

Documento Técnico de Referencia Nro. 4

Gráficos de Shewhart

Gráficos de Shewhart

Autor

MAYER Ronaldo, Licenciado en Química, Co-coordinador del Comité de Expertos de Aseguramiento de la Calidad

Revisores

RUMIANO Sandra, Farmacéutica, Integrante del Comité de Expertos de Aseguramiento de la Calidad.

SOBRERO Cecilia, Farmacéutica, Coordinadora del Comité de Expertos de Aseguramiento de la Calidad

Colaboradores

Integrantes del Comité de Expertos de Aseguramiento de la Calidad.

Nota: El contenido de este Documento Técnico de Referencia tiene el carácter de recomendación. Es el resultado del consenso del equipo de trabajo que lo preparó no reemplazando ninguno de los requerimientos exigidos por las Autoridades Sanitarias Argentinas

Aprobado para su uso y distribución por Comisión Directiva de SAFYBI

Presidente: Farm. Federico E. Montes de Oca
Vice Presidente: Farm. Alejandro A. Meneghini
Secretaria: Farm. Viviana Boaglio
Pro Secretaria: Farm. Susana B. Muñoz
Tesorero: Farm. Jorge Ferrari
Pro Tesorero: Bioq. Elías B. Gutman

Vocales Titulares:

Farm. Erundina Marta Fasanella
Farm. Vanesa Andrea Martínez
Farm. Víctor Eduardo Morando
Farm. Luis Alberto Moyano
Farm. María Eugenia Provenzano
Bioq. Norberto Claudio Vilariño

Vocales Suplentes:

Farm. Laura Andrea Botta
Farm. Mirta Beatriz Fariña
Bioq. Nora Matilde Vizioli

SEPTIEMBRE 2020

Gráficos de Shewhart

Documento Técnico de Referencia Nro. 4

Lista de Contenidos

1	Introducción	9
2	Alcance	10
3	Generalidades	10
4	Selección de los diferentes tipos de gráficos de Shewhart	12
5	Clasificación de los diferentes tipos de gráficos de Shewhart	12
5.1	Gráficos por Variables	13
5.1.1	\bar{x}, R media aritmética y Rango	13
5.1.2	\bar{x}, s media aritmética y desviación estándar	14
5.1.3	\tilde{x}, R mediana y rango	14
5.1.4	x, R_m individuos y rango móvil	15
5.2	Gráficos por Atributos	16
5.2.1	p número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra expresado como proporción o porcentaje	17
5.2.2	np número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra	17
5.2.3	c número de defectos por número total de unidades en la muestra o unidad de muestreo expresado como proporción o porcentaje	17
5.2.4	u número de defectos por número total de unidades en la muestra o unidad de muestreo	18
6	Gráficos de Control especiales	18
7	Ejemplos de diferentes tipos de gráficos	24
7.1	Ejemplo nro. 1: Gráficos \bar{x}, R media aritmética y Rango	24
7.2	Ejemplo nro. 2: Gráficos x, R_m individuos y rango móvil	32
7.3	Ejemplo nro. 3: Gráficos np número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra.	37
8	Anexos	41
8.1	Tablas de constantes	41
8.2	Planilla de ingreso de datos	42

Bibliografía

- 1 Acceptance Sampling in Quality Control. Edward G. Schilling y Dean V. Neubauer.
- 2 Control de Calidad Estadístico. Eugene L. Grantt.
- 3 Control de la Calidad 1. Enrique García y Alfredo Arrondo.
- 4 Control Estadístico de Procesos. Apuntes de clase. Arturo Ruiz-Falcó Rojas
- 5 Control Estadístico de la Calidad. Ruy de CB Lourenço.
- 6 Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. H. Gutierrez Pulido y R. de la Vara Salazar.
- 7 Introducción a la Estadística. AD Ricmers y HN Todd.
- 8 Introducción al Análisis Estadístico. Dixon y Massey.
- 9 ISO 3534. Statistics. Vocabulary and symbols.
- 10 ISO 7870-2 Control charts, Shewhart charts.
- 11 Juran's Quality Control Handbook. J.M. Juran.
- 12 www.statgraphics.com

Glosario y Abreviaturas

Capacidad de proceso	Medida estadística de la variación inherente de una característica dada
Característica	Propiedad que ayuda a identificar o diferenciar entre ítems de una población dada
Causa aleatoria	Factores, generalmente en gran número, pero cada uno de poca importancia relativa y que contribuyen a la variación total, los cuales no necesariamente han sido identificados
Causa asignable o especial	Un factor que puede ser detectado e identificado y que contribuye al cambio de una característica de calidad o de un nivel de un proceso.
Desviación Estándar	Medida de dispersión de una población calculada como la raíz cuadrada positiva de la varianza
Distribución de probabilidad	Una función dada que da la probabilidad de que una variable aleatoria tome cualquier valor dado o pertenezca a una serie de valores dados.
Distribución normal	Distribución de probabilidad descrita por la curva de Gauss
Ensayo estadístico	Procedimiento estadístico para decidir si la hipótesis nula H_0 debe ser rechazada en favor de la hipótesis alternativa H_a o no ser rechazada
Error tipo I (Error alfa)	Error cometido al rechazar la hipótesis nula cuando la misma es verdadera
Error tipo II (Error beta)	Error cometido al no rechazar la hipótesis nula cuando la misma no es verdadera
Estimación	Operación de asignar valores numéricos, a partir de observaciones de una muestra, a las características poblacionales
Estimador	Estadístico utilizado para estimar un parámetro de la población
ISO	International Organization for Standardization
Límites de acción	Límites por fuera de los cuales se debe tomar una acción correctiva
Límites de alerta	Límites por fuera de los cuales se tiene una cierta probabilidad importante de que un proceso este saliendo de su estado de control estadístico. No es necesario tomar acciones correctivas, pero si preventivas
Mediana	Parámetro que divide en cantidades iguales a los ítems de una población

Muestra	Una o más unidades de muestreo tomadas de una población de la que se pretende obtener información sobre la misma
Nivel de significación	Un valor dado que constituye el límite del error de probabilidad tipo I
Outlier o valor atípico	Observación que se encuentra tan separada de las demás que sugiere que puede pertenecer a otra distribución o ser el resultado de un error de medición
Parámetro	Una cantidad utilizada para describir la distribución de probabilidad de una variable aleatoria
Población	La totalidad de los ítems bajo consideración
Promedio	Sumatoria de los valores dividida por el número de valores
Rango	Diferencia entre el valor máximo y el mínimo observado de una característica cuantitativa
Subgrupos racionales	Conjunto de valores extraídos en forma consecutiva y creciente de un proceso, en los cuales las variaciones se deben exclusivamente a causas aleatorias y entre los cuales las variaciones solo se deben a causas asignables
Tendencia	Una tendencia creciente o decreciente luego de excluir los errores aleatorios y los efectos cíclicos cuando los valores son graficados en el orden de las observaciones
Varianza	Medida de dispersión de los datos entre sí, que es la suma de los cuadrados de las desviaciones entre las observaciones y su promedio, dividido por el número de observaciones.

1. Introducción

Este Documento Técnico de Referencia tiene como objeto describir los diferentes tipos de Gráficos de Shewhart.

En 1931 W.A. Shewhart publicó su libro *Economic Control of Quality of Manufactured Products* el cual es considerado el inicio del Control Estadístico de Procesos y que fue el resultado de su trabajo en la empresa Bell Laboratories desde el año 1924.

A pesar de las limitaciones de los medios de cálculo de la época consiguió plantear la resolución de problemas numéricos en forma ingeniosa y elegante.

Todo proceso se encuentra afectado por innumerables causas que o bien son desconocidas, o bien no se pueden o quieren eliminar debido al costo asociado para hacerlo.

Estas causas son variadas y en general pequeñas y constituyen lo que se conoce como "Causas Aleatorias" o "Causas al Azar" o también "Ruido Blanco".

Otras causas que hacen que un proceso no produzca entregables que por diseño debieran cumplir especificaciones preestablecidas, son aquellas que se introducen en forma sistemática y no forman parte de esa variabilidad inherente al proceso y son las llamadas "Causas Asignables", "Causas Especiales" o "Ruidos Negros".

Los Gráficos de Control de Shewhart tienen como objetivo primario diferenciar unas de otras lo que permite no solo conocer mejor el proceso, sino que también interactuar con él.

Aun el día de hoy son utilizados ampliamente tanto los diseñados originalmente por él, como las diferentes variaciones de los mismos.

Cuando nos referimos a un proceso lo hacemos en forma general incluyendo servicios, áreas administrativas, de calidad o de fabricación propiamente dichos.

Se dice que el proceso se encuentra bajo "Control Estadístico" cuando está afectado solamente por causas aleatorias. Si este es el caso se puede estimar el valor de dicha variación y compararla con las especificaciones definiendo así la llamada "Capacidad de Proceso".

El control estadístico de procesos permite tomar una decisión sobre si:

- Ajustar el proceso.
- Detener el proceso.
- No intervenir en proceso.
- Mejorar el proceso.

2. Alcance

El alcance de este Documento Técnico de Referencia aplica a varias etapas de la manufactura farmacéutica desde su diseño hasta la puesta fuera de mercado de los productos. Por ejemplo: fijación de especificaciones durante el diseño, controles de proceso durante la fabricación, análisis y control de parámetros en equipos y en servicios, fijación de límites y controles de medio ambiente y agua, análisis de tendencias en producción, control de calidad y garantía de calidad, análisis de reclamos, evaluación de proveedores, revisión periódica de productos, etc.

3. Generalidades

Los gráficos de control son parte de una metodología que presenta y compara con las especificaciones, información basada en muestras tomadas a lo largo del proceso.

Para construirlos se requiere de una secuencia de muestras tomadas generalmente a lo largo del tiempo o las cantidades producidas, llamadas Subgrupos Racionales en las que se evaluará ya sea estimadores de parámetros de una distribución, en este caso se tienen los gráficos por Variables, o el cumplimiento o no de las categorías de defectos de los individuos siendo este el caso de los gráficos por Atributos.

Los subgrupos racionales se constituyen de tal forma que sea muy poco probable que el mismo se vea afectado por una causa asignable. Así mismo para la toma de las otras muestras se elige una frecuencia tal que sea probable el ingreso de una causa asignable entre una y otra.

La representación gráfica de los estimadores o del conteo de defectuosos o defectos, en función del tiempo transcurrido o la cantidad efectuada, permiten determinar si un proceso se halla o no bajo control estadístico.

En su forma original se marca una línea central y un límite superior y uno inferior

Shewhart los diseñó asumiendo que la distribución de los individuos del universo, en el caso de gráficos por variables, es normal o gaussiana.

A pesar de eso, aunque existan pequeñas desviaciones de la normalidad, si se grafican estimadores de muestras basadas en un cierto número de individuos, la distribución de los mismos será aproximadamente normal debido al Teorema del límite Central.

Algunos autores a su vez restan importancia a la exigencia de que la distribución sea normal.

Si en los estimadores de posición, como ser la Media Aritmética o la Mediana, cuando los límites de control superior e inferior se sitúan a una distancia de tres desviaciones estándares de la población de la línea central, es de esperar que a lo largo del proceso no se obtenga más de un 0,3% (aproximadamente) de valores por fuera de lo esperado estadísticamente.

También a veces se colocan límites internos a una distancia de dos desviaciones estándar y son conocidos como Límites de Alerta.

