específica, en ciertas condiciones y durante un determinado período de tiempo. Comparando este concepto con el concepto tradicional de calidad, veremos que la fiabilidad tiene que ver con el relativamente corto período de tiempo necesario para producir el producto.

Las causas de que un producto no sea fiable, son diversas. Una de las más importantes es la creciente complejidad de los distintos productos. La ley de multiplicación de probabilidades puede servirnos para presentar un ejemplo muy sencillo. Pensemos en un producto que conste de 5 componentes, cada uno tenga una fiabilidad de .95. La fiabilidad del producto terminado será de (.95) elevado a la 5a. potencia, o lo que es lo mismo, de .77. Al intentar establecer las causas de la falta de fiabilidad de los componentes se llegó a los porcentajes siguientes:

Eléctrico	30%
Mecánico	10%
Trabajo campo	30%
Producción	20%
Otros	10%

Puede aquí observarse que las causas de esta falta de fiabilidad se distribuyen entre diferentes funciones, así como que el proyecto de ingeniería es la causa fundamental de problemas. La consecuencia lógica sería que habría que distribuir el esfuerzo de control de fiabilidad teniendo muy en cuenta la distribución de problemas allí presentadas.

Los elementos básicos para especificar o definir adecuadamente lo que es fiabilidad son los siguientes:

1. Valor numérico de probabilidades
2. Una declaración que defina el rendimiento satisfactorio del producto
3. Una declaración que defina el ambiente en el que debe operar

el equipo.

4. Una declaración del tiempo de funcionamiento exigido.

Existen cinco áreas fundamentales para lograr un producto fiable. Son el proyecto de ingeniería, la producción, medición y prueba, mantenimiento y trabajo de campo.

1.7 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Es un método que garantiza la calidad del producto, aún cuando no haya inspección. Se prepara cada parte del proceso para que lo que ahí ocurra, ocurra bien y sea entregado al siguiente proceso sin defectos que corregir, ya no se preocupa solamente por no pasar partes malas al cliente, sino por no producirlas.

Dentro de su filosofía considera el siguiente círculo:

"Diga lo que hace, justifique lo que hace, registre lo que hizo, revise lo que hizo, y revise lo que haría.

Contempla la responsabilidad por la calidad en toda la organización. Algunas responsabilidades funcionales específicas son:

1. Planeación del producto, investigación del mercado y ventas
2. Ingeniería de desarrollo y manufactura
3. Compras
4. Producción
5. Inspección y pruebas
6. Embalaje y embarque
7. Servicio al consumidor

Algunos de los principales beneficios que se obtiene de este sistema son los siguientes:

1. Se obtiene un sistema natural de control.
2. Es muy fácil detectar la fuente de cualquier error y corregir de origen.
3. El entrenamiento del personal se agiliza.
4. Se minimiza el desperdicio y los rechazos.
5. Se logra la confiabilidad del producto y consecuentemente un mayor mercado.
6. Se reducen costos y se aumenta calidad.
7. Se reducen inventarios y se aseguran entregas.

1.8 LA CALIDAD COMO ELEMENTO DE COMPETITIVIDAD

El consumismo y la responsabilidad legal por un producto son dos razones importantes para el resurgimiento reciente del aseguramiento de la calidad como una estrategia administrativa importante. El crecimiento del consumismo se debe en parte al número aparentemente grande de fallas de los productos de consumo durante el servicio. Fallas muy evidentes hacen surgir con

frecuencia la pregunta de si los productos actuales son tan buenos como "los de antes", y si los fabricantes están interesados realmente en la calidad. La respuesta a ambas preguntas es que si. Los fabricantes se preocupan fundamentalmente por los trabajos en el servicio debido a los altos costos de las fallas externas, y a la amenaza derivada de su posición competitiva. Virtualmente todas las líneas de productos son superiores en la actualidad. La insatisfacción de los consumidores, y el sentir general de que los productos actuales son inferiores a sus antecesores, proviene de otros fenómenos. Uno de ellos es la explosión del número de productos. Por ejemplo, una razón de las fallas en el servicio de 1% para un volumen de producción de 50,000 unidades por año, representa 500 fallas. Sin embargo, si la tasa de producción es de 500,000 unidades al año, y si la razón de desperfectos permanece igual, entonces 5,000 unidades fallarán durante el uso. Esto equivale en lo que se refiere al número de consumidores insatisfechos, a una tasa de fallas del 10% al nivel de producción mas bajo. Incrementar el volumen de la producción significa acrecentar la exposición a responsabilidad legal del fabricante. Aún en los casos en que la tasa de fallas disminuye, si el volumen de la población aumenta mas rapidamente que dicha disminución, el número total de consumidores que sufren las fallas todavía se elevará.

Un segundo aspecto del problema es que la tolerancia del consumidor para aceptar defectos menores y problemas de estética ha disminuido considerablemente, de manera que manchas, defectos en el acabado superficial, ruidos y deficiencias de presentación, que se toleraban antes, atraen ahora más la atención, y provocan una reacción desfavorable del usuario. Finalmente, la competitividad del mercado obliga a que muchos productores introduzcan nuevos diseños antes de que éstos sean evaluados y probados completamente, para seguir siendo competitivos. Estas "presentaciones anticipadas" de diseños sin probar son una de las razones más importantes de las fallas en la calidad de nuevos productos. Más tarde se corrigen tales deficiencias de diseño, pero la alta tasa de fallas asociada a los nuevos productos apoya muchas veces la idea de que la calidad en nuestros días es inferior a la de antes.

La responsabilidad legal por un producto es una importante fuerza social, de mercado y económica. La obligación legal de los fabricantes y proveedores de compensar las lesiones y los daños causados por productos defectuosos no es un fenómeno reciente. El concepto de la responsabilidad por un producto ha existido durante muchos años, pero su enfoque ha cambiado a últimas fechas. El primer caso importante de responsabilidad por un producto, ocurrió en 1916 y, se llevó a juicio ante la Corte de Apelación de Nueva York. La corte sostuvo que un fabricante de automóviles tenía obligación por responsabilidad legal de un producto hacia el comprador de uno sus vehículos, aunque el contrato de compra-venta se estableciera entre el comprador y un tercero, el distribuidor comercial. La orientación de la ley siempre ha sido que los productores o vendedores muy probablemente siempre incurren en responsabilidad legal cuando han sido irrazonablemente descuidados

ó negligentes en lo que se refiere al diseño y elaboración de productos ó la forma de producción. En los últimos años, los tribunales han hecho poner en vigencia una regla más exigente, llamada **responsabilidad estricta**. Hay dos principios característicos de la responsabilidad estricta. El primero es una fuerte responsabilidad para el fabricante y el vendedor, que requiere una respuesta inmediata a la calidad insatisfactoria a través del servicio, la reparación o la reposición del producto defectuoso por uno en buenas condiciones. Esto se extiende al periodo de uso real por el consumidor. Al manufacturar un producto, el fabricante y vendedor deben aceptar la responsabilidad por su uso final; no sólo por su funcionamiento, sino también por sus efectos sobre el medio ambiente, los aspectos de seguridad personal en el uso, etcétera.

El segundo aspecto de la responsabilidad estricta se refiere a la publicidad y a la promoción del producto. Bajo la responsabilidad estricta por el producto, todas las afirmaciones publicitarias deben estar respaldadas por la calidad indudable de la compañía, o por datos certificados, comparables con los que se usa ahora para la identificación de productos sujetos a reglamentaciones, como es el caso de los automóviles.

Estos dos principios de responsabilidad estricta por un producto ejercen una fuerte presión sobre fabricantes, distribuidores y vendedores para que desarrollen y mantengan un alto grado de evidencias y credibilidad basadas en hechos acerca del funcionamiento y la seguridad de sus productos. Ello debe amparar no sólo la calidad del producto en el momento de la entrega al consumidor, sino también su durabilidad y confiabilidad, su protección contra posibles efectos secundarios o peligros ambientales, y los aspectos de inocuidad en su uso normal. Un fuerte programa de aseguramiento de la calidad puede ayudar a una administración a garantizar que esté disponible tal información cuando sea necesaria.

1.9 COSTOS DE CALIDAD

Todas las organizaciones administrativas utilizan controles financieros. Estos controles implican una comparación de los costos reales con los de presupuesto, junto con un análisis correspondiente, y con acciones acerca de las diferencias o variaciones entre lo real y lo presupuestado. Durante muchos años no se hicieron esfuerzos directos para medir o explicar los costos de la función de la calidad. Sin embargo, al principio de la década de 1950, muchas organizaciones empezaron a evaluar formalmente los costos de la calidad. Hay varias razones por las cuales habría que considerar explícitamente estos costos en una organización. Entre ellas se incluyen:

1. Aumento en los costos de calidad debido al incremento en la complejidad de productos fabricados, asociadas con avances en la

tecnología.

2. Mayor conocimiento de los costos del ciclo de vida de un producto, incluyendo mantenimiento, mano de obra, partes de repuesto y costos de fallas durante el servicio.
3. La necesidad de los ingenieros y administradores de comunicar eficazmente los costos de calidad en un lenguaje usual de la administración general; es decir, en términos de dinero.

De este modo, los costos de calidad han emergido como un medio de control financiero para la administración con el fin de ayudar a identificar oportunidades.

Hablando en general, los costos en cuestión son aquellas categorías asociadas a la producción, identificación, elusión o reparación de productos que no satisfacen los requisitos. Muchas organizaciones de producción y servicios usan cuatro categorías de costos de la calidad: costos preventivos, de evaluación, de fallas internas y de fallas externas. Ahora se examinarán estas categorías con más detalle.

1. Costos Preventivos

Están relacionados con los esfuerzos en el diseño y la producción, encaminados a prevenir disconformidad (o no cumplimiento de especificaciones). Las subcategorías importantes de los costos de prevención se presentan en seguida.

a) **Planeación e ingeniería para la calidad.** Esto incluye las actividades asociadas a la creación del plan general de calidad y los planes de inspección, de confiabilidad, del sistema de datos y todos los especializados así como las actividades de la función de aseguramiento de la calidad. Incluye la elaboración de manuales y procedimientos para comunicar el plan de calidad. También comprende los costos de la revisión o auditoría del sistema.

b) **Revisión de los nuevos productos.** Esto abarca la preparación de propuestas de oferta, la evaluación de nuevos diseños desde el punto de vista de la calidad, la elaboración de pruebas y programas experimentales para evaluar el funcionamiento de los nuevos productos, y otras actividades las etapas de desarrollo y anteriores a la fabricación de nuevos productos o diseños.

c) **Diseño de productos y procesos.** Estos son los costos contraídos durante el diseño del producto o la selección de los procesos de manufactura para mejorar la calidad general de producto. Por ejemplo, se puede decidir incluir un componente extra en un circuito eléctrico, porque ello incrementará la confiabilidad del producto al aumentar el tiempo promedio entre dos fallas. Por otra parte, puede tomarse la decisión de fabricar un componente

mediante el proceso A en vez del proceso B, porque A puede producir el producto con tolerancias más estrechas y esto traerá consigo menos problemas en el montaje y la fabricación. Lo anterior puede incluir un proceso de parte del proveedor, así que el costo de tratar con otro que cotice más bajo puede ser también un costo preventivo.

d) Control de procesos. Es el costo de las técnicas de control de los procesos, como los diagramas de control, que vigilan los procesos de fabricación en un esfuerzo para incorporar la calidad en el producto.

e) Supervigilancia. Es el costo de la operación vigilada estrechamente del producto antes del embarque para prevenir fallas inmediatas durante el servicio.

f) Adiestramiento y desarrollo de la fuerza laboral. Costo de desarrollar, preparar, implementar, manejar y mantener programas formales de entrenamiento respecto a la calidad.

g) Obtención y análisis de los datos de la calidad. Es el costo de aplicar el sistema de datos de la calidad para obtener información respecto al funcionamiento del proyecto y el proceso. También incluye los costos del análisis de estos datos para detectar problemas. Comprende, además, el trabajo de resumir y publicar la información acerca de la calidad para la administración.

2. Costos de Evaluación

Estos son los costos relacionados con la medición, evaluación o revisión de productos, componentes y otros materiales comprados para asegurar la conformidad con los estándares aplicados. Se incurre en estos costos con el fin de determinar la condición del producto desde el punto de vista de la calidad y asegurar su conformidad con las especificaciones.

Las subcategorías importantes son como sigue:

a) Inspección y pruebas del material entrante. Estos costos están relacionados con la inspección y prueba de todo material suministrado por los proveedores. Esta subcategoría abarca inspección y ensayos al recibir, inspección, pruebas y evaluación en las instalaciones del proveedor, así como una revisión periódica de su sistema de aseguramiento de calidad. También podría incluir los proveedores dentro de la planta.

b) Inspección y pruebas del producto. Comprende los costos de verificar la conformidad del producto a lo largo de diversas etapas de su fabricación, incluyendo la prueba final de aceptación, las comprobaciones de embalaje y embarque, y cualquier prueba realizada en las instalaciones del consumidor antes de entregarle el producto. También incluye las pruebas de duración, ambientales y de confiabilidad.

b) Materiales y servicios consumidos. Esta subcategoría abarca a los costos de materiales y productos consumidos en una prueba destructiva, ó devaluados por pruebas de confiabilidad.

d) Conservación de la precisión del equipo de pruebas. Esta subcategoría abarca los costos de utilizar un sistema que mantiene calibrados los instrumentos y el equipo de medición.

e) Auditorias de calidad. Chequeo administrativo de aparatos y de información tanto a niveles internos como externos.

3. Costos por Fallas Internas

Se incurre en tales costos cuando los productos, componentes, materiales y servicios no satisfacen los requisitos de calidad, y se descubren estas fallas antes de entregar el producto al consumidor. Estos son los costos que desaparecerían si el producto no tuviera defectos. Las subcategorías importantes de los costos debidos a las fallas internas se exponen a continuación.

a) Desperdicio. Pérdida neta de mano de obra, material y costos generales, debido a que hay productos defectuosos que no se pueden reparar o utilizar económicamente. Rechazos internos

b) Retrabajo o reelaboración. Costos en los que se incurre al corregir unidades disconformes para satisfacer las especificaciones. En algunas operaciones de manufactura los costos de reelaboración incluyen operaciones o pasos extra, diseñados para resolver defectos crónicos o esporádicos.

c) Reexamen. Costos de una nueva inspección o de volver a probar los productos después de la reelaboración u otras modificaciones.

d) Análisis de fallas. Se trata del costo de determinar las causas de las fallas del producto.

e) Tiempo muerto. Costos de la inactividad de las instalaciones de producción debido a disconformidad con las especificaciones. La línea de producción puede quedar ociosa por una disconformidad de las materias primas suministradas por el proveedor que no se detectó en la inspección inicial ó de recepción.

f) Pérdidas en producción. Son los costos de una producción deficiente que es menor que la que se podría obtener mediante controles mejorados (por ejemplo, en el caso de envases de gaseosa demasiado llenos por variabilidad excesiva en el equipo de envasado).

g) Subpreciación/venta a precio menor. Se trata de la diferencia entre el precio de venta normal y cualquier precio que tenga que fijarse a un producto por no satisfacer las especificaciones normales. La subpreciación es una práctica común en las industrias

textil, de enseres y de equipo electrónico. El problema en este caso es que los productos vendidos no permiten recuperar totalmente la contribución marginal a las utilidades y a los gastos generales, como lo hacen los productos conformes con las especificaciones.

4. Costos por Fallas Externas

Se presentan cuando el producto no funciona satisfactoriamente después de ser entregado al consumidor. Es el de mas alto impacto y mas difícil de evaluar. Estos costos desaparecerían si todos los productos fueran conformes con los requisitos. Las subcategorías de los costos de fallas externas se presentan enseguida.

a) **Ajuste por reclamaciones.** Incluye todos los costos por investigación y arreglos por quejas justificadas atribuibles a un producto disconforme.

b) **Devolución de productos materiales.** Son todos los costos asociados a la recepción, manejo y reemplazo de productos materiales disconformes, devueltos desde el campo de servicio o el mercado.

c) **Cargos por garantía.** Incluyen todos los costos por servicio a los consumidores según contratos de garantía.

d) **Costos de responsabilidad legal.** Son los costos por indemnización en los que se incurre como resultado de litigios relacionados con la responsabilidad legal en la manufactura de un producto.

Además de los costos de operación directos por fallas externas, existe un gran número de costos indirectos, debidos al descontento del consumidor respecto al nivel de la calidad de un producto entregado. Los costos indirectos pueden reflejar la actitud del consumidor hacia la compañía. Abarcan los derivados de la pérdida de la buena reputación de la empresa, la pérdida de negocios futuros y la pérdida de una parte del mercado que resulta inevitablemente de la entrega de productos y servicios que no cumplen con las expectativas del consumidor respecto a aptitud para el uso.

Al analizar los costos de calidad y formular planes para reducirlos, es importante hacer notar el cometido que desempeñan la prevención y la evaluación. Muchas organizaciones gastan demasiado de su presupuesto para el aseguramiento de la calidad en la evaluación, y no suficiente en la prevención. Es fácil que una organización cometa este error, porque los costos de evaluación son muchas veces, puntos del presupuesto en las áreas del aseguramiento de la calidad, o de la fabricación. Por otro lado, los costos de prevención no pueden ser puntos presupuestados rutinariamente. No es raro encontrar en las primeras etapas de un programa de costos

de la calidad que los costos de evaluación son ocho o diez veces mayores que los preventivos. Ésta es probablemente una proporción irracional, porque el dinero gastado en la prevención tiene un rendimiento mucho mayor que el gastado en evaluación.

Generar las cifras de costos de la calidad no siempre es fácil, porque la mayoría de las categorías de tales costos no se reflejan directamente en los registros contables de la organización. Por ello, puede ser difícil obtener información extremadamente exacta acerca de los costos incurridos correspondientes a las diversas categorías. El sistema de contabilidad de la organización puede proporcionar datos acerca de estas categorías de costos de calidad que coinciden con las cuentas administrativas normales, por ejemplo la prueba y evaluación del producto.

El informe de los costos de la calidad se realiza normalmente sobre una base que permite la evaluación directa por la administración. Los administradores desean ver los costos expresados como un índice que compara los costos de la calidad con la oportunidad de dichos costos. Por lo tanto, el método usual para informar los costos de la calidad es en la forma de un índice o cociente, en el cual el numerador corresponde a los costos de la calidad (en unidades monetarias), y el denominador corresponde a alguna medida de la actividad, como: a) horas de trabajo (mano de obra) de producción directa, b) importe (dinero) del trabajo de producción directa, c) importe de los costos de procesamiento, d) importe de los costos de fabricación, e) importe de las ventas, o f) unidades obtenidas del producto.

La alta dirección de la empresa quizá desee un estándar contra el cual comparar las cifras actuales de los costos de la calidad. Es difícil obtener estándares absolutos, y casi tan difícil obtener niveles de los costos de la calidad de otras compañías del mismo tipo de industria. Por lo tanto, el enfoque que se acostumbra es comparar el rendimiento actual con el rendimiento del pasado, de manera que los programas de costos de calidad indican las variaciones respecto al rendimiento pasado. Estos análisis de las variaciones son, principalmente, un mecanismo para detectar desviaciones respecto del estándar, y para presentarlas a la consideración de los administradores apropiados. No son necesariamente por sí mismos un mecanismo para asegurar mejoras en la calidad.

1.10 MARCO LEGAL DEL CONTROL DE CALIDAD

El apoyo gubernamental de la calidad es a través de la dirección General de Normas que realiza una de sus funciones más importantes, relativa a la verificación y certificación oficial de la calidad constante o eventual.

Su objetivo principal es: La permanente superación de la calidad en

los productos elaborados en el territorio nacional. Asimismo, regula la protección del estado al consumidor anónimo, en cuanto a la calidad de los artículos que adquiere, ya que el consumidor constituye el sostén del mercado interno nacional.

La disposición que rige esta función es la Ley General de Normas y Pesas y medidas y los instrumentos derivados de ella. Para su aplicación clasifica las Normas Oficiales Mexicanas en Vigor en 1. Normas Obligatorias y 2. Normas Optativas

1. -Las que rigen el sistema general de pesas y medidas
-Las industriales, que se fijan a los materiales, procedimientos y productos que afectan a la vida, a la seguridad ó a la integridad corporal de las personas
-Las señaladas en las mercancías de exportación
-Las que se establezcan para materiales, productos, artículos ó mercancías de consumo en el Mercado Nacional, cuando así lo requiera la economía del país o el interés público.
2. Son todas las normas no obligatorias.
Es optativo de los industriales aplicar las Normas Oficiales Mexicanas en la elaboración de productos excluidos de la obligatoriedad.

Beneficios

En la vida moderna, la mayor parte de los productos que consumimos provienen de la industria, incluyendo los de origen agrícola que se nos ofrecen después de algún tratamiento industrial. El Control de Calidad de los productos industriales tiene una significativa importancia, entendiéndose por calidad de un producto al conjunto de cualidades y especificaciones, físicas, químicas, biológicas ó sus combinaciones, que satisfacen las necesidades del uso a que está destinado el producto.

México no es ajeno a este problema y es responsabilidad de la Secretaría de Industria y Comercio proteger al consumidor de "productos hechos en México", a fin de que reciba a cambio de lo que justamente debe pagar por ellos.

La dirección General de Normas se encarga de la verificación Oficial de la Calidad. Inicia su cometido con la formulación de las Normas Oficiales correspondientes, que sirven de base para establecer patrones de comparación para tecnificar y legalizar la verificación oficial de la calidad y para establecer también los Métodos de Prueba Oficial que deben aplicarse, evitando la posibilidad de obtener discrepancia en los resultados.

En las normas se señala la forma requerida para el marcado de los artículos, a efecto de que el usuario de los mismos pueda conocer el uso correcto a que está destinado y evitar fraudes o errores en

su compra.

Por otro lado, como no es posible que cada comprador compruebe las especificaciones que determinan la calidad del producto que se le ofrece de acuerdo con la norma respectiva, La Secretaría de Industria y Comercio ha establecido el mecanismo denominado Sello Oficial de Garantía. El uso del Sello obliga a los industriales a realizar la producción con la calidad que establece la norma respectiva.

Cuando el producto que ostenta el Sello oficial de Garantía no cumple con las especificaciones indicadas por la norma, el fabricante está obligado a reponerlo o repararlo, independientemente de la sanción que se le aplique de acuerdo con las disposiciones que establece el Reglamento respectivo.

Con esta calidad pretendemos:

1. Ventajas para el fabricante
 - a) Mayor demanda de sus productos
 - b) firme desarrollo
 - c) Incremento de sus actividades de exportación
2. Ventaja para el apoyo de las instituciones gubernamentales, a las adquisiciones del público
3. Ventajas en la autorización de concesiones regidas por otras disposiciones legales
4. Ventajas para el consumidor final
5. Ventajas para la economía nacional

Posición Frente al TLC

Con la participación de México en el Tratado de Libre Comercio la DGN se promulgó en mayo de 1992 compatible a los estándares NIST (National Institute for Standards and Technology) de los E.U. y Canadá.

Bajo este esquema, los E.U. convencidos de la compatibilidad de las normas, establecieron las NIST como norma oficial para los 3 países, por lo que todo indica que la DGN tiende a desaparecer. Del otro lado del Atlántico, la Comunidad Europea propone que el mundo se adecue a las ISO-9000 (International Organization for Standardization)

Cabe mencionar que aquellas empresas que controlen los estándares tienen gran ventaja competitiva en el mercado.

1.11 MEXICO Y LA CALIDAD

Durante los 70's y gran parte de los 80's, México basó su desarrollo económico en la sustitución de importaciones, en la protección del mercado interno (subsidios) y en una política de estímulos fiscales y crediticios.

Se dejó a un lado el esfuerzo necesario para competir en los mercados internacionales.

Es hasta la década de los 90's donde el gobierno mexicano ha puesto en práctica una política de liberalización de mercados cautivos que se enfrentarán a un proceso de globalización.

El crecimiento de la economía en los próximos años estará en función directa con la capacidad de la planta industrial para generar los recursos necesarios para modernizar e importar los insumos necesarios. La comercialización de productos en el exterior es el camino a seguir, diversificando mercados y aprovechando la competitividad en precios, lo que rendirá frutos únicamente si se logra un nivel de calidad sin precedentes.

Sin embargo, sólo las más grandes empresas han implementado sistemas integrales de calidad.

El 70% de las industrias son pequeñas y medianas, su importancia económica no puede ser menospreciada, y es aquí donde no se emplean técnicas adecuadas de calidad y las que se utilizan son empíricas y rudimentarias.

El camino a seguir no es sencillo, pero las metas son accesibles. Para alcanzarlas, es requisito indispensable la formación de una conciencia de calidad con alcance nacional. deben instituirse políticas de calidad en todos los niveles industriales, formuladas y promovidas por instituciones educativas, profesionales y gubernamentales; siguiendo el ejemplo de otros países ahora líderes en distintos mercados.

CAPITULO 2

EL CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCION DEL PAPEL

2.1 EL CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL

La intención de analizar la calidad en la elaboración de cajas de cartón corrugado, es básicamente por la diversidad de elementos sujetos a variación durante el proceso de fabricación, ya que desde hace 10 años México ha prohibido la tala inmoderada de árboles, por lo que la industria del papel tuvo que recurrir al proceso de reciclado.

El papel de desperdicio que llega a los molinos es de gran variación; desde trapo, hasta periódico muy degradado. A pesar de esta variación en la materia prima, y del reciclaje continuo, la industria papelera ha mantenido una excelente calidad en sus productos. Esto ha sido básicamente, porque se ha tratado de controlar constantemente el proceso de acuerdo con los estándares. Aunque falta mucho por hacer en las herramientas para evaluación directa del proceso, es una empresa que se ha preocupado porque sus empleados conozcan los principales instrumentos estadísticas y dejen atrás los juicios subjetivos.

Anualmente se procesan miles de toneladas de material fibroso, sobre todo de papel de desperdicio, con estas operaciones se pretende contribuir económica y socialmente al desarrollo del país pues:

1. La compra de este material convierte al papel de desperdicio en algo útil para la industria, lo cual genera una fuente de ingresos y de trabajo para el sector más necesitado de la población.
2. El reciclaje del papel ayuda a aliviar el grave problema de la basura que afecta a los centros urbanos.
3. La utilización de una mínima proporción de fibras vírgenes que proceden de la madera fomenta el aprovechamiento racional de los bosques mexicanos.

2.2 NOTAS HISTORICAS SOBRE EL PAPEL

La historia de como llegó el papel a América tiene una trayectoria de casi 2000 años.

El papel como lo conocemos hoy en día, fue principalmente producido en Lei- Yang en China, en donde se guardó el secreto por cientos de años.

CHINA 105 a.c.

Un oficial de la corte de Ho-Ti, emperador de Cathay inventó el papel de escritura, que reemplazó las tiras de bambú y seda que se usaban en ese tiempo. El método empleado fue triturar la corteza del árbol de morera y mezclándolo con los desperdicios de lino y cañamo, lo saturó y mezcló para producir una mezcla pulposa. Después sumergidos en un molde (hecho de bambú con un tamiz de

tela) formó una hoja de papel encima. El papel se colocó al sol y al secarse se separó del molde, listo para usarse.

Los musulmanes aprendieron el secreto de como hacer el papel cuando capturaron un molino Chino en Samarkanda, en el año 751. Introdujeron el proceso a Europa, donde el primer molino fue establecido en Xativa, España. Mas tarde el papel fue fabricado en Bologna 1282.

Los mayas inventaron y los aztecas despues mejoraron un material para escribir, hecho de árbol de higo. La corteza se suavizaba por medio de un proceso de batido, era tratado con agua y cal para remover la sabia y finalmente aplanado sobre tablas. Una vez secado se preparaba en forma de hoja y fue usado por los aztecas como forma de tributo.

En Inglaterra comenzó la manufactura del papel en grandes cantidades durante el siglo XVI, manufacturando la primera máquina de papel que fue de tipo cilíndrico.

El papel fue hecho por primera vez en América en 1690 en un molino perteneciente a William Rittenhouse y William Bradford, en Philadelphia.

2.3 ELABORACION DEL PAPEL

El papel se elabora en un molino, donde se pasan por separado las fibras de celulosa y el papel de desperdicio a las trituradoras mecánicas. Los dos tipos de pasta se reunen en el blanquedor. Los desechos de papel desteñidos y blanquedos se transforman en pasta en el hidrapulper mediante un dispositivo giratorio y esta se reune con la otra pasta en el refinador

Existe una enorme trituradora mecánica que muele sin parar las fibras de celulosa y mezcla.

Toda la pasta se lleva a un seleccionador (Un tamiz a presión) y luego a la tina principal, donde se gradua la consistencia de la pasta, y se vierte en cantidades controladas, a través de una compuerta, en una fina tela metálica de bronce fosforoso que se desplaza a gran velocidad. Aquí, las cajas de succión extraen gran parte del agua, formandose la hoja de papel. El agua escurrida se filtra; tanto esta como la pasta recuperada pueden reciclarse. La hoja de Papel se prensa hasta adquirir el grosor necesario en la prensa de cilindros y se seca en los cilindros de secado.

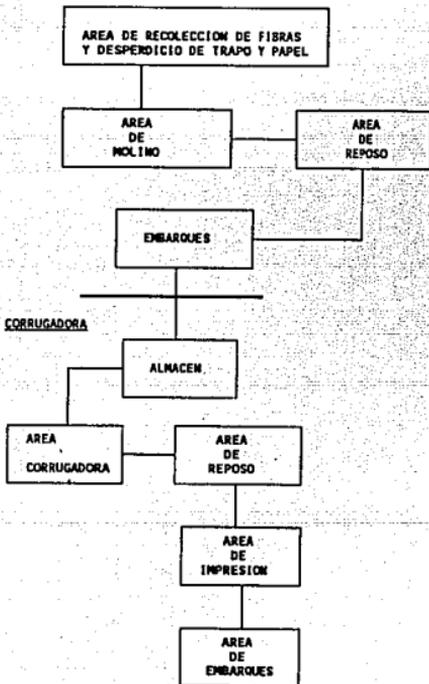
Se le da el acabado en los cilindros satinadores.

