

## 6. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN.

### 6.1 Introducción

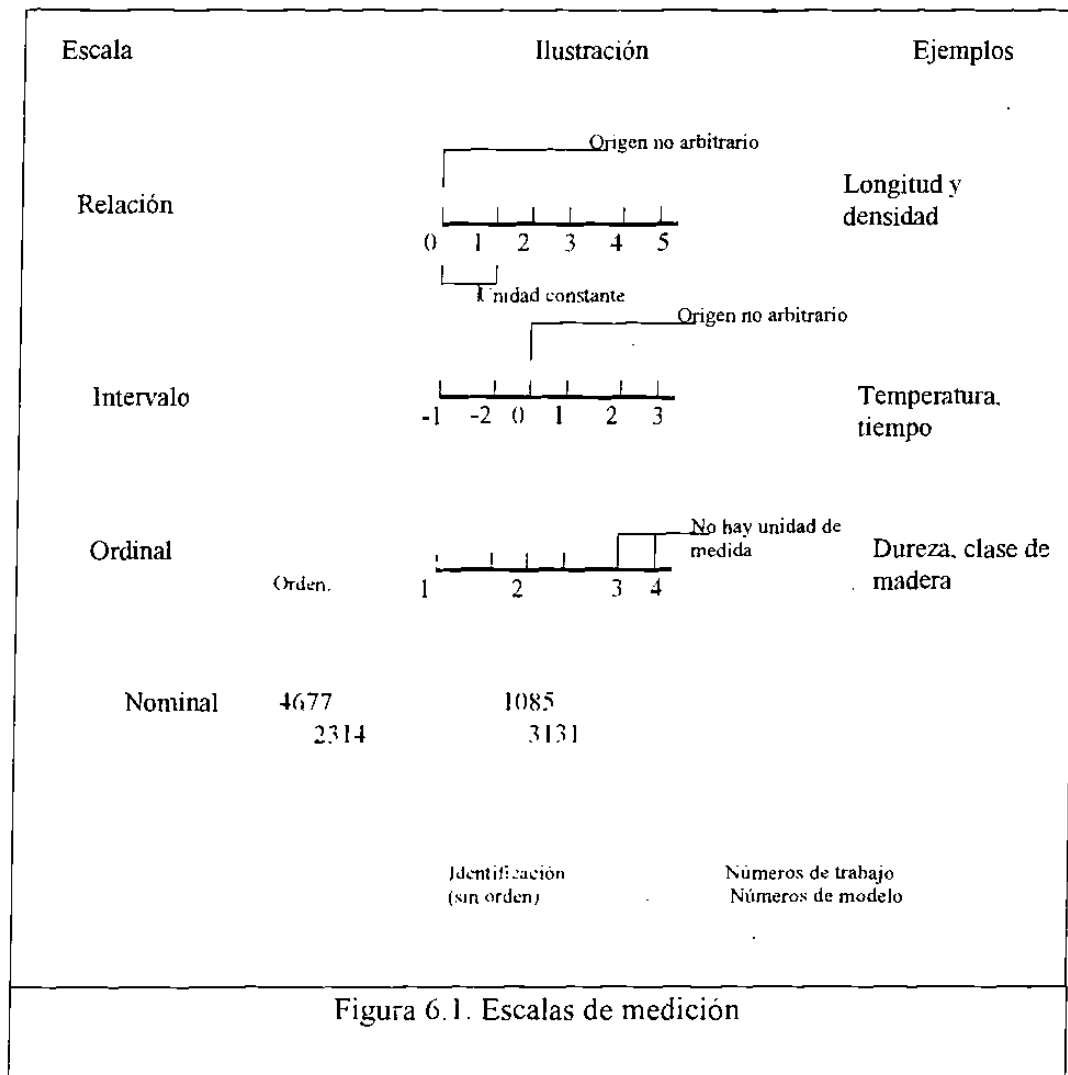
La medición se puede definir como el acto de cuantificar la cantidad de una característica que posee un artículo. Existen ordinariamente cuatro escalas de medición como son la nominal, ordinal, de intervalo y de relación. **La escala nominal** se utiliza para nombrar o identificar objetos pero no es empleada en sentido dimensional esto se aplica en la identificación de números de parte en una línea de productos. **La escala ordinal** es empleada para clasificar objetos de cierta característica o dimensión así por ejemplo se podría separar en secciones tuberías de diferentes diámetros. **La escala de intervalo** requiere iguales entre unidades adyacentes esto aunque la escala tenga un punto cero arbitrario tal es el caso de las escalas celsius de temperatura, de tal manera que cada grado de éstas tenga el mismo tamaño que el vecino aunque se establezca un punto de cero arbitrario. **La escala de relación** esta corresponde al nivel más alto de medición en esta escala habrá un punto cero absoluto lo contrario a uno establecido en forma arbitraria, ejemplo de estas escalas son la distancia y el peso.

Un comparativo de las cuatro escalas de medición se muestra en la figura 6.1.

Normalmente los sistemas de control estadístico emplean una combinación de medición y conteo con objetos de mejorar el nivel de la calidad. Cuando se cuantifican la cantidad de una característica que tiene una artículo generalmente se necesita el empleo de los sentidos como vista, oído, tacto, gusto y olfato además e algún instrumento o calibrador para la magnitud de la característica de calidad en unidades normales.

## 6.2 Calibradores e instrumentos de medición.

Se emplean en la actualidad varios calibradores e instrumentos de medición de baja y alta tecnología, entendiendo por instrumento de baja tecnología los dispositivos que han estado disponibles desde hace varios años y que no tienen incorporados los progresos recientes tales como microprocesadores, láseres o dispositivos ópticos. Los calibradores se dividen en dos categorías como son **calibradores variables** y **calibradores fijos**. Las variables se ajustan para medir cada parte individual o dimensión que se inspecciona y los fijos se ajustaran para medir cada parte individual o dimensión que se inspecciona y los fijos se ajustaran previamente a determinada dimensión y las partes que se miden se clasifican con **sí** cumplen o **no**, con esa dimensión usando los términos pasa o no pasa, **los calibradores variables se usan para inspección de variables mientras que los fijos se emplean en la inspección de atributos.**



Existen varios tipos de calibradores variables como son:

**Calibradores de graduación.** Estos tienen espacios graduados representando distancias conocidas ejemplo de éstos son reglas, cintas, diversos tipos de pies de rey o vernies y micrómetros y cada instrumento varía de acuerdo con la función y precisión de la medida por ejemplo las reglas y cintas que se emplean para medir longitud por lo general son exactas hasta  $1/64''$  o 0.5 mm, Y los calibradores de vernier se emplean para medir diámetros interiores y exteriores y su exactitud puede llegar hasta 0.001'' de acuerdo a su diseño se requiere mucha habilidad para obtener indicaciones exactas. Por ejemplo los micrómetros que se emplean para medir diámetros interiores y exteriores su exactitud normal es 0.001'' pero hay

algunos con graduación de 0.0001” los micrómetros tienen mayor confiabilidad que los calibradores de veriner.

**Calibradores de carátula, digitales y ópticos.** Aquí se usan como sistema mecánico, electrónico u óptico con el propósito de obtener lecturas dimensionales por ejemplo los micrómetros de carátula emplean un sistema mecánico en el que un elemento de contacto móvil toca la parte que se mide y traduce la característica dimensional a través de un tren de engranajes hasta la aguja y la dimensión se indica en la carátula. Los calibradores digitales emplean sistemas electrónicos para traducir el movimiento del elemento de contacto directamente a un número o lectura en una carátula por lo cual su exactitud es mayor que la de un calibrador mecánico. Por otra parte los calibradores ópticos emplean un sistema de lentes para aumentar el perfil de un objeto y para proyectarlo en una pantalla para poder verlo y medirlo. Los calibradores fijos son de construcción más sencilla que los variables y una vez que se ajustan para una dimensión determinada no se necesita ajuste mientras el desgaste o los depósitos en las superficies de medición sean pequeños. **Los calibradores fijos son los de cilindro, anillo, exteriores y bloques calibradores.**

**Los calibradores de cilindro.** Estos tienen aplicación en la medición de diámetros internos de agujeros, constan de un diámetro maquinado en uno o ambos extremos que corresponderán a dimensiones de **pasa o no pasa**, que se hayan especificados para el agujero que se va a inspeccionar, por ejemplo, si el agujero es mayor que la dimensión no pasa el tapón, entonces se rechazará. Pero si es menor que la dimensión pasa se debe de devolver a taladrar para cumplir con la especificación de diámetro mínimo.

**Calibradores de anillo.** Estos se emplean para medir diámetros externos de las partes empleando el principio de pasa o no pasa y normalmente se fabrican pares y se usa un anillo no pasa para la dimensión mínima y un anillo pasa para el límite máximo del diámetro.

**Calibradores de Exteriores.** Estos son semejantes a los de anillo, pero trabajan de manera diferente, se emplean para medir diámetros exteriores de

partes pero son de extremo abierto de modo que puedan abrazar el diámetro de la parte.

**Bloques Calibradores.** Son tipos especiales de calibradores fijos diseñados para usarse como patrón de precisión para calibrar otros instrumentos de medición e inspección y son fabricados de acero especial en varias longitudes, tienen superficies maquinadas perfectamente paralelas y muy pulidas y si se apilan se podrían emplear diversas combinaciones de longitudes para producir con exactitud cualquier dimensión hasta 0.0001” más cercana.

### 6.2.1 Metrología.

Básicamente la metrología es la ciencia de la medición y normalmente se empleaba para medir atributos físicos de un objeto, en la actualidad se puede definir metrología de manera amplia como el conjunto de personas, equipo, instalaciones, métodos y procedimientos empleados para asegurar la corrección o adecuación de las mediciones.

La metrología es extremadamente importante para asegurar la calidad debido a que cada vez se da más importancia a lo que representa el error de medición para la seguridad y responsabilidad que se tiene por un producto que se elabora así como a la confianza en los métodos de control de calidad como es el control estadístico de proceso.

Desde luego que toda medición que se haga estará sujeta a un error y cuando se observe variación en las mediciones tomadas una parte de esta variación puede deberse a un error en el sistema de medición. Algunos errores serán sistemáticos, denominados sesgo y otros serán aleatorios y por lógica la magnitud de los errores en relación con el valor medido puede afectar considerablemente la calidad de los datos y las decisiones que se tomen en base a éstos, por otra parte la evaluación de los datos obtenidos de la inspección y medición no tendrán significado a menos que suceda que los instrumentos sean exactos, precisos y reproducibles.

**Exactitud.** Puede definirse como la cercanía de concordancia entre un valor que se observa y un valor de referencia aceptado que también recibe el nombre de norma. Al existir falta de exactitud esto se reflejará en un sesgo sistemático en la medida como cuando un medidor esté descalibrado o que esté gastado o bien simplemente que el operador lo esté utilizando mal. Entonces la exactitud se puede determinar como la cantidad de error en una medición en proporción con el tamaño total de la medición. Así es que una medición será más exacta que otra si tiene el error relativo menor, así por ejemplo, si se tuvieran dos instrumentos que pudieran medir una dimensión con valor real de 0.250" y suponiendo que el instrumento de medición "A" indicara 0.248" y que el "B" indicara 0.259" entonces:

$$\text{El error relativo del instrumento A} = (0.2500 - 0.248) / 0.250 = 0.8\%$$

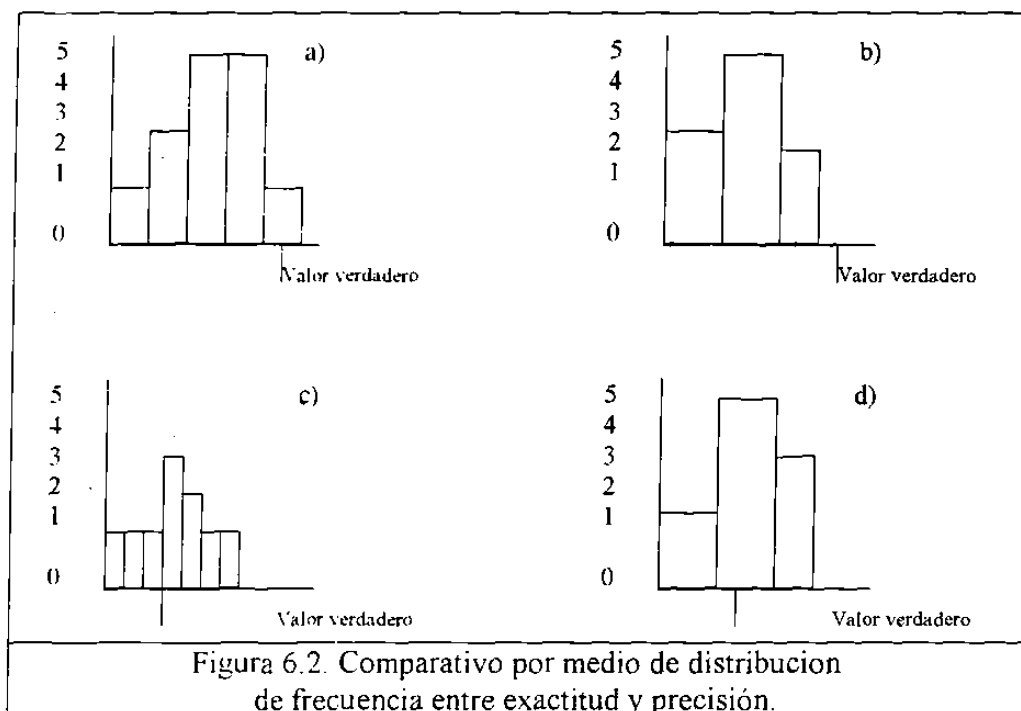
$$\text{El error relativo del instrumento B} = (0.250 - 0.259) / 0.250 = 3.6\%$$

Entonces esto quiere decir que el instrumento "A" es más exacto que el "B".

**Precisión o Repetibilidad,** Este término se puede definir como la cercanía de concordancia entre mediciones o resultados individuales seleccionados al azar, así es que la precisión se relaciona con la varianza de mediciones repetidas por lo que si un instrumento de medición que tuviera baja varianza sería más preciso que otro que tenga mayor varianza. La baja precisión se debe a la variación aleatoria que forma parte del instrumento, como pudiera ser fricción entre sus partes como resultado de un mal diseño o bien falta de mantenimiento. Un sistema de medición podrá ser preciso, pero no necesariamente exacto al mismo tiempo, así por ejemplo si suponemos que cada uno de los instrumentos se usa para medir tres veces la misma dimensión entonces el instrumento "A" podrá indicar valores de 0.248", 0.246" y 0.251" y con el instrumento "B" se podrán tener valores de 0.259", 0.258", 0.259" por lo que se puede decir que el instrumento "B" es más preciso que el instrumento "A". La figura 5.2 muestra las relaciones que se tienen entre exactitud y precisión.

