TC

control estadístico de calidad para características mensurables en la producción

ma. cristina monroy gonzález

tesis profesional

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 esta 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.

Dedico esta tesis

con todo cariño a

MIS PADRES

y a mi hermana

ROSI

a quien mucho le debo

Agradezco al SR. CARLOS CLAIZ
la ayuda que me ha brindado en
el desarrollo de esta tesis.

C O N T E N I D O

CAPITULO I.

VARIABILIDAD. OBJETIVOS Y VENTAJAS AL CONTROLAR LA VARIABILIDAD. CONTROL PARA VARIABLES. CONTROL PARA ATRIBUTOS. REVISION Y MANTENIMIENTO DE ESPECIFICACIONES. PRINCIPALES TIPOS DE CONTROL EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.

CAPITULO II.

ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ESTADISTICA. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UNA DISTRIBUCION DISTRIBUCION NORMAL O DE GAUSS. DISTRIBUCION BINOMIAL. DISTRIBUCION DE POISSON.

CAPITULO III.

TRAZADO DE UNA GRAFICA. GRAFICAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS. MUESTREO PARA ACEPTACION. GRAFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES APLICADAS EN LA PRODUCCION DE FIBRAS SINTETICAS. EJEMPLO DE CALCULO DE LIMITES DE CONTROL PARA VARIABLES EN UNA COMPUTADORA. VARIABILIDAD DE UN PROCESO. COMPARACION DE LOS LIMITES OBTENIDOS CON LAS ESPECIFICACIONES.

CAPITULO IV.

PATRONES. PATRONES NATURALES Y PATRONES NO NATURALES. PRUEBAS PARA INESTABILIDAD. RAREZA. INESTABILIDAD. CAMBIO GRADUAL DE NIVEL CAMBIO BRUSCO DE NIVEL. TENDENCIAS. CICLOS. AGRUPAMIENTOS. INTERACCION. CORRESPONDENCIA. MEZCLA. FORMA ESTABLE DE MEZCLA. VARIABLE SISTEMATICA. ESTRATIFICACION. FORMA INESTABLE DE MEZCLA.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES.

INTRODUCCION

En esta tesis se pretende hacer notar la importancia de los métodos matemáticos en la industria y los beneficios que de ellos se obtienen, tratando en una forma especial su aplicación en el ramo de la producción de fibras sintéticas.

Para lograr el desarrollo industrial de un país en una forma eficiente y económica, es preciso recurrir a las técnicas más avanzadas; una de las técnicas que nos presentan grandes ventajas es el aprovechamiento de las matemáticas aplicadas, con ésto no se quiere decir que el industrial sea además un matemático brillante, pues aunque la teoría por medio de la cual se obtienen las matemáticas para aplicar, es elevada, no lo son todas sus aplicaciones, ésto es, que muchas veces cuándo se oye hablar de un método matemático se piensa en una forma de trabajar compleja y sombría, cuando en realidad la mayor parte de las veces las aplicaciones específicas son sencillas y claras de entender sin la necesidad de tener conocimiento profundo de matemáticas.

El deseo de precisión lleva a los investigadores de todas clases, desde el físico atómico hasta el hombre de negocios, a expresar en forma numérica los fenómenos de la parte del Universo que especialmente les interesan. Los datos numéricos han nacido no sólo en el laboratorio o el estudio, sino también en las oficinas, en los despachos de ventas, en los consejos y en las asambleas legislativas. Es difícil imaginarse cómo podría nuestra sociedad organizarse sin ellos.

Hay ciertas formas de datos numéricos, provinientes de distintas ramas del conocimiento, que necesitan un método científico especial -

que los estudie y explique. Este método es una parte de las matemáticas que se conoce con el nombre de Método Estadístico o simplemente Estadística.

Llamamos Estadística a la extensión de los métodos especiales y adecuados para hallar la significación de los datos cuantitativos - afectados por multitud de causas.

El resultado de la aplicación de la teoría estadística durante los últimos 12 años ha sido tan determinante, que prácticamente ha afectado a todas las actividades humanas no solamente en la producción, sino también en los negocios, el gobierno y en todos los tipos de investigación.

Con el objeto de hacer mención a algunas de las aplicaciones - que han dado gran ayuda a la industria, nombraremos las siguientes:

Control de la Producción (comprendiendo el Control de Inventarios), Estudio de las Ventas (con enfoque especial en el Pronóstico), Optimatización en el Costo de la Producción (Programación Lineal), Análisis de Regresión (inclusive de Regresión Múltiple)... Y así podríamos seguir citando muchas aplicaciones más, sin embargo enfocaremos la atención a la necesidad que tiene una empresa industrial de - implantar el control de la calidad para su producción con el objeto de lograr una serie de ventajas en diferentes aspectos, dichas ventajas deben traducirse como mayores utilidades.

Se pretende interesar a la industria en implantar el control de la calidad, principalmente a la industria de México, debido a que en la gran mayoría de sus ramas no se tienen sistemas de control de ca-

lidad. Con este objeto, antes de tratar el control de la calidad en la elaboración de fibra sintética, se trata en una forma general el control estadístico de Calidad.

C A P I T U L O I

VARIABILIDAD. OBJETIVOS Y VENTAJAS AL CONTROLAR LA VARIABILIDAD. CONTROL PARA VARIABLES. CONTROL PARA ATRIBUTOS. REVISION Y MANTENIMIENTO DE ESPECIFICACIONES. PRINCIPALES TIPOS DE CONTROL EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.

VARIABILIDAD.-

Siempre que se mide la calidad de un producto fabricado se tiene una variación, ésto es una regla de la naturaleza, ya que las repeticiones de cualquier procedimiento producen resultados variables. Esto, representa un grave problema en la industria, ya que el tener una variación no esperada repercute en la calidad del producto. Las causas de las variaciones pueden ser conocidas o no, ya que son muchos los factores que afectan la medida obtenida de un objeto fabricado no dependiendo unicamente del elemento con el que se realiza la fabricación y el elemento humano a cargo de esa manufactura.

Al hacer el estudio de las variaciones encontramos que éstas pueden ser de dos tipos:

a) Variabilidad debida al azar.

Que es inevitable pero podemos controlarla.

b) Variabilidad asignable.

En la que es conveniente encontrar la causa de esa variación y corregirla por métodos apropiados.

El tener control en la variación tiene como objetivos y ventajas las siguientes:

OBJETIVOS.-

a) Bases para decidir que hacer con el lote de producto ya fabricado.

b) Bases para actuar con vistas a optimizar el proceso, pensando en la producción futura.

VENTAJAS.-

Algunas de las ventajas que se esperan al controlar la variabilidad son:

a) Disminución de la cantidad de material defectuoso y de reproceso.

Podríamos decir que el ideal sería fabricar un producto que en la primera vez fuera de primera calidad o sea perfecto, de tal manera que no tuviera ya que volver a inspeccionarse ni a reprocesarse pero, en la práctica es difícil que ésto siempre suceda por lo que si un producto es defectuoso y - tiene que reprocesarse se pierde: tiempo, trabajo del operario y del supervisor, energía, además causa sensación negativa a la o las personas que deban repetir el trabajo y otros esfuerzos inútiles según el tipo de producto de que se trate. O sea que nos lleva a una serie de pérdidas en diferentes campos.

Las técnicas estadísticas de control de calidad nos dan en este aspecto una gran ayuda.

b) Mejora la calidad y uniformidad del producto y los métodos de fabricación.

Es muy importante hacer notar que al controlar la calidad - no necesariamente buscamos el producto de más alta calidad, sino el grado de calidad que se necesite, o sea, puede suceder que por exigir alta calidad en la producción se están - empleando equipos y métodos muy costosos; de tal manera que al implantar el control de la calidad se encuentra qué con métodos y equipo menos precisos y más baratos están cumpliendo con las especificaciones de calidad, y han tenido una considerable reducción en los costos.

c) La seguridad de que ahora como en el futuro el producto está controlado en su calidad.

Al vendedor le será más fácil ofrecer el producto y convencer al cliente del grado de calidad de su fabricación; en algunos casos el comprador desea conocer los límites de control que - se utilizaron al fabricar el producto para establecer tolerancias y el vendedor está en posibilidad de otorgarle las gráficas empleadas.

d) Puede impedir pérdidas significativas.

Supongamos que la empresa "X" lleva nueve meses trabajando - perfactamente por lo que el producto obtenido ha sido defectuoso en un 2%, pero después de nueve meses una pieza de la máquina se empieza a desajustar de tal manera que el onceavo mes el 50% de la producción se desecha. En esta situación - podemos decir que si se hubieran guiádo por gráficas de control se habrían dado cuenta de que la variación aumentaba, - inclusive podría haberse presentado un sesgo, fácil de detectar por medio de las gráficas.

Algo semejante le hubiera sucedido a la fábrica "X" si la - variación se hubiera debido a la materia prima, o a cualquier otra causa externa o interna.

e) Mejorar el precio de venta y asegurar mercados, ya que el - público siempre preferirá e incluso pagará más por un producto que tenga calidad uniforme que por otro que no la tenga.

VARIABLES Y ATRIBUTOS.

Una vez que se ha decidido implantar un control estadístico de calidad, debe saberse qué método estadístico elegir, por lo que es - conveniente mencionar que aunque los métodos estadísticos tratan so-

lamente con datos cuantitativos, lo cuantitativo puede ser considerado desde dos puntos de vista distintos.

En primer lugar, el observador puede limitarse a anotar la presencia o ausencia de una característica en una serie de objetos o individuos y a contar el número de los que la poseen y el de los que carecen de ella. Es decir estamos trabajando con "atributos". Así por ejemplo, en una determinada población (término general muy útil para designar el conjunto de objetos sometidos a estudio, cuya extensión y naturaleza - deberemos tener siempre en cuenta) podemos contar, si tratamos de seres humanos, el número de ciegos y videntes o el de europeos y no europeos; si la población representa el número de veces que lanzamos una moneda, las veces que sale cara y las que sale cruz; si es una formación de - plantas de chícharos, el número de plantas altas y plantas enanas. En tales casos, el carácter cuantitativo aparece naturalmente al hacer el recuento.

En segundo término, el observador puede anotar o medir la intensidad efectiva de un carácter de diferentes medidas en cada uno de los objetos o individuos observados. Puede registrar, por ejemplo, la edad de las personas al morir, los precios de diferentes muestras de una - mercancía, las tallas de ciertos hombres, el número de pétalos de unas flores. En estos casos, las observaciones son cuantitativas y a esto - se debe que lleven el nombre de "variables".

Los métodos aplicables al primer género de observaciones, que podemos llamar Estadística de Atributos, son también aplicables al segundo, o Estadística de Variables. En una relación de tallas de varones, por ejemplo, pueden contarse como altas simplemente todas las que excedan de cierto límite, prescindiendo de la cuantía del exceso en cada - caso, y establecer sobre la base de esta clasificación el número de -

altos y el de bajos (o más rigurosamente, el de no altos). Análogamente, los métodos especialmente aptos para el tratamiento de las estadísticas de variables, por tener en cuenta cada uno de los valores registrados, pueden emplearse con mayor extensión de la que a primera vista parece - posible en las estadísticas de atributos.

CONTROL PARA VARIABLES.-

Se aplica el control para variables siempre que sea posible obtener una medida numérica de la característica a estudiar. La medida puede ser longitud, superficie, dureza, peso, presión, temperatura, viscosidad, - tiempo de fusión, cantidad máxima de impurezas de un producto químico, - etc.

Se aconseja que siempre que sea posible se apliquen gráficas de control para variables, ya que; suministran mayor cantidad de información con muestras más pequeñas, indica la variabilidad de un proceso por lo que se puede saber si el mismo cumple o no con las especificaciones, - permite analizar si el proceso continúa dentro de la variabilidad original, se determina la media del proceso (lo cual es importante ya que en muchas ocasiones la variabilidad del proceso está dentro de las tolerancias permitidas por las especificaciones de manufactura, pero la media del proceso está tan alejada del valor nominal que se llegan a elaborar piezas defectuosas). En algunos casos las correcciones se logran simplemente alterando las condiciones de la máquina, pero en otras ocasiones el centrado unicamente se logra a través de un estudio de investigación y desarrollo de nuevos métodos.

La variabilidad de la característica de calidad puede seguir un - patrón casual, o puede comportarse erráticamente debido a la presencia ocasional de causas asignables, que pueden ser descubiertas y eliminadas.

En el control estadístico de calidad para la fabricación de fibras sintéticas, predomina el uso de variables.

CONTROL PARA ATRIBUTOS.-

Por las explicaciones anteriores, se puede concluir que el control para atributos se aplica cuando un registro muestra solamente el número de artículos que cumplen y el número de artículos que dejan de cumplir con cualquier requerimiento especificado. Por ejemplo, se puede considerar que la presencia o ausencia de un atributo corresponde a los cambios de cierta variable que sólo puede tener dos valores: 0 y 1, o bien, puede suponerse que se trata de un carácter variable clasificado elementalmente, como antes se vió, de tal manera, que con hipótesis auxiliares sobre la naturaleza de esa variable se pueden deducir ciertas conclusiones.

Puede decirse que los objetos o individuos que poseen un atributo, y aquellos que carecen de él, forman dos clases distintas, siendo el observador quien clasifica los objetos o individuos observados. En el caso más simple, en que la atención se dirige a un sólo atributo, cabe formar sólo dos clases que se excluyen recíprocamente. Pero si se consideran varios atributos el proceso de clasificación puede continuar indefinidamente. Tanto los que poseen el primer atributo como los que carecen de él pueden a su vez clasificarse según que posean o no un segundo atributo; los elementos de cada una de las subclases así obtenidas pueden también clasificarse según que tengan o no un tercer atributo, y así sucesivamente dividiendo cada clase en otras dos. Así, los individuos que forman la población de un distrito pueden clasificarse en varones y mujeres; los individuos de cada sexo en cuerdos y locos; varones locos, varones cuerdos, mujeres locas, mujeres cuerdas; y dentro de cada clase distinguir los ciegos y videntes.

Es conveniente hacer notar que la clasificación no implica necesariamente la existencia de una línea divisoria natural o claramente definida entre ambas clases. La divisoria puede ser totalmente arbitraria; por ejemplo, una serie de precios clasificados en altos y bajos, o sea superiores e inferiores a cierto valor. Por otra parte, la clasificación puede ser vaga e imprecisa; cordura y demencia, vista y ceguera, son estados en que se pasa de uno a otro por grados tan tenues que puede haber discrepancias sobre la clase en que determinado individuo deba incluirse.

Al examinar estadísticas de atributos debe tenerse siempre en cuenta la posibilidad de imprecisiones de ésta índole; ello no obstante - cualquiera que sea la naturaleza de la clasificación natural o artificial, definida o incierta, la determinación final ha de ser decisiva; ha de considerarse que cada objeto o individuo está o no en posesión del atributo de que se trate.

REVISION Y MANTENIMIENTO DE ESPECIFICACIONES.-

Cuando ya se ha determinado si los valores que se tienen corresponden a variables o a atributos, puede surgir la pregunta ¿Podemos fijar alguna base que nos restrinja al calcular los límites? La respuesta es Si. Esta afirmación nos presenta una gran ventaja, debido a que en general las especificaciones son fijadas por:

a) Los directivos de una empresa. Ya sea cuando se lanza un nuevo producto al mercado o porque se desean satisfacer ciertas necesidades que traen consigo requerimientos específicos.
b) El departamento de planeación de producción.
c) Por el cliente.

Para establecer tanto las especificaciones como los límites de control, es recomendable se tomen en cuenta los tres factores siguientes:

a) Uso que se va a dar a las piezas fabricadas.

b) Limitaciones del proceso.

c) Limitaciones de los aparatos de medición. (Se recomienda que en los aparatos de medición se tenga un decimal más del que se va a tomar en cuenta para la medida de la pieza).

Debe tenerse cuidado especial con la revisión de las especificaciones, ya que puede hacer diferencia entre la idea que se tuvo al describirlas y la interpretación que pueda dárseles.

Una vez establecidas y aplicadas las especificaciones debe checarse su mantenimiento, escogiendo un tipo de muestreo que esté de acuerdo con las necesidades de la manufactura y del tipo de gráfica que se va a utilizar. Por ejemplo, cuando se desea producir artículos cuyo grado de calidad sea 100% de artículos sin defectos se está obligando a hacer una inspección del 100%, 200% o más de la producción, lo cual resulta sumamente costoso.

En concreto los métodos estadísticos aplicables en Control de Calidad se basan principalmente en:

I) GRAFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES.

II) GRAFICAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS.

III) ACEPTACION POR MUESTREO.

Para cualquier método que se aplique es de suma importancia que las técnicas establecidas sean comprendidas en un nivel general dentro de la empresa, interesando a supervisores y operarios.

El implantar el control de calidad puede ser una motivación reflejada en el deseo de que todos juntos: operarios, supervisores, departamento de estadística, departamento de planeación de producción y ejecutivos se identifiquen en la meta "Calidad del Producto" con el objeto de llegar a una coordinación entre los departamentos que tienen a su cargo las funciones de: Especificaciones, Producción e Inspección.

Cabe mencionar que tanto para la calidad del producto como la calidad del trabajo de una persona es importante tener un nivel adecuado en prestaciones y sueldos según el tipo de trabajo de que se trate, ya que puede tenerse un empleado que sea muy buen elemento de trabajo pero por falta de prestaciones o de sueldo adecuado solamente realice lo indispensable en la ejecución de su labor. O bien puede suceder que siendo un individuo excelente como trabajador se le concedan prestaciones de más, de tal manera que con el tiempo se le destruya el espíritu de trabajo y esfuerzo disminuyendo su sentido de responsabilidad. Esto es, que en una forma primordial, debe tenerse en cuenta el carácter de individuo como tal de cada persona en la ejecución de sus labores, haciendole sentir que tanto su trabajo, como cualquier otro que desempeña en la empresa cualquier persona, está encaminado al mismo fin.

Una vez que la gráfica de control muestra que el proceso se ha llevado realmente bajo control a un nivel satisfactorio y con límites satisfactorios de variabilidad, se tiene confianza en que el producto llena las especificaciones. Esto sugiere la posibilidad de procedimientos de aceptación basados en la gráfica de control para determinar si se continua produciendo con esos resultados satisfactorios.

Bajo estas circunstancias favorables a menudo son posibles ahorros considerables en los costos relacionados con la inspección. Cuando la inspección consiste en pruebas destructivas puede ser posible reducir - el número de unidades probadas, ahorrando así tanto en los costos de las pruebas como en el costo del producto destruido.

C A P I T U L O II

ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ESTADISTICA. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UNA DISTRIBUCION. DISTRIBUCION NORMAL O DE GAUSS. DISTRIBUCION BINOMIAL. DISTRIBUCION DE POISSON.

ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ESTADISTICA

De las personas relacionadas con la producción como lo son: ingenieros, operarios, supervisores, jefes de departamento, etc. son pocos los que haciendo uso de las técnicas de control estadístico de calidad en manufactura, tienen necesidad de avanzar en las fronteras del conocimiento teórico en Estadística Matemática. No obstante necesitan un concepto general de la forma como pueden utilizar los métodos estadísticos. Mucha de la teoría que necesitan puede ser presentada con el uso de la aritmética ordinaria, y ayuda ocasional de álgebra. Con tal experiencia de la teoría elemental, no solamente estarán en posición de hacer un uso efectivo de las técnicas de control estadístico de la calidad, sino también estarán en mejor posibilidad de reconocer aquellas situaciones en las cuales pueden necesitar el consejo de un estadístico matemático.

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA

La información con la cual se va a trabajar, se obtiene efectuando medidas en los productos elaborados uno a continuación de otro (desde el punto de vista estadístico no importa la unidad que se use para medir cualquier característica determinada de un producto). Cada una de las lecturas consignadas se denomina generalmente individuo. Como ejemplo se da a continuación una tabla con 250 lecturas de la producción de una máquina:

20	19	19	15	20	23	19	21	19	16
21	22	23	21	22	18	23	19	20	15
20	21	20	20	21	22	21	18	21	18
20	22	21	20	21	21	21	20	19	22
18	19	18	19	18	20	19	17	22	21
20	21	20	18	23	21	20	18	18	20
18	22	16	20	16	21	21	18	22	20
21	20	15	21	20	21	19	23	22	21
21	21	20	20	20	19	20	18	18	21
21	19	19	16	20	22	21	19	22	19

22	18	16	18	20	19	16	21	19	22
21	18	24	19	20	20	21	20	21	22
20	19	18	19	21	21	20	24	18	18
19	17	20	20	18	23	21	20	19	16
21	20	20	20	20	19	23	17	21	20
22	20	21	19	20	20	19	20	18	20
19	18	21	17	22	17	21	18	17	17
20	24	20	20	19	19	21	21	22	20
17	21	22	21	18	22	19	21	20	20
20	20	20	21	22	17	19	18	20	20
21	19	20	22	21	21	22	19	19	20
21	19	23	21	20	19	20	18	19	18
17	22	21	19	19	23	21	21	20	20
19	20	16	19	21	20	17	21	21	16
23	18	18	19	19	20	19	23	20	23

TABLA 2-1. Datos obtenidos de las medidas de un producto.

En la forma que estos datos están representados resultan de poca utilidad ya que de tal masa de cifras es difícil extraer alguna conclusión, en cambio si se ordenan por clases de tal manera que queden agrupados los valores pequeños, los medianos y los grandes, nos muestran un arreglo del cual podemos hacer algunas deducciones.

Si los datos son de una variable discreta no hay dificultad en hacer la agrupación, por ejemplo si se estudiara el número de poros de una pintura de una serie de máquinas lavadoras. En el caso que tratamos en que la variable es continua, la experiencia indica que es mejor agruparlos en un número de clases que no sea inferior a diez para no perder información y no exceda de veinte a fin de que los cálculos no resulten muy largos. Se toma la observación mayor y la menor y se divide en forma conveniente de diez a veinte intervalos llamados límites de clase. Esto, a menudo está sujeto a excepciones dictadas por otras consideraciones. Para la elección de límites de clase resulta conveniente tomar un decimal más que el consignado en la medida.

