

## **CAPÍTULO 3**

### **SEIS SIGMA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo presentaremos el origen, concepto, herramientas y beneficios de Seis Sigma ( $6\sigma$ ), que es una técnica que ayuda a la prevención de errores en los procesos industriales así como en los servicios.

Seis Sigma es una filosofía que promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, que permite a las empresas alcanzar considerables ahorros económicos a la vez que mejoran la satisfacción de sus clientes, todo ello en un periodo de tiempo muy corto y al costo más bajo.

Existen varias perspectivas sobre lo que realmente es Seis Sigma, algunas empresas lo definen como un “método altamente técnico utilizado por ingenieros y estadísticos para afinar proceso y productos”. Es cierto que la medición y la estadística son un ingrediente clave en el proceso de mejora Seis Sigma, pero no son la historia completa.

Los cambios radicales se consiguen básicamente traduciendo las necesidades de los clientes al lenguaje de las operaciones y definiendo los procesos y las tareas críticas que hay que realizar de forma excelente. En función de las intervenciones de análisis y mejora, Seis Sigma lleva el funcionamiento de los productos, servicios y procesos a niveles nunca conseguidos anteriormente.

Al aplicar Seis Sigma se pueden detectar rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, es por esto que es de gran importancia esta técnica.

#### **3.2 ANTECEDENTES**

El inicio del compromiso de Motorola empezó desde 1981 con el objetivo de mejorar 10 veces en todos los esfuerzos para satisfacer al cliente, en un periodo de cinco años. Sin embargo, en 1986, se dieron cuenta de que esa meta no era suficiente para seguir en el competido mercado de la electrónica. Así, en 1987 Bob Galvin, director general de Motorola, fijó como objetivo, “mejorar la calidad de los productos y los servicios 10 veces más para 1989, y por lo menos 100 veces para 1991, y alcanzar el nivel de Seis Sigma en 1992. Para alcanzar la Satisfacción Total del Cliente, el objetivo final es cero defectos en todo lo que hacemos”.

De 1987 a 1991 Motorola redujo su tasa promedio de defectos de 6000 partes por millón (ppm) a 40 ppm, y aunque en 1992 no alcanzó el nivel de Seis Sigma, la compañía ha mejorado y permanece en la búsqueda de ese objetivo.

Lo que Seis Sigma ofreció a Motorola fue una forma simple de medir y comparar su desempeño con respecto a los requerimientos de los clientes y un objetivo ambicioso de calidad casi perfecta.

Seis Sigma constituye una metodología sistemática para reducir errores, concentrándose en la mejora de los procesos, el trabajo en equipo y con una gran implicación por parte de la Dirección.

Otras compañías han adoptado también Seis Sigma como su forma de operar en cuanto al mejoramiento de procesos y productos. Tal es el caso de Sony, Texas Instruments, Polaroid entre otros.

### 3.3 CONCEPTO DE SEIS SIGMA

Sigma ( $\sigma$ ) es una letra tomada del alfabeto griego utilizado en estadística como una medida de variación. La metodología Seis Sigma se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos.

Seis Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como métrica, Seis Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, Seis Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología Seis Sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, además de otras de apoyo. Como meta, un proceso con nivel de calidad Seis Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos.

En las empresas Seis Sigma tiene 3 figuras:

- *Los “campeones” (champions).* Normalmente, los líderes de las unidades son elegidos para ser champions, con la responsabilidad de hacer que los equipos multifuncionales se centren en el desarrollo de proyectos específicos de mejora y reducción de costos. Deben ser capaces de preparar el camino para realizar los cambios necesarios y para integrar los resultados. Son responsables de elegir a las personas que difundirán los conocimientos de Seis Sigma por toda la empresa y coordinarán un determinado número de proyectos
- *Los “cinturones negros” (black belts).* Debe tener habilidades de liderazgo para orientar y auxiliar a las personas de las organizaciones a analizar y controlar los procesos en que ellos mismos actúan. Dedican el 100% de su tiempo al programa de Seis Sigma. Dependen básicamente de los recursos destinados por su empresa, de su propia concentración mental y agilidad para tocar múltiples proyectos y concluirlos rápidamente
- *Los cinturones verdes (green belts).* Son personas de la organización que se dedican a tiempo parcial a proyectos Seis Sigma; tienen menos responsabilidad que los black belts en el programa Seis Sigma, normalmente, se involucran en proyectos directamente relacionados con su trabajo del día a día. Los green belts auxilian a los black belts en la recopilación de datos y lideran pequeños proyectos de mejora en sus respectivas áreas de actuación.

Muchos trabajadores deben ser entrenados en los fundamentos de Seis Sigma a través de cursos básicos de 2 a 4 días de duración para que puedan entender y emplear las herramientas principales que se aplican en varias fases del programa, permitiendo que tengan una comprensión más clara y firme de toda la metodología a aplicar durante el programa. A este tipo de personas se les suele clasificar como cinturones amarillos “yellow belts” o cinturones blancos “white belts”, dependiendo de la empresa.

## OBJETIVO

Proporcionar información adecuada para ayudar a la implementación de la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad disminuyendo el número de defectos, así como crear la confianza y comunicación entre todos los participantes.

## ¿CÓMO?

Existe también otra forma de llamar a las fases de Seis Sigma con base en lo que se conoce como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

- *Definir el problema o defecto:* El primer paso en un proyecto de esta naturaleza es clarificar el problema y definir su alcance con metas mensurables que se puedan lograr dentro de pocos meses. Se busca entonces, un proceso acotado y medible para ser examinado detalladamente, sugerir mejoras y recomendaciones en ejecución. Habitualmente se comienza definiendo cuáles son las necesidades asociadas al proceso (necesidades del cliente, necesidades estratégicas, etc.) y qué constituye un defecto bajo dicha perspectiva; para proponer luego un grupo de objetivos orientados a reducir su ocurrencia
- *Medir y recopilar datos:* En el segundo paso del proyecto, el equipo recopila datos profundos y parametrizables acerca del proceso a intervenir (tiempos, recursos, errores, desviaciones, etc.), preparándolos para un análisis de alto nivel
- *Analizar datos:* Una vez que un proceso se haya documentado, y la calidad de los datos se han verificados, el equipo puede comenzar el análisis identificando las causas del por qué las personas o el proceso no pueden actuar o ejercer control eficaz según lo requerido. Todo análisis debe finalmente ser parametrizable y evaluable, para hacer posible la factibilidad técnica de llevar a cabo la metodología (basada en modelos estadísticos)
- *Mejorar:* Esta etapa implica interpretar los análisis, recomendar, decidir y llevar a cabo las mejoras propuestas. Implica, entre otros aspectos: reducir y eliminar ineficiencias, desperfectos y errores; además de mejorar las relaciones entre variables que condicionan el funcionamiento del proceso
- *Controlar:* En cada etapa del proyecto el equipo crea controles para sostener y ampliar las mejoras de acuerdo a los beneficios obtenidos y el conocimiento y comprensión de los procesos a partir de su avance hacia estándares de calidad superiores

## BENEFICIOS

- Mejora la satisfacción del cliente
- Reduce tiempo de ciclo
- Aumenta la productividad
- Mejora capacidad y producción
- Desarrolla procesos y productos robustos
- Reduce defectos totales
- Aumenta la confiabilidad del producto
- Disminuye trabajo en proceso
- Mejora el flujo del proceso

### 3.4 HERRAMIENTAS DE SIES SIGMA

La metodología  $6\sigma$  utiliza herramientas estadísticas para mejorar la calidad. Estas herramientas son para conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos.