En esta figura se pueden apreciar cuatro distribuciones distintas de frecuencia posible para diez mediciones repetidas de determinada característica de calidad, en el inciso a la medición promedio no se encuentra muy cercana al valor verdadero y hay una amplia variación de valores respecto al promedio. Aquí se aprecia que la medición no es exacta ni precisa. En el inciso b, aún cuando la medición promedio no se acerca al valor real hay un margen pequeño de variación, así decimos que la medición es precisa, pero no exacta. En los incisos c y d el valor promedio es cercano al valor verdadero, esto es la medición exacta, pero en c la distribución está muy dispersa por lo tanto no hay precisión., pero en d es exacta y precisa a la vez, por eso es importante que todos los instrumentos usados para mediciones de calidad estén calibrados y en buen estado.

**Reproducibilidad.** Esta es la variación en el mismo instrumento de medición cuando lo usan distintas personas para medir las mismas partes. Las causas de poca reproducibilidad se debe a la poca capacitación de los operadores para que usen el instrumento o también pudieran deberse a calibraciones poco claras en un micrómetro de carátula por ejemplo.



Es fácil de comprender que la calidad de un producto dependerá del equipo de medición y de pruebas exactas, precisas y reproducibles para las inspecciones de tal manera que una de las principales funciones de la metrología es la calibración. Esto es, la comparación de un dispositivo o sistema de medición que tiene una relación conocida con los patrones nacionales con otro dispositivo o sistema cuya relación con los parámetros nacionales se desconocen. Es necesaria la calibración para asegurar la exactitud de la medición y así tener más confianza en la capacidad de poder saber que porción de la producción cumple y que porción no cumple con las especificaciones. Y lógicamente las mediciones que se realicen con equipo mal calibrado o no calibrado conducirán a decisiones erróneas y costosas, así si un inspector que tuviera un micrómetro que indicara 0.002" de menos cuando se hagan mediciones cercanas al límite superior las partes que tengan hasta 0.002" más que el límite de tolerancias serán aceptadas como buenas, y las que estén en límite bajo o que tengan hasta 0.002" arriba de ese límite bajo serán rechazadas como malas. La oficina nacional de normas ( National Bureau of Standars) tiene la función de conservar y vigilar los patrones nacionales y trabajan con varios laboratorios de metrología con objeto de asegurar que las mediciones que hagan diversos individuos aun en diferentes lugares den el mismo resultado. La NBS tiene la función de calibrar los patrones de nivel de referencia de las organizaciones que requieran el mayor grado de exactitud. Esas organizaciones calibran sus propios patrones de nivel de trabajo, y los de otros laboratorios de metrología. Los patrones de nivel de trabajo se emplean para calibrar los instrumentos de medición que se van a emplear en el campo. Se recomienda calibrar los instrumentos de medición que se van a emplear en el campo. Se recomienda calibrar el equipo contra patrones de nivel de trabajo cuya exactitud sea 10 veces mayor que la del equipo que se calibra, y cuando sea posible se recomienda una relación mínima de 4 a 1 entre los patrones de nivel de referencia y de nivel de trabajo, esto quiere decir que los patrones de referencia deben ser cuando menos 4 veces más exactos que los niveles de trabajo.



A la capacidad de cuantificar la incertidumbre de medición en un laboratorio en relación con las normas nacionales se le llama susceptibilidad de rastreo y se basa en los análisis de medición de errores en cada paso del proceso de calibración, por ejemplo desde los patrones de la NBS pasando por el laboratorio de medición y finalmente a la medición del artículo mismo.

#### **6.4 Análisis de sistemas de medición**

Normalmente los sistemas de control estadístico emplean una combinación de medición y conteo con objeto de mejorar el nivel de calidad. Cuando se cuantifica la cantidad de una característica que tiene un artículo generalmente se necesita el empleo de los sentidos como vista, oído, tacto, gusto y olfato además de algún instrumento o calibrador para la magnitud de la característica de calidad en unidades normales.

La variación en un sistema de medición se debe a dos factores por un lado el equipo o instrumento de medición y por otra parte el evaluador y como ambos están sujetos a variación es indispensable que el sistema de medición sea confiable, y de esta manera los índices de capacidad serán absolutamente confiables.

Será conveniente que las piezas puedan ser reconocidas por quien este analizando el sistema de medición pero no por quien realice las mediciones, también es necesario que quien mide no se de cuenta cuando esta midiendo las mismas piezas esto es para evitar sesgo en la medición.

Las pruebas a las que se somete el sistema de medición arrojaran información del porcentaje de tolerancia que absorbe el sistema de medición, los elementos de capacidad del sistema serán probados y cada uno de estos tiene sus propios parámetros de aceptación.

## **7. PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE LA CALIDAD**

### **7.1 Concepto de un proceso.**

Un proceso se puede definir como la interacción muy específica de máquinas, métodos, herramientas, materiales y personas con el objeto de producir bienes o servicios. En sí todo es un proceso, también lo podemos entender como una serie de actividades que se llevan a cabo para transformar insumos en productos.

Un insumo se puede tener en forma de datos, materia prima, unidades a medio terminar, partes recién compradas, productos y servicios y hasta el medio ambiente. Y a los pasos que se siguen para transformar el insumo se le llama técnica o método. Puede entenderse una organización como un conjunto de subprocesos y cada cliente puede verse afectado por uno o varios procesos, normalmente en una organización todos somos clientes y proveedores.

Un objetivo de la administración de calidad total es crear procesos por medio de los cuales el individuo haga las cosas bien desde la primera, vez para que hagan bien lo que se debe hacer esto último significa satisfacer o superar las expectativas de los clientes.

Implica también para la organización la supresión del desperdicio de las rectificaciones así como de los defectos.

Los procesos pueden clasificarse de la siguiente manera:

### **7.1.1 Proceso administrativo.**

Es todo lo relativo a la metodología aplicada por la gerencia con objeto de llevar a cabo sus funciones y esto se refiere específicamente a la planificación organización y control.

### **7.1.2 Proceso funcional.**

Compuesto de los métodos que utiliza la gente para alcanzar objetivos que también son de tipo funcional.

### **7.1.3 Proceso transfuncional.**

Son los métodos empleados para alcanzar objetivos pero que necesitan la participación o insumos de varios grupos o individuos.

Durante el proceso cada cliente interno aportará insumos intermedios o recibirá productos intermedios y estos serán empleados para lograr el resultado final de la empresa. Como todos atienden a un cliente o, a alguna otra persona que sirve a un cliente entonces todos los miembros de la organización forman parte de una cadena de clientes y proveedores.

## **7.2 Como manejar los datos de los diferentes procesos.**

Datos son los hechos concretos relativos a un proceso, servicio, producto, persona o máquina y dichos datos se pueden clasificar en atributos y variables. El atributo se define como la característica acerca de la calidad del producto o proceso y que se puede contar así es que un dato de atributo se considera como dato contable o discreto, de este tipo de datos se dice por ejemplo: si o no, pasa o no pasa, va o no va.

Y en contraparte los datos variables requieren de mediciones donde obtenemos por ejemplo, cantidades, tamaño o duración esto visto en una escala se podría observar que puede haber un número infinito de incremento por lo que se considera datos continuos. Estos datos se pueden ser presentados o descritos visualmente con una tabla o por medio de representaciones gráficas o bien numéricamente por medio de formulas así como usando métodos de estratificación donde los datos se dividen en subgrupos relacionados mas pequeños para que el análisis sea mas claro y preciso.

Para el manejo de datos primero se deberá conocer la naturaleza de los mismos con objeto de no incurrir en errores al seleccionar por ejemplo, el modelo probabilístico correspondiente.

## **7.3 Control estadístico de proceso.**

### **7.3.1 Introducción**

El control estadístico de proceso es una excelente metodología donde se emplean gráficas de control con objeto de ayudar a los operadores, supervisores así como a los administradores a estar monitoreando continuamente la producción de un proceso esto con la idea de observarlo así como de eliminar las causas especiales de variación, es bien sabido que con esta metodología puede evitarse grandes cantidades de desperdicio, reproceso y así aumentar la productividad. El control estadístico de procesos es aplicable también con objeto de conocer la capacidad de un proceso. El control estadístico de proceso lo podemos entender como la aplicación de los principios y técnicas estadísticas en todas las etapas de producción con el objetivo de lograr la manufactura más económica de un producto. Entre los beneficios de emplear un control estadístico de proceso se encuentran las siguientes:

- a) El control estadístico de proceso es útil para determinar cuando se debe emprender acciones con objeto de hacer un ajuste a nuestro proceso cuando este se a salido de control.
- b) El control estadístico de proceso también indica que no debe hacerse ajustes y esto evitará variaciones mayores.
- c) Incremento de la producción sin la necesidad de inversiones en el equipo o en la expansión de la planta.
- d) Considerable ahorro de materia prima y energéticos.
- e) Eficientar la producción, reducir los rechazos, emplear mejor el equipo, menor desperdicio y retrabajo.

- f) Menor inspección de producto e incremento en aseguramiento de calidad.
- g) Precisión en dimensiones así como en cumplimiento de especificaciones.
- h) Diseño del producto a través de investigación de mercado que se puede llevar a cabo mediante diseño de muestreo y diseño de experimentos.
- i) Calidad, producto uniforme y precios establecidos conforme a necesidades de mercado.
- j) Control de precio, calidad, uniformidad.
- k) Uso del lenguaje internacional estandarizado.

Se dice que existe un proceso en control estadístico si las variaciones entre los resultados muestrales observadas en esta se puede atribuir a un sistema constante de causas aleatorias. Podemos entender a un proceso bajo control cuando tiene las siguientes características:

- Cuando el sistema es estable, o sea, que su comportamiento es constante, es decir, predecible, cuantificable y medible.
- Cuando la producción, variables de proceso y características de calidad tiene una dispersión homogénea.
- Cuando se puede prever y corregir con rapidez y confiabilidad cambios adversos al proceso.
- Permite predecir los costos y la calidad.

En sí a la palabra control! le podemos atribuir los siguientes significados:

- -Mantener un rumbo o dirección.
- Poder de decisión sobre lo que sucede.
- Hacer las cosas siempre igual y con el mismo resultado.

Definitivamente que el control estadístico de proceso emplea técnicas estadísticas con objeto de conocer el comportamiento del proceso para poder determinar las variables que lo afectan y así reducir las causas de la variación y si estamos seguros de que se eliminaron las causas llamadas especiales y si solo tenemos causas llamadas comunes podemos afirmar con certeza que nuestro proceso se encuentra en control estadístico. El doctor Deming mencionó lo siguiente: que los procesos muestran un estado natural para un proceso de manufactura. Si no que más bien es un logro al cual se llega por la eliminación una por una de las causas de la variación.

Cuando se aplica el control estadístico de proceso tendremos un nivel pequeño de variación o bien de defectos, la variación no puede ser eliminada pero si se mantendrá dentro de ciertos límites.

Debe de tenerse en mente lo que significa **uniformidad y dispersión**.

El término de calidad no tiene ningún sentido sin el concepto de “uniformidad”.

- Por ejemplo productos con gran tecnología, pero sin uniformidad, no son productos de buena calidad.
- Insumos baratos sin uniformidad, causan mayores dificultades en la producción porque tendrá que ajustarse continuamente el proceso.

Para poder tener uniformidad, se debe de tener claro lo que es el concepto de dispersión, así por ejemplo, un proceso con menor “dispersión”:

- Disminuye los costos.
- Disminuye retrabajos.
- Ayuda a conocer mejor el proceso.

Es un histograma de frecuencias no se toma en cuenta la dimensión tiempo la cual es muy importante debido a que las causas especiales de variación se van a presentar de forma esporádica en el tiempo así por ejemplo los materiales de diversos lotes que nos llegan pudieran variar o pudiera ser que tuviéramos un operador de proceso de relevo o que simplemente la herramienta se desgaste.

### **7.3.2 Aspectos relevantes en el diseño de una gráfica de control.**

Existen consideraciones importantes que se deben revisar cuando se tiene por objeto crear una gráfica de control y son las siguientes:

#### **a) La muestra y su tamaño.**

Una muestra deberá ser seleccionada de la manera mas homogénea posible para que esta pueda reflejar si hay una causa común en el sistema, así como si hay una causa asignable. En el caso de que haya una causa asignable será alta la probabilidad de observar diferencias entre muestras y baja la probabilidad de observar diferencias dentro de la misma muestra. Cuando una muestra satisface el criterio anteriormente expuesto se le llama subgrupo racional, una manera de tener esto es utilizar mediciones que sean consecutivas de una máquina en un período que sea corto. Lo anteriormente expuesto tiene la finalidad de reducir al mínimo la probabilidad de variación dentro de la muestra y al mismo tiempo detectar la variación entre muestras, este procedimiento es útil cuando se emplean gráficas de control para localizar un cambio de nivel del proceso.



Otra manera de proceder será tomar una muestra aleatoria de todas las unidades producidas a partir de que se tomó la última muestra, lo cual puede permitir llegar a una decisión sobre aceptar las unidades que se produzcan desde que se tomó la última muestra, el riesgo de utilizar este método es que un cambio en el nivel del proceso haría que los puntos de la gráfica **R** quedaran fuera de control aún cuando no hubiera cambio en la variabilidad real del proceso. Es importante definir la manera en que se tomará la muestra para que no tengan sesgo los resultados que se obtengan.

También el tamaño de la muestra es un asunto fundamental, es conveniente que el tamaño sea pequeño para evitar mucha variación dentro de la misma muestra esto debido a causas especiales, con esto tendríamos un costo de muestreo relativamente bajo. Es bien sabido que los límites de control se basan en hipótesis de distribución normal de promedios que son muestrales pero en el caso de que el proceso no tenga distribución normal la hipótesis anterior solo trabaja para muestras grandes, y con dichas muestras se pueden detectar con mas probabilidad cambios menores en las características del proceso.

Prácticamente es aceptado que muestras de 5 artículos trabajan perfectamente bien para descubrir cambios del proceso de dos desviaciones estándar o mayores y para detectar cambios menores el tamaño de la muestra que se recomienda será de 15 a 25. Si se trabaja con datos de atributos un tamaño de la muestra haría que la gráfica **P** no tuviera sentido, por eso es que algunas personas han sugerido que al menos deben emplearse 100 observaciones pero será necesario determinar estadísticamente el tamaño de la muestra, sobre todo cuando es pequeña la fracción verdadera de artículos defectuosos. Cuando se observe que **P** es pequeña entonces **N** deberá ser suficientemente grande como para poder detectar al menos una pieza defectuosa.

