



MANUAL DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

ALUMNOS

Julio 2001

INDICE

CONTENIDO	Pagina
Introducción	2
Técnicas de control	3
Factores de control	3
Importancia del control	4
Tipos de controles	5
Areas de control	5
Procedimiento del control de actividades	6
Repaso de estadísticas y probabilidades	7
Glosario Básico	8
Descripción de datos estadísticos	8
Probabilidades	11
Distribuciones de variables discretas	14
Distribuciones de variables continuas	19
Diagramas de Flujo de Proceso	22
Diagrama causa Efecto	24
Histograma de Frecuencia	27
Gráfico de Correlación o dispersión	33
Capacidad de proceso	35
Cuestionario critico	35
Hoja de verificación	36
Gráficas de control	36
Diagrama de Pareto	42
Diagrama de interrelaciones	44
Diagrama de afinidad	46
Diagrama de árbol	47
Diagrama de decisiones de acción	48
Diagrama sagital	50
Análisis factorial de datos	54

INTRODUCCIÓN

El control de los procesos es una actividad de vital importancia para cualquier organización, ya que le permite visualizar su posición respecto a la planificación inicial de sus actividades y en función de esta tomar las decisiones pertinentes a cada caso. Las actuales tendencias del mercado han generado la necesidad de prestarle mayor importancia al cliente, de manera tal que el mismo se transforma en la razón de ser de las organizaciones es por ello que la búsqueda de la satisfacción de los clientes es el norte de toda empresa.

Con base en esta necesidad se han diseñado una gran cantidad de herramientas que permiten el control y análisis de los procesos, con el fin único de optimizarlos y asegurar la satisfacción del cliente. Las técnicas de control de procesos se pueden clasificar en dos grupos, **las herramientas clásicas y las nuevas herramientas**. El primer grupo esta compuesto por Diagramas de Flujo de Proceso, Diagrama Causa – Efecto, Diagrama de Pareto, Diagrama de Correlación o Dispersión, Histogramas, Cuestionario Critico y Hoja de Seguimiento.

Las nuevas herramientas son aquellas diseñadas para evaluar situaciones que las herramientas clásicas no pueden detectar. Estas herramientas son: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Relaciones, Diagrama de Arbol, Diagrama Matricial, Diagrama Sagital, Diagrama de Decisiones de Acción y Análisis Factorial.

Adicionalmente a estas técnicas o herramientas en el control de procesos se utilizan una serie de herramientas estadísticas llamadas Gráficos de Control de Procesos las cuales permite monitorear un proceso a través de una grafica de control o diagrama de recorrida.

En este manual se tratara los principios básicos de cada una de ellas, como y cuando aplicarlas, adicionalmente a este manual hay una serie de problemas seleccionados donde se aplican algunas de las herramientas mencionadas, en especial los grafico de control de procesos.

Este trabajo pretende ser una especie de guía rápida al usuario sobre las técnicas que desea aplicar en el control o diagnostico de un proceso. Obviamente el usuario deberá poseer un amplio bagaje de conocimientos en estadísticas, probabilidades y control de calidad, lo cual le permitirá sacar el máximo provecho a las herramientas estudiadas. Sin embargo previendo que esto no suceda dentro de este manual se incluye una sección dedicada a refrescar los conocimientos en estadísticas y calculo de probabilidades.

TÉCNICAS DE CONTROL

Control: Proceso para asegurar que las actividades reales se ajusten a las actividades planificadas. Permite mantener a la organización o sistema en buen camino. La palabra control ha sido utilizada con varios y diferentes sentidos

Control como función coercitiva y restrictiva, para inhibir o impedir conductas indeseables, como llegar con atraso al trabajo o a clases, hacer escándalos, etcétera.

Control como verificación de alguna cosa, para apreciar si está correcto, como verificar pruebas o notas.

Control como comparación con algún estándar de referencia como pensar una mercadería en otra balanza, comparar notas de alumnos y otros.

Control como función administrativa, esto es, como la cuarta etapa del proceso administrativo. Constituye la cuarta y ultima etapa del proceso administrativo. Este tiende a asegurar que las cosas se hagan de acuerdo con las expectativas o conforme fue planeado, organizado y dirigido, señalando las fallas y errores con el fin de repararlos y evitar que se repitan.

Establecimiento de Estándares: Un estándar puede ser definido como una unidad de medida que sirve como

modelo, guía o patrón con base en la cual se efectúa el control.

Los estándares son criterios establecidos contra los cuales pueden medirse los resultados, representan la expresión de las metas de planeación de la empresa o departamento en términos tales que el logro real de los deberes asignados puedan medirse contra ellos.

Los estándares pueden ser físicos y representar cantidades de productos, unidades de servicio, horas-hombre, velocidad, volumen de rechazo, etc., o pueden estipularse en términos monetarios como costos, ingresos o inversiones; u otros términos de medición.

Medición de resultados: Si el control se fija adecuadamente y si existen medios disponibles para determinar exactamente que están haciendo los subordinados, la comparación del desempeño real con lo esperado es fácil. Pero hay actividades en las que es difícil establecer estándares de control por lo que se dificulta la medición.

Corrección: Si como resultado de la medición se detectan desviaciones, corregir inmediatamente esas desviaciones y establecer nuevos planes y procedimientos para que no se vuelvan a presentar.

Retroalimentación: Una vez corregidas las desviaciones, reprogramar el proceso de control con la información obtenida causante del desvío.

Factores Del Control

Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control.

Cantidad, Tiempo, Costo y Calidad.

Los tres primeros son de carácter cuantitativo y el último es eminentemente cualitativo.

El factor cantidad se aplica a actividades en la que el volumen es importante.

A través del factor tiempo se controlan las fechas programadas.

El costo es utilizado como un indicador de la eficiencia administrativa, ya que por medio de él se determinan las erogaciones de ciertas actividades.

La calidad se refiere a las especificaciones que debe reunir un cierto producto o ciertas funciones de la empresa.

Controles Utilizados Con Más Frecuencia En Los Factores Del Control

Cantidad	Tiempo	Costo	Calidad
Presupuestos	Estudios de tiempos	Presupuestos	Evaluación de la actuación
Estimaciones	Fechas límite	Costo por metro cuadrado	Pruebas psicológicas
Productos terminados	Programas	Costos estándar	Inspecciones visuales
Unidades vendidas	Tiempo – máquina	Pronósticos	Coeficientes
Unidades rechazadas	Medición del trabajo	Contabilidad	Rendimiento del personal
Inventarios de personal	Procedimientos	Productividad	Informes
Medición del trabajo	Estándares	Rendimientos /inversión	Procedimientos
Pronósticos			Estándares
Control de inventarios			Calificación de méritos

Importancia del Control

- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los planes exitosamente.

- Se aplica a todo: a las cosas, a las personas y a los actos.
Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones para que no vuelvan a presentarse en el futuro.
- Localiza los sectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.
- Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de la planeación.
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.
- Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.

Tipos de Controles

Control preliminar. Este control tiene lugar antes de principiar operaciones e incluye la creación de políticas, procedimientos y reglas diseñadas para asegurar que las actividades planeadas serán ejecutadas con propiedad. La consistencia en el uso de las políticas y procedimientos es promovida por los esfuerzos del control.

Control concurrente. Este control tiene lugar durante la fase de la acción de ejecutar los planes e incluye la dirección, vigilancia y sincronización de las actividades, según ocurran.

Control de retroalimentación. Este tipo de control se enfoca sobre el uso de la información de los resultados anteriores, para corregir posibles desviaciones futuras del estándar aceptable.

Áreas del Control

El control, actúa en todas las áreas y en todos los niveles de una empresa. Prácticamente todas las actividades de una empresa están bajo alguna forma de control o monitoreo.

Preferentemente debe abarcar las funciones básicas y áreas clave de resultados como:

Control de producción. La función del control en esta área busca el incremento de la eficiencia, la reducción de costos, y la uniformidad y mejora de la calidad del producto, aplicando técnicas como estudios de tiempos y movimientos, inspecciones, programación lineal, análisis estadísticos y gráficas.

Control de calidad. Se refiere a la vigilancia que debe hacerse para comprobar una calidad específica tanto en materias primas como en los productos terminados; establece límites aceptables de variación en cuanto al color, acabado, composición, volumen, dimensión, resistencia, y otros.

Control de inventarios. Se encarga de regular en forma óptima las existencias en los almacenes tanto de refacciones como de herramientas, materias primas, productos en proceso y terminados; protegiendo a la empresa de costos innecesarios por acumulamiento o falta de existencias en el almacén.

Control de compras. Esta función verifica el cumplimiento de actividades como: a) Selección adecuada de los proveedores, b) Evaluación de la cantidad y calidad especificadas por el departamento solicitante, c) Control de los pedidos desde el momento de su requisición hasta la llegada del material, d) Determinación del punto de pedido y reorden, e) Comprobación de precios.

Control de mercadotecnia. Se efectúa mediante el estudio de informes y estadísticas donde se analiza si las metas de mercadeo se han cumplido o no; comprende áreas tales como ventas, desarrollo de productos, distribución, publicidad y promoción.

Control de ventas. Los pronósticos y presupuestos de ventas son esenciales para el establecimiento de este control. La función de este sistema sirve para medir la actuación de la fuerza de ventas en relación con las ventas pronosticadas y adoptar las medidas correctivas adecuadas.

Control de finanzas. Proporciona información acerca de la situación financiera de la empresa y del rendimiento en términos monetarios de los recursos, departamentos y actividades que la integran.

Control de recursos humanos. Su función es la evaluación de la efectividad en la implantación y ejecución de todos y cada uno de los programas de personal y del cumplimiento de los objetivos de este departamento, aplicando la evaluación al reclutamiento y selección, capacitación y desarrollo, motivación, sueldos y salarios, seguridad e higiene y prestaciones.

PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE ACTIVIDADES

Para controlar las actividades de la empresa mediante indicadores se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir el indicador o variable representativa del proceso a controlar (tiempo, costos, cantidad, atributos de calidad y otros).
- Establecer los métodos de cálculo y anotación o recolección de la información.
- Observar e interpretar los resultados obtenidos en los pasos anteriores.
- Investigar las causas que originan las desviaciones del indicador.
- Tomar una decisión o plan de acción según lo observado.
- Comprobar la efectividad de las acciones o decisiones tomadas.

Definir el Indicador: Es necesario tener claro que el interés principal en el estudio de un indicador es el de observar la tendencia que muestran los valores a través del tiempo, para tomar medidas correctivas en cuanto se aparten del plan general o de la programación específica. Cada indicador debe cumplir lo siguiente:

- Especificar el tipo de indicador (maximización, minimización o estabilización).
- Campo de variación.
- Eficiencia de la dirección.
- Exactitud del trabajo.
- Precisión y seguridad de acción.
- Configuración del indicador.

Definir Métodos de Cálculo y Anotación: Según la naturaleza del proceso se tienen que establecer métodos sencillos y eficaces de cálculo y anotación de los valores que pueda tomar el indicador. En primer lugar se debe establecer una base o situación ideal del indicador en función a una situación normal o aceptable por los directores de la empresa. Esta base puede ser fija o variable. Luego se diseña el procedimiento para la toma de muestras de valores del indicador y el proceso o tratamiento al cual serán sometidas dichas observaciones con el fin de obtener resultados entendibles para toda la empresa.

Observación e Interpretación: En este paso debemos observar la tendencia de los resultados obtenidos al procesar el indicador. A menos que la desviación sea extremadamente grande, un solo valor no tiene importancia sino una serie de valores.

Investigación: Los indicadores solo señalan si una actividad es correcta o no en sus resultados, pero no dicen el porque. Las causas de las variaciones deben investigarse directamente en el terreno de los hechos. Debe tenerse en cuenta que la causa que origina la diferencia puede encontrarse en otros departamentos o fuera de la empresa.

Decisión: Una vez localizada la causa, deben plantearse las diversas alternativas que puedan seguirse para su ajuste o solución y calcularse la probabilidad de éxito de cada una de ellas.

Comprobación: Al tomar la decisión de ajuste o cambio en la causa que origina un resultado no deseado debe

verificarse que la practica sea la correcta, mediante la observación del indicador. Si la decisión fue correcta o incorrecta se mostrara en el nuevo rumbo que tome la tendencia en los resultados futuros de la actividad estudiada.

Las técnicas de control de procesos se pueden clasificar en dos grupos, **las herramientas clásicas y las nuevas herramientas**. El primer grupo esta compuesto por Diagramas de Flujo de Proceso, Diagrama Causa – Efecto, Diagrama de Pareto, Diagrama de Correlación o Dispersión, Histogramas, Cuestionario Critico y Hoja de Seguimiento.

Las nuevas herramientas son aquellas diseñadas para evaluar situaciones que las herramientas clásicas no pueden detectar. Estas herramientas son: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Relaciones, Diagrama de Arbol, Diagrama Matricial, Diagrama Sagital, Diagrama de Decisiones de Acción y Análisis Factorial.

Adicionalmente a estas técnicas o herramientas en el control de procesos se utilizan una serie de herramientas estadísticas llamadas Gráficos de Control de Procesos las cuales permite monitorear un proceso a través de una grafica o diagrama de recorrida.

Estos instrumentos y análisis de control serán estudiados uno a continuación.

REPASO DE ESTADÍSTICAS Y PROBABILIDADES

Los métodos estadísticos de acuerdo a su función, se dividen en métodos estadísticos descriptivos y métodos estadísticos inductivos; los primeros son aquellos que tratan de condensar o resumir todos los datos o características de una serie de valores para de esta forma describir varios aspectos de la serie. Los inductivos tratan de estimar las características de la población, universo o colectivo; a través del estudio de una o varias partes de esta población llamadas muestras.