Las herramientas de Seis Sigma se pueden clasificar de acuerdo a las fases del DMAIC, las cuales se muestran a continuación:

#### 3.4.1 FASE 1. DEFINIR

##### **DIAGRAMA DE FLUJO**

Los diagramas de flujo (o flujogramas) son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción.

Los símbolos tienen significados específicos y se conectan por medio de flechas que indican el flujo entre los distintos pasos o etapas.

Los símbolos más comunes utilizados son los siguientes:








Significado	Símbolo
Operación, Análisis	
Decisión	
Inspección	
Retraso, Demora	
Almacenamiento	
Dirección de Flujo	
Transmisión	

Tabla 3.1

La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está ahora disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

##### **Objetivo**

Representar las etapas del proceso, las personas o los sectores involucrados, la secuencia de las operaciones y la circulación de los datos y los documentos.

### **¿Cómo?**

- Establecer el alcance del proceso a describir. De esta manera quedará fijado el comienzo y el final del diagrama
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso a describir y su orden cronológico
- Si el nivel de detalle definido incluye actividades menores, listarlas también
- Identificar y listar los puntos de decisión
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos
- Asignar un título al diagrama y verificar que esté completo y describa con exactitud el proceso elegido

### **Beneficios**

- Favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los reprocesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión
- Muestran las interfases cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso

### **TORMENTA DE IDEAS**

La Tormenta de Ideas es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio.

Las reglas a seguir para su realización favorecen la obtención de ideas innovadoras. Estas son en general, variaciones, recomendaciones o asociaciones de conceptos e ideas ya existentes.

### **Objetivo**

Encontrar ideas nuevas y creativas fomentando la participación activa de todos los componentes de un grupo.

### **¿Cómo?**

- Elegir un coordinador
- Definir el enunciado del tema de la Tormenta de Ideas. El enunciado debe ser específico
- Conformar un grupo con el número requerido de personas
- Escribir el enunciado del tema de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión, es importante no realizar críticas
- Aportar una idea por turno y anotarlas
- Concluir la tormenta de ideas cuando ningún participante tenga ideas que aportar

- Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante
- Eliminar ideas duplicadas
- Agrupar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior

### **Beneficios**

- Aportación de ideas diversas por parte de los integrantes de un equipo

### **3.4.2 FASE 2. MEDIR**

#### **DIAGRAMA DE DISPERSIÓN**

Representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas. Permite hacer estimaciones a primera vista, ya que puede relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación.

Considera necesario al menos 40 pares de datos para construir un Diagrama de Dispersión. Es importante anotar las consideraciones en que han sido tomados los datos.

Existen diferentes tipos de correlación

- *Correlación Fuerte.* Los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea imaginaria que pasa por el centro de la masa de los mismos. Estos casos sugieren que el control de una de las variables lleva el control de la otra
- *Correlación Débil.* Los puntos no están lo suficientemente agrupados como para asegurar que existe la relación. El control de una de las variables no necesariamente nos llevará al control de la otra. Si lo que se busca es determinar las causas de un problema, se deben buscar otras variables con una relación mayor o más relevante sobre el efecto
- *Correlación Compleja.* El valor de la variable "Y" parece estar relacionado con el de la variable "X", pero esta relación no es simple o lineal. En este caso la relación se estudia más profundamente
- *Sin correlación.* Para cualquier valor de la variable "X", "Y" puede tener cualquier valor. No aparece ninguna relación especial entre ambas variables. En este caso la teoría no es correcta y se deben buscar otros tipos de relaciones

### **Objetivo**

Comprobar (aceptar o rechazar) teorías respecto a la supuesta existencia de una relación entre dos variables.

### ¿Cómo?

- Elaborar una teoría admisible y relevante sobre la supuesta relación entre dos variables
- Recoger datos y construir el diagrama
- Determinar los valores máximo y mínimo para cada una de las variables
- Decidir sobre que eje representará a cada una de las variables. Si se trata de una relación causa-efecto, el eje horizontal representará la causa
- Trazar y rotular los ejes horizontal y vertical. Identificar y clasificar la pauta de correlación
- Discutir la teoría original

### Beneficios

- Determina el tipo de relación que existe entre dos variables, es decir, positiva o negativa
- Ayuda a determinar las posibles relaciones causales entre dos variables
- Verifica y muestra que existe una relación entre dos variables, o que la misma no existe
- Sirve como una herramienta de rastreo para verificar visualmente que las relaciones continúan existiendo

### HISTOGRAMA

Es una gráfica de la distribución de un conjunto de medidas. Un histograma es un tipo especial de gráfica de barras que despliega la variabilidad dentro de un proceso. Los patrones inusuales o sospechosos pueden indicar que un proceso necesita investigación para determinar su grado de estabilidad.

Los histogramas proporcionan información respecto la distribución seguida por los datos representados. Esta información está relacionada con los siguientes aspectos:

- *Tendencia Central.* Observar alrededor de qué valor muestran los datos estar agrupados. En distribuciones simétricas, este valor central será aproximadamente el valor medio de dichos datos
- *Variabilidad.* Observar la “dispersión” de los datos alrededor del valor central de agrupamiento
- *Forma.* Observar la “forma” del histograma en lo que respecta a: simetría, uno o más “picos”, características de las colas del histograma, etc.

### Objetivo

Proporcionar información para reducir la variación y eliminar la causa de los problemas.

**¿Cómo?**

- Determinar el rango de datos. La diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo
- Obtener el número de clases (NC) o barras. Ninguno de ellos es exacto, esto depende de cómo sean los datos y cuántos sean
- Establecer la longitud de clase (LC). Se establece de tal manera que el rango pueda ser cubierto en su totalidad por NC
- Construir los intervalos de clase. Resultan de dividir el rango (original o ampliado) en NC e intervalos de longitud LC
- Obtener la frecuencia de cada clase. Se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase
- Graficar el histograma

**Beneficios**

- Resume de forma rápida una gran cantidad de datos
- Visualiza la relación entre la capacidad de un proceso y las tolerancias especificadas
- Permite evaluar de forma visual si un conjunto de mediciones se distribuye de forma normal

**HOJA DE COMPROBACIÓN**

Impreso de recopilación de datos utilizado para registrar el número de observaciones o de ocurrencias de ciertos eventos durante un periodo de tiempo especificado.