En esta forma se establecen los límites de clase. Al lado de cada uno se va colocando un trazo vertical por cada lectura que caiga dentro de esos límites. Cada vez que se hace una quinta lectura se cruzan con una raya los cuatro trazos anteriores con el objeto de facilitar el recuento.

En esta forma, teniendo como base los datos anteriores se obtiene la siguiente tabla de frecuencias:

Límite de Clase	Frecuencias	Centro de clase	Frecuencia
14.5 - 15.5	///	15	3
15.5 - 16.5	𝍸 ///	16	8
16.5 - 17.5	𝍸 𝍸 /	17	11
17.5 - 18.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 /	18	31
18.5 - 19.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 ///	19	43
19.5 - 20.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸	20	63
20.5 - 21.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 ///	21	54
21.5 - 22.5	𝍸 𝍸 𝍸 //	22	22
22.5 - 23.5	𝍸 𝍸 //	23	12
23.5 - 24.5	///	24	3

TABLA 2-2. Tabla de Frecuencias (de los datos de la Tabla 2-1)

Esta forma de ordenar los datos nos muestra un patrón de variación y la forma de mostrar las frecuencias de cada clase recibe el nombre de Distribución de Frecuencias.

El intervalo a lo largo de la escala de medición de cada clase ordenada, recibe el nombre de "celda".

La frecuencia para cualquier celda es el número de observaciones en esa celda.

La frecuencia relativa para cualquier celda es la frecuencia de esa celda dividida por el número total de observaciones.

La distribución de frecuencias puede presentarse en una forma más apropiada con el objeto de mostrar los puntos medios de las celdas y los límites de éstas. Las formas más comunes para su representación - son las tres gráficas que se presentan a continuación.

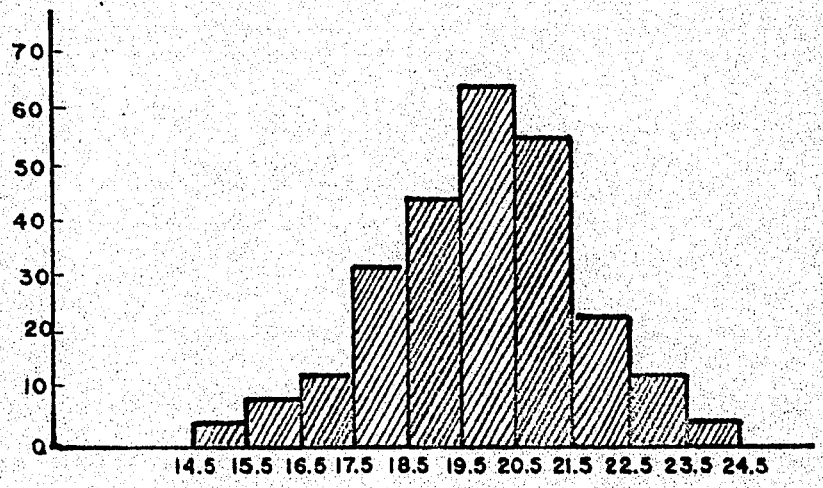
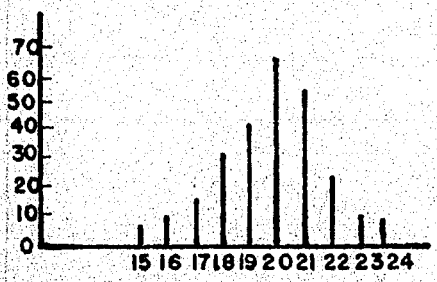


fig. 2-1 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS (datos de la tabla 2-1)



g 2-2a BARRAS DE FRECUENCIAS

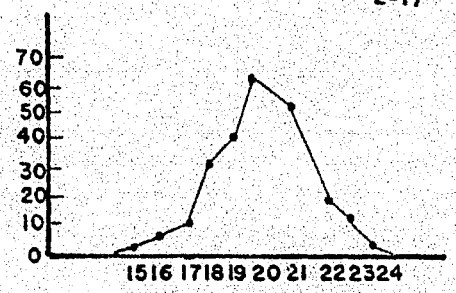


fig 2-2b POLIGONO DE FRECUENCIAS

De las representaciones anteriores el "Histograma de Frecuencias" de la Figura 2-1, es en ciertos aspectos la mejor. En esta gráfica - los tamaños de las columnas representan las fronteras superior e inferior de las celdas, sus alturas y áreas son proporcionales a las - frecuencias dentro de las celdas. La Figura 2-2a "Gráfica de Barras de Frecuencia", utiliza barras centradas en los puntos medios de las celdas; las alturas de las barras son proporcionales a las frecuencias en las celdas respectivas. La Figura 2-2b "Polígono de Frecuencias", consiste en una serie de líneas que unen pequeños círculos que se han trazado en los puntos medios de las celdas, con una altura proporcional a la frecuencia en cada celda.

En la tabla de frecuencias o en cualquiera de sus representaciones, se estudian en general, las siguientes características:

I - Tendencia Central. Valor hacia el cual tienden a acumularse las observaciones.

II - Dispersión. Lo extendido que esté el histograma.

III - Asimetría. Que se tenga proporción entre la mitad del histograma a la derecha del punto central y la parte a la izquierda del mismo.

IV - Achatamiento. Grado de picudéz del histograma.

De las características anteriores, la tendencia central y la dispersión son las que nos interesan para las gráficas de control estadístico de calidad.

Tendencia Central

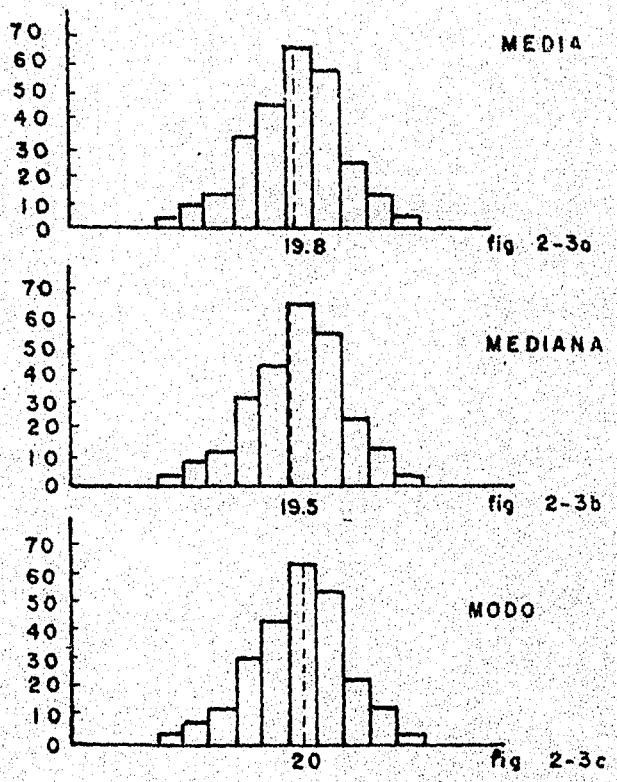
Son tres las medidas que más se utilizan para determinar la tendencia central:

a) Media.

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

b) Mediana. Punto por el que pasa una línea paralela al eje de la frecuencia que divide al eje de nuestra variable en dos partes iguales.

c) Modo. Valor del punto medio de la celda con la frecuencia mayor.



La Media.

De las medidas de la tendencia central la principal es la media y es la que se utiliza en el control estadístico de la calidad. La - media como se indicó, está dada por la suma de todos los elementos, dividida por el número de elementos.

Si cada uno de los elementos se representa por x y si tenemos los siguientes elementos: X_1, X_2, $X_3 \ldots X_n$ la media aritmética es $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \ldots X_n}{n}$. En general esta notación se emplea para el caso de muestras, pero si se desea calcular la media de varias muestras la notación es $\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \ldots \bar{X}_K}{K}$.

El valor verdadero de la media aritmética correspondiente a toda la población, se representa por $\bar{X}'$.

Dispersión

Las medidas más usadas para conocer la dispersión son:

a) Amplitud o rango. Es la diferencia que hay entre el valor más grande y el valor más pequeño. En lo sucesivo se representará por R.

b) Varianza. Se calcula tomando la suma de: la diferencia que hay entre las marcas de clase y la media (para ver que tan alejadas están las observaciones de la tendencia central), se eleva esta diferencia al cuadrado (para que no se anule con las de signo contrario), se multiplica esta potencia por la frecuencia correspondiente, y se divide entre el total de observaciones.

La varianza se representa con σ^2, y la varianza verdadera correspondiente a toda la población, se representa con σ'^2.

c) Desviación standard. Es la raíz cuadrada de la varianza.

Amplitud o Rango.

Con sólo dos valores de las observaciones, el máximo y el mínimo, se obtiene una diferencia que muestra la extensión del histograma; sin embargo, se le encuentran dos defectos a esta medida:

1) Unicamente se utilizan dos medidas, por lo que se pierde información de los demás datos.

2) No presenta mucha estabilidad, ya que si tomamos varias mues-

tras de un mismo grupo se puede observar que la amplitud en cada una de ellas varía considerablemente respecto a las otras.

La gran ventaja que se tiene al obtener la amplitud, es que su - cálculo es muy rápido.

Varianza y Desviación Standard.

Para muchos propósitos la medida más útil de dispersión de un - grupo de datos es la desviación standard. Esta se define aquí como la raíz cuadrada de la media de las desviaciones de los números observados con respecto a su media aritmética, elevada al cuadrado.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \ldots + (X_n - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Si se pudiera lograr que la información contenida en una distribución de frecuencias pudiese ser resumida en dos cifras tales como - una medida de tendencia central y una medida de dispersión, se obtendrían grandes ventajas. Bajo circunstancias favorables es posible llegar a este ideal.

Se ha descubierto que la mejor medida de la tendencia central para este propósito es la desviación standard.

Lo ideal sería estar en posibilidades de saber; dado cualquier - promedio y desviación standard, que proporción de medidas de los datos caen dentro de cualesquiera límites especificados. Por ejemplo, si $\bar{X}$ fuera igual a 0.850 cm. de alguna medida en una parte manufacturada y σ fuera igual a 0.002 cm., que se pudiera saber que parte de nuestra población cae dentro de los límites $\bar{X} \mp 2\sigma$, o sea entre 0.846 y 0.854 cm., o bien que fuera posible decir la proporción que cae entre $\bar{X} \mp 4\sigma$ y $\bar{X} \mp 1.5\sigma$ o sea, entre 0.842 y 0.847 cm., o en general entre cualesquiera límites deseados. En caso de poder hacerse se podría recons

truir completamente una distribución de frecuencias si se conocieran el promedio y la desviación standard. Para que ésto sea posible, se requiere que esté completamente definida la ecuación de una curva de frecuencias que describa el modelo de la característica particular - una vez que el promedio y la desviación standard hayan sido conocidas. Estos dos números son suficientes para definir la llamada "Curva Normal". Un gran número de distribuciones de frecuencias que se forman a partir de cualidades medidas en los productos manufacturados y muchas otras distribuciones de frecuencia encontradas en la naturaleza tienden a seguir cercanamente a esta curva normal. Se ha demostrado que - generalmente todos los procesos industriales controlados por variables siguen esta distribución.

Distribución Normal o de Gauss.

Se pueden imaginar curvas de frecuencias de muy diferentes formas. Se han desarrollado ecuaciones que definen exactamente diversos tipos de curvas comunes a determinadas características. La curva más útil es la curva normal, que tiene forma de campana simétrica.

A pesar de que la mayoría del área bajo esta curva está incluída dentro de los límites $\bar{X} \pm 3\sigma$, la curva se extiende desde $-\infty$ (menos - infinito) a $+\infty$(más infinito).

Los límites más usados en relación con la curva normal, son los siguientes:

LIMITES	PORCENTAJE DEL TOTAL DEL AREA ENTRE LOS LIMITES
$\bar{X} \pm 0.6745\ \sigma$	50.00
$\bar{X} \pm \sigma$	68.26
$\bar{X} \pm 2\sigma$	95.46
$\bar{X} \pm 3\sigma$	99.73

Si se obtuviera el promedio en las medias calculadas de las muestras de una población y lo designáramos como $\bar{\bar{X}}$ para diferenciarlo de

las medias de cada una de las muestras $\bar{X}$, se podrá representar la curva normal que sigue $\bar{X}$ en la forma siguiente:

AREAS APROXIMADAS BAJO LA CURVA NORMAL

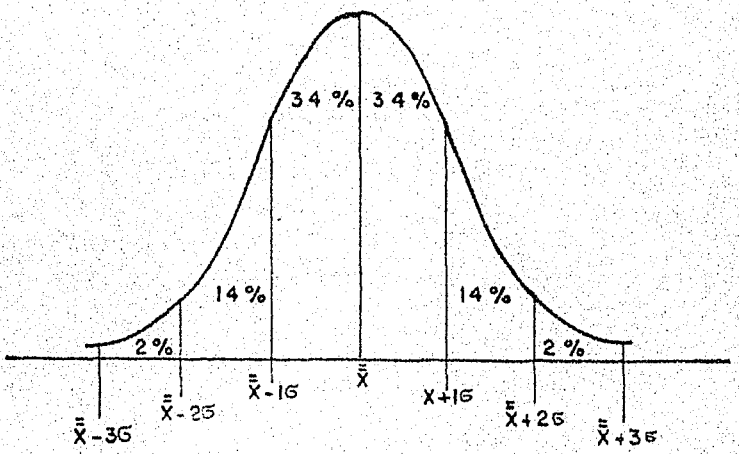


fig. 2-4

Esto significa que, en aquellas curvas que se aproximan cercanamente a la normal, aproximadamente las dos terceras partes quedan comprendidas en una desviación standard hacia ambos lados del promedio; el 95% caen en aproximadamente dos veces la desviación standard y practicamente todas caen dentro de tres veces la desviación standard.

Dado que la distribución normal tiene como ecuación la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x-\bar{\bar{X}})^2}{\sigma^2}}$$

Existe una tabla que nos da las diferentes áreas de la curva calculadas por:

$$P(t<t_1) = \int_0^{t_1} N(0,1)\,dt$$

que es la probabilidad de tener valores de t menores que t_1 (Ver Tabla III pag. 21a).

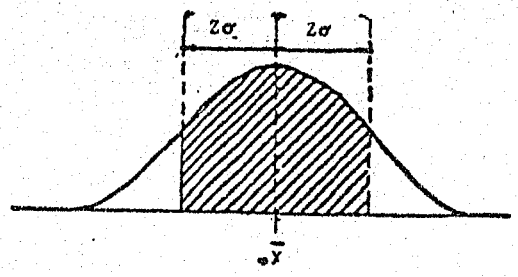


TABLA III - AREAS (O PROBABILIDADES) EN UNA CURVA "NORMAL" A AMBOS LADOS DE LA MEDIA.

Para una zona $\pm 2\sigma$

t.	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0080	.0160	.0240	.0320	.0398	.0478	.0558	.0638	.0718
0.1	.0796	.0876	.0956	.1036	.1114	.1192	.1272	.1350	.1428	.1506
0.2	.1586	.1664	.1742	.1820	.1896	.1974	.2052	.2128	.2206	.2282
0.3	.2358	.2434	.2510	.2586	.2662	.2736	.2813	.2886	.2960	.3034
0.4	.3108	.3182	.3256	.3328	.3400	.3472	.3544	.3616	.3688	.3758
0.5	.3830	.3900	.3970	.4038	.4118	.4176	.4246	.4314	.4380	.4448
0.6	.4514	.4582	.4648	.4714	.4778	.4844	.4908	.4972	.5034	.5098
0.7	.5160	.5222	.5284	.5346	.5408	.5468	.5528	.5588	.5616	.5704
0.8	.5762	.5820	.5878	.5934	.5990	.6046	.6102	.6156	.6212	.6266
0.9	.6318	.6372	.6424	.6476	.6528	.6578	.6630	.6680	.6730	.6778
1.0	.6826	.6876	.6922	.6970	.7016	.7062	.7108	.7154	.7198	.7242
1.1	.7286	.7330	.7362	.7416	.7458	.7498	.7540	.7520	.7620	.7660
1.2	.7698	.7738	.7776	.7814	.7850	.7888	.7924	7960	.7994	.8030
1.3	.8064	.8098	.8132	.8164	.8198	.8230	.8262	.8294	.8324	.8354
1.4	.8384	.8414	.8444	.8472	.8502	.8530	.8558	.8584	.8612	.8638
1.5	.8664	.8690	.8714	.8740	.8764	.8788	.8812	.8836	.8858	.8882
1.6	.8904	.8926	.8948	.8968	.8990	.9010	.9030	.9050	.9070	.9090
1.7	.9108	.9128	.9146	.9164	.9182	.9198	.9216	.9232	.9250	.9266
1.8	.9282	.9298	.9312	.9328	.9342	.9356	.9372	.9385	.9398	.9412
1.9	.9426	.9438	.9452	.9464	.9476	.9488	.9500	.9512	.9522	.9534
2.0	.9544	.9556	.9566	.9576	.9586	.9596	.9606	.9616	.9624	.9634
2.1	.9642	.9652	.9660	.9668	.9676	.9684	.9692	.9700	.9708	.9714
2.2	.9722	.9728	.9736	.9742	.9750	.9756	.9762	.9768	.9774	.9780
2.3	.9786	.9792	.9796	.9802	.9808	.9812	.9818	.9822	.9826	.9836
2.4	.9836	.9840	.9844	.9850	.9854	.9858	.9862	.9864	.9868	.9872
2.5	.9876	.9880	.9882	.9886	.9890	.9892	.9896	.9898	.9902	.9904
2.6	.9906	.9910	.9912	.9914	.9918	.9920	.9922	.9924	.9926	.9928
2.7	.9930	.9932	.9934	.9936	.9938	.9940	.9942	.9944	.9946	.9949
2.8	.9948	.9950	.9952	.9954	.9955	.9956	.9957	.9958	.9960	.9961
2.9	.9962	.9963	.9964	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972
3.0	.9974	.9974	.9974	.9975	.9976	.9977	.9978	.9978	.9979	.9980

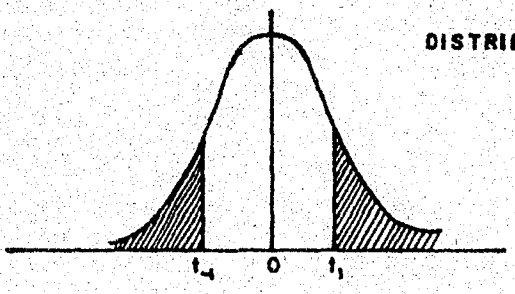


fig 2-5

Para calcular la probabilidad de tener valores de t comprendidos en la zona rayada (ver fig. 2-5 pag. 22) aplicaremos la siguiente formula:

$$P(|t| > t_1) = 1 - 2P(t < t_1)$$

Supongamos que queremos calcular la probabilidad de obtener valores de t que sean exteriores a la franja (+3, -3), utilizando la tabla obtendremos:

$$P(|t| > 3) = 1 - 2P(t < 3) = 1 - 2 \times 0.49865 = 0.0027$$

o sea que de cada 1000 elementos extraídos se espera que aproximadamente 3 tengan valores de t exteriores a la franja (+3-3), o sea que para fines prácticos se puede considerar que toda el área de probabilidad está encerrada dentro de los límites $\bar{x}' \pm 3\sigma'$.

Hasta ahora solamente se ha hablado de la distribución normal, - pero existe un gran número de tipos de curvas. Para el cálculo de límites de control en procesos medidos por atributos se utilizan la distribución Binomial y la de Poisson.

Distribución Binomial.

Sea p' el símbolo de la probabilidad constante de que un evento suceda. En las aplicaciones del control estadístico de calidad, esto es, la probabilidad de que un artículo sea defectuoso.

Sea q' la probabilidad de que el mismo evento no suceda. En las aplicaciones del control estadístico de la calidad esto es generalmente la probabilidad de que un artículo sea bueno.

Como $p' + q' = 1$

$$q' = 1-p'$$

Cuando se hacen muchos grupos de n pruebas sobre un evento con una probabilidad constante de ocurrencia p', el número esperado de ocurrencias en un período largo, es np', donde np' es la media del binomio. Traducido en términos de un problema de control estadístico de calidad, si son tomadas al azar muchas muestras de tamaño n de un producto que tenga una fracción defectuosa p', el número promedio esperado de defectuosos será np'.

La expresión para la desviación standard de la distribución binomial se deriva en trabajos normales sobre estadística matemática. Dicha expresión es $\sqrt{np'q'} = \sqrt{np'(1-p')}$.

En cualquier muestra la fracción defectuosa es el número de defectuosos dividido por el tamaño de la muestra n. La desviación standard de la fracción defectuosa es, por supuesto, la desviación standard del número de defectuosos np'q' dividido por el tamaño de la muestra n. Esto es:

$$\sigma_{fd} = \frac{\sqrt{np'q'}}{n} = \sqrt{\frac{p'q'}{n}} = \frac{\sqrt{p'(1-p')}}{\sqrt{n}}$$

Esta es una fórmula básica para establecer límites en gráficas de control para fracción defectiva:

$$Lscp = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

Distribución de Poisson.

En una forma similar a la que se siguió para definir los parámetros y variables de la distribución binomial, se definen; p', q', y n para la distribución de Poisson.

El promedio y la desviación standard se establecieron como $n\,p'$ y $\sqrt{np'\,(1-p')}$.

La distribución de Poisson siempre se deriva de un promedio conocido o asumido que puede ser establecido como np' o c'.

La distribución de Poisson es el límite de la binomial cuando n (tamaño de la muestra), tiende a infinito y np' permanece constante. Bajo tales circunstancias, el límite de (1-p'), es obviamente 1. Así, el límite de la desviación standard, $\sqrt{np(1-p')}$ es $\sqrt{np'}$ o $\sqrt{c'}$.

Por lo tanto la desviación standard de la distribución de Poisson $\sqrt{c'}$ es siempre la raíz cuadrada del promedio c'.

Estos parámetros se utilizan en el cálculo de los límites de control para número de defectos.