Existen otros metodos para determinar los tamaños de muestras para datos de atributos tal como escoger **N** lo suficientemente grande como tener un 50 % de

probabilidad de encontrar un desplazamiento del proceso de determinada cantidad especificada, o también escoger  $N$  de tal forma que la gráfica de control tenga un límite inferior de control positivo.

**b) Frecuencia del muestreo.**

Sería posible muestrear con relativa frecuencia y que las muestras fueran grandes pero esto sería poco económico. Lo que se recomienda es que las muestras sean suficientemente cercanas para que podamos encontrar cambios en las características del proceso, tan pronto como sea posible, esto para reducir las posibilidades de que se produzca producto defectuoso en gran cantidad y que no cumpla con las especificaciones, el criterio que hay que tomar en cuenta es que el costo de muestreo no debe de superar los beneficios que pudieran lograrse.

**c) Localización de límites.**

Este asunto es primordial para hacer una evaluación correcta. Cuando se llega a la conclusión incorrecta de que se tiene una causa especial se dice que se está cometiendo un error llamado "tipo uno", esto implica el costo de tratar de localizar el problema. Por otra parte, tenemos un error "tipo dos" cuando hay causas especiales pero no se localizan en la gráfica de control por quedar los puntos dentro de los límites de control por casualidad y a consecuencias de esto tenemos un costo debido a que se producirán artículos que no cumplan con las especificaciones. Así por ejemplo, un error del "tipo uno" dependerá de los límites de control que se empleen, y entre más amplios, lógicamente habrá menos probabilidad de que un punto quede fuera de esos límites, pero también tendremos menos oportunidad de incurrir en un error tipo uno, en cambio en el error tipo dos, este depende de la amplitud de los límites de control, del tamaño de la muestra, y del grado en el que el proceso está fuera de control. Y para un tamaño muestra fijo el límite de control más amplio aumenta el riesgo de incurrir en un error tipo dos. Si se emplea el método tradicional de límites de control más

amplio aumenta el riesgo de incurrir en un error tipo dos. Si se emplea el método tradicional de límites tres sigma, entonces se presupone de manera implícita que el costo de un error tipo uno es grande en relación con el del error tipo dos, pero en esencia se reduce al mínimo el error tipo uno, lo cual no siempre sucede. Los costos que están implícitos en los errores del tipo uno y dos son los siguientes si se trata de un error tipo uno, forzosamente habrá que hacer investigación innecesaria para tratar de encontrar alguna causa asignable, y este costo pudiera tener implícito el tiempo muerto de producción. El error tipo dos es más crítico todavía, porque si no lo logramos identificar que el proceso ha quedado fuera de control las piezas defectuosas producidas ocasionarán costos de desecho y reproceso, o bien, si los productos llegan al consumidor. Es muy difícil, más bien dicho, casi imposible estimar el costo error porque esto es función de la cantidad de artículos que no cumplen con la especificación pero desconocemos esta cantidad. Si se cambiaran el tamaño de los límites de control, entonces mientras más estrechos fueran, mayor será la probabilidad de que una muestra indique que el proceso está fuera de control, y entonces aumentará el costo de un error tipo uno conforme se van reduciendo los límites de control, y también por otra parte, los límites de control más estrechos reducen el costo del error tipo dos ya que vamos a identificar más fácilmente los estados fuera de control, reduciendo con esto la cantidad de artículos defectuosos.

Existen también costos que se relacionan con el muestreo, como son el tiempo que se emplea el operador al hacer las mediciones de la muestra, los cálculos y ubicar los puntos en la gráfica de control, además de que si la prueba es de tipo destructivo, habrá que incluir el costo de los artículos dañados. Los tamaños de muestras grandes y la mayor frecuencia de muestreo, desde luego que producirán mayores costos porque al aumentar el tamaño de la muestra, o la frecuencia, se han a reducir los errores tipo uno y tipo dos y se tendrá mayor información lo cual facilitará la toma de decisiones.

Raymont R, Mayer en su libro “ Selección de Límites de Control “ de la editorial Quality Progress recomienda tomar en cuenta las siguientes consideraciones de costos que están implícitos en la toma de decisiones y son los siguientes:

1. Si el costo de investigar una operación para localizar la causa de un estado fuera de control es significativo entonces el error tipo uno importa y será conveniente adoptar límites más amplios de control, pero si el costo es bajo, entonces deberán de seleccionarse límites más estrechos.
2. Si es considerable el costo de la producción defectuosa que genera una operación, entonces el error “tipo dos” es grave y deberemos de usar límites más estrechos de control, pero si no es así, entonces se deben de seleccionar límites más amplios.
3. Cuando son importantes los costos de los errores “tipo uno” y “tipo dos” a la vez, se deberán de utilizar límites más amplio de control y se considerará la reducción del riesgo de un error tipo dos aumentando el tamaño de la muestra, es recomendable tomar muestras más frecuentes con objeto de reducir la duración de cualquier condición fuera de control que se pudiera presentar.
4. Si el fuera de control en una operación es frecuente se deberán de favorecer límites más estrechos de control para que no haya oportunidad de cometer un error “tipo dos”. Y en caso de que sea pequeña la probabilidad de tener un fuera de control entonces deberemos de preferir límites más amplios.

### **7.3.3 Metodología empleada para la elaboración y uso de las gráficas de control.**

Con respecto a la manera de preparar una gráfica de control se deberá de seleccionar la variable o atributo, el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo, cuando se tengan recopilados los datos, se harán cálculos estadísticos de promedios y amplitudes y deberán de anotarse los resultados en la gráfica. Para determinar los límites de control se calcularán el promedio general y la amplitud para las gráficas  $\bar{X}$  y **R**, así como la proporción promedio si se trata de una gráfica **P**

trazaremos los ejes centrales de los gráficos y calcularemos los límites superior e inferior de control. Con respecto al análisis e interpretación de nuestra gráfica de control, recalculamos los límites de control y determinamos la capacidad del proceso. La gráfica de control es una herramienta para la solución de problemas y deberá de continuarse la recopilación y graficación de los datos y una vez que se haya identificado puntos fuera de control, se podrá hacer acciones de corrección.

Desde el punto de vista de control de un proceso quiere decir que se identifiquen y se corrijan las causas asignables, es importante emprender acciones si la gráfica de control aumenta su variabilidad. Es mucho muy importante tomar en cuenta que la gráfica de control necesita mantenimiento, esto quiere decir, que periódicamente haya que actualizar los límites de control como elementos de cambio del proceso, ya medida que se eliminen las causas asignables.

Es primordial evaluar la exactitud de los instrumentos de medición y calibración, su repetibilidad y reproducibilidad antes de que se ponga a trabajar el control estadístico de proceso.

Si se desea establecer el control estadístico de proceso se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

#### **7.3.4 Fundamento Estadístico de las Gráficas de Control.**

A continuación se describe el sustento del juego de reglas utilizando para la interpretación de las gráficas de control.

##### **a) El gráfico de control para las variables.**

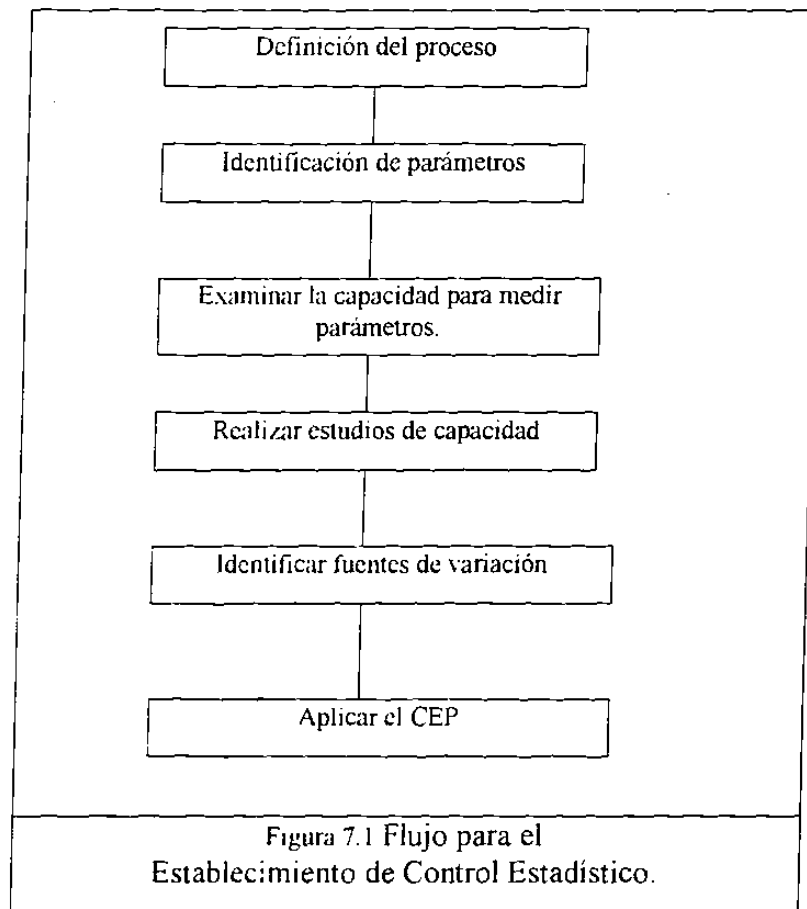
A continuación en la figura 6.1 se muestra establecer el control estadístico de proceso.

Si se tiene un proceso controlado entonces la distribución de medidas individuales para variables deberá de tener un promedio  $\mu$  y una varianza  $\sigma_x^2$  en el supuesto de

que se seleccione una muestra de tamaño  $n$  la distribución de muestreo de  $\bar{X}$  también tendrá promedio  $\mu$  pero su varianza será:

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_x^2}{n}$$

A continuación a la figura 7.1 se muestra la secuencia lógica para establecer el control estadístico de proceso.



En el caso de que la distribución de medidas individuales original sea normal entonces la distribución de los promedios también será normal, y para el caso de que no lo sea, se puede utilizar el teorema del límite central, claro que generalmente se supone normalidad al elaborar las gráficas de control para variables para tamaños grandes de muestras, pero como las muestras de la gráficas de control son pequeñas

generalmente  $n=4$  o  $n=5$ , no se puede tener plena confianza en el teorema de límite central, por eso como se comentó anteriormente se supone normalidad. En el marco de las hipótesis planteadas se espera que  $100(1-\alpha)$  por ciento de los promedios de muestra queden entre  $\mu - Z_{\alpha/2}\sigma_x$  y  $\mu + Z_{\alpha/2}\sigma_x$  y estos valores se convertirán en los límites inferior y superior de control y normalmente se selecciona  $Z_{\alpha/2} = 3$  obteniendo de esta manera los límites de  $6\sigma$  donde  $\alpha/2 = 0.0014$  esperando por lo tanto que nada más el 0.3% de las observaciones de la muestra queden fuera de los límites mencionados. Se puede observar que si se tiene un proceso en estado de control la probabilidad de que una muestra quedara fuera de los límites de control es extremadamente pequeña y se deberá de tener cuidado de que no haya desplazado el promedio verdadero ya que la probabilidad sería mucho mayor. Por eso es que lo anteriormente mencionado es el sustento de aplicar los límites de control tres sigma. El valor  $\alpha/2$  se puede seleccionar en forma arbitraria. En E.U. se emplea el valor de tres, pero en Inglaterra se selecciona  $Z_{\alpha/2}$  primero estableciendo la probabilidad que exista un valor del tipo I, y normalmente se selecciona  $\alpha/2 = 0.001$  de tal manera que  $Z_{0.001} = 3.09$ . Esto será empleado para los establecimientos de los límites de probabilidad.

#### **b) La gráfica R.**

Normalmente se emplea **R** como sustituto de la desviación estándar por cuestión de sencillez. Es común que se emplee el factor  $d_2$  tomado de la tabla de factores para gráficos de control con objeto de relacionar la amplitud con la desviación estándar que realmente tiene un proceso. El factor  $d_2$  se podría calcular de la siguiente manera: si por ejemplo se tiene un experimento en el que se toman muestras de tamaño  $n$  provenientes de una distribución normal con desviación estándar  $\sigma_x$  que ya se conoce de tal manera que si se calcula la amplitud **R** de cada muestra se podría determinar la distribución de la medida estadística  $R/\sigma_x$  así que el valor esperado de la medida estadística sería el factor  $d_2$ , así que:

$$E(R/\sigma_x) = d_2$$

Pero como  $R$  es la variable aleatoria y se conoce  $\sigma_x$  entonces:

$$E(R) / \sigma_x = d_2$$

El experimento se podría llevar a cabo para cada  $n$  y es posible calcular los valores correspondientes de  $d_2$  y la hipótesis que se probaría en la gráfica  $R$  sería:  $H_0: R = E(R)$ . Se estimará el valor esperado de  $R$  mediante la amplitud de la muestra  $R$ , de tal manera que  $R/d_2$  es una estimación de la desviación estándar del proceso  $\sigma_x$  y para establecer los límites de control de la gráfica  $R$  será necesario estimar la desviación estándar de la variable aleatoria  $R$  que es  $\sigma_R$  y a partir de la distribución de la medida estadística  $R/\sigma_x$  se puede calcular la relación  $\sigma_R/\sigma_x$  para cada  $n$ . Y esto va a definir una constante  $d_3$  tabulada también, así que se tiene  $\sigma_R = d_3\sigma_x$ . Y si se substituye la estimación de  $\sigma_x$  que es  $R/d_2$  en esa ecuación tendremos que  $d_3R/d_2$  es una estimación de  $\sigma_R$ . Y los límites de control para la gráfica  $R$  se basarán en tres desviaciones estándar con respecto a la estimación del promedio, entonces:

$$LSR_R = R + 3d_3R/d_2 = \left(1 + 3d_3/d_2\right)R = D_4R$$

$$LIC_R = R - 3d_3R/d_2 = \left(1 - 3d_3/d_2\right)R = D_3R$$

Es común que se definan  $d_4$  y  $d_3$  como las constantes  $1 + 3d_3/d_2$  y  $1 - 3d_3/d_2$  así es que los límites de control para la gráfica  $R$  se basan en la distribución de la desviación estándar del proceso pero ajustada para que corresponda a la amplitud.