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de encontrar valores por fuera de los límites de acción: si se hallan valores por fuera es bastante probable que el proceso haya cambiado, aunque siempre se debe tener en cuenta que un 0,3% de los mismos lo harán aun con una población estable y que no cambia.

Contrariamente a esto, el hecho de que los puntos estén dentro de los límites de acción no significa necesariamente que provengan de la misma población.

Esto dependerá de que tan diferente sea el valor central de la misma y de su desviación estándar.

El otro aspecto de importancia y que no es menor, es que, si la población no ha cambiado la mayor parte de los valores se encuentran a distancias de una o dos desviaciones estándar distribuidos aleatoriamente en relación a la línea central sin mostrar tendencias o patrones cíclicos.

Con los gráficos tanto por variables como por atributos, se pueden dar dos situaciones: que se conozcan de antemano los estimadores de posición y de dispersión o no.

Si estos son conocidos se utilizarán directamente para calcular la posición de la línea central y de los límites de acción.

Pero puede darse el caso, y en muchas ocasiones es así, que se desconozca el proceso y su distribución y que se utilice esta herramienta para calcularlos en base a los resultados empíricos de las muestras obtenidas.

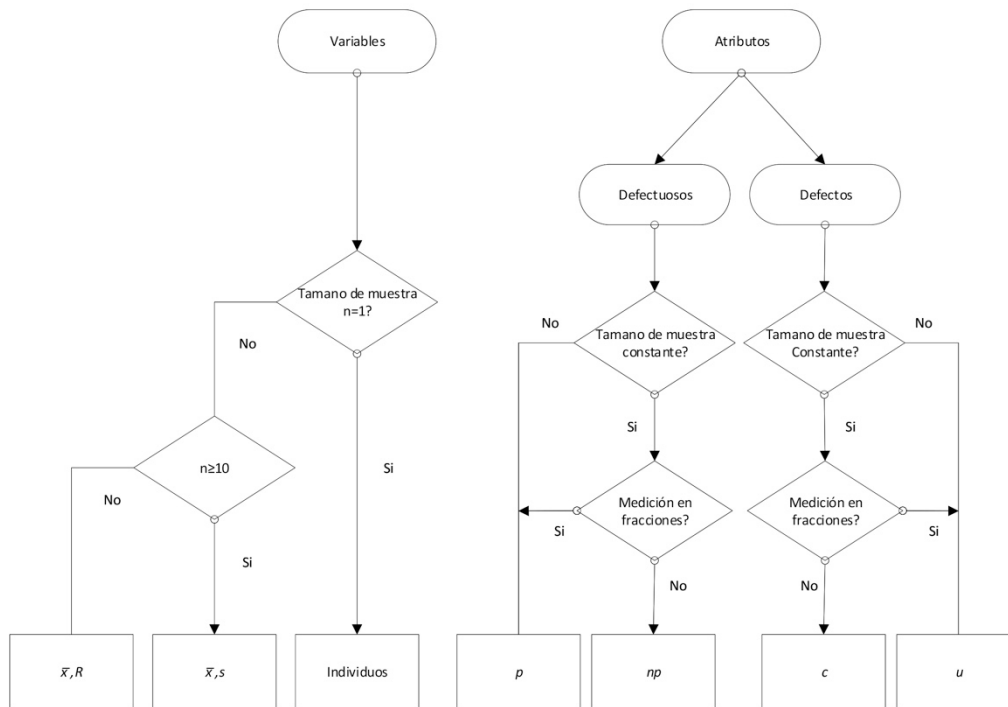
En esta situación, llamada Etapa I, lo que se busca es caracterizar al proceso determinando su dispersión y su posición y en base al análisis de los gráficos determinar si el proceso se encuentra o no razonablemente bajo control estadístico.

Los límites que se obtienen en este caso se llaman "Límites Estadísticos de Control". Estos permiten estimar la capacidad del proceso. Si no se encuentra en este estadio del análisis se puede determinar la Performance del Proceso la que puede ser menor o a lo sumo igual que la Capacidad del Proceso.

Una vez determinado el estado del proceso y de ser necesario colocado bajo control estadístico, se pasa a la Etapa II en la cual se utilizan los límites calculados anteriormente para verificar que el mismo continúa bajo control estadístico y en caso que no, actuar en consecuencia.

4. Selección de los diferentes tipos de Gráficos de Shewhart

La selección del tipo de gráficos a utilizar se efectúa según el siguiente diagrama de flujo.



5. Clasificación de los diferentes tipos de Gráficos de Shewhart

La primera clasificación que se hace de los gráficos de control de Shewhart se refiere al tipo de magnitudes que se graficarán: Variables o Atributos.

Datos variables son aquellos que pueden ser medidos en una escala continua de valores mientras que atributos hacen referencia a propiedades que son binomiales: si/no; blanco/negro; cumple/no cumple, satisfactorio/no satisfactorio.

Cuando se construyen gráficos de control por variables se utilizan tantos gráficos como parámetros caracterizan la distribución de la población que se está analizando. Es así que para aquellos procesos que se describen por distribuciones normales se utilizan dos gráficos conjuntos, uno para el estimador de la posición y el otro para el de dispersión.

Para los gráficos de atributos, caracterizados en general por distribuciones Binomiales o de Poisson se utiliza un solo gráfico puesto que con un solo parámetro p , se puede describir tanto la posición como la dispersión.

Se debe recordar que cada uno de estos tipos de gráficos se pueden construir con especificaciones previas o no.

5.1 Gráficos por Variables

5.1.1 \bar{x} , R media aritmética y rango

Estos, junto con los gráficos de valores individuales son los más ampliamente utilizados.

Como todo gráfico por variables, en comparación con los de atributos, se obtiene mayor información de la población con el mismo tamaño de muestra. Sin embargo, la medición de una variable generalmente es más costosa que la evaluación de un atributo.

Los límites de control se calculan en base a la distribución gaussiana.

Este tipo de gráficos de Shewhart requiere de dos gráficos: uno para la posición, en este caso \bar{x} , y uno para la dispersión que este caso será el rango de las muestras, R .

La utilización del rango, como estimador de la dispersión en vez de la desviación estándar de la muestra s , obedece a que en la década de 1920 solo se disponía de medios de cálculo sencillos que podían aplicarse en el departamento de producción, esencialmente calculadoras rudimentarias.

Hoy en día se siguen utilizando ya que el cálculo del rango es muy sencillo y los resultados que brinda son muy buenos en muestras de tamaño menor o igual a diez.

Siempre se grafican los dos estimadores.

En el caso que se disponga de límites previos de especificación, para la posición se utiliza μ_0 y para la dispersión σ_0 .

Un aspecto que se debe destacar es que para que un proceso tenga un desempeño adecuado, los límites de control calculados mediante un gráfico sin especificaciones deben ser menores que las especificaciones propiamente dichas.

Si esto no fuese así el proceso sería imposible de cumplir sin tener unidades fuera de la especificación y por ende no sería controlable ni la capacidad de proceso adecuada por lo que seguramente debería ser rediseñado.

En nuestra industria se utilizan para efectuar controles de proceso en producción como, por ejemplo, control del peso de un comprimido, volumen de llenado de una solución, etc.

Los límites se calculan según la siguiente tabla:

Estadístico	Límite de control estimados		Límites de control especificados	
	Línea Central	U _{c1} y L _{c1}	Línea Central	U _{c1} y L _{c1}
\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R} \text{ o } \bar{\bar{x}} \pm A_3 \bar{s}$	μ_0	$\mu_0 \pm A \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	$d_2 \sigma_0$	$D_2 \sigma_0, D_1 \sigma_0$
s	\bar{s}	$B_4 \bar{s}, B_3 \bar{s}$	$c_4 \sigma_0$	$B_6 \sigma_0, B_5 \sigma_0$
<i>Notas: μ_0 y σ_0 son valores pre especificados</i>				

\bar{x} Media aritmética de la muestra

R Rango de la muestra

s Desviación estándar de la muestra

$\bar{\bar{x}}$ Media aritmética de las medias de las muestras

\bar{R} Media aritmética de los rangos de las muestras

\bar{s} Media aritmética de las desviaciones estándar de las muestras

μ_0 Mejor estimación del valor verdadero de la distribución

σ_0 Mejor estimación de la desviación estándar de la distribución

A_i, B_i, D_i, c_i, d_i Factores de cálculo

Los valores de las diferentes constantes se encuentran en el anexo.

5.1.2 \bar{x}, s media aritmética y desviación estándar

Son semejantes a los anteriores pero en vez de utilizar el rango como medida de la dispersión, se utiliza la desviación estándar de las muestras s

Se deben utilizar siempre que el tamaño de la muestra sea mayor o igual que 10 ya que, con esos tamaños, el rango deja de ser un buen estimador de la dispersión.

Los cálculos se efectúan utilizando la misma tabla que en los anteriores.

5.1.3 \tilde{x}, R mediana y rango

La utilización de la mediana \tilde{x} , es una alternativa al uso de la media aritmética y es útil en circunstancias en las que se quiere disminuir el impacto de los valores extremos dentro de las muestras.

El valor de la mediana para los cálculos de los límites de control se puede calcular de dos formas: utilizando la mediana de los subgrupos de las medianas y la mediana de los rangos o como el promedio de los subgrupos de las medianas y el promedio de los subgrupos de los rangos.

El cálculo de los límites se efectúa según las siguientes ecuaciones.

Línea central = $\bar{\bar{x}}$ = promedio de los subgrupos de medianas

Límite superior de control = $U_{cl\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_4 \bar{R}$

Límite inferior de control = $U_{cl\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_4 \bar{R}$

En cuanto a los límites del gráfico de dispersión, se calculan de igual manera que en un gráfico \bar{x}, R

Los valores de las constantes se encuentran en el Anexo 8.1.

5.1.4 x, R_m individuos y rango móvil

Hay situaciones en las que no es posible o no es conveniente formar subgrupos racionales para constituir una muestra.

Por ejemplo, si quiero graficar una variable del proceso como el Rendimiento (que tiene un solo valor por cada lote) o cualquier valor que sea único e irrepetible o cuando la producción es tan lenta que entre una y otra medición pasa tanto tiempo que permite incorporar causas asignables.

Como en este caso los subgrupos racionales son de una sola unidad y por ende no se puede calcular la desviación estándar o el rango del subgrupo racional, se calcula el rango móvil (R_m).

Esto se logra restando al valor de la muestra m_i el de la muestra anterior m_{i-1} , de ahí su nombre rango móvil.

En este tipo de gráficos, para que las reglas utilizadas en la evaluación de tendencias sigan siendo válidas, la distribución de la población necesariamente debe ser normal porque de otro modo la interpretación de las mismas será errónea.

Si la población no es gaussiana se la puede normalizar mediante una transformación, utilizar una distribución adecuada que la describa mejor o calcular una curva genérica que refleje la distribución de los datos.