C A P I T U L O III

GRAFICAS DE CONTROL

TRAZADO DE LA GRAFICA. GRAFICAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS. MUESTREO PARA ACEPTACION. GRAFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES APLICADAS EN LA PRODUCCION DE FIBRAS SINTETICAS. EJEMPLO DE CALCULO DE LIMITES ESTADISTICOS DE CONTROL PARA VARIABLES EN UNA COMPUTADORA. VARIABILIDAD DE UN PROCESO. COMPARACION DE LOS LIMITES OBTENIDOS CON LAS ESPECIFICACIONES.

Gráficas de Control.-

La teoría en la que se basan los métodos estadísticos de control gráfico de la calidad, fueron elaboradas aproximadamente en 1931 por el Doctor W. A. Shewhart. Estos métodos establecen gráficas que nos - muestran las variaciones de un proceso en diferentes períodos de tiempo. Si las variaciones caen dentro de ciertos límites se dice que el proceso está bajo control, en caso contrario se dice que existe una - causa asignable.

Trazado de la Gráfica.-

Para trazar una gráfica deben elegirse dos escalas, una horizontal y una vertical. En la vertical deben quedar representadas las variaciones de la característica observada, en la horizontal debe indicarse el orden en que se sucedieron las observaciones, por ejemplo: hora, turno, día, semana, etc. (Ver ejemplo de gráfica 3-1, hoja26a).

I.- Gráficas de Control para Atributos.

Como se explicó en el primer capítulo, cuando se trabaja con atributos, las piezas simplemente se dividen en aceptables que cumplen con las especificaciones, y en defectuosas, aquellas que no cumplen. Por esa razón estos métodos no son tan efectivos para encontrar causas - asignables como lo son las gráficas de control para variables; sin - embargo se tienen otras ventajas: muchas ocasiones la inspección no da valores numéricos, en este caso la inspección resulta más económica que la utilizada para variables; en muchas ocasiones se utilizan datos que se han extraído con otros fines.

Las gráficas de control para el caso de atributos pueden ser de suma utilidad para los directivos de una empresa ya que suministran un registro de la historia de la calidad del producto.

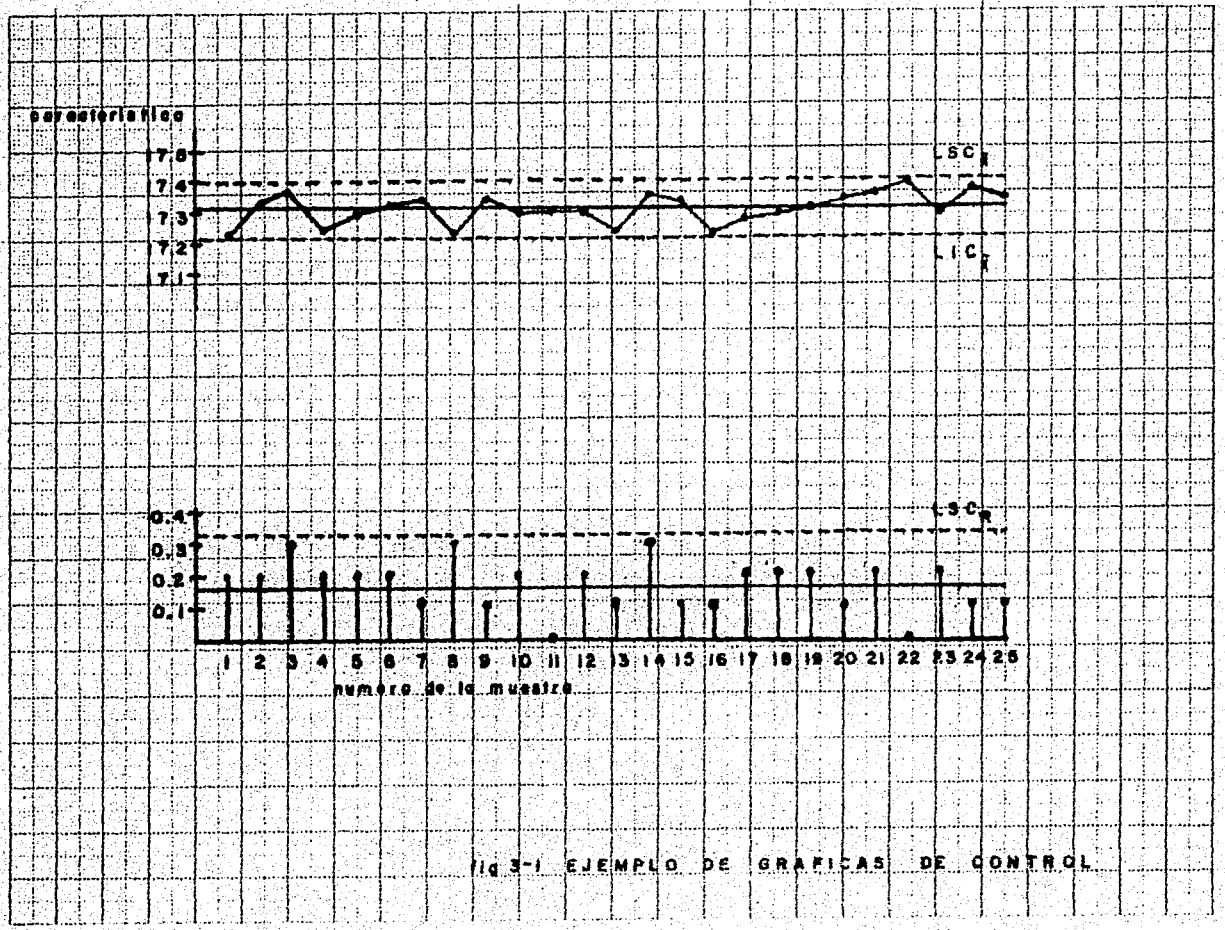


fig 3-1 EJEMPLO DE GRAFICAS DE CONTROL

Se utilizan tres tipos de gráficas de control para atributos:

a) Para fracción defectiva (gráficas p).

b) Para porcentaje defectivo (gráficas p%).

c) Para número de defectos (gráficas np).

Gráficas para Fracción Defectiva.

La fracción defectiva se obtiene dividiendo el número de elementos defectuosos (d) en la muestra, entre el número total de elementos en la misma (n):

$$p = \frac{d}{n}$$

Como se vió anteriormente, los límites de control para éste tipo de gráficas están basados en la distribución binomial.

En el caso en que se conozca la fracción defectiva p' con que se está trabajando el proceso, o sea, que el proceso haya estado bajo control un período largo de tiempo y conociéndose por ésto la fracción defectiva de la población, se calcularán los límites dentro de los cuales se considerará que las variaciones son provocadas unicamente por causas debidas al azar.

$$Lscp = p' + 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

$$Licp = p' - 3\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}}$$

Si el límite inferior es negativo, no se toma en cuenta y se iguala a cero.

En el caso en que no se conozca p' se aprecia en base a:

$$\bar{p} = \frac{\sum^{k} d_i}{\sum^{k} n_i}$$

donde $\sum^{k} d_i$ es igual al número total de los defectos de los elementos en las muestras, y $\sum^{k} n_i$ es el número de elementos en las muestras; en este caso los límites serán:

$$Lscp = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$Licp = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Como se ve a medida que aumenta el tamaño de la muestra n, los límites se hacen más estrechos. Las fórmulas anteriores se utilizan siempre y cuando el valor de n sea constante o cuando no haya gran variación entre los tamaños de las diferentes muestras. En general, se admite una variación de hasta el doble entre la mayor y la menor muestra.

Siempre que varía n conviene calcular los límites en forma individual ya que se obtiene mayor precisión.

Gráfica para Porcentaje Defectivo.

En general, es más fácil si al personal de la fábrica se le habla de porcentaje de piezas defectuosas y no de fracción defectiva.

En el cálculo de los límites de control para porcentaje defectuoso, primero debe obtenerse el porcentaje:

$$p\% = \frac{d}{n} \times 100$$

y después el promedio y los límites:

$$L = \bar{p}\% = \frac{\sum d_i}{\sum n_i} \times 100$$

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

$$Licp\% = \bar{p}\% - 3\sqrt{\frac{\bar{p}\%\,(100-\bar{p}\%)}{n}}$$

Gráficas de Control para Número de Defectos.

Si el tamaño de la muestra permanece constante, resulta conveniente usar fórmulas para número de defectos.

$$L = n\bar{p}$$

$$Lsc_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$Lic_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

El cálculo de estos límites está basado en la distribución de Poisson.

II. - Muestreo para Aceptación

Todo comprador de mercancía, antes de aceptarla o rechazarla, debe efectuar una inspección del material adquirido con el objeto de comprobar si cumple con las especificaciones establecidas en los contratos - con el fabricante o vendedor.

La inspección por muestreo tiene sentido si los datos numéricos - que se obtienen representan lo más fielmente posible la característica que se desea medir, y si la producción es en base a procesos repetitivos en los que se obtiene una determinada cantidad de piezas individuales que se desea tengan características y comportamientos similares.

Lógicamente el primer método de inspección que se ocurre es el de inspeccionar uno a uno todos los elementos, lo cual es indispensable - cuando se necesita estar completamente seguro de que los productos elaborados caen en un 100% dentro de las especificaciones, sin embargo no es fácil lograrlo, ya que el muestreo 100% no es por completo efectivo. Cuando se trata de materiales en los que un defecto puede provocar peligro para la vida del que los maneja, o causar grandes daños que representen grandes pérdidas de dinero, es muy común que se recomiende inspeccionar en un porcentaje mayor al 100% o inclusive mayor al 200%; - pero no siempre es posible aplicar este tipo de inspección, sobre todo cuando los ensayos son destructivos, costosos o lentos.

En general la industria, no necesariamente requiere un producto - que se encuentre en un 100% dentro de las especificaciones. Es por eso

que actualmente se encuentran clausulas en muchos contratos entre - vendedor y comprador, en las que se establece un número máximo de - piezas defectuosas que son esperadas por el cliente y el plan de muestreo estadístico que se seguirá en la inspección.

El sistema de muestreo estadístico, se basa precisamente en que la muestra extraída se obtiene de manera que cada elemento tiene la misma probabilidad de ser extraído. Para extraer muestras al azar es conveniente que los lotes sean lo más uniformes posible; además conviene verificar con gráficas de control, si las muestras fueron extraídas al azar.

Cuánto mayor sea la seguridad deseada, mayores deberán ser los tamaños de las muestras a inspeccionar.

En los planes de inspección por muestreo simple, se parte de la - base de que se reciben lotes de un tamaño igual a N individuos, de los cuales se extrae una muestra de tamaño n. Además se fija el número de aceptación c. Si la cantidad de elementos que no cumplen con las especificaciones es igual o menor que c, se acepta el lote, si es mayor se rechaza. En cualquiera de los dos casos las piezas defectuosas halladas deben cambiarse por aceptables.

Uno de los métodos usados en el muestreo por aceptación es la - Curva Característica de Operación.

Debido a que el muestreo de aceptación ha sido estudiado en diferentes caminos, y en una forma muy extensa, no se tratarán aquí los - diferentes tipos de procedimientos para este fin.

III.- Gráficas de Control para Variables Aplicado en la Producción de Fibras Sintéticas.

Sobre la posibilidad de reducir costos de producción, un candidato para una gráfica de control, es cualquier característica que esté causando rechazos o reprocesos que impliquen costos considerables.

En la introducción de las técnicas de gráficas de control en cualquier organización, la selección de las variables correctas es a menudo difícil. Ocasionalmente el número de variables posible es una fuente de confusión. Una gran planta manufacturera cuenta con unos miles de dimensiones especificadas en las diferentes partes que entran en sus productos. Obviamente sólo una fracción de éstas son candidatos legítimos para gráficas de control $\bar{X}$ y $\bar{R}$. Al seleccionar variables para la aplicación inicial de la técnica de gráficas de control puede ser importante, no solamente seleccionar aquellas con oportunidades de ahorro de costos, sino seleccionar cuidadosamente un tipo de ahorro que cualquier persona en su capacidad de supervisor o administrador, acepte rápidamente como un costo real. Esto muchas veces sugiere comenzar con aspectos en los que los costos de desperdicio y reprocesado son altos.

En los diferentes tipos de fibras sintéticas que se producen en México como son:

Fibras Orgánicas	Celulósicas	Acetato de Celulosa
		Filamento Continuo (artisela)
		Fibra Corta
		Viscosa
		Otras
	No Celulósicas	Nylon
		Filamento Continuo
		Fibra Corta
		Poliésteres
		Acrílicos

Nota: En México todavía no se producen fibras inorgánicas.

se tienen aplicados sistemas estadísticos de control de calidad para variables en características como: viscosidad relativa, % de monómeros, % de polímeros, tenecidad, elongación, % de agua (humedad), % de bióxido de titanio, temperatura, % de cenizas, ondulaciones por pulgada, rizado de fibra corta, etc.

El control de límites para calidad en la fabricación de cualquiera de las fibras sintéticas, debe aplicarse en diferentes etapas del proceso, es decir, para lograr un cierto grado en la calidad del producto, es esencial controlar los límites calculados para calidad a lo largo de su elaboración.

La idea clave en este método es la división de las observaciones - en lo que se denomina subgrupos racionales. El éxito de esta técnica depende en gran parte de la discriminación usada en la selección de éstos subgrupos.

Generalmente hablando, los subgrupos deberán ser seleccionados en una forma que haga a cada subgrupo tan homogeneo como sea posible y se proporcione la máxima oportunidad de variación de un subgrupo a otro. Aplicado a las gráficas de control en la producción ésto significa que es de vital importancia no perder el rastro del orden en la producción. Particularmente si el propósito primario para mantener las gráficas es evitar cambios de nivel en el promedio del proceso, un subgrupo deberá consistir de artículos producidos tan cercanamente como sea posible en un sólo tiempo; el siguiente subgrupo deberá consistir en artículos producidos todos en un tiempo posterior, y así sucesivamente.

Con este sistema de subagrupación algunas veces es favorable que el tiempo de selección de la muestra varíe en una u otra forma del tiempo estipulado y que esta variación no sea predecible por el operario.

Es mejor que el operario no esté en posibilidad de asegurarse con anticipación, cuáles artículos van a ser seleccionados para la inspección.

Para la elección de la muestra el estadístico debe tener presente que si bien muestras más grandes dan mejores resultados ya que dan mayor información, también resultan antieconómicas.

En control gráfico de la calidad para variables se trabaja con muestras que caen desde 2 hasta 20 unidades. En general se trabaja con muestras de cinco elementos debido a que ese número facilita los cálculos en lo que se refiere a las medidas aritméticas de los subgrupos ya que si a la suma de los cinco valores la multiplicamos por 2 y dividimos entre 10 se tendrá el valor de su media. Sin embargo, el elegir este tamaño de muestra no es una regla.

Con el objeto de que sea más fácil la recopilación de datos y el cálculo de su media y su rango, se sugieren las formas: 3-1a, b, c. (hojas Nos.33b,33c,33d respectivamente) y la 31-d (hoja 33e) con la que se solicita el cálculo de los límites de control en una computadora (más adelante se hará mención a éste programa de cálculo).

Límites de Control.

1.- Valores individuales; $\bar{\bar{x}} \pm 3\sigma_x$

2.- De promedios y rangos; $\bar{\bar{x}} \pm 3\sigma_{\bar{x}}$ y $\bar{R} \pm 3\sigma_R$

Con el objeto de facilitar cálculos se tienen valores ya tabulados, estos valores dependen del tamaño de la muestra. Por esta razón se hará mención a las constantes: d_2, A_2, E_2, D_1, D_2, D_3, D_4. (El valor de ellas se encuentra en la tabla 3-1 (hoja 33a).

TABLA 3-1 . FACTORES PARA CALCULAR LAS LINEAS DE LAS GRAFICAS DE CONTROL.

Núm. Observaciones en muestra.	GRAFICAS DE: PROMEDIOS			DESVIACIONES ESTANDAR					RANGOS						INDIV.	
	LIM. CONT.			L. C.	LIM. CONT.				L. C.		LIM. CONT.				LIM.CONT	
n	A	A_2	A_3	c_4	B_1	B_2	B_3	B_4	d_2	$1/d_2$	D_1	D_2	D_3	D_4	E_1	E_2
2	2.121	3.760	1.880	0.5642	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0	3.686	0	3.267	5.318	2.660
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0	4.358	0	2.575	4.146	1.772
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	0	1.808	0	2.266	2.059	0.4857	0	4.698	0	2.282	3.760	1.457
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0	4.918	0	2.115	3.568	1.290
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	0.026	1.711	0.030	1.970	2.534	0.3946	0	5.078	0	2.004	3.454	1.184
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	0.105	1.672	0.118	1.882	2.704	0.3698	0.205	5.203	0.076	1.924	3.378	1.109
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.3512	0.387	5.307	0.136	1.864	3.323	1.054
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	0.219	1.609	0.239	1.761	2.970	0.3367	0.546	5.394	0.184	1.816	3.283	1.010
10	0.949	1.028	0.308	0.9227	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.3249	0.687	5.469	0.223	1.777	3.251	0.975
11	0.905	0.973	0.285	0.9300	0.299	1.561	0.321	1.679	3.173	0.3152	0.812	5.534	0.256	1.744	3.226	0.946
12	0.866	0.925	0.266	0.9359	0.331	1.541	0.354	1.646	3.258	0.3069	0.924	5.592	0.284	1.716	3.205	0.921
13	0.832	0.884	0.249	0.9410	0.359	1.523	0.382	1.618	3.336	0.2998	1.026	5.646	0.308	1.692	3.188	0.899
14	0.802	0.848	0.235	0.9453	0.384	1.507	0.406	1.594	3.407	0.2935	1.121	5.693	0.329	1.671	3.174	0.881
15	0.775	0.816	0.223	0.9490	0.406	1.492	0.428	1.572	3.472	0.2880	1.207	5.737	0.348	1.652	3.161	0.864
16	0.750	0.788	0.212	0.9523	0.427	1.478	0.448	1.552	3.532	0.2831	1.285	5.779	0.364	1.636	3.150	0.849
17	0.728	0.762	0.203	0.9551	0.443	1.465	0.466	1.534	3.588	0.2787	1.359	5.817	0.379	1.621	3.141	0.836
18	0.707	0.738	0.194	0.9576	0.461	1.454	0.482	1.518	3.640	0.2747	1.426	5.854	0.392	1.608	3.133	0.824
19	0.688	0.717	0.187	0.9599	0.477	1.443	0.497	1.503	3.689	0.2711	1.490	5.888	0.404	1.596	3.125	0.813
20	0.671	0.697	0.180	0.9619	0.491	1.433	0.510	1.490	3.735	0.2677	1.548	5.922	0.414	1.586	3.119	0.803
21	0.655	0.679	0.173	0.9638	0.504	1.424	0.523	1.477	3.778	0.2647	1.606	5.950	0.425	1.575	3.113	0.794
22	0.640	0.662	0.167	0.9655	0.516	1.415	0.534	1.466	3.819	0.2618	1.659	5.979	0.434	1.566	3.107	0.785
23	0.626	0.647	0.162	0.9670	0.527	1.407	0.545	1.455	3.858	0.2592	1.710	6.006	0.443	1.557	3.103	0.778
24	0.612	0.632	0.157	0.9684	0.538	1.399	0.555	1.445	3.895	0.2567	1.759	6.031	0.452	1.548	3.098	0.770
25	0.600	0.619	0.135	0.9696	0.548	1.392	0.565	1.435	3.931	0.2544	1.804	6.058	0.459	1.541	3.094	0.763
Más de 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	.....	.....	*	**	*	**	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3	$\frac{3}{d_2}$

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

FORMULARIO

$$LSC = \bar{\bar{X}}' + A\sigma'$$
$$LIC = \bar{\bar{X}}' - A\sigma'$$
$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_4\bar{\sigma}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_4\bar{\sigma}$$
$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A2\bar{R}$$
$$LSC = B_4\bar{\sigma}'$$
$$LIC = B_3\bar{\sigma}'$$
$$LSC = B_2\sigma'$$
$$LIC = B_1\sigma'$$

$$LSCR = D_2\sigma'$$
$$LICR = D_1\sigma'$$
$$LSCR = D_4\bar{R}$$
$$LICR = D_3\bar{R}$$
$$LSC = \bar{\bar{X}} + E_1\bar{\sigma}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - E_1\bar{\sigma}$$
$$LSC = \bar{\bar{X}} + E_2\bar{R}$$
$$LIC = \bar{\bar{X}} - E_2\bar{R}$$
$$\bar{R} = d_2\sigma'$$
$$\sigma' = \bar{R}\left(\frac{1}{d_2}\right)$$
$$\bar{\sigma} = C_2\sigma'$$

FORMA PARA RECOPILAR DATOS PARA LA GRAFICA DE PROMEDIOS Y RANGOS

Planta _____

Nombre de la Parte _____ Parte N° _____

Operación N° y Descripción _____

Máquina N° _____ Departamento N° _____

Especificación _____ Dimensión Nominal _____ Aumento en la Medición _____

Piezas por Hora _____ Tamaño del subgrupo _____ Tamaño de la Muestra _____

N°	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\bar{X}$	R
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

cálculos:

TOTALES _____

forma 3-1a

GRAFICO DE CONTROL $\bar{X}$ y R

Producto: .... Sección: .... Operario: ....
Especificaciones: .... Proceso: .... Inspector: ......
Tamaño de muestra: .... Máquina: ....
Intervalo para la extracción: ....

