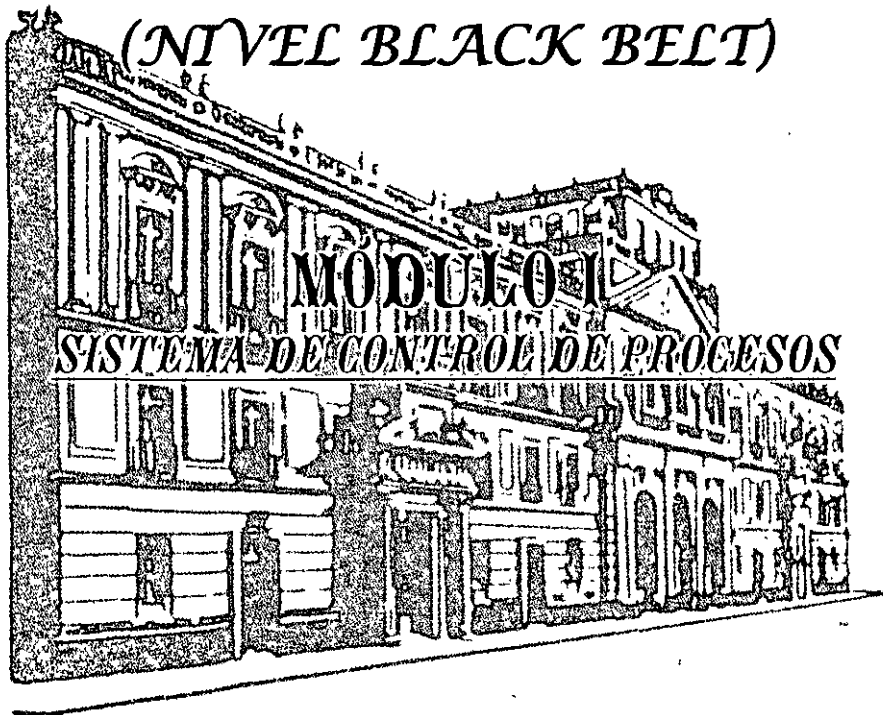




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL

## *DIPLOMADO EN SEIS SIGMA (NIVEL BLACK BELT)*



Del 02 al 23 de Junio de 2007

## APUNTES GENERALES

DE-041

Instructor: Ing. José Ignacio Villela Zabaleta  
Palacio De Minería  
Junio del 2007

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,  
APDO Postal M-2285 • Tels: 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623.2971 • Fax: 5510.0573

## 2. MAPEO DE PROCESOS

### 2.1 Estructura del Mapeo

El mapeo es de un proceso es un representación gráfica de un proceso en la que es ilustra en forma detallada:

- Todos sus pasos los **que agregan valor** y los **que no agregan valor**
- Variables **claves** del proceso
- Variables de **Entrada y Salida** claves para el cliente
- El propósito del mapeo es:
  - Identificar **sistemas** que requieren ser analizados
  - Establecer variables críticas de calidad **VCC**
  - Identificar **oportunidades** de simplificación
  - Identificar y eliminar **cuellos de botella**

La función de mapear se puede llevar a cabo en tres niveles:

TODA LA ORGANIZACIÓN  
(NIVEL MACRO)

TODO UN PROCESO  
(NIVEL LOCAL)

UN SUBPROCESO  
(NIVEL MICRO)

## METODOLOGIA PARA REALIZAR UN MAPEO

1. Listar pasos generales y variables críticas de salida
2. Identificar agregados de valor
3. Mostrar características críticas de calidad
4. Listar entradas claves con tres criterios (crítica controlable y de ruido )
5. Añadir si es el caso especificaciones y objetivos del proceso
6. Seguir los siguientes pasos de construcción del proceso:
  - a. *Dibujarlo como es*
  - b. *Dibujarlo cómo debería ser*
  - c. *Comparar los dos diagramas*
  - d. *Mejorar el proceso*