GLOSARIO BASICO

- **Dato estadístico:** es toda información de carácter cuantitativo o cualitativo que permite obtener una idea del estado del fenómeno en estudio.
- **Población o Universo:** Es un conjunto finito o infinito de elementos que tiene características comunes.
- **Censo:** Significa abarcar todos los elementos integrantes de una población para definir las características estudiadas.
- **Parámetro:** Medida de resumen que describe una característica de un universo.
- **Muestra:** Parte de una población o subconjunto de un conjunto de elementos que resulta de la aplicación de algún proceso, generalmente selección deliberada, con el objeto de investigar las propiedades de la población o conjunto de los cuales proviene.
- **Muestreo:** Proceso mediante el cual se obtienen una o más muestras representativas de un universo. El muestreo leva implícito las siguientes ventajas: Economía en la realización de la investigación y la rapidez en la obtención de resultados.
- **Muestra aleatoria:** Muestra tomada al azar. Donde todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados.
- **Teoría del muestreo.** Es el estudio de la relación existente entre una población y las muestras tomadas de ella. Comprende aspectos como la representatividad de la muestra, el tamaño y los tipos y conveniencia del muestreo.
- **Estadístico:** Medida que resume y describe una característica de una muestra.
- **Variable:** Es un símbolo, generalmente una letra, que puede tomar un conjunto de valores prefijados llamado dominio de esa variable.
- **Función:** Es una regla o relación que asigna a cada valor de una variable independiente X un valor por, correspondencia, de una variable dependiente Y. Se escribe $Y=f(x)$, se lee Y es función de X.

- **Variable independiente:** Es aquella a la cual se le puede asignar un valor cualquiera dentro de su dominio. Es decir si queremos establecer una relación entre el peso y la edad de los niños menores de 6 años se puede decir entonces que la edad de los niños es la variable independiente y puede tomar valores entre 0 y 6.
- **Variable dependiente:** Es aquella cuyo valor depende del valor asignado a la variable independiente. En el caso anterior el peso de los niños es la variable dependiente.

DESCRIPCION DE DATOS ESTADISTICOS

Medidas de Ubicación en los Conjuntos de Datos.

Una medida de ubicación es un valor que se calcula para un grupo de datos y que se utiliza para describir los datos en alguna forma. Generalmente se busca que el valor sea representativo de todos los valores del grupo y por lo tanto se desea un estadístico de tendencia central. Existen diversos estadísticos de tendencia central pero para el alcance del curso estudiaremos cuatro de ellos: La Media Simple, La Media Ponderada, La Mediana y La Moda.

La Media Aritmética: También llamada promedio simple se define matemáticamente como el cociente entre la suma de una serie de valores y el numero de valores de la serie.

$\bar{X} = \sum X_i / N$. Siendo N el numero de datos. Este estadístico nos permite conocer el valor alrededor del cual se presentan los valores de una serie.

Para datos agrupados en distribuciones de frecuencia se utiliza el punto medio de cada clase para el calculo de la media aritmética. La cual se obtiene a través de esta expresión.

$\bar{X} = \sum (F_i X_i) / \sum F_i$, en donde X_i es el punto medio de clase y F_i es la frecuencia absoluta de cada clase. En este caso se puede decir que $\sum F_i = N$, siendo N el numero de datos.

La Media Ponderada: También conocido como promedio ponderado es una media aritmética en la cual cada valor se pondera de acuerdo a su importancia en le grupo total. Esta importancia se determina a través de un valor k que puede estar sujeto a consideraciones subjetivas del investigador. La expresión matemática para el calculo de la media ponderada es: $\bar{X}_p = \sum (k_i X_i) / \sum k_i$, siendo k_i el valor de ponderación correspondiente al dato X_i .

La Mediana: La mediana de un grupo de valores es el valor del ítem medio cuando todos los ítems del grupo se han dispuestos en orden ascendente o descendente, en términos de valor. Para un grupo con un numero par de elementos se supone que la mediana esta en la posición intermedia entre dos valores adyacentes al medio. Cuando trabajamos con datos agrupados en distribuciones de frecuencia, debemos determinar primero la clase que contiene el valor de la mediana (aquella cuya frecuencia absoluta acumulada iguala o excede a la mitad del numero total de observaciones). Una vez identificada esta clase se proceda a interpolar a través de la formula:

$$\text{Med} = CL + \{ (N/2 - \sum f_i - 1) / f_i \} I$$

Siendo CL = frontera inferior de la clase que contiene a la mediana

N = Numero total de datos u observaciones en la distribución de frecuencia

$\sum f_i - 1$ = Frecuencia acumulada en la clase precedente a la clase que contiene la mediana

f_i = Frecuencia absoluta en la clase que contiene la mediana

I = Tamaño del intervalo de clase

La Moda: La moda es el valor que ocurre mas frecuentemente en un conjunto de valores. Dicha distribución se describe como unimodal. Para los conjuntos pequeños de valores en los cuales no se repiten valores medidos, no hay moda. Puede darse el caso de que una distribución de valores tenga mas de una moda. En este caso hablamos de distribuciones multimodales.

Para los datos agrupados en una distribución de frecuencia, con intervalos de clase iguales, se determina primero la clase modal (aquella que contiene el valor de la moda), identificada con el numero mayor de observaciones (mayor frecuencia absoluta). Después interpolamos a través de la expresión:

$$Mo = CL + \{(d1/(d1+d2))\}I$$

En donde

CL = frontera inferior de la clase que contiene a la moda

$d1$ = diferencia entre la frecuencia de la clase modal y la frecuencia de la clase precedente

$d2$ = diferencia entre la frecuencia de la clase modal y la frecuencia de la clase siguiente

I = tamaño del intervalo de clase.

Cuartiles, Deciles y Percentiles: Los cuartiles, los deciles y los percentiles se asemejan mucha a la mediana porque también subdividen una distribución de mediciones de acuerdo con la proporción de frecuencias observadas. Mientras la mediana divide una distribución en dos partes iguales, los cuartiles la dividen en cuatro cuartos, los deciles la dividen en diez decimos y los percentiles la dividen en cien partes.

Para los datos agrupados antes de usar la formula se debe determinar primero la clase apropiada que contenga el punto de interés luego se hace la interpolación:

$$\text{Cuartil } w = CL + \{(wN/4 - \sum f_i - 1)/f_i\}I$$

$$\text{Decil } w = CL + \{(wN/10 - \sum f_i - 1)/f_i\}I$$

$$\text{Percentil } w = CL + \{(wN/100 - \sum f_i - 1)/f_i\}I$$

Donde

w es el número de cuartil ($0 \leq w \leq 4$), decil ($0 \leq w \leq 10$) o percentil ($0 \leq w \leq 100$) que se quiere calcular el resto de los símbolos tienen el mismo significado que en la formula de la mediana.

Medida de Dispersión en los Conjuntos de Datos

Las medidas de dispersión describen un grupo de valores en función de la variación o dispersión de los ítems incluidos dentro de ese grupo. Existen varias técnicas para medir el grado de dispersión de un grupo de datos en este curso incluiremos El Rango, La Desviación Promedio, La Desviación estándar y El Coeficiente de Variación.

El Rango: Es la diferencia entre el valor mas alto (VM) y el mas bajo (Vm) de los valores de una serie que no se han agrupado en una distribución de frecuencia de esta manera:

$$R = VM - Vm$$

Para los datos agrupados en una distribución de frecuencia, el rango se define como la diferencia entre el límite superior de la clase mas alta o ultima clase (VM) y el límite inferior de la clase mas baja o primera clase (Vm).

Desviación Promedio: Se basa en la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del grupo. Es la media de estas desviaciones la que se calcula. Se calcula la media de las sumas de los valores absolutos de las diferencias.

$$Dp = \sum |xi - X| / N$$

Para xi = valor de la serie

X = media aritmética de la serie

N = numero de datos.

Para datos agrupados en distribución de frecuencia la desviación promedio se calcula a partir de los puntos medio de clases (xi) y las frecuencias absolutas de clases (fi).

$$Dp = \sum (fi * xi - X) / N$$

La Varianza y La desviación Estándar: La varianza es similar a la desviación promedio en cuanto a la base en la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del grupo, difiere de ella porque esas diferencias se elevan al cuadrado antes de sumarse. Para la varianza de la población se utiliza la letra griega sigma 2 la formula es.

$$\sigma^2 = \sum (xi - X)^2 / N$$

A diferencia de lo que sucede con otras muestras estadísticas que hemos analizado, la varianza para una muestra no es exactamente equivalente a la varianza de una población, en lo que al calculo se refiere. Mas bien, el denominador de la formula de varianza de la muestra es ligeramente diferente. En esencia en esta formula se incluye un factor de corrección, de manera que la varianza de la muestra es un estimador no sesgado (un estimador no sesgado es un estadístico de muestra que tiene un valor esperado igual al parámetro que va a ser estimado) de la varianza de la población y su formula es

$$s^2 = \sum (xi - X)^2 / (n-1)$$

Para datos agrupados en distribución de frecuencia las expresiones son:

$$\sigma^2 = \sum fi (xi - X)^2 / N$$

$$s^2 = \sum fi (xi - X)^2 / (n-1)$$

La desviación estándar es la raíz cuadrada del valor de la varianza.

Coefficiente de Variación: El coeficiente de variación V, indica la magnitud relativa de la desviación estándar comparada con la media de la distribución de mediciones:

$$V = s / X$$

El coeficiente de variación es útil cuando tenemos que comparar la variabilidad de dos conjuntos de datos en relación con el nivel general de valores en cada conjunto.

PROBABILIDADES

El concepto de probabilidad nace con el deseo del hombre de conocer con certeza los eventos futuros. Es por ello que el estudio de probabilidades surge como una herramienta utilizada por los nobles para ganar en los juegos y pasatiempos de la época. El desarrollo de estas herramientas fue asignado a los matemáticos de la corte. Con el tiempo estas técnicas matemáticas se perfeccionaron y encontraron otros usos muy diferentes para la que fueron creadas. Actualmente se continuo con el estudio de nuevas metodologías que permitan maximizar el uso de la computación en el estudio de las probabilidades disminuyendo, de este modo, los márgenes de error en los cálculos

A través de la historia se han desarrollado tres enfoques conceptuales diferentes para definir la probabilidad y determinar los valores de probabilidad:

El enfoque clásico: Dice que si hay x posibles resultados favorables a la ocurrencia de un evento A y z posibles resultados desfavorables a la ocurrencia de A , y todos los resultados son igualmente posibles y mutuamente excluyente (no pueden ocurrir los dos al mismo tiempo), entonces la probabilidad de que ocurra A es:

$$P(A) = \frac{x}{x+z}$$

$$(x+z)$$

El enfoque clásico de la probabilidad se basa en la suposición de que cada resultado sea igualmente posible. Este enfoque es llamado enfoque a priori porque permite, (en caso de que pueda aplicarse) calcular el valor de probabilidad antes de observar cualquier evento de muestra.

Ejemplo: Si tenemos en una caja 15 piedras verdes y 9 piedras rojas. La probabilidad de sacar una piedra roja en un intento es:

$$P(A) = \frac{9}{9+15} = 0.375 \text{ o } 37.5\%$$

$$9+15$$

El enfoque de frecuencia relativa: También llamado Enfoque Empírico, determina la probabilidad sobre la base de la proporción de veces que ocurre un evento favorable en un numero de observaciones. En este enfoque no se utiliza la suposición previa de aleatoriedad. Porque la determinación de los valores de probabilidad se basa en la observación y recopilación de datos.

Ejemplo: Se ha observado que 9 de cada 50 vehículos que pasan por una esquina no tienen cinturón de seguridad. Si un vigilante de transito se para en esa misma esquina un día cualquiera ¿Cuál será la probabilidad de que detenga un vehículo sin cinturón de seguridad?

$$P(A) = \frac{9}{50} = 0.18 \text{ o } 18\%$$

$$50$$

Tanto el enfoque clásico como el enfoque empírico conducen a valores objetivos de probabilidad, en el sentido de que los valores de probabilidad indican al largo plazo la tasa relativa de ocurrencia del evento.

El enfoque subjetivo: Dice que la probabilidad de ocurrencia de un evento es el grado de creencia por parte de un individuo de que un evento ocurra, basado en toda la evidencia a su disposición. Bajo esta premisa se puede decir que este enfoque es adecuado cuando solo hay una oportunidad de ocurrencia del evento. Es decir, que el evento ocurrirá o no ocurrirá esa sola vez. El valor de probabilidad bajo este enfoque es un juicio personal.

El valor de la probabilidad: El valor más pequeño que puede tener la probabilidad de ocurrencia de un evento es igual a 0, el cual indica que el evento es imposible, y el valor mayor es 1, que indica que el evento ciertamente ocurrirá. Entonces si decimos que $P(A)$ es la probabilidad de ocurrencia de un evento A y $P(A')$ la probabilidad de no-ocurrencia de A, tenemos que:

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Eventos mutuamente excluyentes y eventos no excluyentes: Dos o más eventos son mutuamente excluyentes o disjuntos, si no pueden ocurrir simultáneamente. Es decir, la ocurrencia de un evento impide automáticamente la ocurrencia del otro evento (o eventos).

$$P(A) + P(A') = 1$$

Ejemplo: Al lanzar una moneda solo puede ocurrir que salga cara o sello pero no los dos a la vez, esto quiere decir que estos eventos son excluyentes.

Dos o más eventos son no excluyentes, o conjuntos, cuando es posible que ocurran ambos. Esto no indica que necesariamente deban ocurrir estos eventos en forma simultanea.

Ejemplo: Si consideramos en un juego de domino sacar al menos un blanco y un seis, estos eventos son no excluyentes porque puede ocurrir que salga el seis blanco.

Reglas de la Adición

La Regla de la Adición expresa que: la probabilidad de ocurrencia de al menos dos sucesos A y B es igual a:

$$P(A \text{ o } B) = P(A) \cup P(B) = P(A) + P(B) \text{ si A y B son mutuamente excluyente}$$

$$P(A \text{ o } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ y } B) \text{ si A y B son no excluyentes}$$

Siendo: $P(A)$ = probabilidad de ocurrencia del evento A

$P(B)$ = probabilidad de ocurrencia del evento B

$P(A \text{ y } B)$ = probabilidad de ocurrencia simultanea de los eventos A y B

Eventos Independientes: Dos o más eventos son independientes cuando la ocurrencia o no-ocurrencia de un evento no tiene efecto sobre la probabilidad de ocurrencia del otro evento (o eventos). Un caso típico de eventos independiente es el muestreo con reposición, es decir, una vez tomada la muestra se regresa de nuevo a la población donde se obtuvo.

Ejemplo: lanzar al aire dos veces una moneda son eventos independientes por que el resultado del primer evento no afecta sobre las probabilidades efectivas de que ocurra cara o sello, en el segundo lanzamiento.