Fecha	Hora	Muestra Nº	Individuos de la Muestra					$\bar{X}$	R	Observaciones
			a	b	c	d	e			

forma 3-1b

GRAFICA $\bar{X}$ - R

Planta _____

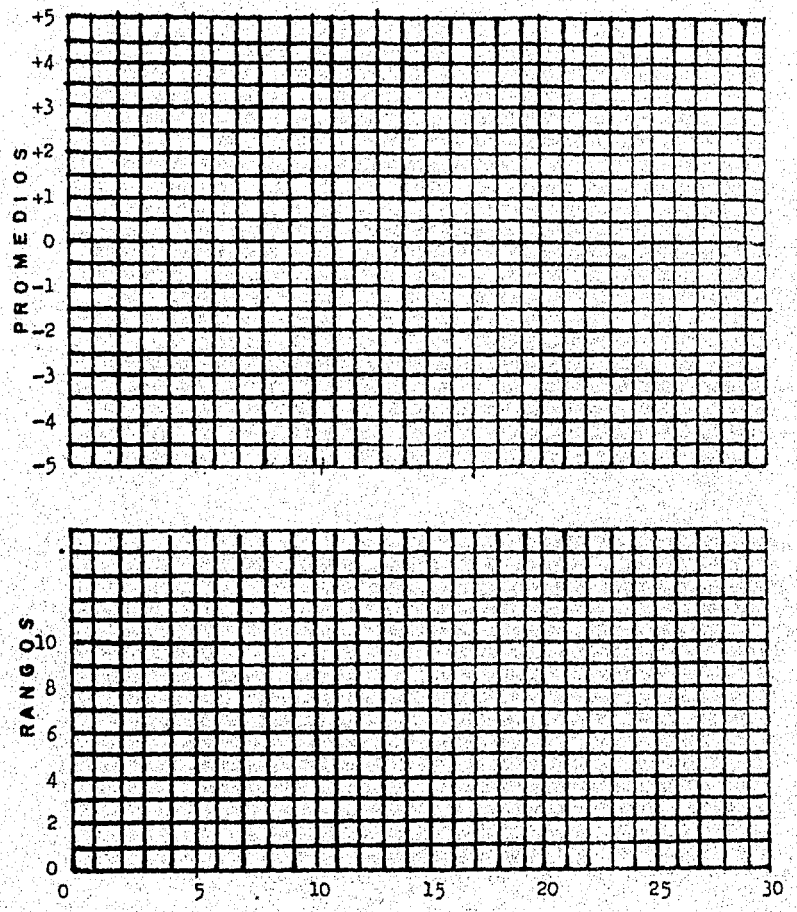
Nombre de la Parte _____ Parte N° _____

Número de la Operación y Descripción _____

Número de Máquina _____ Departamento N° _____

Especificación _____ Dimensión Nominal _____ Aumento de Medición _____

Piezas por Hora _____ Tamaño del Subgrupo _____ Tamaño de Muestra _____



forma 3-1c

SOLICITUD DE CALCULO DE LIMITES DE CONTROL PARA VARIABLES

SOLICITADO Ing. Juan Garcia Ramos

PLANTA Fibras (general) FECHA 21-10-5

VARIABLE numero	nombre	1 si T.= $\bar{X}$	OBJETIVO	F	N_1	N_2	N_3	1 si LIMITES 0 100
95408	Pureza Acetona		98,00000	20	6	10		1

OBSERVACION	MAGNITUD
1	99,20000
2	99,50000
3	98,40000
4	98,20000
5	97,10000
6	98,00000
7	98,20000
8	97,80000
9	96,00000
10	96,50000
11	97,00000
12	97,80000
13	98,90000
14	97,60000
15	85,00000
16	97,50000
17	96,00000
18	90,00000
19	95,10000

OBSERVACION	MAGNITUD
20	90,00000

forma 3-1d

Los límites de control para rangos se pueden obtener directamente a partir de:

a) El rango promedio.

$$Lic_R = {}_nD_3\,\bar{R}$$

$$Lsc_R = {}_nD_4\,\bar{R}$$

b) La desviación standard de los valores individuales.

$$Lic_R = {}_nD_1\sigma_x$$

$$Lsc_R = {}_nD_2\sigma_x$$

El cálculo de la desviación standard para los demás límites, o sea para valores individuales y promedios, puede efectuarse de diferentes formas:

a) A partir de la fórmula conocida en cualquiera de sus formas equivalentes:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i-\bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\Sigma x_i^2}{N} - \left(\frac{\Sigma x_i}{N}\right)^2} = \sqrt{\frac{\Sigma f x_i^2}{\Sigma f_i} - \left(\frac{\Sigma f x_i}{\Sigma f_i}\right)^2}$$

La desviación standard de los promedios puede obtenerse a partir de la de valores individuales dividiéndola entre la raiz cuadrada de el número de observaciones, esto es:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

b) Por el método de rango móvil o diferencias sucesivas. Este método es para valores individuales.

Consiste en sacar la diferencia absoluta entre cada par de valores (d), obtener el promedio ($\bar{d}$) de esas diferencias, y aplicar la fórmula siguiente:

$$\sigma_x = \frac{\bar{d}}{d_2} = \frac{\bar{d}}{1.128}$$

donde $d_2 = 1.128$ es la constante que corresponde a n=2.

c) A partir del rango promedio de subgrupos, que da directamente 3σ:

BIBLIOTECA CENTRAL
U. N. A. M.

$3 = {}_{n}E_2 \bar{R}$ para valores individuales.

$3 = {}_{n}A_2 \bar{R}$ para promedios

Ejemplo de cálculo de límites de control en una computadora

Debido al gran volumen de diferentes características a controlar en la producción de fibras sintéticas, se han elaborado programas para computadoras que llevan a cabo el cálculo de los límites de control. A continuación se exponen los pasos que sigue un programa que calcula los límites de control para variables en una computadora 1401 - 12K, por el procedimiento de Rango Movil o Diferencias Sucesivas.

a) Se calcula el promedio de los valores de las observaciones.

b) Se calcula cada diferencia sucesiva (Rango Móvil) d_i, y su media $\bar{d}$:

$$d_i = x_i - x_{i-1} \qquad \bar{d} = \frac{d_i}{n}$$

para i= 1,2...n.

c) Se calcula una estimación de la desviación standard:

$$\sigma_x = \frac{\bar{d}}{1.1284}$$

d) Se calcula el límite superior de control para el rango entre dos variables:

$$Lsc_R = 3.267\,\bar{d}$$

e) Se compara si todos los valores de d_i cumplen con la condición: d_i menor o igual al límite superior de control.

$$d_i \leq Lsc_R$$

si se cumple la condición se sigue el paso f, si no, se sigue el paso h.

f) Se calculan todos los límites de control que se pidieron (según la solicitud), además de los límites para valores individuales:

$$Licx = T - 3\sigma_x$$

$$Lscx = T + 3\sigma_x$$

$$Lic\bar{x} = T - A\sigma_x$$

$$Lsc\bar{x} = T + A\sigma_x$$

en donde T representa el promedio de las observaciones cuando no se especificó en la solicitud un objetivo, en caso contrario, T representa el objetivo.

g) Se calcula la línea central y límites de control requeridos para rangos de subgrupos.

Termina el cálculo.

h) Si d_i es mayor que Lsc_R, eliminar esos valores de d_i, y restar cada uno de ellos de la sumatoria de d_i, dividiendo el valor resultante entre n-1-c, donde c es el número de d_i quitadas.

Se calcula el nuevo valor de $\bar{d}$ y se sigue con el paso c.

(El programa está codificado en lenguaje FORTRAN y se dá en las hojas 44b,c,d,e,f)

A continuación se da como ejemplo el cálculo efectuado para la solicitud de la hoja 33e referente a pureza de acetona:

a) $\bar{x} = \frac{1923.8}{20} = 96.19$

b) $\bar{d} = \frac{53.0}{19}$

c) $\sigma_x = \frac{2.76947}{1.1284} = 2.47206$

d) $Lsc_R = 9.11321$

salen de límites los valores de las variables 15 y 16.

h) Recalculando:

$\bar{d} = \frac{27.9}{17} = 1.64118$

c) $\sigma_x = \frac{1.64118}{1.1284} = 1.45443$

d) $Lsc_R = 5.36172$

Sale de límite el valor de d_i correspondiente a la variable 18

h) Recalculando nuevamente;

$$\bar{d} = \frac{21.9}{16} = 1.36875$$

c) $\sigma_x = 1.213$

d) $Lsc_R = 4.47171$

Salen de límites los valores de las variables 19 y la 20.

h) Recalculando

$$\bar{d} = \frac{11.7}{14} = 0.83571$$

c)

$\sigma_x = 0.74062$

d) $Lsc_R = 2.73028$

Todos los valores de d_i restantes cumplen con d_i $Lsc_R = 2.73028$

Dado que la solicitud tiene el valor del objetivo, T = 98.0

$T-3\sigma_x = 98.0 - 3\ (0.74062) = 95.77814$

$T+3\sigma_x = 98.0 + 3\ (0.74062) = 100.22186$

Para n=6:

$T-A\sigma_x = 98.0 - (1.225)\ (0.74062) = 97.09274$

$T+A\sigma_x = 98.0 + (1.225)\ (0.74062) = 98.90726$

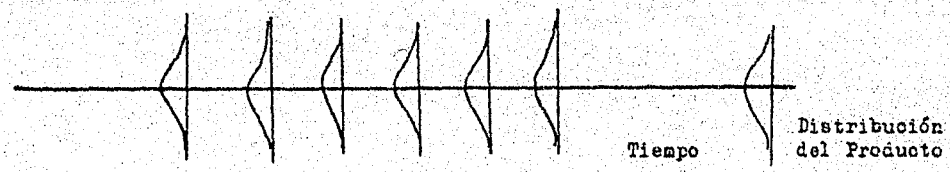
Para n=10:

$T-A\sigma_x = 98.0 - (0.949)\ (0.74062) = 97.29715$

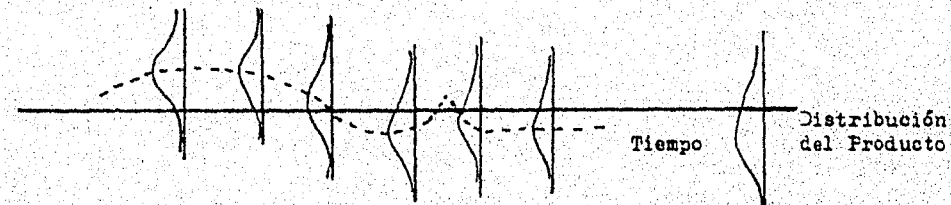
$T+A\sigma_x = 98.0 + (0.949)\ (0.74062) = 98.70285$

Variabilidad de un proceso.

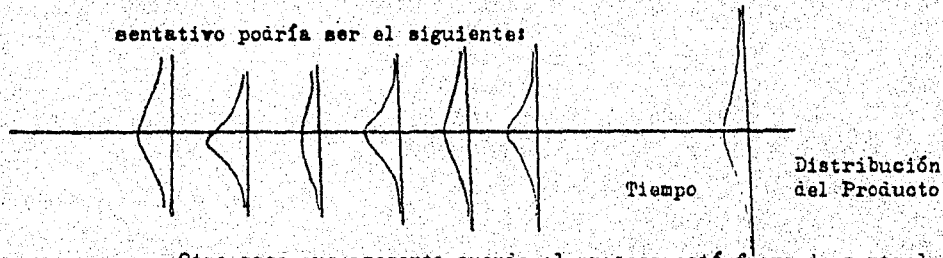
Si se inspeccionara a intervalos regulares y dentro de grupos adecuados una cantidad grande de productos, se podría hacer con las lecturas de cada grupo, un histograma; de tal manera que si el proceso estuviera en estado de control, a través del tiempo se obtendría una representación gráfica como la que se da a continuación:



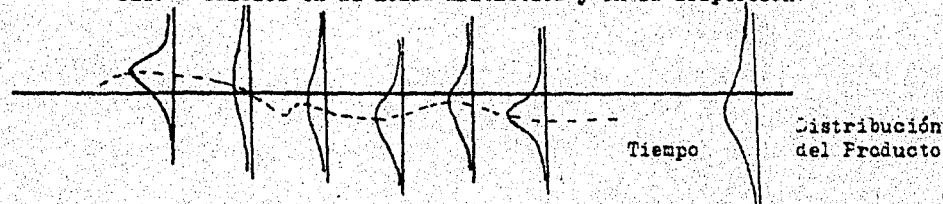
Si el proceso estuviera fuera de control debido a cambios en la media aritmética, se podría obtener la representación siguiente:



También puediera suceder que el proceso estuviera fuera de control debido a cambios en la dispersión a través del tiempo. Un ejemplo representativo podría ser el siguiente:



Otro caso que presenta cuando el proceso está fuera de control debido a cambios en la media aritmética y en la dispersión:



Es natural que cuando se trabaja en inspección industrial, no se puede hacer una distribución de frecuencia para cada subgrupo racional, ya que resultaría antieconómico. Lo que se hace es extraer una muestra de cada subgrupo racional y estudiar a que tipo de gráfica se asemeja la gráfica resultante de cada característica, ya que la variabilidad - para cada una de ellas tiende a seguir lo que se denomina un "patrón" establecido.

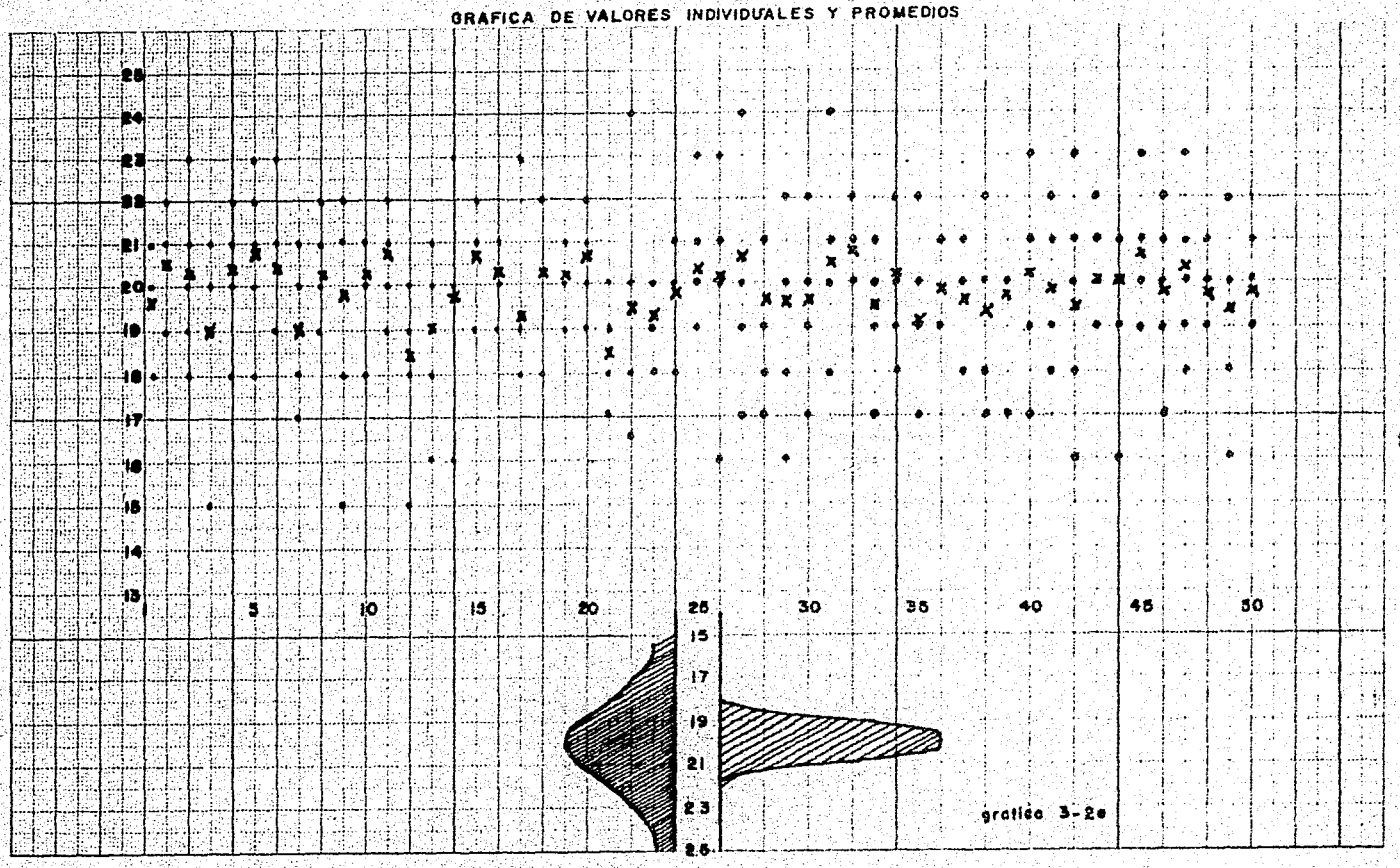
En general y por razones económicas, las muestras son pequeñas, pero en base a ellas se puede verificar si el proceso está o no bajo control; por ejemplo, si se grafican los datos contenidos en la tabla 2-1, considerando como una muestra cada uno de los cinco elementos - que están agrupados, se obtiene la gráfica 3-2a (hoja 40). En esta - gráfica los puntos más débiles representan observaciones individuales y las cruces representan las medias de las muestras. En los extremos de las gráficas están representadas las distribuciones para las observaciones individuales y para las medias de las muestras. Se ve que la media aritmética $\bar{x}$ de los valores individuales, coincide con la de las medias aritméticas y por otra parte la desviación standard de las medias es menor que la de los valores individuales; lo mismo nos muestra la gráfica 3-2b (hoja 41) que además nos indica la relación que las - gráficas $\bar{x}$ y R, juntas tienen para con la gráfica de valores individuales. Para cualquier muestra, $\bar{x}$ y R revelan las características de los cinco valores individuales. Por ejemplo, para ésta gráfica los primeros cinco valores individuales fueron +2, -1, 0, +2, +2. $\bar{x}$ fué +1.0 y el R fué 3. Obsérvese cuan adecuadamente los valores de $\bar{x}$ y R reflejan a los valores individuales.

Puesto que las gráficas de promedios y rangos están relacionadas con diferentes características (de la distribución bajo estudio), las dos gráficas deben ser analizadas conjuntamente. Esto es importante - por las dos razones siguientes:

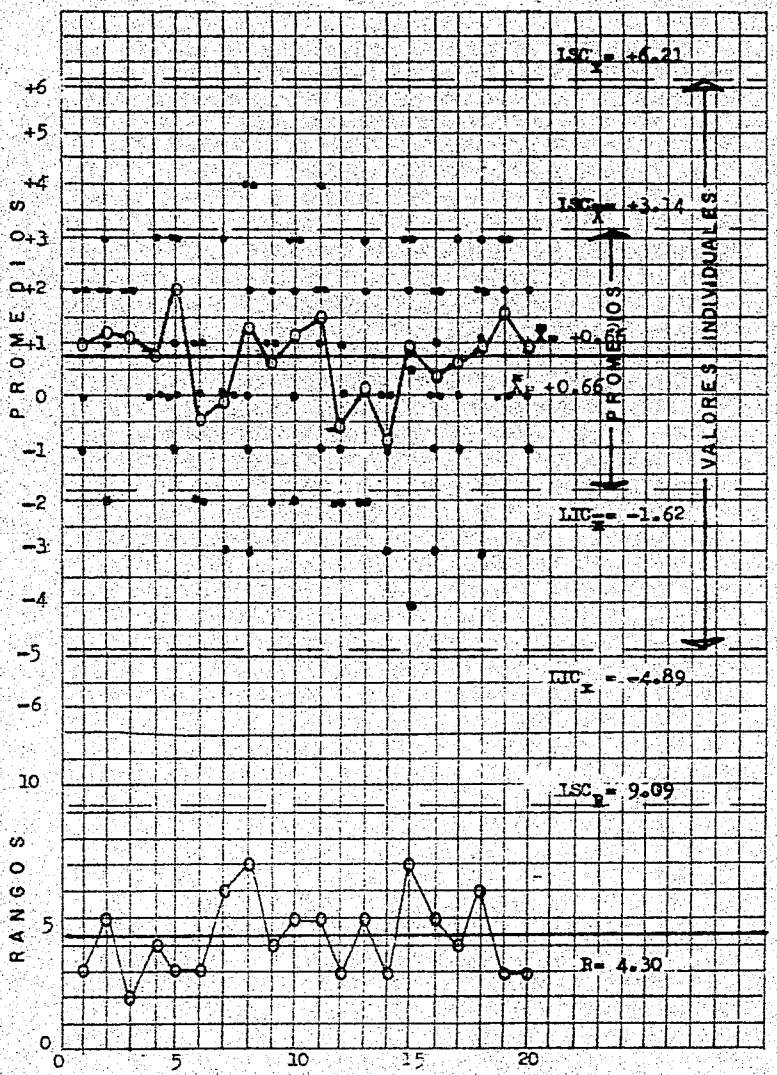
a) Es necesario considerar tanto el centro de la distribución, como su dispersión para que la información sea útil.

b) Considerando las dos gráficas en conjunto, es posible obtener información que no se lograría si se interpretaran separadamente. (Ver gráfica 3-3 hoja 42a). Suministra información adicional acerca de la