Los recortes de papel se llevan de nuevo al hidrapulper, por último se forma la bobina de papel quedando lista para su uso.

2.4 ELABORACION DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PAPEL

MOLINO



Corrugadora

La corrugadora es la máquina principal en una planta que se dedica al cartón corrugado. Su función es convertir las bobinas de papel que el molino envía, en un material de celulosa, constituido por la unión de varias hojas lisas que se mantienen equidistantes, ello confiere a este "cartón" la propiedad de ser indeformable.

Su funcionamiento es el siguiente:

Se insertan las bobinas de papel en los montarrollos que empiezan a girar para transportar el papel.

Se utilizan 3 papeles para formar un corrugado sencillo formado por:

Dos liners (Una cara exterior y una cara interior) y

Un medium (Hoja intermedia corrugada).

(para el caso de doble corrugado, se utilizan 5 papeles diferentes, 3 liners y 2 mediums).

En la sección del Single facer, los rodillos corrugadores ondulan o corrugan el medium al pasar entre ellos, para posteriormente bañar las crestas de pegamento y unirlo al liner a través de un rodillo de presión evitando el desprendimiento y dándole uniformidad al pegado.

A través del puente de acumulación se le da un tiempo de reposo a la primera cara.

La parte siguiente del proceso esta en el Doble Backer donde se formará la segunda cara o pared, engomando la cara que baja del puente y el reverso del liner montado.

El cartón es llevado a la mesa de secado, que son planchas caloríficas que ayudan al secado en la formación total del corrugado y disminuye el exceso de humedad existente en el cartón formado.

Terminando la mesa de secado se marcan los scores y los cortes adecuados para que un receptor automático apile las láminas de cartón y sean transportadas a las flexográficas.

Flexografía

Es un método de impresión rotativo directo, que usa dados con imagen en alto relieve ajustados a un cilindro y entintados por un rodillo provisto de una regleta que transporta tinta a cualquier tipo de papel o material.

La flexografía está relacionada con la tipografía por cuanto esta imprime también por medio de una imagen en alto relieve.

Las planchas de impresión son generalmente hechas de materiales elastoméricos, flexibles. Hules naturales, sintéticos y fotopolímeros.

En su forma más simple y común la flexografía consiste en tres partes básicas:

a) **Rodillo de tinta de la fuente.**

El rodillo de tinta es generalmente un rodillo metálico cubierto con un tipo especial de hule natural o sintético. Está diseñado para rotar en el interior de un recipiente que contiene una tinta delgada, cumple la finalidad de transportar cantidades relativamente grandes de tinta hasta el rodillo Anilox.

b) **Rodillo Anilox.**

Es usualmente un rodillo de metal, la superficie del cual está completamente grabado de hasta 500 líneas por pulgada lineal. El propósito de este rodillo es suministrar una película fina, controlada y medida de tinta a los dados que se encuentran sobre el tambor.

c) **Cilindro de plancha.**

Es generalmente un cilindro de acero colocado entre el rodillo de transferencia de tinta y el cilindro de impresión. El rodillo de transferencia de tinta entrega una fina y controlada película de tinta a las partes de alto relieve de la plancha, la cual a su vez transfiere la tinta a la superficie del sustrato.

d) **Cilindro de impresión.**

Es un cilindro metálico pulido el cual sirve como soporte al sustrato cuando este se pone en contacto con la plancha. La velocidad superficial del cilindro de impresión debe ser idéntica a la del cilindro de plancha, el rodillo anilox y el sustrato. Si esto no fuera así, se harían presentes en la impresión imágenes desregistradas, halos, manchas y se disminuiría la vida útil de la plancha.

Una vez hecha la impresión, la máquina realiza los cortes verticales, ranurado de aletas y pegado.

2.5 LA FLEXOGRAFIA Y LA CALIDAD

La búsqueda de la calidad ha sido el factor mas importante en el desarrollo y maduración de la flexografía. Desde sus comienzos, las industrias proponentes enfocaron sus esfuerzos a aplicar ó superar, la calidad obtenida mediante otros procesos de impresión.

El imprimir ha sido considerado tradicionalmente como un arte. El prensista fue un artesano el cuarto de prensas su estudio. Su talento, entrenamiento y experiencia se mezclaron para traducir su arte ó sus propias ideas en papel.

La flexografía se fue alejando de este tradicional punto de vista respecto al proceso de impresión y de la contribución de la calidad. Las prensas de alta velocidad trabajan materiales de un centro (core) a otro conteniendo miles de impresiones, con muy poca

oportunidad para el prensista de inspeccionar su trabajo excepto al final de cada rollo.

El resultado ha sido una transición de la flexografía desde un arte a un proceso industrial normal, lleno de variaciones e inconsistencias que son inevitables cuando el hombre, la maquinaria y los materiales se combinan para la elaboración de un producto.

Como quiera que sea, la calidad de un producto no puede escapar completamente a la naturaleza subjetiva con la cual se mide su éxito o fracaso. Por eso, la flexografía debe interesarse en las características de la imagen impresa, al tiempo que los instrumentos que usa sean consistentes.

2.6 CARACTERISTICAS MEDIBLES DEL PAPEL Y DEL CARTON

Los papeles de cilindro como Kraft, se fabrican en una gran variedad de grados o clases. Sus especificaciones varían de acuerdo con el uso que se le va a dar a la caja y estas especificaciones son expresadas en términos de algunas pruebas que son básicamente las que aseguran nuestra calidad.

- 1) El peso del papel se expresa en lbs/1000 pies cuadrados. Se mide por medio de una balanza para peso básico, la cual está calibrada de tal manera que se lee directamente en lbs/pies cuadrados.
- 2) El espesor del papel es conocido como calibre. Se mide por medio del micrometro. Su graduación es en pulgadas. Un punto de calibre =.001
- 3) La prueba de Mullen, Cady o reventamiento del papel se usa para medir la resistencia del papel a la ruptura. La presión sobre el papel (o cartón corrugado) es aplicada hidráulicamente a través de un diafragma de hule. La presión en libras por pulgada cuadrada necesaria para reventar, es medida en el instante que hay penetración.
- 4) La prueba del papel cónico (CLT), mide la resistencia al aplastamiento de los papeles. Esta relacionado directamente con la compresión de la caja. La prueba OD (en contra de la dirección en que corre la máquina de papel) está relacionada con la compresión de la tapa al fondo. La prueba MD (dirección de la máquina) está relacionada con la compresión de cabecera a cabecera de la caja. Lo importante de la prueba CLT es que se puede predecir y controlar la compresión de una caja si se conoce la resistencia del papel.
- 5) La prueba del Plybond (Bond), tiene como objetivo determinar

la adhesión entre capa y capa de papel.

- 6) Con la prueba "Gota de Agua" se determina la resistencia del material a la absorción de agua y es una indicación del contenido de encolado en papel. Generalmente se expresa en segundos.

Nota: Encolado es la capacidad de un material a humectarse, dependiendo esta de las características de las fibras y los productos químicos involucrados en el proceso.

- 7) Prueba de Rzagado. Esta prueba mide la resistencia al rzagado del papel por la parte mas ancha. el resultado se obtiene en gramos/fuerza.

Pruebas del cartón corrugado.

La calidad del cartón corrugado se evalúa por medio de las siguientes pruebas:

- 1) Peso básico
- 2) Calibre
- 3) Mullen
- 4) Prueba del aplastamiento o Flat-Crush. Para esta prueba se utiliza una hoja de cartón corrugado sencillo que tiene forma circular con área de 10 pulgadas cuadradas. Esta prueba mide la resistencia del medium al aplastamiento en el cartón corrugado. Es la propiedad predicha por la prueba CLT hecha al papel medium.

Pruebas a cajas de cartón

- 1) Congruencia con el original
- 2) Precisión en el registro
- 3) Control en la impresión
- 4) Adecuación del tono
- 5) Traslapes
- 6) Pegado de ceja
- 7) Calibre
- 8) Corte adecuado de scores
- 9) Compresión

La compresión es la resistencia a la estiba de las cajas.

Se utiliza para comparar diferentes construcciones de caja, diseños y combinaciones de diferentes papeles en el cartón corrugado.

En vista de que la cajas tienden a fallar en donde están más débiles, la prueba de compresión muestra defectos en materiales y en fabricación, que de otra manera son aparentes.

Se mide en un probador de compresión que esencialmente es una báscula, con una plataforma superior que se mueve para abajo hacia la caja a una velocidad constante, a razón de 0.5 pulgadas por minuto. La presión aplicada a la caja es transmitida y reflejada

por la escala.

A medida que la carga aumenta, la caja tiende a abombarse. Este abombamiento afecta o reduce la dimensión vertical de la caja (la profundidad) y se conoce como deflexión, que se mide en pulgadas.

La carga en libras a la cual la caja se quiebra se le llama "Resistencia a la Compresión". Este resultado es acompañado por la cantidad de deflexión a la cual falla la gráfica.

El probador de compresión, viene equipado con una tabla corrediza ó tambor, donde se va graficando la carga y la deflexión de la caja.

La industria ha aceptado ciertos estándares de deflexión. Se desea que una caja acepte su carga completa y falle antes de que defleccione demasiado, de otra manera, puede ser que el contenido sea el que soporta el peso y dañarse en el proceso. A la deflexión mas alta de la cual la caja no deberá aceptar mas carga, se le llama "Deflexión Crítica".

Muchos años de investigación han probado definitivamente que la resistencia a la estiba de cartón corrugado depende de

- 1) Las dimensiones de la caja
- 2) Construcción de las flautas
- 3) La resistencia a la compresión de los papeles.

2.7 EL PAPEL Y EL MEDIO AMBIENTE¹

La Industria Papelera Mexicana produjo más de 2.8 millones de toneladas métricas en 1991, registrando un crecimiento de 4.9% respecto al año anterior. De éste, el segmento más grande fue la producción de papel para empaque, con más de 1.5 millones de toneladas, aproximadamente el 53% del total de la industria.

En este mismo período, la producción de papel para escritura e impresión, fue superior a 0.7 millones de toneladas, y tuvo un decremento del 3.4% respecto del año anterior.

Si estas cifras las analizamos comparando 1991 en relación a 1981, tenemos que, mientras la producción de papel en ese período ha crecido en 47%, la producción de pastas y celulosas lo ha hecho sólo en 3.9%.

La propiedad de la tierra y la legislación restrictiva, han impedido el desarrollo de recursos forestales abundantes disponibles en el país, como la más importante fuente de fibra. La estructura legal actual no garantiza el control en largo plazo sobre el terreno ni los costos que el ciclo de la madera requiere para la recuperación de inversiones en este sector.

Para tener un panorama más completo, es necesario considerar en estas cifras la importación de celulosa. Así, tenemos que el consumo de celulosa en México, incluyendo la importada en 1991, fue de 1.08 millones de toneladas, y su crecimiento en relación a 1981, del 25%.

Por lo anterior, la industria papelera mexicana se ha caracterizado por una creciente utilización de FIBRA RECICLADA y el abastecimiento de la misma juega un papel muy importante para nuestra industria. En 1990 se importaron 881,266 toneladas de fibra secundaria, para cubrir el déficit de materia prima interna, y mejorar la calidad de las mezclas.

Mercado de Fibra Secundaria

El mercado del desperdicio en México es altamente competido y la calidad de la fibra es menor a su equivalente en E.U., particularmente en los grados café, debido al reciclaje.

Contrario a lo que sucede en E.U., en México más del 80% de la recolección total del desperdicio es voluntaria y conectada a la industria a través de proveedores independientes. Un típico proveedor de desperdicio de cartón y papel en el mercado nacional, maneja alrededor de 150 a 250 toneladas mensuales. Así mismo, son escasos los que cuentan con equipo para empacar, por lo que manejan los materiales en atados, con las dificultades y riesgos que ello representa, desde el transporte y almacenamiento, hasta completar el proceso al reciclarse el material. En ello influyen muchos factores de diversos órdenes como: educativos, económicos,

¹ Artículo publicado por el Ing. Roberto Albert durante el VIII Congreso Internacional de Envase y Embalaje

políticos, de intereses, de organización, etc.

De ahí, que podamos encontrar, desde el pepenador que junto con su familia se dedica a separar de la basura aquellos materiales que son susceptibles de ser vendidos, hasta el que con inversiones mayores a los 4 mil nuevos pesos, cuenta con toda una estructura para comercializar los que pueden ser reciclados.

Proyecciones

De acuerdo a estimaciones de la Comisión de Planeación de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel y con base a perspectivas de la economía nacional para los próximos años, se espera que para 1995 el consumo aparente de papel crecerá en 716 mil toneladas respecto a 1990, así como un incremento en la capacidad instalada para la producción de papel en 788 mil toneladas durante los próximos cinco años.

Para satisfacer la demanda interna de papel en 1995, será necesario el consumo de 3 millones 837 mil toneladas de materias primas fibrosas, lo que significa un incremento de 667 mil toneladas respecto a 1990. Se estima que la capacidad para la producción de celulosas y pastas se incrementará en 33 mil toneladas para 1995.

2.8 CALIDAD FRENTE A PRODUCTIVIDAD²

La mayoría de los que están en el negocio del corrugado, afrontan constantemente el dilema de equilibrar la calidad y la productividad.

Casi todas las cosas buenas que se han escrito sobre esta industria, e incluso la forma como remuneran a sus empleados, parecen basarse en la productividad, eficiencia y reducción de desperdicios. Yo diría sin embargo, que concentrarse en la calidad tendrá un efecto muy favorable sobre su productividad, su eficiencia y el control de los desperdicios. Para ilustrar este punto les voy a contar dos actividades de las operaciones internas de una Corrugadora. La primera se refiere al control de los adhesivos y la segunda a un procedimiento para garantizar que la primera caja producida en una máquina de acabado después del montaje se pueda vender.

La calidad, la productividad, la eficiencia y la reducción de desperdicios están íntimamente relacionados. Realmente necesitamos apartarnos de la filosofía que históricamente nos ha dicho que para producir alta calidad tenemos que trabajar a media marcha y seleccionar y descartar la mitad de una orden.

Lo que realmente queremos lograr mediante el entrenamiento, la

² David Carlson Gerente de Control de Calidad de Stone Container Corp.

capacitación y el mantenimiento es el uso de materiales de buena calidad constantemente, sin importar si creemos que el cliente necesita esa calidad o no.

La calidad debe ser manejada

La excelencia en la calidad no sucede porque sí. El proceso de calidad debe ser manejado, al igual que manejamos ventas, productividad, mejoramiento, reducción de desperdicios y rentabilidad. Las mejoras de calidad requieren un plan y exigen que los altos gerentes sean líderes activos. La calidad no va a mejorar simplemente si el gerente dice hágalo y se va a gastar su tiempo en otras prioridades. Me gustaría compartir con ustedes el proceso de mejoramiento de calidad que se ha instalado en una Corrugadora de E.U.

Proceso de manejo de la calidad en "La Corrugadora" Filosofía corporativa ICS

Comenzamos con nuestra filosofía corporativa de la calidad hace unos doce años. Nuestra filosofía se llama Innovación, Calidad y Servicio y la abreviamos ICS. La filosofía fue desarrollada por nuestros ejecutivos y en ella creen sinceramente. Esencialmente la filosofía orienta nuestra organización hacia nuestros clientes. Dice que para realmente satisfacer las necesidades de nuestros clientes debemos ofrecer calidad superior, servicio sobresaliente e ideas innovadoras a nuestros clientes. Creo que es importante que cualquier organización tenga una filosofía con la cual se puedan identificar todos los empleados. Nuestra filosofía corporativa se convierte en un punto de enfoque para nuestra gente mientras desempeñan sus tareas.

Un proceso de calidad implica entrenamiento y capacitación, no solamente en las habilidades relacionadas con el oficio sino también en técnicas de calidad. Además, alguien tiene que ser el experto de la fábrica en control estadístico de procesos. También consideramos que la tarea de entrenamiento nunca termina. Por esta razón hemos nombrado un gerente de calidad en cada una de nuestras 62 fábricas de cajas corrugadas en los Estados Unidos. Tenemos otras 20 fábricas de láminas donde tenemos un líder de calidad quien usualmente tiene otras tareas también. A cada uno de estos gerentes de calidad le damos un programa intensivo de tres semanas de entrenamiento. Luego esperamos que cada uno enseñe conceptos de calidad y control estadístico de procesos en su propia fábrica. Aunque esperamos que el gerente de calidad sea el foco de la calidad dentro de cada planta, esperamos que el gerente general y el gerente de producción de la planta ofrezcan liderazgo, orientación, guía. Es decir, que esten involucrados.

Un plan de calidad CEP

El plan de calidad para la planta debe estar por escrito para que pueda ser compartido, no solo con los clientes sino con todos los empleados. Para una planta que apenas comienza, la creación de un plan de calidad es uno de los primeros trabajos del gerente de calidad. La orientación y las ideas sobre el plan de calidad provienen de los altos ejecutivos locales para que todos los gerentes locales puedan apoyar activamente dicho plan. En nuestro proceso de mejoramiento de la calidad incorporamos las técnicas del CEP, pero reconocemos que las técnicas estadísticas son herramientas y no son un fin por sí mismas.

Involucramiento de los empleados en los equipos

Creemos en el uso de los grupos de involucramiento de empleados para ayudar a resolver los problemas que se identifican utilizando nuestras técnicas estadísticas. Ofrecemos instalaciones para las reuniones de los equipos dentro de la planta y pagamos el tiempo que dedican los empleados a las reuniones de estos grupos. El gerente de calidad ayuda a poner en marcha el proceso y enseña técnicas de solución de problemas como las tormentas de ideas, diagramas de flujos y diagramas de causa efecto (espina de pescado). Creemos que el involucramiento de los empleados se comprometen con los objetivos de la organización, contribuyen más y se enorgullecen de sus contribuciones.

CAPITULO 3

CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

3.1 LA ESTADISTICA COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Los problemas de calidad han existido desde el comienzo del tiempo. La inspección comenzó como parte del esmero ejercido por el artesano de hacer sus productos. La industrialización de estos productos artesanales introdujo la inspección como una actividad por derecho propio; y fue hasta la introducción de la estadística que la inspección fue ascendiendo hasta el punto de llegar al control de calidad tal y como lo conocemos hoy en día.

Sabemos que la estadística es un conjunto de técnicas para la colección, manejo, descripción y análisis de la información de manera que las conclusiones obtenidas tengan un grado de confiabilidad.

La estadística ha añadido perspectiva y utilidad al esfuerzo de control de calidad, ha proporcionado a la gerencia las herramientas para recolectar, analizar y evaluar efectivamente el cumplimiento de la calidad.

El control de calidad ha utilizado la estadística para:

1. Reconocer diferencias entre la calidad de un número de artículos iguales.
2. Establecer el modelo demostrado por esas diferencias en calidad.
3. Determinar la relación entre las características de la calidad por comparación con dos o más series de operaciones.
4. Comparar las características conocidas para determinar si existen relaciones predecibles con otras características.

Los modelos y los problemas pueden ser reconocidos rápidamente usando estas bases estadísticas, para prevenir una crisis en la calidad y la manufactura de productos defectuosos.

3.2 EL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

Es el uso de técnicas estadísticas, para analizar un proceso. El estado de control estadístico es la condición que describe un proceso en el que han sido eliminadas todas las causas especiales de variación y únicamente permanecen las causas comunes.

Su papel no es la inspección, no es separar las partes buenas de las malas, sino controlar y mejorar el proceso proporcionando los insumos necesarios. No es una parte del proceso en sí, es el enfoque que nos permita obtener información casi de manera instantánea y mejorar el proceso cotidianamente.

Un sistema para el control del proceso sirve para conocer nuestro resultados, basicamente con los siguientes elementos:

1. **Proceso.** Combinación de gente, máquinas, equipo, materiales, métodos y medio ambiente que trabajan juntos para producir un resultado.
2. **Información.** Sobre el comportamiento del proceso
3. **Acción sobre el proceso.** Acciones para mejorar el proceso. Un cambio a la vez, para detectar los efectos.
4. **Acción sobre el resultado.** Detectar los productos que están fuera de especificaciones cuando ya fueron producidos.

3.3 GRÁFICAS DE CONTROL

Una gráfica o diagrama de control es un método estadístico utilizado principalmente para el estudio y control de los procesos repetidos. Su creador, el Dr. Walter A. Shewart, sugiere que el diagrama de control puede servir, en primer lugar para definir la meta o el estándar de un proceso que la Gerencia desee alcanzar; en segundo lugar puede ser utilizado como instrumento para alcanzar dicha meta; y en tercer lugar puede servir como procedimiento para evaluar si la meta fue alcanzada. Resulta así un instrumento a utilizar en la especificación, producción e inspección, reuniendo tres fases de la industria en un conjunto interdependiente.

Variaciones Aleatorias y atribuibles en la calidad

Con la adopción del punto de vista estadístico en la industria, se reconoció que ciertas variaciones en la calidad del producto corresponden a "variaciones casuales o aleatorias" acerca de las cuales es poco lo que se puede hacer para revisar el proceso. Además de las variaciones aleatorias, existen las que son producidas por "causas atribuibles". Estas variaciones relativamente grandes se atribuyen a causas especiales. En su mayor parte estas causas son consecuencia de:

1. Diferencia entre las máquinas.
2. Diferencias entre los trabajadores.
3. Diferencias entre los materiales.
4. Diferencia de cada uno de estos factores a lo largo del tiempo.
5. Diferencias en las relaciones entre ellas.

El conocimiento de las variaciones aleatorias es el fundamento en que descansan los diagramas de control.

Si se estudia un grupo de datos y se encuentra que sus variaciones se ajustan a una forma estadística que puede ser razonablemente producida por causas aleatorias, se supone que no habrá causas atribuibles (o las que existen son no controlables y no medibles). En consecuencia, las condiciones que producen esta variación están

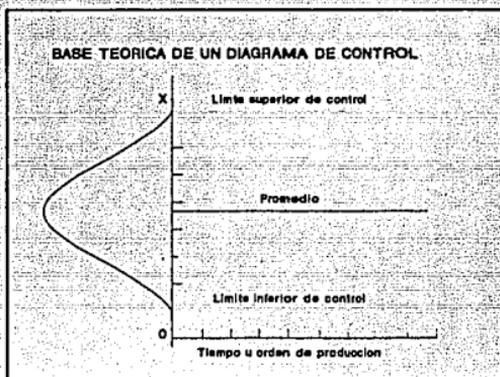
"bajo control". Por otra parte, si las variaciones en los datos no se ajustan a una norma que pudiera ser consecuencia de las causas fortuitas, se llega a la conclusión de que están actuando una o mas causas atribuibles. En este caso las condiciones que producen la variación se dice que están "fuera de control".

Como se indicó antes, un diagrama de control es un método para describir en forma concreta lo que es un estado de control estadístico; en segundo lugar, es un medio para alcanzar el control; y en tercero, constituye un procedimiento para juzgar si se logró el control.

La naturaleza del diagrama de control se explica como sigue:

Vamos a suponer que se toman muestras de un tamaño dado en el curso de un proceso con intervalos más o menos regulares, y que para cada muestra se calcula una estadística X . Esto podría ser la fracción defectuosa, la medida o la amplitud (rango) de la muestra. Dado el resultado, X estará sometida a las fluctuaciones del muestreo. Si no hay causas atribuibles presentes (o las que existen están contempladas), estas fluctuaciones del muestreo en X se distribuirán en una forma estadística determinada. Si se toman bastantes muestras es posible estimar la media y ciertos puntos extremos de esta distribución. Por el teorema central de límite tendremos que la distribución de muestreo de X es aproximadamente normal en su forma. En tal caso, de la medida de las muestras sería posible estimar la media de la distribución de X y de las variaciones dentro de la muestra la desviación estándar de X , y en ambas, se podrían determinar los puntos de probabilidad. Si la escala vertical del diagrama se calibra en unidades de X y la escala horizontal se marca con relación al tiempo o cualquier otra base para la ordenación de X , y si las líneas horizontales se trazan a través de la media estimada de X y a través de algún valor de los extremos superior e inferior de la distribución de X , el resultado dará un diagrama de control para X .

Si se anotan los valores de muestra de X para una amplitud significativa en cuanto a la producción y el tiempo, y todos estos valores caen dentro de los límites de control y no muestran ciclos o rachas por encima o debajo del promedio, se podrá decir que el proceso se encuentra en un estado de control estadístico al nivel diseñado con relación a la medida dada de calidad.



Prueba de Hipótesis para gráficos de control

Un diagrama de control se constituye de conformidad con la teoría estadística y puede en consecuencia, ser utilizado para probar las hipótesis de control. Sirve para observar y controlar una característica de calidad de una sola variable. Su función es la de obtener una estimación del parámetro principal que describe la variabilidad de dicha característica para luego aplicar técnicas de comprobación de hipótesis a fin de establecer si el proceso está controlado.

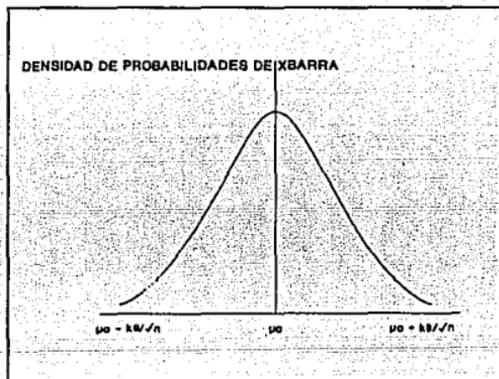
Como ejemplo, llamaremos x_i al calibre del cartón del i -ésimo artículo producido y llamaremos μ y σ^2 a la media y la varianza de la variable aleatoria x_i . Si se observa una muestra de n elementos, la distribución de probabilidades de la media de calibres \bar{X} , será aproximadamente la normal de acuerdo con el teorema central del límite. Para \bar{X} , la media y la varianza serán μ y σ^2/n , respectivamente.

Si el proceso es estable, ocurrirá que en todas las muestras observadas, de n elementos cada una, la media de los calibres observados \bar{X} estará de acuerdo con la distribución de probabilidades establecida: normal con media μ y varianza σ^2/n . Por otra parte, si se hallan varios valores de \bar{X} que no estén de acuerdo, habría razones para pensar que el proceso no es estable. Para cualquier muestra j , se puede determinar la consistencia de X_j mediante la técnica de prueba de hipótesis. Supongamos que el valor

deseado de la media sea μ . La hipótesis nula sería que el proceso funciona correctamente. De acuerdo con la misma, la media μ sería igual a μ_0 . La hipótesis alternativa sería la de que el proceso está fuera de control, en la que la media μ es distinta de μ_0 .

Hipótesis nula: $H_0: \mu = \mu_0$
 Hipótesis alternativa $H_1: \mu \neq \mu_0$

Si la Hipótesis nula es cierta, los valores observados de \bar{X} seguirán una distribución normal con una media μ y una desviación estándar σ/\sqrt{n} . En consecuencia, la probabilidad de que cualquier \bar{X} este por encima de $\mu_0 + k\sigma/\sqrt{n}$ o por debajo de $\mu_0 - k\sigma/\sqrt{n}$ estará representada por la zona rayada de la gráfica 3.2



Gráfica 3.2

Designemos como $\alpha/2$ la pequeña zona rayada que aparece en cada lado. Si se establece una norma de toma de decisiones según la cual H_0 será rechazada siempre que el valor \bar{X}_j de una muestra aparezca dentro de la zona rayada, la probabilidad de que se rechace H_0 pese a ser cierta es de $\alpha/2 + \alpha/2$ ó α . Este es el error tipo I.

Supongamos que $\mu_0 = .8$; $n = 1$; y $k = 2$. En este caso,

$$U = \mu_0 + k\sigma/\sqrt{n} = .8 + 2(.89)/\sqrt{1} = 2.58$$

$$L = \mu_0 - k\sigma/\sqrt{n} = .8 - 2(.89)/\sqrt{1} = -.98$$

Para el valor $k = 2$, la probabilidad α puede hallarse en la tabla

1 y es de 4.56%. La norma de decisión para determinar la estabilidad del proceso sería: Tome la muestra de un artículo. Mida el calibre. Si es menor de -0.98 ó mayor de 2.58 rechace la hipótesis.

Si se acepta H_0 , la consecuencia que se sigue es que el proceso está bajo control. Si se rechaza, ello implica que el proceso está fuera de control. Los límites U y L se conocen como límite de control superior e inferior, respectivamente. Al utilizar esta norma de decisión, la probabilidad de que se declara que un proceso está fuera de control cuando, de hecho, estaba bajo control, es de tan solo un 4.56%.

Los límites U y L pueden emplearse para vigilar el proceso tomando muestras de la cadena de producción. El valor del estimador, en este caso \bar{X} , para cada muestra aparece marcado en el gráfico. En tanto el valor marcado se halle dentro de los límites de control U y L, la conclusión es que el proceso está bajo control.

La gráfica 3.2 muestra que la probabilidad de cometer un error tipo I (es decir llegar a la conclusión de que H_0 es falsa cuando el hecho es que es verdadera) depende de la K seleccionada, bajo diferentes premisas de la función de distribución de probabilidad del cálculo.

Límites de Control

Los límites de control son límites de decisión que informan a quien los interpreta cuándo debe investigar. La posición de los límites de control, determinada por el K seleccionado, reflejará los deseos del intérprete de aceptar una probabilidad de equivocarse al tomar la decisión.