Los cálculos de los límites se efectúan con la siguiente tabla:

Estadístico	Límite de control estimados		Límites de control especificados	
	Línea Central	U _{c1} y L _{c1}	Línea Central	U _{c1} y L _{c1}
Individuo, x	\bar{x}	$\bar{x} \pm 2,660 \bar{R}_m$	μ_0	$\mu_0 \pm 3 \sigma_0$
Rango móvil, R_m	\bar{R}_m	$3,267 \bar{R}_m$ 0	$1,128 \sigma_0$	$3,686 \sigma_0$ 0
Notas: μ_0 y σ_0 son valores pre especificados \bar{R}_m es el promedio de los rangos móviles de 2 observaciones				

R_m Rango móvil de dos observaciones

\bar{R}_m Promedio de los rangos móviles

5.2 Gráficos por Atributos

A diferencia de los gráficos por variables, en los de atributos se toma nota de la presencia o ausencia de un atributo en cada una de las unidades de la muestra. Se cuenta entonces la cantidad de unidades que poseen o no el atributo. Así mismo puede efectuarse el conteo de cuantos eventos se encuentran en la muestra (la cual puede ser también una unidad de tiempo o de superficie).

Como se mencionó y puesto que se basan en las distribuciones de Poisson y Binomial las que con un solo parámetro poblacional quedan totalmente definidas, se necesita solamente un gráfico. Los gráficos p y np se basan en la distribución Binomial mientras que los c y los u , en la de Poisson.

No es necesario que el tamaño de cada subgrupo racional sea el mismo. En caso de que varíe, los límites de control serán diferente para cada muestra.

Si la variación del tamaño de la muestra no es muy grande ($\pm 25\%$ del tamaño de muestra establecido) se puede utilizar un promedio de los diferentes tamaños.

Los límites de control se calculan mediante la siguiente tabla:

Estadístico	Límite de control estimados		Límites de control especificados	
	Línea Central	Límites de control 3σ	Línea Central	Límites de control 3σ
p	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	p_0	$p_0 \pm 3 \sqrt{p_0(1-p_0)/n}$
np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3 \sqrt{np_0(1-p_0)}$
c	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
u	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n}$	u_0	$u_0 \pm 3\sqrt{u_0/n}$
Notas: p_0 , np_0 , c_0 y u_0 son valores pre especificados Si el límite control inferior es negativo, se reemplaza por 0				

5.2.1 p número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra expresado como proporción o porcentaje.

Estos se utilizan cuando lo que se está controlando es la proporción de unidades defectuosas que se observan en una muestra de tamaño n .

Para estos gráficos por atributos, al igual que para los demás, el tamaño de muestra es mayor que para los de variables. En general se utilizan muestras de más de 25 unidades.

Los límites de control están calculados en base a la distribución normal a pesar que el fenómeno de descripción del esquema bueno-defectuoso está descrito por la distribución Binominal o la de Poisson. Ambas se aproximan a la distribución normal cuando se cumplen ciertas condiciones.

El tratamiento o interpretación de los límites superiores e inferiores son similares a los gráficos por variables, aunque a veces, desde el punto de vista de la producción es deseable que los estimadores se encuentren por debajo del límite inferior ya que eso indicaría un cambio de proceso deseable. Cuando esto se verifica se recomienda recalcular los límites para reflejar dicho cambio.

5.2.2 np número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra.

En determinadas circunstancias es más útil controlar el proceso contando unidades defectuosas en vez de expresarlas como una proporción de la muestra.

Esto es especialmente útil cuando el tamaño de la muestra es constante. Esta no es una condición necesaria, pero es deseable ya que su interpretación es más intuitiva.

5.2.3 c número de defectos por número total de unidades en la muestra o unidad de muestreo expresado como proporción o porcentaje.

Cuando lo que se controla son defectos en vez de defectuosos, el conteo que se realiza es de defectos por muestra la cual puede ser un objeto material como un frasco, un neumático o una unidad de tiempo o de superficie (un metro cuadrado o un día de trabajo).

Una unidad defectuosa puede tener mas de un defecto. Por ejemplo, una birome puede no escribir adecuadamente, tener un color fuera del estándar y faltarle el capuchón. En este caso tenemos una sola unidad defectuosa pero tres defectos diferentes.

Los atributos son expresados en forma de proporción o porcentaje.

Están descritas por la distribución de Poisson y necesariamente deben ser utilizadas cuando la situación es tal que se puede definir que es un defecto, pero no que es un no defecto. Por ejemplo, en un metro cuadrado de aluminio puedo contar cuantas manchas no deseadas de tinta tengo, pero no puedo definir cuantas manchas no tengo en la misma.

5.2.4 u número de defectos por número total de unidades en la muestra o unidad de muestreo.

Similares a los anteriores, pero en vez de tratar proporciones tratan unidades de la misma forma que en los gráficos np

6. Construcción de gráficos de Control

El esquema desarrollado a continuación es general y se ejemplifica para un gráfico de control por variables. Se aplica también a los de Atributos con las modificaciones correspondientes.

6.1 Selección de la característica/atributo a medir o evaluar

Se deben elegir aquellas características que impactan significativamente sobre el proceso, servicio o sobre la calidad de los productos que él entrega. Es conveniente utilizar en esta etapa la herramienta de Análisis de Riesgo.

A veces se observa que se implementan gráficos de control en las líneas de producción, que no aportan información relevante o cuyo control no es tan crítico. Es por eso que se debe evaluar la practicidad o necesidad por ejemplo de controlar la altura o el diámetro de un comprimido.

Los controles de proceso se utilizan para producir entregables que cumplan con las especificaciones, pero intenta hacerlo al menor costo razonable por lo que a veces controlar variables que no tienen impacto no tiene demasiado sentido.

Se debe recordar que la filosofía del control de procesos es intentar que el proceso no entregue unidades no deseadas en vez de tener que separarlas cuando este ya finalizó.

Por otro lado, se utilizan también para entender el proceso y fijar sus límites o especificaciones por lo que utilizarlos en las etapas tempranas del desarrollo suele ser conveniente.

Otro aspecto más que importante es decidir quién efectuará el control: ¿Producción?, ¿Control de Calidad?, ¿Aseguramiento de la Calidad?, ¿Mantenimiento?.

No menos importante es que quien lo efectúe tenga los conocimientos y el entrenamiento necesario para confeccionar los gráficos de control e interpretarlos.

Es necesario analizar y conocer el proceso para decidir en qué punto se aplicarán los gráficos de control: de nada sirve utilizarlos cuando no permitan interactuar oportunamente con él.

También que se debe tener definida con claridad la herramienta de medición que se utilizará. Si son instrumentos de medida, estos deben estar calibrados, ser utilizados en forma correcta y tener una incertidumbre adecuada para la medición que se va a efectuar.

Si se trata de atributos se debe definir con claridad que es un defecto o un defectuoso. Para esto se utilizan dibujos, fotografías, cartas de color o cualquier otro patrón de comparación que sea de utilidad.

6.2 Elección de los subgrupos racionales

Como se mencionó, los gráficos de control se basan en principios estadísticos pero gran parte de su interpretación es empírica.

No existe una regla o tabla que determine cuál debe ser el tamaño del subgrupo racional a utilizar. El principio básico que debe cumplirse, es que dentro de los mismos exista una baja probabilidad de introducción de causas asignables. Por eso, no deben ser demasiado grandes como para que en el tiempo que transcurre para la toma de la muestra, se permita la introducción de las mismas.

El mínimo de estos puede ser una sola unidad dependiendo del tipo de gráfico que se elija, su objetivo y su practicidad. A su vez mientras mayor sea el tamaño, más precisa va a ser la capacidad de detección de cambios de la población.

En la práctica se utilizan tamaños de muestra de entre cuatro y diez unidades para los de variables y de veinticinco o más para los gráficos de atributos. Siempre se trata de que todas sean del mismo tamaño, pero esto no es excluyente.

En cuanto a la frecuencia de toma de muestra vale el mismo principio subyacente: debería ser tal que entre dos muestras sucesivas exista una buena probabilidad que se introduzcan causas asignables. Es una situación de compromiso entre cuanto tiempo estamos dispuestos a dejar pasar entre la toma de las muestras y la rapidez de detección de una causa asignable si la hubiese.

En general se suele comenzar, en la Etapa I, con al menos veinticinco subgrupos racionales disminuyéndolos o aumentándolos según la estabilidad que demuestre el proceso.

A su vez ambas decisiones (tamaño y frecuencia) tienen que ver con el recurso disponible y la practicidad que se requiere para que un gráfico de control sea de utilidad.

Con mediciones lentas o costo alto de las unidades si los ensayos son destructivos, van en contra de un tamaño de muestra grande. Frecuencias altas también influyen negativamente en lo mencionado en el punto anterior, mientras que en procesos de muy corta duración hacen difícil utilizar frecuencias razonables.

6.3 Cálculos para definir los límites de control (en caso que no haya especificaciones previas)

Comienza con la Etapa I:

- En cada muestra calcular el estadístico de posición y el de dispersión elegido.
- En el momento de la toma, graficar los valores en ambos gráficos.
- Calcular de los límites provisionales de control de ambos gráficos comenzando con el de dispersión.
- Evaluación de muestras fuera de los límites del gráfico de dispersión y decisión de mantenerlas o no como parte del cálculo del límite del gráfico de dispersión.
- Si se decide eliminarlo recalcular los límites de dicho gráfico.

Aquí es más que importante destacar que la única razón para excluirlos del cálculo, es tener una razón física que justifique la aparición de este outlier y no desecharlo por el solo hecho de parecer un valor anómalo.

En caso de excluir el punto, también debe ser excluido del gráfico de posición.

- Cálculo de los límites provisionales del gráfico de centrado.
- Actuar de igual manera que en el gráfico de dispersión ante la aparición de outliers.
- Si se logra un proceso estable, definir los límites permanentes que se utilizarán en la Etapa II. En caso contrario tomar alguna decisión gerencial sobre la modificación del proceso.
- En la Etapa II y utilizando los límites de control definidos, utilizarlos en la rutina de producción.
- Revisar periódicamente la validez de los límites establecidos.

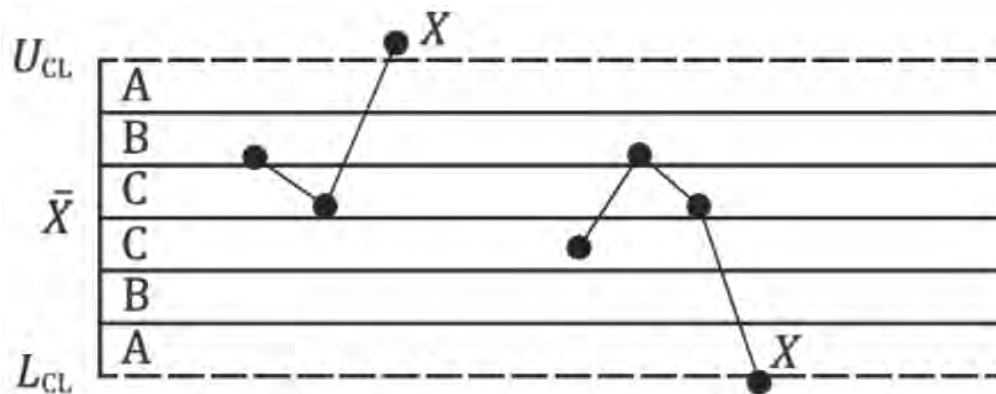
6.4 Evaluación e interpretación del gráfico

La evaluación consiste esencialmente en asegurarse que no haya puntos por fuera de los límites de control y que no se verifiquen tendencias.