### 2.2 Generalidades de la estructura del Mapeo

La más importante estructura para la gestión de la función del Mapeo sin lugar a dudas es el *DIAGRAMA* cuyo principal propósito es la representación del trabajo el cual ha sido previamente fragmentado en actividades o unidades. Los diagramas auxilian en el análisis y mejoramiento del método presente o actual del proceso así como en el conocer la duración del ciclo de trabajo según el siguiente procedimiento:

1. **Seleccionar** el trabajo sujeto a estudio
2. **Consignar** las actividades relevantes
3. **Examinar** crítica y analíticamente los hechos
4. **Desarrollo** del más práctico económico y efectivo método
5. **Instalación** y mantenimiento de dicho método

Los diagramas son útiles en el examen y desarrollo de las fases del proceso son elementos descriptivos y comunicativos lo que facilita el entendimiento cabal de las actividades de dicho proceso. Son útiles también al indicar la trayectoria del flujo y movimiento de materiales equipos o personas. También consignan la interrelación de objetos con individuos en escalas o no de tiempos y distancias recorridas así como complementariamente ayudan a especificar la actividades repetitivas y lineales con sus respectivos movimientos.

### 2.3 Concepto general de Mapeo

Herramienta importante que facilita en cualquier Empresa Organización o Institución el análisis e identificación de oportunidades de mejora en los procesos actuales y por consecuencia lógica facilita también el rediseño de los mismos. En este sentido el mapeo de procesos el cual facilita grandemente el análisis es una técnica de examen y determinación del donde y porqué ocurre fallas y desviaciones así como la detección de las áreas de oportunidades.

## 2.4 Descripción de los principales diagramas

A continuación se detalla la estructura de los principales elementos de diagramación haciendo énfasis en sus características:

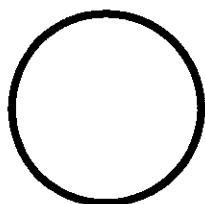
### ▪ *Diagramas de flujo de proceso*

Diagrama que muestra simbólicamente la trayectoria de un producto o procedimiento señalando cada acontecimiento sujeto a examen a través de las diferentes etapas del proceso ( Sucesión de fases que se reproducen regularmente). Este diagrama da una idea completa del proceso se incluye información importante tal como nombres de acciones representadas, cantidades manejadas, número de actividades en cuadro resumen, distancia recorrida y tiempo transcurrido en las diferentes actividades realizadas así como el flujo del proceso representado.

### ***Símbolos utilizados***

#### OPERACIÓN

Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. La estructura del producto material actividad o procedimiento se modifica físicamente durante la operación



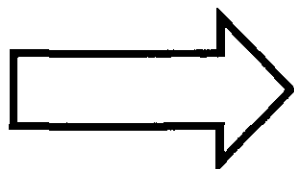
#### INSPECCION

Indica una verificación de cantidad calidad o ambas pero no una modificación de forma



#### TRANSPORTE

Indica el movimiento de personas materiales equipo de un lugar definido a otro

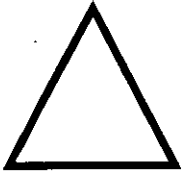


#### DEPOSITO PROVISORIAL O ESPERA

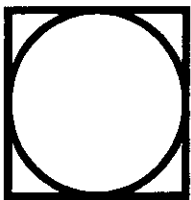
Indica cualquier tipo de demora en el desarrollo de los hechos como trabajo en suspenso entre dos actividades o espera del objeto antes de la siguiente actividad

**D****ALMACENAMIENTO PERMANENTE**

Indica depósito de un objeto o documento bajo vigilancia en almacén o archivo recibido y entregado con alguna forma de autorización en espera de un procesamiento