Los límites de control se determinan de forma que si solo actúan causas aleatorias, la probabilidad tanto de que un punto caiga por arriba del límite superior, como de que uno caiga por debajo del límite inferior, sea de "uno entre mil". Puesto que se habrá de llevar una investigación para una causa atribuible en el caso de que un punto caiga fuera de estos límites, éstos determinan el riesgo al realizar semejante investigación cuando en realidad no hay causas atribuibles de variación.

Como dos de entre mil es un riesgo muy pequeño, puede afirmarse que los límites 0.001 dan una seguridad práctica de que si un punto cae fuera, la variación fue producida por una causa atribuible. Dos de cada mil es simplemente una cifra arbitraria, no hay razón por la cual la probabilidad no exceda los límites por casualidad, y se pudieran determinar como uno de cada 100 ó más.

La decisión será en cada caso dependiente del riesgo que desea correr la gerencia en cuanto al programa del control de calidad, ya que el incremento de control genera regularmente un incremento en los costos.

Es habitual pero no necesario, utilizar límites que se aproximen a estándar 0.002.

Si el sistema de causas aleatorias produce una variación de \bar{X} que sigue la curva normal, los límites de probabilidad de 0.001 son prácticamente equivalentes a 3σ ; ya que bajo una curva normal la probabilidad de que una desviación de la media exceda 3σ en una dirección es de 0.00135, o en ambas direcciones de 0.0027. Por tanto, para una variación normal los límites 3σ , son el equivalente práctico de los límites de probabilidad de 0.001.

Si la distribución es muy asimétrica en una dirección positiva, el límite 3σ quedará por debajo del límite superior de 0.001, en tanto que el límite inferior 3σ se encontrará por debajo del límite superior de 0.001. En tales casos, el uso de límites 3σ significa que el riesgo de buscar causas atribuibles de variación positiva cuando no existe, será de más de uno por cada mil. Sin embargo, el resultado neto será un aumento en el riesgo de una variación casual más allá de los límites de control.

Límites de Aviso

El encargado de control de calidad puede estar razonablemente seguro de que el proceso esta fuera de control cuando se produzca la señal de estar fuera de 3σ . Sin embargo, no estará seguro si no se produce la señal, incluso aunque el proceso haya pasado a estar fuera de control; es posible que la señal no se produzca de inmediato. Para protegerse contra retrasos indebidos al detectar tal situación, algunos expertos recomiendan el uso de límites de aviso. Los límites de aviso están situados dentro de los límites usuales de control.

Si se observa que un punto esta fuera de los límites de aviso, pero que sigue dentro de los de control, ello indica que el proceso debe vigilarse con mayor atención.

Hay personas que consideran que los límites de aviso sólo producen confusión y prefieren la exactitud de unos límites únicos en el gráfico. Esta preferencia nace de la ignorancia sobre los principios de probabilidad.

Considérese los límites de aviso establecidos en 2 desviaciones estándar en relación con la media. Si la hipótesis indiferente es cierta y el proceso está bajo control, la probabilidad de que alguna observación de la muestra esté dentro de los límites de aviso es del 95.54%. Para los límites de control, esta probabilidad es del 99.73%. Para un proceso bajo control, la posibilidad de recibir un aviso, pero no una señal es de 99.73-95.54, esto es, de un 4.19%.

Por otra parte si se está empezando a perder el control del proceso, las probabilidades de detectar esta situación aumentan si se usan los límites de aviso.

Si varias muestras sucesivas están dentro de los límites de aviso no hay porque preocuparse, ya que "Hay que dejar al proceso solo a no ser que haya una razón clara para intervenir".

Los gráficos deben satisfacer dos exigencias contrarias:

1. Si el proceso está, de hecho, fuera de control, el gráfico debe señalarlo tan pronto como sea posible. Cuanto antes se produzca la señal, más se reducirá la producción de unidades no satisfactorias.
2. Si está bajo control, cualquier señal que lance el gráfico será una señal falsa.

Causas principales de desviación de un gráfico.

1. La causa de la desviación es una variación aleatoria que solo se esperaba que ocurriese K veces de cada 1000, esto es; no parece haber una justificación. Habrá, pues, que tener en cuenta esta desviación al definir el siguiente estándar.
2. La desviación tiene una causa identificable que es posible eliminar. Por ejemplo, no puede eliminarse la actividad cíclica o estacional. Habrá que tomarla en cuenta para futuros casos de control, sea como desviaciones esperadas, o si el ciclo o la estación tiene una duración considerable, como estándares cíclicos o estacionales.
3. La desviación es determinable y está provocada por una recogida defectuosa de datos. Esta mala obtención de información puede referirse a una medida no fiable, a un decimal mal colocado en los cálculos o a una mala marca en el gráfico.
4. La desviación tiene una causa determinable y que se debe a uno o más recursos: mano de obra, maquinaria ó materiales.

Diagrama de control de atributos y de variables

El término atributo, como se emplea en control de calidad, es la propiedad que tiene una unidad de producto de ser buena o mala; esto es, la característica de calidad de que dicha unidad esté dentro de los requisitos especificados o no. La inspección de atributos se relaciona, generalmente con normas de aceptación y rechazo.

Los diagramas de control de atributos tienen la ventaja de que hacen posible considerar varias características de calidad al mismo tiempo, y clasificar el artículo como disconforme si no satisface la especificación de cualquier característica. Por otra parte, si se manejan las diversas características de calidad como variables, entonces habrá que medir cada una de ellas, y utilizar separadamente un diagrama, o bien alguna técnica de control multivariado, en el que se consideren simultáneamente todas las características. Hay una evidente sencillez asociada al diagrama de atributos en este caso. Además, mediante la inspección por

atributos pueden evitarse mediciones costosas tardadas. Los gráficos de control por variables son una herramienta poderosa que puede utilizarse cuando se dispone de mediciones de los resultados de un proceso.

Estos diagramas de control proporcionan mucho más información útil respecto al funcionamiento del proceso que los de atributos. Se obtiene directamente información específica acerca de la media del proceso y su variabilidad. Asimismo, cuando hay puntos que caen fuera de control en los diagramas de variables, suele haber mucha más información sobre la causa potencial de esta señal de fuera de control.

En muchas aplicaciones, el analista tendrá que elegir entre un diagrama de control de variables y uno de control de atributos. En algunos casos, la selección estará bien definida. Por ejemplo, si la característica de calidad es la tinta de la caja, se preferirá frecuentemente la inspección de atributos.

En otros casos, la selección no será tan evidente, y el analista tendrá que tomar en cuenta varios factores para poder elegir.

3.4 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

Los gráficos de control por variables son una herramienta poderosa que puede utilizarse cuando se dispone de mediciones de los resultados de un proceso.

Las gráficas de control por variables son particularmente útiles por varias razones:

1. La mayoría de los procesos y sus resultados tienen características que son medibles, por lo que su aplicación potencial es amplia.
2. Un valor medible contiene más información que una simple afirmación de sí-no.
3. A pesar de que el costo en la medición precisa de una pieza es mayor que el de establecer simplemente si la misma está bien ó no, como se requieren menos piezas para obtener más información sobre el proceso, en algunos casos los costos totales de inspección pueden ser menores.
4. Debido a que se requiere medir una menor cantidad de piezas para tomar decisiones confiables, el período de tiempo entre la producción de las piezas y la acción correctiva puede ser acortado significativamente.

Gráficos para una característica variable

Cuando se miden la características de calidad mediante una muestra de artículos, en la mayoría de los casos resulta aplicable el teorema del límite central y que el promedio de los valores medidos tendrá, aproximadamente una distribución normal. Para describir

completamente la distribución normal se necesitan dos parámetros μ y σ^2 . En consecuencia se requieren dos gráficos para controlar cualquier característica variable: Uno para vigilar el estimador de la media, y el otro para vigilar el estimador de la variabilidad.

El estimador de la media es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Los estimadores de la variabilidad son:

$$\text{Rango} = R = x_i (\text{máximo}) - x_i (\text{mínimo})$$

$$\text{Desviación estándar} = \hat{\sigma} = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{X})^2}}{n-1}$$

A estos pares gráficos se les conoce normalmente como gráficos \bar{X} -R y gráficos \bar{X} -S.

Comparados con los gráficos \bar{X} -R, los gráficos \bar{X} -S involucran mayor cantidad de cálculos a realizar.

Construcción de un gráfico \bar{X} -R

La porción \bar{X} de una gráfica muestra cualquier cambio en el valor promedio del proceso, mientras que la porción R muestra cualquier dispersión o variación en el proceso.

Los pasos esenciales para la construcción de un gráfico \bar{X} -R son los siguientes:

1. Colección de datos

Seleccione la frecuencia y el tamaño de la muestra.

De acuerdo con el teorema central de límite, la distribución del promedio \bar{X} de la muestra es aproximadamente el de una distribución normal y la aproximación mejora a medida que aumenta el tamaño n de la muestra. Por otra parte, si la producción cubierta por una sola muestra debe ser homogénea, es deseable que transcurra un lapso muy breve de tiempo.

Para un estudio inicial de un proceso, las muestras (subgrupos) normalmente se forman de 2 a 10 piezas producidas consecutivamente. De esta manera, las piezas en cada subgrupo estarán producidas bajo condiciones similares de producción.

2. Calcule el promedio \bar{X} y R para cada subgrupo
El cálculo se hace de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = 1/n \sum X_i ; \quad R = (X_i \text{ máximo} - X_i \text{ mínimo})$$

Donde X_1, \dots, X_n son los valores individuales en cada subgrupo y n es el tamaño de la muestra.

3. Calcule el rango promedio \bar{R} y el promedio del proceso \bar{X} para el estudio de los K subgrupos.
Calcular:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{K} ; \quad \bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K}$$

donde K es el número de subgrupos, R_1 y \bar{X}_1 son el rango y el promedio del primer subgrupo, R_K y \bar{X}_K son del K -ésimo subgrupo.

4. Calcule los límites de control. Estos son calculados para mostrar la extensión de la variación de cada subgrupo y se calculan de la siguiente forma:

Sabiendo que la desviación estándar de $\bar{X} = \sigma/\sqrt{n}$

$$LICx = \mu - 3\sigma/\sqrt{n} ; \quad LSCx = \mu + 3\sigma/\sqrt{n}$$

$$LICr = D_3^*r ; \quad LSCr = D_4^*R$$

Cuando los límites son menores de 0, no se consideran.

Para facilitar la estimación de los límites de control de pequeñas muestras, se utilizan factores precalculados.
El cálculo de los límites de control está basado en el tamaño de los subgrupos.
Los factores para el cálculo de los límites de control se definen del modo siguiente:

A1 = factor para determinar 3σ de \bar{X} a partir de s
 $3 * \sigma/\sqrt{n} = A1 * s$

A2 = factor para determinar 3σ de \bar{X} a partir de \bar{R}
 $3 * \sigma/\sqrt{n} = A2 * \bar{R}$

B3 = factor para determinar el límite inferior de control para el gráfico $s = B3^*s$

B4 = factor para determinar el límite superior de control para el

gráfico s = B4's

D3 = factor par a determinar el límite inferior de control para el gráfico R = $D3 \bar{R}$

D4 factor para determinar el límite superior de control para el gráfico R = $D4 \bar{R}$

La mayoría de la variabilidad encontrada en los procesos de fabricación justifica un supuesto de normalidad aproximada. Esto permite adaptar fácilmente tales valores tabulados para determinar los límites de control.

5. Interpretación del Control del Proceso

El objeto de analizar una gráfica de control es identificar cuál es la variación del proceso, las causas aleatorias y causas atribuibles de dicha variación, y en función de esto tomar alguna acción apropiada cuando se requiera.

Dado que la interpretación de los rangos (R) y promedios (\bar{X}) de los subgrupos dependen de la variación de nuestro proceso, se analizará en primer lugar la gráfica de rangos.

5.1 Puntos fuera de los límites de Control

La presencia de uno o más puntos más allá de los límites de control es evidencia de una inconsistencia en el proceso. Descartando la posibilidad de que la media sea otra a la que se está usando o que simplemente sea algo extraordinario, cuando se presentan puntos fuera de los límites de control se deben a causas especiales; es decir, a fallas locales. Un punto más allá de los límites de control es una señal que se requiere un análisis inmediato de la operación para buscar la causa especial que lo originó. Marque todos los puntos que están fuera de los límites de control.

Un punto fuera de los límites de control es una señal de:

1. El límite de control está mal calculado o los puntos están mal agrupados.
2. La variación de pieza a pieza o la dispersión de la distribución ha empeorado.
3. El sistema de medición ha cambiado (diferente inspector o calibrador).

5.2 Adhesión a las líneas de control

Cuando en la gráfica de control los puntos se agrupan junto a la línea central o junto a las líneas de control, hablamos de adhesión.

Para evaluar y poder decidir si hay o no adhesión a la línea central se considera el siguiente criterio:

Divida la distancia que hay entre el LSC y el LIC en tres partes iguales.

Si una cantidad substancialmente mayor a $2/3$ de los puntos graficados se encuentra concentrada dentro del tercio medio, existe adhesión a la línea central.

Se tiene que verificar lo siguiente:

1. Los límites de control han sido mal calculados o los puntos fueron mal graficados.
2. Los datos han sido adulterados (los valores que se alejan mucho del promedio \bar{R} fueron alterados u omitidos).
3. Suelen haberse mezclado en el subgrupo un tipo diferente de datos o dato de factores diferentes.

Si una cantidad substancialmente mayor a $1/3$ se encuentra dentro de los tercios exteriores, existe adhesión a los límites de control. Cuando esta situación se presenta, es necesario verificar lo siguiente:

1. Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
2. El proceso o método de muestreo es tal, que los subgrupos contienen mediciones de 2 o más factores diferentes.

5.3 La prueba de rachas a una muestra

Si un experimento desea llegar a una conclusión acerca de una población usan la información contenida en una muestra de ella, su muestra debe ser aleatoria, pues ello permite aplicar los supuestos de independencia y eliminar la presencia de sesgos subjetivos. Para probar la aleatoriedad de las muestras existen varias técnicas. La que presentaremos aquí, se basa en el número de rachas que la muestra exhibe. Se define una racha como una sucesión de símbolos idénticos que pueden estar o no separados por otros símbolos.

Procedimiento:

Sea n_1 el número de elementos de una clase y n_2 el número de elementos de la otra; n_1 podría ser el número de signos de más y n_2 el de signos de menos

Sea N el número total de eventos observados = $n_1 + n_2$.

1. Se colocan las observaciones n_1 y n_2 en su orden de ocurrencia.
2. Se cuenta el número de rachas, r .
- 3 Se determina la probabilidad conforme a H_0 asociada con un valor tan extremo como el valor observado de r . Si esa probabilidad es igual o menor que α , se rechaza H_0 . La técnica para determinar el valor de p depende del tamaño de los grupos n_1 y n_2 :

a) Si n_1 y n_2 tiene un valor de 20 ó menor, la tabla 2 abarca valores de r tan pequeños, que su probabilidad asociada conforme a H_0 es $p = 0.025$; la tabla 3 abarca valores de r tan grandes que su probabilidad asociada conforme a H_0 es $p = 0.025$. Para una prueba de dos colas, la región de rechazo en $\alpha = 0.05$ consiste en los dos valores tabulados de r y de todos los valores más extremos. Para

pruebas de una cola $\alpha = 0.025$.

b) Si n_1 ó n_2 es mayor que 20, se determina el valor de z calculado con

$$\text{Media} = \mu_r = \frac{2(n_1)(n_2) + 1}{n_1 + n_2}$$

$$\text{y desviación estándar} = \sigma_r = \frac{\sqrt{2(n_1)(n_2)[(2(n_1)(n_2) - n_1 - n_2)]}}{\sqrt{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}$$

$$z = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r} = \frac{r - \frac{2(n_1)(n_2) + 1}{n_1 + n_2}}{\frac{\sqrt{2(n_1)(n_2)[(2(n_1)(n_2) - n_1 - n_2)]}}{\sqrt{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}}$$

La tabla 1 muestra la probabilidad de una cola y para dos colas se duplica p .

Para todos los ejercicios desarrollados en este estudio, basandose en la técnica presentada, se puede utilizar el siguiente criterio: Cuando "7" ó más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la serie recibe el nombre de corrida.

Si "7" ó más intervalos consecutivos se presentan con valores crecientes o decrecientes, la serie recibe el nombre de tendencia. Este valor de falla, está asociado a una probabilidad del 5%.

Una serie por arriba del rango promedio (R) puede significar:

1. Mayor dispersión de los resultados, la cual puede venir de una causa irregular (tal como el funcionamiento del equipo) o un cambio en la distribución de los materiales; estos problemas requieren de una acción correctiva inmediata.
2. Un cambio en el sistema de medición (se cambio inspector o calibrador).

Una serie por debajo del rango promedio (R) puede significar:

1. Menor variación en los resultados, lo cual es generalmente una buena condición que debe estudiarse para ampliar su aplicación.
2. Un cambio en el sistema de medición

5.4 Identifique y corrija las causas especiales en la gráfica de rangos

Deberá efectuarse un análisis de la operación del proceso ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de rangos para determinar sus causas, corregir la condición y prevenir su repetición. La gráfica de control es una guía útil para el análisis del problema pues indica el inicio del problema y el tiempo transcurrido.

5.5 Recalcule los límites de control

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, deberá recalcular los límites de control para excluir los efectos de los puntos fuera de control cuyas causas fueren

identificadas y corregidas. Omita los puntos fuera de control, recalculé y grafique el rango promedio (\bar{R}) y los límites de control. Confirme que todos los puntos correspondientes a los rangos de los subgrupos estén bajo control cuando se les compare con los nuevos límites, repitiendo la secuencia de identificación, corrección y recálculo si fuera necesario.

Los pasos para el análisis de la gráfica de promedios (\bar{X}) son iguales a los ya descritos para la gráfica de rangos.

6. Interpretación de la habilidad del proceso

Su objetivo es tratar de analizar hasta que punto pueden resultar conformes al proyecto, los artículos producidos mediante un proceso.

El objetivo del análisis de capacidad es determinar la variación natural de un proceso cuando se han minimizado los efectos de todos los factores ajenos que no contribuyen al mismo.

Además de la variación natural, hay dos factores que influyen en la capacidad del proceso, 1) las tolerancias y especificaciones en el proyecto del producto y 2) las mismas tolerancias y especificaciones en la medida en que afectan a la producción.

Se puede definir como el intervalo de la variación que incluirá casi todos los productos que se obtengan mediante el proceso.

Al realizar un estudio preliminar, es importante minimizar los efectos de los factores esencialmente ajenos al estudio, una vez observadas y explicadas esas condiciones, se puede realizar un estudio de capacidad reuniendo los datos necesarios y calculando la desviación estándar de dichos datos:

capacidad del proceso = 6σ .

Como es lógico, se puede mejorar la calidad del producto modificando la disposición del proceso. La mejor calidad obtenible o la menor fracción defectuosa, se pueden denominar capacidad del proceso, siempre que sean alcanzables por simple modificación del mismo.

Un método alternativo para determinar la capacidad del proceso cuando ya éste está en marcha es utilizar la información que proporcionan las muestras del producto que se está fabricando. Siempre que se utilicen gráficos de control se dispondrá de la mayoría de la información necesaria para establecer la capacidad del proceso.

El promedio de los intervalos de pequeñas muestras tomadas de una población está relacionado directamente con la desviación estándar de ésta. Sin embargo el intervalo medio es mayor, por lo que debe ajustarse mediante un factor para que de un valor estimado eficiente de σ (tabla 2).

$$d_2 = \bar{R}/\sigma \quad \text{ó} \quad \sigma = \bar{R}/d_2$$

Donde d_2 es una constante que cambia en función del tamaño de la

muestra.

La habilidad de un proceso es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso \bar{X} y los límites de especificación. Dicha distancia la llamaremos Z.

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\hat{\sigma}} ; \quad Z_i = \frac{\bar{X} - LIE}{\hat{\sigma}}$$

Z es usada en conjunto con la tabla de distribución normal (Tabla A1) para estimar la fracción de piezas que estarán fuera de especificación.

Para una tolerancia bilateral, calcule las fracciones fuera de los límites superior e inferior por separado y súmelos. El total fuera de especificación será: PZS + PZI.

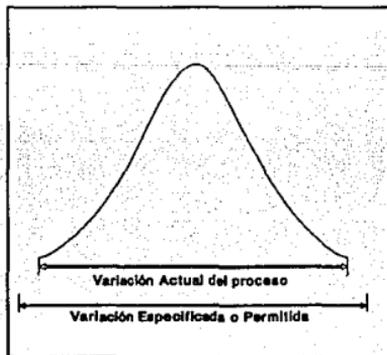
Comparar el valor encontrado en tablas de dicha suma, con el valor de la σ . Si el valor encontrado es menor a la σ , el proceso no es hábil; si es mayor, es hábil.

Otra forma de evaluar la habilidad del proceso, es a través de Cp y Cpk.

El parámetro Cp muestra la habilidad potencial que tiene el proceso para con las especificaciones del diseño

El parámetro Cpk muestra la habilidad real que tiene el proceso.

$$C_p = \frac{\text{Variación Especificada o Permitida}}{\text{Variación Actual del proceso}}$$



Gráfica 3.3

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Así, un valor de $C_p > 1$ para $\pm 3\sigma$ y $C_p > 1.33$ para $\pm 4\sigma$ son los requerimientos mínimos para decir que un proceso es potencialmente hábil.

C_{pk} , nos permite calcular la habilidad real del proceso de la siguiente manera:

1. A través del parametro Z definido en la sección anterior

$$C_{pk} = \frac{Z_{min}}{3}$$

o bien,

2. a) Definir el punto medio de la especificación

$$EM = \frac{LSE - LIE}{2}$$

- b) Definir la diferencia entre el punto medio de la especificación y el promedio del proceso.

$$D = \frac{|EM - \bar{X}|}{}$$

- c) Definir el índice de localización K

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE}$$

$$C_{pk} = C_p(1 - K)$$

Para considerar que un proceso es realmente hábil debemos tener como mínimo $C_{pk} > 1$ para $\pm 3\sigma$ y $C_{pk} > 1.33$ para $\pm 4\sigma$

Cuando existe un criterio de habilidad, la regla para decidir se simplifica; los procesos que fallan en cumplir con el criterio requieren de una acción inmediata. En estas situaciones, existe un grupo de opciones.

1. Seleccionar el producto y desechar o reparar cualquier pieza que no cumpla con las especificaciones (una propuesta costosa y poco confiable).
2. Requerir que las tolerancias de las especificaciones sean alteradas y consistentes con la habilidad del proceso actual (una acción administrativa que no mejorará directamente el producto).
3. Mejorar la habilidad del proceso mediante la reducción de la variación de las causas comunes.

Ejemplo 1

Compresión a cajas de los cliente principales.

1. Los datos son el resultado de la medición de cajas de cartón corrugado las cuales están formadas en subgrupos de 5 muestras bajo condiciones similares de producción. Se obtuvieron 25 muestras, con los siguientes resultados:

	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	650	700	650	650	850	14	650	700	850	750	600
2	750	850	750	850	650	15	900	800	800	750	850
3	750	800	800	700	750	16	750	800	750	800	650
4	600	700	700	750	650	17	750	700	850	700	800
5	700	750	650	850	800	18	750	700	600	700	600
6	600	750	750	850	750	19	650	650	850	650	700
7	750	800	650	750	700	20	600	600	650	600	650
8	680	700	800	750	750	21	500	550	650	800	800
9	650	800	850	850	750	22	600	800	650	650	750
10	600	700	600	800	650	23	800	650	750	650	650
11	800	750	900	500	800	24	650	600	650	600	700
12	850	750	850	650	700	25	650	700	700	600	650
13	700	700	750	750	700						

2. Calcule el promedio \bar{X} y el rango R para cada subgrupo.

$$\bar{X} = 1/n (\sum Xi) = 1/5 (350+700+650+650+850) = 3500/5 = \underline{700}$$

$$R = (\max Xi - \min Xi) = (850 - 650) = \underline{200}$$

Así sucesivamente, hasta obtener el siguiente cuadro:

	1	2	3	4	5	SUM	Xbarra	R
1	650	700	650	650	850	3500	700	200
2	750	850	750	850	650	3850	770	200
3	750	800	800	700	750	3800	760	100
4	600	700	700	750	650	3400	680	150
5	700	750	650	850	800	3650	750	200
6	600	750	750	850	750	3650	730	250
7	750	800	650	750	700	3650	730	150
8	680	700	800	750	750	3600	720	200
9	650	800	850	850	750	3900	780	200
10	600	700	600	800	650	3350	670	200
11	800	750	900	500	800	3750	750	400
12	850	750	850	650	700	3800	760	200
13	700	700	750	750	700	3600	720	50
14	650	700	850	750	600	3550	710	250
15	900	800	800	750	850	4100	820	150
16	750	800	750	800	650	3750	750	150
17	750	700	850	700	800	3800	760	150
18	750	700	600	700	600	3350	670	150
19	650	650	850	650	700	3500	700	200
20	600	600	650	600	650	3100	620	50
21	500	550	650	800	800	3300	660	300
22	600	800	650	650	750	3450	690	200
23	800	650	750	650	650	3500	700	150
24	650	600	650	600	700	3200	640	100
25	650	700	700	600	650	3300	660	100

3. Calcule el rango promedio \bar{R} y el promedio \bar{X}

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{K} = \bar{R} = \frac{200 + 200 + \dots + 100}{25} = \frac{4450}{25} = 178$$

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K} = \bar{X} = \frac{700 + 770 + \dots + 660}{25} = \frac{17900}{25} = 716$$

Donde K es el número de subgrupos.

4. Calcule los límites de Control y trace la gráfica

$$LCx = \mu \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = 716 \pm \frac{3(178)}{5} = 716 \pm 106.8$$

$$LSCx = 716 + 106.8 = 822.8$$

$$LICx = 716 - 106.8 = 609.2$$

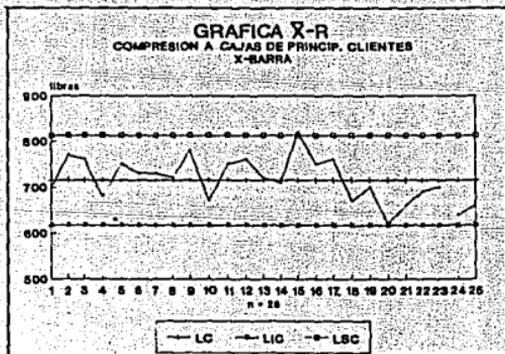
Utilizando factores:

$$LSCx = 716 + (.58 \times 178) = 819$$

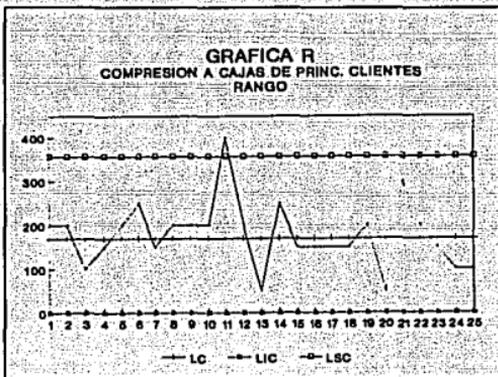
$$LICx = 716 - (.58 \times 178) = 613$$

$$LSCR = D4R = 2.11 \times 178 = 376$$

$$LICR = 0$$



Gráfica 3.4



Gráfica 3.5

5. Interpretación del control del proceso

Dado que la interpretación de los rangos R y promedio \bar{X} de los subgrupos dependen de la variación de nuestro proceso, se analizará en primer lugar la gráfica de rangos.

5.1 Un punto (muestra 11) está fuera de los límites de control.

5.2 Alrededor de 2/3 de los puntos están dentro del tercio medio de los límites de control, por lo que no hay adhesión.

5.3 No hay larga sucesión de puntos ya que agrupandolos en rachas, y contando las series de símbolos tenemos que:

$\frac{++}{1} \frac{--}{2} \frac{++}{3} \frac{++}{4} \frac{++++}{5} \frac{+}{6} \frac{----}{7} \frac{+}{8} \frac{+}{9} \frac{++}{10} \frac{---}{11} \frac{---}{12}$

observamos que $r = 12$; $n_1 = 12$; $n_2 = 13$; $N=25$
En la tablas 2 y 3 vemos que $r > 8$ y $r < 19$
por tanto se acepta.

5.4 El punto fuera de limite de control, ha sido identificado con un nuevo operador no familiarizado con el equipo. Se excluye el

punto.

5.5 Recalculando nuevamente:

$$\begin{aligned} &= \\ X &= 1715/24 = 714.6 \\ \bar{R} &= 405/24 = 168.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LSCx &= 714.6 + (.58 * 169) = 813 \\ LICx &= 714.6 - (.58 * 169) = 616 \\ LSCr &= (2.11 * .169) = .357 \end{aligned}$$

Análisis de la gráfica \bar{X} .

- 5.1 Una muestra (15) está fuera de los límites de control.
- 5.2 No hay adhesión ni al centro ni hacia los límites de control.
- 5.3 Sucesión de 8 puntos por debajo del promedio del proceso; se sospecha una alteración en el proceso.
- 5.4.1 Lote de materia prima fuera de especificación, comenzando desde el subgrupo 17 hasta el 24. Excluir estos puntos.
- 5.4.2 No se encontró causa asignable alguna para el punto 14 por lo que no se debe excluir.