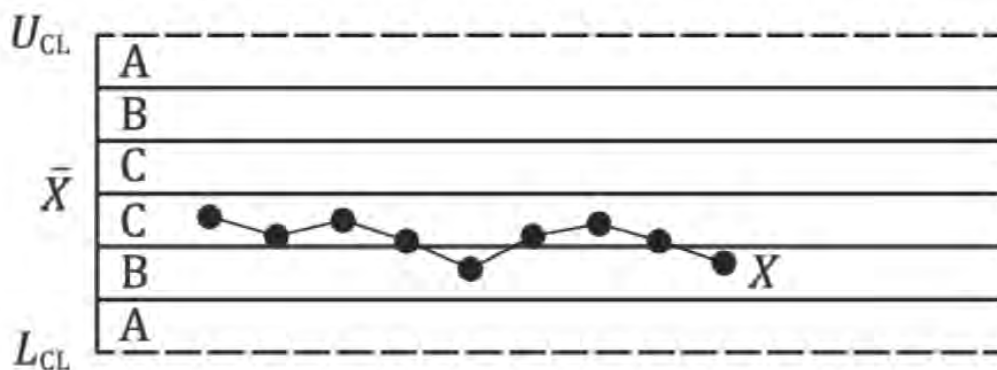
Si los datos están tomados al azar de una población que no cambia, es de suponer que los mismos estarán distribuidos homogéneamente entre ambos lados de la línea central. La determinación de la existencia de una tendencia es empírica. Para la misma, se utilizan una serie de patrones de ejemplo que desarrolló la compañía Western Electric.

Se divide el gráfico en tres zonas simétricas a la línea central trazadas a distancia de una y dos desviaciones estándar y se suelen utilizar (aunque no es mandatorio) los siguientes criterios:

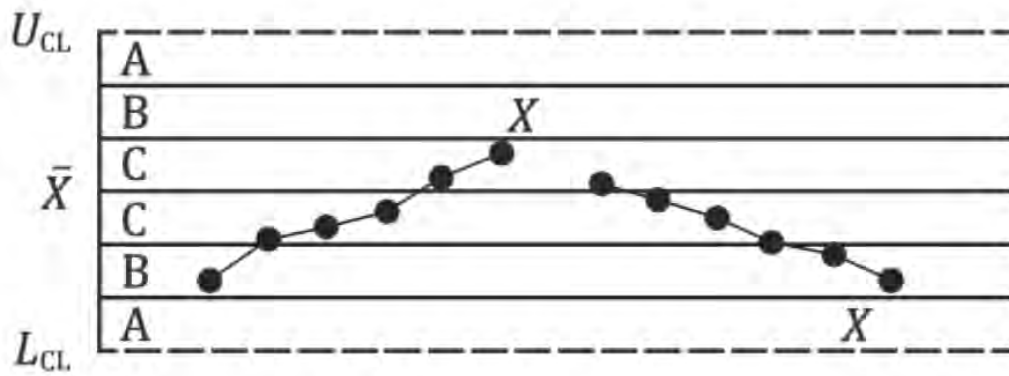
1. Un punto fuera de la zona A



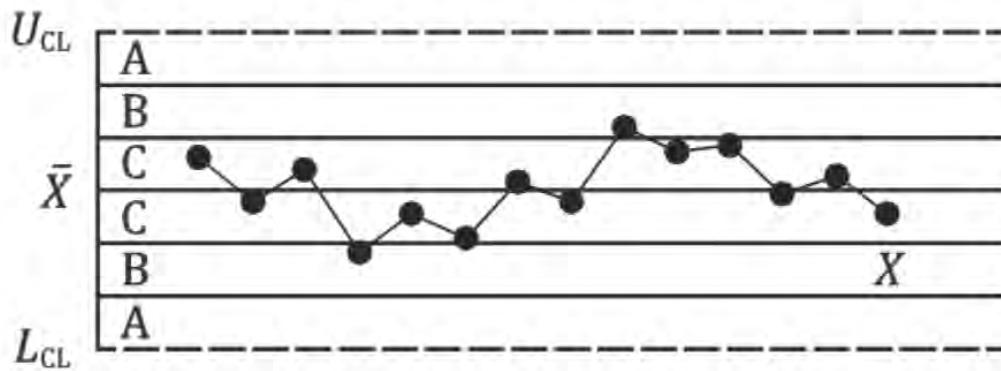
2. Nueve puntos en línea en la zona C o más lejos a un lado de la línea central.



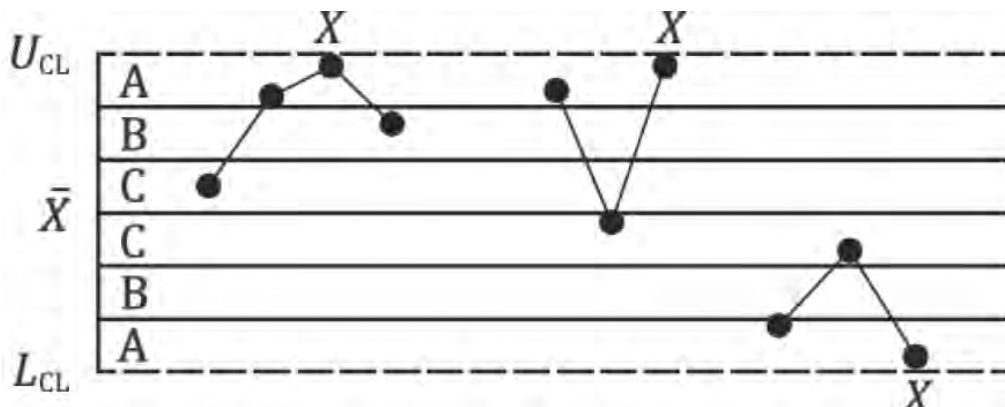
3. Seis puntos en línea crecientes o decrecientes.



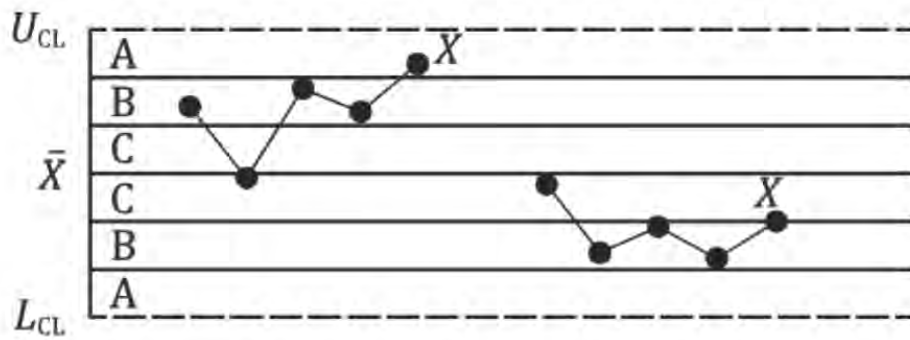
4. Catorce puntos en línea alternándose cíclicamente arriba y abajo de la línea central.



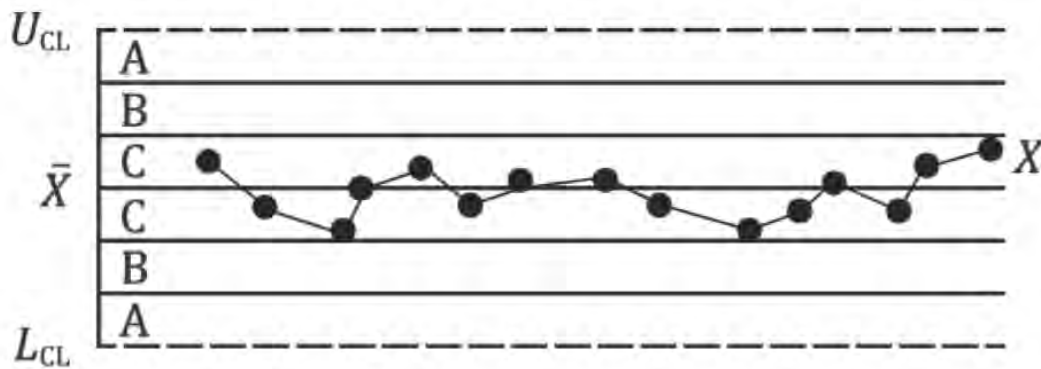
5. Dos de cada tres puntos en línea en la Zona A o mas lejos a un lado de la línea central.



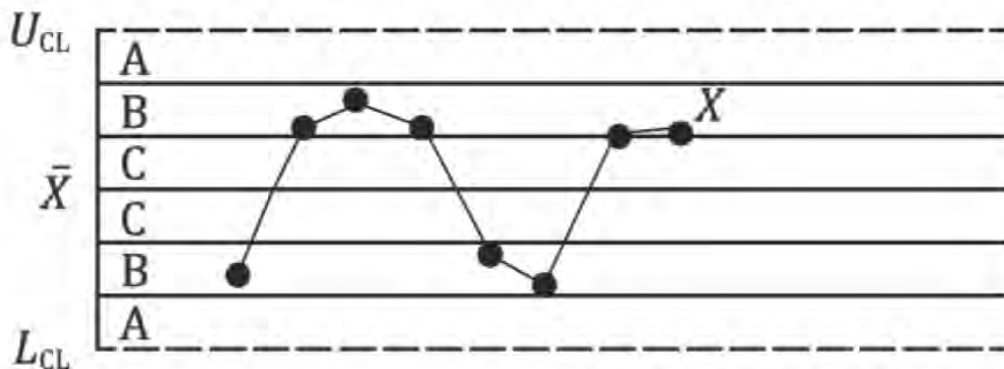
6. Cuatro de cinco puntos en línea en la zona B o más lejos a un lado de la línea central.



7. Quince puntos en línea en la zona C arriba y debajo de la línea central.



8. Ocho puntos en línea a ambos lados de la línea central sin que ninguno se encuentre en la zona C.



Cada una de estas reglas tiene una probabilidad asociada de que pueda ocurrir si la distribución es aproximadamente gaussiana pero la aplicación de dos o más de ellas en forma simultánea, si bien no se puede calcular una probabilidad exacta asociada, conducirá a más falsas alarmas (dictaminar que el proceso está fuera de control cuando de hecho no lo está) que si se aplicase solamente la número 1

6.5 Reglas de decisión

De antemano se debe tener pensado como se actuará en caso que se detecte una causa asignable, así como que se hará con lo producido entre la detección de la misma y la producción ya efectuada: ¿se detendrá el proceso?, ¿se ajustará el mismo?, ¿quién tomará la decisión?, ¿se evaluarán tendencias aparte de aparición de puntos fuera de los límites de control?

El análisis de riesgo es una herramienta útil para tomar esas decisiones.

7. Ejemplos

7.1 Ejemplo nro. 1: \bar{x} , R media aritmética y Rango

Durante un proceso se midió el diámetro de unos tapones ya que se sospechaba que el mismo era afectado por las condiciones ambientales durante la fabricación

Durante el mismo se tomaron 23 muestras de cinco tapones cada una, midiéndose los diámetros con un calibre.

Se prepararon gráficos de control sin límites de especificación.