**ACTIVIDADES COMBINADAS**

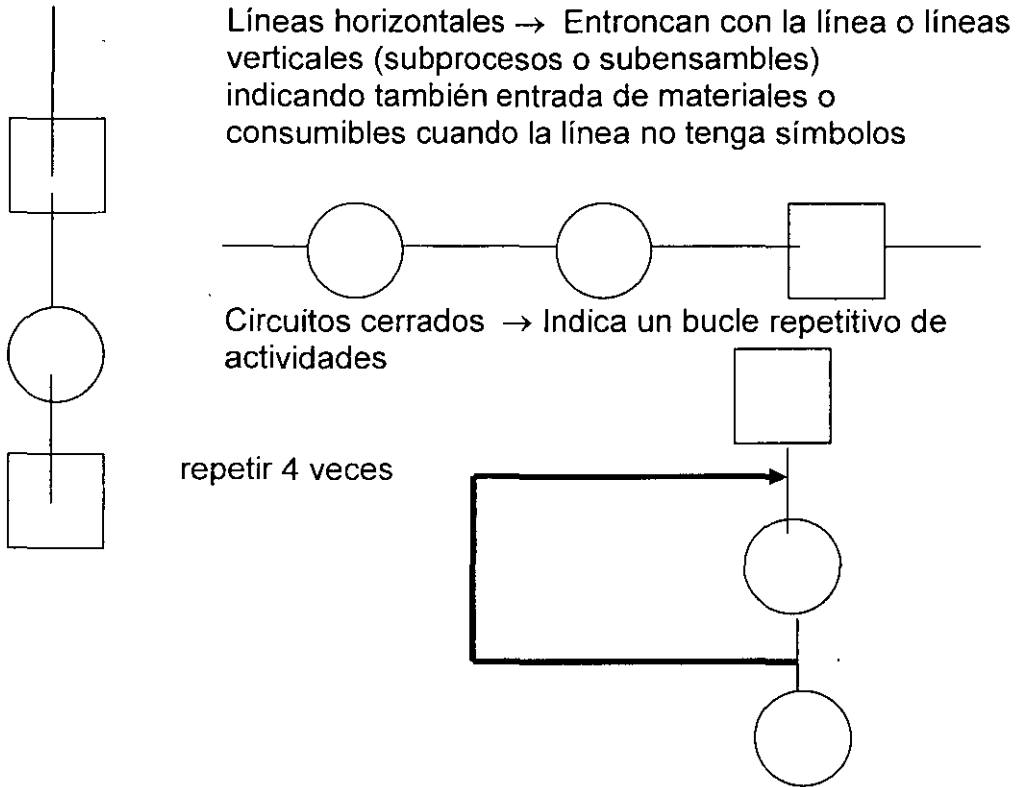
Indica varias actividades ejecutadas simultáneamente por una misma persona en un mismo lugar

**▪ *Diagrama de proceso de operación***

Es la representación de los momentos en los cuales los materiales son introducidos al proceso y la secuencia de **inspecciones** y **operaciones**. Indica también el entronque o ensamble de los componentes secundarios con el componente principal. Representa un marco general de cómo suceden tan sólo operaciones e inspecciones y agrega también un cuadro resumen de tiempos y actividades