**Objetivo**

Recoger y mostrar de forma simple una serie de datos del proceso que se está estudiando para contestar a la pregunta ¿con qué frecuencia suceden ciertos eventos?

**¿Cómo?**

- Acordar con el equipo la parte del proceso a observar
- Decidir el periodo de tiempo durante el que se van a recoger datos
- Decidir si los datos van a ser de tipo atributo o de tipo variable
- Diseñar un impreso que sea claro y sencillo de utilizar, asegurando que todas las categorías se encuentran etiquetadas adecuadamente y que existe suficiente espacio para introducir los datos. Ver tabla 3.2
- Informar a las personas que trabajan en el proceso la forma de recopilar los datos
- Recopilar los datos haciendo una marca en la categoría correcta para cada observación, asegurando que las muestras son tan representativas como sea posible
- Analizar los datos buscando oportunidades de mejora del proceso



DEFECTO	PERIODOS			TOTAL
	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	
A	////	///	////	11
B	//	/	///	6
C	///// //	/////	///// /	18
TOTAL	13	9	13	35

Tabla 3.2

### **Beneficios**

- Recolectar información de una forma sencilla y práctica de manera tal que no interrumpa las labores de la persona que está registrando la información
- Facilita la tabulación de la información
- Identificar la frecuencia con la que suceden ciertas anomalías

### **DIAGRAMA DE PARETO**

El diagrama de Pareto consiste en una gráfica de barras ordenada de mayor a menor, donde cada barra representa el peso que tiene cada uno de los factores que se analizan.

El diagrama de Pareto separa los factores vitales de los triviales, es la regla 80 -20. Se pueden incorporar costos al diagrama. Se pueden ponderar los factores, también es una herramienta muy útil en la industria porque con esta se identifica la causa principal del origen de los defectos. Es útil para identificar las prioridades de causa de variación de mala calidad mediante gráficas de causa en orden descendente de frecuencia o magnitud de izquierda a derecha. Adicionalmente, el tamaño de la barra vertical puede ayudar a determinar qué problema debería ser atacado primero.

### **Objetivo**

Identificar y concentrarse en los problemas de mayor frecuencia y concentrar los esfuerzos en ellos.

### **¿Cómo?**

- Decidir y delimitar el problema o área a mejorar que se va a atender. Tener claro el objetivo que se persigue
- Construir una hoja de verificación bien diseñada para la recolección de datos que identifique los posibles factores
- Definir el periodo del que se tomaran datos y determinar quien será responsable de ello
- Construir una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información relevante
- Construir una grafica de barras, tomando como altura de cada barra, el total del defecto correspondiente
- Graficar una línea acumulada de los datos obtenidos anteriormente

- Documentar referencias del diagrama, como títulos, periodo, área de trabajo, etc.
- Interpretar el diagrama y, si existe una categoría que predomina, hacer un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que influyen más en el mismo

De los problemas importantes encontrados, localizar las causas fundamentales. Una de las herramientas más usadas para este fin, es el Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto.

### **Beneficios**

- Permite medir y analizar los datos para apoyar la toma de decisiones
- Representa información de manera que facilita la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar
- Motiva la cooperación de todos los involucrados, puesto que en una mirada cualquier persona puede ver cuáles son los problemas principales
- Cuantifica con objetividad la magnitud real de los problemas, siendo esto un punto de partida para buscar reducirlos
- Permite evaluar objetivamente con el mismo diagrama las mejoras logradas con el proyecto

### **3.4.3 FASE 3. ANALIZAR**

#### **DIAGRAMA DE AFINIDAD**

También conocido como método KJ; es una herramienta que se utiliza para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar y organizarlos en grupos sobre la base de criterios afines de relación natural entre cada elemento.

Se puede decir que el diagrama de afinidad permite reducir una gran cantidad de datos en un conjunto manejable de procesos clave.

Se utiliza cuando existe un gran número de ideas u opiniones sobre un tema objeto de discusión.

#### **Objetivo**

Analizar gran cantidad de datos en forma de ideas e identificar las ideas clave inherentes a los datos estableciendo una agrupación de las diferentes aportaciones.

#### **¿Cómo?**

- Enumerar todas las opiniones propuestas y escribir cada una en apartados individuales
- Agrupar aquellas ideas que expresan lo mismo aunque con diferentes palabras
- Tomando como referencia la agrupación anterior, unir la síntesis de las opiniones que expresan lo mismo
- El procedimiento será el mismo hasta llegar a una ficha en la que se recojan todas las agrupaciones mediante nexos de unión

**Beneficios**

- Promueve la creatividad de todos los integrantes del equipo de trabajo en todas las fases del proceso
- Derriba barreras de comunicación y promueve conexiones entre ideas/asuntos

Esta técnica se puede utilizar cuando es preciso generar un gran número de ideas o conceptos y se han de clasificar en categorías.

**DIAGRAMA DE ÁRBOL**

Es un método utilizado para representar el conjunto completo de actividades que es necesario realizar con el fin de alcanzar un objetivo denominado principal y los objetivos secundarios relacionados con éste.

**Objetivo**

Identificar todas las tareas necesarias para alcanzar algún objetivo final e implantar una solución.

**¿Cómo?**

- 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

**Beneficios**

- Exhorta a los integrantes del equipo a ampliar su modo de pensar al crear soluciones
- Mantiene a todo el equipo vinculado a las metas y submetas generales de una tarea
- Mueve al equipo de planificación de la teoría al mundo real
- Permite a los integrantes del equipo a expandir su pensamiento al crear soluciones sin perder de vista el objetivo principal o los objetivos secundarios
- Muestra de forma clara y ordenada las posibles formas de obtener un efecto o alcanzar un objetivo determinado
- Es útil para cualquier tipo de planificación, ya sea de gestión o de diseño
- Permite enfocar la atención en los detalles más pequeños de la implantación que hacen inevitable la consecución del siguiente nivel del árbol

**DIAGRAMA DE MATRIZ**

El diagrama matricial es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar

gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.

Se basa en principio de que si se sitúa un conjunto de elementos en las filas de una matriz (horizontales) y otro conjunto de elementos en las columnas de la misma matriz (verticales), los puntos de intersección de filas y columnas indicarán la relación entre ambos conjuntos.

Este tipo de diagrama facilita la identificación de relaciones que pudieran existir entre dos o más factores, sean éstos: problemas, causas y procesos; métodos y objetivos; o cualquier otro conjunto de variables. Una aplicación frecuente de este diagrama es el establecimiento de relaciones entre requerimientos del cliente y características de calidad del producto o servicio.