Eventos dependientes: Dos o más eventos serán dependientes cuando la ocurrencia o no-ocurrencia de uno de ellos afecta la probabilidad de ocurrencia del otro (o otros). Cuando tenemos este caso,

empleamos entonces, el concepto de probabilidad condicional para denominar la probabilidad del evento relacionado. La expresión $P(A|B)$ indica la probabilidad de ocurrencia del evento A sí el evento B ya ocurrió. Se debe tener claro que $A|B$ no es una fracción.

$$P(A|B) = P(A \text{ y } B)/P(B) \text{ o } P(B|A) = P(A \text{ y } B)/P(A)$$

Reglas de Multiplicación

Se relacionan con la determinación de la ocurrencia de conjunta de dos o más eventos. Es decir la intersección entre los conjuntos de los posibles valores de A y los valores de B, esto quiere decir que la probabilidad de que ocurran conjuntamente los eventos A y B es:

$$P(A \text{ y } B) = P(A \text{ B}) = P(A)P(B) \text{ si A y B son independientes}$$

$$P(A \text{ y } B) = P(A \text{ B}) = P(A)P(B|A) \text{ si A y B son dependientes}$$

$$P(A \text{ y } B) = P(A \text{ B}) = P(B)P(A|B) \text{ si A y B son dependientes}$$

DISTRIBUCIONES DE VARIABLES ALEATORIAS DISCRETAS

Variable aleatoria:

Hasta ahora hemos visto el desarrollo de una idea de un intento que resulta en la aparición aleatoria de un estado del conjunto $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots, E_n$, y se introdujo la noción de espacio de muestra o espacio de muestra como un modelo conveniente de los resultados. Aquí introducimos el concepto de **variable aleatoria**, la cual es simplemente un conjunto de números $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, uno para cada estado de manera que el resultado de un intento no es solamente el estado E_i , sino también el número X_i de interés.

Ejemplo: si el intento es el lanzamiento de dos dados, una variable aleatoria puede definirse como la suma de los puntos obtenidos en los dados. Si denotamos esta variable aleatoria por z , entonces z tendrá el valor 2 para el estado $\{1,1\}$, 3 para el estado $\{1,2\}$ y así sucesivamente. Observe que a pesar de haber 36 puntos en el espacio de muestra, solamente hay 11 valores posibles para z , estos son con su respectiva función de frecuencia (relativa respecto al espacio de muestra):

Variable aleatoria z Función de frecuencia $P(z)$

- 1/36
- 2/36
- 3/36
- 4/36
- 5/36
- 6/36
- 5/36
- 4/36
- 3/36
- 2/36
- 1/36

Total 36/36

Se puede observar que la suma de las probabilidades individuales en cualquier función de frecuencia es 1, ello resulta del hecho de que uno y solo uno de los resultados posible se materializa como resultado de un intento.

Pueden obtenerse muchas variables aleatorias en el mismo espacio de muestra. Si el intento es el lanzamiento de dos dados, podemos definir también la variable aleatoria z como el número menor de los dos que aparecen en el lanzamiento. En este caso z tendría los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6. El evento " $z = 6$ " se presenta solamente en el punto de muestra (6,6) y tiene probabilidad $1/36$. El evento " $z = 4$ " se observa en los puntos (4,4), (4,5), (5,4), (4,6), (6,4) y tiene una probabilidad de $5/36$ y así sucesivamente. La función de frecuencia completa para esta variable aleatoria es:

Variable aleatoria z Función de frecuencia $P(z)$

- $11/36$
- $9/36$
- $7/36$
- $5/36$
- $3/36$

Total $36/36$

Generalmente una distribución de frecuencia de una variable aleatoria se caracteriza por dos estadísticos derivados: *su media y su varianza*. La descripción mediante estos números es una función de frecuencia de probabilidad, aunque incompleta, es valiosa en muchas de las aplicaciones.

Sea $x_i \{1, 2, 3, \dots, n\}$ los diversos valores posibles que puede tomar una variable aleatoria, y sea $P(x)$ la probabilidad de que la variable tome el valor x_i , entonces su media será:

$$\bar{X} = \sum x_i P(x_i)$$

$$s^2 = \sum x_i^2 P(x_i) - \bar{X}^2$$

La media de x es un valor que puede esperarse que tome x en un intento, y la varianza es una medida de la dispersión esperada de los valores que alcanza x , alrededor del valor esperado

Al igual que en la aplicación de las formulas para la probabilidad de eventos compuestos, el espacio de muestra fundamental no necesita estar en forma explícita para que se utilicen los conceptos de variable aleatoria y de distribución de probabilidad. La función de frecuencia de la variable aleatoria es entonces un conjunto de números no negativos.

$P(x_i), P(x_{ii}), P(x_{iii}), \dots, P(x_n)$ uno para cada x_i , tal que $\sum P(x_i) = 1$

Bajo esta premisa, como sucede en cualquier tratamiento de espacios de muestras, el número de valores posible de la variable aleatoria x no tiene que ser finito. Es por ello que existen funciones de distribución de probabilidad para variables aleatorias discretas y para variables aleatorias continuas. En esta unidad estudiaremos las distribuciones de probabilidad para variables discretas o distribuciones de probabilidad discretas.

Distribuciones de Probabilidad Discretas: Son funciones de probabilidad en las cuales la variable aleatoria toma valores discretos, entre las más importantes tenemos: La Distribución de Bernoulli o Distribución Binomial, la Distribución Hipergeométrica, Distribución de Poisson

Distribución Binomial: La distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta, aplicable cada vez que se suponga que un proceso de muestreo conforma un proceso de Bernoulli. Es decir que ocurra un proceso de muestreo en el cual:

1. – Hay dos resultados posibles mutuamente excluyentes en cada ensayo u observación.
2. – La serie de ensayos u observaciones constituyen eventos independientes.
3. – La probabilidad de éxito permanece constante de ensayo a ensayo, es decir el proceso es estacionario.

Para aplicar esta distribución al cálculo de la probabilidad de obtener un número dado de éxitos en una serie de experimentos en un proceso de Bernoulli, se requieren tres valores: el número designado de éxitos (m), el número de ensayos y observaciones (n); y la probabilidad de éxito en cada ensayo (p). Entonces la probabilidad de que ocurran m éxitos en un experimento de n ensayos es:

$$P(x = m) = {}^nC_m p^m (1-p)^{n-m}$$

Siendo nC_m el número total de combinaciones posibles de m elementos en un conjunto de n elementos. En otras palabras $P(x = m) = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m (1-p)^{n-m}$

Ejemplo. La probabilidad de que un alumno apruebe la asignatura Cálculo de Probabilidades es de 0,15. Si en un semestre intensivo se inscriben 15 alumnos ¿Cuál es la probabilidad de que aprueben 10 de ellos?

$$P(x = 10) = {}^{15}C_{10} (0,15)^{10} (0,85)^5 = \frac{10!}{10!(15-10)!} (0,15)^{10} (0,85)^5 = 7,68 \cdot 10^{-6}$$

Generalmente existe un interés en la probabilidad acumulada de " m o más " éxitos o " m o menos" éxitos en n ensayos. En tal caso debemos tomar en cuenta que:

$$P(x < m) = P(x = 1) + P(x = 2) + P(x = 3) + \dots + P(x = m-1)$$

$$P(x > m) = P(x = m+1) + P(x = m+2) + P(x = m+3) + \dots + P(x = n)$$

$$P(x \leq m) = P(x = 1) + P(x = 2) + P(x = 3) + \dots + P(x = m)$$

$$P(x \geq m) = P(x = m) + P(x = m+1) + P(x = m+2) + \dots + P(x = n)$$

Supongamos que del ejemplo anterior se desea saber la probabilidad de que aprueben:

a.- al menos 5

b.- mas de 12

a.- la probabilidad de que aprueben al menos 5 es $P(x \leq 5)$ es decir que

$$P(x \leq 5) = P(x = 1) + P(x = 2) + P(x = 3) + P(x = 4) + P(x = 5)$$

$$P(x \leq 5) = 0,2312 + 0,2856 + 0,2184 + 0,1156 + 0,045 = 0,8958$$

b.- la probabilidad de que aprueben mas de 12 es $P(x > 12)$ es decir que

$$P(x > 12) = P(x = 13) + P(x = 14) + P(x = 15)$$

$$P(x > 12) = 1,47 \cdot 10^{-9} + 3,722 \cdot 10^{-11} + 4,38 \cdot 10^{-13} = 1,507 \cdot 10^{-9}$$

La esperanza matemática en una distribución binomial puede expresarse como

$$E(x) = \sum np$$

Y la varianza del numero esperado de éxitos se puede calcular directamente:

$$\text{Var}(x) = np(1-p)$$

Distribución Binomial expresada en Proporciones: En lugar de expresar la variable aleatoria como el numero de éxitos X , podemos designarla en términos de la proporción de éxitos, p , que es la relación entre el numero de éxitos y el numero de ensayos:

$$P = \frac{X}{n}$$

n

En tales casos la formula se modifica solo respecto de la definición de la proporción:

$$P(p = P/n) = nC_x p^x (1-p)^{n-x}$$

Ejemplo: La probabilidad de que Juan pueda conquistar una chica es de 0,20. Si se seleccionan 5 chicas al azar, que se encontraran con Juan, ¿Cuál es la probabilidad la proporción de chicas interesadas en Juan sea exactamente 0,2?

$$P(p = 0,2 = 1/5) = 5C_1 (0,2)^1 (0,8)^4 = 0,4096$$

Cuando la variable binomial se expresa como una proporción, la distribución es aun discreta y no continua. Solo pueden ocurrir las proporciones para las que el numero de éxitos X es un numero entero. El valor esperado para una distribución de probabilidad binomial expresada por proporciones es igual a la proporción de la población:

$$E(p) = p$$

La varianza de una proporción de éxitos para una distribución de probabilidad binomial es:

$$\text{Var}(p) = \frac{p(1-p)}{n}$$

N

Distribución Hipergeometrica: Cuando el muestreo se hace **sin reemplazo** de cada articulo muestreado tomado de una población finita de artículos, no se aplica el proceso de Bernoulli porque hay un cambio sistemático en la probabilidad de éxitos a medida que se retiran los ítems de la población. Es por ello que se utiliza la distribución de probabilidad Hipergeometrica por ser la mas apropiada.

Si X es el numero designado de éxitos, N es el numero total de ítems en la población, X_T es el numero total de éxitos incluidos en la población y n es el numero de ítems de la muestra, la formula para determinar la probabilidad hipergeometrica es:

$$P(X | N, X_T, n) = \frac{\left| \begin{matrix} N - X_T & X_T \\ n - X & X \end{matrix} \right|}{\left| \begin{matrix} N \\ n \end{matrix} \right|}$$

Ejemplo: De seis estudiantes de Cálculos de Probabilidades, tres han cursado la materia tres veces o más. Si se escoge cuatro estudiantes del grupo de seis ¿cuál es la probabilidad de que dos hayan cursado la materia en mas de una oportunidad?

$$X_T = 3, X = 2, N = 6, n = 4$$

$$6 - 3 = 3$$

$$4 - 2 = 2$$

$$P(X=2|6,3,4) = \frac{\dots}{6} = 0,60$$

$$6$$

$$2$$

Observe que en esta distribución el valor de probabilidad se calcula determinando el numero de combinaciones diferentes que incluirían dos alumnos con mayor índice de repitencia y dos nuevos con una relación total de combinaciones de cuatro alumnos de los seis. Cuando la población es grande y la muestra es relativamente pequeña, el hecho de que el muestreo se efectúe sin reemplazo tiene poco efecto sobre la probabilidad de éxito de cada ensayo.

Distribución de Poisson: Se utiliza para determinar la probabilidad de un numero designado de éxitos cuando los eventos ocurren en un espectro continuo de tiempo y espacio. Tal proceso se denomina Proceso de Poisson, es semejante al proceso de Bernoulli excepto que los eventos ocurren en un espectro continuo en vez de ocurrir en ensayos u observaciones fijas. Por ejemplo la entrada de materiales a una celda de producción, la llegada de clientes a un servidor cualquiera, etc.

Solo se requiere un valor para determinar la probabilidad de un numero designado de éxitos en un proceso de Poisson: el numero promedio de éxitos para la dimensión específica de tiempo o espacio de interés. Este numero promedio se representa generalmente por $\bar{\theta}$ o θ . La expresión matemática de la distribución de Poisson es:

$$P(x|\bar{\theta}) = \frac{\bar{\theta}^x e^{-\bar{\theta}}}{x!}$$

Ejemplo: Un puesto de trabajo en una línea recibe un promedio de 4 productos por hora. ¿Cuál es la probabilidad de que reciba al menos 2 productos?

$$\bar{\theta} = 5, x \leq 2$$

$$P(x \leq 2|\bar{\theta} = 5) = 5^1 e^{-5}/1! + 5^2 e^{-5}/2! = 0,1179$$

Puesto que el proceso de Poisson es estacionario, se concluye que la media del proceso es siempre proporcional a la longitud del espectro continuo de tiempo o espacio.

Aproximación de Poisson de Probabilidades Binomiales: Cuando el numero de observaciones o ensayos n en un proceso de Bernoulli es muy grande, los cálculos son bastante tediosos. Mas aun, en general no se encuentran tablas de probabilidad con valores muy pequeños de p . En estos casos la distribución de Poisson es conveniente como una aproximación de probabilidades binomiales cuando n es grande y p o $(1-p)$ es pequeño. Empíricamente esta aproximación se puede hacer cuando $n \geq 30$, y $np < 5$. La media de la distribución de Poisson, utilizada para aproximar probabilidades binomiales es:

$$\delta = np$$

DISTRIBUCIONES DE VARIABLES ALEATORIAS CONTINUAS

Variables aleatorias continuas: A diferencia de una variable aleatoria discreta, una *variable aleatoria continua* es aquella que puede tener cualquier valor fraccional dentro de un rango definido de valores. Es decir, este tipo de variable se define en espacios de muestra con un numero de puntos infinitos no denumerable. Debida a las dificultades matemáticas inherentes, no desarrollaremos el concepto en detalle, pero retendremos la noción de un "intento" como conjunto de operaciones que dan por resultado algún valor definido pero aleatorio de x . Entonces si a es algún valor particular en el dominio de definición de x , el evento "el valor de x que resulta de un intento es menor o igual que a " tiene una probabilidad, definida $P\{x \leq a$, para cada valor a en el dominio de x . De esta manera, para una distribuciones de probabilidad, no se pueden enumerar todos los valores posibles para una variable aleatoria continua x junto con un valor de probabilidad correspondiente. En este caso el enfoque más conveniente es elaborar una función de densidad de probabilidad, basada en la función matemática correspondiente. La proporción del arrea incluida entre dos puntos cualesquiera por debajo de la curva de probabilidad identifica la probabilidad de que una variable continua aleatoriamente seleccionada tenga un valor entre esos puntos.