GRAFICA DE VALORES INDIVIDUALES Y PROMEDIOS

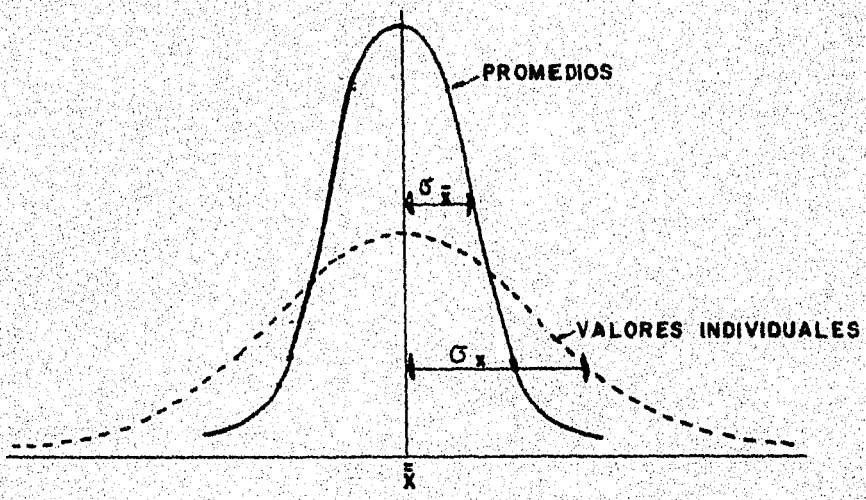


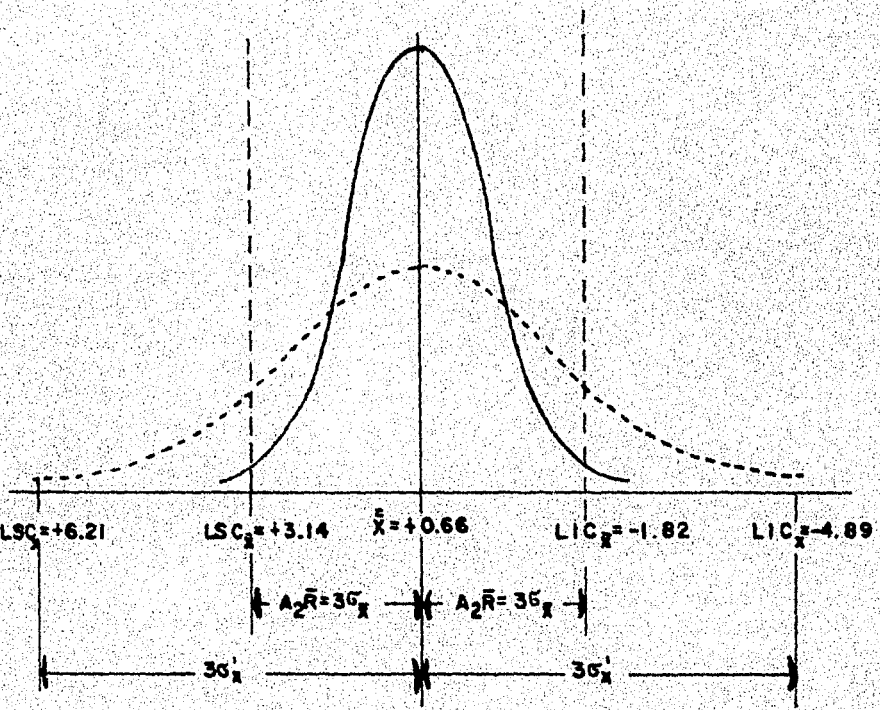
gratica 3-2e

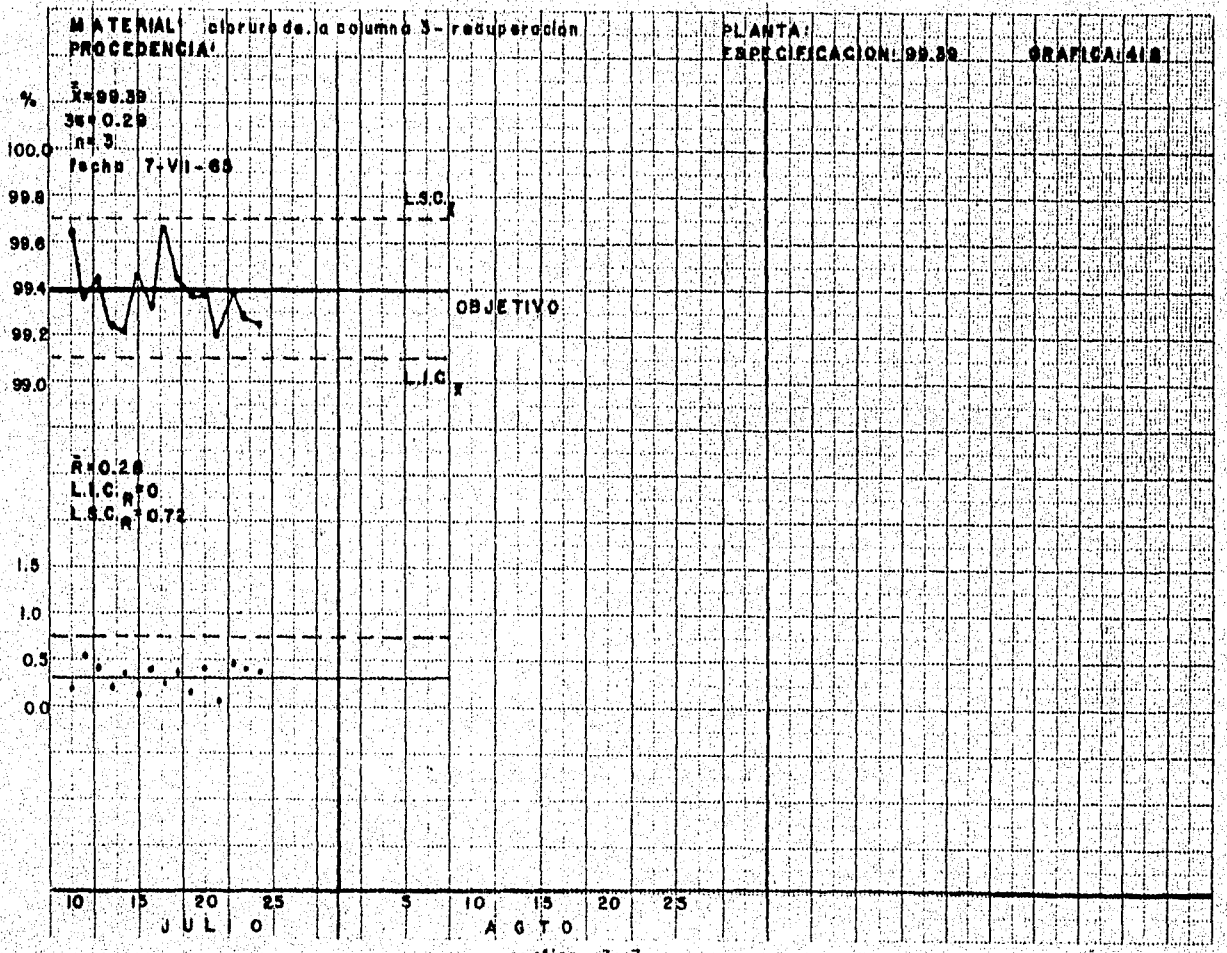


GRAFICA DE PROMEDIOS Y VALORES INDIVIDUALES

grafica 3-2b


PROMEDIOS
$\sigma_{\bar{x}}$
VALORES INDIVIDUALES
σ_x
$\bar{\bar{X}}$


LSC_x=+6.21
$LSC_{\bar{x}}$=+3.14
$\bar{\bar{X}}$=+0.66
$LIC_{\bar{x}}$=-1.82
LIC_x=-4.89
$A_2\bar{R}=3\sigma_{\bar{x}}$
$A_2\bar{R}=3\sigma_{\bar{x}}$
$3\sigma'_x$
$3\sigma'_x$


MATERIAL: cloruro de. a columna 3 - recuperación
PROCEDENCIA:
PLANTA:
ESPECIFICACION: 99.39
GRAFICA 4.1.8
%
X̄=99.39
3σ=0.29
n=3
Fecha 7-VII-65
100.0
99.8
99.6
99.4
99.2
99.0
L.S.C.X̄
OBJETIVO
L.I.C.X̄
R̄=0.28
L.I.C.R=0
L.S.C.R=0.72
1.5
1.0
0.5
0.0
10
15
20
25
JULIO
5
10
15
20
25
AGTO

grafica 3-3

forma de la distribución, ya que cuando se muestrea al azar una distribución normal no hay correlación entre los valores $\bar{x}$ y R. Esto es, que no hay necesariamente relación entre promedios y rangos.

Si las muestras provienen de una distribución muy asimétrica, habrá correlación entre los valores de $\bar{x}$ y R. Si la asimetría es positiva, es decir que el extremo superior de la distribución es más alargado, hay correlación positiva o lo que es lo mismo, los valores de $\bar{x}$ y R se mueven en la misma dirección. Si la asimetría es negativa, el extremo inferior de la distribución es más alargado, por lo tanto la correlación es negativa, esto es, que los valores de $\bar{x}$ se mueven inversamente a los de R.

Comparación de los límites obtenidos con las especificaciones

Si los límites obtenidos en el proceso cumplen con los límites de las especificaciones, se tienen las condiciones ideales y entonces se prolonga, la línea central y los límites de control, para el futuro; el técnico se preocupará únicamente cuando haya indicio de causa asignable.

Cuando se ha llegado a este estado, la inspección se puede efectuar a intervalos de tiempo más largos para disminuir los costos. Aún en el caso de que el proceso continúe en estado de control, es conveniente recalcularse los límites periódicamente, debido a que se está trabajando con muestras para apreciar los parámetros. Cuanto mayor sea el número de muestras, mayor será la probabilidad de hacer una apreciación correcta.

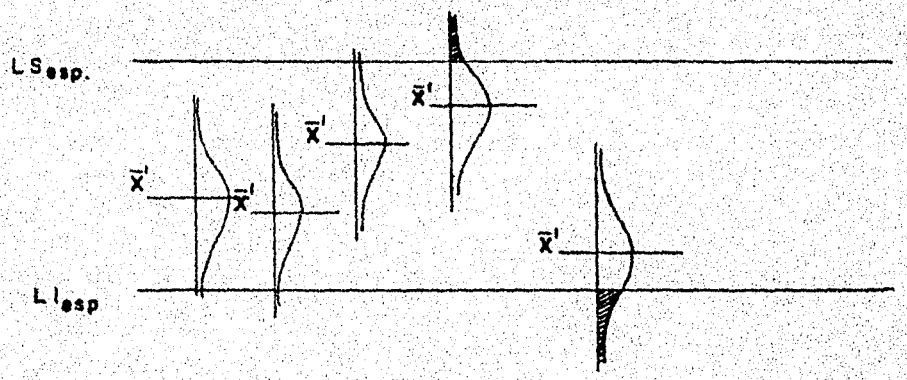
Al comparar los límites con las especificaciones las discrepancias que se pueden presentar son:

a) Que la dispersión sea menor que la de las especificaciones.

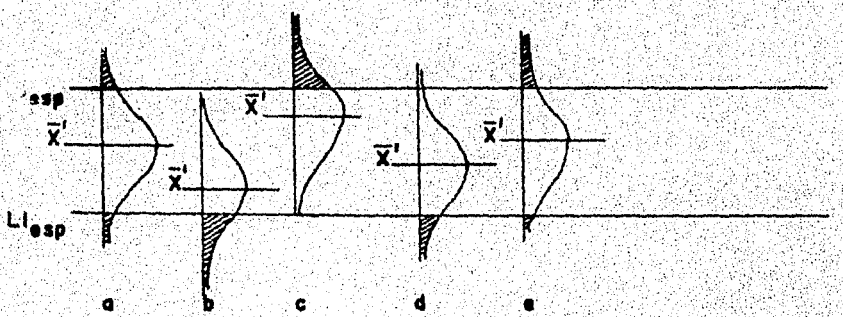
b) Que sea mayor que la de las especificaciones.

En el primer caso, es muy posible que se esté utilizando un proceso más preciso que el requerido, por lo que es muy probable que sea más costoso. (Ver fig. 3-4a, hoja44a).

En el segundo caso, se está elaborando producto defectuoso por lo que se recomienda cambiar el proceso por otro que de una mejor desviación standard. En caso de que ésto no sea posible, las técnicas de control de calidad pueden ser útiles para ayudar a reducir costos. (Ver fig. 3-4b hoja44a)



grafica 3-4a



grafica 3-4b

COMPARACION DEL PROCESO CON LAS ESPECIFICACIONES

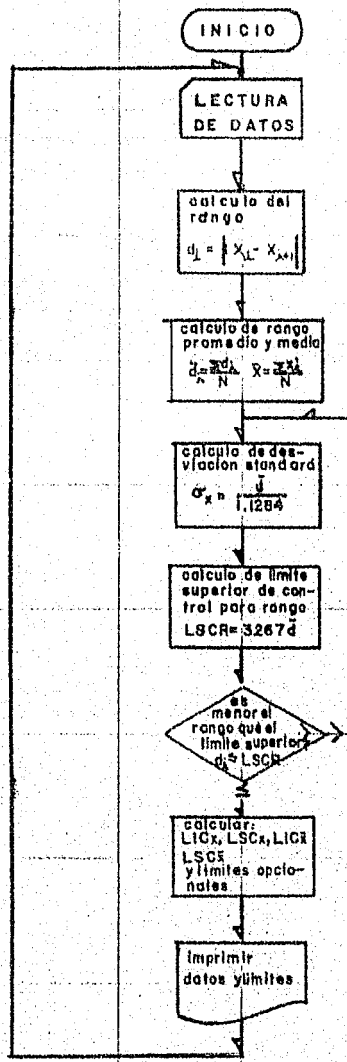
DP - 263

CELANESE MEXICANA, S. A.

DIAGRAMA DE BLOQUES

Fecha | Proyecto | Hoja No.

Clave | Subproyecto | Programador



CALCULO DE LIMITES ESTADISTICOS DE CONTROL PARA VARIABLES

PAG. DE

0269. METODO CORTO.

FORTRAN RUN

19-V-66

```
$REAL SIZE # 12
$INTEGER SIZE # 06
$NO MULTIPLY DIVIDE
$PHASE NAME # 202
      C     CALCULO DE LIMITES ESTADISTICOS%PROGRAMA CORTO¤.
  100 SX#0.0
      WRITE %3,749¤
  749 FORMAT%1H1¤
      REWIND 5
      REWIND 6
      X1#0.0
      SR#0.0
      IJ#6
      II#5
      READ %1,4¤L1,JS,T,N,N1,N2,N3,JM,SOM,ROM
    4 FORMAT%I5,I1,F11.5,I3,I2,I2,I2,I1,A10,A10¤
      WRITE %3,203¤
  203 FORMAT%66H    NUM        V A R I A B L E        OBJETIVO T
     1 ,N2,,,N3/¤
      WRITE %3,204¤L1,SOM,ROM,T,N1,N2,N3
  204 FORMAT%2X,I6,2X,A10,A10,4X,F11.5,6X,I3,3X,I3,3X,I3///¤
      I#0
      NT#0
  701 NT1#NT
      READ %1,6¤L,X,NT
```

```
020       6 FORMAT(I5,F11.5,I3)
021         IF(NT-NT1-1)101,16,101
022      16 IF(LI-L)101,102,101
023     102 R=X-X1
024         I=I+1
025         IF(I-1)773,774,773
026     774 R=00000.00000
027     773 SX=SX+X
028         IF(R)301,302,302
029     301 R=-R
030     302 SR=SR+R
031     333 WRITE (11,55)I,X,R,X1
032      55 FORMAT(I6,F11.5,F11.5,F11.5)
033         X1=X
034         IF(I-N)701,702,701
035     702 SN=N
036         REWIND 5
037         REWIND 6
038         XM=SX/SN
039         WRITE(3,899)
040     899 FORMAT(21H    F          MEDIA/)
041         WRITE (3,999)N,XM
042     999 FORMAT(2X,I4,6X,F11.5///)
043         WRITE (3,99)
044      99 FORMAT(19H VALORES ELIMINADOS/)
045         WRITE (3,11)
```

```
   11 FORMAT%51H         I              X,I                X,I-1        DIFERENCIA/¤
      NN#N
      RM#SR/%SN-1.0¤
  110 S#RM/1.1284
      UCLR#RM*3.267
      K#0
      I#0
  107 READ %II,55¤L1,X,R,X1
      I#I%1
      IF%UCLR-R¤ 103,104,104
  103 SR#SR-R
      K#K%1
  832 WRITE %3,13¤L1,X,X1,R
   13 FORMAT%3X,I4,4X,F11.5,3X,F11.5,4X,F11.5¤
      IF%NN-I¤ 107,106,107
  106 REWIND 5
      REWIND 6
      IF%K-0¤109,108,109
  109 SO#NN-K-1
      NN#NN-K
      RM#SR/SO
      KK#II
      II#IJ
      IJ#KK
      GO TO 110
  104 WRITE %IJ,55¤L1,X,R,X1
```

```
072         IF%I-N%¤107,106,107
073     108 IF%JS-1¤ 112,111,112
074     111 T#XM
075     112 Y1#T-%S*3.0¤
076         Y2#T+%S*3.0¤
077         WRITE %3,400¤
078     400 FORMAT%1H //¤
079         IF%JM¤113,114,113
080     113 IF%Y1¤115,116,116
081     115 Y1#0.0
082     116 IF%100.0-Y2¤117,114,114
083     117 Y2#100.0
084     114 WRITE%3,401¤
085     401 FORMAT%30H  DESV. ESTANDAR      L CENTRAL/¤
086         WRITE%3,406¤S,T
087     406 FORMAT%2X,F11.5,5X,F11.5///¤
088         WRITE%3,17¤
089      17 FORMAT%35H   N          LIMITES PARA MAGNITUDES¤
090         WRITE %3,402¤
091     402 FORMAT%33H              INFERIOR              SUPERIOR//¤
092         N#1
093         WRITE %3,444¤N,Y1,Y2
094     444 FORMAT%I4,3X,F11.5,5X,F11.5¤
095         IF%N1¤119,118,119
096     119 LE1#0
097         LM#N1
```

```
098     120 J=0
099         REWIND 4
100     333 READ(4,9)M,A,D,D1,D2
101       9 FORMAT(I3,4F6.3)
102         IF(LM-M)122,121,122
103     122 J=JR1
104         IF(J-24)333,101,101
105     121 YC1=T-A*S
106         YC2=TRA*S
107         IF(JM)123,124,123
108     123 IF(YC1)125,125,126
109     125 YC1=0.0
110     126 IF(100.0-YC2)127,127,124
111     127 YC2=100.0
112     124 WRITE(3,444)LM,YC1,YC2
113         IF(LE1-1)128,129,130
114     128 CR1=D*S
115         C11=D1*S
116         C12=D2*S
117         GO TO 131
118     118 J=0
119     131 IF(N2)133,132,133
120     133 LE1=1
121         LM=N2
122         GO TO 120
123     132 IF(N3)135,136,135
```

```
124     135 LEI#2
125         LM#N3
126         GO TO 120
127     136 WRITE %3,449¤
128     449 FORMAT%1H //¤
129         WRITE %3,25¤
130      25 FORMAT%48H  N  LINEA CENTRAL          LIMITES PARA RANGOS¤
131         WRITE%3,499¤
132     499 FORMAT%51H      PARA RANGOS          INFERIOR          SUPERIOR//¤
133         IF%N1¤501,502,501
134     501 WRITE %3,27¤N1,CR1,C11,C12
135     502 IF%N2¤503,504,503
136     503 WRITE %3,27¤N2,CR2,C21,C22
137     504 IF%N3¤505,506,505
138     505 WRITE%3,27¤N3,CR3,C31,C32
139      27 FORMAT%I~,3X,F10.5,3X,F10.5,3X,F10.5¤
140     506 REWIND 6
141         GO TO 100
142     101 STOP
143     129 CR2#D#S
144         C21#D1#S
145         C22#C2#S
146         GO TO 132
147     130 CR3#D#S
148         C31#D1#S
149         C32#C2#S
```

```
150         GO TO 136
151         END
```

C A P I T U L O I V

PATRONES NATURALES. PATRONES NO NATURALES. PRUEBAS PARA INESTABILIDAD. RAREZA. INESTABILIDAD. CAMBIO GRADUAL DE NIVEL. CAMBIO BRUSCO DE NIVEL. TENDENCIAS. CICLOS. AGRUPAMIENTOS. INTERACCION. CORRESPONDENCIA. MEZCLAS. FORMA ESTABLE DE MEZCLA. VARIABLE SISTEMATICA. ESTRATIFICACION FORMA INESTABLE DE MEZCLA.

Patrones.-

Como se vió anteriormente, las gráficas de las diferentes características que se controlan por medio de los límites estadísticos de calidad, tienden a seguir una figura determinada que se denomina Patrón.

Los patrones pueden ser de dos tipos, Naturales y No Naturales. Lo más importante en el control estadístico de calidad es analizar las gráficas y basarse en ellas para tomar la decisión de efectuar o no una acción. La facilidad para interpretar una gráfica depende de la capacidad que se tenga para hacer esa clasificación.

Con el objeto de clasificar los patrones se tienen ciertas reglas basadas en que una gráfica de control representa a la distribución de frecuencias de la población.

Los patrones no naturales pueden ser de diferentes formas, con el objeto de que este concepto quede claro se da el siguiente cuadro.

- Patrones
  - Natural
  - No Natural
    - Rarezas
    - Inestabilidad
    - Cambio gradual de nivel
    - Cambio brusco de nivel
    - Tendencias
    - Ciclos
    - Agrupamientos
    - Interacción
    - Correspondencia
    - Mezclas
      - Forma estable
        - Estratificación
        - Variable sistemática
      - Forma inestable

Patrón Natural.-

La característica primordial de un patrón natural es la variación que presentan los puntos obedeciendo las leyes del azar, lo que se sabe

analizando las siguientes características:

1 - La mayoría de los puntos están cerca de la línea central.

2 - Pocos puntos están dispersos y se acercan a los límites de control.

3 - Ningún punto (excepto en muy raras excepciones) sale de los límites de control.

Un patrón para ser natural debe tener estas tres características simultáneamente. Si no cumple con alguna de ellas el patrón es "no natural".

Un patrón natural muestra siempre estabilidad, pero éste solo hecho no debe servir de base para hacer la clasificación, ya que hay tipos de patrones no naturales que también son estables como es el de estratificación que se ve más adelante.

Por lo anterior se deduce que una gráfica de control puede estar descontrolada aún teniendo los valores dentro de límites. (Ver gráficas 4-1a y 4-1b hojas Nos. 49y 50).

Patrones No Naturales.

En un patrón no natural siempre falta por lo menos una de las características de los patrones naturales. En algunos de estos patrones, las variaciones que se observan son muy grandes; en otros casos las variaciones son muy pequeñas. Otra característica es que pueden tener un desplazamiento de la línea central, lo cual se manifiesta por no haber aproximadamente el mismo número de puntos arriba y abajo de la línea central. Esta condición puede comprobarse aplicando la prueba conocida como "Prueba del Signo".