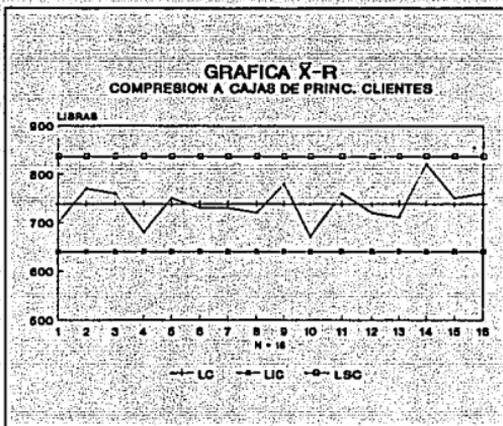
5.5 Recalculando:

$$\begin{aligned} &= \\ X &= 11810/16 = 738 \\ \bar{R} &= 2800/16 = 175 \end{aligned}$$

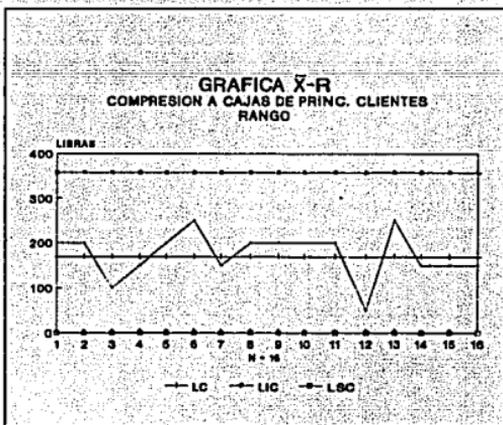
$$\begin{aligned} LSCx &= 738 + (.58 * 169) = 836 \\ LICx &= 738 - (.58 * 169) = 640 \end{aligned}$$

Interpretación: Cuando se excluyen los problemas que son explicables y corregibles con rangos y promedios, el proceso parece estar bajo control.

Nota: Un cambio en el tamaño de los subgrupos muestreados, afectaría el rango promedio esperado y los límites de control en las gráficas de rangos y promedios.



Gráfica 3.6



Gráfica 3.7

6. Calcule la habilidad del proceso

Desviación estándar de \bar{R}
Utilizando factores:

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2 = 169/2.33 = 72.53$$

$$\bar{X} = 738$$

LIE = 500 (Factor establecido inicialmente)

LSE = 900 (Factor establecido inicialmente)

Habilidad del proceso:

$$ZS = \frac{LSE - \bar{X}}{\hat{\sigma}} = \frac{900 - 738}{72.5} = 162/72.5 = 2.23$$

$$ZI = \frac{\bar{X} - LIE}{\hat{\sigma}} = \frac{738 - 500}{72.5} = 238/72.5 = 3.28$$

Las fracciones fuera de especificación serán:

PZs = .0129 (Valor encontrado en tabla A1)

Pz1 = .0005 (Valor encontrado en tabla A1)

Ptotal = .0134 = 1.34%

En tablas el 98.66 se encuentra dentro de especificaciones
98.66 < 99.73

Por tanto, no es hábil para 3σ .

Utilizando Cp y Cpk.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} = \frac{900 - 500}{6(72.5)} = .919$$

Cp = .919 es menor que 1, por lo que el proceso potencialmente no es hábil.

Ya no es necesario evaluar la habilidad real, pero como ejercicio vamos a desarrollarlo.

$$EM = \frac{LSE - LSI}{2} = \frac{900 + 500}{2} = 700$$

$$D = |EM - \bar{X}| = |700 - 738| = 38$$

$$K = \frac{2(38)}{900 - 500} = .19$$

Cpk = Cp(1-K)
Cpk = .919(1-.19)
Cpk = .744

Como .744 < 1 el proceso no es realmente hábil para 3σ .

Construcción de una Grafica \bar{X} -S

Al desarrollar gráficos \bar{X} -R, el recorrido R de un subgrupo sirve de estimador de la desviación estándar σ de la población. Un indicador alternativo de σ es la desviación estándar s del subgrupo.

Los gráficos \bar{X} -S se utilizan en lugar de los \bar{X} -R cuando:

1. Los datos son almacenados en computadora
2. Grandes muestras son usadas y es necesaria una medida de dispersión más exacta.
3. El tamaño de las muestras es variable
4. Queremos verificar si un producto elaborado en máquinas o plantas diferentes, es homogéneo.

La construcción de un gráfico \bar{X} -S es similar al \bar{X} -R con las siguientes excepciones.

1. La obtención de s es a través de la fórmula:

$$s = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{X})^2}}{n - 1}$$

2. Calcular media muestral \bar{X} y la desviación estándar muestral s para cada subgrupo.

3. Límites de Control

$$LSCx = \bar{X} + A1\bar{S} \quad ; \quad LICx = \bar{X} - A1\bar{S}$$

$$LSCs = B4\bar{S} \quad ; \quad LICs = B3\bar{S}$$

4. Interpretación de la habilidad del proceso:

$\hat{\sigma}$ está dada por: \bar{S}/C^*

Ejemplo 2

Prueba de Aplastamiento a láminas corrugadas del 3er Turno

Los siguientes datos, son el resultado de una serie de pruebas de flat-crush¹ a pliegos de cartón corrugado, formadas en subgrupos de 5.

Se agrega el valor de \bar{X} y de S para cada grupo.

$$\bar{X} = \frac{42 + 40 + 46 + 55 + 48}{5} = 46.2$$

$$S = \sqrt{\frac{(42 - 46.2)^2 + \dots + (48 - 46.2)^2}{4}} = 5.84$$

1	2	3	4	5	\bar{X}	S	1	2	3	4	5	\bar{X}	S
42	40	46	55	48	46.2	5.84	54	48	51	48	48	49.8	2.7
50	43	32	51	53	45.8	8.55	44	51	36	47	57	47	7.83
46	44	58	46	47	48.2	5.58	63	46	47	40	62	51.6	10.3
59	52	48	45	47	50.4	5.53	40	45	45	52	59	48.2	7.39
37	34	43	49	59	44.4	9.98	62	41	44	45	49	48.2	8.21
53	58	49	56	36	50.4	8.73	56	45	55	45	54	51.0	5.51
47	51	49	40	46	46.6	4.2	54	44	37	47	56	47.6	7.7
47	38	45	44	43	43.4	3.36	49	44	44	43	44	44.8	2.38
49	40	40	53	40	44.4	6.18	44	46	47	44	42	44.6	1.94
54	40	56	51	50	50.2	6.18	42	44	55	48	52	48.2	5.4

$$2. \bar{X} = 47.55 ; \bar{S} = 6.174$$

$$3. LSCx = 47.55 + 1.6(6.174) = 57.43$$

$$LICx = 47.55 - 1.6(6.174) = 37.67$$

$$LSCs = 2.09(6.174) = 12.9$$

$$LICs = 0$$

4. Desviación estándar para el proceso

$$6.174 / .8407 = 7.34$$

¹ Es la prueba de aplastamiento del papel, descrita en el Capítulo 1.

Construcción de una Gráfica de Medianas

Las gráficas de medianas son alternantes a las \bar{X} -R para control de procesos con datos medidos, estas proporcionan conclusiones similares con algunas diferencias específicas:

1. Son fáciles de usar y no requieren cálculos día con día.
2. Dado que los valores individuales (al igual que las medianas) son graficados, la gráfica de medianas muestra la dispersión del proceso y ofrece un panorama continuo de las variaciones del proceso.
3. Como una misma gráfica muestra tanto la mediana como la dispersión, esta puede ser usada para comparar los comportamientos de diferentes procesos o del mismo en etapas sucesivas.

Las instrucciones para el uso de las gráficas de medianas son similares a las de las gráficas \bar{X} -R, excepto por:

1. Obtención de Datos

- a) Los tamaños de muestras no son más convenientes
- b) Grafique las mediciones individuales para cada subgrupo en línea vertical. Circule la mediana de cada subgrupo (número central). Si el tamaño de muestra es par, la mediana será la media de los 2 puntos centrales).
- c) Como ayuda para la interpretación de tendencias, una las medianas de los subgrupos con una línea.

2. Obtención de la mediana

Se ordenan los números de muestras de menor a mayor y se obtiene el número del centro. Si el grupo de muestras es par se toman los dos centrales y se dividen entre 2.

3. Cálculo de los límites de control

Una vez encontrados el promedio de las medianas de los subgrupos y el promedio de los rangos (\bar{R}):

$$LSCx = \bar{M} + A_2 \bar{R} \quad ; \quad LICx = \bar{M} - A_2 \bar{R}$$

$$LScR = D_4 \bar{R} \quad ; \quad LICr = D_3 \bar{R}$$

4. Interpretación del Control del Proceso

- a) Compare el LScR y el LICr con cada rango calculado.
- b) Alternativamente marque el filo de una tarjeta cualquiera con los límites de control para R y compare estas marcas con la distancia entre el valor mayor y menor en cada subgrupo de la gráfica M.
- c) Enmarcar aquellos subgrupos con rangos excesivos.

4.2 Tome acciones correctivas para las causas especiales que afecten a los rangos o medianas.

5. Interpretación de la habilidad del proceso

Si el proceso tiene una distribución normal, el estimado de la desviación estándar puede ser usado directamente en la determinación de la habilidad del proceso.

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

Ejemplo 3

Prueba de Mullen a papeles SK-280

Los datos a continuación presentados, son el resultado de mediciones en la prueba de Mullen a papel SK-280 Máquina V. Están formados en subgrupos de 5 muestras bajo condiciones similares de producción.

Se agrega el valor de la mediana y el del rango. obteniendose de la siguiente manera:

$$M = 12, 13, \underline{14}, 16, 17. \quad R = 17 - 12 = \underline{5}$$

	1	2	3	4	5	M	R		1	2	3	4	5	M	R
1	16	14	13	12	17	14	5	14	20	19	18	19	16	19	4
2	16	15	13	15	17	15	5	15	18	16	13	15	13	15	5
3	18	13	16	15	15	15	3	16	12	13	15	12	13	13	3
4	15	13	13	13	14	13	2	17	11	20	14	17	9	14	11
5	16	15	16	14	17	16	3	18	17	17	15	13	15	15	4
6	13	13	14	17	15	14	5	19	13	15	18	11	13	13	7
7	13	11	15	17	13	13	6	20	19	13	10	12	14	13	9
8	14	16	17	14	14	14	3	21	14	14	16	14	13	14	3
9	13	17	14	17	13	14	4	22	13	17	17	16	14	16	4
10	15	14	17	20	18	17	6	23	16	15	14	17	16	16	3
11	11	19	14	15	17	15	8	24	18	18	17	17	13	17	5
12	17	16	14	11	16	16	6	25	14	15	16	15	14	15	2
13	15	14	16	14	14	14	2	26	17	14	18	13	16	16	5

$$2. \bar{M} = \frac{14 + 15 + 15 + 13 + \dots + 16}{26} = 14.9$$

$$\bar{R} = \frac{5 + 5 + 3 + \dots + 5}{26} = 4.7$$

$$3. LSCx = 14.9 + .69(4.7) = 18.1$$

$$LICx = 14.9 - .69(4.7) = 11.6$$

$$LSCr = 2.11(4.7) = 9.9$$

LICr = No hay

4.

4.1.1 El punto (16) está fuera de Rango. Se enmarca

4.1.2 El punto (13) está fuera de mediana

Utilizando la tarjeta, no es aceptable.

4.2 Después de analizar, se toma la acción correctiva que esta afectando estas mediciones.

El punto fuera de límite de control (16) ha sido identificado con una falla en el equipo de medición.

4.3 Recalculando:

$$M = 14.9 ; \bar{R} = 4.4$$

$$LSCx = 17.9; LICx = 11.8; LSCr = 9.2$$

$$5. \text{Desviación estándar del proceso} = 4.4/2.33 = 1.88$$

3.5 GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

El término atributo, como se emplea en control de calidad, es la propiedad que tiene una unidad de producto de ser buena o mala; esto es, la característica de calidad de que dicha unidad esté dentro de los requisitos especificados o no. La inspección de atributos se relaciona, generalmente con normas de aceptación y rechazo.

A pesar de que las gráficas de control por variables \bar{X} -R son las más conocidas, se han desarrollado versiones para el caso de atributos. Los datos por atributos tienen solo dos posibilidades (conforma/ no conforma, pasa/ no pasa, presente/ ausente) pero pueden ser contados para registro y análisis.

Son importantes por las siguientes razones:

1. Las operaciones medidas por atributos existen en cualquier proceso de manufactura o ensamble, por lo que estas técnicas de análisis son muy útiles.
2. Los datos por atributos están disponibles en múltiples situaciones siempre que exista inspección, listados de reparaciones, material seleccionado o rechazado, etc. En estos casos, no se requiere gasto adicional de búsqueda de datos sólo el trabajo de incorporarlos a la gráfica de control.
3. Cuando se requiere obtener datos, la información por atributos es generalmente rápida y barata de obtener y con medios simples (pasa/no pasa) no necesita de personal especializado.
4. Muchos de los datos presentados a la gerencia en forma de resúmenes es del tipo de atributos y se puede beneficiar con el análisis de gráficas de control.
5. Al introducir las gráficas de control en las plantas, es importante dar prioridad a las áreas con problema y utilizarlas donde más se necesiten. El uso de las gráficas de control por atributos en las áreas claves de control de calidad indicarían cuales son los procesos que requieren un análisis más detallado, incluyendo la posibilidad de utilizar gráficas de control por variables.
6. Finalmente, las gráficas de control por atributos son más fáciles de construir e interpretar que las gráficas por variables.

Los criterios de aceptación al utilizar gráficas de control por atributos deben estar claramente definidos y el procedimiento para decidir si esos criterios se están alcanzando es producir resultados consistentes a través del tiempo. Este procedimiento consiste en definir operacionalmente lo que se desea medir.

Las Gráficas P y NP para Porcentaje de Unidades Defectuosas

Uno de los gráficos de control más populares es el de control de porcentajes, o gráfico p. Es sumamente dúctil y se puede utilizar para características de atributos. Cada unidad producida tiene cierta probabilidad p' de ser defectuosa o de no hallarse dentro de los requisitos especificados. Si de n unidades producidas, la variable aleatoria X tendrá una distribución binomial dada por

$$\Pr(x) = \binom{n}{x} (p')^x (1-p')^{n-x}$$

$$\text{donde } \binom{n}{x} = \frac{n!}{(n-x)! x!}$$

El objetivo del gráfico de control de porcentajes es calcular y controlar p' . La fracción defectuosa p hallada en la muestra proporciona una estimación de p' .

$$p' = \frac{x}{n} \quad \begin{array}{l} \text{No. de defectos observados} \\ \text{No. de elementos observados} \end{array}$$

Considerando que la función p es aproximadamente normal:

Para P :

$$\text{Media} = p'$$

$$\text{Varianza} = p'(1-p')$$

Construcción de una gráfica de control p

Es muy importante establecer la frecuencia de los subgrupos (horas, días, semanas) y la cantidad a controlar (del 100% de la muestra). Los intervalos cortos entre tomas de muestras permitirán una rápida retroalimentación al proceso ante la presencia de problemas. Los tamaños de muestra grandes permiten evaluaciones más estables del desarrollo del proceso y son más sensibles a pequeños cambios en el promedio del mismo.

Los tamaños de muestras son generalmente iguales entre periodos pero no tiene por que darse esta situación.

1. Calcule el porcentaje defectuoso (p') del subgrupo

El número de partes inspeccionadas: n

El número de partes defectuosas : np

A partir de estos datos, calcule la fracción defectuosa de la siguiente forma: $p_i = np_i/n_i$

2. Cálculo de los porcentajes

Calcule el porcentaje defectuoso promedio del proceso (P)
calcule el porcentaje defectuoso promedio para los K subgrupos del período en estudio:

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

donde np_1, \dots, np_k . Son los números de partes defectuosas y n_1, n_2, \dots son el número de partes inspeccionadas en cada subgrupo.

3. Los límites de control utilizados para el período i-ésimo son

$$LCp = \bar{p} \pm 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{ni}}$$

Nota: Cuando p es pequeño y/o n es pequeño, el límite de control inferior puede resultar negativo. En estos casos no existe límite de control inferior dado que aunque el valor de p= 0, para un subgrupo en particular, este valor estará dentro de la variación aleatoria posible.

Nota: El cálculo de los límites de control indicado previamente tiene validez cuando los tamaños de muestra son iguales o cuando los tamaños de los subgrupos no varían en más o menos el 25% con respecto a la muestra promedio.

Cuando el tamaño de un subgrupo varía más que esa cantidad, es necesario el cálculo de nuevos límites de control para el subgrupo en particular.

Es mejor, donde sea posible, estructurar el plan de obtención de datos de manera que puedan usarse tamaños de muestra constantes.

4. Interpretación del control del proceso

4.1 Puntos fuera de los Límites de Control

La presencia de uno o más puntos fuera de los límites de control es evidencia de falta de estabilidad en ese o esos puntos. Dado que la posibilidad de que existan puntos fuera de los límites de control en procesos estables donde sólo se manifieste la variación debido a causas comunes es muy remota, se presupone que dichos puntos han sido consecuencia de causas especiales.

Un punto fuera de los límites de control (mayor fracción defectuosa) puede ser una indicación de que:

- El límite de control ha sido mal calculado o el punto mal graficado.
- El desarrollo del proceso ha empeorado o mejorado, ya sea en ese momento o como parte de una tendencia.
- El sistema de medición ha sido modificado (inspector, calibrador, etc.)

4.2 Adhesión a las líneas de control

Cuando en las gráficas de control los puntos graficado se agrupan junto a las líneas de control, hablamos de adhesión.

- Si una cantidad substancialmente mayor a 2/3 de los puntos graficados, se encuentran concentrados dentro del tercio medio, existe adhesión a la línea central.
- Si una cantidad sustancialmente mayor a 1/3 de los puntos

graficados se encuentran dentro de los tercios exteriores existe adhesión a las líneas de control.

4.3 Rachas

Es una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso. (ver gráfica \bar{X} -R)

4.4 Cuando a través del análisis de los datos identifique una condición de falta de control, debe estudiar el proceso para determinar la causa. La acción correctiva deberá ser tal que evite la repetición del problema.

4.5 Recalcule los límites de control

5 Cálculo de la habilidad del proceso

Para la gráfica p, la habilidad del proceso se refleja a través del promedio de los subgrupos, calculado en base a todos los puntos que están bajo control. Esto puede ser expresado también como el porcentaje que está dentro de especificaciones (1-p).

Para una estimación preliminar de la habilidad del proceso, utilice datos históricos, pero excluya los puntos asociados con causas especiales (puntos fuera de control).

La habilidad del proceso refleja su desarrollo actual y lo que se puede esperar del mismo en la medida en que continúe bajo control y no se produzcan cambios que modifiquen su habilidad. La proporción defectuosa entre períodos variará dentro de los límites de control y, a menos que se modifique el proceso o que existan condiciones fuera de control por causas especiales, el promedio permanecerá estable.

Una vez que el proceso está bajo control estadístico, el nivel promedio de defectos reflejará las causas del sistema que afectan la habilidad del proceso.

Los tipos de análisis llevados a cabo en el diagnóstico de la causa especial no serán efectivos en el diagnóstico de las fallas del sistema.

Es necesario generar soluciones a largo plazo para corregir las fuentes de defectos crónicos.

Ejemplo 4

Gráfico para calcular las fallas en las cuchillas corrugadoras

En un análisis mensual se obtuvo la información de los fallos que tuvieron durante 20 días las cuchillas computarizadas de la corrugadora.

1.- Una vez obtenida la información de pedidos y el número de fallos, calcule la fracción defectuosa.

$$p_1 = 6/25 = .240$$

n				p			
DIA	# PED	# FALLOS	FRACCION	DIA	# PED	# FALLOS	FRACCION
1	25	6	.240	11	29	6	.207
2	35	10	.286	12	17	8	.471
3	21	3	.143	13	39	13	.333
4	23	2	.087	14	49	35	.714
5	37	9	.243	15	22	8	.363
6	42	17	.405	16	23	2	.087
7	36	5	.139	17	34	4	.118
8	28	9	.321	18	30	12	.400
9	25	7	.280	19	21	5	.238
10	20	3	.150	20	29	2	.069

Total No. pedidos 585

No. fallos 166

2.- Porcentaje de defectos promedio

$$166/585 = .284$$

3.- Cálculo de los límites

Los límites de control utilizados para el período *i*-ésimo son

Para la primera muestra:

$$LSC = .284 + 3\sqrt{.284(1-.284)/25} = .5524$$

$$LIC = .284 - 3\sqrt{.284(1-.284)/25} = .0133$$

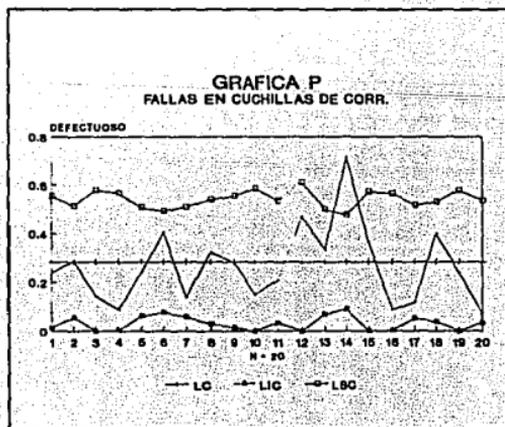
Para la segunda muestra:

$$LSC = .284 + 3\sqrt{.284(1-.284)/35} = .5124$$

$$LIC = .284 - 3\sqrt{.284(1-.284)/35} = .0522$$

Continuando, obtenemos la siguiente tabla:

DIA	LSC	LIC	DIA	LSC	LIC
1	.5543	.01333	11	.5349	.0326
2	.5124	.0552	12	.6118	.0000
3	.5789	.0000	13	.5003	.0672
4	.5658	.0018	14	.4770	.0906
5	.5061	.0614	15	.5721	.0000
6	.4925	.0751	16	.5658	.0018
7	.5092	.0583	17	.5157	.0518
8	.5394	.0282	18	.5307	.0368
9	.5543	.0133	19	.5780	.0000
10	.5862	.0000	20	.5349	.0326



Gráfica 3.8

El gráfico muestra límites en forma de escalones. Este tipo de límites deben ser evitados si es posible, porque no es tan fácil interpretar el gráfico. Para calcular un solo par de límites, un procedimiento es expresar nuestra información en unidades de desviación estándar. Así en lugar de graficar los valores de fracción de defectuosos graficamos:

$$(p - \bar{p}) / s$$

donde s es la desviación estándar de los datos

$$s = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n}$$

La gráfica resultante es llamada gráfica p estandarizada. El límite superior de control es 3, y el límite inferior es -3. La línea central tiene como valor cero.

Así tenemos que para la primera muestra:

$$\frac{.240 - .284}{\sqrt{.284(1 - .284)/25}} = \underline{-1.485}$$

Obteniendo el siguiente cuadro:

DIA	P	(P-P*)	DIA	P	(P-P*)
1	.240	-1.485	11	.207	-.918
2	.286	.026	12	.471	1.709
3	.143	-1.432	13	.333	.687
4	.087	-2.094	14	.714	6.685
5	.243	-.547	15	.363	.822
6	.405	1.739	16	.087	-2.094
7	.139	-1.928	17	.118	-2.149
8	.321	.422	18	.400	1.409
9	.280	-.042	19	.238	-.464
10	.150	-1.327	20	.069	-2.566

4. Interpretación del control del proceso

4.1 Un punto fuera del límite

4.2 Tal vez se pueda tender a una adhesión inferior, por lo que habrá que revisar el proceso.

4.3 No hay manifestación de rachas.

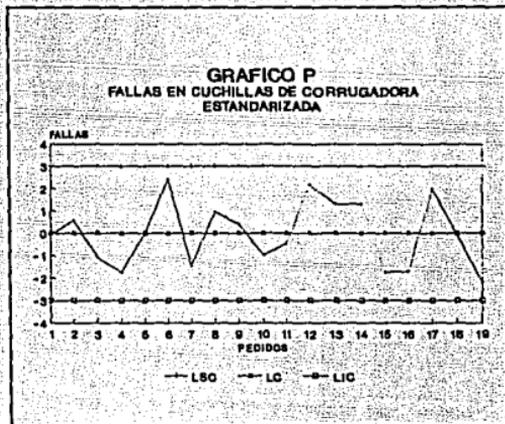
4.4 El punto 14 fue identificado como un error de parte del supervisor, al considerar un fallo en el "stacker" como si fuera falla de cuchilla. Por lo tanto, el punto no se considera y la gráfica estandarizada queda:

$$\bar{p} = 131/536 = .244$$

para la primera:

$$\frac{.240 - .244}{\sqrt{.244(1-.244)/25}} = \frac{.004}{.08589} = -.04653$$

DIA	p~p/s	DIA	p~p/s
1	-.0465	11	-.4649
2	.5742	12	2.173
3	-1.078	13	1.298
4	-1.752	14	1.305
5	-.0107	15	-1.752
6	2.424	16	-1.714
7	-1.467	17	1.988
8	.9533	18	-.0629
9	.4188	19	-2.1932
10	-.9781		



Gráfica 3.9

5. Habilidad del proceso

$$(1 - P) = 1 - .244 = .756 = 75.6\%$$

Este proceso es capaz de producir el 75.6% de las ordenes sin defecto. Comparando con un valor objetivo, sería:

$$75.6\% < 95.46 < 99.73$$

Por lo que el proceso no es hábil a 2σ ni a 3σ

Gráfica np para cantidades de unidades defectuosas

La gráfica np es parecida a la p con la única diferencia de que se registra la cantidad de unidades defectuosas en lugar de su porcentaje en la muestra. La gráfica p y np son adecuadas para las mismas situaciones.

Las instrucciones para su elaboración son iguales a las de la gráfica p solo considerando que:

Los tamaños de muestras inspeccionadas deben ser iguales y además lo suficientemente grandes para permitir la aparición de varios defectos en cada una de ellas.

Para np:
(Unidades Defectuosas)

$$\text{Media} = np'$$

$$\text{Varianza} = np' (1 - p)$$

Ejemplo 5

Pruebas de impresión a cajas de dos colores

Pruebas de impresión a 62 cajas de cartón corrugado sencillo durante 25 días, obteniendo los siguientes resultados:

FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NP	2	5	4	3	3	6	5	0	7	5

FECHA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NP	4	1	2	3	6	3	8	4	4	4

FECHA	21	22	23	24	25	TOTAL
NP	6	4	2	3	7	101

2. Cálculo del promedio de unidades defectuosas

$$\bar{np} = 101/25 = 4.04$$

3. Cálculo de los límites de control

$$\text{LSC} = 4.04 + 3 \sqrt{4.04} \left(\frac{1-4.04}{62} \right) = 9.87$$

LIC < 0; Como no podemos tener defectos negativos LIC = 0

4. La interpretación del control del proceso es igual a la gráfica p.

5. Interpretación de la habilidad del proceso

$$\text{Promedio de piezas buenas} = 62 - 4.04 = 57.96$$

$$\text{Porcentaje} = \frac{62 - 4.04}{62} \times 100 = 93.48\%$$

$$93.48 < 99.73$$

Por tanto el proceso no es hábil para 3σ

Gráfica c y u para números de defectos

La gráfica c mide el número de defectos (discrepancias) en un lote inspeccionado (a diferencia del número de unidades discrepantes de la gráfica np). La gráfica c requiere tamaño de muestras ó tamaños de material inspeccionado previamente definido. Esta gráfica se aplica generalmente en dos tipos de situaciones:

1. Donde las discrepancias se distribuyen a través de un flujo más ó menos continuo del producto, y donde se pueden expresar el promedio o la relación de defectos.
2. Donde los defectos provenientes de diferentes fuentes puedan encontrarse en una unidad inspeccionada.

Se pueden crear dos tipos de gráficos de control. Si la unidad permanece razonablemente constante de un periodo a otro, se puede establecer el gráfico basado en defectos por unidad. A este se le llama gráfico c. Un método alternativo, es el cociente E_c , número total de defectos con relación a un número n de unidades. Por ejemplo, número de imperfecciones en la impresión por pulgada de superficie pintada. Este se llama gráfico u, siendo

$$u = \Sigma d/n = \bar{c}$$

El denominador de dicha fracción se puede expresar de cualquier modo que se desee. Esta libertad de elección significa que es posible inspeccionar diferentes cantidades de unidades y transformar la expresión de no conformidad en un común denominador siempre que la posibilidad de que ocurra un defecto sea alta con relación al número de defectos que realmente ocurren y que el área de oportunidad para que ocurran defectos permanezca razonablemente constante de una unidad de inspección a otra.

La gráfica u mide la cantidad de defectos (discrepancias) por unidad de inspección en subgrupos cuyos tamaños pueden ser variables. Es similar a la gráfica c, con la diferencia de que la cantidad de defectos se expresa sobre una base unitaria. Las gráficas c y u son adecuadas para las mismas situaciones, pero deberá utilizarse la gráfica u si la muestra incluye más de una unidad o si el tamaño de muestra varía entre subgrupos.

La probabilidad de distribución de c y de u será Poisson con el parámetro c'. Aunque la distribución normal no se aproxima tanto a la de Poisson como la binomial, se usa, no obstante, una aproximación normal. Es práctica, fácil de usar y los errores que presenta son normalmente insignificantes.

Para el gráfico c:

$$\begin{aligned} \text{media} &= c' \\ \text{varianza} &= c' \end{aligned}$$

El valor estimado de c' viene dado por \bar{c} del período base

$$\text{Límites de control} = \bar{c} \pm 3\sqrt{c}$$

Para el gráfico u:

$$\begin{aligned} \text{media} &= c' \\ \text{varianza} &= c'/n \end{aligned}$$

El valor estimado de c' viene dado por u ($\sum c_i / \sum n_i$) del periodo base.

$$\text{Límites de control} = \bar{u} \pm \sqrt{\bar{u}/n_i}$$

La forma de elaborar gráficos c y u .

1. Obtención de datos.

Para el gráfico c , los tamaños de muestra inspeccionada deben ser constantes, de manera que los valores graficados de c reflejen los cambios en el desarrollo de la calidad (c : representa la ocurrencia de defectos).