Ejemplo:

Supongamos que $U(a) = P\{x \leq a\}$, decimos que $U(a)$ es una función de distribución acumulativa de x , puesto que $P\{x \leq a\}$ esta definida para cada valor de a en el dominio de x . Si a y b son dos valores en el recorrido de x , con $a < b$, podemos denotar mediante $P\{a < x \leq b\}$ la probabilidad del evento "el valor de x que resulta de un intento es mayor que a , pero menor o igual que b . Podemos expresar $P\{a < x \leq b\}$ en términos de la función de distribución acumulativa, si vemos primero que

$$P\{x \leq b\} = P\{x \leq a\} + P\{a < x \leq b\}$$

Entonces

$$P\{a < x \leq b\} = U(b) - U(a)$$

oo b

$$U(a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx; P\{a < x \leq b\} = \int_a^b f(x) dx$$

$-\infty$ a

Siendo $f(x)$ una función de distribución acumulativa diferenciable en todos los puntos de recorrido de x . Estas funciones así definidas se denominan también "función de densidad de probabilidad de x ".

Estas funciones deben cumplir lo siguiente:

-
- oo

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

$-\infty$

- Si a es un valor fijo de x $P\{x = a\} = 0$
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx$, puede considerarse como la probabilidad de que la variable aleatoria tome algún valor entre x y $x + dx$.

Como en el caso discreto, la distribución de probabilidad de una variable aleatoria con recorrido sobre un continuo puede describirse (de manera incompleta, desde luego) mediante su media y su varianza:

∞

$$\text{Media} = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x) dx$$

$-\infty$

∞

$$\text{varianza} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x) dx, \text{ siendo } \bar{x} \text{ igual a la media}$$

$-\infty$

Distribución de probabilidad normal: Es una distribución de probabilidad continua que es tanto simétrica como mesocurtica. La curva que representa la distribución de probabilidad normal se describe generalmente como en forma de campana. Esta distribución es importante en inferencia estadística por tres razones diferentes:

- Se sabe que las medidas producidas en muchos procesos aleatorios siguen esta distribución.
- Las probabilidades normales pueden utilizarse generalmente para aproximar otras distribuciones de probabilidad, tales como las distribuciones binomial y de Poisson.
- Las distribuciones estadísticas tales como la media de la muestra y la proporción de la muestra, siguen a menudo la distribución normal, sin tener en cuenta la distribución de la población

Los valores de los parámetros de la distribución de probabilidad normal son $\bar{x} = 0$ y $\sigma^2 = 1$. Cualquier conjunto de valores X normalmente distribuido pueden convertirse en valores normales estándar z por medio de la formula:

$$Z = \frac{X - \bar{x}}{\sigma}$$

Haciendo posible el uso de la tabla de proporciones de área y hace innecesario el uso de la ecuación de la función de densidad de cualquier distribución normal dada.

Para aproximar las distribuciones discretas binomial y de Poisson se debe hacer:

Binomial	$\bar{x} = np$	$\sigma^2 = np(1-p)$	Sí $n \geq 30$ $np \geq 5$ $n(1-p) \geq 5$
Poisson	$\bar{x} = \lambda$	$\sigma^2 = \lambda$	$\lambda \geq 10$

Distribución de probabilidad exponencial. Si en el contexto de un proceso de Poisson ocurren eventos o éxitos en un espectro continuo de tiempo y espacio. Entonces la longitud del espacio o tiempo entre eventos sucesivos sigue una distribución de probabilidad exponencial. Puesto que el tiempo y el espacio son un espectro continuo, esta es una distribución continua. En caso de este tipo de distribución no vale la pena preguntarse ¿cuál es la probabilidad de que el primer pedido de servicio se haga exactamente de aquí a un minuto?. Mas bien debemos asignar un intervalo dentro del cual el evento puede ocurrir, preguntándonos, ¿cuál es la probabilidad de que el primer pedido se produzca en el próximo minuto?.

Dado que el proceso de Poisson es estacionario, la distribución exponencial se aplica ya sea cuando estamos interesados en el tiempo (o espacio) hasta el primer evento, el tiempo entre dos eventos sucesivos, o el tiempo hasta que ocurra el primer evento después de cualquier punto aleatoriamente seleccionado.

Donde δ es la cifra media de ocurrencias para el intervalo de interés, la probabilidad exponencial de que el primer evento ocurra dentro del intervalo designado de tiempo o espacio es.

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\delta t}$$

De manera que la probabilidad exponencial de que el primer evento no ocurra dentro del intervalo designado de tiempo o espacio es:

$$P(T > t) = e^{-\delta t}$$

Ejemplo Un departamento de mantenimiento recibe un promedio de 5 llamadas por hora. Comenzando en un momento aleatoriamente seleccionado, la probabilidad de que una llamada llegue dentro de media hora es:

Promedio 5 por hora, como el intervalo es media hora tenemos que $\delta = 2,5/\text{media hora}$.

$$P(T \leq 30 \text{ min.}) = 1 - e^{-5} = 1 - 0,08208 = 0,91792$$

HERRAMIENTAS CLÁSICAS

Diagrama de Flujos de Procesos.

Un proceso de trabajo: Es un conjunto de actividades, pasos u operaciones Inter.-relacionadas donde intervienen hombres, materiales, equipos y dinero, con el fin de transformar unos insumos en servicios o productos terminados. La secuencias de actividades determina cómo se realiza el trabajo y qué tiempo toma la elaboración del producto o prestación del servicio. El diagrama de flujos de proceso es la técnica que permite la representación gráfica de los pasos, operaciones o actividades que tienen lugar a lo largo del proceso y en él la figuran datos que se consideran útiles para su análisis, tales como tiempo invertido en cada paso, operación o actividad, distancias recorridas, etc.

El diagrama de Flujo de Procesos permite:

- Identificar los suplidores o proveedores y los clientes en cada paso del proceso.
- Revelar los consumos del tiempo y costo del proceso, mediante la determinación de:
 - Tiempo para la realización de cada operación o actividad.
 - Tiempo entre el final de una operación o actividad y el comienzo de la otra.
 - Tiempo total del proceso. Es la suma de los dos tiempos de cada paso y de los tiempos entre paso y paso.

Todos estos tiempos se traducen en:

- horas hombre consumidas,
- horas máquinas consumidas,
- horas de espera,

Que luego se traducirán en costos.

- Poner en relieve las actividades sin valor agregado tales como: reprocesamientos, inspecciones, demoras, almacenamientos, duplicaciones, complejidades, sobrantes y restricciones. Ayudando con ello a identificar visualmente el desperdicio en los procesos.
- Suministrar la base para el cuestionamiento de los requerimientos de calidad (especificaciones), en cada actividad u operación del proceso, que pueden provenir tanto de clientes internos como externos.
- Visualizar el sentido de dirección.
- Fortalecer el trabajo en equipo dado que permite visualizar la actividad individual dentro del proceso total.

Cuando se requiere representar un proceso de trabajo gráficamente se presentan estas interrogantes:

¿ Cómo vemos el proceso?

¿ Cómo encaja esta actividad dentro de él?

¿ Cómo engrana este proceso con otros, dentro y fuera de los límites de la unidad?

¿ Muestra el desperdicio que genera?.

Como hacer un diagrama de Flujo.

- Escriba en secuencia una lista de pasos, operaciones o actividades, anotando donde se realiza cada una de ellas.
- Identifique las funciones, de cada paso, operación o actividad.
- Asocie cada paso, operación o actividad con el símbolo más apropiado para representarla.
- Conecte los símbolos entre sí, con LINEAS.
- Señale los tiempos requeridos en cada paso, operación o actividad.

Guía para la elaboración del diagrama de Flujo de Procesos.

- Decidir qué proceso mejorar.
- Dar al proceso un título.
- Conocer y comprender el trabajo que se realiza. Este es un proceso preliminar necesario para diagramar el proceso. Analizar todas las sub-actividades con las personas involucradas en el proceso.
- Identificar los suplidores o proveedores y clientes del proceso de trabajo. Especificar el inicio del proceso (insumo) y el final (producto o servicio) en manos del cliente.

SÍMBOLO SIGNIFICADO EJEMPLOS.

Decisiones * El producto o

parte

Es bueno?

Control / Inspección * Verificar factura

*** Chequear partes**

* Chequear tiempos

Acciones u Operaciones * Sacar copia

* Escribir memo

* Operar máquina

Movimiento / Transportes. *Enviar documento

* Transporta material

para próxima

operación

Demora o almacenamiento * Demora para próxima

Temporal. Operación.

* Archivo temporal

Archivo o Almacenamiento * Archivo final del

Temporal Documento.

*Almacenamiento

final del producto

- Realizar una descripción inicial de cada paso del proceso. Observar y registrar las actividades dentro de cada paso u operación. Este ofrece una ayuda, para entender qué ocurre en cada paso, y conocer su complejidad y problemas.
- Indicar los pasos en el proceso utilizando los símbolos de diagramación. El nivel de detalle definen los requerimientos del estudio.
- Conectar los símbolos en secuencia, con la indicación de la dirección del flujo de trabajo.
- Señalar los tiempos que consume cada actividad y determinar el tiempo utilizado.

Diagrama de Causa– Efecto.

El diagrama de causa–efecto o Gráfico de Ishikawa, también llamado comúnmente espina de pescado, tiene como propósito representar gráficamente las relaciones entre un efecto (problema), y todas las posibles causas (factores) que la producen. Se elabora para elevar el nivel comprensión de un problema u oportunidad.

¿Qué proporciona el diagrama de Causa–Efecto?

El diagrama de Causa–Efecto, proporciona una descripción de las causas probables de un problema, lo cual facilita su análisis y discusión. También puede utilizarse como herramienta para representar propuestas de

resolución de problemas.

Para la elaboración del diagrama previamente se debe:

- Identificar el problema específico a ser resuelto.
- Desarrollar un claro entendimiento del proceso.
- Descomponer el problema en sus posibles partes.

Construcción del diagrama Causa– Efecto

Para la construcción del diagrama Causa–Efecto se debe:

- **Definir el problema (efecto) claramente.**
- **Realizar sesión de Tormenta de Ideas**, para enumerar todas las posibles causas.

Una tormenta de ideas es una metodología para despertar iniciativa y originalidad en un grupo de trabajo generando una exhaustiva lista de ideas en un clima de camaradería y apoyo.

La metodología a seguir es la siguiente:

- El grupo se reúne y las personas expresan por turnos rigurosos, dando una idea cada vez. La función del líder de grupo o moderador es promover la libre discusión y no de dirigir la sesión.
- Se debe evitar hacer evaluaciones de lo expuesto por los miembros del grupo y mantener un tono neutro: **ni bueno, ni malo.**
- Es necesario elaborar una lista de los puntos expuestos por cada miembro en un lugar visible.
- Se debe dar varias oportunidades a las personas para exponer sus ideas, hasta agotarlas.
- En el grupo de trabajo se discuten y se amplían las ideas sugeridas.
- Se utilizan mecanismos del consenso para tomar decisiones, por ejemplo: ¿Cuál problema es el mayor?, ¿Cuál es el camino a seguir?, etc.
- **Clasificar las causas en categorías.**
- **Elaborar el diagrama**, para ello debe:
 - Escribir el efecto a la derecha, y trazar una flecha de izquierda a derecha.
 - Ubicar las causas en categorías o grupos, trazando flechas secundarias en dirección a la principal.
 - Incorporar a cada una de estas flechas, secundarias, los factores detallados que pueden ser considerados como actuantes en cada categoría.

Estas formarán las ramificaciones secundarias.

CAUSAS

EFEECTO

- **Determinación del nivel de compresión del diagrama**

Para determinar el nivel de compresión del diagrama se debe hacer una discriminación de las causas para ello:

- Se halla dentro de un cuadro aquella causa que pueda ser probada cuantitativamente. Por Ejemplo: Problemas en máquina, equipos, etc.
- Se subraya la causa que no pueda ser probada cuantitativamente.
- No se marca la causa cuando no pueda probarse su relación con el efecto.

A mayor número de causas encuadradas y / o subrayadas mayor es el nivel de compresión del problema.

- **Determinación del grado de importancia de cada causa.**

- Cada miembro del grupo enumera las causas más importantes.
- Se jerarquizan las cinco (5) causas de mayor importancia.
 - ♦ La causa más importante (5 pts.).
 - ♦ La próxima en importancia (4 pts.) y así sucesivamente.
 - ♦ A las causas con mayor número de puntos se les asigna prioridad para el plan de acción.

- **Desarrollo del plan de acción.**

- Jerarquizar causas.
- Asignar responsabilidades individuales para eliminar cada causa
- Indicar el tiempo proyectado para atacar cada causa, desde el inicio hasta el final.
- Recolectar datos que sirvan para apoyar el análisis de dicha causa y su eliminación.
- Elaborar otro diagrama de causa–efecto y proceder de la misma manera.

Resumen.

Para elaborar un diagrama de causa y efecto se deben ejecutar 3 pasos:

Paso 1: Tormenta de Ideas

- ♦ Para identificar el efecto y listar todas las causas pertinentes.
- ♦ Para determinar el nivel de comprensión.

Paso 2: Dar prioridad a la Causa.

- ♦ Para designarle a cada causa su importancia y jerarquizarlas en función del grado de acción sobre el efecto.

Paso 3 : Plan de Acción

Ejemplo: Diagrama de causa –efecto del proceso de pago a proveedores.

PROCESO DE PAGO A PROVEEDORES.

Soportes incompletos

Errores en Error en la fecha

facturas Falta de orden de compra

Error en el monto Falta de orden de servicio

Error en servicio Falta de factura.

O artículo

RETARDO EN

Entrada recorrida fuera Error asiento PAGO DE

De hora contable FACTURAS

Error Destinatario Error transcripción.

Retardo recorrido Comprobantes de pago

Interno incorrectos.

Histograma de Frecuencia.

El Histograma de Frecuencia, es una herramienta estadística que se utiliza para representar la distribución de variables. En este gráfico las bases de cada barra indican los intervalos de valores de la variable que se estudia. La altura de cada barra es la frecuencia de ocurrencia de intervalo de valores de dicha variable.