Las más importantes pruebas para patrones no naturales son las pruebas de inestabilidad, que deben utilizarse siempre para interpretar las gráficas de control. Deben marcarse con una "x" el o los va-

lores que causan la anormalidad.

Una vez analizada la gráfica según las pruebas de inestabilidad, se puede proceder a tratar de detectar los demás patrones, para tener una información más completa del proceso.

Pruebas para Inestabilidad.-

Las pruebas que se indican a continuación deben ser aplicadas a todas las gráficas de control, para determinar si el proceso está cambiando.

Estas pruebas están basadas en un cálculo de las probabilidades de que los puntos caigan en determinadas zonas, por ejemplo: cerca de la linea central, cerca de los límites de control, etc.

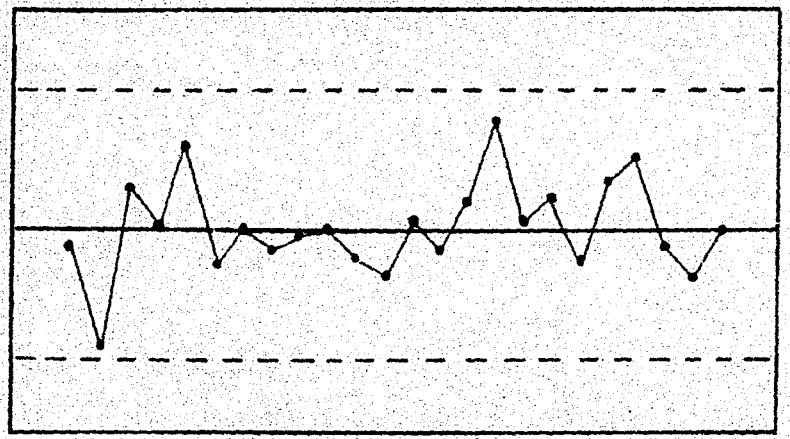
Para aplicar las pruebas de inestabilidad considerense por separado cada mitad de la gráfica, o sea, sólo el área comprendida entre la línea central y uno de los límites. (En las pruebas para identificar los demás patrones se considera toda la gráfica). Divídase mentalmente esta distancia en tres zonas iguales a una distancia de σ, 2σ, y 3σ, a las que se llamará zona C, B y A respectivamente.

Una gráfica esta fuera de control cuando:

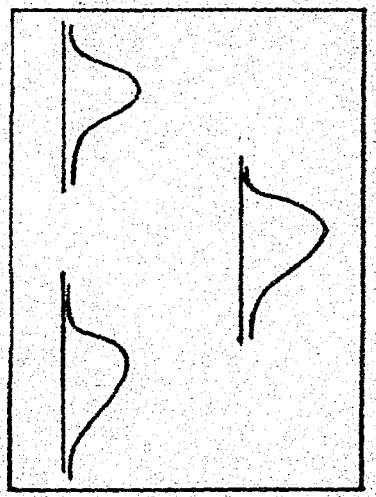
Prueba 1 - Se tenga un punto más allá de la zona A (fuera de los límites de control). Márquese el punto anormal con una x.

Prueba 2 - Dos de tres puntos sucesivos se encuentran en la zona A ó más allá. (Nota: El punto impar puede estar en cualquier lugar. Sólo los dos puntos cuentan). Márquese sólo el segundo de los dos puntos con una x, puesto que sin él no existe la anormalidad.

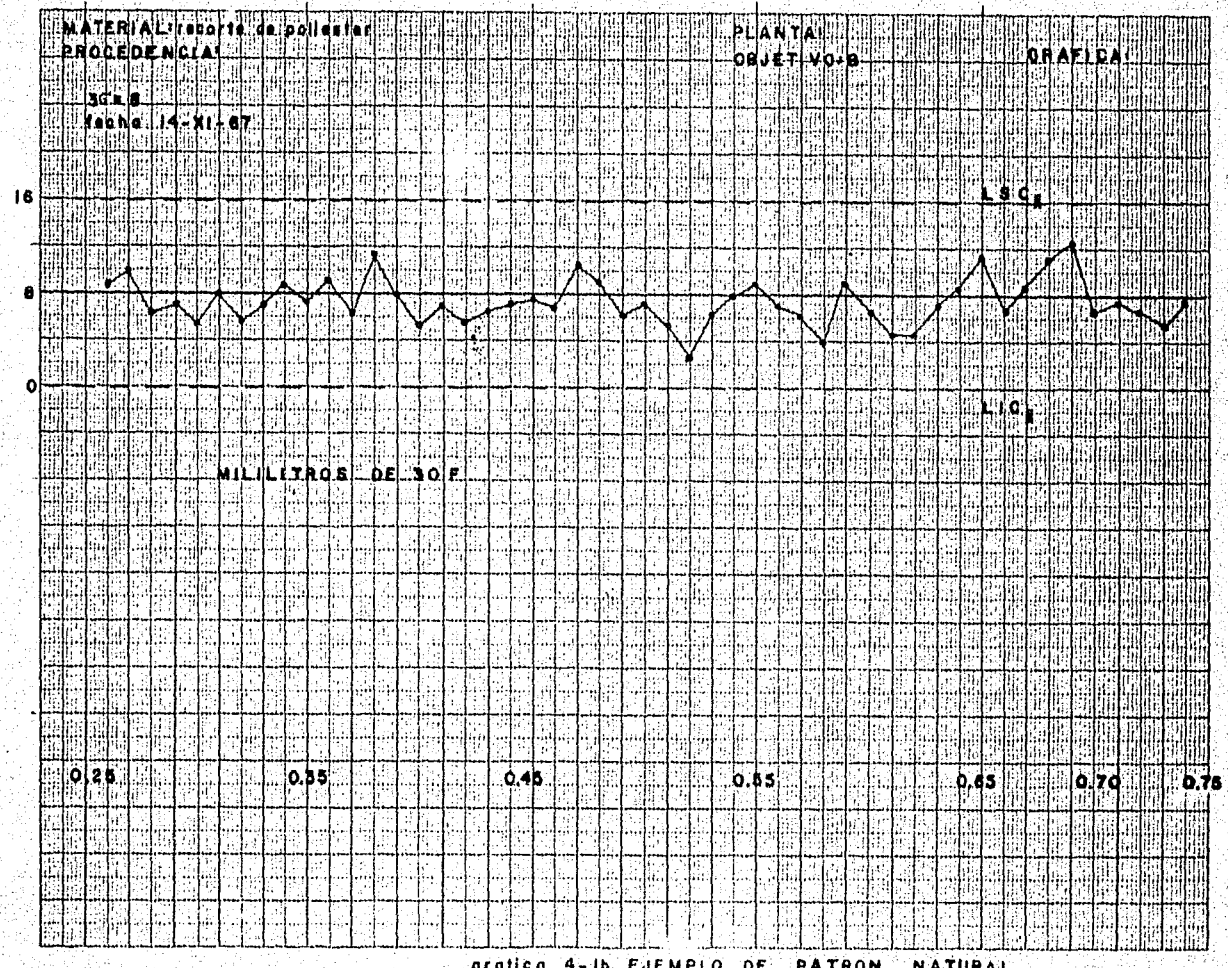
Prueba 3 - Cuatro de cinco puntos sucesivos están en la zona B o más allá. (Nota: El punto impar puede estar en cualquier lugar.



grafica 4-1a PATRON NATURAL



DISTRIBUCIONES ASOCIADAS
CON UN PATRON NATURAL



gratica 4-1b EJEMPLO DE PATRON NATURAL

Sólo los cuatro puntos cuentan). Márquese solamente el último de los cuatro puntos, puesto que sin él no hay descontrol en la gráfica.

Prueba 4 - Ocho puntos sucesivos caen en la zona C o más allá. Márquese sólo el octavo punto que es el necesario para que se cumpla la regla.

(Ver explicaciones gráficas en la hoja 52).

Observaciones.-

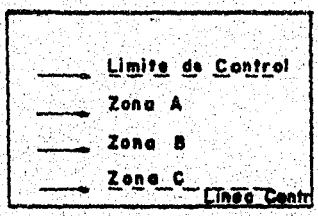
1.- Las reglas para identificar inestabilidad se aplican en la misma forma para las dos mitades de la gráfica. No pueden aplicarse a toda la gráfica en conjunto. Por ejemplo, si los dos puntos necesarios para que haya descontrol según la prueba dos, se encuentran en la zona A, - pero uno de ellos en la parte inferior y otro en la parte superior, no se cumple la regla y por lo tanto no hay descontrol.

2.- Las cuatro pruebas enumeradas se aplican a límites simétricos, como los que tienen generalmente las gráficas de promedios y valores - individuales.

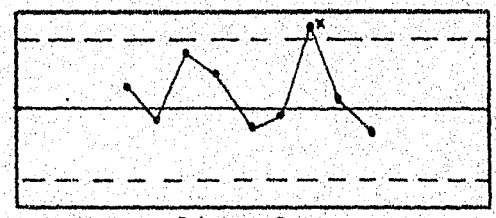
Para las gráficas asimétricas como lo son generalmente las de rangos, se pueden aplicar pruebas semejantes una vez calculadas las - probabilidades para esos límites.

3.- Una vez marcada una gráfica con las x necesarias de acuerdo con las pruebas, se mide la inestabilidad según el número de x que haya.

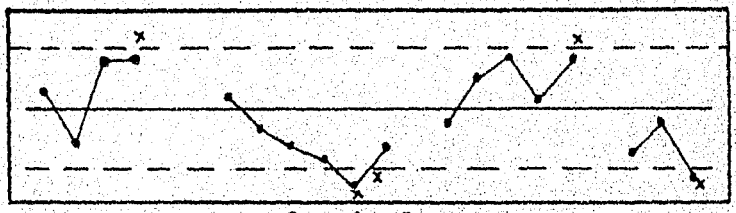
Para la aplicación de las pruebas, se puede tomar cualquier punto de la gráfica y contar hacia atrás tantos puntos como se requiera para la prueba. Cuando un mismo punto es causa de descontrol para más de una prueba, deberá marcarse sólo con una x.



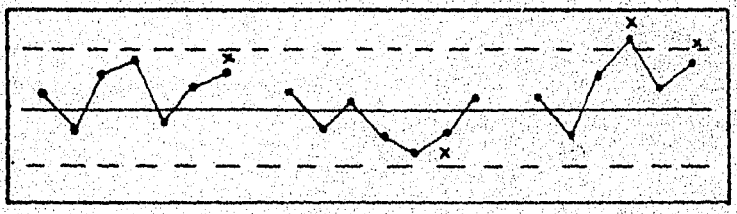
Manera de aplicar las Pruebas para Patrones No-Naturales



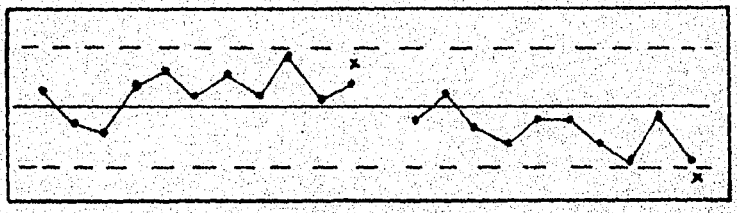
Primera Prueba



Segunda Prueba



Tercera Prueba



Cuarta Prueba

grafica 4-2 PRUEBAS PARA INESTABILIDAD

Conviene que la x sea marcada a una distancia uniforme del punto. Debe colocarse arriba del punto cuando éste se encuentre en la parte superior de la gráfica, y abajo cuando se encuentre en la parte inferior.

4.- Al tenerse una x en una gráfica debe buscarse la causa que originó el descontrol, pero debe tenerse en cuenta que esta causa pudo afectar a varios puntos y no sólo al marcado con una x.

Prueba del Signo.-

Se mencionó que esta prueba se utiliza para saber si el promedio de una gráfica se ha desplazado. Para aplicarlo se utiliza la tabla X (de la hoja 55). El procedimiento es el siguiente:

1.- Cuéntese el número total de puntos (n). (Excepto si está en la línea central).

2.- A los valores de la parte superior se les dá signo positivo y a los de la parte inferior negativo.

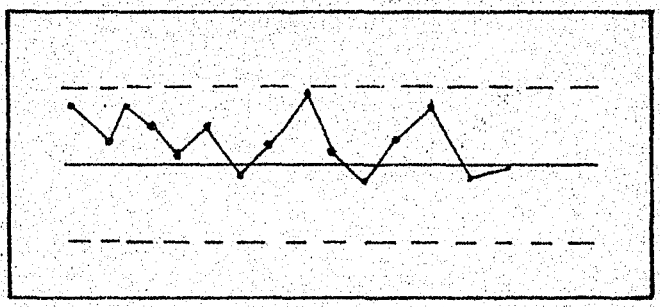
3.- Cuéntese el número de signos iguales que haya en menor número. A ese número se le denomina r.

4.- En la tabla búsquese en el renglón correspondiente a ese valor de r, y en la parte superior se encuentra el nivel de significancia (porciento de probabilidad de que el nivel no esté desplazado). En la aplicación de esta prueba debe considerarse que aún cuando el promedio esté desplazado, la gráfica puede estar en control. Ejemplo: en la gráfica 4-3 se tienen 15 puntos de los cuales 4 están en la parte inferior de la gráfica. (negativos)

TABLA K - TABLA DE VALORES CRITICOS DE r PARA LA PRUEBA DEL SIGNO

n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA % 1	5	10	25	n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA % 1	5	10	25	n	NIVEL DE SIGNIFICANCIA % 1	5	10	25
1	-	-	-	-	34	9	10	11	13	67	22	25	26	28
2	-	-	-	-	35	9	11	12	13	68	22	25	26	28
3	-	-	-	0	36	9	11	12	14	69	23	25	27	29
4	-	-	-	0	37	10	12	13	14	70	23	26	27	29
5	-	-	0	0	38	10	12	13	14	71	24	26	28	30
6	-	0	0	1	39	11	12	13	15	72	24	27	28	30
7	-	0	0	1	40	11	13	14	15	73	25	27	28	31
8	0	0	1	1	41	11	13	14	16	74	25	28	29	31
9	0	1	1	2	42	12	14	15	16	75	25	28	29	32
10	0	1	1	2	43	12	14	15	17	76	26	28	30	32
11	0	1	2	3	44	13	15	16	17	77	26	29	30	32
12	1	2	2	3	45	13	15	16	18	78	27	29	31	33
13	1	2	3	3	46	13	15	16	18	79	27	30	31	33
14	1	2	3	4	47	14	16	17	19	80	28	30	32	34
15	2	3	3	4	48	14	16	17	19	81	28	31	32	34
16	2	3	4	5	49	15	17	18	19	82	28	31	33	35
17	2	4	4	5	50	15	17	18	20	83	29	32	33	35
18	3	4	5	6	51	15	18	19	20	84	29	32	33	36
19	3	4	5	6	52	16	18	19	21	85	30	32	34	36
20	3	5	5	6	53	16	18	20	21	86	30	33	34	37
21	4	5	6	7	54	17	19	20	22	87	31	33	35	37
22	4	5	6	7	55	17	19	20	22	88	31	34	35	38
23	4	6	7	8	56	17	20	21	23	89	31	34	36	38
24	5	6	7	8	57	18	20	21	23	90	32	35	36	39
25	5	7	7	9	58	18	21	22	24	91	32	35	37	39
26	6	7	8	9	59	19	21	22	24	92	33	36	37	39
27	6	7	8	10	60	19	21	23	25	93	33	36	38	40
28	6	8	9	10	61	20	22	23	25	94	34	37	38	40
29	7	8	9	10	62	20	22	24	25	95	34	37	38	41
30	7	9	10	11	63	20	23	24	26	96	34	37	39	41
31	7	9	10	11	64	21	23	24	26	97	35	38	39	42
32	8	9	10	12	65	21	24	25	27	98	35	38	40	42
33	8	10	11	12	66	22	24	25	27	99	36	39	40	43
										100	36	39	41	43

Para $n > 100$, el valor aproximado de r es el número entero más cercano e inferior a $1/2n - K\sqrt{n}$, donde K = 1.30, 1.00, 0.82, 0.56 para niveles de 1, 5, 10 y 25 %, respectivamente. Se puede obtener una mejor aproximación al valor de r mediante la fórmula $1/2(n-1)-K(n+1)$ y los valores de K de 1.2879, 0.9800, 0.8224 y 0.5752.



gráfica 4-3

En la tabla se ve que para n=15 y r=4, se tiene un nivel de significancia de 25%, o sea que se está seguro en un 25% de que el nivel no se ha desplazado. El número ideal de puntos arriba y abajo del promedio sería de 7.5.

Esta prueba se puede aplicar también a series pareadas de datos que se quieran comparar, como la exactitud entre los análisis de dos analistas. El procedimiento es similar; se resta un valor del otro tomando en consideración únicamente el signo.

ANALISTA A	ANALISTA B	A-B	
5	8	-	
9	10	-	N=11
4	6	-	r=0
3	7	-	
7	8	-	
4	7	-	
4	6	-	
2	6	-	
5	9	-	
3	11	-	
6	6	0	
1	5	-	

En las tablas se observa que no hay ningún nivel de significancia para esta combinación, lo que significa que hay diferencia significativa entre los dos analistas, para los niveles de significancia comprendidos en la tabla.

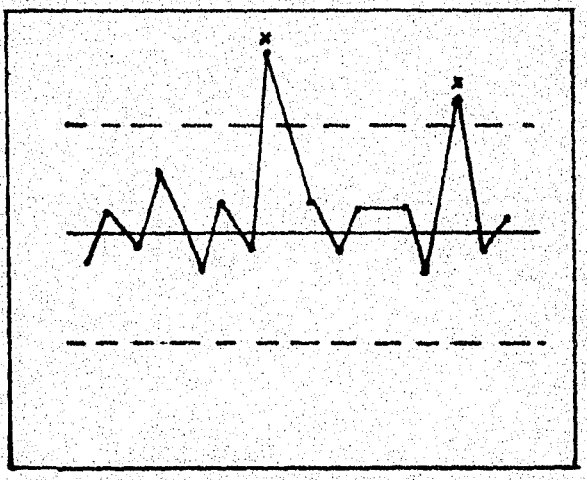
La ventaja de esta prueba es la de poderse aplicar sin importar el tipo de distribución de donde provienen los datos.

Tipos de Patrones No Naturales.-

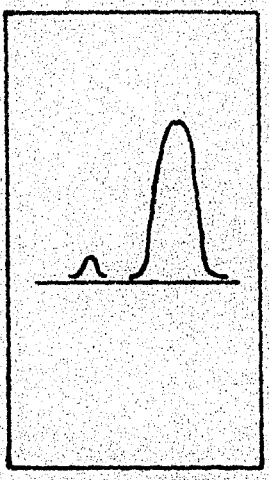
Las causas que pueden originar los diferentes tipos de patrones se dan en la tabla 4-2 (hoja 76).

a) Rareza

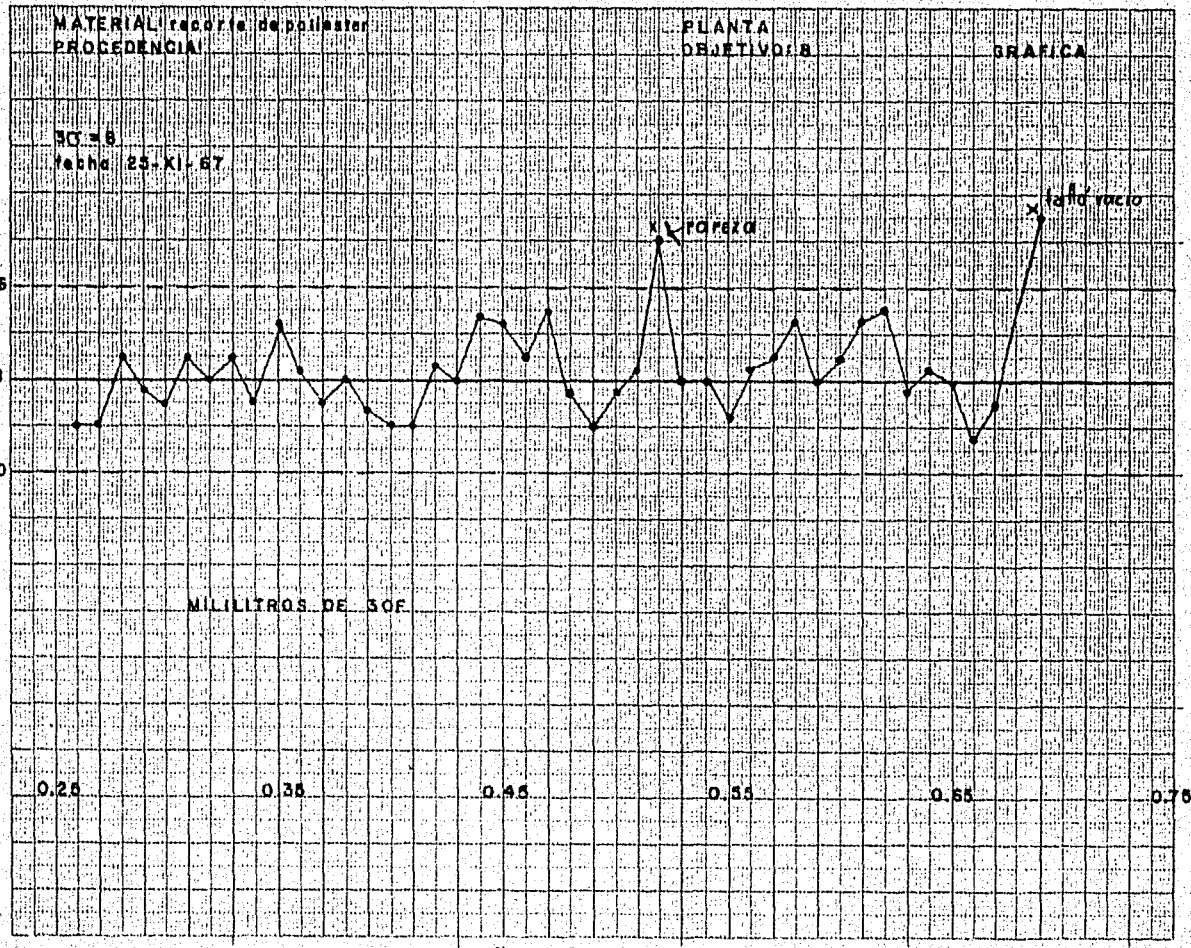
Este patrón ocurre cuando se presenta un punto o valor que difiere mucho de los otros.