Para el gráfico u , el tamaño de la muestra puede variar entre subgrupos.

Registre y grafique el número de defectos de cada subgrupo.

2. Ya especificamos los límites de control.

3. La interpretación del proceso es igual al gráfico p .

4. Cálculo de la habilidad del proceso.

Para c :

La habilidad del proceso es \bar{c}

Para u :

la habilidad del proceso es \bar{u}

Ejemplo 6

Inspección a Láminas² de Corrugado

Tomemos el número de defectos en los pedidos de cajas de cartón corrugado (pedidos iguales en número), durante mes y medio, considerando los siguientes defectos:

Delaminado, reventamiento de escotes, desorillado, humedo.

En la tabla solo incluimos los defectos totales.

². El término "lámina", se utiliza para denominar a los pliegos de cartón cortado que salen de la corrugadora

PEDIDO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DEF X U	2	1	0	2	3	5	1	7	6	4	4	5

UNIDAD	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DEF X U	6	3	6	6	3	6	6	3	3	4	2	4

UNIDAD	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
DEF X U	8	2	4	7	3	2	1	2	5	3	5	3

UNIDAD	37	38	39	40	41	42	43	44	45	TOTAL
DEF X U	3	4	5	3	4	3	2	1	6	168

2.-Calcule el número de defectos promedio del proceso (c):

$$\bar{c} = 2 + 1 + 0 + \dots = \frac{168}{45} = 3.73$$

3.-Calculo de los límites de control

$$LSC = 3.73 + 3\sqrt{3.73} = 9.53$$

$$LIC = 3.73 - 3\sqrt{3.73} = -2.70$$

Como no podemos tener defectos negativos: LIC = 0.

4.- La interpretación del control del proceso es igual a un gráfico p.

5.- Interpretación de la habilidad del proceso.

supongamos n= 9,860

$$\frac{9860 - 3.73}{9860} \times 100 = 99.96\%$$

$$3\sigma < 99.96\% < 4\sigma$$

El proceso es hábil para 3 σ

Ejemplo 7

Paros en la máquina Flexográfica 204

Como ejemplo calcularemos el número de paros no programados en la flexográfica Ward 204. Consideremos los turnos dependiendo del número de horas trabajadas.

FECHA	N	C	U	FECHA	N	C	U
9	8	8	1	18	8	6	.8
10	8	17	2.1	19	8	14	1.8
11	9	18	2	22	8	17	2.1
12	8	15	1.9	23	7	13	1.9
15	8	23	2.9	24	8	15	1.9
16	7	9	1.3	25	9	16	1.8
17	7	19	2.7	26	9	22	2.4

2. Cantidad de defectos promedio por unidad del proceso

$$u = 212/112 = 1.89$$

3. Cálculo de límites de Control

$$LSCu = 1.89 + 3\sqrt{1.89/8} = 3.35$$

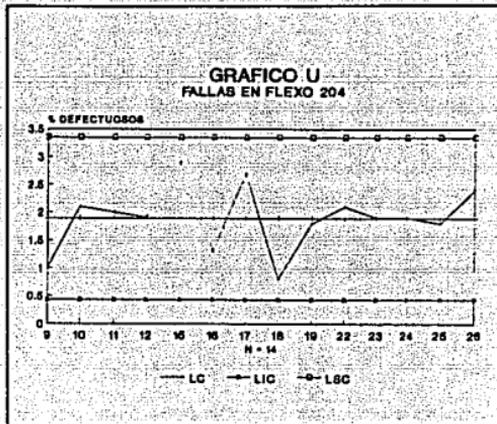
$$LICu = 1.89 - 3\sqrt{1.89/8} = .43$$

donde \bar{n} = es el tamaño de muestra. Promedio = 8.

Nota: Cuando el tamaño de un subgrupo excede por mucho del tamaño de la muestra promedio y el punto graficado correspondiente está cerca del límite de control, deberán recalcularse los límites de control así:

$$LCu = \bar{u} = 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

donde n es el tamaño de muestra del subgrupo considerado.



Gráfica 10

4.- La interpretación del control del proceso es igual al gráfico p.

5.-Interpretación de la habilidad del proceso

8 - 1.89 = 6.11hrs. de funcionamiento constante de la máquina.

3.6 HISTOGRAMAS

Es habitual que los artículos que salen de una misma línea de producción difieran ligeramente en dimensión, dureza u otras características. De hecho, aunque pudieramos tener materiales de la misma calidad, máquinas y métodos de trabajo idénticos y con inspecciones iguales, nunca podríamos tener dos productos iguales. Esto se llama variación, y es una de las razones por las que tenemos especificaciones que consideran determinadas variaciones. Una herramienta que nos ayuda a saber que tanta variación existe en un grupo de productos es el histograma.

El histograma es una representación visual de los datos, en la que pueden observarse mas facilmente 3 propiedades:

1. La forma de su distribución
2. Acumulación, o tendencia central
3. Dispersión o variabilidad

Construcción de un Histograma

Cuando hay muchos datos, es difícil determinar cual es su distribución leyendo simplemente las cifras. En tal situación si disponemos los datos en orden de sucesión, mostrando cuantas cifras son de magnitud semejante y luego trazamos un gráfico, podremos ver la tendencia general.

1. Cuente los datos.
2. Registre el mayor (M) y el menor (m) de la totalidad de datos.
3. La amplitud (R) de la totalidad de los datos es:

$$R = (M - m)$$

Se puede dividir esta amplitud en clases e investigar cuántos datos pertenecen a cada clase. La cantidad de clases K (la cantidad de barras del histograma), a menudo conviene elegirse con un número total de celdas aproximadamente igual a la raíz cuadrada del tamaño de la muestra.

La amplitud de clase quedará:

$$h = \frac{M - m}{K}$$

4. Se calculan los límites de clase.

Este intervalo de clase, h, que se utilizará como unidad de graduación horizontal del histograma. debe expresar como múltiplo de un número entero.

$$m, m+h, m+2h, \dots, m+kh.$$

5. Determine la frecuencia (fi) de observaciones de cada clase.

6. Calcular las frecuencias relativas (f_{ri}).

$f_{ri} = f_i/n$ Donde n = al número total de observaciones

7. Trace la gráfica de frecuencias.

Ejemplo 8

En la tabla se presentan 125 observaciones de la medida en metros lineales de los rollos de corrugadora. Se obtuvieron los datos en subgrupos de 5, obteniendo 25 muestras.

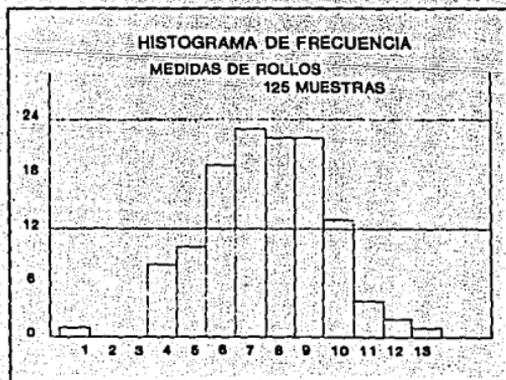
	#MUESTRAS					OBSERVACIONES				
1	4030	4002	3998	3992	4000					
2	3995	3992	3994	4011	3999					
3	3988	4024	3998	4005	3998					
4	4002	3996	4005	4015	4005					
5	3992	4007	3986	3989	4003					
6	4009	3994	4018	3985	4005					
7	3995	4006	4003	4000	4020					
8	3985	4003	4013	4015	4005					
9	4008	3995	4009	4005	4006					
10	3998	4000	3990	4007	4009					
11	3994	3998	3990	3995	4000					
12	4004	4000	3993	4000	4017					
13	3983	4002	3995	4008	4012					
14	4006	3967	4019	4004	3984					
15	4012	4014	4001	4002	4007					
16	4000	3984	4021	4009	3996					
17	3994	4012	3993	4014	4007					
18	4006	4010	4015	3993	4000					
19	3984	4002	3997	4005	3997					
20	4000	4010	3994	3988	4003					
21	3988	4001	3993	4004	3996					
22	4004	3999	4009	3995	4009					
23	4010	3989	3990	3990	4014					
24	4015	4008	3994	3996	4010					
25	3982	3984	4007	3997	4013					

3. $R = M - m = 4030 - 3967 = 63$

4. Amplitud de clase

$H = 63/\sqrt{125} = 63/11 = 5$

Medida de Rollos	Recuento	5. Frecuencia	Fr. Acum.	6. Fr. Rel.	Fr. R.A.
3965 <x≤ 3970	1	1	1	.008	.008
3970 <x≤ 3975		0	1	.000	.008
3975 <x≤ 3980		0	1	.000	.008
3980 <x≤ 3985	11111 111	8	9	.064	.072
3985 <x≤ 3990	11111 11111	10	19	.080	.152
3990 <x≤ 3995	11111 11111 11111 1111	19	38	.152	.304
3995 <x≤ 4000	11111 11111 11111 11111 1111 111	23	61	.184	.488
4005 <x≤ 4005	11111 11111 11111 11111 11 11	22	83	.176	.664
4005 <x≤ 4010	11111 11111 11111 11111 11	22	105	.176	.840
4010 <x≤ 4015	11111 11111 111	13	118	.104	.944
4015 <x≤ 4020	1111	4	122	.032	.976
4020 <x≤ 4025	11	2	124	.016	.992
4025 <x≤ 4030	1	1	125	.008	1.00
TOTAL		125		1.0	



Gráfica 3.11

Respecto a los datos de longitud de nuestro ejemplo, se observa que la distribución es aproximadamente simétrica y unimodal (con forma de montículo), con tendencia central cercana a los 4000 mts., mientras que otros alcanzan los 4030 mts.. Así, el histograma da una idea del proceso, lo que un simple examen de los datos tabulados no hace.

Puesto que un histograma es un gráfico en forma de barras, o rectángulos, también se le conoce como gráfica de barras

3.7 DIAGRAMA DE PARETO

Muchos aspectos de la producción fabril requieren mejoras, asignación de horarios, reducción de costos, etc., y sabemos que no todos los problemas a los que nos enfrentamos tienen la misma importancia, la prueba la tenemos cuando decimos que no es posible resolver todos nuestros problemas al mismo tiempo; debemos asignar prioridades y resolver primero los más importantes.

En todo fenómeno que resulte de la intervención de varias causas o factores, se encontrará que un número pequeño de causas de la lista, contribuyen a la mayor parte del efecto, mientras que la mayor parte de las causas restantes contribuye solo a una pequeña parte del efecto.

Un diagrama de Pareto, indica que problemas debemos resolver primero en términos de su contribución al problema.

Construcción de un diagrama Pareto

1. **Elabore la lista de los defectos.**
Productos dañados, etc., que formarán parte del diagrama de Pareto.
2. **Decida el período de tiempo que ilustrará en su gráfica.**
En otras palabras, de que momento a que momento cubrirá. No hay un período de tiempo preestablecido, de modo que es natural que el período varíe según la situación.
3. **Obtenga el número de casos.**
(frecuencia de ocurrencia) para cada artículo o defecto para el período considerado. El total de cada artículo estará representado por la longitud de la barra.
4. **Calcule el porcentaje defectuoso mediante la siguiente fórmula:**

$$\% \text{ defectuoso} = n/N \times 100$$

Donde n = Número de casos por defecto (frecuencia de ocurrencia).
 N = Tamaño de la muestra (total de casos).

El porcentaje defectuoso nos da información sobre la mejora que se puede obtener al solucionar un problema, en términos de porcentaje absoluto.

5. Calcule el porcentaje relativo de defectos.

Este porcentaje nos da información de cuanto se puede mejorar al solucionar un problema dentro de la "dimensión crítica.

El cálculo del porcentaje relativo se efectúa de la siguiente forma:

$$\% \text{ Relativo} = n/d \times 100$$

Donde n = Número de casos por defecto

d = Número de casos defectuosos de la dimensión crítica considerada.

6. Calcule el porcentaje relativo acumulado.

Este porcentaje nos da información de los defectos considerados en nuestra dimensión crítica. Se calcula sumando el porcentaje relativo de defectuosos.

7. Trace los ejes horizontal y vertical.

Hágalo en un papel para gráficas y marque en el eje vertical la escala que representará el número de defectuosos y el porciento.

Una vez obtenida la información el siguiente paso será analizar el problema principal en su dependencia con los otros, pudiendo ser este un cuello de botella.

Ejemplo 9

Incapacidad total o parcial del personal obrero durante 1992.

A continuación se presenta información sobre la causa de los accidentes que han implicado incapacitación total o parcial, dentro de la planta, durante 1992.

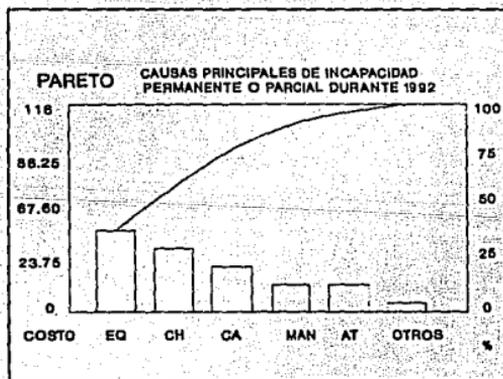
1. Tipos de accidentes

- Usos inadecuados del equipo de seguridad.
- Caída del cartón por mal entarimado.
- Atropellados por montacargas.
- Quemaduras en rodillos precalentadores.
- Uso manual de prensa 201.
- Otros.

2. Del 1 de enero al 31 de diciembre de 1992

Tipo de defectos	#Casos	% Inc.	% Rel. Inc.	% Rel Acum.
1	43	8.6%	37.39%	37.39%
2	30	6.0%	26.08%	63.47%
3	20	4.0%	17.39%	80.86%
4	10	2.0%	8.69%	89.55%
5	9	1.8%	7.82%	97.37%
6	3	.6%	2.6%	99.90%
Total	115	23%	99.9%	

3. Número de casos = 115
4. $(43/500)*100 = 8.6$
5. $(43/115)*100 = 37.39$
6. $37.39 + 26.08 = 63.47$



Gráfica 3.12

3.8 DIAGRAMA DE PROBABILIDADES

El diagrama o gráfica de probabilidades, es una alternativa al histograma que puede servir para determinar la forma, el centro y la dispersión de la distribución. Tiene la ventaja de que no es necesario dividir la amplitud de la variable en intervalos de clase, y con frecuencia produce resultados razonables para muestras moderadamente pequeñas.

Un diagrama de probabilidades es una gráfica de los datos jerarquizados en función de la frecuencia acumulada de la muestra, elaborada en un papel especial y con la escala vertical, de manera que la distribución acumulativa del tipo supuesto es una recta.

Dada una lista de mediciones, se calcula la posición en la gráfica P_j de la observación con rango j de la siguiente manera:

$$P_j = \frac{j - 1/2}{n}$$

donde n es el tamaño muestral.

Ejemplo 10

Prueba de calibre a láminas de cartón corrugado.

Considerense las 20 observaciones de calibre de cartón corrugado, que aparece a continuación, ya ordenadas por rangos o jerarquía:

Rango de Cal. j	1	2	3	4	5	6	7	8
$x_{\text{barra } j}$	197	200	215	221	231	242	245	258
Pos. en G. P_j	.025	.075	.125	.175	.225	.275	.325	.375

Rango de Cal. j	9	10	11	12	13	14	15	16
$x_{\text{barra } j}$	265	265	271	275	277	278	280	283
Pos. en G. P_j	.425	.475	.525	.575	.625	.675	.725	.775

Rango de Cal. j	17	18	19	20
$x_{\text{barra } j}$	290	301	318	346
Pos. en G. P_j	.825	.875	.925	.975

Por ejemplo, la posición del punto 1 es:

$$P_1 = \frac{1 - 1/2}{20} = \frac{.5}{20} = .025$$

La línea se ajusta "a ojo". Al trazar la línea, es mejor dar más importancia a los puntos centrales de la gráfica que a los de los extremos.

La media de la distribución normal es el percentil 50, el cual se puede estimar en 260. La desviación estándar de la distribución es la pendiente de la recta.¹

$$\begin{aligned}\hat{\sigma} &= \text{percentil 84} - \text{percentil 50} \\ &= 298 - 260 = 38\end{aligned}$$

Observese que $\mu = 260$ y $\hat{\sigma} = 38$, no están lejos de la media muestral $\bar{X} = 264.06$ y la desviación estándar $S = 32.02$.

También es posible utilizar la gráfica de probabilidad normal para estimar los rendimientos de procesos y sus tasas de rechazo. Por ejemplo, la especificación para la resistencia del cartón es $LIE = 200$. De la figura se estimaría que alrededor del 4.5% de las cajas, estarían en un valor inferior a tal límite.

Una desventaja obvia de las gráficas de probabilidades es que no se trata de un procedimiento objetivo. Es posible que dos analistas lleguen a dos diferentes conclusiones utilizando los mismos datos. Por este motivo, a menudo es deseable completar las gráficas de probabilidad con pruebas de bondad de ajuste, según una base estadística más formal.

¹ El trazo de la gráfica esta en la última sección del Capítulo 4.

3.9 ESTADÍSTICAS BÁSICAS

1.

La media muestral o promedio de un conjunto de mediciones x_1, x_2, \dots, x_n es la suma de estas mediciones dividida entre n .

La media se denota como: \bar{x} (léase x barra), que se expresa operacionalmente como:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

De acuerdo con el concepto de "promedio" la media representa el centro de un conjunto de datos.

Algunas características de la Media.

- La media se ve fuertemente afectada por los valores extremos.
- Se puede interpretar como el centro de gravedad de las observaciones.
- La suma de las desviaciones de un conjunto de valores respecto a su media es cero.
- La suma de los cuadrados de las desviaciones de un conjunto de números respecto a una constante k es mínima si $k = \bar{x}$.

2.

La mediana muestral de un conjunto de n mediciones x_1, \dots, x_n es el valor medio cuando las mediciones están ordenadas de la menor a la mayor. Si n es impar, hay un solo valor, y ese será la mediana. Si n es par, habrá 2 valores medios y la mediana será el promedio de estos.

La mediana se denota como en este trabajo como M^2 .

Algunas características de la Mediana.

- La mediana no se ve afectada fuertemente por los valores extremos.
- Geoméricamente es el valor que divide el área del histograma en dos partes iguales.
- Graficamente se puede obtener de la ojiva o distribución de frecuencias relativas acumuladas, como la abscisa que corresponde al .50 de la ordenada o como el punto de intersección de las ojivas creciente y decreciente.

3.

El rango de un conjunto de mediciones X_1, \dots, X_n es la diferencia que existe entre el valor mayor y el menor.

$$R = X_i \text{ (m\u00e1ximo)} - X_i \text{ (m\u00ednimo)}$$

Nos permite ver de manera por dem\u00e1s simple, la variabilidad existente entre las mediciones.

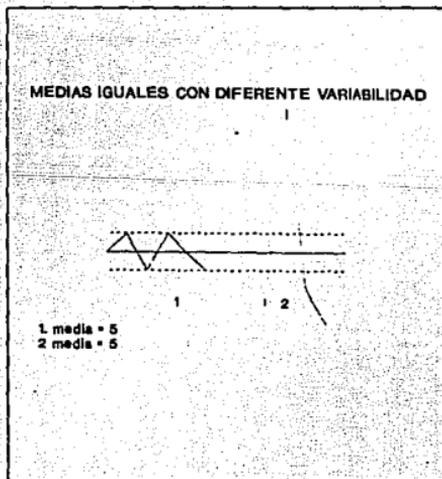
Adem\u00e1s de localizar el centro de los datos, un aspecto importante es la variaci\u00f3n de las mediciones alrededor del centro. Consideremos el siguiente ejemplo.

Mediciones obtenidas de una caracter\u00edstica determinada, durante un proceso.

4,5,6,6,5,4 y 10,2,13,3,1,

ambas tienen $\bar{X} = 5$. Sin embargo existe una diferencia sustancial entre ellas.

Presentemos un diagrama donde se grafiquen los datos.



Gr\u00e1fica 3.13

Mientras la media es una medida central, la variación de los puntos individuales sobre el centro es la diferencia:

$(x_1 - \bar{x}), (x_2 - \bar{x}), \dots (x_n - \bar{x})$ que podríamos llamar las desviaciones de la media o simplemente desviaciones. Dado que el resultado es 0, se eleva al cuadrado y definimos:

4.

La varianza muestral s^2 de un conjunto de mediciones x_1, \dots, x_n está definida como:

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

Para obtener una medida de variación en las mismas unidades que los datos, consideramos la raíz cuadrada de la varianza, llamada desviación estándar.

5.

La Desviación estándar está definida como:

$$s = \sqrt{\text{varianza}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

6.

El coeficiente de variación sirve para poder comparar la dispersión en dos poblaciones medidas en diferentes unidades. Se toma una medida que carece de unidades

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

7.

Error estándar Es la variación de \bar{x} σ/\sqrt{n}

La distribución Normal

En los primeros años del siglo XIX el matemático alemán Carl Friedrich Gauss observó que gran cantidad de fenómenos naturales seguían una distribución caracterizada por:

1. La probabilidad de ocurrencia aumenta a medida que la variable se acerca a su valor medio y disminuye cuando se desvía de dicho valor.
2. Las ocurrencias por encima y por debajo de la media son igualmente probables.

3. Aunque la mayoría de las desviaciones de la media son pequeñas, es posible, aunque muy raro, que se produzcan grandes desviaciones de la media.

Esta distribución es conocida como normal o gaussiana, es la distribución continua más importante, por las siguientes razones:

1. Muchas variables aleatorias que aparecen en relación con experimentos u observaciones prácticas están distribuidas normalmente.
2. Otras variables están distribuidas normalmente en forma aproximada.
3. Algunas veces una variable no está distribuida normalmente, ni siquiera en forma aproximada, pero se puede convertir en una variable con distribución normal por medio de una transformación sencilla.
4. Ciertas distribuciones más complicadas se pueden aproximar mediante la distribución normal.
5. Ciertas variables que son básicas para justificar pruebas estadísticas están distribuidas normalmente.

La función de distribución de la distribución normal es una integral que no se puede evaluar con métodos elementales, pero se puede tabular.

Función de distribución.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{1}{2} \frac{(v-\mu)^2}{\sigma^2}} dv.$$

Una distribución normal se suele denominar curva acampanada por la forma de su función de densidad.

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad (\sigma > 0)$$

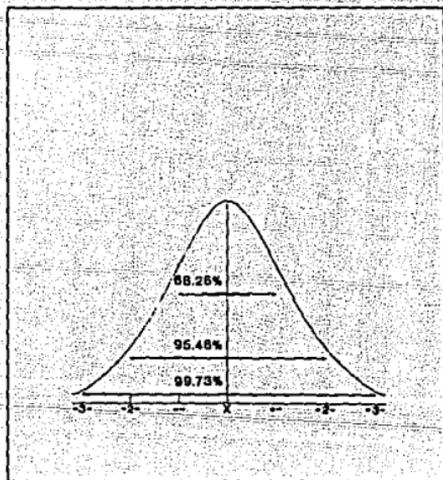
Con media = μ y desviación estándar = σ

La probabilidad de la extensión de los intervalos.

1 D.S. a cada lado de la media: $P[\mu - \sigma < X < \mu + \sigma] = .683$

2 D.S. a cada lado de la media: $P[\mu - 2\sigma < X < \mu + 2\sigma] = .954$

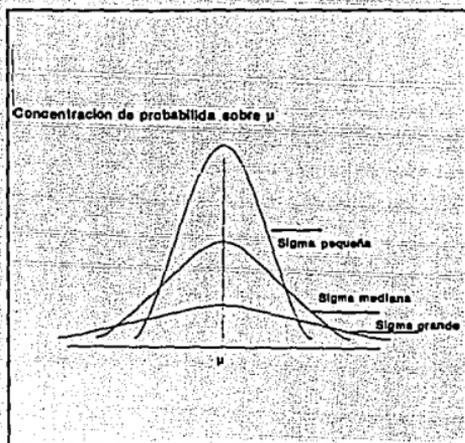
3 D.S. a cada lado de la media: $P[\mu - 3\sigma < X < \mu + 3\sigma] = .997$



Gráfica 3.14

En la fórmula de la función de densidad, π es el área del círculo con un radio aproximado de 3.1416, y e es aproximadamente 2.7183. La curva es simétrica a su media μ que se localiza en la cumbre de la campana. La curva es asintótica en el 0 para cualquier valor de x por lo que se considera bastante acercamiento $\mu \pm 3\sigma$, ya que en este intervalo se contiene el 99.7% del área total.

Si incrementamos o decrementamos σ , tenemos el siguiente comportamiento:



Gráfica 3.15

La Distribución normal estándar muestra una campana con
 media $\mu = 0$
 desviación estándar $\sigma = 1$
 Y se denota como: $N(0,1)$

Algunas medidas básicas de la distribución muestral X , tal como la
 varianza, pueden ser deducidas por la probabilidad estructurada de
 una muestra aleatoria.

Media Poblacional = μ

Varianza Poblacional = σ^2

En una muestra aleatoria, las variables aleatorias X_1, \dots, X_n son
 independientes, y cada una tiene la distribución de la población.
 Consecuentemente:

$E(X_1) = \dots = E(X_n) = \mu$

$\text{Var}(X_1) = \dots = \text{Var}(X_n) = \sigma^2$

Teorema central de límite

En muestras aleatorias de una población arbitraria con media μ y desviación estándar σ , la distribución de X cuando n es grande, es aproximadamente normal, con media μ y desviación estándar σ/\sqrt{n} .
En otras palabras:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \text{ es aprox. } N(0,1)$$

$$(\bar{X} \text{ ————— } N(\mu, \sigma^2/n))$$

CAPITULO 4

SOFTWARE PARA EL CONTROL DE CALIDAD

4.1 INTRODUCCION AL ZONTEC

Zontec pertenece al grupo de Sistemas Economizadores de Tiempo SPC, siendo estos diseñados para ser parte integral de la calidad en la producción. Empleados como una herramienta en el intercambio de información y de ideas entre los administradores y los operadores; Zontec ha contribuido al mejoramiento de la calidad del proceso y del producto tanto en grandes como pequeñas empresas. Ya sea que los datos se reciban en línea, o fuera de línea, que se analicen en un tiempo real o no, se ejecuta el programa en una computadora pequeña individual o en una red de ellas.

4.2 LAS FUNCIONES MAS COMUNES DE ZONTEC EN SU PRIMERA ETAPA

Operación

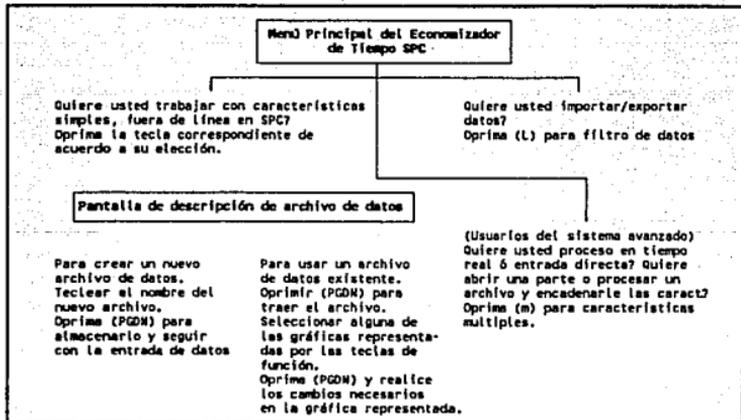
1. Crear y analizar un número ilimitado de archivos de características simples.
2. Desplegar cualquier número de muestras (subgrupos) en la gráfica de control.
3. Insertar, eliminar o marcar una muestra o grupo de muestras.
4. Imprimir todos los datos o parte de ellos y alguna de las gráficas y sus respectivos resúmenes o sumarios.
5. Analizar el uso de las herramientas y la regresión lineal de datos.
6. Pasar de una gráfica a otra presionando la tecla de funciones
7. Realizar los trabajos de archivos de administración, tal como obtener un directorio de archivos, copiar, eliminar o renombrar cualquier archivo característico, con facilidad.
8. Introducir datos directamente de BetaMUX, Gagetalker, y Mitutoyo.

Reportes

1. Realizar una gran variedad de funciones de control de gráficas: crear tres tipos de gráficas de control por variables: X-R, M-R, y X-S.
2. Crear 4 tipos de gráficas de control por atributos p, np, u, y c.

3. Calcular por medio del sistema tres conjuntos de límites de control.
4. Dibujar histogramas con o sin curvas normales y con o sin límites de especificación.
5. Crear dos tipos de gráficas de capacidad. Capacidad empleando el sigma estimado y capacidad real empleando el sigma calculado.
6. Efectuar análisis de capacidad (si, entonces).
7. Realizar estudios de probabilidad de la curva de adecuación.
8. Crear gráficas pareto, analizando las trece categorías de defectos, incluyendo la categoría miscelánea denominada "Otros".

El Mapa de Ruta



4.3 CARACTERISTICAS OPERACIONALES

Para utilizar el sistema SPC, se necesita lo siguiente:

1. Una computadora personal IBM, o compatible, con un disk drive de 5.25" o 3.5" y un disco duro.
2. Memoria de 640K.
3. Una CGA, EGA, VGA o tarjeta de gráficas Hércules.
4. Dos de 3.0 ó mas.