F

R

C

U

E

N

C

I

A

CLASES

Utilidad del Histograma de frecuencia.

La observación de la realidad muestra que todo acontecimiento, que puede ser un fenómeno natural o un resultado de las actividades del hombre, que puede ser un fenómeno natural o un resultado de las actividades del hombre, se presenta en forma diferente cada vez que ocurre. Por ejemplos: las calificaciones de los estudiantes de un cierto año, las estructuras de un grupo de personas, el tiempo para el pago de facturas de los proveedores; el diámetro de los tornillos fabricados por una máquina; el nivel de satisfacción de un grupo de personas; el tiempo invertido en el desarrollo y producción de material didáctico; etc.

Las variaciones observadas en los resultados de un proceso de trabajo influyen en la calidad del producto o en el servicio que se presta, variaciones que a su vez son determinantes en el nivel de satisfacción del cliente.

Las variaciones presentes en los resultados de las actividades hacen que el observador se plantee una series de preguntas:

- ¿ Entre que valores el resultado que interesa obtener, para mantener el nivel de satisfacción del cliente?.

- ¿ Cuáles son los resultados que se presentan con mayor frecuencia?
- ¿ Qué tipo de problema puede generar la diferencia entre los resultados obtenidos y el deseado?

Una primera aproximación al análisis de esas variaciones pueden hacerse con el Histograma de Frecuencia.

Como construir un histograma de frecuencia.

Para aprender a construir un histograma se utilizará un ejemplo:

La tabla no. 1 contiene los datos relativos a los días de pago de un lote de 35 facturas canceladas por el CEPET durante la tercera semana de septiembre de 1. 998.

TABLA No. 1

15	12	2	18	40	112	10
5	30	19	15	10	08	4
14	4	15	10	8	28	16
12	7	20	23	12	15	6
5	10	15	22	26	20	11

- Lo primero que se debe saber es el tamaño de la muestra n. El tamaño de una muestra puede ser:
- Pequeña si n es menor o igual a 30 datos
- Grande si n es mayor de 30 datos.

Para encontrar n en este caso el número de datos que contiene la tabla No. 1.

$$n = 35$$

No es conveniente manejar individualmente muchos datos, produce confusión. Para ello se agrupan los datos en intervalos, denominados clases, mediante el siguiente procedimiento:

- Identifique en la tabla los valores extremos de la muestra: valor máximo (X M) y mínimo (X m).

Valor máximo (X M)= 40

Valor mínimo (X m)= 4

- Calcule la amplitud recorrido o rango (R) de la totalidad de los datos.

$$R = X M - X m = 40 - 4 = 36$$

Observe que el rango es la diferencia del valor máximo menos el valor mínimo.

- Calcule el número de clases (k). Este número va a depender de cuanto se quiera resumir la información. La experiencia señala que k debe estar entre 5 y 20.

Algunos autores aceptan que:

Si n s menor a 250 datos $k = n$, puede también aplicarse la Regla de Sturges

$$k = 1 + 3.33 \log n.$$

Sin embargo es el analista, en función de las características de los datos, quien debe fijar el número de clases.

El valor de k indica el número de barras que tendrá el histograma (es un número entero), para el ejemplo tomemos $K = \sqrt{35} = 5.92 \cong 6$

- Calcule la amplitud o intervalo del ancho de clase (A).

$$A = R / k = 36 / 6 = 6.$$

Se escribe aproximadamente igual porque si la A calculada no es un número entero, debe hacerse una aproximación conveniente para lo que sea.

- Para establecer los límites de clase se procede de la siguiente forma:

Tome el valor mínimo X_m de la muestra y súmele A si obtiene A_2 . la primera clase será (X_m a A_2). Tome A_2 y súmele A obteniendo A_3 . la segunda clase será (A_2 a A_3), tome A_3 como límite inferior de la tercera clase y súmele A obteniendo A_4 . la tercera clase será (A_3 a A_4). Se repite el proceso hasta cubrir la muestra total.

A continuación se muestra el procedimiento explicado.

PROCEDIMIENTO CLASES CLASES

$$\text{DEL EJEMPLO } X_m + A = A_2 \quad 4 + 6 = 10 \quad X_m - A_2 \quad 4 \quad 10$$

$$A_2 + A = A_3 \quad 10 + 6 = 16 \quad A_2 - A_3 \quad 10 \quad 16$$

$$A_3 + A = A_4 \quad 16 + 6 = 22 \quad A_3 - A_4 \quad 16 \quad 22$$

$$A_k + A = A_{k+1} \quad A_k - A_{k+1}$$

Usted obtendrá tantas clases como el valor de k (k = número de clases).

- El punto medio de cada clase se denomina marca de clase y se calcula así:

$$X_i = (L_s + L_i) / 2$$

Donde:

L_i = Límite Inferior de Clase–

L_s = Límite superior de Clase.

X_i = Marca de clase.

Ejemplo:

$$X_i = (4 + 10) / 2 = 7$$

- Para establecer las frecuencias de clase se procede de la siguiente forma:

En el momento de determinar cuántos datos caen dentro de cada clase se puede presentar ambigüedad, pues si uno o más datos coinciden con el extremo superior de una clase queda la duda con respecto a qué clase pertenece. Para obviar esta dificultad se tomará el siguiente criterio: **si uno o más datos coinciden con el extremo superior de una clase, dichos datos serán incluidos en la clase siguiente.**

La frecuencia de clases es el número de datos que caen dentro de cada clase. Es también llamada frecuencia absoluta. La frecuencia de clase 1 la representamos por f_1 . la de la clase 2, por f_2 , así hasta cubrir la frecuencia de cada intervalo. Del registro de datos se va contando cuántos caen en cada clase. Cada vez que se encuentra un dato se traza un Palote. Se forman grupos de 5 palotes.

La frecuencia relativa (%) es el porcentaje de datos que caen en cada clase en función del total de ellos: $\% = (f_i / n) \times 100$.

Ej.: Si una clase posee una $f = 9$ y el número de datos es 35:

$$\% = (9 / 35) \times 100 = 25,7$$

- **Trazado de la gráfica:** para representar los datos mediante el histograma se considera un par de ejes rectangulares:
- En el eje horizontal se representarán las clases mediante segmentos de modo que cada segmento (clase) termina en el Punto en que comienza el siguiente.
- En el eje vertical se representarán las escalas para las frecuencias.
- Sobre cada segmento, representativo de cada clase, se levanta un rectángulo de altura proporcional a la respectiva frecuencia.

Solución al ejemplo

- **El tamaño de la muestra n es igual a 35.**
- **Los valores extremos de la muestra son:**

Valor máximo (X_M) = 40

Valor mínimo (X_m) = 4

- **La amplitud, recorrido o rango (R) de la muestra es:**

$$R = X_M - X_m = 40 - 4 = 36.$$

- El número de clase de la muestra es:

$$K = \sqrt{35} = 5.92 \cong 6$$

- El ancho de clase de cada una de las clases es:

$$A = \frac{R}{K} = \frac{36}{6} = 6$$

- Los límites de las clases son:

Li = Límite Inferior.

Ls = Límite superior.

Li Ls

04 – 10

10 – 16

16 – 22

22 – 28

28 – 34

34 – 40

- Los puntos medios de las clases o marcas de clase:

$$(Ls + Li) / 2 = (4 + 10) / 2 = 07$$

$$(Ls + Li) / 2 = (10 + 16) / 2 = 13$$

$$(Ls + Li) / 2 = (16 + 22) / 2 = 19$$

$$(Ls + Li) / 2 = (22 + 28) / 2 = 25$$

$$(Ls + Li) / 2 = (28 + 34) / 2 = 31$$

$$(Ls + Li) / 2 = (34 + 40) / 2 = 37$$

- Determinación de las frecuencias:

Esta operación se efectúa registrando el número de datos que se encuentran dentro de cada clase; para dicho registro se debe proceder de la manera siguiente: Según el ejemplo se elabora una tabla de 4 columnas. En la primera se colocan los intervalos de cada clase; en la segunda se van tabulando los datos que se encuentran en cada clase; en la tercera, los puntos medios o marcas de clase, y en la cuarta, la frecuencia de cada clase. Con los datos de la tabla No.1:

Clases Tabulación Puntos Medios fi

Li – Ls (Marcas de clase)

04 – 10 07 09

10 – 16 13 15

16 – 22 19 05

22 – 28 25 03

28 – 34 31 02

34 – 40 37 01

n = 35

- **Trazado de la gráfica:**

- Trace dos ejes de coordenadas sobre un plano.
- Lleve sobre el eje de las abscisas los límites de clase, y sobre el eje de las ordenadas la magnitud de cada frecuencia.
- Levante líneas perpendiculares en los límites de cada clase, de la altura igual frecuencia de la clase respectiva. Finalmente una las dos perpendiculares que representan cada clase, dando origen al histograma.

HISTOGRAMA PAGO A PROVEEDORES

TIEMPO DE PAGO DE 35 FACTURAS

F 20 TERCERA SEMANA SEPTIEMBRE 1.998.

R

E

C

U 15

E

N

C

I 10

A

5

0

4 10 16 22 28 34 40 CLASES

(DIAS)

En el gráfico se puede observar que hay un mayor número de facturas canceladas a proveedores dentro del intervalo (10 – 16) días, con una tendencia de los datos (el 68.7 % de ellos) a situarse alrededor de los 4 a los 16 días. Dicha tendencia demuestra la gran mejora que el proceso ha sufrido.

Gráfico de correlación.

En la práctica, es casi imposible encontrar actividades aisladas; es frecuentes observar que la producción de una fábrica se encuentra íntimamente ligada con sus ventas y ganancias, la producción agrícola con el tiempo de lluvia, el tiempo requerido para el pago de una factura con el monto de la misma, el número de servicios de taxis con el número de taxis disponibles, el grado de satisfacción de un cliente con la calidad de servicios prestados, etc..... así, infinitos ejemplos que ponen de manifiesto la importancia que tiene el estudio de la

relación entre variables en el análisis de procesos de trabajo.

El diagrama de correlación muestra la relación existente entre dos variables. También se le conoce con el nombre de Diagrama de Dispersión.

El diagrama de correlación se construye de la forma siguiente:

- se denomina a una variable (X) y a la otra (Y). Para X se toma la variable clasificada como causa (variable independiente) y para Y aquélla que puede ser tomada como efecto (variable dependiente).
- Se trazan dos ejes de coordenadas, que sirven para la representación de los valores de ambas variables. En el eje de las abscisas se representa la variable independiente (Xi); en el de las ordenadas, la variable dependiente (Yi).
- Cada par de valores en el plano, se representan como un punto.

Interpretación del Diagrama de Correlación.

Si se observa el diagrama de correlación podemos tener una idea aproximada de la relación existente entre las dos variables, en la forma siguiente:

- si los puntos o los valores se encuentran en línea recta y en forma ascendente, se dice que hay correlación directa perfecta.
- Si los puntos están siguiendo una forma ascendente y desordenada, pero se sitúan muy cercanos a una recta, se dice que hay correlación directa pero en menor grado que la directa perfecta.
- Si los puntos están siguiendo una forma ascendente y desordenada se dice que hay correlación directa pero en un menor grado que la altamente positiva.
- Si los puntos o valores se encuentran en línea recta y en forma descendente, se dice que hay correlación inversa perfecta.
- Si los puntos están siguiendo una forma descendente y desordenada, pero se sitúan muy cercanos a una recta, se dice que hay correlación inversa pero en menor grado que la inversa perfecta.
- Si los puntos están siguiendo una forma descendente y desordenada, se dice que hay correlación inversa pero en menor grado que la altamente negativa.
- Cuando los valores se encuentran esparcidos en áreas irregulares (nube de puntos), se dice que no hay correlación.

El Coeficiente de Correlación r se utiliza para determinar el grado de asociación entre dos variables. Su calculo se realiza a traves de la siguiente expresión.

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[n \sum x^2 - \left(\sum x \right)^2 \right] \left[n \sum y^2 - \left(\sum y \right)^2 \right]}}$$

Los valores que puede tomar **r** están comprendido en el rango [-1,1] su interpretación puede realizarse según la siguiente tabla:

Valor de r	Significado
±1	Correlación directa o indirecta perfecta positiva o negativa
±0.60 a ±0.95	Alta correlación directa o indirecta
±0.35 a ±0.59	Baja correlación
0	No existe correlación

Interpretación de la correlación de dos variables en función a los valores de r

Capacidad de un Proceso.

Proceso bajo control y capacidad de un proceso:

Se dice que un proceso esta bajo control estadístico cuando sólo se producen variaciones debidas a causas comunes. En otras palabras el objetivo y razón de ser control Estadístico de Procesos es ayudar a identificar las causas especiales que producen variaciones en el proceso y suministrar información para tomar decisiones.

La capacidad de un proceso está referida a su habilidad para producir unidades cuyos valores de la características a medir, se distribuyan a lo largo de una banda lo suficientemente estrecha como para un centrado del proceso conlleve a que todos los productos caigan dentro de las especificaciones del cliente. Luego la capacidad de un proceso está determinada por su variación total, debida a causas comunes (mínima variación que queda después de eliminar las causas especiales).

Cuestionario Critico

Es una herramienta recomendada cuando se requiere resolver un problema y no se pose suficiente información del porque se esta presentando. Esta orientada a encontrar las causas primarias y/o secundarias que pueden estar generando la situación inadecuada. Esta técnica se basa en la aplicación de una serie de preguntas claves y directas sobre las maneras de hacer las tareas o procesos.

Es necesario realizar una inducción antes de aplicar esta herramienta ya que se pueden generar sentimientos de culpabilidad y hostigamiento entre los participantes.

Para realizar un cuestionario critico se debe realizar lo siguiente:

- Reunir a un grupo de expertos en la materia a estudiar.
- Realizar una inducción sobre la herramienta explicando su alcance, utilidad y sensibilizar al grupo en relación al objeto de la misma.
- Planificar y realizar las entrevistas al personal del grupo elegido.
- Realizar un análisis a los datos recogidos y discutir los resultados con el grupo.
- Tomar las medidas pertinentes.

Generalmente las preguntas vienen dirigidas a las siguientes directrices:

Objetivo	¿Qué se esta haciendo?
	¿Por que se esta haciendo?
	¿Qué mas podría hacerse?
	¿Qué debería hacerse?
Lugar	¿En donde se esta haciendo?
	¿Por qué en este lugar?
	¿En donde mas podría hacerse?
	¿En donde debería hacerse?
Secuencia	¿Cuándo se hace?
	¿Por qué entonces?