Rarezas



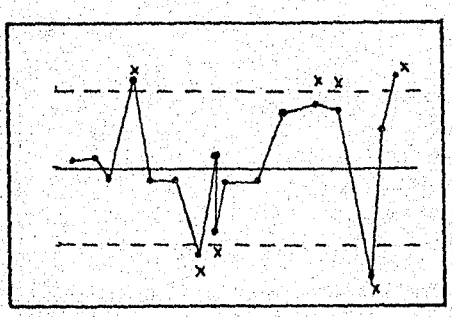
Distribucion asociada con Rarezas



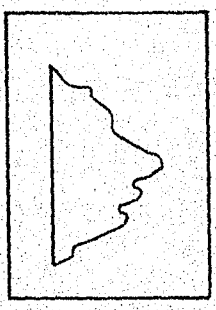
grafica 4-5 EJEMPLO DE RAREZA

b) Inestabilidad.-

El patrón de inestabilidad se conoce por las variaciones anormalmente grandes. Una de sus características es la serie de subidas y de bajadas erráticas en la gráfica, frecuentemente resulta con x en ambos lados de la gráfica. Los límites parecen ser estrechos para la variación que presenta. En algunos casos es un mal cálculo de límites lo que hace que una gráfica muestre inestabilidad.



Inestabilidad en Grafica de x

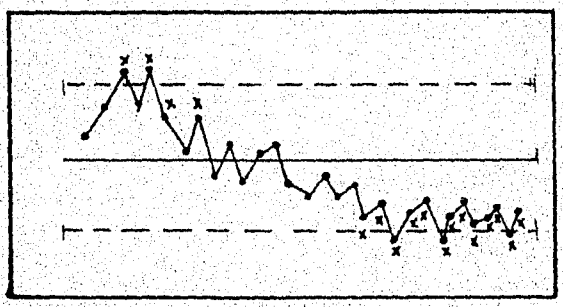


Distribucion asociado con inestabilidad

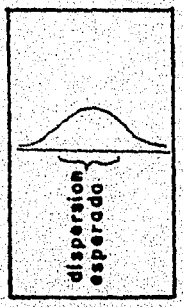
Ver ejemplo práctico en la gráfica 4-7 (hoja 63)

c) Cambio Gradual de Nivel.-

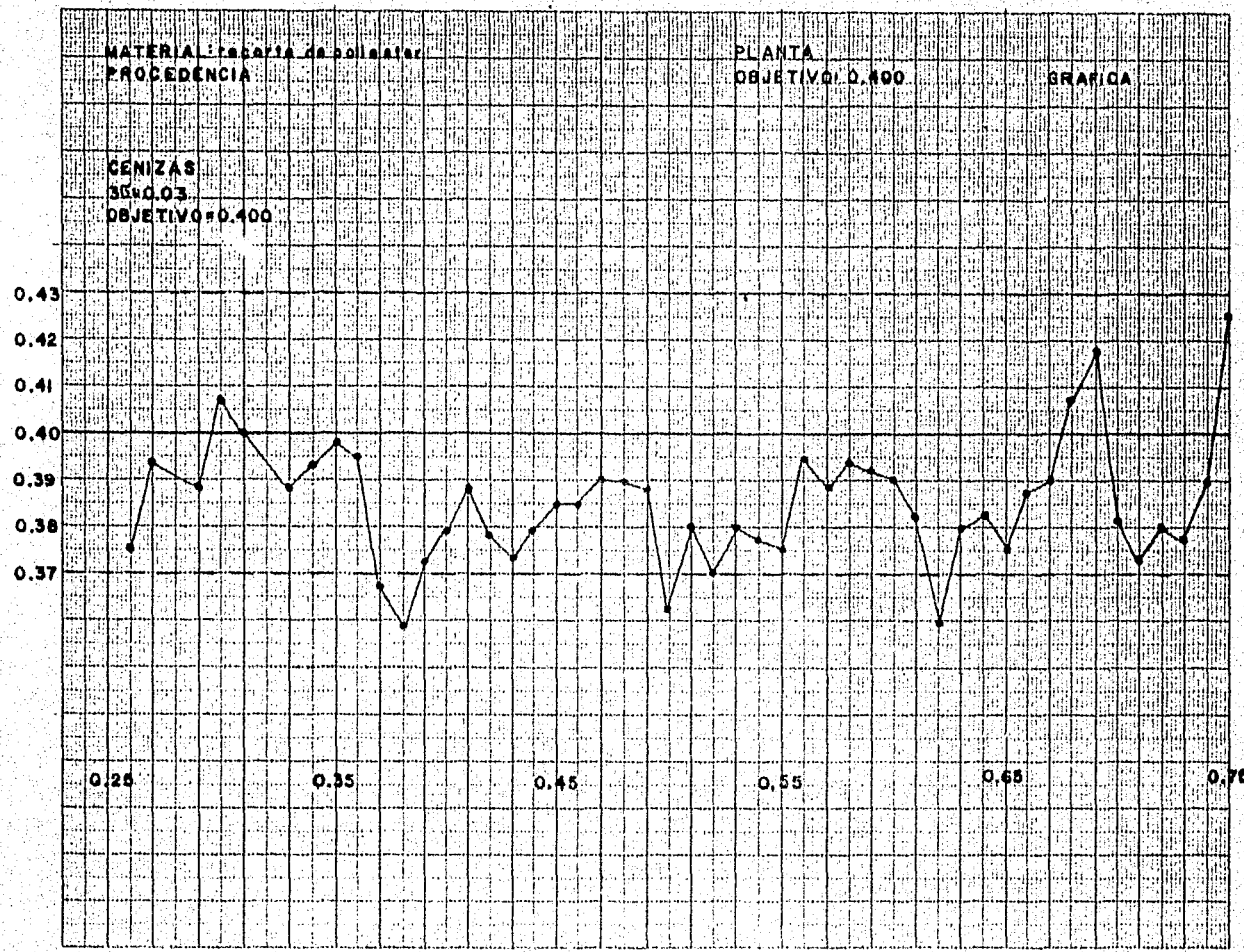
El patrón de cambio gradual de nivel tiene una serie de puntos en un nivel determinado; en seguida van cambiando los valores poco a poco en una dirección hasta que finalmente se estabiliza en otro nivel.



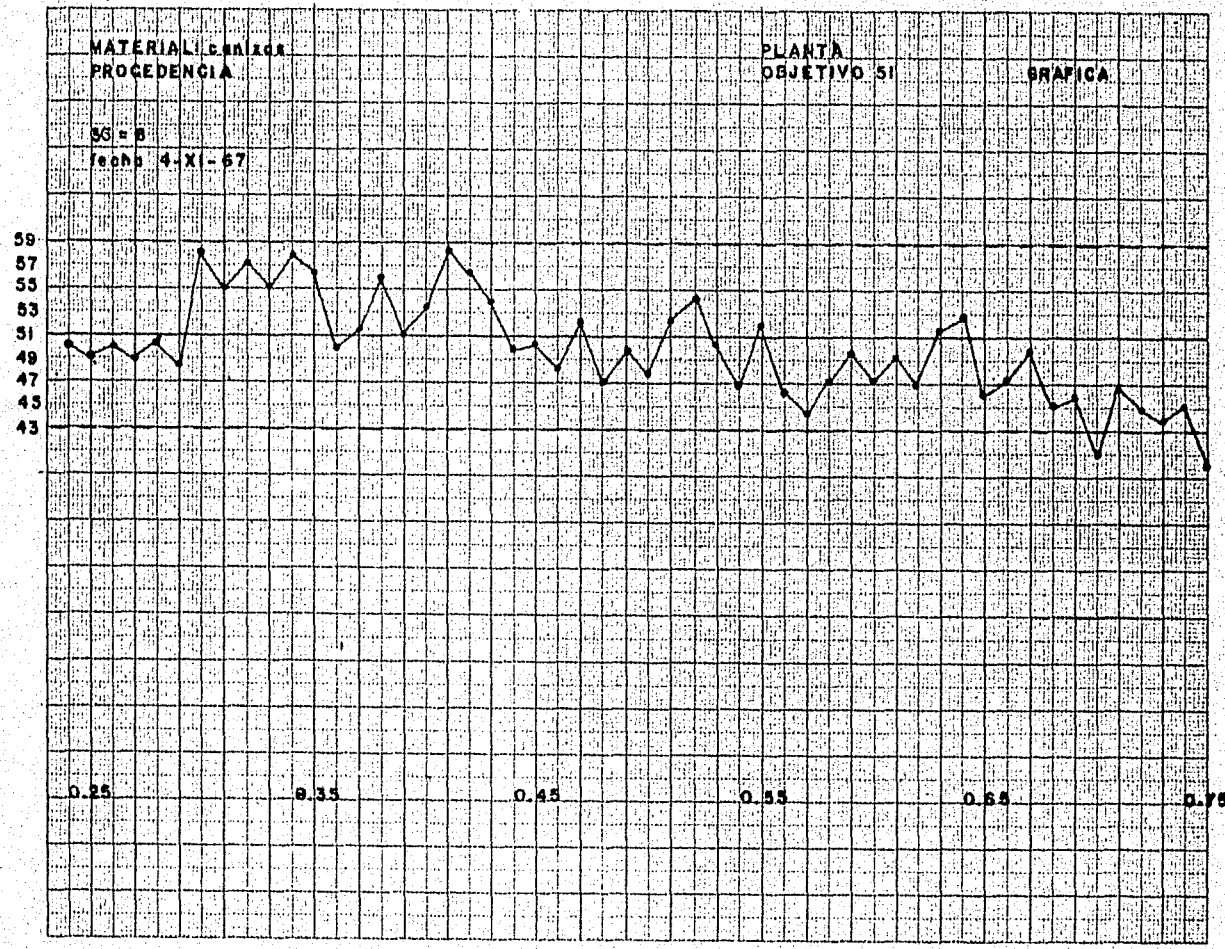
Cambio gradual de Nivel



Distribucion asociada con Cambio gradual de Nivel



grafica 4-7 EJEMPLO DE INESTABILIDAD

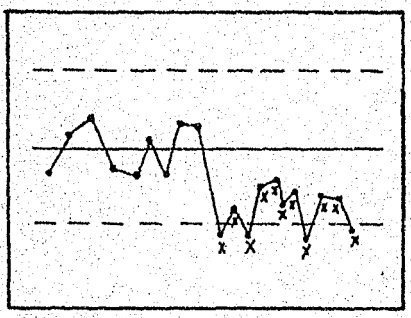


grafica 4-8 ejemplo de Cambio Gradual de Nivel

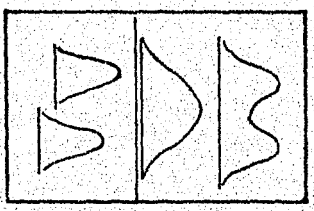
Ver ejemplo práctico en la gráfica 4-8 (hoja 64).

d) Cambio Brusco de Nivel.-

Este patrón es parecido al de cambio granual de nivel, sólo que el cambio de un nivel a otro se hace bruscamente.



Cambio brusco de Nivel



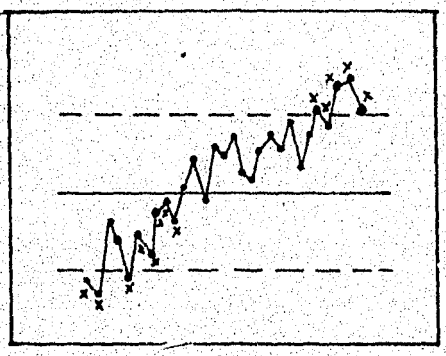
Distribuciones asociadas con cambio brusco de Nivel

Ver ejemplo práctico en la gráfica 4-9 (hoja 66).

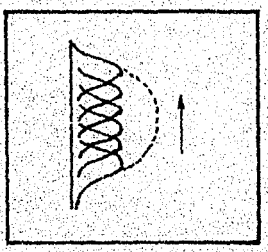
e) Tendencias.-

Este patrón se caracteriza por el movimiento continuo de una serie de datos hacia arriba o hacia abajo. Aparecen puntos marcados con x en uno de los lados y después en el otro.

Se define también como una gran serie de puntos sin cambio de dirección.

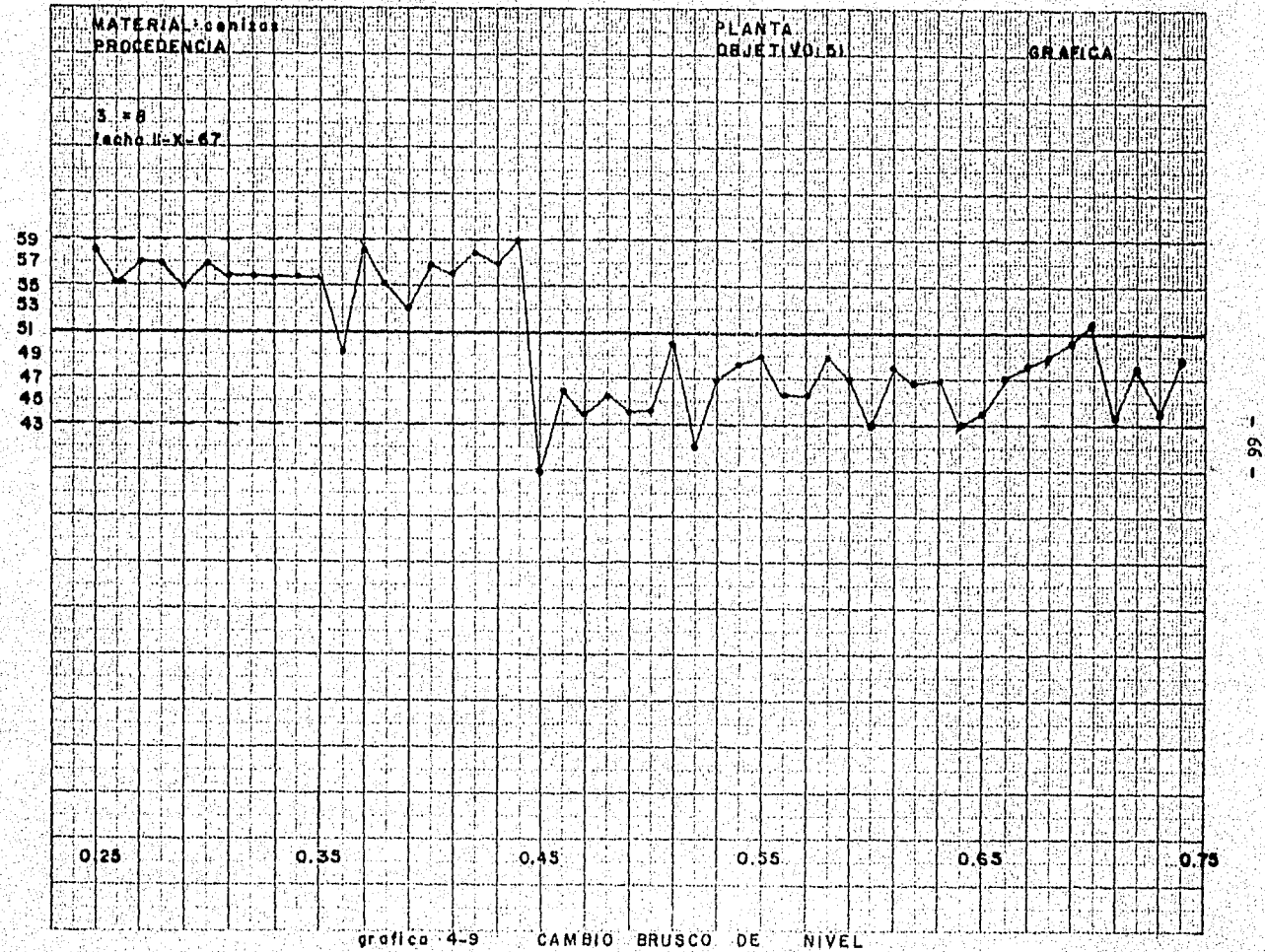


Tendencias

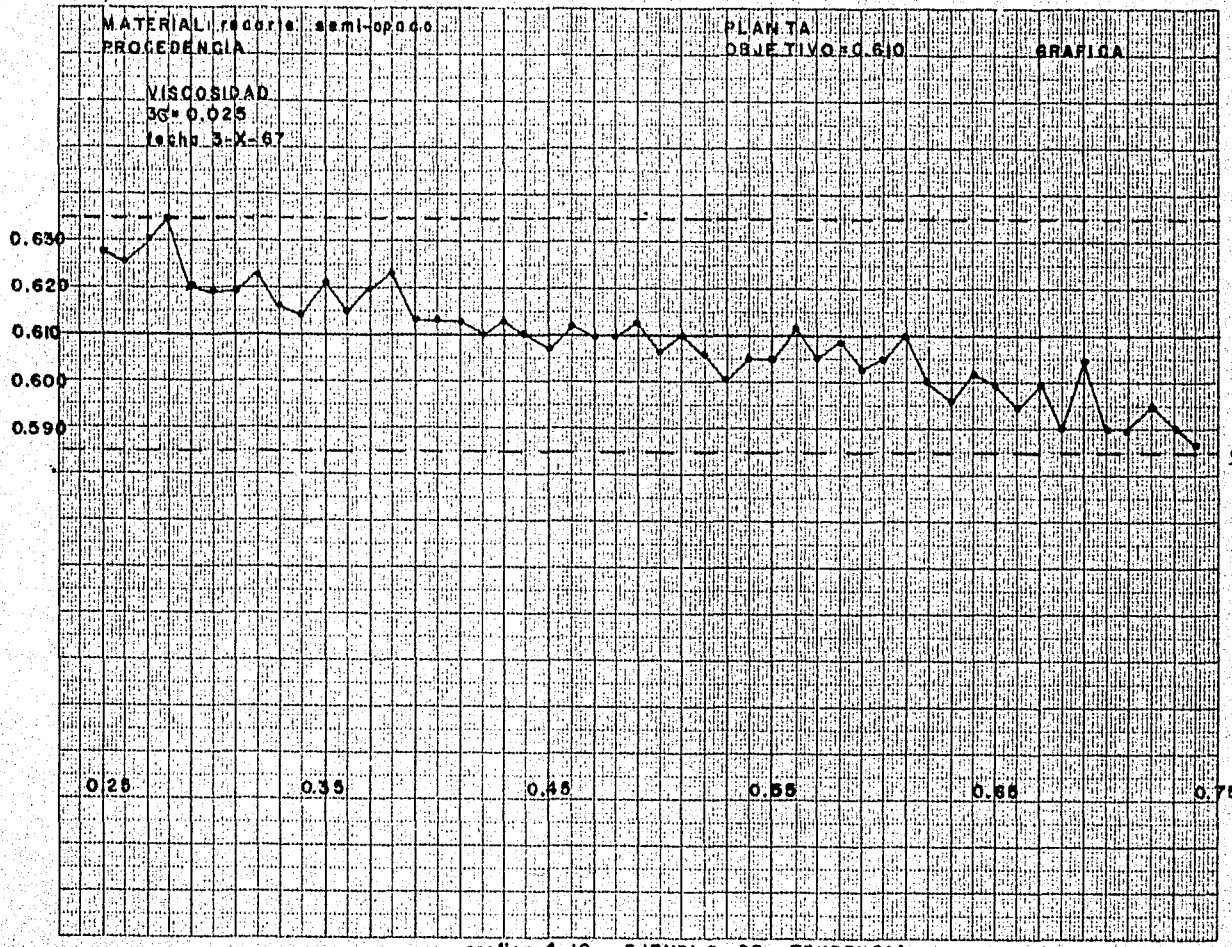


Distribucion asociada con Tendencias

Ver ejemplo práctico en la gráfica 4-10 (hoja 67).



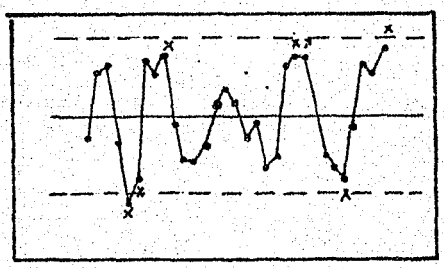
grafica 4-9 CAMBIO BRUSCO DE NIVEL



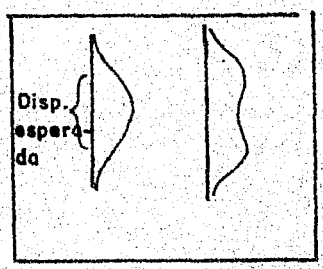
grafica 4-10 EJEMPLO DE TENDENCIA

f) Ciclos.-

Son tendencias cortas en los datos, pero que se repiten varias veces. Son debidas a causas asignables ya que un patrón natural no se debe repetir. Las causas son variables además de que van y vienen en una forma más o menos regular.



Ciclos

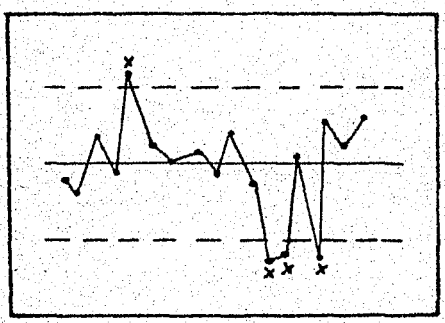


Distribucion asociada con Ciclos

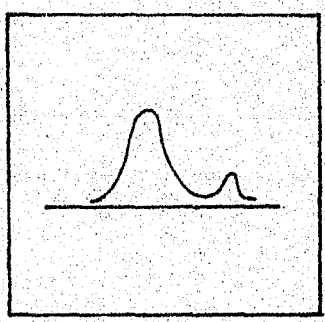
Ver ejemplo práctico figura 4-11 (hoja 69).

g) Agrupamientos.-

Ocurre cuando todas o la mayoría de las mediciones tienen valores muy cercanos. Esta agrupación en forma distinta a la del azar, indica la introducción brusca de un sistema diferente de causas. La gráfica que mejor detecta este patrón es la de individuales, siguiéndole la de R y finalmente la de $\bar{x}$.