4.4 ESTRUCTURA DE ARCHIVOS

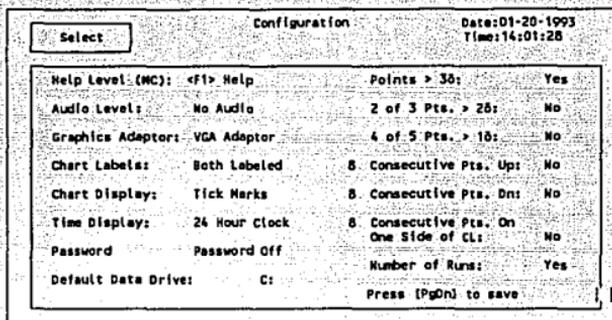
A través del menú principal uno puede conocer las opciones que el paquete maneja. Para introducirnos en alguna de las letras que aparecen en el menú, basta oprimir la letra correspondiente, ó bien, hacerlo dentro de las pantallas de trabajo.

Select	SPC Time Saver Main Menu	Date:01-20-1993 Time:14:01:28
A Reference	I Probability	Description
B Edit	J Tool Wear	
C Calculation	K Pareto	Instruction Press the letter of the option or use arrow keys to move high light to option and press [Enter].
D Control Chart	L Data Filter	
E Histogram	M Multiple Chars	
F Capability		
G Run Chart		
H Print Data	Q Quit	

CUADRO 4.1

Configuración de las funciones comunes

Una vez instalado el SPC., para tener acceso al menú de configuración, oprima la función (F22) CONFIG y realice los cambios necesarios a los valores estándar que usted desee. Se pueden almacenar los valores y regresar a la pantalla original oprimiendo (PGDN). Si desea regresar sin almacenar los valores oprima (PGUP). La pantalla de Configuración proporciona las siguientes opciones:



CUADRO 4.2

1. Selección del nivel de ayuda.

(Aplicable solamente a las funciones de características múltiples).

Se pueden elegir dos diferentes niveles de ayuda. En el nivel 1, las ventanas de ayuda (espacios de ayuda dentro de la pantalla) se desplegarán solamente en caso de que así se solicite oprimiendo la clave de función (F01). En el nivel 2, las ventanas de ayuda se desplegarán continuamente en cada campo.

2. Selección del nivel de audio.

Son cinco los niveles de audio disponibles:

- Sin audio.
- Sólo los grandes errores son señalados.
- Los errores grandes y pequeños son señalados.
- Las funciones de mayor importancia son señaladas.
- Todas las funciones son indicadas con un sonido.

El valor estándar (default value) es el (e).

Para seleccionar el nivel de audio adecuado, utilice las teclas de flechas para mover el cursor hacia el campo "AUDIO LEVEL" (Nivel de Audio). Oprima la barra espaciadora hasta que la opción deseada sea desplegada y oprima (ENTER).

3. Selección de la opción de la tarjeta graficadora.

Una vez que el programa ha sido instalado, usted puede cambiar la opción de la tarjeta graficadora. Puede seleccionar tres opciones:

- CGA.
- EGA.
- VGA.

Para seleccionar la tarjeta graficadora a su elección, utilice las flechas hacia "GRAPHICS CARD" (Tarjeta Graficadora).

4. Selección de la opción de etiqueta de la gráfica.

Usted puede seleccionar el tipo de etiquetas que desee para sus gráficas de control y pareto.

- a) Sin etiquetas.
- b) Etiquetar el eje de las X's.
- c) Etiquetar el eje de las Y's.
- d) Etiquetar ambos ejes.

El valor estándar es el (d), etiquetar ambos ejes.

La barra espaciadora debe oprimirse hasta que la opción deseada sea desplegada y oprima [ENTER].

5. Selección del desplegado de la gráfica.

Esta opción selecciona las marcas de graduación que aparecen en las gráficas. Las opciones posibles son:

- a) Sin marcas.
- b) Con marcas.
- c) Cuadrícula punteada.

El valor estándar es (b); con marcas.

6. Selección del tiempo a ser desplegada.

Respecto al tiempo a ser desplegado en la pantalla, usted puede elegir entre el formato AM/PM o el formato 24 HORAS:

- a) Reloj AM/PM.
- b) Reloj 24 HORAS.

7. Selección de "Password" para protección.

Esta opción permite seleccionar una contraseña (password) de protección para la función de características múltiples. Las opciones son:

- a) Sin contraseña.
- b) Con contraseña.
- c) Cambio de contraseña.

El valor estándar es (a); sin contraseña.

Para poner la contraseña de protección, oprima la barra espaciadora hasta que vea desplegarse en la pantalla la frase "PASSWORD ON" y oprima [ENTER]. Teclee el nombre de la contraseña que desee y oprima [ENTER]. por seguridad, la contraseña que usted teclee no aparecerá en la pantalla. Posteriormente se le pedirá que teclee la palabra nuevamente para confirmar.

Para quitar la contraseña, oprima la barra espaciadora hasta que se despliegue la frase "CHANGE WORD" (cambio de contraseña) y oprima [ENTER].

8. Selección del área en disco.

Usted puede elegir el área en disco para sus archivos de datos. La computadora buscará sus archivos en esta área hasta que usted la sobrepase al teclear una letra correspondiente a otra área ya sea en el campo denominado "JOB NAME" (Nombre del Trabajo) o bien, en el campo denominado "FILE NAME" (Nombre del Archivo). Para ello usted puede hacer su elección de la A a la Z. El valor estándar es C:.

9. Selección de las pruebas de control.

Se pueden seleccionar algunas o todas las pruebas de control de las que se enumeran a continuación:

- a) Puntos más allá de 3 Sigma.
- b) 2 de 3 puntos más allá de 2 Sigma.
- c) 4 de 5 puntos más allá de 1 Sigma.
- d) Puntos consecutivos para arriba.
- e) Puntos consecutivos por abajo.
- f) Puntos consecutivos sobre un lado de la línea central.
- g) Número de corridas.

La elección estándar es la ejecución de todas las pruebas de control. Las pruebas consecutivas son puestas a 8 puntos.

Si un punto particular, está fuera de control para una prueba a efectuarse, ese punto será marcado en la gráfica con un diamante. Las gráficas sumarias reflejarán también la información fuera de control. Para seleccionar las pruebas de control utilice las teclas de flechas para mover el cursor hacia cada campo de selección de prueba de control. Oprima la barra espaciadora hasta que el campo de prueba de control despliegue "ON" u "OFF" (Activado o desactivado) y oprima (ENTER).

Usted puede seleccionar de 2 a 9 puntos. Cuando el número correcto de puntos sea desplegado oprima (ENTER).

Pruebas de Control

Las siguientes pruebas de control son administradas en todas las muestras. Estas pruebas pueden ser modificadas mediante el uso de la clave (F22) CONFIG.

1. Puntos de más de 3-sigma, cuenta los puntos los cuales están en más de 3-sigma arriba ó abajo de la línea central y los marca con diamantes, al menos que estos estén incluidos en un conjunto de límites posterior.
2. Corridas arriba y abajo de la línea central, cuenta el número de corridas de una longitud específica arriba y abajo de la línea central. La longitud para probar puede ser cambiada usando la clave (F22) CONFIG. Esta es inicialmente puesta en 8.

3. Puntos Consecutivos Crecientes/Decrecientes, cuenta el número de corridas de puntos continuamente crecientes/decrecientes. La longitud de la corrida puede ser cambiada usando la clave (F22) CONFIG. Esta es inicialmente puesta en 8.
4. 2 de 3 Puntos de más de 3 Sigma, cuenta el número de veces en que 2 de los últimos 3 puntos caen por arriba de la línea central en más 2-Sigma o por abajo de la línea central en menos 2-sigma. Los puntos no son contados en más de un grupo de 3 puntos.
5. 4 de 5 puntos de más de 1-sigma, cuenta el número de veces en que 4 de los últimos 5 puntos caen por encima de la línea central en más de 1-sigma o por debajo de la línea central en menos de 1-sigma. Los puntos no son contados en más de un grupo de 5 puntos.
6. Número de Corridas", cuenta el número de corridas por encima y por abajo de la línea central.

4.5 MODIFICACION, ACTUALIZACION Y TRANSFORMACION

La característica del directorio despliega una lista de todos los archivos disponibles de acuerdo con la especificación que usted tecleó para la búsqueda de los mismos. Usted puede desplegar el directorio en una ventana (pequeño espacio dentro de la pantalla), de dos maneras. Mientras el cursor está en campo "FILE NAME" (Nombre del Archivo), oprima (ENTER) o teclee un * y oprima (ENTER). (Cuadro 4.3)

Si usted desea desplegar solo determinadas partes del directorio, puede teclear parte del nombre del archivo y empleando los caracteres especiales "?" y "*" , teclee alguno de ellos en el lugar de los caracteres faltantes del nombre del archivo. El signo "?" es usado en lugar de los caracteres individuales, y el signo "*" es usado en lugar de los caracteres grupales. Consulte su manual de DOS para mayor información acerca del uso de tales caracteres. Después de haber tecleado el patrón que usted desea buscar, oprima (ENTER).

El directorio desplegado en una ventana es también usado para seleccionar, borrar, renombrar o copiar archivos.

Typeover	Data File Description	Date:01-20-1993		
		Time:14:01:28		
Data File name:		Last changed: 00:00		
Description:				
[Directory]	Date:	Time:		
	Size:			
COMPRES.SMP	GRAF1.SMP	PARETO.SMP	PROCTER.SMP	TUTOR.SMP
CORONA.SMP	GRAF2.SMP	PROB1.SMP	PROFIT.SMP	ZONTEC1.SMP
DISCO.SMP	GRAF3.SMP	PROB2.SMP	PSICOL.SMP	ZONTEC2.SMP
- Moves Cursor, = Selects, F26 Erases, F27 Renames, F28 Copies				
To access an existing file, type the file name and press [PgDn].				

CUADRO 4.3

Selección de un archivo

Para seleccionar un archivo de datos existente, utilice las teclas de flechas para resaltar el nombre del archivo que usted desea usar. El campo "DESCRIPTION" (Descripción) cambia de acuerdo al archivo que se vaya resaltando. Cuando se ilumine o se resalte el archivo deseado, oprima (ENTER). La ventana del directorio desaparecerá y el cursor estará localizado en la primera línea del campo "DESCRIPTION" (Descripción). Para hacer desaparecer la ventana del directorio sin seleccionar archivo alguno, oprima (PgUp).

Crear un nuevo archivo

Para crear un nuevo archivo, teclee el nombre del archivo incluyendo su ruta, si la tiene y oprima (ENTER). El cursor se mueve hacia el campo de descripción "DESCRIPTION" y el mensaje "NEW FILE" (Nuevo Archivo) aparece en el campo "LAST CHANGE" (Cambio más Reciente).

Para borrar un Archivo

La clave (F26) ERASE es empleada para borrar un archivo existente de los del directorio. Para acceder esta función, utilice las teclas de flechas para resaltar (iluminar) el nombre del archivo que usted desea borrar y oprima la tecla de función ERASE. Aún así, a usted se la pide que confirme la eliminación del archivo. Oprima "y" (Yes) para confirmar la eliminación del archivo, ó bien, oprima "N" (No) para conservar el archivo.

Para renombrar un archivo .

La clave (F27) RENAME es empleada para cambiar el nombre de un archivo existente. Para accesar esta función, utilice las teclas de flechas para resaltar (iluminar) el nombre del archivo al que usted desea renombrar y oprima la clave de función RENAME. En la parte inferior de la pantalla se desplegará una línea solicitándole el nuevo nombre que usted desea darle al archivo. Teclee el nuevo nombre incluyendo la extensión correspondiente, y oprima (ENTER). Si usted no incluye la extensión .SMP, el archivo no aparecerá en el directorio. Para cancelar el nuevo nombre del archivo y que permanezca el nombre actual, oprima (ENTER) sin teclear ningún caracter.

Para copiar un archivo

La clave (F28) COPY es empleada para copiar un archivo ya existente. Para accesar esta función, utilice las teclas de flechas para resaltar el nombre del archivo que usted desea copiar y oprima la tecla de función COPY. En la parte inferior de la pantalla se desplegará una línea solicitándole que teclee el nombre que usted desea darle a la nueva copia del archivo. Teclee el nombre, incluyendo la extensión y oprima (ENTER). Si usted no incluye la extensión .SMP, el archivo no aparecerá en el directorio.

NOTA: Para cancelar la función COPY, oprima (ENTER) sin teclear ningún caracter.

Impresión de Datos

La función de impresión de datos puede selectivamente imprimir los datos en un archivo previamente especificado. Puede imprimir datos para un número dado de muestras e incluir o excluir los límites de control y los límites de especificación. Esta función involucra solamente una pantalla: La Pantalla de Organización de los Datos de Impresión ("PRINT DATA SET UP SCREEN").

NOTA: Esta función imprime solamente los datos en un archivo .SMP. Las gráficas pueden imprimirse trayendo la gráfica a la pantalla y oprimiendo las teclas (SHIFT) Y (PRTSCN) simultáneamente.

Importar y Exportar

Exporta datos, utilizando filtros automáticos, a cualquier otro programa que use archivos de código ASCII o archivos DIF, programas tales como:

- Editor de textos o procesador de palabras.
- Bases de datos.
- Hojas de cálculo.

Importa todos o parte de los datos, utilizando filtros a elección de cualquier otro programa que utilice archivos de código ASCII o archivos DIF, programas tales como:

- Editor de textos o procesador de palabras
- Bases de datos
- Hojas de Cálculo

Cambia archivos de Código ASCII a formato DIF y transferencia selectiva de datos de acuerdo con parametros establecidos.

Junta dos archivos SPC para producir un gran archivo.

Para Exportar Datos

Teclee el nombre del archivo .SMP y el nombre de la meta de archivo ASCII. Pulse [PgDn]. La transferencia de datos es automática. El archivo objeto está listo para ser usado

Para Importar Datos

Teclee el nombre del archivo ASCII, así como el archivo de origen (fuente) y el nombre del archivo objeto.SMP. De al filtro a designar un nombre. Presione [PgDn].

(Cuadro 4.4)

Para definir el filtro marque el inicio y el final de la primera grabación con una S y una E (Para archivo de arreglo formateado) o con una B y una E (Para archivo de formato libre). Marque los campos ID's con Ies y las muestras a transferir con 1,2,3 etc. Presione [PgDn] para iniciar transferencia de datos. El archivo objeto está listo para ser usado.

Typeover	Data File Description	Date:01-20-1993 Time:14:01:28
<p>Archivo fuente:</p> <p><input type="checkbox"/> Crear nuevo archivo objetivo <input type="checkbox"/> Utilizar archivo objetivo existente</p> <p>Archivo objetivo:</p> <p><input type="checkbox"/> Crear un nuevo archivo filtro <input type="checkbox"/> Utilizar archivo filtro existente</p> <p>Archivo filtro:</p>		
<p>Teclée el nombre del archivo y extensión para el archivo de donde los datos fueron tomados. Ejemplo: ARCHIVO.EXT</p> <p>Para ver un directorio de archivo disponibles, teclee * y archivo extensión. Ejemplo: *.EXT</p> <p>Presione PgUp para regresar a menú principal.</p>		

CUADRO 4.4

4.6 REFERENCIA

Usted puede observar diversas listas de fórmulas y factores del Zontec, al oprimir la letra "A". (Cuadro 4.5)

MENÚ DE REFERENCIA DEL SISTEMA SPC		Fecha: 01-20-1993 Hora: 14:01:28
<input type="checkbox"/> Gráfica 'p' Fracción de no conformidad	<input type="checkbox"/> Valores críticos Numero de pruebas corridas	
<input type="checkbox"/> Gráfica 'np' Fracción de no conformidad	<input type="checkbox"/> Valores críticos Mayor prueba corrida	
<input type="checkbox"/> Gráfica 'u' No conformidad por unidad	<input type="checkbox"/> Índices Cp y Pp	
<input type="checkbox"/> Gráfico 'c' No conformidad por unidad	<input type="checkbox"/> Índices Cpk y Cpm	
<input type="checkbox"/> Gráfica ' \bar{X} & R', ' \bar{X} & S'	<input type="checkbox"/> Gráfica 'Mediana & R'	
<input type="checkbox"/> Factores ' \bar{X} & R', ' \bar{X} & S'	<input type="checkbox"/> Factores 'Mediana & R'	
<input type="checkbox"/> Muestra y Población	<input type="checkbox"/> Regresar a Menu Principal	

D1 2 EDITAR 3CALC 4CNTRL 5 HISTO 6CAP 7 CORRER 8 IMPR 9 MENU 0 CLAVE
CUADRO 4.5

Utilice el menú de referencia en la misma manera que el menú principal. Mueva el cursor hacia la referencia individual que usted desea desplegar y oprima (ENTER). Oprima cualquier tecla de la referencia individual para regresar al menú de referencia.

GRAFICA 'P' - FRACCION DE NO CONFORMIDAD

$$\bar{p} = \frac{\text{Número total de unidades no conformes}}{\text{Número total de unidades inspeccionadas}}$$

n = Número de unidades inspeccionadas por muestra

$$LSCp = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-p)/n} \quad LICp = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-p)/n}$$

Notas: Cuando n cambia, LSC y LIC tendrán que ser recalculados.
Utilícese para n > 30. De otro modo use tablas binomiales.
LICp < 0 => No límite inferior.

GRAFICO 'np' - FRACCION DE NO CONFORMIDAD

$$\bar{p} = \frac{\text{Número total de unidades no conformes}}{\text{Número total de unidades inspeccionadas}}$$

n = Número de unidades inspeccionadas por muestra

$$LSCnp = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-p)/n} \quad LICnp = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-p)/n}$$

Notas: Cuando n cambia, LSC y LIC tendrán que ser recalculados.
Utilícese para n > 30. De otro modo use tablas binomiales.
LICnp < 0 => No límite inferior.

GRAFICO 'u' - NO CONFORMIDAD POR UNIDAD

$$\bar{u} = \frac{\text{Número total de no conformidades}}{\text{Número total de unidades inspeccionadas}}$$

n = Número de unidades inspeccionadas por muestra

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} \quad LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

Notas: Utilícese cuando el número de unidades inspeccionada por muestra no es constante.
Cuando n cambia, LSCu y LICu tendrán que ser recalculadas
LICu < 0 => No límite inferior

GRAFICAS \bar{X} -R', 'X-S'

GRAFICA X-BARRA PARA MUESTRAS PROMEDIO			
\bar{x} = Promedio para cada muestra	$\bar{x} = \frac{\text{Suma de } x \text{ para todos los subgrupos}}{\text{Número de subgrupos}}$		
$LSCx = \bar{x} + A2^*R$	$LICx = \bar{x} - A2^*R$	$LSCx = \bar{x} + A3^*S$	$LICx = \bar{x} - A3^*S$
Gráfica 'R' para muestras de rangos		Gráfica 'S' para muestras sigmas	
R = Rango para cada subgrupo		S = Sigmas para cada subgrupo	
$\bar{R} = \frac{\text{Suma de rangos para cada subgrupo}}{\text{Número de Subgrupos}}$		$\bar{S} = \frac{\text{Suma de sigmas para c/subgrupo}}{\text{Número de Subgrupos}}$	
$LSCR = D4^*R$	$LICR = D3^*R$	$LSCs = B4^*S$	$LICs = B3^*S$

FACTORES PARA GRAFICAS

X barra & R				X Barra & S					
n	A2	D3	D4	d2	n	A3	B3	B4	c4
1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
2	1.88	-	3.27	1.128	2	2.66	-	3.27	0.798
3	1.02	-	2.57	1.693	3	1.95	-	2.57	0.886
4	0.73	-	2.58	2.059	4	1.63	-	2.57	0.921
5	0.58	-	2.11	2.326	5	1.43	-	2.09	0.940
6	0.48	-	2.00	2.534	6	1.29	0.03	1.97	0.952
7	0.42	0.08	1.92	2.704	7	1.18	0.12	1.88	0.959
8	0.37	0.14	1.86	2.847	8	1.10	0.19	1.82	0.965
9	0.34	0.18	1.82	2.970	9	1.03	0.24	1.76	0.969
10	0.31	0.22	1.78	3.078	10	0.98	0.28	1.72	0.973

MUESTRA Y POBLACION

$\sigma = R / d2$	Error std. = $\sigma_{\text{muestral}} = \frac{\sigma_{\text{pop}}}{\sqrt{n}}$
$f \text{ cal.} = \frac{\sqrt{R(x - \bar{x})^2}}{\sqrt{(n - 1)}}$	$\sigma \text{ cpm.} = \frac{\sqrt{\sum(x - \text{nom})^2}}{\sqrt{(n - 1)}}$

VALORES CRITICOS PARA No. DE PRUEBAS CORRIDAS

		Puntos arriba de la línea central																		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Puntos abajo de la línea central	6	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6				
	7	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7				
	8	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8				
	9	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9				
	10	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9				
	11	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	10				
	12	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11				
	13	5	6	6	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11				
	14	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12				
	15	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12				
	16	6	6	7	8	8	9	10	10	10	11	11	11	12	12	13				
17	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13					
18	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14					
19	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	14					
20	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15					

VALORES CRITICOS PARA PRUEBAS CORRIDA MAS GRANDES

No. de puntos	Valor Critico	
10	5	Para gráficas que continúan considere 7 de los últimos 20 puntos
20	7	
30	8	
40	9	
50	10	

Notas: Usar línea mediana -- Rechazar a este nivel y abajo.

INDICES CP Y PC

$C_p = \frac{\text{Medidas de Especificación}}{\text{Tolerancia Natural}}$	$P_c = \frac{\text{Tolerancia Natural}}{\text{Medidas de especificación}}$
$C_p = \frac{\text{Especificación Superior} - \text{Especificación Inferior}}{6\sigma}$	
$P_c = \frac{6\sigma}{\text{Especificación Superior} - \text{Especificación Inferior}}$	
$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$	$s_{cal.} = \frac{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}}{\sqrt{(n-1)}}$

INDICES CPK Y CPM

$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$	$s_{cal.} = \frac{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}}{\sqrt{(n-1)}}$	$\sigma_{cpm} = \frac{\sqrt{\sum(x - nom)^2}}{\sqrt{(n-1)}}$
$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\hat{\sigma}}$	$Z_l = \frac{\bar{X} - LIE}{\hat{\sigma}}$	
$Cpk = \frac{\text{Especificación Superior} - \text{Especificación Inferior}}{6 \cdot \hat{\sigma}_{cpm}}$		
$Cpk = \text{Mínimo de } Z_s/3 \text{ ó } Z_l/3$		

GRAFICAS 'MEDIANA-R'

Gráfica Mediana para promedios muestrales	
x = Mediana para cada muestra	x = Mediana de x valores para todos los subgrupos
$LSCx = x + A5 R$	$LIC = x - A5 R$
Gráfica 'R' para rangos muestrales	
R = Rango para cada subgrupo	R = Mediana de rangos para subgrupos
$LSC = d4 R$	$LIC = d3 R$

FACTORES PARA GRAFICAS 'MEDIANA-R'

n	A5	d3	d4	d2
1	-	-	-	-
2	2.254	-	3.87	0.95
3	1.265	-	2.75	1.59
4	0.829	-	2.38	1.98
5	0.712	-	2.18	2.26
6	0.562	-	2.06	2.47
7	0.520	0.08	1.97	2.65
8	0.441	0.14	1.90	2.79
9	0.419	0.19	1.85	2.92
10	0.369	0.23	1.81	3.02

4.7 CLAVES DE ACCION Y FUNCION

Zontec emplea claves asignadas a las teclas de función para acceder comandos que de otra manera tendrían que ser memorizados.

NOTA: La siguiente lista de claves de función se despliega y activa cuando usted oprime la tecla (F10).

F01 REF - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, la clave REFERENCE (Referencia) despliega las fórmulas involucradas en el Zontec.

F02 EDIT - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, la clave EDIT (Editor) lo lleva a la pantalla del Editor, en donde usted puede insertar nuevos datos ó modificar datos ya existentes.

F03 CALC - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de cálculos, en donde usted puede hacer cálculos para tres conjuntos de límites de control para cualquier número de muestras con un (PgDn).

F04 CNTRL - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de

organización de gráficas de control, en donde usted elige el número de muestras a desplegar y la gráfica mínima y máxima, ó bien oprima (F45) para emplear los valores estándar del sistema.

F05 HISTO - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización del histograma.

F06 CAPAB - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización de la gráfica de capacidad.

F07 RUN - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización de gráfica de corridas.

F08 PRINT - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización de impresión.

F09 MENU - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla del Menú Principal.

F10 KEYS - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave despliega el siguiente conjunto de claves de funciones disponibles en el sistema.

F11 PROBAB - Esta clave lo lleva a la pantalla de descripción del archivo de datos. Modifique lo necesario y oprima (PgDn) para la curva de probabilidad.

F12 TOOLWR - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización de la gráfica del uso de herramientas.

F13 PARETO - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de organización de gráficas de Pareto.

F22 CONFIG - Disponible desde cualquier pantalla en el área de funciones comunes, esta clave lo lleva a la pantalla de Configuración.

F31 DELETE - Disponible solamente en el editor EDIT, esta clave elimina la muestra.

F32 HOLD - Disponible solamente en el editor EDIT, esta clave retiene la muestra de los cálculos.

F33 INSERT - Disponible solamente en editor EDIT, esta clave inserta una muestra vacía.

F34 MARK - Disponible solamente en el editor EDIT, esta clave se encarga de marcar la muestra.

F35 AUTOADD - Disponible solamente en el editor EDIT, esta clave cambia la identificación ID de la posición activado o desactivado.

F38 PLDCOPY - Disponible solamente en el editor EDIT, esta clave copia un campo en otro campo.

F45 DEFAULT - Disponible solamente en la pantalla de organización de gráfica de control y en la pantalla de cálculos, esta clave asigna valores estándar para el número de muestras desplegadas, gráfica mínima y máxima, etc.

F48 - Oprima esta clave para regresar a DOS.

4.8 INTRODUCCION DE DATOS (VARIABLES)

Para acceder un archivo existente, teclee el nombre del archivo, incluyendo la ruta, si la tiene. Si usted no recuerda el nombre del archivo, oprima (ENTER) ó un * y (ENTER) para ver el directorio de los archivos de datos disponibles en la ruta especificada; utilice las teclas de flechas y (ENTER) para seleccionar un archivo. Para ejecutar cualquier función de entre las funciones comunes, oprima la tecla de función correspondiente.

Para crear un nuevo archivo, teclee el nombre del archivo incluyendo su ruta, si la tiene, y oprima (ENTER). El cursor se mueve hacia el campo de descripción "DESCRIPTION" y el mensaje "NEW FILE" (nuevo archivo) aparece en el campo "LAST CHANGE" (último cambio)

Typeover	Data File Description	Date:01-20-1993 Time:14:01:28
Date File name:	Last changed: 00-00	
Description:		
Type:	Interface	
Spec.:	Upper	Nominal Lower
Sample Size (n):	Decimal Places:	Samples in File:
Sample Frequency:		
To create a new file, type in the particulars and press [PgDn]. To access an existing file, type the file name and press [PgDn].		

CUADRO 4.6

Descripción de archivo

Al estar en el cuadro 4.6, teclee su descripción del nuevo archivo de datos. Puede teclear hasta 70 caracteres en cada línea.

Nota: La primera línea del campo de descripción se convertirá en el título para sus gráficas. La marca de flecha negra justo encima del campo de descripción indica la longitud aceptable para el título de la gráfica. El título de la gráfica puede ser hasta de 40 caracteres.

Tipo de Datos

Empleando la barra espaciadora, seleccione uno de los siguientes tipos de datos:

\bar{X} & S, \bar{X} & R, M & R, p, np, u, c y Pareto.

Oprima (ENTER) para llegar al campo "UPPER SPECIFICATION" (Especificación Superior). Si usted selecciona "Pareto" y oprime (ENTER), el programa se salta el resto de la pantalla y se va directamente hacia la Pantalla de Organización de la Gráfica Pareto.

Límite de especificación superior

Teclee el valor de su límite de especificación superior y oprima (ENTER).

Nominal

Teclee el valor de su límite de especificación nominal (objetivo) y oprima (ENTER). Asegurese de que sea menor o igual al límite de especificación superior.

Nota: Si su valor nominal es igual al límite de especificación superior o inferior, el sistema no desplegará una gráfica de capacidad, pero calculará la Cpk para una distribución unilateral.

Límite de especificación inferior

Teclee el valor de su límite de especificación inferior y oprima (ENTER). Asegurese de que sea menor o igual al nominal.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es el número de observaciones contenidas en una muestra o subgrupo. No puede ser un número negativo.

El tamaño de la muestra puede ser cualquier número de 1 a 10. Teclee el número de observaciones que constituirán una muestra.

Nota: Si usted elige un tamaño de muestra de 1, tendrá una gráfica

X para individuales y una gráfica R, la cual es en realidad una gráfica de rango móvil para un tamaño de muestra de 2. Notese que M & R y Xbarra & S no están definidas para el tamaño de la muestra que sea igual a 1.

Posiciones decimales

Usted puede especificar el número de posiciones decimales permitidas en datos variables (Los datos de atributos requerirán números enteros). Utilizando la barra espaciadora, elija cualquier número de 0 a 5. Oprima (ENTER).

Frecuencia de la muestra

Este campo no es usado en cálculos. Para facilitar verificaciones revisiones posteriores, teclee que tan frecuentemente toma usted las muestras e incluya cualquier recomendación para el muestreo.

Typeover	Date file Description	Date:01-20-1993 Time:14:01:28
Data File name:PIGRAF1.SMP Last changed: 00-00		
Description: GRAFICAS DE COMPRESION A CAJAS DE PRINCIPALES CLIENTES DURANTE ENERO 1993		
Type: X-bar & R	Interface: Keyboard	
Spec: Upper 900.00	Nominal 600.00	Lower 500.00
Sample Size (n): 5	Decimal Places: 2	Samples in File: 25
Sample Frequency: CADA PARCIAL DE PEDIDO		
To create a new file, type in the particulars and press [PgDn]. To access an existing file, type the file name and press [PgDn].		