	¿Cuánto mas podría hacerse?
	¿Cuándo debería hacerse?
Persona	¿Quién lo hace?
	¿Por qué esa persona?
	¿Quién mas podría hacerlo?
	¿Quién debería hacerlo?
Medios	¿Cómo se hace?
	¿Por qué se hace de esa manera?
	¿En que otra forma podría hacerse?
	¿Cómo debería hacerse?

Hojas de Seguimiento o Verificación

Son formas estructurales que facilitan la recopilación de la información. Se emplean para registrar la ocurrencia de problemas específicos y las circunstancias que lo rodean. Pueden descubrir problemas, verificar la existencia de un problema, determinar la frecuencia de un problema y proporcionar indicios de las posibles causas de un problema observado.

El formato de una hoja de verificación depende del tipo de datos que se va a recoger. Puede ser un simple diagrama, o un dibujo del producto que muestre donde se presentan los defectos y con que frecuencia ocurren. Una vez recopilada la información se procede a la aplicación de otras técnicas para su análisis, tales como Diagrama Causa Efecto, Cuestionario Critico, Diagrama de Afinidad, y otras.

Gráficas de Control

Se puede definir como representaciones graficas acotadas del comportamiento de las características representativas del desarrollo de un proceso en el tiempo. En los casos que los valores de la característica excedan los valores de las cotas se procede a determinar las causas asignables a este comportamiento y atacarlas y de esta manera mantener el proceso en control. son herramientas de dirección que permiten:

- Identificar en la muestra inicial del proceso las observaciones atípicas, a fin de excluirlas una vez detectadas las causas asignables y no tomarlas en consideración para estimar los parámetros del proceso.
- Detectar a tiempo anomalías en el proceso, tanto por corrimientos de la media, como incrementos en la desviación por encima de sus límites naturales, para impedir la producción de piezas fuera de especificación.

Existen dos grandes tipos de graficas de control en función a la naturaleza de la característica a controlar:

Gráficos por variable: cuando la característica de calidad puede ser expresada mediante una variable cuantitativa continua. (longitud, volumen, masa, etc.) son conocidas por graficas $\bar{x}$, r y $\bar{x}$, s dependiendo si se utiliza el rango de dispersión o la desviación típica.

Gráficos por atributos: se utilizan para controlar el porcentaje de unidades defectuosas, o el numero de defectos por unidad; dentro de los límites naturales del proceso y detectar a tiempo cualquier incremento significativo de cualquiera de ellos. Son conocidas como graficas p (proporción de unidades defectuosas en

lotes) y c (cantidad de defectos por unidad).

Las graficas de control son estadísticamente hablando pruebas de hipótesis bilaterales y por supuesto están sujetas a dos posibles errores, *error tipo I* y *error tipo ii*, propios de este tipo de pruebas. Sin embargo estas graficas se diseñan para una probabilidad error tipo I muy baja, de apenas 0,27%, ya que se utiliza el intervalo

$1 \pm 3\sigma$

, y por tanto la probabilidad de que una muestra caiga dentro de los limites de control cuando en realidad el proceso esta bajo control es de 99,73%.

Gráficos de control por variable

Gráficas X, R

Este tipo de graficas utiliza el valor promedio de las medias muestrales y el rango medio de dispersión de las mismas son las mas utilizadas por la sencillez del calculo de r y porque al tomar tamaños de muestra pequeños, la eficiencia de r y s es la misma.

Construcción

La construcción se inicia con la toma de muchas muestras pequeñas (20 muestras como mínimo), de igual tamaño y de 4,5 o 6 observaciones cada una. las razones que justifican el uso de subgrupos son:

- El subgrupo es más homogéneo, ya que las pocas observaciones corresponden a un mismo instante. Esto permite detectar con facilidad las variaciones en el proceso a lo larga del tiempo mediante la variación entre las medias de los diferentes subgrupos.
- La toma de muestras pequeñas varias veces en vez de tomar una grande rara vez permite identificar mas fácilmente la cusa asignable cuando el proceso cae fuera de control.

una vez tomadas las muestra de cada subgrupo se realizan los cálculos utilizando las siguientes expresiones:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K}$$

$$R = VALORMAXIMO - VALORMINIMO$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^K R_i}{K}$$

$$LCS \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCS \bar{R} = \bar{R} D_4$$

$$LCI \bar{R} = \bar{R} D_3$$

Los valores de las constantes a2, d3 y d4 se obtienen a partir de las tablas de constantes para grafica de control. Estas constantes dependen del tamaño de la muestra.

también se utiliza la siguiente expresión para calcular los limites de control cuando se conoce la desviación estándar del proceso los rangos:

$$LC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LC_R = \bar{R} \pm 3\sigma_R$$

Ejemplo

n°	x1	x2	x3	x4	x5	media	r
1	5.1	5.0	5.0	5.1	5.3	5.10	0.3
2	5.0	4.8	4.9	5.2	5.0	4.98	0.4
3	5.1	4.9	5.1	4.9	5.1	5.02	0.2
4	4.8	5.2	5.0	4.9	4.9	4.96	0.4
5	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	4.96	0.1
6	5.0	5.0	5.1	5.0	5.1	5.04	0.1
7	5.0	5.1	4.4	5.0	5.2	4.94	0.8
8	4.7	4.9	5.2	5.0	4.8	4.92	0.5
9	4.9	4.8	5.0	5.1	4.8	4.92	0.3
10	5.0	5.2	5.0	4.7	5.0	4.98	0.5
11	4.9	5.0	5.3	5.2	5.1	5.10	0.4
12	5.0	5.1	5.0	4.9	5.0	5.00	0.2
13	5.0	4.9	4.8	4.8	4.8	4.86	0.2
14	5.1	4.8	4.8	4.8	4.9	4.88	0.3
15	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	4.92	0.1
16	4.5	5.0	5.0	4.8	4.9	4.84	0.5
17	5.0	5.1	5.0	4.9	4.9	4.98	0.2
18	5.0	5.1	5.1	5.0	4.8	5.00	0.3
19	5.2	5.1	5.0	5.1	5.3	5.14	0.3
20	5.2	5.1	4.6	5.0	5.1	5.00	0.6

El promedio de las medias es igual a 4,977 y el rango medio 0.3350. los valores de las constantes:

a2=0,577; d3=0; d4=2,114

sustituyendo las expresiones en las formulas calculamos los limites y graficamos:

para el grafico de control de medias los valores son:

$$LCS_X = 5.17$$

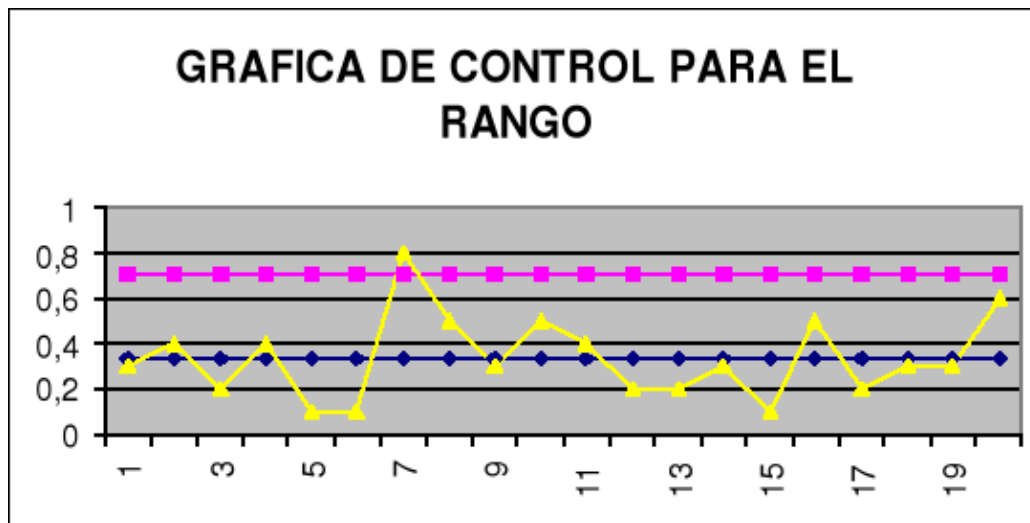
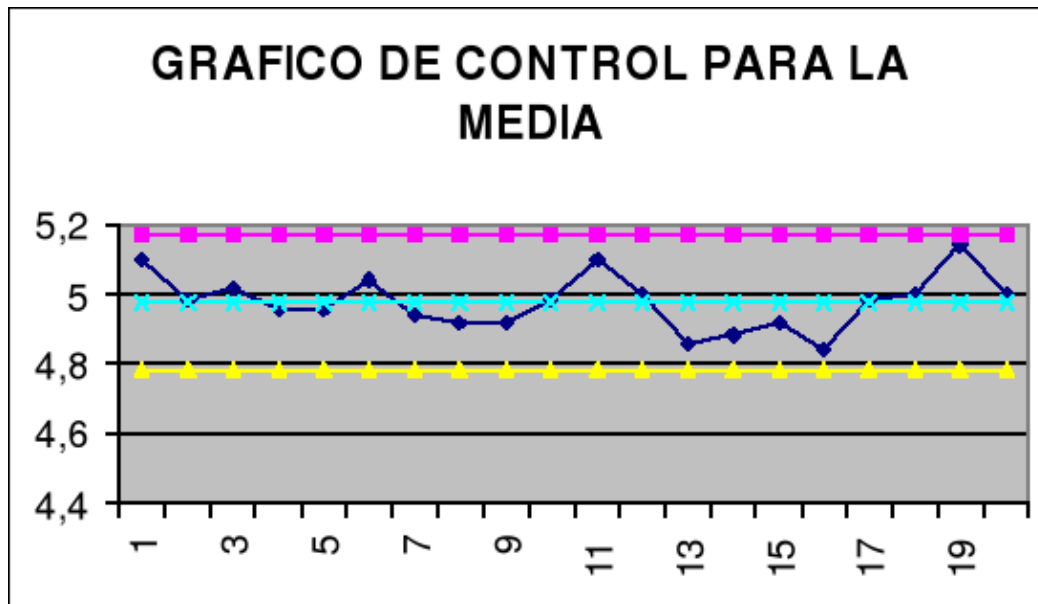
$$\bar{\bar{X}} = 4.977$$

$$LCI_X = 4.78$$

$$LCS_R = 0.71$$

$$\bar{R} = 0.3350$$

Dibujamos las graficas:



Análisis de las graficas

Una vez que el diagrama ha sido construido pueden ocurrir las siguientes situaciones:

- Que todos los puntos muestrales, tanto del grafico para la media como del grafico para el rango, estén dentro de los limites de control. En este caso se puede decir que no hay evidencia significativa para decir que el proceso no esta bajo control.

Sin embargo ya que el grafico de control en el fondo es una prueba de hipótesis con una probabilidad alta de error tipo ii, existen algunos detalles que se pueden interpretar como falta de control. algunos de estos síntomas son:

- Tendencias o desplazamiento continuo en una dirección, tanto de la media como del rango. (Esto podría interpretarse como un desgaste de una maquinaria.
- siete o más puntos consecutivos de un mismo lado constituyen una seria sospecha de que el proceso esta fuera de control.
- Existencia de patrones cíclicos, que revelen que cada cierto tiempo se produce un cambio en la ubicación de los puntos con respecto a la línea central. pueden interpretarse como fatiga de operario, cambios de turno, encendido y pagado de maquinaria, ciclo de mantenimiento, etc.

- Correlación entre los valores de la media y del rango. cuando el proceso esta bajo control el valor de la media y el rango para una misma muestra son independientes
- Que alguno de los puntos muestrales se salga de los limites de control. En este caso se ha detectado una causa asignable y debe iniciarse una investigación que concluya en su identificación. Después esta muestra puede ser extraída del conjunto de datos y se recalculan los limites del proceso.

Graficas X, S

cuando el tamaño de muestra es mayor que 10, es recomendable el uso del diagrama (x,s) ya que la estimación de s² a partir del rango medio pierde eficiencia en comparación con la estimación insesgada

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Por eso cuando n > 10 se recomienda el uso de la grafica (x,s), para la construcción de esta grafica se utiliza como estimador de s² al insesgado s², determinado por la expresión:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

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

Los objetivos de un diagrama (x,s) son los mismos que los de un diagrama (x,r), su construcción es similar al del diagrama (x,r) y los limites de control están definidos por:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K}$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^K S_i}{K}$$

$$LCS\bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$

$$LCI\bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$$

$$LCS\bar{S} = \bar{S}B_4$$

$$LCI\bar{S} = \bar{S}B_3$$

Los valores a3, b3, b4 se obtienen de las tablas de constantes.

En caso de que el calculo de s² se realice con sesgo, es decir utilizando el denominador n en lugar de n-1, los coeficientes a3, b3, b4 cambian por a1, b1, b2.

Diagrama de Pareto.

Revela :

- Que unas pocas causas vitales son responsables de la mayoría de los problemas.
- El resto de los problemas son consecuencia de las muchas causas triviales.

Definición:

Gráfico de barras, que ilustra las causas de los problemas de un proceso en orden de severidad según frecuencia.

Principio de Pareto.

100

P MUCHOS TRIVIALES

O

R

C

E

N

T

A

J POCOS VITALES

E

0 CLIENTES VENTAS

Utilización:

- Es el primer paso para efectuar mejoras.
- Pueden aplicarse para efectuar mejoras de cualquier tipo.
- Muestran los resultados de las mejoras efectuadas.

Construcción:

Paso 1.– Determine rubros a emplear en el gráfico.

Paso 2.– Decida el período a ilustrar.

Paso 3.– Sume la frecuencia que observa cada rubro en el período fijado.

Paso 4.– Trace los ejes del gráfico.

Paso 5.– Debajo del eje horizontal:

- ♦ Anote el rubro mas importante, luego el siguiente y así sucesivamente.

Paso 6.– Dibuje las barras:

- ♦ La altura de la barra corresponderá al valor indicado en el eje vertical.

Paso 7.– Trace línea quebrada para indicar sobre el grafico el total acumulado de cada rubro.

Fecha Cantidad inspeccionada: N = 2165

Rubros de defectos Cantidad de % % total de

Prod. Defect. De N prod. Defect.