#### a) Gráfica $\bar{X}$

Ahora se verá la gráfica  $\bar{X}$ , la medida estadística  $\bar{x}$  es para una estimación del promedio de la población  $\mu$  y como  $R/d_2$  es una estimación de  $\sigma_x$ . Entonces una estimación de la desviación estándar de la muestra será:



$$s_x = \frac{R}{d_2 \sqrt{n}}$$

Así que los límites tres sigma de  $\bar{x}$  están expresados por:

$$\bar{x} \pm \frac{3R}{d_2 \sqrt{n}}$$

Así que con  $A_2 = 3 / d_2 \sqrt{n}$ , se obtendrán los límites de control:

$$LSC_x = \bar{x} + A_2 R$$

$$LIC_x = \bar{x} - A_2 R$$

#### a) La Gráfica p.

La gráfica **p** tiene su sustento teórico en la distribución de tipo binomial, esto es debido a que los atributos suponen sólo uno de dos posibles valores, tales como cumplir con la especificación o no cumplir con esta. En el caso de que **p** represente la probabilidad de producir un artículo con defectos y se selecciona una muestra de **n** artículos entonces la distribución binomial quedará de la siguiente forma:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

Esto indica la probabilidad que de se encuentren **x** artículos con defecto en una muestra. Por otra parte la medida estadística  $\bar{p}$  de la muestra será una estimación del parámetro **p** de la población. Y una estimación de la desviación estándar  $\sigma_p$  tendrá la siguiente forma:

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

Así que los límites tres sigma del parámetro **p** serán:

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

$$LIC_p = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

Es muy importante tomar en cuenta para el uso de la gráfica **p** la probabilidad siempre constante de tener una pieza defectuosa y la independencia de los ensayos o inspecciones. Si no se tiene cuidado de que las hipótesis sean seguras no será adecuado el empleo de la gráfica **p**.

Un formato para trabajar atributos se muestra en la tabla 7.1

Lugar:				P np		c n		Nombre #Parte			
Departamento:				No. y nombre de operacion:				ITEM de control (Δ)		SI NO	
Promedio:				LSC=		LIC=		Tamaño Muestra Frecuencia			
Tamaño Muestra		Re cha zos		Cantidad (np.c)		Proporción (p.u)		Fecha:			
<p>Qualquier cambio en la mano de obra, material, métodos o maquinaria debe de ser anotado          Estas anotaciones se ayudaran a tomar acciones cuando found queren las cartas de control</p>											
Fecha:				Hora:				Observaciones			

Tabla 7.1 Formato de Atributos

### 7.3.5 Construcción de los gráficos de control.

#### a) Consideraciones sobre el gráfico de control para datos variables.

Los datos de variables son los que se pueden medir en una escala continua, y el gráfico más empleado es el  $\bar{x}$  - R. El gráfico  $\bar{x}$  sirve para estar monitoreando el centrado del proceso y el gráfico **R** auxilia en la supervisión de la variación que ocurre en el proceso éstas dos gráficas se emplean juntas para analizar datos variables, la amplitud se emplea como una medida de la variación sobre todo cuando se hacen los cálculos a mano de las gráficas de control por los operarios pero cuando la muestra es grande y se pueden analizar datos con programas de computo se recomienda usar la desviación estándar como la medida de variabilidad. Hay tres funciones básicas de las gráficas de control:

- a) Hacer un monitoreo del proceso e indicar cuando se sale de control.
- b) Establecer un estado de proceso bajo control estadístico.
- c) Determinación de la capacidad del proceso usando la gráfica de control.

A continuación se detalla la manera en que se puede construir una gráfica de control de variables y de esta forma establecer el control estadístico.

#### b) Construcción de la gráfica de control de variables.

La gráfica de control de promedios y rangos ( $\bar{x}$ -R) es una gráfica cronológica que nos permite observar los cambios que experimentan los datos a través del tiempo. Su propósito principal será determinar si cada punto del gráfico es normal o anormal y también nos permitirá conocer los cambios operados en el proceso del que se han obtenidos las muestras

Lo primero que debe de hacerse para construir una gráfica ( $\bar{x}$  - R) es obtener la materia prima del estadístico, esto consiste en recopilar los datos, se recomienda trabajar de 25 a 30 muestras y lo mas común es que se empleen tamaños de muestras de 3 a 10 elementos donde lo mas usual es emplear 5 elementos. En este gráfico  $\bar{x}$  representa los promedios de la muestra y **R** las amplitudes o esviaciones,

esto es, el primer término indica cualquier cambio en la medida, y el segundo verifica cualquier cambio en la dispersión o variación del proceso.

A continuación se describe el procedimiento para la elaboración de las gráficas  $\bar{x}$ -R así como para las gráficas  $\bar{x} - \sigma$ . Hay que recordar que normalmente el tamaño de  $n$  debe ser igual para todos los subgrupos si esto no sucede así deben efectuarse ajustes adicionales.

### 7.3.5.1 Pasos de elaboración:

1. Obtener los datos y recopilarlos en una hoja de chequeo, hay que asegurarse que los datos están distribuidos a manera de subgrupos, además de que deben de ser recopilados bajo las mismas condiciones técnicas.
2. Calcular  $\bar{x}$  y  $R$  para cada subgrupo de acuerdo a:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{y} \quad R = x_{\max} - x_{\min}$$

3. Obtenga  $\bar{x}$  y  $R$  ( promedio total y rango promedio).

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad \text{y} \quad \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}$$

4. calcule los límites de control.

Gráfica  $\bar{x}$  :

$$\begin{aligned} LC &= \bar{\bar{x}} \\ LSC &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ LIC &= \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

Gráfica  $R$

$$\begin{aligned} LC &= \bar{R} \\ LSC &= D_4 \bar{R} \\ LIC &= D_3 \bar{R} \end{aligned}$$

Gráfica  $\bar{x}$  :

$$\begin{aligned} L.C. &= \bar{\bar{x}} \\ L.S.C. &= \bar{\bar{x}} + A_1 \bar{\sigma} \\ L.I.C. &= \bar{\bar{x}} - A_1 \bar{\sigma} \end{aligned}$$

Gráfica  $\sigma$

$$\begin{aligned} L.C. &= \bar{\sigma} \\ L.S.C. &= B_4 \bar{\sigma} \\ L.I.C. &= B_3 \bar{\sigma} \end{aligned}$$

LSC es el límite superior de control y LIC es el límite inferior las constantes  $d_3$  y  $d_4$  y  $A_2$  dependen del tamaño que tienen la muestra y se pueden encontrar en el apéndice llamado “Factores para Gráficas de control”.

5. Se construye la gráfica de control  $\bar{x} - R$  ó  $\bar{x} - \sigma$  el valor central se recomienda trazar con línea continua y los límites con líneas punteadas.

6. Anote los valores de  $\bar{x}$ ,  $R$  o  $\sigma$  de cada subgrupo en la gráfica correspondiente y únalos con líneas punteadas.

Es bien sabido que los límites de control definen el intervalo o amplitud en la que esperamos que estén contenidos todos los puntos cuando el proceso está dentro del control o si se observan comportamientos extraños podemos entonces pensar que una causa asignable está impactando nuestro proceso el cual debe revisarse minuciosamente para determinar dicha causa, si existieran causas especiales entonces no serán representativas del estado verdadero de control estadístico y se van a sesgar los cálculos del eje central así como de los límites de control y habrá que eliminar los puntos correspondientes y se deberán calcular nuevos valores para  $\bar{x}$ ,  $R$  y los límites de control. Cuando se desea saber si un proceso está bajo control estadístico se debe de analizar primero la gráfica  $R$  ya que como los límites de control en la gráfica  $\bar{x}$  dependen de la amplitud promedio entonces podría haber causas especiales en la gráfica  $R$  que pudiera producir comportamientos extraños en la gráfica  $\bar{x}$  aún cuando el centrado del proceso esté bajo control. Por eso es que una vez que se estableció el control estadístico para la gráfica  $R$  se deberá de trabajar con la gráfica  $\bar{x}$ . Deberá de emplearse un formato para la elaboración de la gráfica de control como se muestra en la tabla 7.2.

**a) Gráfica especial de control empleada para trabajar con datos de variables.**

**Gráfica  $\bar{x} - s$ .**

Algunos autores consideran la gráfica  $\bar{x} - s$  como una gráfica especial. Comúnmente se emplea la amplitud porque requiere menos trabajo de cálculo y es más fácil de comprender por los operadores de línea, pero la ventaja de usar  $s$  en lugar de  $R$  se debe a que la desviación estándar de la muestra es un indicador más sensible y mejor de la variabilidad del proceso y todavía más conveniente cuando se emplean tamaños de muestras relativamente grandes, si se quiere tener un control bien estricto de la variabilidad se debe de emplear  $s$  así que definitivamente  $s$  es mucho mejor opción que  $R$ .

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

Es necesario para construir la gráfica  $\sigma$  calcular la desviación estándar de cada una de las muestras y posteriormente se debe de calcular la desviación estándar promedio  $s$  con el promedio de las desviaciones estándar de las muestras pequeñas y este cálculo será similar al cálculo de  $R$  y los cálculos de los límites de control para la gráfica  $s$  quedan como:

$$LSC_s = B_4 \bar{s}$$

$$LIC_s = B_3 \bar{s}$$

Donde  $B_3$  y  $B_4$  se deberán de localizar en el apéndice anterior para la gráfica  $\bar{x}$  asociada los límites de control que se obtienen de la desviación estándar general son:

CARTA DE CONTROL DE VARIABLES (x - R)																											
Parte No:	Máquina										Operación:	Medida										Parte:	Carta:				
Operador:											Gage:											Límites de especificación:					
DATOS:																											
TIEMPO:																											
M	1																										
U																											
E	2																										
S																											
T	3																										
R	4																										
A	5																										
Suma:																											
Promedio, $\bar{x}$																											
Rango, R																											
Notas:																											
P	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	26	
R																											
O																											
M																											
E																											
D																											
I																											
O																											
R																											
A																											
N																											
G																											
O																											

Tabla 7.2: Formato de Variables.



$$LSC_{\bar{x}} = \bar{x} + A_3 \bar{s}$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{x} - A_3 \bar{s}$$

Así que  $A_3$  también puede leerse en el apéndice llamado factores para gráficos de control. Las fórmulas para los límites de control son equivalentes a las de las gráficas  $\bar{x}$  y  $R$  con la diferencia de que las constantes no son iguales.

Con la intención de ejemplificar el uso de la gráfica  $\bar{x}$ -s se tienen los datos que aparecen en la tabla 7 3

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	9	0	1	-3	-6	-3	0	2	0
2	8	4	8	1	-1	2	-1	-2	0	0
3	6	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-2
4	9	3	0	2	-4	0	-2	-1	-1	-1
5	7	0	3	1	0	2	-1	-2	-3	-1
6	9	0	1	1	1	-1	-1	1	0	0
7	2	3	2	2	0	2	-3	-3	1	-1
8	7	4	0	0	-2	0	0	0	-3	-2
9	9	8	2	0	0	-3	-2	-3	-1	-2
10	7	3	3	1	-2	0	-2	-2	0	0
<b>Promedio</b>	6.5	3.4	1.9	0.9	-1.1	-0.4	-1.5	-1.5	-0.6	-0.9
<b>Desviación Estandar</b>	2.83822	3.13404	2.46981	0.73786	1.59513	2.50333	1.08012	1.43372	1.57762	0.87559

Muestra No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	-3	-12	-6	-3	-1	-1	-2	0	0	1
2	-2	2	-3	-5	-1	-2	2	4	3	2
3	2	0	0	5	-1	-2	-1	0	-3	1
4	-1	-4	0	0	-2	0	0	0	3	1
5	1	-1	-8	-5	-1	-4	-1	0	3	-3
6	-2	4	-4	1	0	0	-1	3	1	2
7	-2	2	-6	5	-2	-2	2	0	0	1
8	-1	-3	-1	-4	-1	-4	-1	0	1	-2
9	1	-4	-1	-1	0	-1	1	1	2	3
10	1	0	-2	-5	-1	0	-2	0	-2	0
<b>Promedio</b>	-0.6	-1.6	-3.1	-1.2	-1	-1.6	-0.3	0.8	0.8	0.6
<b>Desviación Estandar</b>	1.712609	4.52646	2.80673	3.91010	0.66666	1.50554	1.49443	1.47572	2.09761	1.83787

Muestra No.	21	22	23	24	25					
1	1	-1	0	1	2					
2	2	0	0	0	2					
3	2	2	-1	0	1					
4	1	-1	0	1	2					
5	2	2	1	1	-1					
6	2	2	0	2	2					
7	1	-1	0	0	2					
8	1	0	0	0	1					
9	1	0	-1	-1	-1					
10	2	-1	0	0	2					
<b>Promedio</b>	1.5	0.2	-0.1	0.4	1.2					
<b>Desviación</b>	0.5270	1.3165	0.5676	0.8432	1.2292					
<b>Estandar</b>	4	6	4	7	7					

Tabla 7.3 Ejemplo  $\bar{x} - s$

Los datos de esta tabla muestran las mediciones de desviaciones respecto a una especificación nominal. Se emplearon muestras tamaño 10 y para cada muestra se a calculado el promedio y la desviación estándar . El promedio general tiene un valor de  $\bar{\bar{x}} = 0.108$  y la desviacion estándar promedio es  $s = 1.791$  sabiendo que el tamaño de la muestra es 10, se tiene entonces que  $B_3 = 0.284$  ,  $B_4 = 1.716$  y  $A_3 = 0.975$ , todo esto obtenido del apéndice factores para gráficas de control. Donde los límites de control para la gráfica s son:

$$LICs = (0.284)(1.791) = 0.509$$

$$LSCs = (1.716)(1.791) = 3.073$$

Y para la gráfica x los límites de control son:

$$LIC_{\bar{x}} = (0.108) - (0.975)(1.791) = -1.638$$

$$LSC_{\bar{x}} = (0.108) + (0.975)(1.791) = -1.854$$

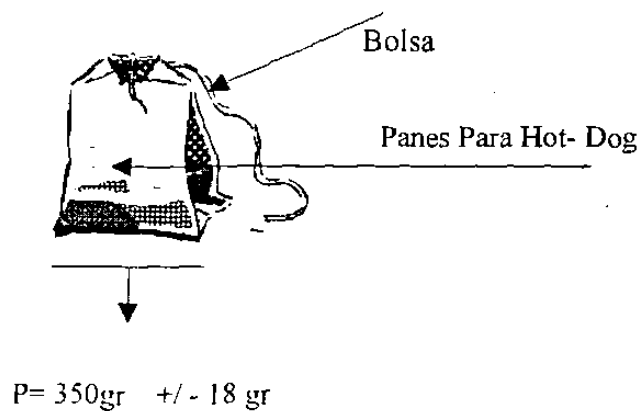
Las gráficas  $\bar{x}$  y s demuestran como puede apreciarse que el proceso no está bajo control y que se necesita una investigación acerca de las razones de la variación, en especial de la gráfica  $\bar{x}$ .

## 8. APLICACIONES DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS A CASO PRACTICO SELECCIONADO

### 8.1 Caso práctico seleccionado.

#### 1.- Uso de gráficas de control para el control estadístico de proceso

Se visitó una fábrica de panes; el cual realiza diversos tipos, para este caso se trabajará con los panes para Hot dog el cual requiere un estricto control de sus dimensiones para lograr las especificaciones requeridas en el mercado. Trabajaremos con paquetes de 6 panes los cuales deben pesar  $P=350$  gr mas menos 18 gr cada paquete.