CUADRO 4.7

Pantalla del Editor EDIT

Una vez terminada la pantalla de descripción del archivo, la siguiente pantalla que aparecerá es la que se encuentra en el CUADRO 4.8

Usted puede introducir datos de dos maneras:

Manual.- Teclee 1 para la muestra 1 (0, para un antiguo archivo, cualquier número de muestra existente) y oprima (ENTER) cinco veces para traer automáticamente las siguientes cinco muestras vacías.

Proceda a introducir los datos. Si usted no requiere el campo de identificación ID, puede desactivarlo oprimiendo la clave (F37) IDTOG.

Autoadd.- Oprima la clave (F35) AUTADD para traer rápidamente cinco muestras vacías. Esta clave funciona solamente en el número de campo de la primera muestra. Usted puede también usar esta clave en un archivo que ya contenga datos, para suministrar automáticamente el siguiente conjunto de números consecutivos de muestra.

Typeover		Edit		Date:01-20-1993	
				Time:14:01:28	
Data File: piGRAF1.SMP		No. Samples: 25		Last changed: 01-20-1993	
Sample 0	Sample 0	Sample 0	Sample 0	Sample 0	Sample 0
ID:					
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<hr/>					
X:	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
R:	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

CUADRO 4.8

Por ejemplo, si usted tiene 62 muestras en un archivo de datos, la clave (F35) AUTOADD despliega muestra 63, 64, 65, etc. Como esas son nuevas muestras, las observaciones se muestran como -9999. Usted puede entonces cambiar los -9999's por nuevas observaciones.

Si usted quiere modificar los datos en una muestra, teclee el número de la muestra que usted quiere modificar y oprima (ENTER). Para propósitos de comparación, puede teclear cualquier otro número de muestra. Después de teclear todos los números de muestras, usted verá las muestra requeridas. Oprima (PGDN) en cualquier lugar para traer menos de 5 muestras.

NOTA: Después de introducir los datos, Oprima (PGDN) para almacenar los datos.

ID (Identificación)

Este campo puede contener hasta 11 caracteres de identificación de la muestra. Esos caracteres pueden ser todos números, todos letras, ó una combinación de ambos. Las identificaciones de la muestra (ID's) son desplegadas solamente en esta pantalla y cuando los datos son impresos del menú principal.

Nota: Si usted no requiere del campo ID, usted puede desactivarlo

al oprimir la clave (F37) IDTOG. Esto hace que el teclear nuevos datos sea más fácil. La identificación ID puede ser nuevamente activada en cualquier momento oprimiendo la clave (F37) IDTOG.

Observaciones

Para cambiar los datos, teclee los nuevos datos y oprima (ENTER). El cursor se mueve hacia la siguiente observación. Usted puede también utilizar las teclas de flechas para seleccionar la observación que desee cambiar.

NOTA: Utilizando la clave (F31) DELETE, usted puede eliminar cualquier número de muestras, de cualquier manera, debe dejar al menos una muestra en el archivo.

Typeover		Edit		Date:01-20-1993 Time:14:01:28	
Data File: p:GRAF1.SMP		No. Samples: 25		Last changed: 01-20-1993	
Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	
750.00	750.00	600.00	700.00	700.00	
700.00	850.00	800.00	700.00	750.00	
650.00	750.00	800.00	700.00	650.00	
650.00	650.00	700.00	750.00	850.00	
850.00	650.00	750.00	650.00	800.00	
\bar{X} :	700.000	770.000	760.000	680.000	750.000
R:	200.00	200.00	100.00	150.00	200.00

CUADRO 4.9

Pantalla de Cálculos

Antes de que use esta función, asegúrese de que exista algún dato en el archivo. Si el campo "NO. OF SAMPLES" (Número de muestras) indica cero, dirijase al editor EDIT para agregar datos al archivo. La función de cálculo es usada para calcular tres conjuntos de límites de control, sus respectivas variables o atributos. La pantalla de cálculo cambia ligeramente para las gráficas \bar{X} -R, \bar{X} -S, M-R, p, np, u y c.

Typeover:	Calculation	Date:01-20-1993
		Time:14:01:28
Data File:GRAFI.SMP	Last changed: 00:00	
Sample Size: 5	Decimal Places: 2	No. Samples: 25
Use samples:	For limits through:	Control Limits
1 to 25	25	UCL CL LCL
0 to 0	0	X
		R
		X
		R
		X
		R
Type in the sample numbers and press (PgDn) to calculate limits.		
Press (F04) to view the control chart.		

CUADRO 4.10

Teclee el rango de las muestras para las cuales usted desea que el programa calcule los límites de control. Ambos números de muestras (los cuales definen el rango de las muestras) deben existir. Oprima (ENTER).

Uso de muestras (_____ a la _____).

Para límites hasta...

Utilice este campo para extender los límites más allá del rango para el cual fueron calculados. Teclee el número de muestra hasta el cual desea extender los límites. Esta muestra no puede ser una muestra existente. Si usted no quiere extender los límites más allá del rango de las muestras, teclee un cero. Oprima (ENTER). Ahora oprima (PGDN) para calcular los límites de control.

NOTA: Usted puede mantener tres conjuntos de límites para cada archivo de datos. Cada conjunto de límites es independiente de los otros. Para cada conjunto de límites de control, usted debe especificar el rango de las muestras para calcular los límites de control superior e inferior.

Typeover		Calculation		Date:01-20-1993 Time:14:01:28	
Data File:GRAF1.SWP			Last changed: 00-00		
Sample Size: 5	Decimal Places: 2	No. Samples: 25			
Use samples:	For limits through:		UCL	CL	LCL
1 to 25	25	X	819.2400	716.0000	612.7600
0 to 0	0	R	375.580	178.000	0.000
0 to 0	0	X	0.000	0.000	0.000
0 to 0	0	R	0.000	0.000	0.000
0 to 0	0	X	0.000	0.000	0.000
0 to 0	0	R	0.000	0.000	0.000
Type in the sample numbers and press (PgDn) to calculate limits. Press (F04) to view the control chart.					

CUADRO 4.11

Pantalla de organización de gráfica de control

Antes de usar esta función asegúrese de que haya datos en los archivos y que los límites de control ya hayan sido calculados. Si el archivo no contiene datos, diríjase al editor EDIT y adicione algunos datos. Si los límites de control no han sido aún calculados, diríjase a la pantalla de cálculos y oprima (PgDn) para calcularlos.

Typeover		Control Chart Setup		Date:01-20-1993 Time:14:01:28	
Data File:			Last changed: 00-00		
Sample Size:	Decimal Places:	No. Samples:			
Start Sample Number:	X-axis		Y-axis		
End Sample Number:		X	Maximum:	856.38	
			Minimum:	472.65	
		R	Maximum:	523.49	
			Minimum:	0.00	
Graphics Type					
<input type="checkbox"/> Med Res	<input type="checkbox"/> High Res				
Type in the sample numbers and press (PgDn) to view the chart. Press (F03) to calculate limits, (F45) for defaults.					

CUADRO 4.12

Número de la muestra inicial

Teclee el número de la muestra inicial, el comienzo del eje de las abscisas (X). Si usted no teclea algún número aquí, el programa utiliza el número de la muestra usada la última vez que usted organizó la gráfica de control para este archivo. Oprima (ENTER).

Número de la muestra final

Teclee el número de la muestra final, el final del eje de las abscisas (X). Al igual que en la muestra inicial, si no se teclea nada, el programa utilizará el número de muestra anterior. Usted puede regresar este número a su valor original estándar (default) oprimiendo la clave (F45) DEFAULT. El valor original estándar es la última muestra en el archivo. Oprima (ENTER).

Valor máximo para las ordenadas

Teclee el valor máximo para las ordenas (eje de las y's). Si usted no teclea algún número aquí, el programa utiliza el número anterior.

Usted puede regresar este número a su valor original estándar (default) oprimiendo la clave (F45) DEFAULT. El valor original estándar centra la gráfica en la mitad de un tercio de la pantalla. Oprima (ENTER).

Valor mínimo para las ordenadas

Teclee el valor mínimo para las ordenadas (eje de las Y's). Si usted no teclea aquí utiliza el número anterior. Puede regresar este número a su valor original estándar oprimiendo la clave (F45) DEFAULT. El valor original estándar centra la gráfica en la mitad de un tercio de la pantalla. Oprima (ENTER).

Para las gráficas de rango, el valor estándar mínimo no puede ser menor que cero.

Tipo de gráfica

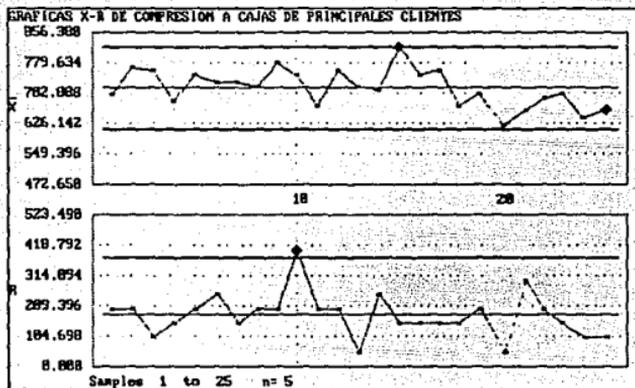
Elija entre las opciones Mediana y Grande, y oprima (ENTER) o bien, oprima (PgDn) para desplegar la gráfica de control.

Pantalla de la gráfica de control

La pantalla de la Gráfica de Control despliega la gráfica y además, la siguiente información:

1. Título de la gráfica en la parte superior de la pantalla (derivada de la primera línea del campo "DESCRIPTION" (descripción) de la pantalla Descripción del Archivo de Datos.
2. El rango de las muestras.
3. El tamaño de la muestra en la parte inferior de la pantalla.

La gráfica marca con cruces las muestras que usted no tomó en cuenta para cálculos. Dibuja diamantes alrededor de la muestras las cuales quedan fuera de los límites y flechas del margen superior al inferior para muestras marcadas.



Gráfica 1

Pantalla sumaria de la gráfica de control

Despliega la siguiente información:

1. Todos los conjuntos de límites de control y los números de muestras para los cuales fueron calculados
2. Las pruebas de control realizadas a las muestras y sus resultados.
3. La descripción de archivo de datos.

For Samples	:	1 to 25	0 to 0	0 to 0
X Bar Chart	UCL :	819,240	0,000	0,000
	CL :	716,000	0,000	0,000
	LCL :	612,760	0,000	0,000
Range Chart	UCL :	375,500	0,000	0,000
	CL :	178,000	0,000	0,000
	LCL :	0,000	0,000	0,000
Points beyond 3sigma:	X-bar	Range	X-bar	Range
Runs of 8 in a row :	1	1	0	0
8 consecutive up :	1	0	0	0
8 consecutive down :	0	0	0	0
2 of 3 beyond 2 sig.:	0	0	0	0
4 of 5 beyond 1 sig.:	0	0	0	0
Number of runs :	8	11	0	0
GRAFICAS X-R DE COMPRESION A CAJAS DE PRINCIPALES CLIENTES				
ENERO 1993				
Sampled: CADA PEDIDO PARCIAL				
File: GRAF1.SMP Date last changed: 01-26-1993 Samples: 25				

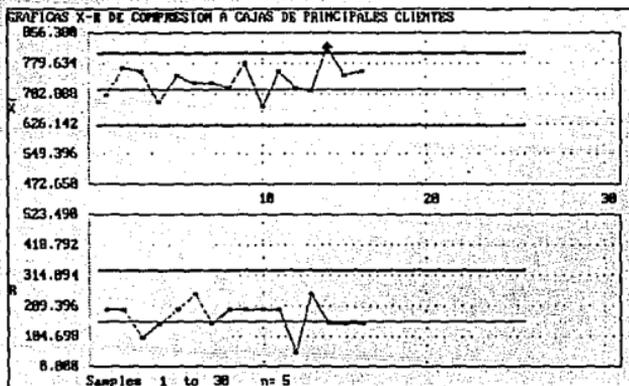
Gráfica 2

Al analizar la gráfica, procederemos a los cambios especificados en el Capítulo 3. Para esto, vayamos a la pantalla [EDIT] y realizaremos los cambios a una serie de muestras tal como se explica en dicha sección. Borraremos las últimas muestras con el comando (F31) DELETE.

Typeover	Edit				Date:01-20-1993
					Time:14:01:28
Data file: p:GRAF1.SMP	No. Samples: 25	Last changed: 01-20-1993			
Sample 15	Sample 16	Sample 17	Sample 18	Sample 19	
750,00	750,00	0,00	0,00	0,00	
800,00	700,00	0,00	0,00	0,00	
750,00	850,00	0,00	0,00	0,00	
800,00	700,00	0,00	0,00	0,00	
650,00	800,00	0,00	0,00	0,00	
X: 750,000	760,000	0,000	0,000	0,000	
R: 150,00	150,00	0,00	0,00	0,00	

CUADRO 4.13

Una vez borradas las muestras no deseadas, procedemos a los cálculos que el sistema va realizando automáticamente hasta llegar a la gráfica de control. Siguiendo el proceso previamente descrito.



Gráfica 3

For Samples	:	1 to 25	0 to 0	0 to 0
X Bar Chart	UCL :	803.280	0.000	0.000
	CL :	712.800	0.000	0.000
	LCL :	622.320	0.000	0.000
Range Chart	UCL :	329.160	0.000	0.000
	CL :	156.000	0.000	0.000
	LCL :	0.000	0.000	0.000
	X-bar	Range	X-bar	Range
Points beyond 3sig.	: 1	0	0	0
Runs of 8 in a row :	0	0	0	0
8 consecutive up :	0	0	0	0
8 consecutive down :	0	0	0	0
2 of 3 beyond 2 sig.:	0	0	0	0
4 of 5 beyond 1 sig.:	0	0	0	0
Number of runs :	7	7	0	0
GRAFICAS X-R DE COMPRESION A CAJAS DE PRINCIPALES CLIENTES				
ENERO 1993				
Sampled: CADA PEDIDO PARCIAL				
File: GRAF1.SMP Date last changed: 01-26-1993 Samples: 16				

Gráfica 4

4.9 CAPACIDAD

La función capacidad organiza y despliega las gráficas de capacidad (cuadro 4.14) y de capacidad real (cuadro 4.15). Esto involucra dos pantallas: La pantalla de organización de la capacidad y la Pantalla de la gráfica de capacidad.

Nota: Las gráficas de capacidad sólo están definidas para datos variables.

Tipo de gráfica

Utilice la barra espaciadora para elegir entre Estudios de Capacidad o Estudios de Capacidad Real.

La gráfica de capacidad está basada en el valor R barra del último conjunto de valores y el $\hat{\sigma}$,

Capability Setup			
Data File:	p:GRAF1.SMP	Last Change:	01-28-1993
Type:	Capability	Sample From 1 to 25	No. Samples: 25
Spec. Upper:	900.000	Natural Tolerances	
		Upper:	972.3903 Lower: 459.609
Nominal:	600.000	Capability Indexes	
Lower:	500.000	Cp:0.994 Cpk:0.930 Pp:1.006 Ppk:0.668	
=		Percent out of spec	
X:	712.8000	Low: 0.1 Int: 99.7 HI: 0.3	
σ :	156.000	Graphics Type: <input type="checkbox"/> Med Res <input type="checkbox"/> High Res	
Press [PgDn] to view the capability chart. If nominal = USL or LSL, only Cpk is calculated.			

CUADRO 4.14

Capability Setup			
Data File:	p:GRAF1.SMP	Last Change:	01-28-1993
Type:	Actual Cap	Sample From 1 to 25	No. Samples: 25
Spec. Upper:	900.000	Natural Tolerances	
		Upper:	964.6742 Lower: 511.5758
Nominal:	600.000	Capability Indexes	
Lower:	500.000	Cp:0.883 Cpk:0.715 Pp:1.133 Ppk:0.423	
=		Percent out of spec	
X:	738.1250	Low: 0.1 Int: 98.3 HI: 1.6	
σ :	75.516	Graphics Type: <input type="checkbox"/> Med Res <input type="checkbox"/> High Res	
Press [PgDn] to view the capability chart. If nominal = USL or LSL, only Cpk is calculated.			

CUADRO 4.15

Typeover	Data File Description	Date: 01-20-1993 Time: 14:01:28
Data file name: p:GRAF2		
Last changed: 00-00		
Description: GRAFICO POR ATRIBUTOS P PARA CALCULAR FALLAS EN CUCHILLAS DE CORRUGADORA POR PEDIDO		
Type: p	Interface	
Spec.: Upper	Nominal	Lower
Sample Size (n):	Decimal Places:	Samples in File: 20
Sample Frequency: CADA PARCIAL		
To create a new file, type in the particulars and press (PgDn).		
To access an existing file, type the file name and press (PgDn).		

CUADRO 4.16

Para la inserción de los datos, se despliegan diez muestras en una pantalla, en vez de 5.
Se tecllea el número de unidades examinadas y oprima (ENTER).
Se tecllea el número de inconformidades y oprima (ENTER).

Typeover	Edit					Date: 01-20-1993 Time: 14:01:28
Data File: p:GRAF2.BMP	No. Samples: 20		Last changed: 01-20-1993			
Sample No.	1	2	3	4	5	
Identification:						
Units Inspected:	25	35	21	23	37	
Nonconformities:	6	10	3	2	9	
Fraction:	0.2400	0.2857	0.1429	0.0870	0.2432	
Sample No.	6	7	8	9	10	
Identification:						
Units Inspected:	42	36	28	25	20	
Nonconformities:	27	5	9	7	3	
Fraction:	0.6429	0.1389	0.3214	0.2800	0.1500	

CUADRO 4.17

Pantalla de cálculo

Refiérase a la pantalla de cálculo (para variables).

NOTA: Los tamaños de las muestras para las gráficas "p" y "u" pueden variar, ocasionando que los límites de control puedan

variar. Los valores desplegados para las gráficas "p" y "u" son los límites más alto y más bajo.

Uso de muestras de la () a la ()

Typeover		Calculation		Date:01-20-1993 Time:14:01:28	
Data File:piGRAFP.SMP		Last changed: 00-00			
Sample Size: 1	Decimal Places: 2	No. Samples: 20			
Use samples:	For limits through:		Control Limits		
1 to 20	20	p	UCL 0.6118	CL 0.2838	LCL 0.00
0 to 0	0	p	0.00	0.00	0.00
0 to 0	0	p	0.00	0.00	0.00
Type in the sample numbers and press [PgDn] to calculate limits. Press [F04] to view the control chart.					

CUADRO 4.18

Para la Pantalla de Organización de la Gráfica de Control refierase a la pantalla de cálculo para variables.

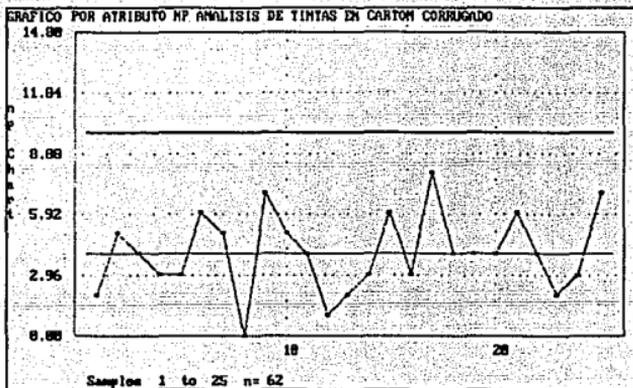
Typeover		Control Chart Setup		Date:01-20-1993 Time:14:01:28	
Data File:		Last changed: 00-00			
Sample Size:	Decimal Places:				
No. Samples:					
X-axis		Y-axis			
Start Sample Number:		Maximum: 0.9180			
End Sample Number:		Minimum: 0.0000			
Graphics Type					
<input checked="" type="checkbox"/> Med Res	<input checked="" type="checkbox"/> High Res				
Type in the sample numbers and press [PgDn] to view the chart. Press [F03] to calculate limits, [F45] for defaults.					

CUADRO 4.19

La pantalla de la Gráfica de Control despliega lo siguiente:

1. Título de la gráfica en la parte superior de la pantalla (derivada de la primera línea del campo "DESCRIPTION". (descripción) de la pantalla Descripción del Archivo de Datos.
2. El rango de las muestras.
3. El tamaño de la muestra en la parte inferior de la pantalla.

La gráfica marca con cruces las muestras que usted no tomó en cuenta para cálculos. Dibuja diamantes alrededor de la muestras las cuales quedan fuera de los límites y flechas del margen superior al inferior para muestras marcadas.



Gráfica 8

For Samples	:	1 to 25	0 to 0	0 to 0
X Bar Chart	UCL :	9.87	0.00	0.00
	CL :	4.04	0.00	0.00
	LCL :	0.00	0.00	0.00
Points beyond 3sigma:	:	0	0	0
Runs of 8 in a row :	:	0	0	0
8 consecutive up :	:	0	0	0
8 consecutive down :	:	0	0	0
2 of 3 beyond 2 sig.:	:	0	0	0
4 of 5 beyond 1 sig.:	:	0	0	0
Number of runs :	:	13	0	0
GRAFICA POR ATRIBUTO NP ANALISIS DE TINTAS EN CARTON CORRUGADO				
TINTAS PREIMPRESION				
Sampled: CADA PEDIDO PARCIAL				
File: GRAF22.SWP Date last changed: 01-26-1993 Samples: 25				

Gráfica 8

4.11 HISTOGRAMAS

La función histograma, es usada para la organización y el desplegado de histogramas. Esta función involucra cuatro pantallas: La pantalla de Organización del Histograma, La pantalla del Histograma, la Pantalla Sumaria 1 del Histograma y la Pantalla Sumaria 2 del Histograma.

Nota: los histogramas están definidos solamente por datos variables.

Pantalla de organización del histograma

Nota: Si usted desea que el programa utilice sus propios valores estándares para los siguientes campos, oprima (F45)DEFAULT y (PGDN) para desplegar el histograma estándar.

Utilice muestras desde:

Teclee el número de la muestra inicial para el histograma. Oprima (ENTER).

Hasta...

Teclee el número de la muestra final. Oprima (ENTER).

Número de celdas

Teclee el número de celdas dentro de las cuales usted quiere que los datos sean divididos y oprima (ENTER). El número máximo de celdas es de 20.

Teclee el valor de la primera celda. Este número corresponde al inicio del eje de las X's. oprima (ENTER).

Valor máximo para el valor de las y's en la gráfica

Teclee el valor máximo para el eje de las ordenadas (Y's). Si este valor no es lo suficientemente grande para desplegar la celda más grande, el programa despliega unos mensajes, pero dibuja el histograma de cualquier manera.

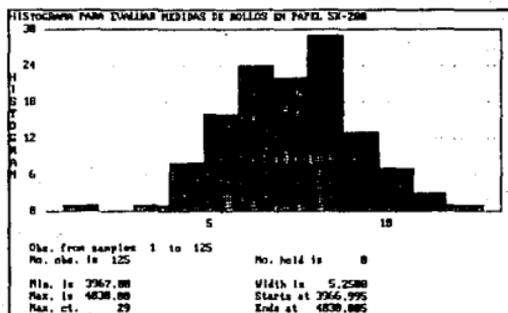
Histogram Setup		Date: 01-28-1993
		Time: 13:05:57
Data File:	Last Change: 01-28-1993	
Sample Size:	Decimal Places:	No. Samples:
Samples from	1 to 125	No. Held
No. of Cells	12	No. Used
Cell Width	5.2508	Maximum
Cell	3966.995	Minimum
Y-axis Max	30	Range
Graphics Type:	<input checked="" type="checkbox"/> Med Res	<input type="checkbox"/> High Res
Check the options. Press [PgDn] to view the histogram [F45] for defaults		

CUADRO 4.20

Pantalla del histograma

La pantalla del histograma despliega el histograma y las siguiente información:

1. Título de la gráfica en la parte superior de la pantalla.
2. El rango de las muestras desplegado y el número de observaciones
3. Observaciones mínima y máxima.
4. Cuenta máxima.
5. Número total de observaciones.
6. Tamaño de la celda.
7. Valores de las observaciones inicial y final.

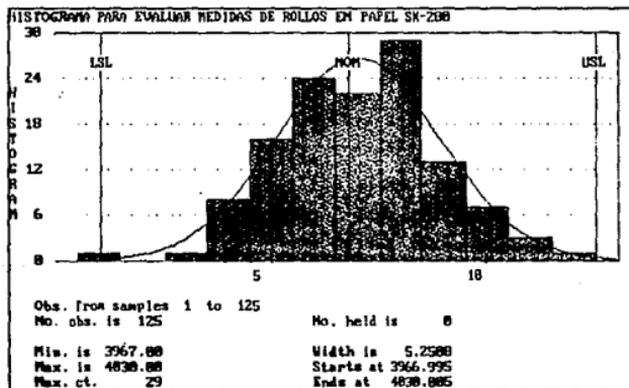


Gráfica 4.9

Creación de la curva normal y líneas de especificación sobre el histograma

Mientras el histograma es desplegado en la pantalla oprima (C) y usted verá la curva normal dibujada sobre el histograma. Esta curva tiene el mismo promedio y desviación estándar que los datos del histograma.

Oprima (S) para ver los límites de especificación dibujados sobre el histograma. Estos límites pueden ser dibujados solamente si usted ha indicado las especificaciones en la pantalla de Descripción del Archivo de Datos. Se pueden dibujar la curva normal y las líneas de especificación sobre el histograma al mismo tiempo y en cualquier orden.



Gráfica 4.10

Pantalla sumaria 1 del histograma

Oprima (PgDn) para dirigirse a la Pantalla Sumaria 1 del Histograma.
La pantalla sumaria 1 del histograma despliega la siguiente información:

1. Rango y cuenta de cada celda
2. Porcentaje del total para cada celda
3. Promedio
4. Desviación estándar
5. Valores de "Sesgo", Kurtosis y chi-cuadrada.



Gráfica 4.11

Pantalla sumaria 2 del histograma

Oprima (PgDn) para pasar a la Pantalla Sumaria 2, o bien oprima (PgUp) para dirigirse al histograma.
La pantalla sumaria 2 del histograma despliega la siguiente información:

1. Descripción del archivo.
2. La fecha en que el archivo fue modificado por última vez y la frecuencia de la muestra.

Nota: Se puede arreglar el número de celdas al número deseado.

4.12 PARETO

La función Pareto organiza y despliega la gráfica Pareto. Esta función involucra tres pantallas: La Pantalla de Organización de la Gráfica Pareto, Gráfica Pareto, y Pantalla Sumaria de la Gráfica Pareto.

Nota: Las gráficas Pareto sólo están definidas para los datos Pareto.

Pantalla de Organización Pareto.

Typeover		Data File Description		Date:01-20-1993	
				Time:14:01:28	
Data File:		Lest changed: 00-00			
Graphics Type: <input checked="" type="checkbox"/> Med Res <input checked="" type="checkbox"/> High Res					
Category	Cost	Frequency	Total Cost	Per Cent	Cum. %
1 EQUIPO DE SEG.	1.00	43	43.00	37.39	37.39
2 CARGA EXCESIVA	1.00	30	30.00	26.09	63.48
3 CARTON MAL ACOMOD.	1.00	20	20.00	17.39	80.87
4 MANUAL USO DE FLEXO	1.00	10	10.00	8.70	89.57
5 ATROPELLADOS	1.00	9	9.00	7.83	97.39
6	0.00	0	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0	0.00	0.00	0.00
12 Other	1.00	3	3.00	2.61	100.00

CUADRO 4.21

Categoría

Cada categoría defectiva puede ser de hasta 20 caracteres de longitud (aunque solamente cinco caracteres se muestran en la gráfica). Oprima (ENTER). Usted puede tener hasta 12 categorías. La última categoría es siempre la denominada "OTROS".

Costo, Frecuencia

Teclee el costo para una ocurrencia de esta categoría y el número de ocurrencias para cada categoría. Oprima (ENTER) después de cada entrada o inserción. Oprima (PgDn).

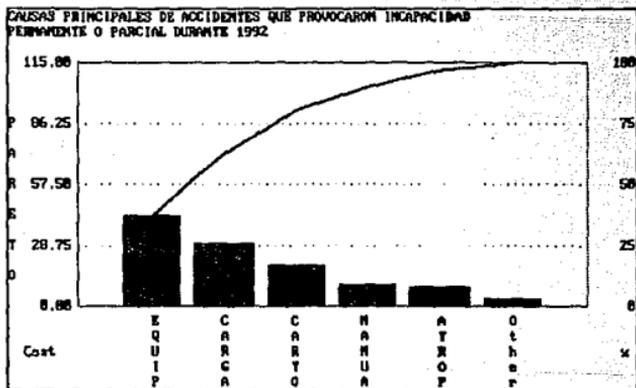
Tipo de Gráfica

Elija entre las opciones Mediana y Grande, y oprima (ENTER) para ver la gráfica Pareto.

Pantalla de la Gráfico Pareto

La gráfico Pareto consiste de diversas barras, cada una de ellas representa una categoría. La altura de cada barra indica el costo total.

La altura máxima de la gráfica representa el costo total. La línea del porcentaje acumulativo es dibujada sobre las barras para cada categoría.



Gráfica 4.12

Pantalla Sumaria de la Gráfica Pareto

Oprima (PgDn) para ver la Pantalla Sumaria de la Gráfica Pareto.

Esta pantalla se encarga de listar cada categoría, su respectivo costo unitario, su frecuencia, su costo total, el porcentaje y el porcentaje acumulativo. También despliega la descripción del archivo, y la fecha de la última modificación al archivo.