Las disposiciones más comunes son:

- Diagrama matricial en “L”. Es el diagrama matricial básico, se utiliza para representar relaciones entre dos tipos distintos (A,B) mediante una disposición en filas y columnas

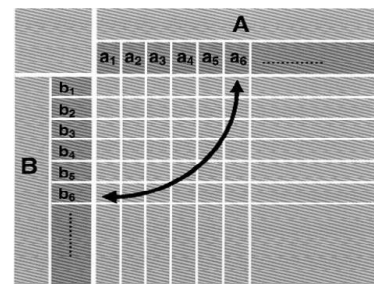


Figura 3.1

- Diagrama matricial en “A”. El objetivo de utilizar esta matriz es permitir realizar dos análisis matriciales de forma simultánea, un análisis para un único factor mediante una matriz en A sobre puesta a uno de los lados de la matriz en L

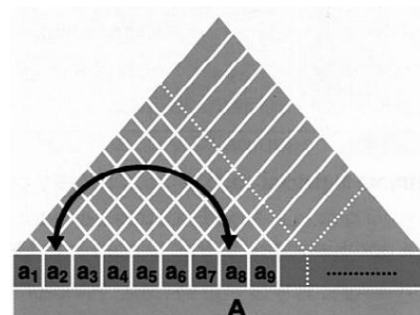


Figura 3.2

- Diagrama Matricial en “T”. Es el formato correspondiente a la combinación de dos Diagramas Matriciales en L. Se utiliza para representar las relaciones existentes entre dos conjuntos de factores distintos, con un tercer conjunto de factores. Son matrices clásicas para el análisis de causas (conjunto C), de fallos (Conjunto A) y origen de las causas (Conjunto B)

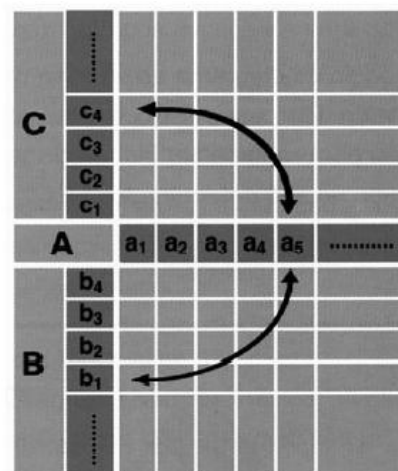


Figura 3.3

- Diagrama matricial en “Y”. Es el formato correspondiente a la combinación de tres DM en L. Se utiliza para representar las relaciones existentes entre tres conjuntos de factores distintos: conjunto A, conjunto B y conjunto C

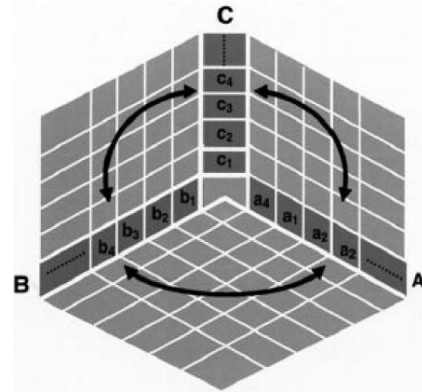


Figura 3.4

- Diagrama Matricial en “X”. Es un formato menos utilizado que los anteriores. Se utiliza para mostrar la interacción existente entre cuatro conjuntos A, B, C D en parejas AB, AD, CD, BC

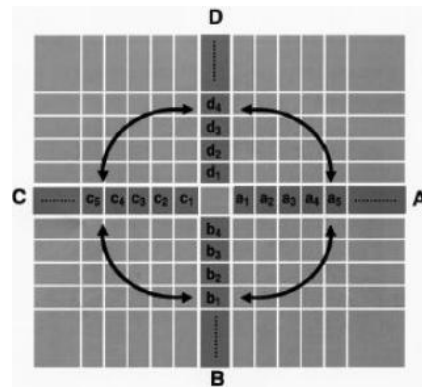


Figura 3.5

### Objetivo

Identificar, analizar y clasificar de forma metódica la existencia o no de las relaciones entre 2 o más conjuntos de ideas, así como la fuerza de dichas relaciones en caso de que existan.

### ¿Cómo?

- Definir el objetivo de la construcción del Diagrama Matricial
- Establecer el Diagrama Matricial a utilizar
- Identificar los factores correspondientes a cada uno de los tipos implicados en el estudio
- Dibujar el Diagrama Matricial
- Identificar y marcar la intensidad de las relaciones entre los factores de los diferentes tipos
- Rotular el diagrama y añadir la información relevante

### Beneficios

- Visualiza claramente los patrones de responsabilidad para que haya una distribución pareja y apropiada de las tareas
- Ayuda al equipo a llegar a un consenso con relación a pequeñas decisiones, mejorando la calidad de la decisión final

- Mejora la disciplina de un equipo en el proceso de observar minuciosamente un gran número de factores de decisión importantes
- Establece la relación entre distintos elementos o factores, así como el grado en que ésta se da
- Hace perceptibles los patrones de responsabilidades así como la distribución de tareas

### **DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA-EFECTO)**

Es una representación gráfica en forma de espina de pescado que permite identificar las causas que afectan un determinado problema en una forma cualitativa. Recibe el nombre de Diagrama de Ishikawa en homenaje al nombre de su creador.

El Diagrama de Ishikawa puede estar relacionado con uno o más de los factores (6 Ms) que intervienen en cualquier proceso productivo:

- Métodos (los procedimientos usados en la realización de actividades)
- Mano de obra (la gente que realiza las actividades)
- Materia prima (el material que se usa para producir)
- Medición (los instrumentos empleados para evaluar procesos y productos)
- Medio Ambiente (las condiciones del lugar de trabajo)
- Maquinaria y equipo (los equipos y periféricos usados para producir)

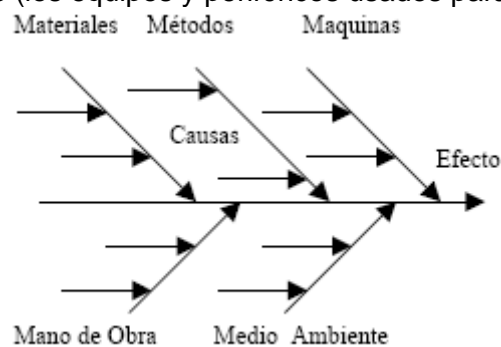


Figura 3.6 Diagrama de causa – efecto

### **Objetivo**

Identificar las distintas causas que generan un problema.

### **¿Cómo?**

- Establecer y acordar con un grupo de trabajo la definición del problema objeto de la discusión. Esta definición constituirá el efecto
- Realizar una sesión de tormenta de ideas de manera ágil, ordenada y sin discusiones para determinar las categorías más importantes de causas del problema
- Colocar las categorías al final de las líneas oblicuas que parten de la línea horizontal
- Realizar una sesión de tormenta de ideas generando todas las posibles causas del problema
- Colocar en cada una de las ramas las posibles causas del problema
- Analizar cada una de las ideas expresadas

A veces en lugar de una o más de las 6 M's, se puede realizar un Diagrama de Ishikawa con base en las fases de un proceso.