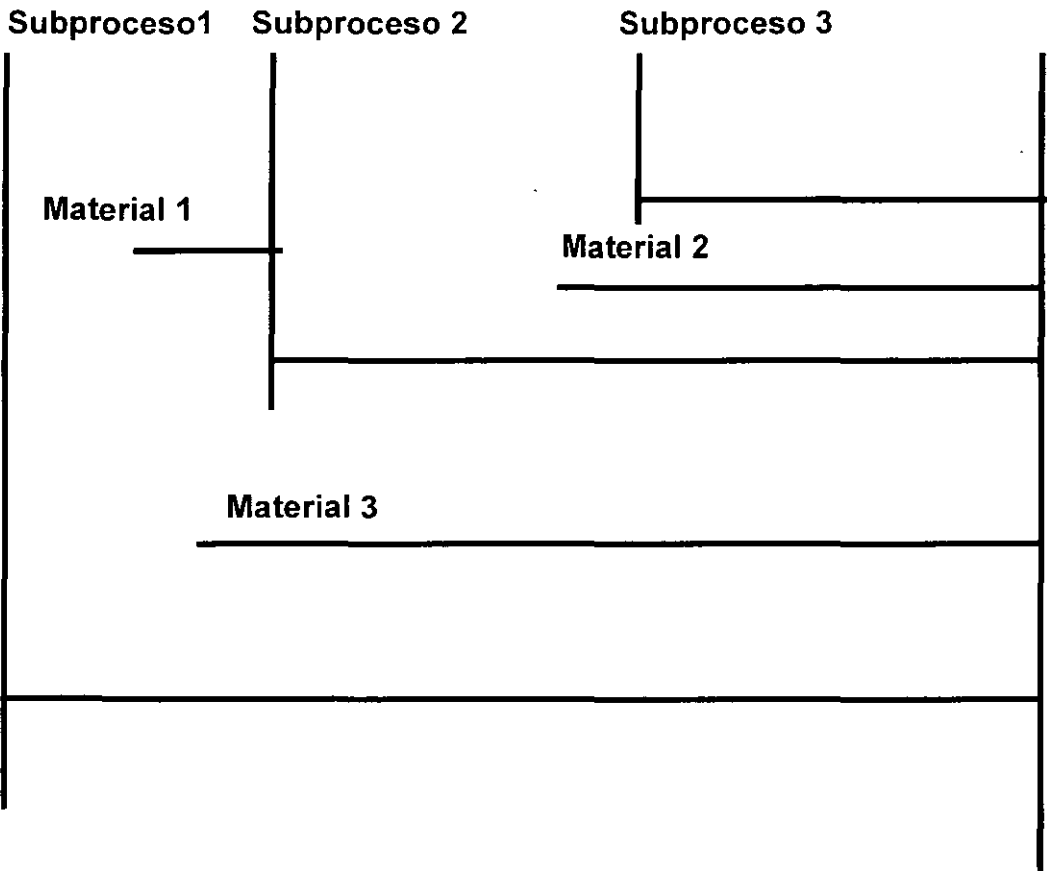
***Símbolos utilizados*****OPERACIÓN E INSPECCION*****Componentes***

Líneas verticales → Indican el flujo general del proceso a medida que avanza el proceso. Se refieren a subensambles (producto) o subprocesos (servicios)



Enfoque administrativo del diagrama de proceso de operación:

**Proceso Principal**



**Ventajas****Diagramas de flujo de proceso****Diagrama de proceso de operación**

1. Vista general del procedimiento	1. Vista compacta y general del sistema
2. Datos numéricos de cada evento	2. Propicia la detección de operaciones innecesarias ayudando a proponer un mejor método
3. Posibilidad de apreciar los eventos y su desarrollo con la línea quebrada que une las actividades	3. No se consideran los tiempos de transporte
	4. Informa sobre el tiempo operativo simple

- **Diagrama de trayectorias**

Este diagrama es un cuadro donde se consignan datos cuantitativos sobre movimientos de personas materiales o equipo entre cualquier número de lugares y durante cualquier período dado de tiempo

**Ventajas**

- Se puede conocer la trayectoria total recorrida o entradas y salidas a los puntos de trabajo representando la situación antes y después
- Da objetividad para mejorar el método

- **Diagrama de actividades múltiples**

En este diagrama se registran las respectivas actividades múltiples de varios objetos de estudio ( personal o equipo ) según una escala de tiempos común mostrando la correlación entre ellos. Al representar en distintas columnas las actividades de diversas personas operarios equipos o máquinas se ve de una hojeada en que momento el proceso está inactivo en cualquiera de dichos elementos. Este diagramas es muy útil para organizar grupos de trabajo donde se puede ver la forma combinar eficientemente las actividades para suprimir tiempos que son improductivos.

- **Diagrama tridimensional de recorrido**

Es una modalidad del diagrama de recorrido unidimensional que se Emplea cuando es necesario estudiar movimientos en varios pisos o niveles de una misma instalación o instalaciones en diferente posición geográfica

- **Diagrama por pasos complementario**

En este tipo de diagramas no es necesario establecer ninguna estructura simbólica únicamente listar en un orden lógico los pasos del proceso acotándolos con letras o números anexando si es necesario alguna figura complementaria. A continuación se da un ejemplo:

**▪ Diagrama de flujo administrativo**

Contiene procedimientos administrativos con el mismo esquema

**Nombre:** *Proceso de conteo cíclico en almacén para toma del inventario anual*

**Propietario:** *Gerente de Contabilidad*

**Límites:** *Logística y Finanzas*

**Pasos a seguir:**

1. *Establecer el tiempo de duración del conteo*
2. *Estimar el personal necesario*
3. *Estimar tiempos de revisión por anaquel*
4. *Balancear la carga de trabajo*
5. *Capacitar al personal en los procedimientos de toma de Inventarios*
6. *Recopilar y consolidar la información*
7. *Presentar reporte final*

**2.5 Dimensionamiento del Mapeo**

“Lo que no se puede medir no se puede mejorar” debido a esto es necesario tener diferentes métricas para poder medir el desempeño del proceso en cuanto a sus insumos de entrada y los resultados obtenidos así como la comparación con las **metas u objetivos** establecidos. A continuación se analizarán diversas maneras de lograr integrar esta medición de resultados a partir de analizar técnicas administrativas un tanto sencillas también llamadas herramientas blandas.

**INSTRUMENTOS DE MEDICION DE PROCESOS**

Esta situación nos lleva necesariamente ha desarrollar y practicar una metodología de evaluación de procesos para poder definir con precisión el funcionamiento y la respuesta de cada uno de los procesos de los cuales somos propietarios o usuarios. Básicamente hay tres formas cuantitativas de llevar a cabo la evaluación de cualquier sistema dependiendo como se plantean y manejan sus parámetros

**■ EFICIENCIA**

( 0 → 1

Medida de la proporción entre la entrada y la salida o entre lo planeado y lo realizado se mide cuantitativamente entre 0 y 1 ( 0% - 100% )



**■ EFICACIA****( 0 → 1 )**

Medida de la congruencia entre lo realizado y lo establecido es decir el ajuste a la línea de acción se puede medir cuantitativamente de igual forma que el punto anterior

**■ PRODUCTIVIDAD****( 0 →  $\alpha$  )**

Medida de la proporción que guardan persona o procesos con los insumos materiales o recursos financieros consumidos se mide cuantitativamente y su valor puede excede el 1 ( 100% )

**■ Eficiencia del trabajo**

Hablando e términos de optimalidad se dice que todo proceso debería tener cero actividades de desperdicio, como esto no es posible en la realidad se hace necesario que calculemos la eficiencia del proceso de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Trabajo} + \text{desperdicio}} \times 100\%$$

**2.6 Mapeo de Procesos con enfoque a Calidad**

Representación gráfica de un proceso en la que se ilustran en forma detallada todos los pasos del proceso tanto los que agregan valor como los que no también se identifican variables claves del proceso

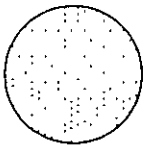
( variables críticas de calidad ) tanto de ENTRADA como de SALIDA con el objeto de simplificar el proceso ya sea eliminando pasos o cuellos de botella.

**Niveles del Mapeo:**

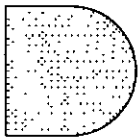
- Macro ( toda la organización )
- Local ( todo proceso )
- Micro ( subproceso en particular )

**Pasos a seguir:**

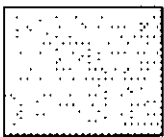
- Listar pasos en general y variables de salida ( cliente )
- Identificar pasos que agregan y no valor al proceso
- Mostrar Variables críticas de calidad ( Vcc )
- Listar y clasificar entradas claves al proceso ( críticas controlables o ruido )
- Añadir especificaciones de operación