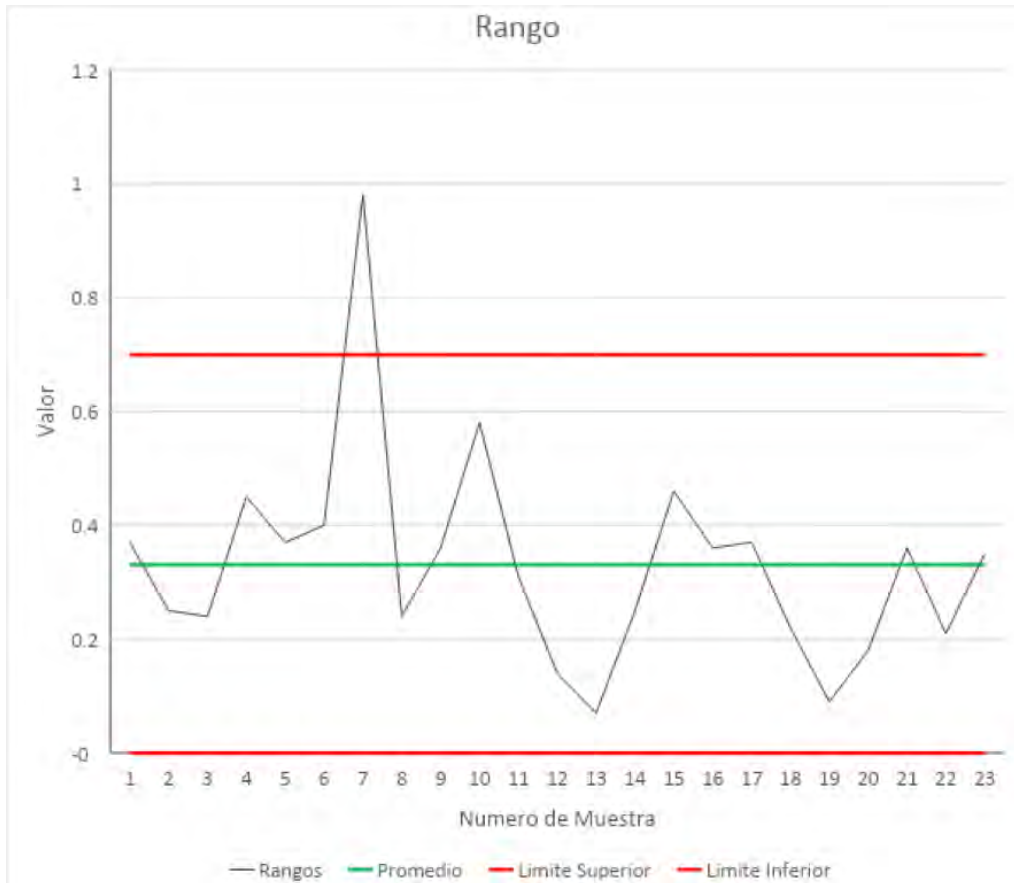
Nr.	x1	x2	x3	x4	x5	Rango	Promedio
1	1,32	1,41	1,67	1,46	1,69	0,37	1,51
2	1,43	1,36	1,61	1,47	1,61	0,25	1,50
3	1,43	1,49	1,49	1,43	1,67	0,24	1,50
4	1,5	1,64	1,38	1,83	1,55	0,45	1,58
5	1,56	1,27	1,53	1,44	1,64	0,37	1,49
6	1,6	1,55	1,36	1,33	1,2	0,4	1,41
7	1,33	1,51	1,84	1,92	2,31	0,98	1,78
8	1,42	1,43	1,66	1,61	1,55	0,24	1,53
9	1,39	1,73	1,54	1,52	1,37	0,36	1,51
10	1,4	1,67	1,09	1,46	1,52	0,58	1,43
11	1,42	1,37	1,43	1,29	1,12	0,31	1,33
12	1,48	1,34	1,48	1,39	1,48	0,14	1,43
13	1,46	1,41	1,39	1,46	1,39	0,07	1,42
14	1,47	1,36	1,61	1,47	1,61	0,25	1,50
15	1,73	1,87	1,67	1,93	1,47	0,46	1,73
16	1,28	1,64	1,55	1,28	1,55	0,36	1,46
17	1,44	1,27	1,64	1,44	1,64	0,37	1,49
18	1,33	1,55	1,42	1,33	1,42	0,22	1,41
19	1,42	1,51	1,51	1,42	1,51	0,09	1,47
20	1,61	1,43	1,55	1,61	1,55	0,18	1,55
21	1,52	1,73	1,37	1,52	1,37	0,36	1,50
22	1,63	1,67	1,52	1,46	1,52	0,21	1,56
23	1,59	1,77	1,42	1,59	1,42	0,35	1,56

Gráfico para la dispersión:

$$L_{cen} = \bar{R} = \frac{\sum R_i}{i} = \frac{7,61}{23} = 0,33$$

$$L_{sup} = D_4 \bar{R} = 2,114 \times 0,33 = 0,70$$

$$L_{inf} = D_3 \bar{R} = 0 \times 0,33 = 0$$





Se observa que el punto número 7 en el gráfico de la dispersión está fuera de los límites por lo que se efectúa una investigación. Se comprueba que el calibre utilizado para esa medición estaba descalibrado.

El gráfico de centrado indica que el punto 7 y también el punto 15 están por fuera de los límites.

Por el momento no hago nada con el gráfico posición.

Se descarta el punto 7 y se recalculan los límites para el gráfico de dispersión excluyendo el punto 7.

$$L_{cen} = \bar{R} = \frac{\sum R_i}{i} = \frac{6,63}{22} = 0,30$$

$$L_{sup} = D_4 \bar{R} = 2,114 \times 0,30 = 0,64$$

$$L_{inf} = D_3 \bar{R} = 0 \times 0,30 = 0$$



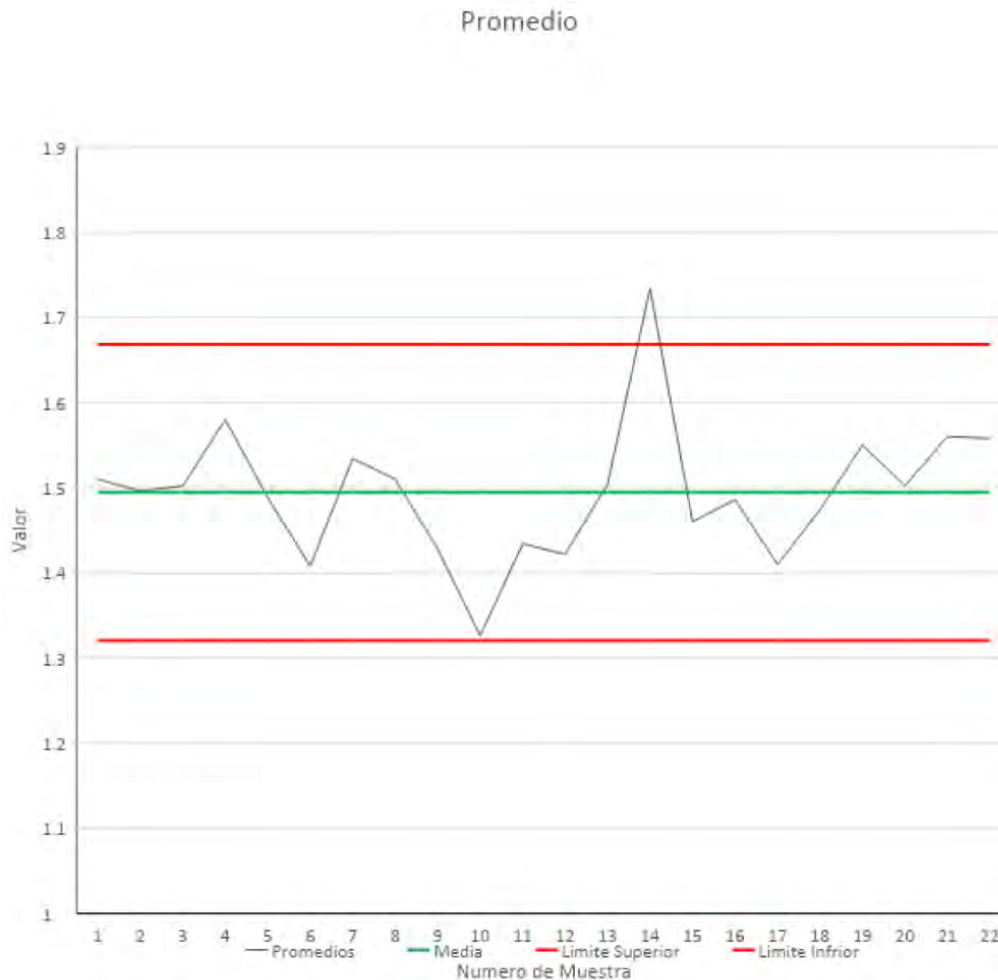
Ahora se verifica que todos los puntos del Rango se encuentran bajo control por lo que calculo los nuevos límites para el gráfico de medias.

Cálculo de los límites del gráfico de posición:

$$L_{cent} = \bar{\bar{x}} = 1,49$$

$$L_{inf} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 1,49 - 0,58 \times 0,30 = 1,32$$

$$L_{sup} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 1,49 + 0,58 \times 0,30 = 1,67$$



Se observa, luego de haber quitado el punto 7 ya que cuando se elimina del gráfico de dispersión también debe hacerse del de posición, que con el nuevo recálculo de límites excluyendo el punto 7 del gráfico de dispersión, el punto 14 sigue estando fuera de los límites de control por lo que efectúa una investigación.

Se ha determinado que el punto 14 fue medido con el mismo calibre que el del punto 7 el cual se encuentra descalibrado. Por tal motivo elimino el punto 14 de ambos gráficos.

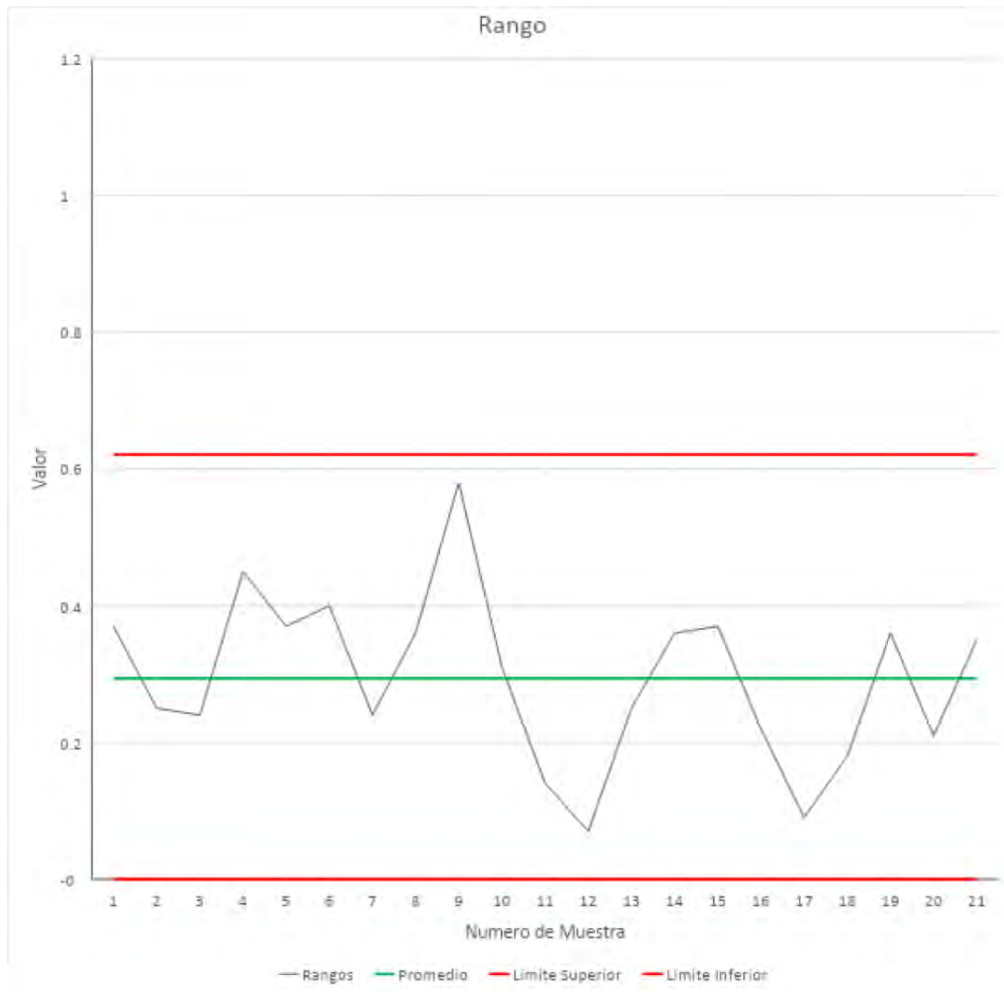
Nuevamente, al eliminar el punto 14, se modifican ambos gráficos.