Calafateo 198 9.1% 47.6

Ajuste 25 1.2% 6.0

Conexión 103 4.8% 24.7

Par motor inadecuado 18 0.8% 4.3

Separación 72 3.3% 17.3

TOTAL 416 19.2% 99.9

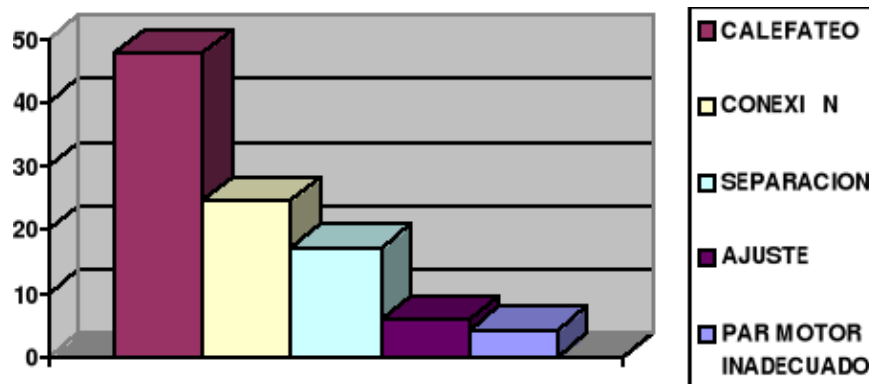


DIAGRAMA DE INTERRELACIONES

Un diagrama de Interrelaciones presenta las relaciones entre factores/ problemas. Toma la idea principal o problema y presenta la conexión entre los ítems relacionados. Al utilizarlo se demuestra que cada ítem puede ser conectado con más de un ítem a la vez. Permite el pensamiento multidireccional.

¿Cuándo se utiliza?

- Para comprender y aclarar las interrelaciones entre los diferentes puntos de un problema complejo.
- Para identificar puntos clave para mayor investigación

¿Cómo se utilizan?

- Reunir el equipo apropiado.
- Determinar el problema o el asunto clave a solucionar.
- Utilizar una herramienta de generación de ideas tal como la Lluvia de Ideas para producir ideas.
- Reunir ideas o tarjetas o notas Post-it y colocarlas en la superficie del trabajo (generalmente dos hojas de rotafolio pegadas hacen una superficie ideal de trabajo) en un patrón circular. Marcar con una letra o número cada tarjeta Post-it.
- Buscar relaciones entre cada una y todas las ideas. Determinar qué otras tarjetas/ Post-it están influenciadas por esta tarjeta. Dibujar flechas que salgan de la tarjeta/ Post-it que influyencien otras tarjetas y flechas hacia las tarjetas que estén influenciadas por otras tarjetas.
- Evitar las flechas de doble vía. Hacer una determinación en cuanto de qué ítem es una mayor influencia.
- Debajo de cada tarjeta/ Post-it, totalizar todas las flechas que entran y salen de cada tarjeta. Luego se podrán identificar las causas/ impulsos principales (flechas salientes con más frecuencias) y los efectos/ resultados claves (flechas entrantes con más frecuencia).
- Identificar las tarjetas/ Post-it que son causas o efectos mayores al utilizar casillas dobles o en negrilla.
- Por consenso, identificar las tarjetas/ Post-it que sólo tienen pocas flechas hacia adentro o afuera pero todavía pueden ser un ítem o causa clave.

Consejos para la Construcción/ Interpretación:

- ◇ Utilizar el sentido común al seleccionar los puntos a enfocar. Los puntos con totales muy cercanos deben ser revisados cuidadosamente pero al final, se trata de una apreciación, no una ciencia.
- ◇ Las herramientas no solucionan los problemas, las personas sí.

Relación con otras herramientas:

Un Diagrama de Interrelaciones generalmente se relacionan con:

- Diagrama de Afinidad
- Diagrama de Causa y Efecto
- Diagrama de Arbol
- Cuadrícula de Selección
- Lluvia de Ideas

EJEMPLO DE DIAGRAMA DE INTERRELACIONES

CAUSAS INVOLUCRADAS EN EL PROBLEMA

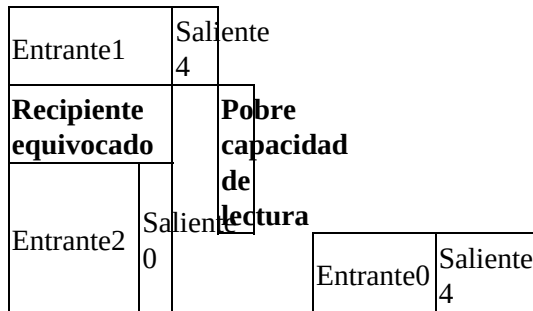
LA TORTA SE QUEMA EN EL HORNO

Medidor mal instalado	
Entrante2	Saliente 0

Mezcla sin revolver	
Entrante1	Saliente 0

Precalentado mucho tiempo	
Entrante3	Saliente 0

Instrucciones confusas



Termostato roto
Entrante0 Saliente 1

Cocina muy pequeña	
Entrante0	Saliente0

En el ejemplo anterior, observe que las causas claves fueron: Instrucciones confusas y una Pobre Capacidad de lectura (cada una con 4 flechas salientes). Igualmente, observe que aunque el Termostato roto solo tenía un a flecha, el equipo en su revisión lo seguía considerando una causa clave.

DIAGRAMA DE AFINIDAD

Un Diagrama de Afinidad es una forma de organizar la información reunida en sesiones de Lluvia de Ideas. Esta diseñado para reunir hechos, opiniones e ideas sobre áreas que se encuentran en un estado de desorganización. El Diagrama de Afinidad ayuda a agrupar aquellos elementos que están relacionados de forma natural. Como resultado, cada grupo se une alrededor de un tema o concepto calve. El uso de un Diagrama de Afinidad es un proceso creativo que produce consenso por medio de las clasificación que hace el equipo en vez de una discusión. El Diagrama fue creado por Kawakita Jiro y también es conocido como el método KJ.

¿Cuándo se utiliza?

Se debe utilizar un Diagrama de Afinidad cuando:

- El problema es complejo o difícil de entender
- El problema parece estar desorganizado
- El problema requiere la participación y soporte de todo el equipo/ grupo.
- Se requiere determinar los temas claves de un gran número de ideas y problemas

¿Cómo se utiliza?

- *Armar el equipo correcto*

El líder del equipo o el facilitador asignado es normalmente responsable por dirigir al equipo a través de todos los pasos para hacer el Diagrama de afinidad.

- *Establecer el problema*

El equipo o grupo deberá inicialmente determinar el problema a atender. Es de gran ayuda determinar el problema en la forma de una pregunta.

- *Hacer Lluvia de ideas/ Reunir datos*

Los datos pueden reunirse en una sección tradicional de Lluvia de Ideas además de los datos reunidos por observación directa, entrevistas y otro material de referencia.

- *Transferir datos a notas Post- it*

Los datos reunidos son desglosados en frases independientes con un solo significado evidente y solo una frase registrada en un Post- it.

- *Reunir los Post- it en grupos similares*

Los Post- it deberán colocarse en una pared o rotafolio de tal manera que todos los Post- it puedan verse fácilmente. Luego, en silencio, los miembros del equipo agrupan los Post- it en grupos similares. Los Post- it que sean similares se consideran de afinidad mutua.

- *Crear una tarjeta de título para cada agrupación*

Los Post- it deberán leerse y revisarse una vez más con el fin de verificar si han sido agrupados de forma apropiada. Asignar un nombre a cada grupo de Post- it por medio de una discusión de grupo. Este título deberá transmitir el significado de los Post- it en muy pocas palabras. Este proceso se repite hasta que todos los grupos tengan un nombre. Cualquier Post- it individual que no parezca encajar en ningún grupo puede incluirse en un grupo de Misceláneos.

- *Dibujar el Diagrama de Afinidad terminado*

Después que los grupos estén ordenados, se deben pegar los Post- it en una hoja de rotafolio. Las tarjetas de los títulos se deberán colocar en la parte superior del grupo.

- *Discusión*

El equipo o grupo deberá discutir la relación de los grupos y sus elementos correspondientes con el problema.

DIAGRAMA DE ARBOL

Es un método gráfico para identificar las partes necesarias para alcanzar algún objetivo final. En mejora de calidad, los diagramas de árbol se utilizan generalmente para identificar todas las tareas necesarias para implantar una solución.

¿Cómo interpretar un diagrama de árbol?

Han de realizarse dos preguntas importantes para cada rama de un diagrama de árbol: ¿garantizará la realización de todas las actividades que figuran a la derecha de un rectángulo concreto que se alcance el objetivo que contiene dicho rectángulo?, y ¿son necesarias todas las actividades que figuran a la derecha de un rectángulo concreto para alcanzar con éxito ese objetivo?. Habrá que tener en cuenta los errores más comunes que suelen cometer, como son omitir una tarea importante, llevar a cabo tareas innecesarias o no utilizar los resultados para el seguimiento y aseguramiento de que se realiza el trabajo convenientemente. Para evitar dichos errores, nos apoyaremos en otras herramientas, como la tormenta de ideas, el diagrama de flujo o la matriz de planificación.

¿Cómo elaborarlo?

- Escribir el objetivo principal en el extremo izquierdo de un papel amplio.
- Subdividir y separar el objetivo principal en objetivos secundarios.
- Continuar subdividiendo o separando, identificando y relacionando otros objetivos.
- Garantizar una relación directa causa- efecto entre un subtítulo y sus divisiones.
- Confirmar que alcanzando todas las submetas y tareas se logra el objetivo principal

EL DIAGRAMA DE DECISIONES DE ACCION

Programar lo incierto

En el diseño de acción intervienen un cierto número de hipótesis que condicionan el alcance del objetivo fijado. Según estas hipótesis sean realista o no, la ejecución del plan puede tomar diferentes derroteros. A menudo es muy importante prever todas las causas posibles y analizar todos los acontecimientos que afectan a cada situación. El diagrama de decisiones de acción se propone ayudar en este análisis sistemático.

En el caso en que haya que evitar un acontecimiento indeseable habrá que analizar todos los caminos susceptibles de conducirnos al mismo. Este método nos permite desarrollar las medidas apropiadas para evitar el riesgo en cuestión. También aquí, el diagrama de decisiones de acción encuentran su utilidad al proporcionar el soporte para realizar una búsqueda sistemática.

Este instrumento es pues un instrumento para asegurar la calidad ya que no solamente sirve para anticipar las dificultades, sino que sirve tanto para evitar que aquéllas no ocurran de improviso, como para no dejar a los interesados desarmados cuando se enfrenten a ellas.

Poner en evidencia los riesgos que hay que evitar o las acciones que hay que tomar.

La decisión de emprender una acción puede ser consecuencia, por ejemplo, de la conclusión de un análisis realizado por medio de un diagrama matricial: poner en marcha los medios apropiados para resolver un problema, o para mejorar la calidad de un servicio. Esta decisión no dejará de tener incidencia sobre lo que existe. Las repercusiones de las mejoras previstas pueden hacerse sentir en el sector de la técnica (los medios usados), y también en el de la organización o de la economía. En todo caso, ciertos agentes se verán afectados y no serán indiferentes a la decisión adoptada. Conviene pues evitar los efectos indeseables ¿Hemos pensado en todo?.

Es interesante visualizar el acuerdo de las diferentes partes involucradas en las modalidades de aplicación de una decisión para que éstas adviertan la articulación de sus respectivos papeles. El diagrama realizado se convierte tanto en una referencia para la acción como en la manera de representar un procedimiento (o un proceso) haciendo que aparezcan tanto las diferentes secuencias como grupos implicados.

CONSTRUIR UN DIAGRAMA DE DECISIONES DE ACCION

La construcción del diagrama de decisiones de acción se resume trazando el camino ideal para, partiendo de una situación A, alcanzar un objetivo B y hacer que aparezcan las situaciones no deseadas así como la manera de evitarlas. Como ocurrió en los otros instrumentos, ya analizados, este es el momento de preguntarse sobre la contribución que se espera del trabajo que se va a realizar en la resolución del problema en curso.

Sin haber identificado el objetivo de esta operación, el árbol que va a nacer se expone a multiplicarse rápidamente de manera impracticable. Se evitará este hecho considerando que no todos los casos pueden ser analizados simultáneamente, dando prioridad a los que parecen que nos conducen con mayor seguridad al objetivo previsto y reservando para un posterior análisis los casos que se dejen pendientes. Una vez que el moderador haya fijado el marco del trabajo a realizar, se deberá elegir el modo de representación horizontal o vertical. El primero presenta la ventaja de distinguirse de los ordinogramas, los cuales están ante todo orientados hacia la representación del encadenamiento lógico y secuencial de los posibles acontecimientos. Por otra parte, su formato rectangular resulta más fácil para disponer de la longitud en el sentido horizontal, tanto más cuanto que un soporte mural nos facilita esta dimensión. Por el contrario, será necesario realizar un ajuste cuando se haga un informe, donde incluso se podría necesitar el empleo de una doble página o la utilización de un informe a la italiana.

Preparación

- ◆ Disponer sobre una pared un panel de papel kraft y fijar en lo alto el objeto del trabajo a realizar.
- ◆ Hay que asegurarse que todos han entendido claramente la expresión de éste.
- ◆ Si se ha previsto recurrir a la creatividad individual habrá que distribuir fichas autoadhesivas entre los participantes.

Creación de la arborescencia

- Solicitar a los participantes, por el método de brainstorming, cuáles son los acontecimientos posibles a partir de la situación considerada. Utilizar para llevar a cabo esto una pregunta tal como ¿Que puede ocurrir en este caso? .
- Escribir sobre una ficha autoadhesiva cada idea producida y colocar las fichas sobre una parte libre del panel.
- Proceder a un análisis de estas ideas como se hizo en el diagrama en árbol, agrupando aquellas que puedan agruparse formulando un título que incluya a todas. Verificar a partir de este título si hay más ideas posibles. Colocar el principio de arborescencia así obteniendo a continuación de la situación de salida.
- Analizar cada una de las ramas creadas en relación al objetivo asignado. Señalar aquellas que serán de objeto de un análisis ulterior con un signo distintivo y colocarlas, en la medida de lo posible, a ambos lados de la rama principal sobre la cual el grupo se está concretando con prioridad. Señalar igualmente las ideas que terminan una rama.
- Volver a comenzar como en el apartado 1 en la rama seleccionada para continuar el análisis.