**Simbología:**

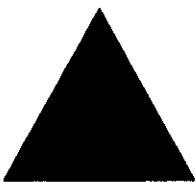
Paso del Proceso u Operación



Demora



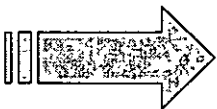
Medición verificación o inspección



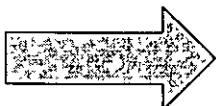
Almacenaje o archivo



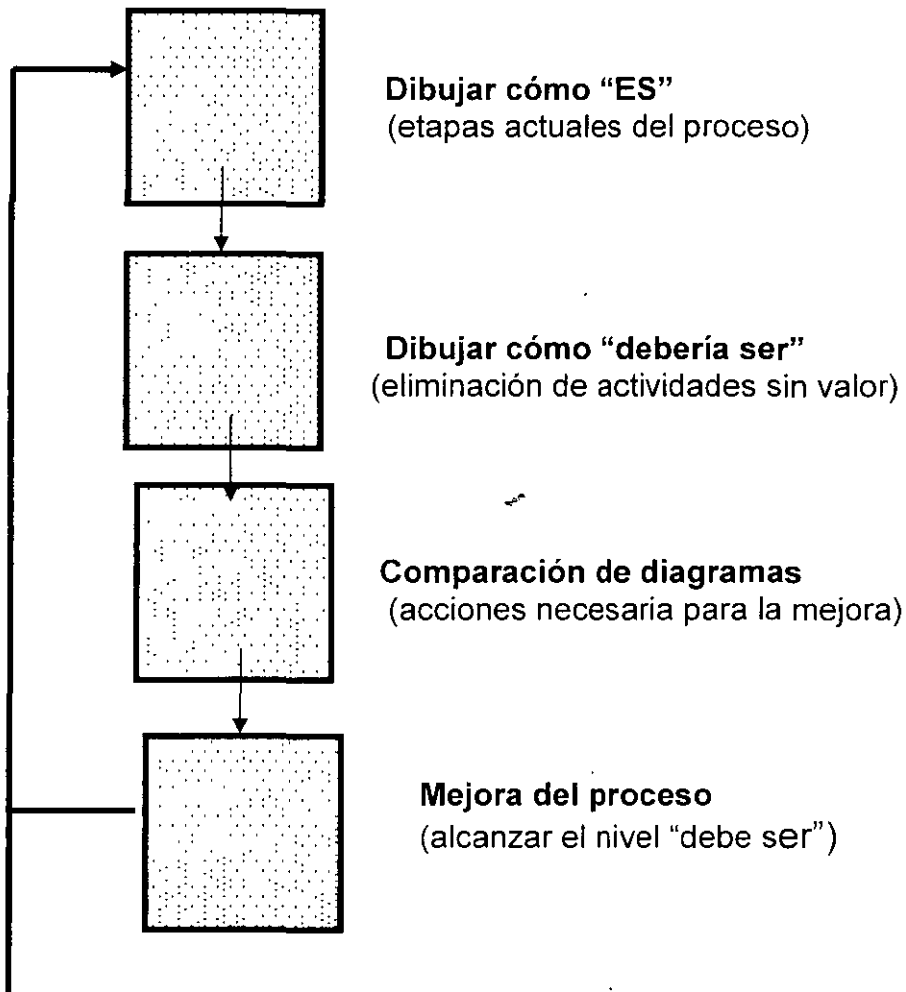
Punto de decisión



Transmisión electrónica de datos



Transporte o movimiento

**Diagrama de flujo**

### **3. ANTECEDENTES ESTADÍSTICOS DE SEIS SIGMA**

#### *3.1 Base estadística de Seis Sigma*

A continuación se estudian las principales técnicas de manejo de datos las cuales conducen a un adecuado tratamiento interpretación y presentación de la información recabada a través del proceso de mejora y cuya interpretación de resultados es a toda vista necesaria en la toma de decisiones

#### *3.2 Procesamiento de datos*

La metodología del manejo de datos es una muy importante herramienta en la gestión de procesos comenzando con la recopilación de la información en las áreas y departamentos de la empresa institución o dependencia para después llevar a cabo un organización de los mismos. Una vez hecho esto se calculan o procesan lo cual permitirá una cabal interpretación de la información obtenida. Finalmente todo este conjunto de datos deberá ser presentado en una forma ordenada y lógica para ser correctamente comprendido y comentada con por las personas involucradas.