CATEGORÍA	COST	FREQUENCY	TOTAL COST	%	CUM %
1 EQUIPO DE BSG.	1.00	43	43.00	(37.39%)	(37.39%)
2 OMBRA EXCESIVA	1.00	30	30.00	(25.87%)	(63.26%)
3 CARTON MAL ACORDO.	1.00	28	28.00	(17.39%)	(80.65%)
4 MATERIAL LIDO DE FLEDO	1.00	18	18.00	(8.78%)	(89.43%)
5 ATROPELLADOS	1.00	9	9.00	(7.83%)	(97.26%)
6 Other	1.00	3	3.00	(2.61%)	(100.00%)

CAUSAS PRINCIPALES DE ACCIDENTES QUE PRODUJERON INCAPACIDAD
PERMANENTE O PARCIAL DURANTE 1992

File: PALET.DBF D-La last changed: 02-12-1993

Gráfica 4.13

4.13 PROBABILIDAD

La función de probabilidad es usada para estudiar el patrón de variación de una característica empleando la curva de distribución de la frecuencia acumulada. Esta función involucra dos pantallas: La pantalla de organización de la gráfica de probabilidad y la pantalla de la gráfica de probabilidad.

Pantalla de organización de la gráfica de probabilidad

La pantalla de organización de la gráfica de probabilidad es muy similar a la pantalla de descripción del archivo de datos. esta pantalla es usada para modificar los límites de especificación para el estudio de probabilidad. Después de modificar las especificaciones de acuerdo a su satisfacción; oprima (PGDN) para dirigirse a la pantalla de la gráfica de probabilidad.

La gráfica de la línea mas adecuada y curva de probabilidad

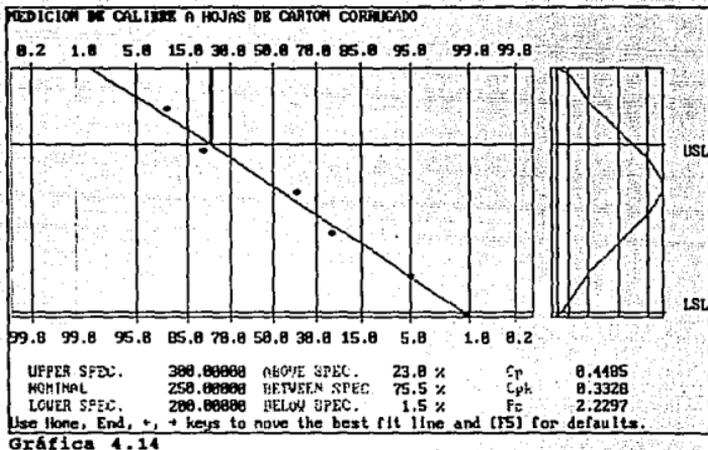
La gráfica de probabilidad consta de dos partes: La gráfica de la Línea Más Adecuada (que aparece del lado izquierdo) y la curva de probabilidad (que aparece del lado derecho).

La gráfica de la Línea Más Adecuada traza el rango principal de la distribución, en donde el rango principal es obtenido de dividir la lectura total acumulativa de cada celda entre $N+1$, donde N es el número estudiado.

Usted puede mover la línea Más Adecuada hacia la izquierda o hacia la derecha utilizando las tecla de flechas izquierda o derecha respectivamente. Las teclas (HOME) y (END) también mueven la línea hacia la izquierda o hacia la derecha respectivamente, pero estas lo hacen bastante más rápido.

La gráfica de la curva de probabilidad, dibuja la curva de probabilidad, y traza las líneas de especificación sobre ella. También indica los porcentajes superior, igual e inferior a la especificación.

Cuando usted mueve la Línea Más Adecuada, la curva de capacidad se mueve simultáneamente y los porcentajes superior, similar e inferior, de la parte inferior de la pantalla, cambian también.



Cell	Cell Range	Total tally	Cumulative Total
1	316.283 to 346.885	2	2
2	286.481 to 316.283	2	4
3	256.599 to 286.481	9	13
4	226.797 to 256.599	3	16
5	196.995 to 226.797	4	20
+ 1σ = 311.555		=	- 1σ = 237.232
+ 2σ = 348.717		X = 274.393	- 2σ = 288.878
+ 3σ = 385.878		σ calc = 37.162	- 3σ = 162.988

Gráfica 4.15

4.14 GRAPICAS MULTIPLES

Esta opción ofrece una gran extensión al paquete, ya que permite:

1. Crear un ilimitado número de trabajos*
*(Labor, trabajo (job) se define como una parte o proceso. Cada archivo de trabajo puede tomar y analizar rápidamente datos relacionados entre si a 24 variables dada una parte o proceso).
2. Crear hasta 24 características separadas que estén relacionadas a un trabajo.
3. Introducir información en tiempo real o por datos en pantalla.
4. Ver la gráfica de control mientras se introducen los datos
5. Obtener información de la primera parte
6. Desplegar las mismas gráficas que en la primer parte
7. Permite ver la gráfica de control, histograma y gráfica de capacidad relacionada a una característica en una sola pantalla.

Esta es la primera pantalla que aparece después de seleccionar "Multiple Characteristics" (Características múltiples) en el menú principal. El cursor se posiciona en el "Job Name" (Nombre del Trabajo) para crear o llamar un archivo de trabajo.

Arrow	Data File Description	Date:01-20-1993 Time:14:01:28
Job Name: P:GRAF1.JOB Last changed: 00-00		
Description: ANALISIS DE COMPRESION CON CARACTERISTICAS MULTIPLES		
Plant:	Operation:	Operator:
Dept:	Machine:	Inspector:
Part:	Frequency:	Gage Type:
# of Items:	# of SMP Files:	Interfaces:
<input type="checkbox"/> Real Time Chart:	<input type="checkbox"/> Data Entry Screen	<input type="checkbox"/> Set-Up Files

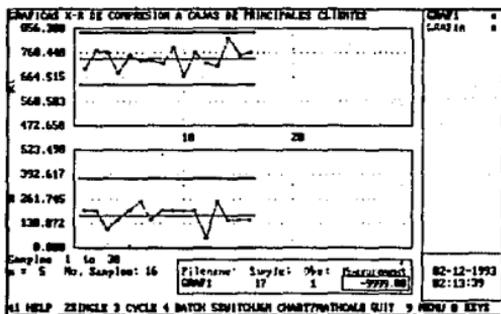
CUADRO 4.20

Después de modificar la información, en caso de requerirse, presione [PgDn] para seleccionar, 1) "Real Time Chart" en caso de no requerir otras características y ver la gráfica. 2) si se desean crear otras características presione [Data Entry Screen]. y aparecerá la siguiente pantalla.

Multiple Data File Description		Date: 01-20-1993
<input type="button" value="Select"/>		Time: 14:01:28
File List:		
1	GRAF1	File Name: C:\GRAFIA.SMP
2	GRAF1A	Description: ANALISIS DE COMPRESION A CAJAS DE PROCTER & GAMBLE
3		
4		Type: X Bar & R Samp Size: 16 Dec Places: 2
5		USL: 900 NOM: 600 LSL: 500
6		Cost: 1 Samples: 20
7		Sample Frequency:
8		Cada Parcial

CUADRO 4.23

Una vez terminado el llenado de esta pantalla, presione [PgDn], y le llevará a la gráfica donde aparece la gráfica y las diferentes características.



Gráfica 4.16

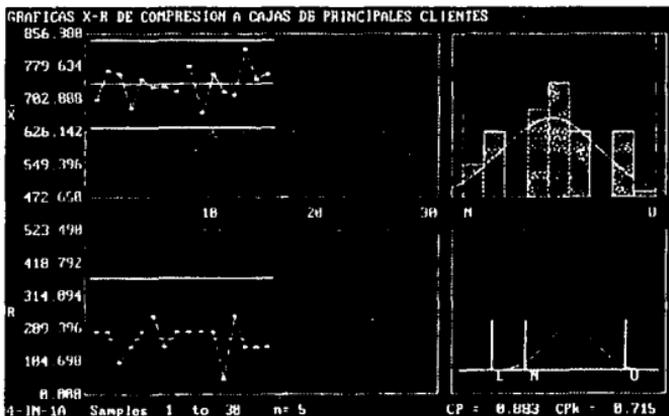
Se selecciona la característica deseada y se presiona [F02] para pasar a la Gráfica en Tiempo Real.

La Gráfica en Tiempo Real, despliega las gráficas de control, calcula los límites de control, acepta datos del teclado o de algún introductor externo.

Mientras se van introduciendo los datos, el promedio y el rango se van marcando. La gráfica va tomando el comportamiento de los valores que se van tecleando.

Las funciones (Cálculo de límites, cambios etc.) y el despliegado de gráficas múltiples (\bar{X} -R, \bar{X} -S, M-R y pareto) , son iguales al de gráficas simples, por lo que no vale la pena detenerse en su descripción.

Las características múltiples permiten el despliegado de una pantalla especial que no se puede acceder desde características simples. Presionando [F28] aparece una gráfica 4-en-1, siendo una combinación de gráfica de control, histograma y gráficas de capacidad.



Gráfica 4.17

CONCLUSION

A través de este trabajo, se han examinado una gran variedad de temas con una apreciación global, esto con el fin de proporcionar un conjunto coherente de bases y herramientas para alcanzar la calidad.

Han quedado visiblemente ilustrados, los beneficios posibles que se pueden obtener, al hacer uso de algunas técnicas estadísticas de sencilla aplicación.

En cada ejercicio, hemos mostrado el apoyo que nos ofrecen los diagramas de control, así como la eficiencia de los sistemas de información, ya que la conjunción de estos elementos son esenciales para lograr que el producto final sea de esa calidad sin precedente que el mercado requiere.

Mencionamos que existe un gran número de empresas donde la calidad es menospreciada, por lo que se emplean técnicas empíricas y rudimentarias. A través de algunas aplicaciones prácticas, hemos mostrado que la elevación de la calidad es alcanzable para cualquier empresa que esté dispuesta a asumir el reto de la mejora. Esto traerá sin duda, un aumento en la productividad, que se traduce como mejoría del nivel económico nacional.

Esperamos que distintas empresas, sin importar su ramo o tamaño, encuentren en este trabajo conceptos de útil e inmediata aplicación, para su bienestar y el de nuestro México.

Simbología utilizada en este Trabajo

- c** Es la cantidad de defectos promedio en muestras de tamaño constante n .
- C_p** Índice de habilidad potencial del proceso.
- C_{pk}** Índice de habilidad real del proceso.
- d₂** Es un divisor de \bar{R} utilizado para estimar la desviación estándar del proceso.
- LE** Es el límite unilateral de tolerancia especificado.
- LIC** Es el límite inferior de control: LIC_x, LIC_r, etc. son respectivamente los límites de control inferior de los promedios, rangos, etc.
- LIB** Es el límite inferior especificado.
- LSC** Es el límite superior de control: LSC_x, LSC_r, etc. son respectivamente los límites de control superior de los promedios, rangos, etc.
- LSE** Es el límite superior de tolerancia especificado.
- ME** Es el punto medio de especificación.
- \bar{M} Es la mediana de los valores de un subgrupo
- \bar{M} Es el promedio de las medianas de los subgrupos
- n** Es la cantidad de mediciones en un subgrupo, o sea, el tamaño de muestra del subgrupo.
- \bar{n} Es el promedio del tamaño de muestra de los subgrupos
- np** Es la cantidad de defectuosos en muestras de tamaño constante n .
- \bar{np} Es la cantidad promedio de defectuosos en muestras de tamaño constante n .
- p** Es la proporción de unidades defectuosas de una muestra
- \bar{p} Es el promedio de los porcentajes de unidades defectuosas en una serie de muestras.
- R** Es el rango del subgrupo
- \bar{R} Es el rango promedio de una serie de subgrupos de tamaño constante.

u Es la cantidad de defectos por unidad en una muestra que puede contener más de una unidad.

\bar{u} Es el promedio de la cantidad de defectos por unidad en muestras que no tienen necesariamente el mismo tamaño.

x Es un valor individual en una serie de datos.

\bar{x} Es el promedio de los valores de un subgrupo.

$\bar{\bar{x}}$ Es el promedio de los promedios de los subgrupos.

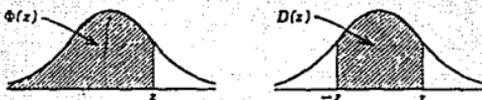
σ Es la desviación estándar del proceso

$\hat{\sigma}$ Es la estimación de la desviación estándar del proceso

σ^2 Es la varianza del proceso

Distribución normal

Tabla A-1 Función de distribución.



$$D(z) = \Phi(z) - \Phi(-z)$$

$$\Phi(-z) = 1 - \Phi(z), \quad \Phi(0) = 0.5$$

Tablas más extensas: National Bureau of Standards (1953), Hald (1962). Índice para otras tablas: Greenwood and Hartley (1961) (ver el apéndice 3).

z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$
0.01	0.4960	0.5040	0.0080	0.51	0.3050	0.6950	0.3899	1.01	0.1562	0.8438	0.6875
0.02	0.4920	0.5080	0.0160	0.52	0.3015	0.6985	0.3969	1.02	0.1539	0.8461	0.6923
0.03	0.4880	0.5120	0.0239	0.53	0.2981	0.7019	0.4039	1.03	0.1515	0.8485	0.6970
0.04	0.4840	0.5160	0.0319	0.54	0.2946	0.7054	0.4108	1.04	0.1492	0.8508	0.7017
0.05	0.4801	0.5199	0.0399	0.55	0.2912	0.7088	0.4177	1.05	0.1469	0.8531	0.7063
0.06	0.4761	0.5239	0.0478	0.56	0.2877	0.7123	0.4245	1.06	0.1446	0.8554	0.7109
0.07	0.4721	0.5279	0.0558	0.57	0.2843	0.7157	0.4313	1.07	0.1423	0.8577	0.7154
0.08	0.4681	0.5319	0.0638	0.58	0.2810	0.7190	0.4381	1.08	0.1401	0.8599	0.7199
0.09	0.4641	0.5359	0.0717	0.59	0.2776	0.7224	0.4448	1.09	0.1379	0.8621	0.7243
0.10	0.4602	0.5398	0.0797	0.60	0.2743	0.7257	0.4515	1.10	0.1357	0.8643	0.7287
0.11	0.4562	0.5438	0.0876	0.61	0.2709	0.7291	0.4581	1.11	0.1335	0.8665	0.7330
0.12	0.4522	0.5478	0.0955	0.62	0.2676	0.7324	0.4647	1.12	0.1314	0.8686	0.7373
0.13	0.4483	0.5517	0.1034	0.63	0.2643	0.7357	0.4713	1.13	0.1292	0.8708	0.7415
0.14	0.4443	0.5557	0.1113	0.64	0.2611	0.7389	0.4778	1.14	0.1271	0.8729	0.7457
0.15	0.4404	0.5596	0.1192	0.65	0.2578	0.7422	0.4843	1.15	0.1251	0.8749	0.7499
0.16	0.4364	0.5636	0.1271	0.66	0.2546	0.7454	0.4907	1.16	0.1230	0.8770	0.7540
0.17	0.4325	0.5675	0.1350	0.67	0.2514	0.7486	0.4971	1.17	0.1210	0.8790	0.7580
0.18	0.4286	0.5714	0.1428	0.68	0.2483	0.7517	0.5035	1.18	0.1190	0.8810	0.7620
0.19	0.4247	0.5753	0.1507	0.69	0.2451	0.7549	0.5098	1.19	0.1170	0.8830	0.7660
0.20	0.4207	0.5793	0.1585	0.70	0.2420	0.7580	0.5161	1.20	0.1150	0.8849	0.7699
0.21	0.4168	0.5832	0.1663	0.71	0.2389	0.7611	0.5223	1.21	0.1131	0.8869	0.7737
0.22	0.4129	0.5871	0.1741	0.72	0.2358	0.7642	0.5285	1.22	0.1112	0.8888	0.7775
0.23	0.4090	0.5910	0.1819	0.73	0.2327	0.7673	0.5346	1.23	0.1093	0.8907	0.7813
0.24	0.4052	0.5948	0.1897	0.74	0.2296	0.7704	0.5407	1.24	0.1075	0.8925	0.7850
0.25	0.4013	0.5987	0.1974	0.75	0.2266	0.7734	0.5467	1.25	0.1056	0.8944	0.7887
0.26	0.3974	0.6026	0.2051	0.76	0.2236	0.7764	0.5527	1.26	0.1038	0.8962	0.7923
0.27	0.3936	0.6064	0.2128	0.77	0.2206	0.7794	0.5587	1.27	0.1020	0.8980	0.7959
0.28	0.3897	0.6103	0.2205	0.78	0.2177	0.7823	0.5646	1.28	0.1003	0.8997	0.7995
0.29	0.3859	0.6141	0.2282	0.79	0.2148	0.7852	0.5705	1.29	0.9985	0.9015	0.8029
0.30	0.3821	0.6179	0.2358	0.80	0.2119	0.7881	0.5763	1.30	0.9968	0.9032	0.8064
0.31	0.3783	0.6217	0.2434	0.81	0.2090	0.7910	0.5821	1.31	0.9951	0.9049	0.8098
0.32	0.3745	0.6255	0.2510	0.82	0.2061	0.7939	0.5878	1.32	0.9934	0.9066	0.8132
0.33	0.3707	0.6293	0.2586	0.83	0.2033	0.7967	0.5935	1.33	0.9918	0.9082	0.8165
0.34	0.3669	0.6331	0.2661	0.84	0.2005	0.7995	0.5991	1.34	0.9901	0.9099	0.8198
0.35	0.3632	0.6368	0.2737	0.85	0.1977	0.8023	0.6047	1.35	0.9885	0.9115	0.8230
0.36	0.3594	0.6406	0.2812	0.86	0.1949	0.8051	0.6102	1.36	0.9869	0.9131	0.8262
0.37	0.3557	0.6443	0.2886	0.87	0.1922	0.8078	0.6157	1.37	0.9853	0.9147	0.8293
0.38	0.3520	0.6480	0.2961	0.88	0.1894	0.8106	0.6211	1.38	0.9838	0.9162	0.8324
0.39	0.3483	0.6517	0.3035	0.89	0.1867	0.8133	0.6265	1.39	0.9823	0.9177	0.8355
0.40	0.3446	0.6554	0.3108	0.90	0.1841	0.8159	0.6319	1.40	0.9808	0.9192	0.8385
0.41	0.3409	0.6591	0.3182	0.91	0.1814	0.8186	0.6372	1.41	0.9793	0.9207	0.8415
0.42	0.3372	0.6628	0.3255	0.92	0.1788	0.8212	0.6424	1.42	0.9778	0.9222	0.8444
0.43	0.3336	0.6664	0.3328	0.93	0.1762	0.8238	0.6476	1.43	0.9764	0.9236	0.8473
0.44	0.3300	0.6700	0.3401	0.94	0.1736	0.8264	0.6528	1.44	0.9749	0.9251	0.8501
0.45	0.3264	0.6736	0.3473	0.95	0.1711	0.8289	0.6579	1.45	0.9735	0.9265	0.8529
0.46	0.3228	0.6772	0.3545	0.96	0.1685	0.8315	0.6629	1.46	0.9721	0.9279	0.8557
0.47	0.3192	0.6808	0.3616	0.97	0.1660	0.8340	0.6680	1.47	0.9708	0.9292	0.8584
0.48	0.3156	0.6844	0.3688	0.98	0.1635	0.8365	0.6729	1.48	0.9694	0.9306	0.8611
0.49	0.3121	0.6879	0.3759	0.99	0.1611	0.8389	0.6778	1.49	0.9681	0.9319	0.8638
0.50	0.3085	0.6915	0.3829	1.00	0.1587	0.8413	0.6827	1.50	0.9668	0.9332	0.8664

Tabla A-2 Función de distribución



z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$	z	$\Phi(-z)$	$\Phi(z)$	$D(z)$
	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
1.51	0655	9345	8690	2.01	0222	9778	9556	2.51	0060	9940	9879
1.52	0643	9357	8715	2.02	0217	9783	9566	2.52	0059	9941	9881
1.53	0630	9370	8740	2.03	0212	9788	9576	2.53	0057	9943	9886
1.54	0618	9382	8764	2.04	0207	9793	9586	2.54	0055	9945	9889
1.55	0606	9394	8789	2.05	0202	9798	9596	2.55	0054	9946	9892
1.56	0594	9406	8812	2.06	0197	9803	9606	2.56	0052	9948	9895
1.57	0582	9418	8836	2.07	0192	9808	9615	2.57	0051	9949	9898
1.58	0571	9429	8859	2.08	0188	9812	9625	2.58	0049	9951	9901
1.59	0559	9441	8882	2.09	0183	9817	9634	2.59	0048	9952	9904
1.60	0548	9452	8904	2.10	0179	9821	9643	2.60	0047	9953	9907
1.61	0537	9463	8926	2.11	0174	9826	9651	2.61	0045	9955	9909
1.62	0526	9474	8948	2.12	0170	9830	9660	2.62	0044	9956	9912
1.63	0516	9484	8969	2.13	0166	9834	9668	2.63	0043	9957	9915
1.64	0505	9495	8990	2.14	0162	9838	9676	2.64	0041	9959	9917
1.65	0495	9505	9011	2.15	0158	9842	9684	2.65	0040	9960	9920
1.66	0485	9515	9031	2.16	0154	9846	9692	2.66	0039	9961	9922
1.67	0475	9525	9051	2.17	0150	9850	9700	2.67	0038	9962	9924
1.68	0465	9535	9070	2.18	0146	9854	9707	2.68	0037	9963	9926
1.69	0455	9545	9090	2.19	0143	9857	9715	2.69	0036	9964	9929
1.70	0446	9554	9109	2.20	0139	9861	9722	2.70	0035	9965	9931
1.71	0436	9564	9127	2.21	0136	9864	9729	2.71	0034	9966	9933
1.72	0427	9573	9146	2.22	0132	9868	9736	2.72	0033	9967	9935
1.73	0418	9582	9164	2.23	0129	9871	9743	2.73	0032	9968	9937
1.74	0409	9591	9181	2.24	0125	9875	9749	2.74	0031	9969	9939
1.75	0401	9599	9199	2.25	0122	9878	9756	2.75	0030	9970	9940
1.76	0392	9608	9216	2.26	0119	9881	9762	2.76	0029	9971	9942
1.77	0384	9616	9233	2.27	0116	9884	9768	2.77	0028	9972	9944
1.78	0375	9625	9249	2.28	0113	9887	9774	2.78	0027	9973	9946
1.79	0367	9633	9265	2.29	0110	9890	9780	2.79	0026	9974	9947
1.80	0359	9641	9281	2.30	0107	9893	9786	2.80	0026	9974	9949
1.81	0351	9649	9297	2.31	0104	9896	9791	2.81	0025	9975	9950
1.82	0344	9656	9312	2.32	0102	9898	9797	2.82	0024	9976	9952
1.83	0336	9664	9328	2.33	0099	9901	9802	2.83	0023	9977	9953
1.84	0329	9671	9342	2.34	0096	9904	9807	2.84	0023	9977	9955
1.85	0322	9678	9357	2.35	0094	9906	9812	2.85	0022	9978	9956
1.86	0314	9686	9371	2.36	0091	9909	9817	2.86	0021	9979	9958
1.87	0307	9693	9385	2.37	0089	9911	9822	2.87	0021	9979	9959
1.88	0301	9699	9399	2.38	0087	9913	9827	2.88	0020	9980	9960
1.89	0294	9706	9412	2.39	0084	9916	9832	2.89	0019	9981	9961
1.90	0287	9713	9426	2.40	0082	9918	9836	2.90	0019	9981	9963
1.91	0281	9719	9439	2.41	0080	9920	9840	2.91	0018	9982	9964
1.92	0274	9726	9451	2.42	0078	9922	9845	2.92	0018	9982	9965
1.93	0268	9732	9464	2.43	0075	9925	9849	2.93	0017	9983	9966
1.94	0262	9738	9476	2.44	0073	9927	9853	2.94	0016	9984	9967
1.95	0256	9744	9488	2.45	0071	9929	9857	2.95	0016	9984	9968
1.96	0250	9750	9500	2.46	0069	9931	9861	2.96	0015	9985	9969
1.97	0244	9756	9512	2.47	0068	9932	9865	2.97	0015	9985	9970
1.98	0239	9761	9523	2.48	0066	9934	9869	2.98	0014	9986	9971
1.99	0233	9767	9534	2.49	0064	9936	9872	2.99	0014	9986	9972
2.00	0228	9772	9545	2.50	0062	9938	9876	3.00	0013	9987	9973

TABLÁ A-3 Tabla de valores críticos de r en la prueba de rachas*

Se dan en los cuerpos de las tablas A3 y A4 diferentes valores críticos de r para distintos valores de n_1 y n_2 . Para la prueba de las rachas de una muestra, cualquier valor de r es igual a o menor que el que aparece en la tabla A3, es igual o mayor que el que aparece en la tabla A4, es significativo en el nivel 0.05. Para la prueba de las rachas de dos muestras de Wald-Wolfowitz, cualquier valor de r igual o menor que el que aparece en la tabla A3 es significativo en el nivel 0.05.

TABLA F:

$n_1 \backslash n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2											2	2	2	2	2	2	2	2	2
3					2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
4				2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
5			2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5
6		2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6
7		2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
8		2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7
9		2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8
10		2	3	3	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8
11		2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9
12	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10
13	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10
14	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11
15	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12
16	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12
17	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	13
18	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
19	2	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13
20	2	3	4	5	6	6	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	13	14

* Tomada de Swed, Frieda S., y Eisenhart, C. 1943. Tablas para probar la aleatoriedad de agrupación en una secuencia de alternativas. *Ann. Math. Statist.*, 14, 83-86, con el amable permiso de autores y editores.

TABLA F. Tabla de valores críticos de r en la prueba de las rachas*

(Continuación)

TABLA A4

n_1 \ n_2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20							
2																										
3																										
4				9	9																					
5			9	10	10	11	11																			
6			9	10	11	12	12	13	13	13	13															
7				11	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15												
8				11	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17					
9					13	14	14	15	16	16	16	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18					
10						13	14	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20					
11							13	14	15	16	17	17	18	19	19	20	20	20	21	21	21					
12								13	14	16	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22				
13									15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23				
14										15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24				
15											15	16	18	18	19	20	21	22	22	23	23	24	25			
16												17	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25			
17													17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	26		
18														17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	
19															17	18	20	21	22	23	23	24	25	26	27	27
20																17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28

* Adaptada de Swed, Frieda S., y Eisenhart, C. 1943. Tablas para probar la aleatoriedad de agrupación en una secuencia de alternativas. *Ann. Math. Statist.*, 14, 83-86, con el amable permiso de los autores y editores.

TABLA A-5 Factores para límites de control de los gráficos \bar{X} , S y R

Número de observaciones en la muestra, n	Gráfico \bar{X}			Gráfico S					Gráfico R						Gráfico para observaciones			
	Factores para límites de control			Factores para la línea central		Factores para límites de control				Factores para la línea central		Factores para los límites de control				Factores para la línea central		
	A	A_1	A_2	c_1	$1/c_2$	B_1	B_2	B_3	B_4	d_1	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4	E_1	E_2
2	2.121	3.760	1.880	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	5.318	2.660
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.3820	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575	4.146	1.772
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.808	0	2.266	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	3.760	1.457
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	1.1894	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115	3.568	1.290
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	1.1512	0.026	1.711	0.030	1.970	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	3.454	1.184
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	1.1259	0.105	1.672	0.118	1.882	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924	3.378	1.109
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	1.1078	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864	3.323	1.054
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	1.0942	0.219	1.609	0.239	1.761	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816	3.283	1.010
10	0.949	1.028	0.308	0.9227	1.0837	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	3.251	0.975

REFERENCIAS:

Apuntes de Palacio de Minería "Control Estadístico del Proceso y de la Calidad". División de Educación Continua de Ingeniería UNAM 1990.

Besterfield, Dale H. Quality Control.
1a. Edición., Prentice Hall, Inc. New Jersey, 1979

Deming, W. Edward "Quality, Productivity and Competitive Position"
Massachusetts Institute of Technology, 1982.

"Dirección General de Normas" capítulo Funciones del Sello Oficial de Garantía. Secretaría de Industria y Comercio; 1974.

Duncan, Acheson J. "Control de Calidad y Estadística Industrial"
Richard D. Irwin, Inc; Primera Edición en Español. México D.F. 1988.

Grant, Eugene L. and Leavenworth, Richard S; "Statistical Quality Control". McGraw Hill, Inc; quinta edición, 1980

Hansen, Bertrand L. "Quality Control and Applications"
Prentice-Hall. Inc. Primera Edición 1987

IMECCA División de Capacitación: "ISO -9000" Madrid 1992.

Juran, J.M. y Gryna, Frank M. (Jr.) "Planificación y Análisis de la Calidad" Editorial Reverté. Primera Edición. Barcelona España; 1977.

Kreyszig, Erwin "Introducción a la Estadística Matemática"
"Editorial Limusa" Primera Edición México, D.F; 1987

Kume, Hitoshi "Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad". Grupo Editorial NORMA. Primera Edición 1992.

Montgomery, Douglas C. "Control Estadístico de la Calidad"
Grupo Editorial Iberoamericana. Primera Edición en Español
México D.F. 1991.

Mood, A, Graybill. Introducción a la Teoría Estadística
E.U. Mc-Graw Hill, 1986.

Programa FORD-ITESM "Control Estadístico del Proceso"
Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México; 1984.

Siegel, Sidney "Estadística no Paramétrica" Editorial Trillas
Tercera Edición. México D.F. 1990.

"SPC Time Saver User's Manual" Copyright Zontec, Inc; 1990

Tappi Journal. Volumen 75 No. 1,3 5 8. Printed in Midlan Mich;
1992

SOFTWARE UTILIZADO

-Word Perfect 5.1	Procesador de Texto
-Harvard Graphics 3.1	Graficador
-Lotus 123	Graficador, Hoja de Cálculo
-Corel Draw 3	Programa de Presentación
-Zontec	Paquete Estadístico