Agrupamientos



Distribucion asociada con Agrupamientos

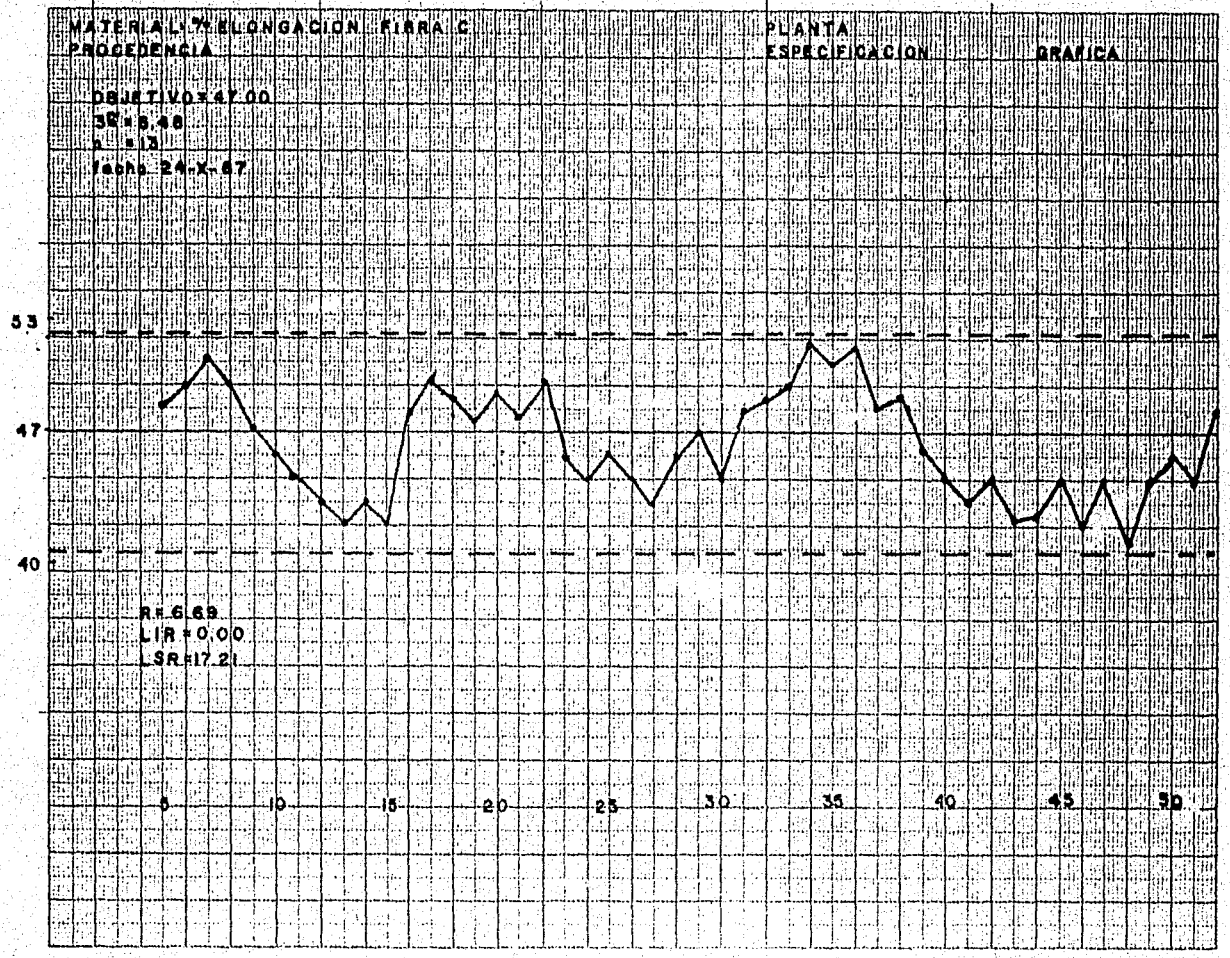


fig 4-II EJEMPLO DE CICLOS

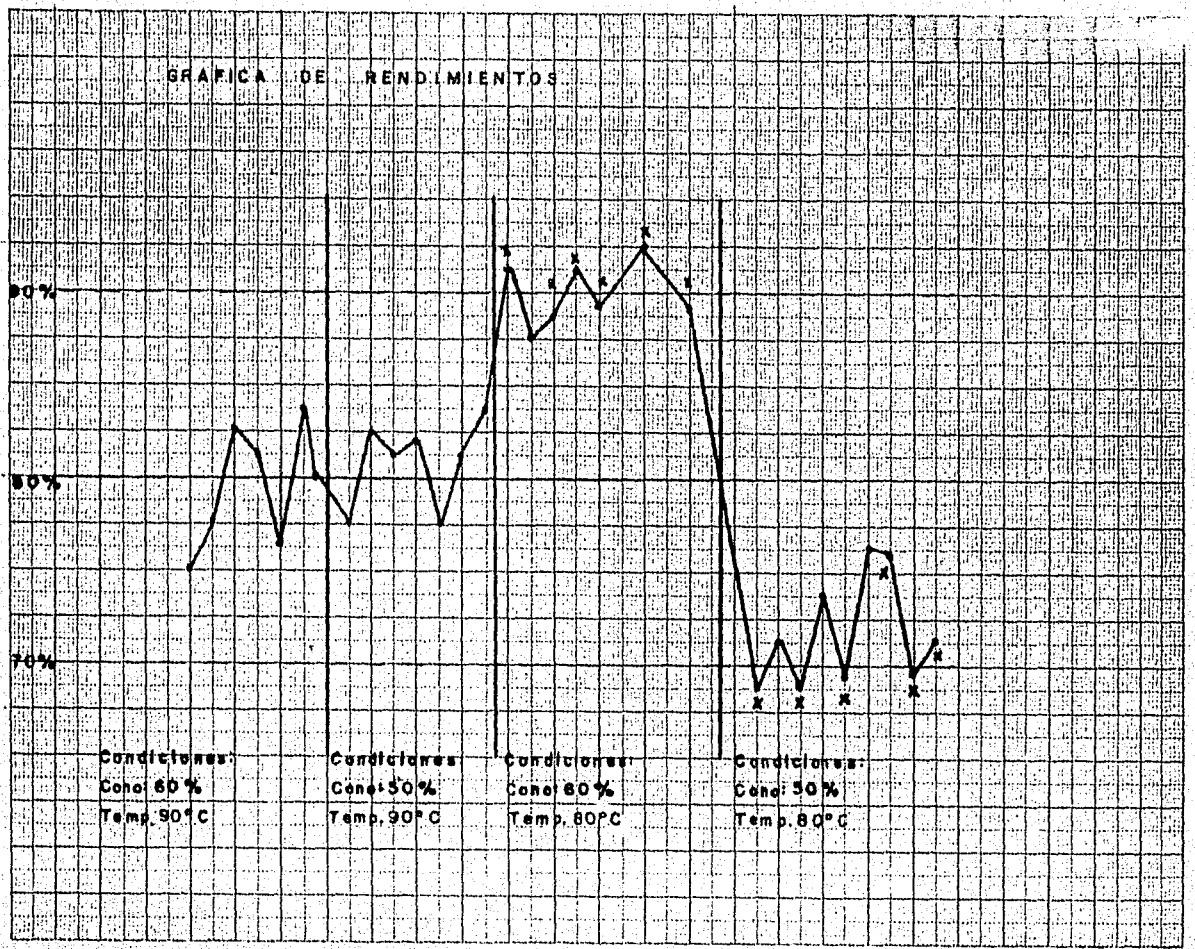
h) Interacción.-

Es la tendencia que tiene una variable a alterar el comportamiento de otra. Se puede definir también como la tendencia de dos o más variables para producir combinadas un efecto que no producirían ninguna de ellas actuando separadas. La interacción se estudia principalmente en diseño de experimentos y de una manera más informal en estudios de capacidad de proceso.

Con el siguiente ejemplo se aclaran estos puntos: se hizo un experimento con el objeto de ver si la concentración afectaba los rendimientos en un reactor. La prueba se hizo a una temperatura constante de 90 grados centígrados encontrándose iguales rendimientos de 75%. Posteriormente se repitió la prueba en las mismas condiciones de concentración 60 y 50%, pero con una temperatura de 80 grados centígrados encontrándose diferentes rendimientos 90 y 70%. Esto indica que la temperatura afecta el efecto de la concentración sobre los rendimientos. Se ve clara la importancia de que al hacer un experimento se varíen todas las variables para obtener mayor información.

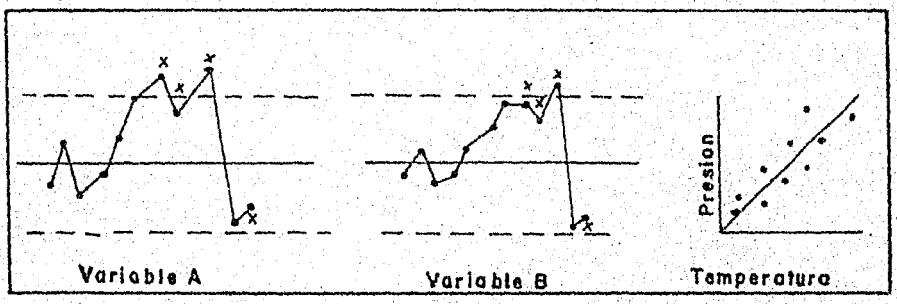
Temp. / Conc.	90° A	60° B
A 60%	75% Normal	90% Alto
B 50%	75% Normal	70% Bajo

En esta tabla se representan las condiciones del experimento anterior y en la figura siguiente la gráfica de rendimientos.


GRAFICA DE RENDIMIENTOS
90%
80%
70%
Condiciones:
Conc: 60 %
Temp. 90° C
Condiciones:
Conc: 50 %
Temp. 90° C
Condiciones:
Conc: 60 %
Temp. 80° C
Condiciones:
Conc: 50 %
Temp. 80° C

i) Correspondencia.-

Ocurre cuando una gráfica sigue en su comportamiento a otra. Este patrón se presenta cuando hay relación entre las dos variables, lo - cual se aprecia cuando se grafica una variable contra otra. Ejemplo: la temperatura y la presión de un gas.

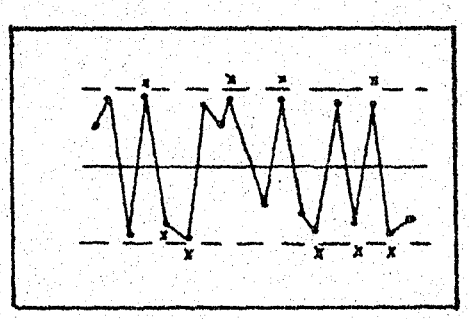


Correspondencia

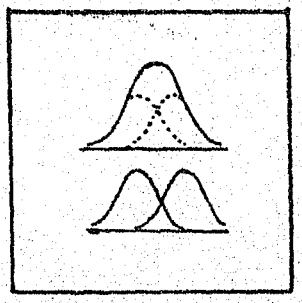
j) Mezclas.-

El patrón de mezclas se manifiesta porque los puntos tienden a caer cerca de las orillas y no hay variaciones normales en el centro. Puede notarse una longitud anormal de las líneas que unen los puntos. Este patrón es una combinación de dos patrones en la misma gráfica en un nivel diferente.

Cuando las distribuciones componentes mantienen las mismas posiciones relativas y proporciones durante un período de tiempo, origina un patrón que se conoce como Forma Estable de Mezcla. Cuando lás posiciones relativas a las proporciones de las distribuciones no son constantes se origina un patrón conocido como Forma Inestable de Mezcla.



Mezclas



Distribucion asociada con Mezclas

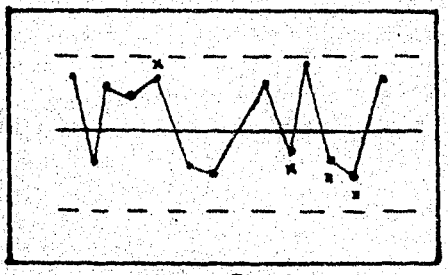
Forma Estable de Mezcla.-

Este patrón se origina por la presencia de más de una distribución que están en equilibrio. Puede ser que no haya puntos marcados con x, pero el patrón se reconoce por la ausencia de el número acostumbrado - de puntos cerca del centro de los límites de la gráfica.

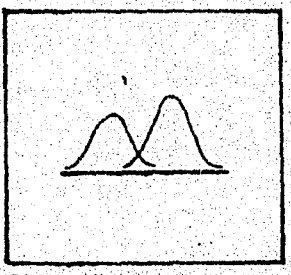
La distribución consiste de componentes más o menos bastante separados que no cambian uno respecto al otro ni en proporción ni en posición.

Si las muestras se toman de cada una de las distribuciones separadamente, se detecta el patrón en la gráfica $\bar{x}$, y si se toman de los dos combinados, se detecta en la gráfica de R.

Hay dos formas de mezcla estable originadas por una manera especial sistemática de tomar la muestra. Se les conoce como "Variable Sistemática" y "Estratificación".



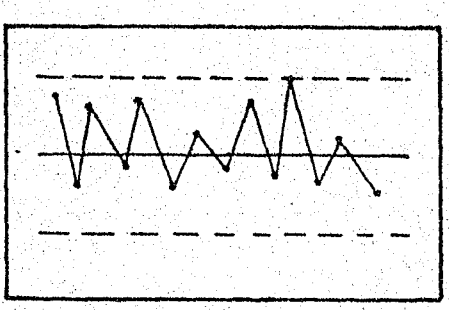
Mezcla Estable



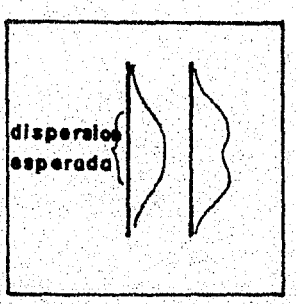
Distribucion asociada con Mezcla estable

Variable Sistemática.-

Existe este tipo de patrón si es predecible el lugar donde caerá en la gráfica el próximo punto, por ejemplo si después de salir uno - alto sale uno bajo. Tiene la forma de dientes de Sierra.



Variable Sistematica

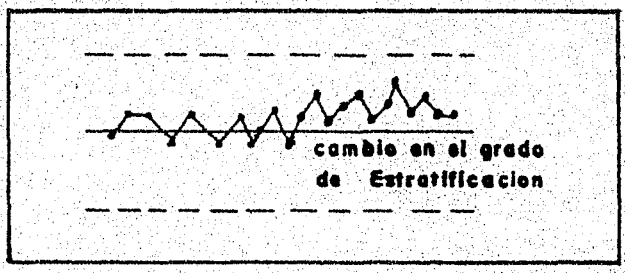


Distribuciones asociadas con Variable Sistematica

Estratificación.-

Es una forma de mezcla estable caracterizada por su constancia artificial. Todos los puntos varían muy cerca de la línea central y no - se acercan a los límites, aparentemente este patrón muestra mucho control pero en realidad es falta de control.

Este patrón es originado por varias distribuciones cuyo nivel es diferente. Esto ocurre cuando se toma muestra de esas distribuciones - diferentes y se obtiene un promedio que varía poco, porque los valores altos se compensan con los valores bajos. Una solución para eliminar - esta anormalidad es calcular los límites para cada distribución y obtener un promedio de esos límites.



Estratificacion

Forma Inestable de Mezcla.-

Se presenta este patrón cuando se tienen varias distribuciones en el producto, que son capaces de cambiar una con respecto a la otra.

POSIBLES CAUSAS DE PATRONES NO NATURALES

Valores individuales	Rango R	Promedio y Rango. $\bar{X}$-R	POSIBLE CAUSA
Las mismas que a las gráficas de $\bar{X}$.	Error de medición. Operación incompleta. Error al graficar Operación omitida.	Rareza en ambos: Análisis incorrecto, Punto mal graficado. Error de cálculo. Operación incompleta.	RAREZA
Las mismas que a las gráficas de $\bar{X}$.	Operador con diferente entrenamiento. Mezcla de material. Falta de mantenimiento de equipo.	Sobre ajuste de un proceso. Correcciones sobre valores individuales y no en la gráfica. Falta de cuidado. Lotes mezclados. Com. analítico de controles.	INESTABILIDAD
Las mismas que a las gráficas de $\bar{X}$.	Cambio de métodos. Mayor o menor cuidado del operador.	Nuevos operadores. Mejor supervisión. Nuevo material. Introducción de controles. Cambios en programas de mantenimiento.	CAMBIO GRADUAL DE NIVEL
Cualquiera que afecte a las gráficas $\bar{X}$ - R.	Motivación del operador. Diferente equipo. Diferente materia prima.	Nuevo operador. Nuevo inspector. Nueva máquina. Nuevos métodos.	CAMBIO BRUSCO DE NIVEL
Cualquiera que afecte a la gráfica $\bar{X}$ y en nuevas escalas a la de R.	Desgaste gradual de algo. Mezclas por cambio en proporción de los lotes. Efecto de control o mejor mantenimiento de máquinas. Cambio gradual de técnica del operador.	Desgaste de máquinas. Deterioro de una solución. Envejecimiento de substancias, fatiga Cambio gradual de estado.	TENDENCIAS
Las mismas que a las gráficas de $\bar{X}$ y R.	Fatiga del operador. Diferencia entre turnos.	Efecto de la estación del año como: temperatura y humedad. Fatiga del operador. Diferencia entre turnos.	CICLOS
Error al graficar causas que producen otra distribución muy diferente en corto plazo.	Rareza en los datos. Mezclas de distribución.	Dificultades en las mediciones. Cambio en calibración de los instrumentos. Mediciones por personas ajenas.	AGRUPAMIENTOS
Las mismas que a las gráficas de $\bar{X}$ y R.	Frecuentes saltos en los controles automáticos.	Diferentes: material, operador etc. Mezcla de distribuciones diferentes. Lotes diferentes en almacén.	FORMA ESTABLE DE MEZCLA
Diferencia entre: herramientas, posiciones, etc.	Manera de dividir los datos.	Diferencia entre turnos. Forma de dividir los datos.	SISTEMATICA
No se presenta excepto si salen límites más amplios debidos a datos erroneos o mezclas.	Frecuentes saltos en los controles automáticos.	Cálculo erroneo de límites. Error en punto decimal. Cualquier causa de mezcla.	ESTRATIFICACION
Las mismas que a $\bar{X}$ y R	Dos o más máquinas, materiales operadores. Fatiga de operador máquina que necesita reparación	Distribuciones cambiando por diferencias de material entre operadores. Trabajo experimental. Cambio de métodos	FORMA INESTABLE DE MEZCLAS

CAPITULO V

CONCLUSION.

C O N C L U S I O N

La industria de un país en pleno desarrollo, como es el caso de México, DEBE implantar los sistemas convenientes para CONTROLAR la CALIDAD de sus PRODUCTOS con el objeto de aprovechar los beneficios que de ellos se obtienen. Las empresas que no lo hagan tienen pocas probabilidades de subsistir. A esta afirmación se podría objetar el hecho de que la gran mayoría de fabricas han salido adelante sin hacer uso de tales sistemas; pero ésto deja de ser una objeción cuando se reflexiona en que la constante evolución del País ha traído consecuentemente mayores exigencias debidas en gran parte a la competencia.

El Control Estadístico de Calidad para Características Mensurables nos muestra que el implantar estos sistemas resulta sumamente sencillo si se piensa en las grandes ventajas que ello trae como resultado, gracias a que la teoría aplicada a problemas prácticos ha avanzado hasta resolver gran número de problemas actuales de la Industria.

I N D I C E

	Nº DE HOJA
CAPITULO I.	
Variabilidad	1
Objetivos y ventajas de controlar la variabilidad	1
Variables y Atributos.....	3
Control para variables	5
Control para atributos	6
Revision y mantenimiento de especificaciones.	7
Métodos estadísticos básicos en el Control Estadistico de Calidad	8
CAPITULO II.	
Distribuciones de frecuencia	12
Características principales de una distribución	16
Tendencia Central	16
Dispersion	18
Distribución Normal	20
Distribución Binomial	23
Distribución de Poisson	24
CAPITULO III.	
Gráficas de Control	26
Trazado de la gráfica	26
Gráficas de Control para Atributos	26
Gráficas para fracción defectiva	27
Gráficas para porcentaje defectivo	28
Gráficas de control para número de defectos .	28
Muestreo para aceptación	29
Gráficas de control para variables aplicado en la producción de fibras sintéticas	31
Ejemplo de cálculo de los límites de control para variables en una computadora ...	35
Variabilidad de un proceso	37
Comparación de límites calculados con las especificaciones	43

	Nº DE HOJA
Programa para cálculo de límites	44b
CAPITULO IV.	
Patrones.	46
Patrón Natural	46
Patrón no Natural	47
Pruebas para detectar Inestabilidad	48
Prueba del signo	54
Rareza	60
Inestabilidad	62
Cambio gradual de nivel	62
Cambio brusco de nivel	65
Tendencias	65
Ciclos	68
Agrupamientos	68
Interacción	70
Correspondencia	72
Mezclas	72
Forma estable de mezcla	73
Variable Sistemática	74
Estratificación.	74
Forma inestable de mezcla	75
CAPITULO V.	
C o n c l u s i o n	78

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

THE CONTROL OF QUALITY
L. F. Thomas & Hudson

STATISTICAL QUALITY CONTROL
Eugene L. Grant

STATISTICAL QUALITY CONTROL
Allan (Douglas H. W.)

TEXTO BASICO PARA EL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
de el curso que impartió; John H. Reynolds

EL CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD
Dr. W. Edwards Deming

STATISTICS IN RESEARCH
Bernard Ostle.