**2. Para controlar el proceso de fabricación del paquete de 6 piezas de panes utilice:**

Gráficos de control  $\bar{X}$ -R; obteniendo muestras de 4 paquetes cada hora con un volumen de producción de 2379 paquetes por hora.

En la tabla No. 1 muestro para el caso específico de los paquetes, el resultado de las primeras 100 muestras después de que se le hicieron ajustes a la máquina. ( La primera muestra son las cuatro paquetes hechos.)

**3. Una vez que tenemos todos los valores de la tabla estos son los pasos que se tienen que hacer los cuales los lleve acabo.**

- Calcular  $\bar{X}$  y  $R$  para cada subgrupo
- Graficar  $\bar{X}$  y  $R$
- Calcular  $\bar{\bar{X}}$  y  $\bar{R}$
- Calcular los límites de control para " R "
- Calcular los límites de control para "  $\bar{X}$  "
- Graficar  $\bar{\bar{X}}$ ,  $\bar{R}$ , LSC (  $\bar{X}$  ), LIC (  $\bar{X}$  ), LSC ( R ) y LIC ( R )
- Si tu proceso se sale fuera de control, recalcular y establecer nuevos límites de Control
- Graficar  $\bar{\bar{X}}$  y  $\bar{R}$  sin los puntos fuera de contro

Tabla No.1 Muestreo Obtenido

SUBGRUPO	A	B	C	D	n	SUMx	x	R
1	359	350	349	348	4	1406	351,525	11
2	355	354	342	341	4	1393	348,15	14
3	360	360	344	344,1	4	1407	351,8	16,5
4	353	351	343	339	4	1386	346,525	14
5	365	348	340	348	4	1389	347,3	13,7
6	365	353	351	347,2	4	1415	353,825	17,3
7	365	350	347	346,1	4	1407	351,85	19
8	352	347	351	346	4	1396	349	6
9	348	353	336	340,2	4	1377	344,225	17
10	351	344	342	350,3	4	1387	346,85	9
11	356	355	343	344,9	4	1399	349,725	13
12	359	348	345	346,3	4	1398	349,575	14
13	354	353	336	335	4	1378	344,55	19
14	358	344	357	346,2	4	1406	351,375	14
15	360	357	344	346,7	4	1408	351,95	16
16	330	345	348	340	4	1363	340,625	18
17	336	351	339	351	4	1376	344,075	15
18	338	352	340	351,2	4	1381	345,275	14,2
19	339	345	345	340,5	4	1369	342,25	6
20	340	350	350	341,6	4	1381	345,3	10
21	359	359	343	341	4	1402	350,425	18
22	378	352	336	340,7	4	1406	351,6	42,3
23	354	352	343	344,5	4	1394	348,45	11
24	361	353	339	340,1	4	1394	348,55	22
25	343	346	343	343,3	4	1376	343,95	2,5
26	337	348	343	342,1	4	1369	342,25	11,1
27	342	349	348	343,7	4	1383	345,675	7
28	338	350	350	340	4	1379	344,675	12,1
29	338	351	344	351,5	4	1385	346,175	13,3
30	360	360	348	347	4	1415	353,75	13
31	353	343	341	350,5	4	1387	346,675	11,9
32	346	345	348	344,1	4	1383	345,75	3,4
33	310	357	343	336,9	4	1348	336,95	46,8
34	351	352	341	337	4	1381	345,2	14,8
35	350	347	336	344,1	4	1378	344,375	13,6
36	357	345	341	339,9	4	1384	346	17,5
37	354	346	350	343,2	4	1393	348,225	10,6
38	346	344	342	330,3	4	1363	340,625	15,4
39	356	350	336	332,6	4	1374	343,45	23
40	342	342	347	332,9	4	1363	340,7	13,7
41	347	351	350	341	4	1389	347,3	10
42	350	353	340	349	4	1392	347,9	13,1
43	356	351	345	347,3	4	1399	349,775	11,6
44	329	348	340	335	4	1352	338	19
45	352	352	343	339,8	4	1387	346,7	12,5
46	358	350	341	343,3	4	1392	347,975	17,2
47	350	336	352	351,5	4	1389	347,225	15,7
48	351	350	347	345,4	4	1393	348,125	5,1
49	357	359	354	336,7	4	1407	351,75	22,6
50	348	350	351	345	4	1395	345,75	5

51	349	348	355	350,5	4	1402	350,575	7,7
52	351	358	350	349,6	4	1409	352,325	8,8
53	343	353	353	342,8	4	1391	347,85	10,4
54	337	355	350	338,3	4	1381	345,15	18,3
55	357	356	340	345,3	4	1398	349,5	16,3
56	348	353	351	347	4	1399	349,75	6
57	359	355	360	344,5	4	1419	354,775	15,7
58	344	351	352	350,6	4	1397	349,25	7,9
59	350	357	353	349,7	4	1410	352,5	7,6
60	347	344	347	332,8	4	1371	342,65	14,2
61	353	352	346	344	4	1395	348,775	9
62	354	353	349	337,9	4	1394	348,4	15,8
63	351	350	350	342	4	1393	348,3	9
64	349	345	348	339,7	4	1383	345,625	9,7
65	340	347	350	340,4	4	1378	344,4	9,7
66	350	350	335	334,6	4	1369	342,35	15,4
67	352	344	346	347,2	4	1388	347,1	8,5
68	351	345	349	347,8	4	1393	348,2	5,8
69	348	342	341	338	4	1369	342,225	9,6
70	351	349	344	337,3	4	1381	345,325	13,8
71	348	347	340	341,6	4	1377	344,15	8
72	353	348	349	342,5	4	1392	347,875	10,2
73	347	346	346	342,6	4	1382	345,425	4,8
74	350	344	342	348,1	4	1384	346,025	8
75	350	343	350	341	4	1384	345,875	9
76	347	340	337	337	4	1362	340,4	10,1
77	349	341	347	342,2	4	1379	344,85	8
78	352	353	343	341	4	1389	347,3	12
79	327	343	340	344,6	4	1354	338,45	18
80	342	343	335	338,4	4	1358	339,6	8
81	338	345	338	347,6	4	1369	342,15	9,4
82	350	345	346	339,1	4	1380	345,05	10,5
83	358	353	343	352,4	4	1407	351,75	15,3
84	351	345	345	346,1	4	1388	347	6,1
85	358	345	342	348,3	4	1393	348,3	15,5
86	345	346	344	335,8	4	1371	342,725	10,6
87	343	349	347	336,9	4	1376	344,05	11,7
88	353	354	342	341	4	1391	347,625	13
89	354	354	341	339	4	1388	346,95	15,4
90	350	348	334	333	4	1366	341,425	17
91	349	347	346	344	4	1387	346,625	5
92	348	343	336	343,1	4	1370	342,55	11,5
93	356	359	342	352,6	4	1410	352,475	17,2
94	347	355	343	341,6	4	1386	346,55	13,1
95	349	359	346	354,8	4	1409	352,15	12,5
96	346	341	346	336,4	4	1369	342,175	9,6
97	350	351	339	340,3	4	1381	345,15	12
98	356	349	356	352,6	4	1414	353,475	7
99	351	350	343	344,3	4	1388	347	8,5
100	350	348	336	335	4	1370	342,45	15
							353,7270	13,0990
				lsc®	29.891871			
				lsc(x)	363,2762	Lic(x)	344,17788	

## 8.2 Calcular $\bar{X}$ y R para cada subgrupo.

Como cálculo  $\bar{X}$  y R a partir de la tabla No.1

K	A	B	C	D	N	$\Sigma X_i$	$\bar{X}$	R
1	359	350	349.1	348	4	1406.1	351.525	11
2	355	354.4	342.2	341	4	1392.6	348.15	14

**K** = # de veces que se realizaron las muestras

**A,B,C,D** = diferentes muestras

**n** = # de veces que se realizó las muestras

$\Sigma X_i$  = suma de los valores de las muestras

$$\bar{X} = \Sigma X_i / n$$

**R** = Es la diferencia entre la muestra de mayor valor tomada menos la muestra de menor valor tomada.

De todas las K que tomé les muestro únicamente como sacar los dos primeros valores de  $\bar{X}$  y R ya que todos los demás son iguales

$$\bar{X}_1 = \Sigma X_1 / n = 1406.1 / 4 = 351.525 \quad R_1 = M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}} = 359 - 348 = 11$$

$$\bar{X}_2 = \Sigma X_2 / n = 1392.6 / 4 = 348.15 \quad R_2 = M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}} = 355 - 341 = 14$$



### 8.3 Calcular $\bar{X}$ y $\bar{R}$

El cálculo de  $\bar{X}$  y  $\bar{R}$  está dado por

$$\bar{X} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 \dots \bar{X}_K) / K$$

x	R
351,525	11
348,15	14
351,8	16,5
346,525	14
347,3	13,7
353,825	17,3
351,85	19
349	6
344,225	17
346,85	9
349,725	13
349,575	14
344,55	19
351,375	14
351,95	16
340,625	18
344,075	15
345,275	14,2
342,25	6
345,3	10
350,425	18
351,6	42,3
348,45	11
348,55	22
343,95	2,5
342,25	11,1
345,675	7
344,675	12,1
346,175	13,3
353,75	13
346,675	11,9
345,75	3,4
336,95	46,8
345,2	14,8
344,375	13,6

346	17,5
348,225	10,6
340,625	15,4
343,45	23
340,7	13,7
347,3	10
347,9	13,1
349,775	11,6
338	19
346,7	12,5
347,975	17,2
347,225	15,7
348,125	5,1
351,75	22,6
348,7	6
350,575	7,7
352,325	8,8
347,85	10,4
345,15	18,3
349,5	16,3
349,75	6
354,775	15,7
349,25	7,9
352,5	7,6
342,65	14,2
348,775	9
348,4	15,8
348,3	9
345,625	9,7
344,4	9,7
342,35	15,4
347,1	8,5
348,2	5,8
342,225	9,6
345,325	13,8
344,15	8

347,875	10,2
345,425	4,8
346,025	8
345,875	9
340,4	10,1
344,85	8
347,3	12
338,45	18
339,6	8
342,15	9,4
345,05	10,5
351,75	15,3
347	6,1
348,3	15,5
342,725	10,6
344,05	11,7
347,625	13
346,95	15,4
341,425	17
346,625	5
342,55	11,5
352,475	17,2
346,55	13,1
352,15	12,5
342,175	9,6
345,15	12
353,475	7
347	8,5
342,45	15
353,7270	13,0990

Donde  $X=353.7270$   
 $K=100$

$$R = (R_1 + R_2 + R_3 \dots R_K) / K$$

x	R
351,525	11
348,15	14
351,8	16,5
346,525	14
347,3	13,7
353,825	17,3
351,85	19
349	6
344,225	17
346,85	9
349,725	13
349,575	14
344,55	19
351,375	14
351,95	16
340,625	18
344,075	15
345,275	14,2
342,25	6
345,3	10
350,425	18
351,6	42,3
348,45	11
348,55	22
343,95	2,5
342,25	11,1
345,675	7
344,675	12,1
346,175	13,3
353,75	13
346,675	11,9
345,75	3,4
336,95	46,8
345,2	14,8
344,375	13,6
346	17,5
348,225	10,6
340,625	15,4
343,45	23
340,7	13,7
347,3	10
347,9	13,1
349,775	11,6
338	19
346,7	12,5
347,975	17,2

347,225	15,7
348,125	5,1
351,75	22,6
348,7	6
350,575	7,7
352,325	8,8
347,85	10,4
345,15	18,3
349,5	16,3
349,75	6
354,775	15,7
349,25	7,9
352,5	7,6
342,65	14,2
348,775	9
348,4	15,8
348,3	9
345,625	9,7
344,4	9,7
342,35	15,4
347,1	8,5
348,2	5,8
342,225	9,6
345,325	13,8
344,15	8
347,875	10,2
345,425	4,8
346,025	8
345,875	9
340,4	10,1
344,85	8
347,3	12
338,45	18
339,6	8
342,15	9,4
345,05	10,5
351,75	15,3
347	6,1
348,3	15,5
342,725	10,6
344,05	11,7
347,625	13
346,95	15,4
341,425	17
346,625	5
342,55	11,5
352,475	17,2

346,55	13,1
352,15	12,5
342,175	9,6
345,15	12
353,475	7
347	8,5
342,45	15
353,7270	13,0990

Donde R=13.0990

K=100

## 8.4 Calcular los límites de control para “ R “

Está dada por las siguientes fórmulas:

- $LSC_{(R)} = D4 \bar{R}$  Donde D4 y D3 dependen del número de observaciones en la muestra (n) y los valores los obtuvimos del Apéndice A que sirve para obtener los factores para calcular las líneas de control de las gráficas.
- $LIC_{(R)} = D3 \bar{R}$

Donde  $LSC_{(R)}$  = Límite superior de control para  $(R)$

$LIC_{(R)}$  = Límite inferior de control para  $(R)$

En este caso mi número de observaciones (n) es 4 por lo tanto:

$$LSC_{(R)} = D4 \bar{R}$$

$$D4 = 2.282$$

$$LSC_{(R)} = (2.282) (13.0990)$$

$D3 = 0$  del Apéndice A factores para calcular las líneas de Control.

$$LSC_{(R)} = 29.8918$$

$$LIC_{(R)} = D3 \bar{R}$$

$$LIC_{(R)} = (0) (13.0990)$$

$$LIC_{(R)} = 0$$

### 8.5. Calcular los límites de control para $\bar{X}$

Esta dada por las formulas :

- $LSC(\bar{X}) = \bar{X} + A2 * \bar{R}$

Donde  $LSC(\bar{X}) =$  Límite superior de control de  $\bar{X}$

- $LIC(\bar{X}) = \bar{X} - A2 * \bar{R}$

$LSI(\bar{X}) =$  Límite inferior de control de  $\bar{X}$

$A2 =$  Factor para el límite de control (tabla: Apendice "A")

Dependiendo del número de observaciones de la Muestra (n).  $= 0.729$

$R =$  La media de las R.