Gráfico de dispersión

$$L_{cen} = \bar{R} = \frac{\sum R_i}{i} = \frac{6,17}{21} = 0,29$$

$$L_{sup} = D_4 \bar{R} = 2,114 \times 0,29 = 0,62$$

$$L_{inf} = D_3 \bar{R} = 0 \times 0,29 = 0$$



Todos los puntos en el gráfico de dispersión demuestran estar bajo control.

Gráfico de posición:

$$L_{\text{cent}} = \bar{\bar{x}} = 1,48$$

$$L_{\text{inf}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 1,48 - 0,58 \times 0,29 = 1,31$$

$$L_{\text{sup}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 1,48 + 0,58 \times 0,29 = 1,65$$



Efectuado el ajuste y al haber sacado el punto 14, se recalculan los límites del gráfico de dispersión y de posición. Como no se encontraron causas asignables para descartar ningún punto, quedan como límites definitivos para la Etapa II.

Tampoco se observan patrones que indiquen tendencias del proceso.

Si las especificaciones hubiesen sido establecidas previamente con los valores:

$$\mu_0 = 1,50$$

$$\sigma_0 = 0,13$$

donde el valor central y la dispersión fueron determinadas como exigencia de diseño del tapón.

El cálculo sería:

Gráfico de dispersión:

$$L_{cen} = d_2 \sigma_0 = 2,326 \times 0,13 = 0,30$$

$$L_{sup} = D_2 \sigma_0 = 4,918 \times 0,13 = 0,64$$

$$L_{inf} = D_1 \sigma_0 = 0 \times 0,07 = 0$$

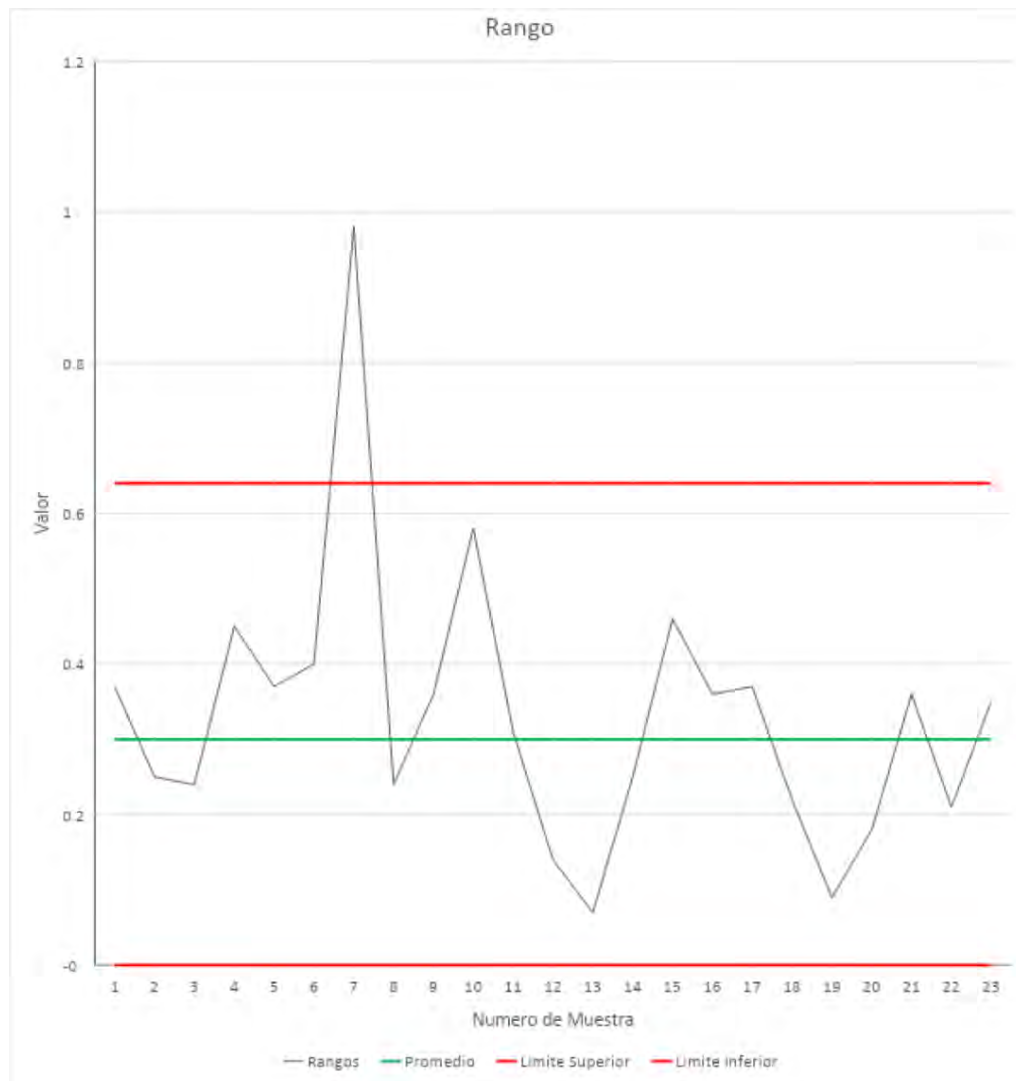
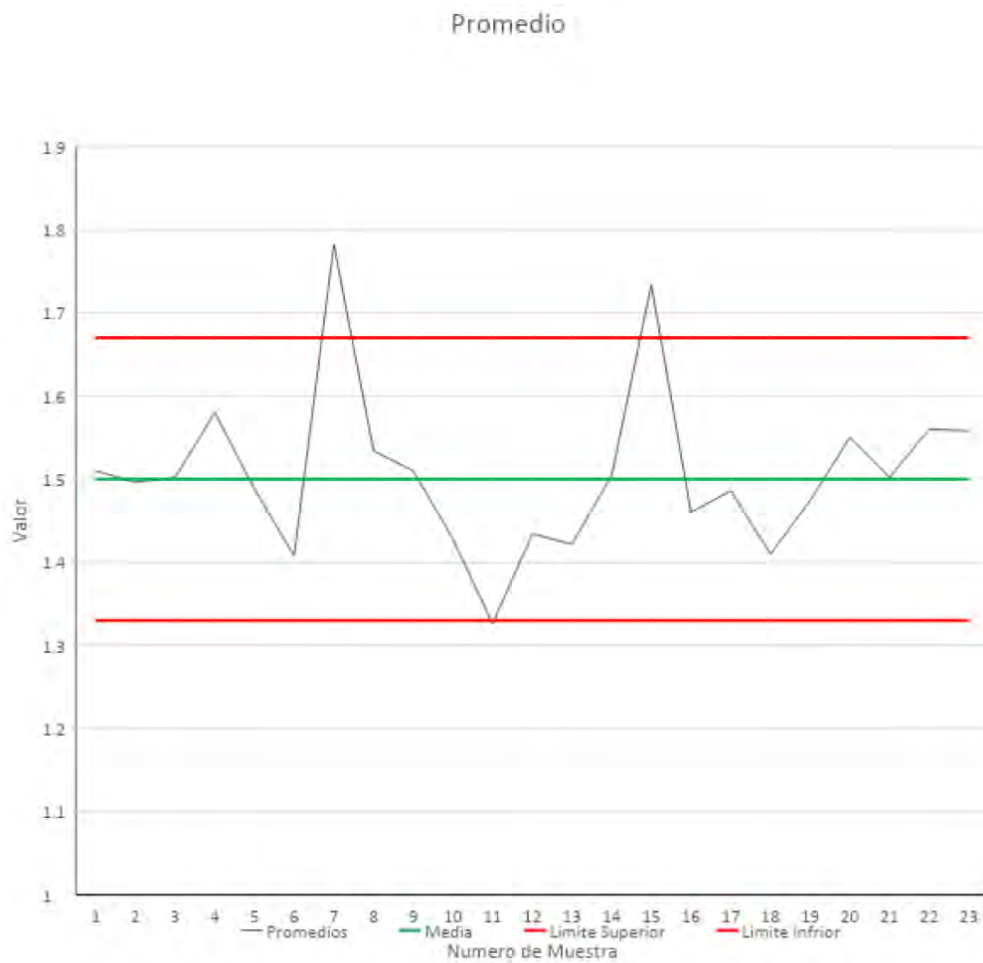


Gráfico de posición:

$$L_{cent} = \mu_0 = 1,50$$

$$L_{inf} = \mu_0 - A \sigma_0 = 1,50 - 1,342 \times 0,13 = 1,50 - 0,17 = 1,33$$

$$L_{sup} = \mu_0 + A \sigma_0 = 1,50 + 1,342 \times 0,13 = 1,50 + 0,17 = 1,67$$



Se deben eliminar el punto 7 y el punto 15 de ambos gráficos ya que se constató que ambos fueron medidos con un instrumento descalibrado, así como el punto 11 que está justo sobre el límite de control del gráfico de posición.

En este caso no puedo recalcular los límites ni iterar ya que en la ecuación de los mismos no figura el valor medio del rango, sino que es el producto de la especificación de dispersión multiplicada por una constante. Los límites no cambiarán en ninguno de los dos gráficos.

7.2 Ejemplo nro. 2: \bar{x} , R_m individuos y rango móvil

Se mide el pH de soluciones fuertemente ácidas utilizadas para disolver incrustaciones metálicas las que se preparan una vez al día obteniéndose los siguientes valores.

Nr.	Valor	R _m
1	1,41	
2	1,36	0,05
3	1,49	0,13
4	2,70	1,21
5	1,27	1,43
6	1,55	0,28
7	1,51	0,04
8	1,43	0,08
9	1,73	0,30
10	1,67	0,06
11	1,37	0,30
12	1,34	0,03
13	1,41	0,07
14	1,36	0,05
15	1,87	0,51
16	1,64	0,23
17	1,27	0,37
18	1,55	0,28
19	1,51	0,04
20	1,43	0,08
21	1,73	0,30
22	3,12	1,39
23	1,77	1,35

Como en este caso los "subgrupos racionales" son de tamaño 1, no se puede promediar con sí mismo.