### **Beneficios**

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema de una manera estructurada
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones de diagrama causa-efecto
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y cómo éstos se relacionan

### **DIAGRAMA DE RELACIONES**

Permite obtener una visión en conjunto de la complejidad de un problema. Presenta qué causas están relacionadas con determinados efectos y cómo se relacionan entre sí diferentes conjuntos de causas y efectos.

Se denominan efectos clave a aquellas ideas que tengan muchas más flechas entrantes que salientes.

Los conductores clave son aquellas ideas / temas que tienen muchas más flechas salientes que entrantes.

Cuando se construye un Diagrama de Árbol con posterioridad al Diagrama de Relaciones, estos conductores clave serán los que se encuentren más cercanos al "tronco" del Diagrama de Árbol.

### **Objetivo**

Explorar e identificar las relaciones causales entre los elementos

### **¿Cómo?**

- Formar un equipo, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en el Diagrama de Afinidad
- Enunciar el problema por escrito; es necesario realizar una descripción clara del tema bajo discusión. Cuando el tema es más complejo o no se encuentra bien delimitado, se suele utilizar previamente un Diagrama de Afinidad para generar los temas claves que se van a explorar
- Listar las causas probables del problema, encerrar cada causa en un círculo
- Identificar el resultado que corresponde a cada causa, cada resultado se escribe y se encierra en un círculo
- Relacionar la causa con su resultado mediante una flecha
- Cuando un resultado es causa de otro resultado, se pone una flecha partiendo del resultado-origen hacia el resultado correspondiente

- Analizar el Diagrama de Relaciones, contabilizando el número de flechas que “entran” y que “salen” de cada idea. Esta información debe ser registrada en la esquina superior de cada idea

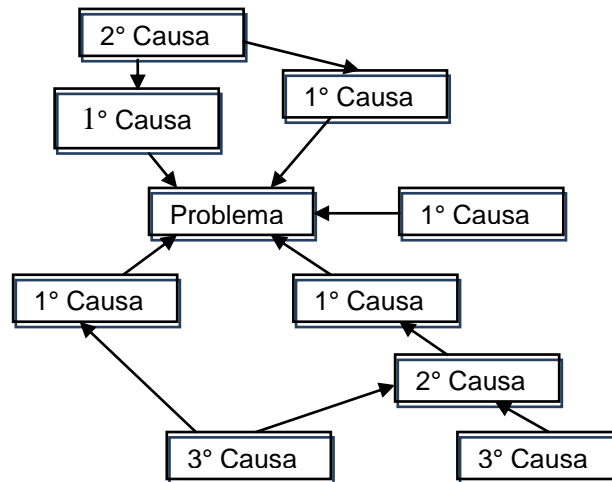


Figura 3.7

### **Beneficios**

- Se obtiene un panorama global de problemas o situaciones complejas
- Muestra y permite entender las relaciones causa-efecto existentes entre los diferentes factores causales de un problema

### **3.4.4 FASE 4. MEJORAR**

#### **DIAGRAMA DE PROCESO DE DECISIÓN**

Herramienta que permite analizar, de forma sistemática, la existencia de acontecimientos no deseados y desarrollar las medidas específicas para evitar los riesgos asociados a dichos acontecimientos.

Cuando exista incertidumbre en el plan de implementación de un programa de mejora, cuando la actividad a desarrollar no sea rutinaria, cuando el plan de implementación sea complejo y/o la probabilidad de fallo sea alta, se recomienda utilizar este diagrama.

El tema o asunto principal que desencadena el proceso de construcción de un Diagrama de Proceso de Decisión por lo general proviene de la utilización de otras herramientas, como el Diagrama de Afinidad, el Diagrama de Relaciones o incluso el Diagrama de Árbol.

#### **Objetivo**

Identificar y representar todos los acontecimientos y contingencias posibles que puedan suceder.



### ¿Cómo?

- Seguir los pasos para la construcción de un Diagrama de Árbol hasta su consecución
- Tomar una rama del Diagrama de Árbol y realizar las siguientes preguntas: ¿qué podría ir mal en este paso? o ¿qué otro camino podría tomar este paso?
- Responder a las preguntas planteadas en el paso anterior en las bifurcaciones del camino original
- Registrar, al lado de cada paso, las acciones / contramedidas que deberían tomarse
- Clasificar las contramedidas con el siguiente criterio:
  - X = contramedida imposible / difícil
  - O = Contramedida seleccionada
- Continuar el proceso hasta agotar el camino principal
- Repetir los pasos anteriores en la siguiente (en importancia) rama del árbol
- Responder a las preguntas planteadas en el paso 2 en las bifurcaciones del camino original
- Unir las distintas ramas individuales en un Diagrama de Proceso de Decisiones final, revisándolo con los miembros del equipo y modificando / ajustando lo que sea necesario

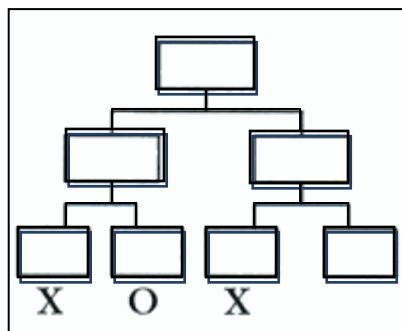


Figura 3.8

### Beneficios

- Prevé e identifica problemas o desviaciones y busca soluciones

### MATRICES DE PRIORIZACIÓN

Herramienta utilizada para priorizar actividades, temas, características de productos/servicios, etc., en base a criterios de ponderación conocidos, utilizando una combinación de las técnicas de Diagrama de Árbol y Diagrama Matricial.

En algún momento de toda planificación o metodología de mejora, es necesario decidir qué es más necesario o más importante hacer para la organización y cuándo realizarlo, es decir, restablecer prioridades. Las matrices de priorización permiten realizar esta toma de decisión de una forma objetiva.

### Objetivo

Establecer un orden de prioridad entre las distintas opciones presentadas a la hora de llevar a cabo un plan de acción.

### ¿Cómo?

- Definir el problema
- Realizar un diagrama de árbol
- Construir una matriz en L, combinando las opciones y los criterios a aplicar
- Conformar un grupo con el número requerido de personas
- Establecer prioridades en los criterios. El proceso recomendado de establecimiento de prioridades consiste en realizar un primer análisis para establecer las áreas generales de acuerdo / desacuerdo. La Técnica de Grupo Nominal es un método popular para alcanzar este objetivo
- Ordenar las opciones en base a cada criterio
- Construir la matriz "opciones / criterios ponderados". Ver figura 3.9
- Registrar el orden alcanzado por cada opción
- Ponderar del orden alcanzado por cada opción
- Priorizar acciones de acuerdo a puntuación (menor puntuación = mayor prioridad)

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Total
OPCION 1					
OPCION 2					
OPCION 3					
OPCION 4					
OPCION 5					
OPCION 6					
OPCION 7					

Figura 3.9

### Beneficios

- Identifica los principales problemas de entre un grupo de ellos
- Ayuda a priorizar ideas, actividades y características

### 3.4.5 FASE 5. CONTROLAR

#### DIAGRAMA DE FLECHAS

Es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.