$$LSC(\bar{X}) = \bar{X} + A2 * R$$

$$LSC(\bar{X}) = 353.7270 + 0.729 * 13.0990$$

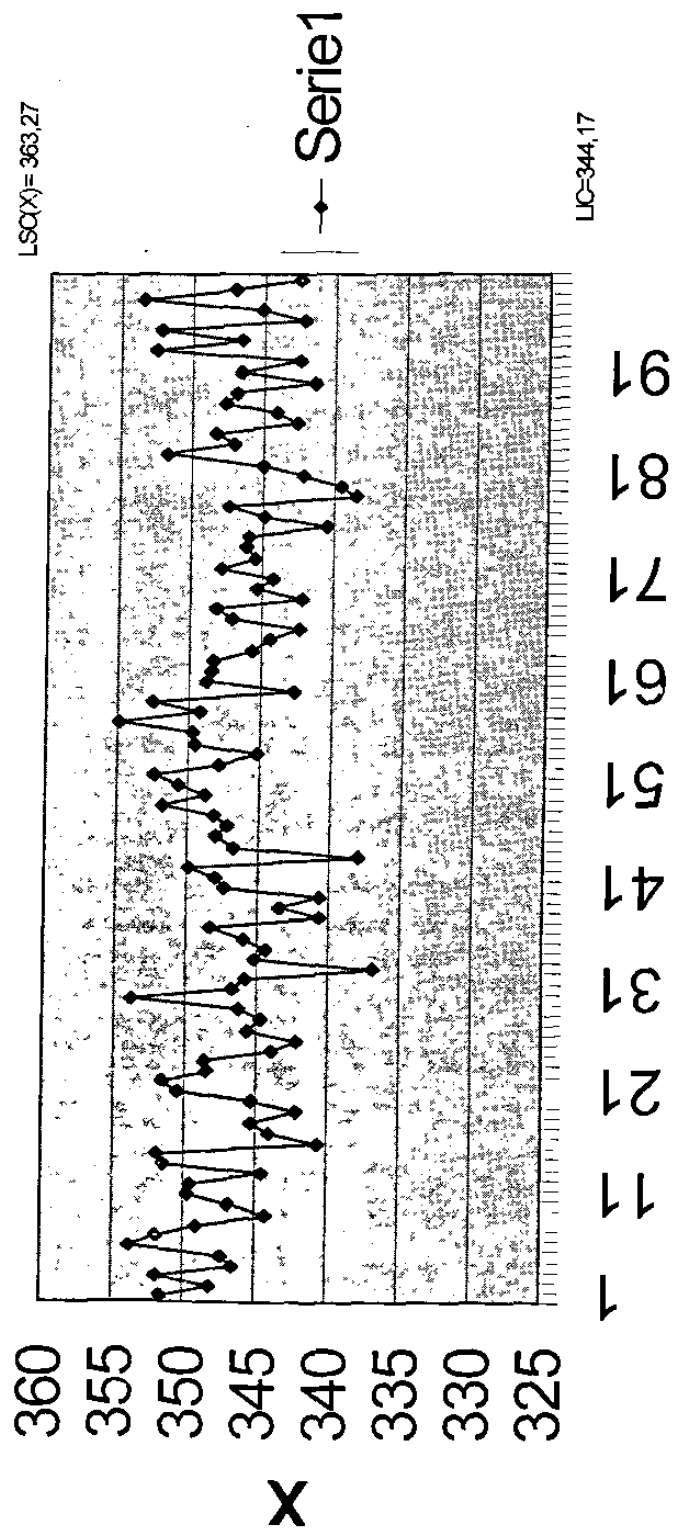
$$LSC(\bar{X}) = 363.2762$$

$$LIC(\bar{X}) = \bar{X} - A2 * \bar{R}$$

$$LIC(\bar{X}) = 353.7270 - 0.729 * 13.0990$$

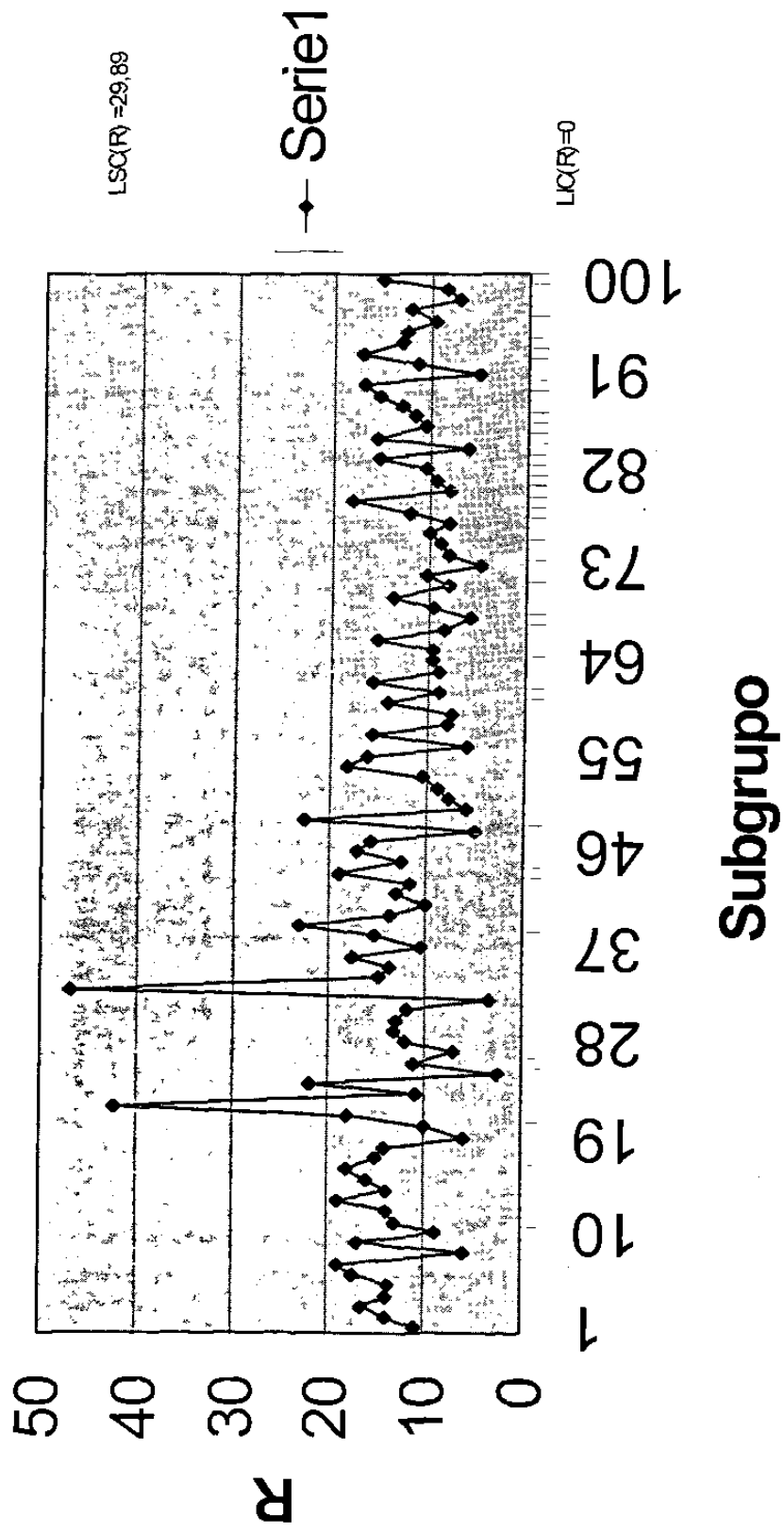
$$LIC(\bar{X}) = 344.1778$$

# Gráfica de X (Hot Dog)



Subgrupos

# Gráfica de R (Hot Dog)



### 8.7. Recálculo y Establecimiento nuevos límites de control para $\bar{X}$

Al recalculer y establecer nuevos límites de control y visualizando la gráfica de control

nos damos cuenta de que dos puntos de  $\bar{X}$  y uno de  $\bar{R}$  se encuentran fuera de los límites de control, estos son:

$$K=22$$

$$K=33$$

Por consiguiente los que nos quedan son: Ver tabla No.2

$$\bar{X} = 346.70$$

$$\bar{R} = 12.1898$$

$$LSC(\bar{X}) = \bar{X} + A_2 * \bar{R}$$

$$LSC(\bar{X}) = 346.60 + 0.729 * 12.1898$$

$$LSC(\bar{X}) = 355.57$$

$$LIC(\bar{X}) = \bar{X} - A_2 * \bar{R}$$

$$LIC(\bar{X}) = 346.70 - 0.729 * 12.1898$$

$$LIC(\bar{X}) = 337.80$$

Tabla No.2 Muestreo Obtenido (Recálculo)

SUBGRUPO	A	B	C	D	n	SUMx	x	R
1	359	350	349	348	4	1406	351,525	11
2	355	354	342	341	4	1393	348,15	14
3	360	360	344	344,1	4	1407	351,8	16,5
4	353	351	343	339	4	1386	346,525	14
5	353	348	340	348	4	1389	347,3	13,7
6	365	353	351	347,2	4	1415	353,825	17,3
7	365	350	347	346,1	4	1407	351,85	19
8	352	347	351	346	4	1396	349	6
9	348	353	336	340,2	4	1377	344,225	17
10	351	344	342	350,3	4	1387	346,85	9
11	356	355	343	344,9	4	1399	349,725	13
12	359	348	345	346,3	4	1398	349,575	14
13	354	353	336	335	4	1378	344,55	19
14	358	344	357	346,2	4	1406	351,375	14
15	360	357	344	346,7	4	1408	351,95	16
16	330	345	348	340	4	1363	340,625	18
17	336	351	339	351	4	1376	344,075	15
18	338	352	340	351,2	4	1381	345,275	14,2
19	339	345	345	340,5	4	1369	342,25	6
20	340	350	350	341,6	4	1381	345,3	10
21	359	359	343	341	4	1402	350,425	18
23	354	352	343	344,5	4	1394	348,45	11
24	361	353	339	340,1	4	1394	348,55	22
25	343	346	343	343,3	4	1376	343,95	2,5
26	337	348	343	342,1	4	1369	342,25	11,1
27	342	349	348	343,7	4	1383	345,675	7
28	338	350	350	340	4	1379	344,675	12,1
29	338	351	344	351,5	4	1385	346,175	13,3
30	360	360	348	347	4	1415	353,75	13
31	353	343	341	350,5	4	1387	346,675	11,9
32	346	345	348	344,1	4	1383	345,75	3,4
34	351	352	341	337	4	1381	345,2	14,8
35	350	347	336	344,1	4	1378	344,375	13,6
36	357	345	341	339,9	4	1384	346	17,5
37	354	346	350	343,2	4	1393	348,225	10,6
38	346	344	342	330,3	4	1363	340,625	15,4
39	356	350	336	332,6	4	1374	343,45	23
40	342	342	347	332,9	4	1363	340,7	13,7
41	347	351	350	341	4	1389	347,3	10
42	350	353	340	349	4	1392	347,9	13,1
43	356	351	345	347,3	4	1399	349,775	11,6
44	329	348	340	335	4	1352	338	19
45	352	352	343	339,8	4	1387	346,7	12,5
46	358	350	341	343,3	4	1392	347,975	17,2
47	350	336	352	351,5	4	1389	347,225	15,7
48	351	350	347	345,4	4	1393	348,125	5,1
49	357	359	354	336,7	4	1407	351,75	22,6
50	348	350	351	345	4	1395	348,7	6



51	349	348	355	350,5	4	1402	350,575	7,7
52	351	358	350	349,6	4	1409	352,325	8,8
53	343	353	353	342,8	4	1391	347,85	10,4
54	337	355	350	338,3	4	1381	345,15	18,3
55	357	356	340	345,3	4	1398	349,5	16,3
56	348	353	351	347	4	1399	349,75	6
57	359	355	360	344,5	4	1419	354,775	15,7
58	344	351	352	350,6	4	1397	349,25	7,9
59	350	357	353	349,7	4	1410	352,5	7,6
60	347	344	347	332,8	4	1371	342,65	14,2
61	353	352	346	344	4	1395	348,775	9
62	354	353	349	337,9	4	1394	348,4	15,8
63	351	350	350	342	4	1393	348,3	9
64	349	345	348	339,7	4	1383	345,625	9,7
65	340	347	350	340,4	4	1378	344,4	9,7
66	350	350	335	334,6	4	1369	342,35	15,4
67	352	344	346	347,2	4	1388	347,1	8,5
68	351	345	349	347,8	4	1393	348,2	5,8
69	348	342	341	338	4	1369	342,225	9,6
70	351	349	344	337,3	4	1381	345,325	13,8
71	348	347	340	341,6	4	1377	344,15	8
72	353	348	349	342,5	4	1392	347,875	10,2
73	347	346	346	342,6	4	1382	345,425	4,8
74	350	344	342	348,1	4	1384	346,025	8
75	350	343	350	341	4	1384	345,875	9
76	347	340	337	337	4	1362	340,4	10,1
77	349	341	347	342,2	4	1379	344,85	8
78	352	353	343	341	4	1389	347,3	12
79	327	343	340	344,6	4	1354	338,45	18
80	342	343	335	338,4	4	1358	339,6	8
81	338	345	338	347,6	4	1369	342,15	9,4
82	350	345	346	339,1	4	1380	345,05	10,5
83	358	353	343	352,4	4	1407	351,75	15,3
84	351	345	345	346,1	4	1388	347	6,1
85	358	345	342	348,3	4	1393	348,3	15,5
86	345	346	344	335,8	4	1371	342,725	10,6
87	343	349	347	336,9	4	1376	344,05	11,7
88	353	354	342	341	4	1391	347,625	13
89	354	354	341	339	4	1388	346,95	15,4
90	350	348	334	333	4	1366	341,425	17
91	349	347	346	344	4	1387	346,625	5
92	348	343	336	343,1	4	1370	342,55	11,5
93	356	359	342	352,6	4	1410	352,475	17,2
94	347	355	343	341,6	4	1386	346,55	13,1
95	349	359	346	354,8	4	1409	352,15	12,5
96	346	341	346	336,4	4	1369	342,175	9,6
97	350	351	339	340,3	4	1381	345,15	12
98	356	349	356	352,6	4	1414	353,475	7
99	351	350	343	344,3	4	1388	347	8,5
100	350	348	336	335	4	1370	342,45	15
							346,7010	12,1898
				lsc@	27,817114			
				lsc(x)	355,58738	Lic(x)	337,81466	

### 8.8. Recálculo y Establecimiento nuevos límites de control para R

Calculando la nueva LSC(R) y LIC (R)

$$LSC_{(R)} = D4 * R$$

$$D4 = 2.282$$

$$LSC_{(R)} = (2.282) * (12.1898)$$

D3 = 0 de Apéndice A factores para  
calcular las líneas de control  
de las gráficas.