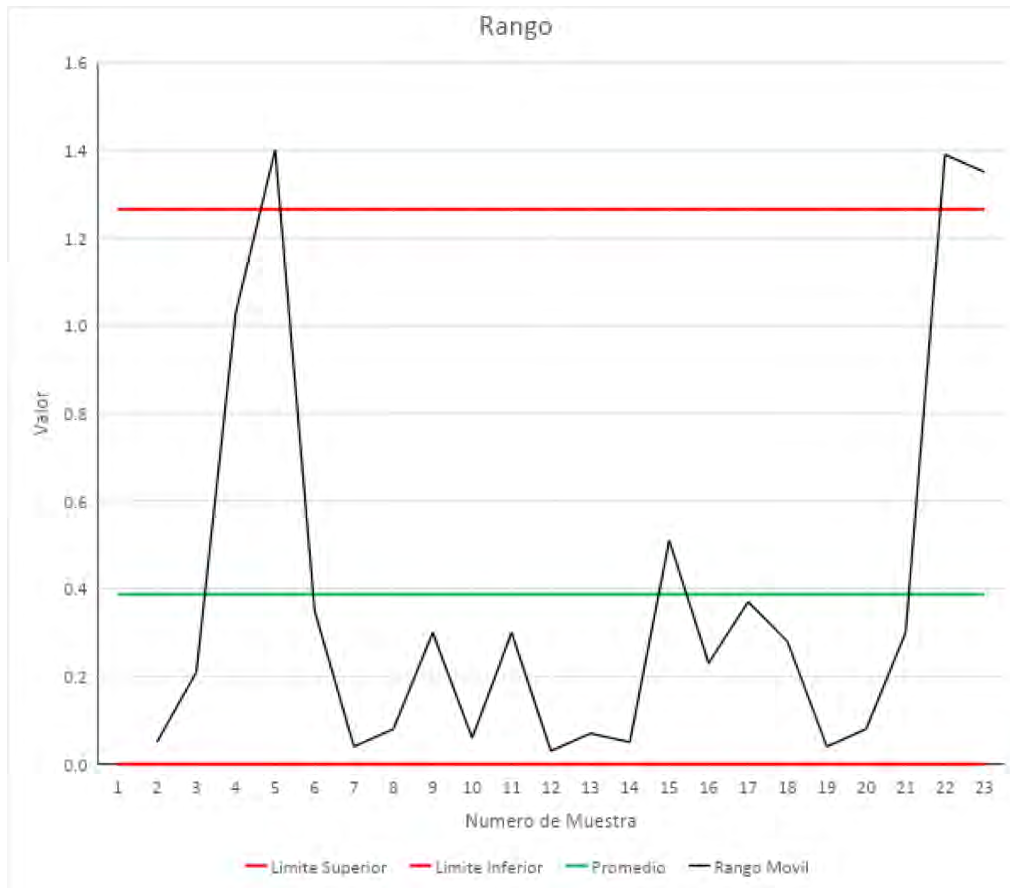
Se toma entonces el promedio móvil de grupos de dos.

Calculamos el gráfico para la dispersión con sus correspondientes límites de control:

$$L_{cent} = \bar{R}_m = \frac{\sum R_i}{i} = \frac{8,6}{22} = 0,39$$

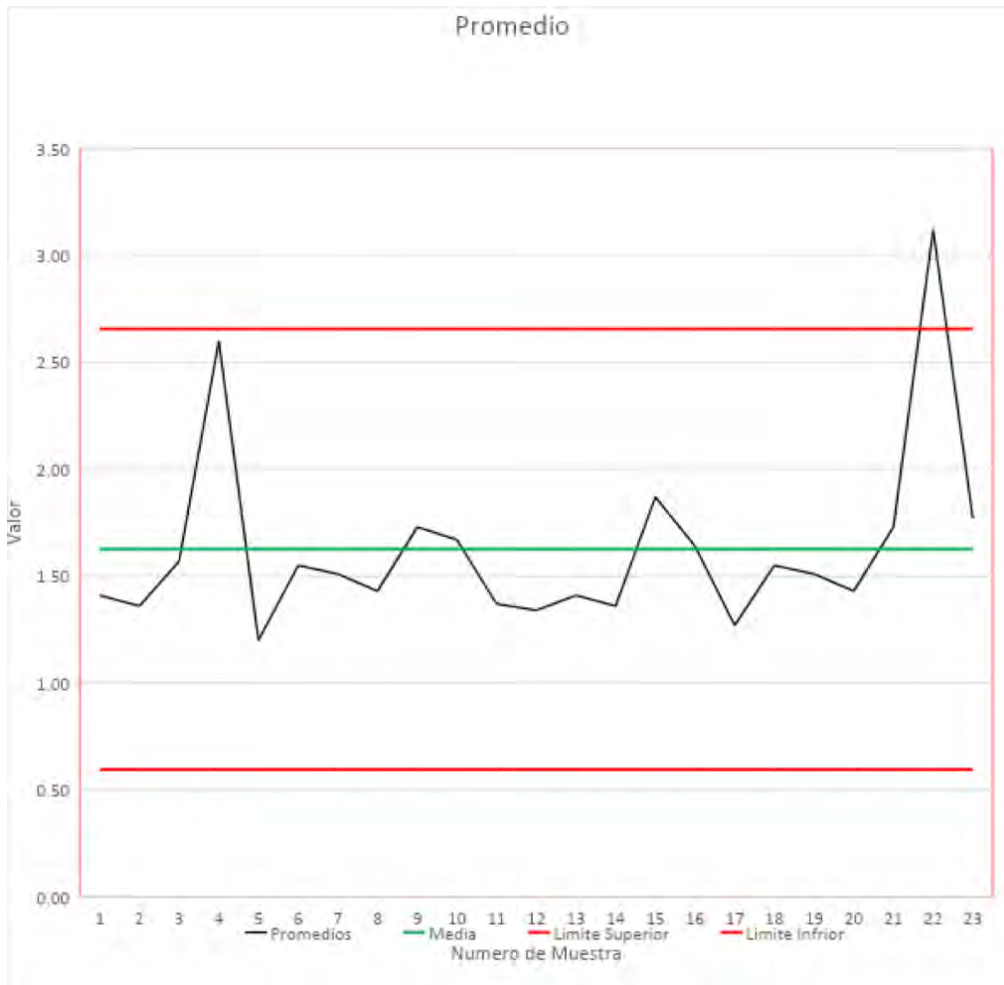
$$L_{inf} = 3,267 \bar{R}_m = 3,26 * 0,39 = 1,27$$

$$L_{sup} = 0$$



Se observa que el punto 5 y el 22 se encuentran fuera de los límites estadísticos por lo que comienza una investigación. Como resultado de la misma se comprueba que el punto 5 corresponde a una medición efectuada con un instrumento fuera de uso mientras que la del punto 22 no muestra causas asignables. Por tal motivo se elimina el punto 5 pero no el 22.

Se muestra el gráfico centrado solo para ver su aspecto (no porque sea necesario en esta etapa del cálculo).

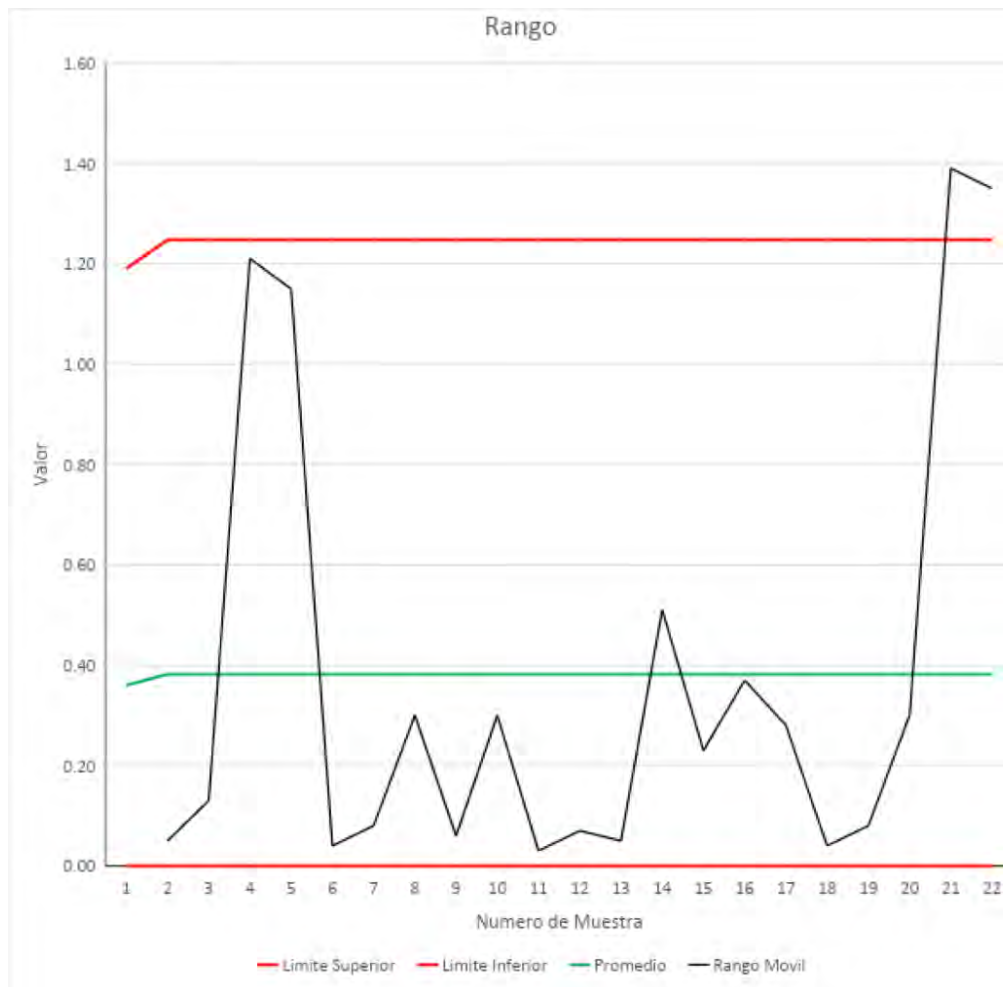


Se recalculan los límites del gráfico de rangos:

$$L_{cent} = \bar{R}_m = \frac{\sum R_i}{i} = \frac{8,02}{21} = 0,381$$

$$L_{sup} = 3,267 \bar{R}_m = 3,26 * 0,381 = 1,24$$

$$L_{inf} = 0$$

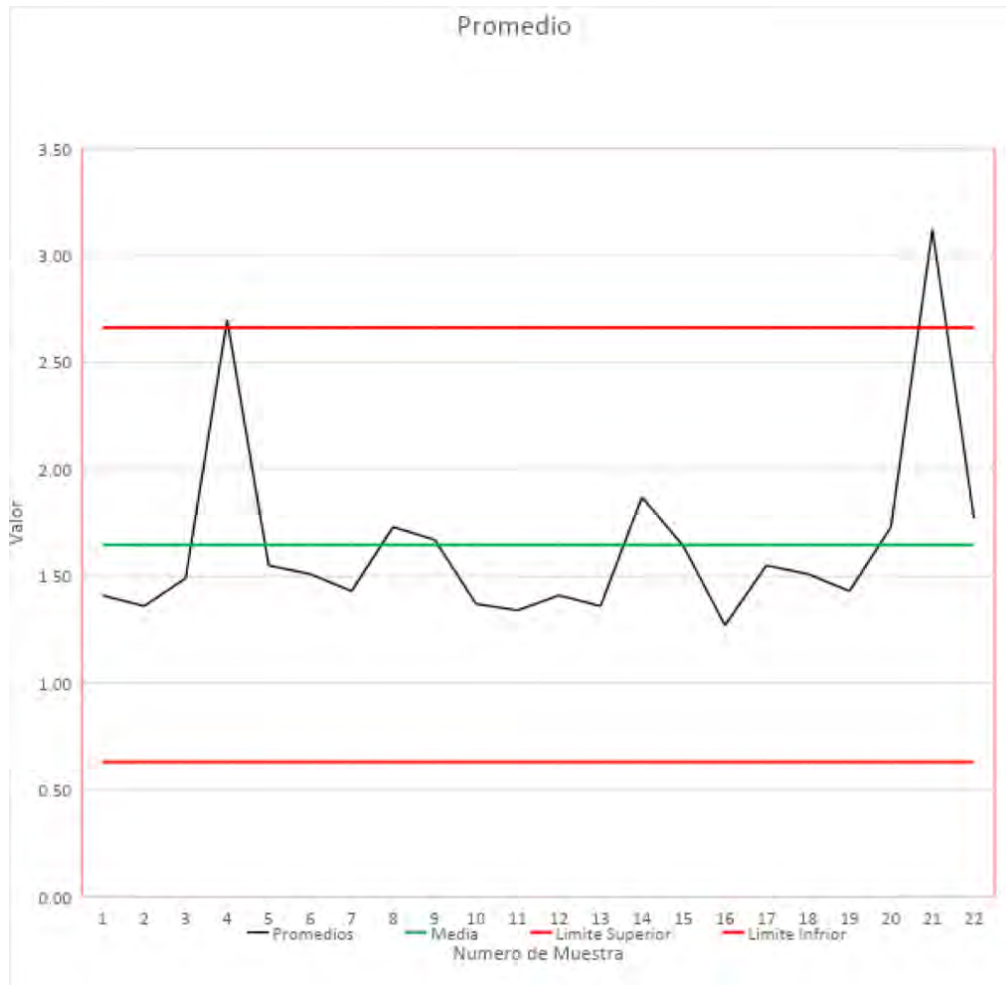


Calculamos ahora el gráfico de los valores individuales:

$$L_{cent} = \bar{x} = 1,65$$

$$L_{sup} = \bar{x} + 2,660 \bar{R}_m = 1,65 + 2,660 * 0,38 = 2,66$$

$$L_{inf} = \bar{x} - 2,660 \bar{R}_m = 1,65 - 2,660 * 0,38 = 0,64$$



Como se ve, el punto 22 (ahora 21) continúa fuera de control.

Al no encontrar causas asignables para la medición del punto 21, se decide inspeccionar las piezas tratadas ese día para verificar si cumplen o no con las especificaciones y decidir si se reprocesan o se descartan.

7.3 Ejemplo nro. 3: np número de unidades defectuosas por número total de unidades en la muestra.

En un una estuchadora de alta velocidad se decide controlar los estuches a lo largo del proceso en vez de hacerlo al finalizar el lote.

Para ello se toma una muestra de 100 estuches cada hora y se revisan visualmente para detectar defectos menores. En caso de encontrar mas defectuosos de los normales del proceso, se detiene el equipo, se corrige el defecto y se continúa. Toda la producción estuchada desde la muestra anterior, se revisa al 100%.

Nr.	No conformes
1	1
2	3
3	4
4	2
5	1
6	1
7	1
8	1
9	2
10	3
11	2
12	2
13	1
14	3
15	2
16	3
17	1
18	2
19	3
20	2
21	0
22	2
23	1
24	3
25	8
26	1
27	3
28	1
29	4
30	2

Como se dijo antes, estos gráficos siguen la distribución de Poisson la que con un solo parámetro queda totalmente definida. Entonces se tiene un solo gráfico.

Calculamos los límites del mismo.

$$L_{\text{cent}} = n\bar{p} = 100 * \frac{\sum_i p_i}{30} = \frac{65}{30} = 2.1667$$

$$L_{\text{sup}} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 2,1667 + 3\sqrt{2,1667 * (1 - 0,021667)} = 2,1667 + 3\sqrt{2,1667 * 0,97833} = 2,1667 + 3 * 1,4559 = 2,1667 + 4,36780 = 6,53$$

$$L_{\text{inf}} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 2,1667 - 3\sqrt{2,1667 * (1 - 0,021667)} = 2,1667 - 3\sqrt{2,1667 * 0,97833} = 2,1667 - 3 * 1,4559 = 2,1667 - 4,36780 = -2,20$$

Como el límite inferior es menor que cero, lo cual no tiene sentido físico, se toma al cero como tal.



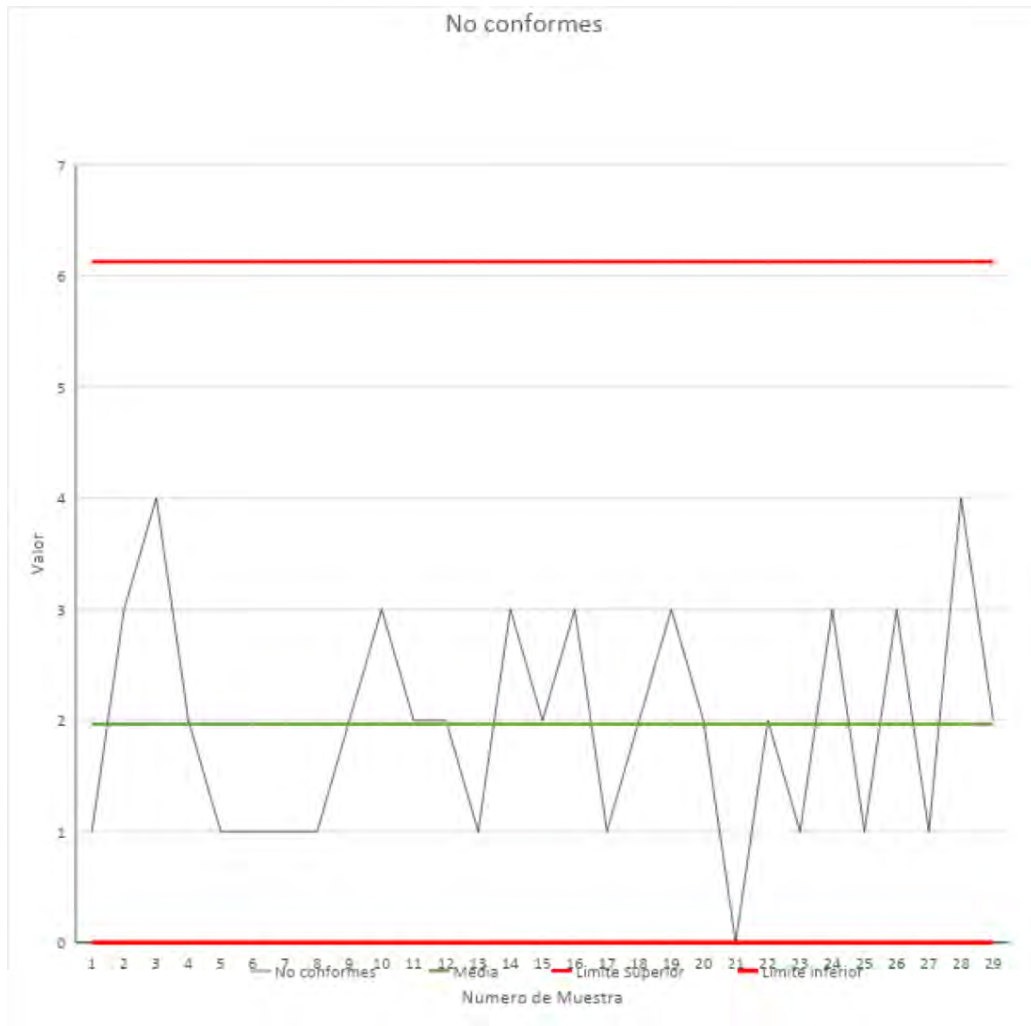
Se puede ver que el punto 25 está fuera de control. Se confirma que en esta muestra hubo un cambio de turno y la estuchadora fue ajustada por otro equipo. Se lo considera una causa asignable por lo que no se la toma en cuenta y se descarta.

Se recalculan los límites.

$$L_{cent} = n\bar{p} = 100 * \frac{\sum_i p_i}{29} = \frac{57}{29} = 1,9655$$

$$L_{sup} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 1,9655 + 3\sqrt{1,9655 * (1 - 0,019665)} = 1,9665 + 3\sqrt{1,9665 * 0,9803} = 1,9665 + 3 * 1,3884 = 1,9665 + 4,16531 = 6,13$$

$$L_{inf} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 1,9655 - 3\sqrt{1,9655 * (1 - 0,019665)} = 1,9665 - 3\sqrt{1,9665 * 0,9803} = 1,9665 - 3 * 1,3884 = 1,9665 - 4,16531 = -2,20$$



Se observa ahora que el proceso se encuentra bajo control.

Obsérvese que se acepta como una merma "normal" valores del 2% pudiendo llegar hasta el 6 %.

Se debería evaluar, en este caso, si los valores son aceptables o no para el usuario.

8. Anexos

8.1 Tablas de constantes

Observations in sub-groups of size n	Factors for control limits											Factors for centre line	
	\bar{x} Chart			s Chart				R Chart*				Using s^*	Using R^*
	A	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	C ₄	d ₂
2	2,121	1,880	2,659	-	3,267	-	2,606	-	3,686	-	3,267	0,7979	1,128
3	1,732	1,023	1,954	-	2,568	-	2,276	-	4,358	-	2,575	0,8862	1,693
4	1,500	0,729	1,628	-	2,266	-	2,088	-	4,698	-	2,282	0,9213	2,059
5	1,342	0,577	1,427	-	2,089	-	1,964	-	4,918	-	2,114	0,9400	2,326
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	-	5,079	-	2,004	0,9515	2,534
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,205	5,204	0,076	1,924	0,9594	2,704
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,307	0,136	1,864	0,9650	2,847
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,394	0,184	1,816	0,9693	2,970
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,686	5,469	0,223	1,777	0,9727	3,078
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,9754	3,173
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,923	5,594	0,283	1,717	0,9776	3,258
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,9794	3,336
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,9810	3,407
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,740	0,347	1,653	0,9823	3,472
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,9835	3,532
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,9845	3,588
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,609	0,9854	3,640
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,489	5,889	0,404	1,596	0,9862	3,689
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,9869	3,735
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,606	5,951	0,425	1,575	0,9876	3,778
22	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,660	5,979	0,435	1,567	0,9882	3,819
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,711	6,006	0,443	1,557	0,9887	3,858
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,032	0,452	1,548	0,9892	3,895
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,805	6,056	0,459	1,541	0,9896	3,931

* Not recommended for sample size $n > 10$.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_4	1,880	1,187	0,796	0,691	0,548	0,508	0,433	0,412	0,362

Las tablas son una reproducción de la Norma ISO 7870-2: 2013

8.2 Planilla de ingreso de datos

Control chart																									
Operation							Sample size					Characteristics													
Specification: <input type="checkbox"/> USL <input type="checkbox"/> LSL			Date				Department					Quality manager													
Averages																									
Ranges																									
Subgroup number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
Sum																									
Average \bar{x}																									
Range R																									

Las tablas son una reproducción de la Norma ISO 7870-2; 2013

SAFYBI - ASOCIACIÓN ARGENTINA DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA INDUSTRIAL

Uruguay 469 2B C1015ABI – CAPITAL FEDERAL

Teléfono: +54 11 4373-0462 / 8900

Fax +54 11 4374-3630

Email: info@safybi.org