Es una técnica de red de proyecto donde las actividades se representan como flechas que indican las dependencias entre los nodos.

Se utiliza para programar las actividades necesarias en el cumplimiento de una tarea compleja lo más pronto posible, controlando el progreso de cada actividad.

Es similar a la técnica conocida como CPM (Camino de Ruta Crítica).

Los datos mínimos para que podamos elaborar una red o diagrama de flechas son:

- El listado de actividades programadas
- La secuencia o la columna de las actividades inmediatamente siguientes

Términos básicos en la construcción del un Diagrama de Flechas

- Actividad: cualquier parte del un proyecto que consuma tiempo y/o recursos y disponga de un inicio y de un final perfectamente definidos. Se representan mediante flechas
- Actividad imaginaria: es la representación gráfica, en forma de actividades, de la dependencia lógica entre dos actividades (la segunda actividad no puede comenzar antes de que haya finalizado la primera). Se representan mediante línea discontinua
- Hitos o eventos: son los puntos representativos del comienzo o del fin de una actividad. En los diagramas de flechas, las actividades representan el trabajo necesario para pasar de un hito o evento al siguiente. Un hito representa un punto instantáneo de tiempo. Se representan mediante círculos

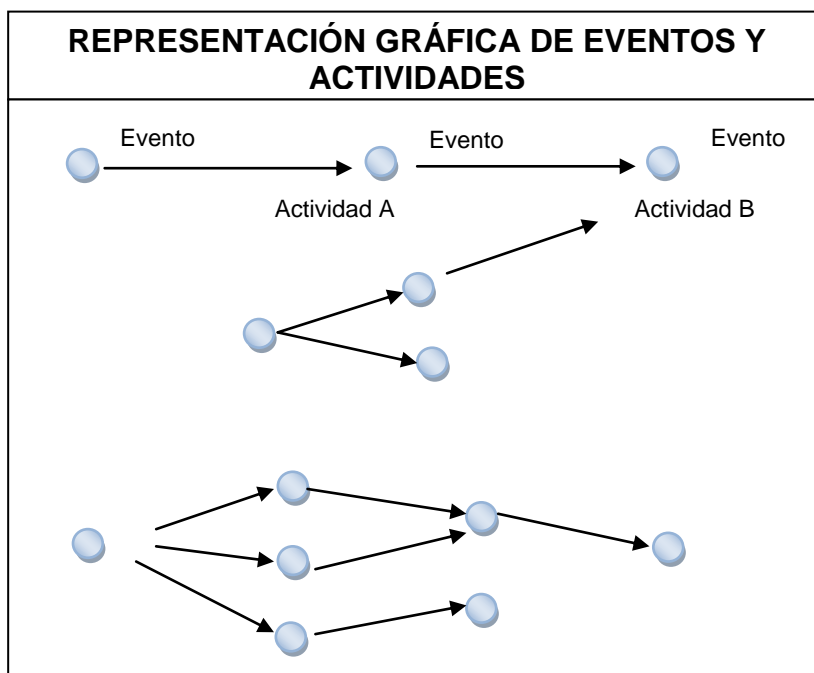


Figura 3.10

**Objetivo**

Su objetivo es determinar el tiempo óptimo de un proyecto, identificar las actividades necesarias para el cumplimiento del tiempo mínimo, elaborar un plan completo y detallado, revisar el plan en la etapa de planeación y clasificar las prioridades del proyecto.

**¿Cómo?**

- Definir el objetivo de la construcción del diagrama de flechas
- Definir los límites del proyecto a planificar
- Identificar y representar los eventos
- Definir y representar las actividades
- Identificar las actividades imaginarias
- Comprobar la integridad del gráfico

**Beneficios**

- La construcción de la red es mucho más sencilla ya que no requiere actividades ficticias
- Permite introducir demoras en las relaciones, que en el Diagrama de Flechas implicaría la introducción de una nueva actividad, incluso se pueden usar demoras negativas en el caso en que la sucesora pueda empezar antes de finalizar la precedente

**GRÁFICOS DE CONTROL DE PROCESOS**

Los gráficos de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.

Es un gráfico de líneas en el se representan las mediciones de un proceso o producto en función del tiempo.

**Objetivo**

Controlar el proceso identificando problemas mediante la variación de los procesos en función del tiempo.

Los puntos representados pueden ser las mediciones reales de una característica de un producto o estadísticos (medias muestrales, desviaciones típicas muestrales, etc.) obtenidos de muestras.

Estos gráficos disponen de una línea central que es representativa de la tendencia central del proceso, así como de unas fronteras denominadas límites de control, que son representativas de la variación del proceso cuando sobre él solamente actúan causas aleatorias de variación.

Los límites de control están situados a una distancia de más/menos tres desviaciones típicas a partir de la línea central.

Los estadísticos representados más comúnmente son la media muestral, el recorrido muestral, la desviación típica muestral, el porcentaje de producto no conforme y el número medio de defectos por unidad.

Todos los procesos tienen variación y los gráficos de control estadístico muestran dicha variación.

#### *Elementos de una Gráfica de control*

Estos son los límites de control, la línea central, las escalas horizontal y vertical y los puntos de la gráfica.

Los límites de control representan la “voz” del proceso. Depende de la variación del mismo e indican anomalías en el comportamiento del mismo.

### **GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES**

Una variable puede definirse como una dimensión medible en una escala continua.

Por lo tanto, son gráficos de control basados en la observación de la variación de características medibles del producto o servicio.

Se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas. Suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso.

<b>Caso a Tratar</b>	<b>Gráfico a utilizar</b>	<b>Tamaño del subgrupo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo variable</li> <li>• Una sola característica a medir</li> <li>• Producción alta</li> <li>• Característica medible en taller. No necesario apoyo de cálculo</li> </ul>	(X, R)	Menor de 10 Preferible 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo variable</li> <li>• Una sola característica</li> <li>• Producción alta</li> <li>• Característica no medible en taller. Necesario apoyo de cálculo</li> </ul>	(X, S)	Mayor de 10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo variable</li> <li>• Una sola característica a medir</li> <li>• Producción baja</li> <li>• Imposibilidad de formar subgrupos racionales de dos o más de dos elementos</li> </ul>	(XI, RM)	1

Tabla 3.3

## GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (Medias, R)

Un gráfico  $\bar{X}$  contiene las medias muestrales – con acento - de la característica que se pretende estudiar, por lo que mediante él podremos detectar posibles variaciones en el valor medio de dicha característica durante el proceso (desviaciones con respecto al objetivo). Un gráfico R es un gráfico de control para rangos muestrales. Se utiliza para medir la variación del proceso y detectar las posibles existencias de causas especiales.

### Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso y de la variabilidad del mismo a través del recorrido R, mediante la mediación de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
A2, D3, D4	Constantes utilizadas en el cálculo de los límites de control
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
N	Tamaño del subgrupo
R	Recorrido. Punto a representar en un gráfico de recorridos.
$\bar{R}$	Recorrido Medio. Línea central de un gráfico de recorridos.
$\Sigma$	Sumatoria
X	Medición individual
$\bar{X}$	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.4

### Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Medias $\bar{X}$	$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$ $LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$	$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{K}$	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$
RECORRIDOS R	$LCS = D_4 \bar{R}$ $LCI = D_3 \bar{R}$	$\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$	$R = X_{\max} - X_{\min}$

Tabla 3.5

### Condiciones

- Tamaño de subgrupo comprendido entre 2 y 10
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción alta
- Disponer de entre 20 y 25 subgrupos para el cálculo de los límites de control y la línea central

### ¿Cómo?

- Definir la característica a medir (característica de control)
- Definir el punto de inspección (en que etapa del proceso se va a medir la característica)
- Seleccionar el gráfico de control a utilizar
- Analizar el sistema de medición
- Determinar el tamaño del subgrupo (tamaño de la muestra) a medir
- Determinar la frecuencia de la medición
- Tomar físicamente las mediciones
- Representar las mediciones o el estadístico utilizado, uniéndolas mediante una línea
- Calcular la línea central y los límites de control superior e inferior
- Identificar si hay puntos fuera de los límites de control

### Beneficios

- Permite la máxima utilización de la información disponible a partir de los datos
- Proporciona información detallada sobre la media y la variación del proceso para controlar las dimensiones individuales

### **GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES (Medias, D. Típicas)**

Son gráficos de control para datos de tipo variable, permite mayor precisión que los gráficos ( $\bar{X}$ , R) aunque los cálculos son más complicados. Se recomiendan cuando la medición se realiza fuera del taller.

### Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso  $\bar{X}$  y de la variabilidad del mismo a través de la desviación típica  $S$ , mediante la medición de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
A3, B3, B4	Constantes utilizadas en el cálculo de los límites de control
k	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
n	Tamaño del subgrupo
S	Desviación típica. Punto a representar en un gráfico de desviaciones típicas.
$S_{\bar{X}}$	Desviación típica media. Línea central de un gráfico de desviaciones típicas.
$\sum$	Sumatorio
X	Medición individual
$\bar{X}$	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.6

### Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Medias $\bar{X}$	$LCS = \bar{X} + A_3 \bar{S}$ $LCI = \bar{X} - A_3 \bar{S}$	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k}$	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$
RECORRIDOS R	$LCS = \bar{X} + B_4 \bar{S}$ $LCI = \bar{X} - B_3 \bar{S}$	$\bar{S} = \frac{\sum S}{k}$	$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

Tabla 3.7

### Condiciones

- Tamaño del subgrupo mayor de 10
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción alta
- Disponer de entre 20 y 25 subgrupos para el cálculo de los límites de control y la línea central



### ¿Cómo?

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Representando medias y desviaciones típicas de subgrupos muestrales en gráficos separados, disponiendo cada gráfico de línea central y límites de control

### GRÁFICA DE CONTROL POR VARIABLE (XI, Rm)

Es un gráfico de control para datos de tipo variable. Es necesario cuando el considerar muestras de tamaño mayor que 1 resulte demasiado caro, inconveniente o imposible. En este procedimiento de control se emplea el rango móvil de dos observaciones sucesivas para estimar la variabilidad del proceso.

### Objetivo

Vigilar el comportamiento de la tendencia central del proceso y de la variabilidad del mismo utilizando mediciones individuales, mediante la medición de una sola característica.

Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

Símbolo	Definición
k	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de Control Inferior
LCS	Límite de Control Superior
RM	Recorrido móvil. Diferencia típica
RM	Desviación típica media. Línea central de un gráfico de desviaciones típicas.
$\Sigma$	Sumatorio
X	Medición individual
$\bar{X}$	Media de mediciones individuales. Punto a representar en el gráfico de medias.
$\bar{\bar{X}}$	Media de las media de mediciones individuales. Línea central de un gráfico de medias.

Tabla 3.8

### Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
V. Individuales IX	$LCS = \bar{X} + (2,66x \overline{RM})$ $LCI = \bar{X} - (2,66x \overline{RM})$	$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$	X
R. Móviles RM	$LCS = 3,27x \overline{RM}$ $LCI = 0$	$\overline{RM} = \frac{\Sigma RM}{k - 1}$	RM = diferencia positiva entre dos mediciones individuales sucesivas

Tabla 3.9

## Condiciones

- Tamaño de subgrupo igual a 1
- Una sola característica en cada gráfico
- Producción baja
- Disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y línea central

## ¿Cómo?

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Representando mediciones individuales y recorridos móviles en gráficos separados disponiendo cada gráfico d línea central y límites de control

**GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS**

Son usadas para medir características discretas, es decir, medibles (contables) sobre una escala que solamente toma valores puntuales o discretos, como el número de defectos o el número de artículos defectuosos.

<b>Caso a Tratar</b>	<b>Gráfico a utilizar</b>	<b>Tamaño del subgrupo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo atributo</li> <li>• Más de una característica a medir</li> <li>• Producción muy alta</li> <li>• Tamaño de subgrupo constante</li> <li>• Se mide y representa el número de unidades no conformes</li> </ul>	p	Superior a 30 pudiendo ser constante o variable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo atributo</li> <li>• Mas de una característica a medir</li> <li>• Producción muy alta</li> <li>• Tamaño de subgrupo constante</li> <li>• Se mide y representa el número de unidades no conformes</li> </ul>	np	Superior a 30 debiendo ser constante
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo atributo</li> <li>• Mas de una característica a medir</li> <li>• Producción muy alta</li> <li>• Tamaño del subgrupo constante</li> <li>• Se mide y representa el número de no conformidades</li> </ul>	c	Más de una unidad pero constante
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de tipo atributo</li> <li>• Mas de una característica a medir</li> <li>• Producción muy alta</li> <li>• Tamaño del subgrupo constante o variable</li> <li>• Se mide y representa el número de no conformidades por unidad</li> </ul>	u	Más de una unidad pudiendo ser constante o variable

Tabla 3.10

**¿Cómo?**

- Definir la característica a medir (característica de control)
- Definir el punto de inspección (en que etapa del proceso se va a medir la característica)
- Seleccionar el gráfico de control a utilizar
- Analizar el sistema de medición
- Determinar el tamaño del subgrupo (tamaño de la muestra) a medir
- Determinar la frecuencia de la medición
- Tomar físicamente las mediciones
- Representar las mediciones o el estadístico utilizado, uniéndolas mediante una línea
- Calcular la línea central y los límites de control superior e inferior
- Identificar si hay puntos fuera de los límites de control

**Beneficios**

- Son fáciles de usar e interpretar, tanto por el personal encargado de los procesos como por la dirección de éstos
- Permite que las decisiones se basen en hechos y no en intuiciones o en apreciaciones subjetivas
- Mejoran la productividad
- Son eficaces en la prevención de defectos
- Previenen ajustes innecesarios del proceso
- Proporciona información sobre la capacidad del proceso

**GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “P”**

Gráfica de control por atributos para la fracción no conforme.