$$LSC_{(R)} = 27.81$$

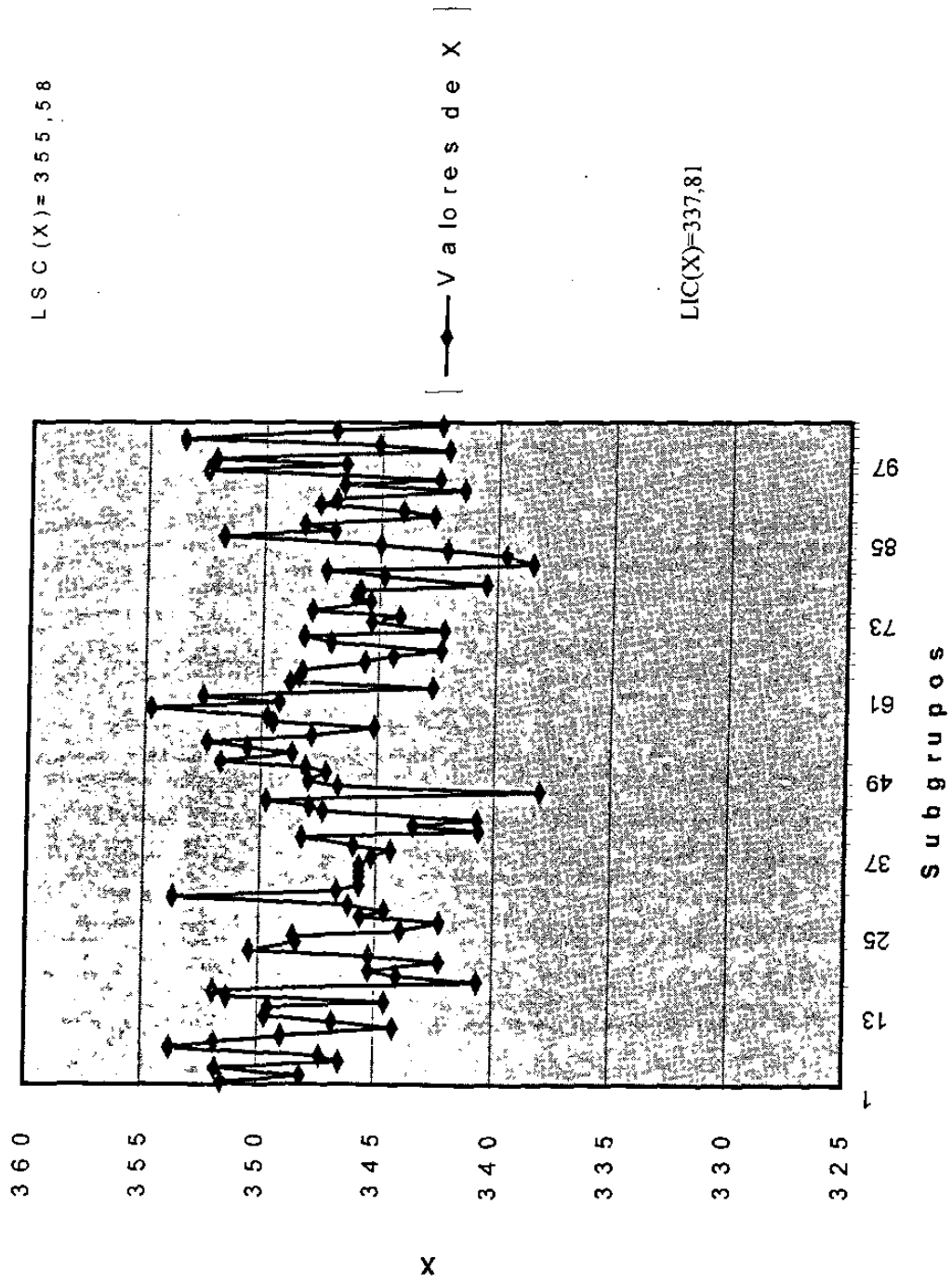
$$LIC_{(R)} = D3 * R$$

$$LIC_{(R)} = (0) * (12.1898)$$

$$LIC_{(R)} = 0$$

**8.9 Graficar X, R, LSC(X), LIC(X), LSC(R), LIC(R)**  
**para visualizar el nuevo proceso**

**G r á f i c a d e X ( H o t D o g )**



LSC(X)=355,58

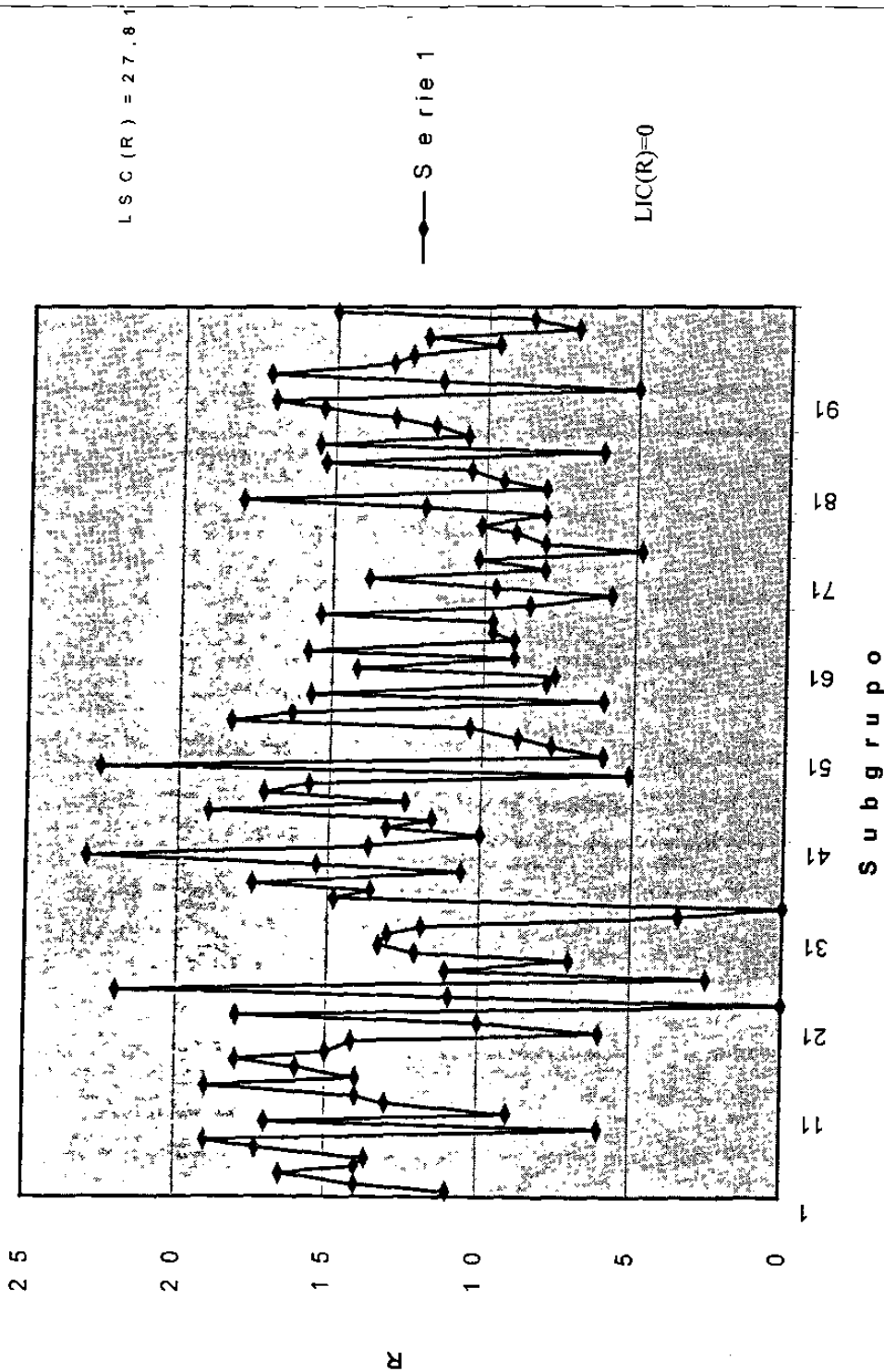
LIC(X)=337,81

—◆— Valores de X

X

Subgrupos

Gráfica de R (Hot Dog)



**8.10. Calcular la Desviación Estándar (G) del proceso bajo control**

$$G = R / d_2$$

$$G = 12.18 / 2.059$$

$$G = 5.91$$

**8.11. Calcular la Habilidad Potencial y Real del proceso bajo control**

$$CP = LSE - LIE / 6G$$

Donde **CP** es la capacidad de proceso  
**LSE** es Límite superior de especificación  
**LIE** es Límite inferior de especificación

$$CP = 368 - 332 / 6 * 5.91$$

$$CP = 36 / 35.46$$

$$CP = 1.015$$

**Como  $CP > 1$  el Proceso es Hábil Potencialmente.**

De acuerdo a los libros de control Estadístico el proceso se encuentra controlado cuando el CP es mayor que 1, en este caso nuestro CP es mayor que 1; Por lo tanto el Proceso está bajo control.

## 8.12 Elaboración de Histogramas de X y R

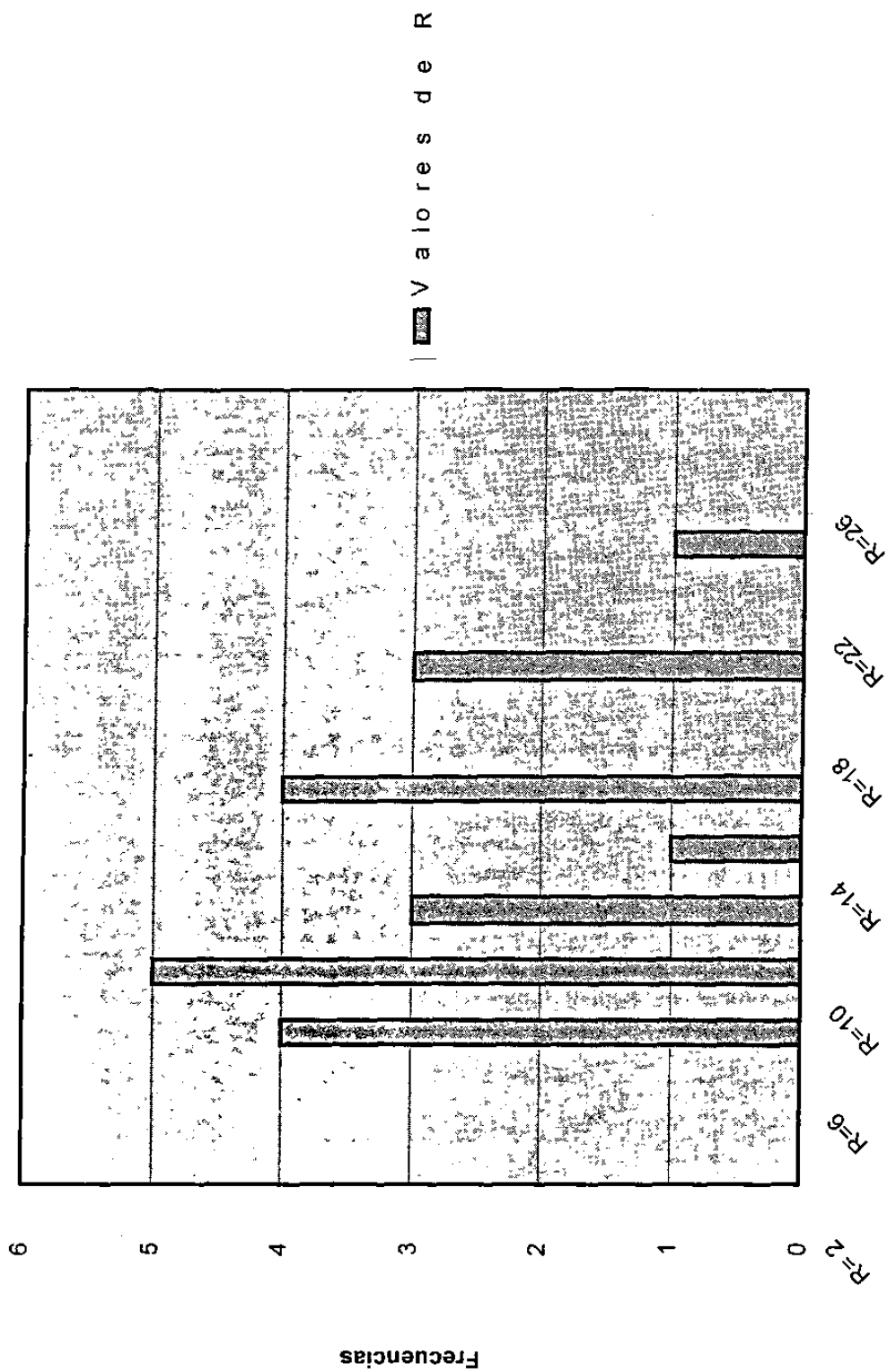
### Datos de X para elaborar el Histograma de Proceso Bajo Control

X	Frecuencia
330	0
333	0
336	3
339	6
342	22
345	34
348	18
350	13
353	4
356	0
359	0

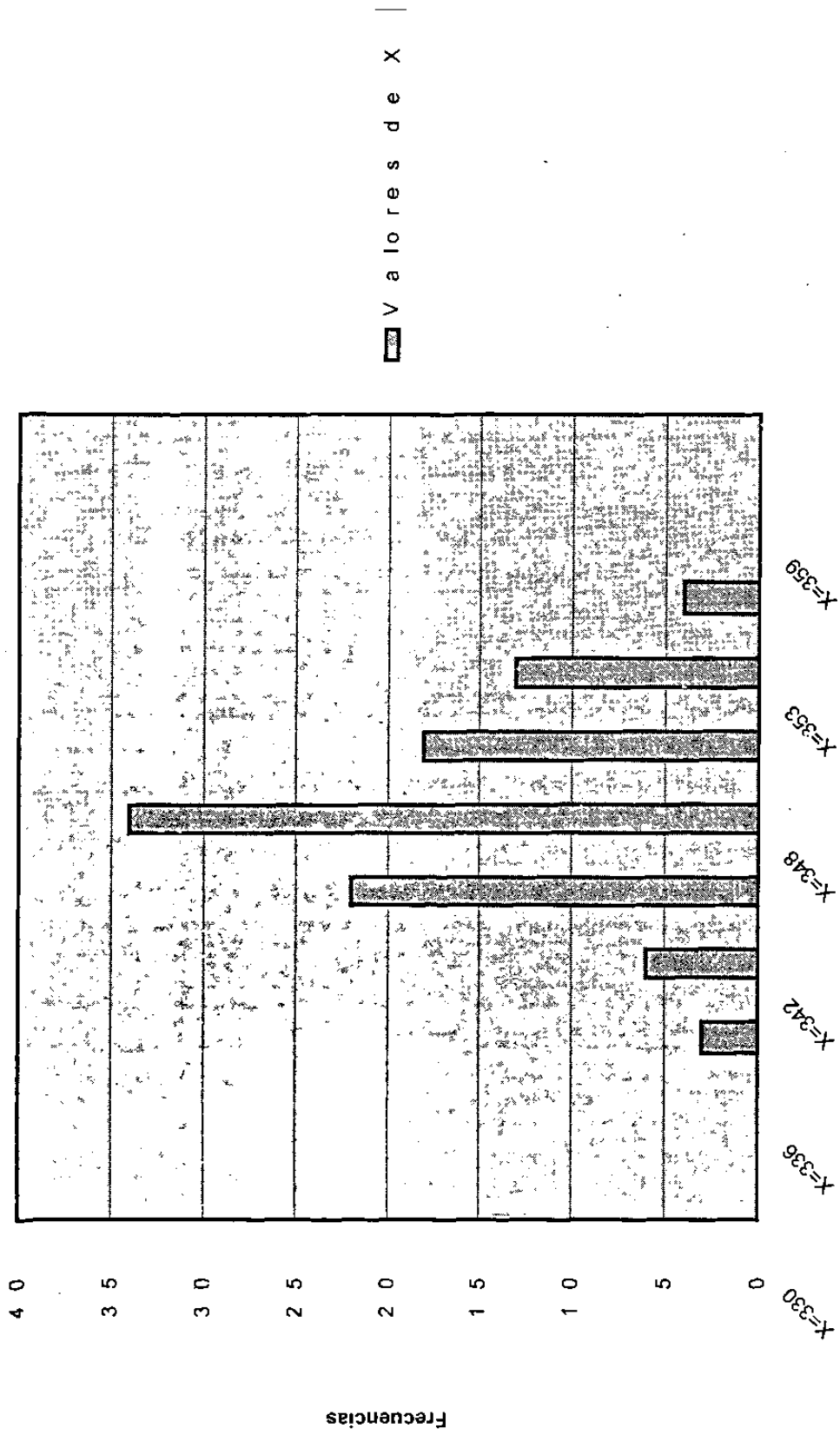
### Datos de R para elaborar el Histograma de Proceso Bajo Control

R	Frecuencia
2	0
4	0
6	4
8	5
10	3
12	1
14	4
16	0
18	3
20	0
22	1
24	0
26	0

Histograma de Frecuencias de (R)



Histograma de Frecuencias (X)





## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1. Conclusiones.