Presentación del diagrama

Cuando se haya analizado las diferentes ramas, tanto como lo necesite el objetivo asignado, conviene ordenar la arborescencia.

De esta manera será posible poner en evidencia:

- Los resultados importantes obtenidos durante el análisis: riesgos principales a tomar en consideración, dificultades que hay que superar, vías que facilitan la obtención del objetivo.
- Las principales etapas del proceso secuencial creado, marcándoles al margen y atribuyéndoles una denominación,
- Los grupos de agentes implicados, cuando ello se justifica, agrupando, para cada uno de ellos en una misma zona, las acciones que les conciernen.

En fin, también aquí el grupo se enriquecerá haciendo balance sobre la contribución realizada para la resolución del problema tratado y sobre el trabajo que habrá que realizar a continuación, por ejemplo, para planificar la puesta en marcha del cambio previsto.

EL DIAGRAMA SAGITAL

Planificar el desarrollo de una acción

A menudo el factor tiempo es un parámetro difícil de dominar y frecuentemente se sobrepasa los plazos fijados. Todos los instrumentos anteriormente estudiados sirven para evitar el derroche de tiempo y nos permiten acortar el tiempo dedicado a resolver los problemas estimulando la creatividad, favoreciendo la contribución de todos a la calidad y organizando con lógica las acciones. Sin embargo, el control del tiempo dedicado a la acción proyectada continúa siendo un factor fundamental del éxito de ésta porque no solamente se trata de hacerlo mejor que la competencia, sino también de dar con la solución antes que ella.

Los métodos PERT fueron desarrollados en los Estados Unidos para acelerar la realización del programa Polaris y el diagrama sagital constituye uno de sus elementos. Mientras que el diagrama de decisiones de acción sirve para explorar lo incierto, el diagrama sagital sirve para gestionar el tiempo que se tarda en realizar una tarea compleja de la cual se conocen las duraciones de las tareas elementales que la componen.

Predecir el tiempo de realización de un proyecto por medio de la combinación de los tiempos elementales, a menudo conduce a descubrir que la fecha de conclusión del proyecto no se corresponde con los objetivos de la empresa que imponen una fecha más cercana en el tiempo. Así pues, el estudio de la reducción del tiempo en ciertas tareas se convierte en algo necesario. Este diagrama es un instrumento para mejorar el control de los plazos. En este sentido constituye sobre todo un instrumento de mejora calidad.

Controlar el tiempo que se tarda en resolver un problema basándose en la experiencia

Descomponer la resolución de un problema en tareas elementales y poner en evidencia los tiempos de realización que la experiencia nos ha enseñado, conduce al grupo a tener en cuenta los aspectos críticos de la gestión del tiempo e incita a que cada uno se comprometa a mejorar su propia realización,

Todos los proyectos que resultan algo complejos muestran unas situaciones favorables al desarrollo de tales actitudes. Las tareas en la que no existe experiencia puede ser objeto de una atención especial cuando se proceda a su planificación y en el momento de su realización. El diagrama sagital constituye una etapa que es continuación natural a la realización de un diagrama de decisiones de acción: este último nos ha permitido constituir la estructura lógica del proceso a poner en marcha así como la definición de las diferentes tareas y los actores implicados. Falta por declarar de manera precisa en el tiempo lo que no es más que un principio de acción.

El trabajo que hay que realizar se apoya en datos objetivos e implica una acción lógica. El paso del ámbito de lo incierto al de lo conocido nos lleva a un enfoque en el que lo irracional cede paso a lo racional. Pero no perdamos de vista que este paso no es más que un momentáneo y que la necesidad de nuevas mejoras nos conducirá a tener que recurrir de nuevo a acciones más creativas.

Construcción de un diagrama Sagital

Preparación

- Previamente a la construcción propiamente dicha del diagrama, es necesario asegurarse que el grupo de trabajo posee la competencia requerida para definir a la vez la estructura del diagrama y las duraciones de las tareas elementales.
- Si existen dudas en lo concerniente a la estructura, se aconseja comenzar por la construcción de un diagrama de decisiones de acción.
- Preparar dos paneles murales de papel kraft, dispuestos en sentido horizontal y si es posible con posibilidad de aumentar su dimensión durante el curso del trabajo por si fuera necesario.
- Siendo el diagrama sagital una representación muy simbólica y numérica, se aconseja comenzar por trabajar sobre un diagrama de Gantt que es más explícito y facilita las sucesivas modificaciones propias del trabajo en grupo.
- El diagrama sagital se deduce fácilmente del anterior del cual no es más que una representación diferente, orientado a poner en evidencia las duraciones, su encadenamiento y el camino crítico.

Realización del diagrama de Gantt

Escribir sobre una ficha autoadhesiva el punto de partida de la acción a planificar, después sobre fichas individuales señalar por orden las tareas o acciones que seguirán.

A medida que se van obteniendo las fichas se colocarán sobre la columna de la izquierda. Simultáneamente, hay que disponer sobre la misma línea que la ficha, una pastilla autoadhesiva que representa el fin de la tarea indicada en la ficha.

Un verdadero diagrama de Gantt necesitaría colocar esta pastilla a una distancia proporcional a la duración de la tarea, ya que este diagrama, en el caso presente, no es más que una etapa preparatoria para la construcción del diagrama sagital que si mostrará las duraciones, nos limitaremos aquí a presentar claramente el orden de los acontecimientos que marcan el fin y el principio de cada tarea.

Cada pastilla autoadhesiva define una línea vertical, es decir, un momento en el tiempo que es también el punto de partida de otras tareas.

Ciertas tareas aparecen en paralelo: quiere esto decir que se desarrollan simultáneamente.

Se intentará representar con un mismo color las tareas que se encadenan sucesivamente porque el diagrama de Gantt no permite distinguirlos y porque necesitarán esta información para trazar el diagrama sagital

La utilización de material autoadhesivo (fichas y pastillas) facilitan la realización de un trabajo limpio. El grupo descubrirá, al ir avanzando en el trabajo, la necesidad de ir modificando lo que se ha realizado anteriormente.

Nos esforzaremos en encontrar una denominación simple a las tareas, ya que el objetivo es identificarlas claramente.

En función de la complejidad del diagrama puede que sea necesario descomponerlos en varios paneles.

Cuando se ha concluido el planning de Gantt, no resulta inútil perder algo de tiempo pasando revista a la estructura que se ha obtenido para comprobar que cada uno ha integrado de forma correcta los resultados y que no se ha cometido ningún error de principio.

Trazado de diagrama sagital

Se utilizarán fichas autoadhesivas de dimensiones reducidas para que simplemente aparezca el número de orden del nudo que marca el principio o el fin de una tarea.

Partiendo de la tarea que esté situada en lo alto y a la izquierda en el diagrama de Gantt, hay que comenzar a trazar el diagrama sagital por la izquierda del panel colocando allí la ficha número 1.

Los nudos que se encadenan se disponen sobre una misma línea, unos a continuación de otros.

Las tareas que se desarrollan simultáneamente dan como resultados nudos colocados sobre líneas paralelas.

Cuando se ha colocado de manera segura un conjunto de fichas (es decir, después de su verificación en grupo), hay que trazar las líneas de flechas que se relacionan los nudos que representan los principios y finales de las tareas.

Trazar con un color diferente (o con puntos) unas líneas de flechas que representen las relaciones existentes entre las tareas (relaciones condicionales, por ejemplo) que no implican retrasos.

Verificar en grupo el conjunto del trabajo efectuado y su buena comprensión por cada uno de los participantes, en particular allí donde las tareas les afecten.

Cálculo del camino crítico

- *Definición de las duraciones*

Cada tarea comienza en un nudo y termina en el siguiente. El tiempo de realización de esta tarea está representado por la línea que las une y se expresará este tiempo sobre esta línea. La estimación de las duraciones debe hacerse de manera objetiva, lo cual no es siempre fácil. Para disminuir la subjetividad, debida a la influencia del resto del diagrama, sobre la porción que se está analizando, recurriremos al diagrama de Gantt que permite considerar más fácilmente cada tarea de forma aislada.

- *Cálculo de las fechas lo más pronto y lo más tarde*

La fecha lo más pronto es aquella en la cual una tarea podrá comenzar teniendo en cuenta la terminación prevista para las tareas que la padecen y que condicionan su inicio. Se puede pues relacionar con el nudo considerando. La fecha de fin de proyecto se deduce de la suma de la fecha lo más pronto del último nudo y la de la duración de la última tarea.

La fecha lo más tarde es la fecha más tardía en la que una tarea puede comenzar, teniendo en cuenta su duración prevista, sin cuestionar la fecha del final de proyecto. El trazado del diagrama sagital proporciona un medio de cálculo de las fechas lo más pronto y lo más tarde en cada nudo.

Con todo rigor (es decir, si los retrasos elementales están completamente controlados) la diferencia entre la fecha lo más tarde y lo más pronto es un tiempo disponible.

- *El camino más crítico*

El camino más crítico es el camino más largo que se pueda iniciar partiendo del origen del diagrama para desemboca en su punto final, es el camino que no implica ningún tiempo disponible.

El camino crítico representa la duración total de la realización del proyecto representado por el diagrama y condiciona la fecha del final de este proyecto.

Sería un error el no concentrar nuestra atención más que sobre las tareas del camino crítico lo cual nos conducirá a rememorar la fábula de la liebre y la tortuga. Una desviación en las duraciones de las tareas fuera de camino crítico, nos vuelve a desplazar insidiosamente de este camino.

En resumen el diagrama sagital nos ha permitido identificar el tiempo necesario para la realización de un proyecto.

Nos indica igualmente sobre que tareas elementales es preciso intervenir para disminuir la duración del tiempo total.

En el momento de la realización del proyecto, este instrumento nos servirá para seguir la evolución del plazo global, iniciar los avisos que resulten de la modificación de las fechas lo más pronto y lo más tarde y predecir la nueva fecha de finalización.

EL ANÁLISIS FACTORIAL DE DATOS

Este instrumento forma parte de los siete nuevos instrumentos consagrados por los japoneses bajo el

nombre de matriz data análisis, razón que figura aquí.

El objetivo de este instrumento es la transformación de las tablas de datos en forma de cifras, resultantes de un análisis descriptivo de fenómenos observados, en grafismos fácilmente interpretables que faciliten el proceso explicativo de lo fenómenos.

Sin embargo este instrumento es fundamentalmente diferente de los otros seis presentados anteriormente. En efecto, no se trata de un instrumento simple de trabajo en grupo sino de una técnica que se relaciona, como veremos, con las técnicas de estadísticas. Pone en juego el resultado de encuestas y requiere unos cálculos relativamente pesados, realizados preferentemente por medio de los logicales apropiados.

Otra diferencia esencial es su carácter cuantificante. En este sentido le aproxima a los siete instrumentos clásicos.

Igualmente, es necesario observar que el análisis factorial de datos es utilizado en marketing bajo el nombre de análisis de las tipologías, como se indica a continuación, este instrumento puede aplicarse igualmente a la búsqueda de relaciones causa- efectos en el análisis de los defectos.

Nos limitaremos aquí a presentar el principio de este particular instrumento así como los resultados de algunas aplicaciones que ilustren bien el uso que se puede hacer de él. Sugerimos al lector que desee profundizar más que consulte las obras de expertos en el tema.

Dar una representación visual de las correlaciones múltiples

El diagrama de las correlaciones, uno de los siete instrumentos clásicos, permite dar una representación visual de las correlaciones entre dos variables que afectan.

El diagrama del análisis factorial de los datos generaliza este tipo de representación de variables múltiples y permite visualizar sobre un plano lo que ocurre en un espacio de dimensiones.

La representación obtenida nos conduce a descubrir (o no) la existencia de un modelo que permita relacionar ciertos grupos de variables y nos pone en evidencia las eventuales relaciones existentes entre ella.

De igual manera, se usará esta técnica para volver a buscar las causas de un defecto para una clase de individuos (por ejemplo, analizar un tipo de producto) los parámetros correspondientes a los defectos con vistas a determinar las relaciones causas- efectos que expliquen estos defectos.

Construir el diagrama

- La primera etapa consiste en realizar una encuesta con el objeto de disponer de unos datos a partir de los cuales se realizará la construcción del diagrama. Se contribuyen los diferentes parámetros de la encuesta por medios de los caracteres o atributos de los individuos de la población observada, son las variables entre las que se busca correlacionarse eventuales. Estas correlaciones deberán aparecer bajo la forma de un modelo tal comp.: una recta, una curva, etc. Los resultados de la encuesta aparecen bajo la forma de un cuadro. Estos cuadros tienen diferentes denominaciones; cuadros disyuntivos o cuadros individuos/ caracteres o individuos/ variables.
- La segunda etapa consiste en analizar los datos obtenidos. El cuadro disyuntivo permite realizar unos cuadros de correspondencia (llamados también de contingencia, cuentas, dependencias) que tienen por objeto reagrupar los resultados analizándolos parámetro a parámetro. Cuando los parámetros son superiores a dos, se utiliza el cuadro de Burt.

- **Los cálculos:** el método de análisis factorial hace corresponder a cada línea del cuadro procedente un punto en una nube. (Se trata de hecho de un espacio de dimensiones si el cuadro implica columnas y a cada punto se le da un peso correspondiente al de la línea representada, cuyo valor figura en una columna representada por una línea considerada correspondiente a la proyección, en esta dimensión, del vector que define la línea de la nube). El mismo trabajo se efectúa para las columnas del mismo cuadro. Como las dos nubes obtenidas tienen los mismos momentos de inercia, se identifican los ejes principales, de ahí la nominación análisis factorial.
- **Trazado del diagrama:** La proyección de los puntos de una nube según los planos principales de inercia da como resultado una representación de la nube afectada por una mínima deformación. La localización de los puntos que pertenecen a un mismo parámetro permite que aparezcan las eventuales relaciones materializadas por una superficie, recta, curva, etc.
- **Conclusión:** Las correlaciones visualizadas entre los parámetros tras la construcción del diagrama precedente, no nos deben llevar a la conclusión de que uno de estos parámetros es la causa de otro. Por el contrario, nos indica un índice muy útil para orientar la búsqueda de las causas del fenómeno analizado.

56

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA

ANTONIO JOSÉ DE SUCRE

VICE-RECTORADO LUIS CABALLERO MEJIAS

DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO

CATEDRA: CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

•