**Objetivo**

Evaluar la fracción o el porcentaje de unidades defectuosas.

Está herramienta debe utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- El tamaño de la muestra  $n$  puede ser variable
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos

**¿Cómo?**

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme
- Representando proporciones no conformes en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control
- Sea una variable aleatoria (VA) que denota el número de artículos o unidades defectuosas en una muestra  $n$ . Entonces si

- ✓ Existen solamente dos posibles resultados para cada prueba (obtener un artículo y evaluar si dicho artículo es defectuoso o no defectuoso)
- ✓ La probabilidad de obtener una unidad defectuosa (probabilidad de éxito) es constante para todas las pruebas
- ✓ Existen n pruebas (n constante)
- ✓ Las pruebas son independientes, la distribución de la VA X es binomial

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
P	Proporción no conforme en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico p
$\bar{p}$	Proporción no conforme media. Línea central de un gráfico p
$\Sigma$	Sumatoria
$n_i$	Tamaño del subgrupo i
$d_i$	Número de unidades no conformes en el subgrupo i

Tabla 3.11

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
p	$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$ $LCS = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{p} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$\bar{p}_i = \frac{d_i}{n_i}$

Tabla 3.12

Condiciones

- El tamaño de la muestra es tal que la expresión:  $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$  no contiene ni al cero ni al uno
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

## GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “NP”

Gráfica de control por atributos para el número de unidades no conformes.

### Objetivo

Evaluar el número de unidades defectuosas, con n constantes.

Esta herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos

### ¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme y mantener constante dicho tamaño
- Representando el número de unidades no conformes en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
Np	Número de unidades no conformes en un subgrupo. Punto a representar en un gráfico np
$\bar{np}$	Número de unidades no conforme media. Línea central de un gráfico np
$\Sigma$	Sumatoria
$n_i$	Tamaño del subgrupo i
$d_i$	Número de unidades no conformes en el subgrupo i

Tabla 3.1

### Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
Np	$LCS = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$ $LCI = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{np} \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{k}$	$d_i$

Tabla 3.14

## Condiciones

- El tamaño de la muestra es tal que la expresión:  $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$  no contiene ni al cero ni al uno
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

## GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “C”

Gráfica de control por atributos para el número de no conformidades por muestra.

### Objetivo

Evaluar el número de defectos en unidades bien definidas (n constante).

Está herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número medio de no conformidades por muestra

### ¿Cómo?

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos un elemento no conforme y mantener constante dicho tamaño
- Representando el número de unidades no conformes por muestra en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
$c_i$	Número de no conformidades en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico c
$c\bar{}$	Número de no conformidades medio. Línea central de un gráfico c
$\Sigma$	Sumatoria
n	Tamaño del subgrupo

Tabla 3.15

## Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
c	$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$ <p>El LCI se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$	$c_i$

Tabla 3.16

## Condiciones

- Exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

**GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS “U”**

Gráfica de control por atributos para el número de unidades de no conformidades por unidad.

**Objetivo**

Evaluar el número de defectos por unidad. El tamaño de la muestra n puede ser variable.

Está herramienta puede utilizarse cuando:

- Igual que en los gráficos de control de procesos
- Cuando no se puedan obtener datos de tipo variable para la característica a controlar
- Cuando se puedan obtener tamaños de muestra constantes
- Cuando se necesite identificar cambios repentinos en los niveles de calidad de los procesos medido dicho nivel como el número de no conformidades por unidad

**¿Cómo?**

- Decidir un tamaño de subgrupo tal que se pueda esperar al menos una no conformidad
- Representando el numero de no conformidades por unidad en un solo gráfico, disponiendo dicho gráfico de línea central y límites de control

Los símbolos que se utilizan en esta herramienta son:

Símbolo	Definición
K	Número de subgrupos (número de puntos representados)
LCL	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
$c_i$	Número de no conformes en el subgrupo i
$n_i$	Tamaño del subgrupo i
$u_i$	Número de no conformidades por unidad en el subgrupo i. Punto a representar en un gráfico u
$\bar{u}$	Número de no conformidades medio por unidad. Línea central de un gráfico u
$\Sigma$	Sumatoria

Tabla 3.17

Cálculos

Gráfico	Límites de control	Líneas centrales	Puntos a representar
U	$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ $LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ <p>El LCL se considerará que es igual a cero cuando el valor calculado sea negativo.</p>	$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$	$u = \frac{c}{n}$

Tabla 3.18

Condiciones

- Exigir que el tamaño de la muestra sea tal que exista al menos una no conformidad en cada subgrupo
- Se debe de disponer de entre 20 y 25 mediciones individuales para el cálculo de los límites de control y la línea central

## 1.4 RESUMEN

En este capítulo se dieron a conocer las diferentes técnicas que conforman Seis Sigma, las cuales mediante la recopilación de datos, ayudan a medir y mejorar el rendimiento operativo de una empresa mediante la identificación y eliminación de los defectos para satisfacer las necesidades de los clientes; también ayuda a corregir problemas antes de que estos se presenten.

El objetivo de Seis Sigma es reducir defectos, errores y fallas a un valor próximo a cero para poder lograr obtener productos y/o servicios de calidad, ya que cuanto mayor sea el número de clientes insatisfechos, mayor es la tendencia de perder espacio en el mercado. Para lograr este objetivo es necesario la utilización y



adecuación de diferentes herramientas, tales como: diagrama de Ishikawa, diagrama de afinidad, diagrama de flechas entre muchos otros.

Las grandes compañías a nivel mundial utilizan la técnica Seis Sigma elaborando inspecciones visuales y electrónicas y aplicando las herramientas estadísticas, con las cuales se puede observar el comportamiento de los procesos.

Implementar Seis Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología estandarizada para controlar los procesos y lograr simplificarlos reduciendo el número de pasos y volviéndolos más rápidos y eficientes. Al mismo tiempo, esos procesos son optimizados para que no generen defectos y no presenten oportunidades de error. Es esencial que el compromiso con el enfoque Seis Sigma comience y permanezca en la alta dirección de la compañía para poder comenzar a generar los cambios necesarios para lograr mejorar los procesos.

En conclusión, con Seis Sigma se mejoran las características del producto o servicio, permitiendo conseguir mayores ingresos, así mismo permite el ahorro de costos que se deriva de la disminución de fallas o errores y de los menores tiempos de ciclo en los procesos.