Como conclusión les puedo mencionar que básicamente el uso de las herramientas estadísticas en el control de proceso es fundamental ya que todas las empresas dedicadas a fabricar el producto en serie necesitan tener un control de calidad en su producto.

Al iniciar mi tesis tuve la oportunidad de conocer algunas empresas que elaboran diferentes productos y gracias a esto jugué con las diferentes herramientas estadísticas visualizando que en todas las empresas se utilizan y sirven para verificar el proceso. Escogí los paquetes de panes para hot dog porque tuve la oportunidad de tomar las muestras personalmente dándole un valor agregado a mi tesis.

Gracias al tratado de libre comercio y como consecuencia de este todos los productos que fabrican las empresas mexicanas y extranjeras se vieron en la necesidad de mejorar para bien de los consumidores por lo tanto las empresas capacitaron a sus empleados; compraron maquinaria nueva mejoraron sus plantas etc. esto con el fin de mantenerse dentro del mercado en donde este mismo te empuja u obliga a mejorar tus productos ya que la gente conocedora de alguna manera busca productos con calidad.

Viéndolo fríamente en el próximo siglo la globalización que enmarca nuestra era implicará a una mayor preparación; muy a pesar de los grandes empresarios que necesariamente tendrán que renovarse o morir como es la ley de la naturaleza.

Si en este momento nos entregan productos con calidad tendrán que mejorar este pues ahora el mercado sufrirá un gran cambio puesto que competirá contra los

mercados de todo el mundo. Por eso para entrar en la nueva era económica conociendo las responsabilidades de las diferentes administraciones y estableciendo un liderazgo dirigido al cambio esta situación hace que la cultura de vivir con el error o los productos defectuosos no tengan cabida en un entorno de calidad; pues no les aseguran a la compañía su estancia en el mercado.

En mi caso práctico al obtener los muestreos y utilizar por primera vez las gráficas de control visualice los puntos fuera de control. Y después al quitar estos puntos y volver a hacer las operaciones las gráficas me dieron los puntos dentro de los rangos permitidos logrando controlar el proceso. Comprobándolo al obtener el CP para saber si la capacidad del proceso era hábil al hacer las operaciones correspondientes nos dimos cuenta que el proceso era hábil potencialmente después se le hicieron los ajustes necesarios a la maquina

## **9.2. Recomendaciones.**

El cambio de cultura no es fácil lleva tiempo y constancia de propósito solo la alta gerencia puede lograr este cambio para mejorar la competitividad del negocio y asegurar el éxito en el futuro.

Por eso recomiendo saber prepararse y conocer de las diferentes herramientas estadísticas para que puedas visualizar, analizar y controlar un proceso cualquiera haciendo la aclaración que este te da una idea pero que otros factores pueden influir de alguna manera.

De igual manera es recomendable utilizar el resto de las herramientas para comprobar lo efectuado en este estudio para comprobar lo efectuado en este estudio tales como Diagrama de Pareto, Círculos de Calidad esto para mejorar la calidad del personal de la empresa. Es recomendable tomar muestreos constantes para llevar un control de la producción y ver cuando y en cuanto tiempo se salen fuera de control al obtener todos los datos y llevar un historial, con esto podemos determinar las posibles fallas de máquina. Es importante contemplar que uno de los factores primordiales es el factor humano, así que la capacitación es indispensable.

# BIBLIOGRAFIA

**W. Edwards Deming**

**Calidad, Productividad y Competitividad.**

Ediciones Díaz de Santos. S.A.

1989.

**Vicent K. Omachonu / Joel E. Ross**

**Principios de la Calidad Total**

Diana

Primera Edición

1994

**Irwin Miller**

**Probabilidad y Estadística para Ingenieros.**

Editorial Reverte.

1984

**Edmundo Guajardo Garza**

**Administración de la Calidad Total**

Pax

Primera Edición

1996

**Robert T. Amsden / Howard E. Butler / Davida M. Amsden**  
**Control Estadístico de Procesos Simplificado**

Panorama

Primera Edición

1993

**Philip C. Thompson**

**Círculos de Calidad**

Editorial Norma

1991

**James R. Evans / William M. Lindsay**

**Administración y Control de la Calidad**

Grupo Editorial Iberoamericana

Segunda Edición

1995

## Lista de Figuras

<b>Figura.</b>	<b>Nombre</b>	<b>página</b>
 <b>Capítulo 3.</b>		
3.1.	Hoja de trabajo para cálculos de gráficas de control	10
3.2.	Cálculos de límites de Control	11
3.3.	Punto único fuera de los límites de control	13
3.4.	Desplazamiento del Promedio del Proceso	15
3.5.	Ejemplos de procesos fuera de control	17
3.6.	Ciclos	18
3.7.	Tendencia Gradual	19
 <b>Capítulo 4.</b>		
4.1	Areas bajo la curva normal	32
4.2.	Deformaciones de las diferentes curvas	34
4.3.	Diagrama de Pareto	37
4.4.	Gráfico de Pareto	38
4.5.	Histograma de frecuencias	40
4.6.	Distribución de Frecuencias	43
4.7.	Gráfica de promedio y rango	45
4.8.	Gráficas de porcentaje defectuoso	46
 <b>Capítulo 5.</b>		
5.1	Círculo de Shewart	60
5.2.	Diagrama de flujo de parámetros	62
 <b>Capítulo 6.</b>		
6.1.	Escala de medición	67
6.2.	Comparativo por medio de distribución de frecuencias	71
 <b>Capítulo 7.</b>		
7.1.	Flujo para el establecimiento de control estadístico	86

## LISTA DE TABLAS

### Capítulo 4.

<b>FIGURAS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PAGINA</b>
4.1	Ejemplo sobre artículos defectuosos	37

### Capítulo 7.

<b>FIGURAS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PAGINA</b>
7.1	Formato de Atributos	91
7.2	Formato de Variables	96
7.3	Ejemplo X-S	97

## APENDICE A

### Factores para Calcular las líneas de control de las gráficas

Observaciones en la muestra, n	Carta para promedios		Carta para desviaciones estándar				Carta para rangos						
	Factores para límites de control		Factores para línea central		Factores para límites de control				Factores para línea central		Factores para límites de control		
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	1/C <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	1/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.267
3	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	2.574
4	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	2.282
5	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	2.114
6	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	2.004
7	0.419	1.182	0.9594	1.04230	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.076	1.924
8	0.373	1.099	0.9650	1.363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.136	1.864
9	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.184	1.816
10	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.223	1.777
11	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.256	1.744
12	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.283	1.717
13	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	0.307	1.693
14	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	0.328	1.672
15	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	0.347	1.653
16	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	0.363	1.637
17	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	0.378	1.622
18	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	0.391	1.608
19	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	0.403	1.597
20	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	0.415	1.585
21	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	0.425	1.575
22	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	0.434	1.566
23	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	0.443	1.557
24	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	0.451	1.548
25	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	0.459	1.541

## GLOSARIO

**Adecuación al uso:** Debe estar dada en términos de diseño, conformación, disponibilidad, seguridad y uso práctico. Esta determinada por el usuario de productos o servicios.

**Atributos:** Características no mensurables. Están o no presentes.

**Bajo Control:** Condición en la variación de los puntos en un diagrama de control permanece dentro de los límites. Al estar el proceso bajo control, aparentemente no existen causas asignables activas.

**Calidad:** Adecuación al uso en el justo tiempo y con el precio debido con la mayor satisfacción del cliente.

**Capacidad de proceso:** Es la aptitud a largo plazo de un proceso o máquina para fabricar una parte con las dimensiones especificadas.

**Círculos de Calidad:** Grupo voluntario formado por empleados del mismo departamento quienes se reúnen regularmente para buscar mejoras para su área de trabajo.

**Círculo de Shewart:** Podemos definirlo como planear, hacer, verificar y actuar.

**Control:** Prevención de cambios en un proceso. Los medios que se utilizan para mantener las mejoras en el rendimiento.



**Control Total de Calidad:** Es un programa diseñado con el fin de refrenar las fallas en un proceso de fabricación, por medios estadísticos.

**Desviación Estándar:** Cálculo especial que describe la agrupación de mediciones en torno al centro de una curva normal. Este número puede utilizarse para describir la dispersión del proceso.

**Diagrama de Causa y Efecto:** Diagrama que muestra en forma gráfica la relación entre las causas y un efecto determinado, o de éstas entre sí- También conocido como diagrama de pescado.

**Diagrama de Dispersión:** Se utiliza para estudiar la relación que puede existir entre dos variables, se puede dar entre una causa y un efecto, o entre dos causas o entre dos efectos.

**Diagrama de Parcto:** Gráfica que representa en forma ordenada de mayor a menor, la ocurrencia de los factores sujetos a estudio y nos indica cuál problema debemos resolver primero. Es decir cuales son los verdaderamente importantes y cuales son los de menor importancia.

**Distribución de frecuencias:** Patrón formado por un grupo de mediciones en unidades del mismo tipo. anotadas según las veces que ocurre cada una de ellas.

**Estratificación:** Significa dividir los elementos de algo en capas situadas en diferentes planos.

**Flujograma de Proceso:** Diagrama que señala la secuencia de un trabajo o tarea en particular. Es útil para seguir el flujo de la información, el personal o los documentos durante el proceso de producción o entrega de un servicio.

**Gráfica de atributos:** Tipo de gráfica en la que las características no se miden con números, sino si son aceptables o no, buenas o malas.

**Gráfica de Control:** Tipo especial de gráfica que indica los resultados de inspecciones limitadas periódicas, a lo largo del tiempo. Es útil para saber cuándo corregir el proceso y cuándo dejarlo trabajar.

**Gráfica de Promedio y Rango:** Gráfica de variables de uso más generalizado, llamado también Gráfica X Testada R.

**Gráfica de Variables:** Tipo de gráfica en el que las cosas o mediciones representadas se miden con cifras. La gráfica de promedio y rango.

**Gráfica X testada R:** Tipo de gráfica de control de variables que utiliza promedios y rangos para indicar si el proceso requiere ajuste o si se le deja tal como está.

**Histograma:** Es la representación gráfica de una distribución de frecuencias.

**Índice de capacidad (Cp):** Número que indica la capacidad de un sistema o proceso, para encontrarlo, comparar la dispersión del proceso contra la de la especificación y expresarla como desviación estándar.

**Inspección:** Paso de un flujograma de proceso en el que se revisa o verifica que la tarea o componente del servicio cumpla los requerimientos.

z

**Justo a tiempo:** Sistema de calidad cuyo objetivo es tener cero inventario en proceso.

**Límite inferior de especificación (LIE):** Valor menor aceptable para la tarea o servicio que producen un proceso u operación.

**Límite inferior particular (bruscar) :** Valor menor que se estima que producirá la operación. No debe confundirse con el límite inferior de control para promedio (LICx).

**Límite Superior de Control (LSC):** Parámetro superior, debajo del cual los puntos en una gráfica de control pueden variar sin necesidad de ajuste o control.

**Límite Superior de Especificación (LSE):** Mayor valor aceptable para la tarea o servicio que un proceso u operación producen.

**Límite de Control:** Marcas en una gráfica de control dentro de los que puede existir variación en los puntos de trazo sin necesidad de arreglo o ajuste. Se basan en antecedentes e indican lo que se puede esperar de un proceso en tanto nada cambie.

**Muestra:** Varias pero no todas, las lecturas posibles en un grupo de artículos de mismo equipo.

**Muestra aleatoria:** Tipo de muestra en la que cada artículo del lote por muestra tiene las mismas posibilidades de ser seleccionado como parte de la muestra.

**Operación:** Paso en un programa de proceso. Trabajo requerido para terminar una tarea.

**Productividad:** Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, también se define como la cantidad de producto que puede obtenerse mediante la aplicación de un factor determinado.

**Rango:** Diferencia entre las lecturas mayor y menor en un grupo.

**Sigma:** Símbolo de la desviación estándar.

**Tamaño de muestra:** En el muestreo de aceptación el número de artículos de un lote que deben inspeccionarse para decidir la aceptación o rechazo del mismo.

## AUTOBIOGRAFÍA

El grado que deseo obtener con la Tesis es el de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad.

El título de la tesis es: **“El Empleo de las Herramientas Estadísticas en el Control de Proceso”**.

Soy Ingeniero Mecánico egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Nací el 26 de Junio de 1973 en Nizanda, Oaxaca, México.

Los nombres de mis padres son Nancy Cabrera Toledo y Felipe Avila Reyes.

Me he dedicado a la docencia y actualmente estoy como catedrático en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la U.A.N.L. y por lo pronto no pertenezco a ninguna organización profesional.