Para ilustrar lo dicho hasta aquí vamos a tratar la metodología para elaborar la presentación de datos

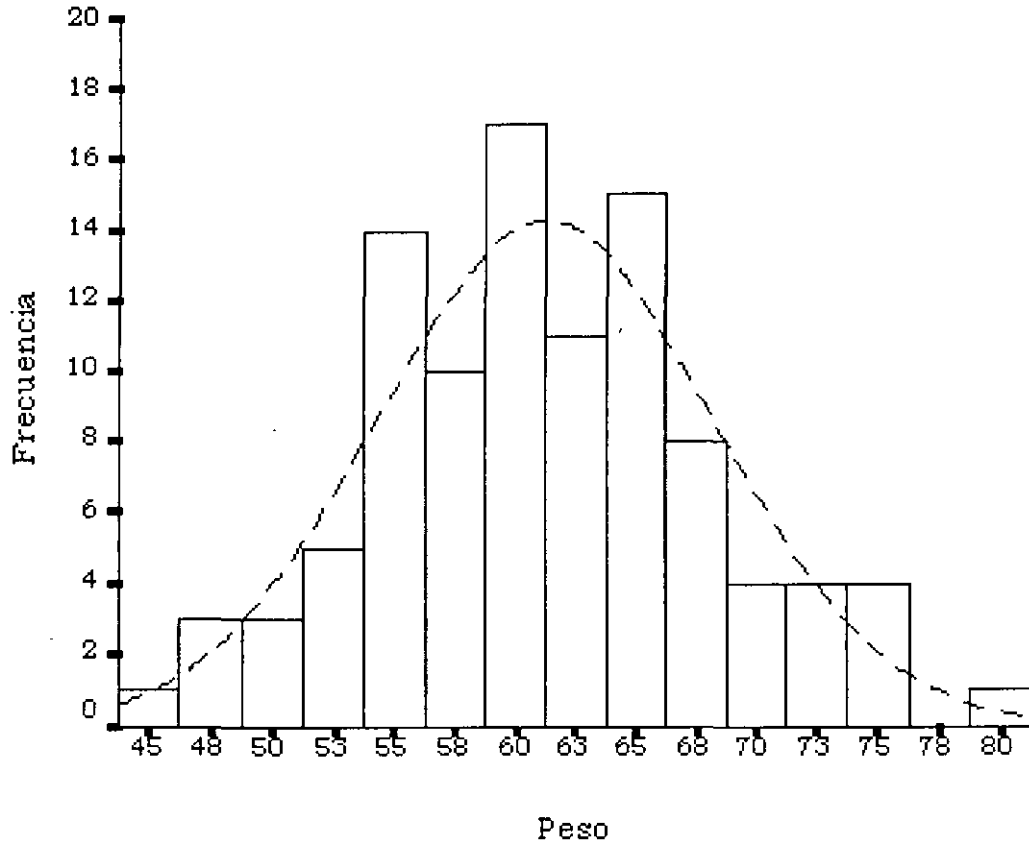
#### **3.3 Diseño del Histograma de frecuencias**

Para ilustrar dicha metodología vamos a analizar paso por paso este procesos:

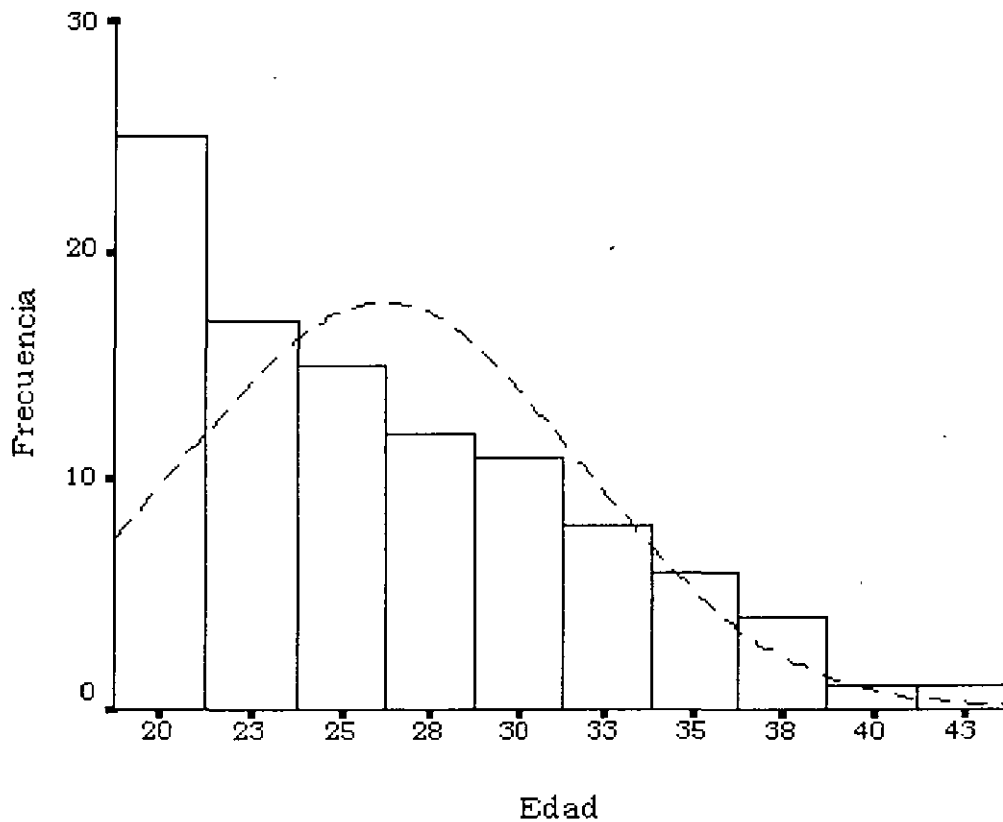
1. Una vez obtenida la información se concentran los datos en una matriz de  $n$  columnas y  $m$  renglones
2. Se identifica el valor mayor y menor del conjunto de datos los cuales se restan dando por resultado el valor conocido como RANGO
3. El rango se divide entre el número deseado de intervalos es decir de columnas del histograma y cuyo valor deseablemente debe ser seis o siete. Esto se define como AMPLITUD DE INTERVALO
4. Ya con estos valores se define el límite o frontera superior y límite de frontera inferior

El valor promedio o central de cada uno de estos intervalos se le denomina MARCA DE CLASE DEL INTERVALO

5. Una vez hecho esto se asocian las frecuencias de los valores de los datos a cada uno de estos intervalos
6. Posteriormente se traza el histograma de frecuencias y la curva de frecuencias relativas
7. Finalmente se analiza el sesgo y el achatamiento de la curva para tener una exacta idea de lo que nos dice la dispersión de datos.



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Medidas de tendencia central

Cuando se estudian datos con diferentes valores cuya diferencia entre sí puede ser pronunciada es necesario establecer este tipo de medidas que nos indican alrededor de que valor del conjunto de datos caen o se agrupan el mayor número de los casos

Media de datos no agrupados

Describe hacia donde tienden o caen cada uno de los valores del conjunto o población de los datos considerados (x) y se obtiene sumando todos los valores numéricos de las variables obtenidas dividiendo el resultado de la suma entre el número de sumandos lo que también se llama media aritmética:

$$\bar{X} = \sum x / N$$

Moda

Valor del dato variable que se repite con más frecuencia

Media de datos agrupados

Es el cálculo del valor promedio cuando intervienen frecuencias :

$$\bar{X} = \sum x * \text{frecuencia} / N$$

Media ponderada

Es el valor promedio de una dispersión de datos cuando existe un factor ( F ) relacionado y afectando a cada una de las cantidades promediadas

$$\bar{X} = \frac{\sum x * F}{\sum F} = \frac{X_1F_1 + X_2F_2 + X_3F_3 \dots \dots X_NF_N}{F_1 + F_2 + F_3 \dots \dots F_N}$$

Medidas de dispersión

Cuando se trabaja estadísticamente con conjunto de datos para efectuar una correcta evaluación es necesario cuantificar como cada uno de los valores considerados se desvían del valor promedio hacia arriba o hacia abajo y a este valor se le denomina

Desviación StandardDesviación Standard de datos no agrupados

El cálculo de este parámetro nos lleva a conocer cuantitativamente la dispersión de datos en forma cuadraticada midiéndose esta en unidades de sigma (  $\sigma$  ) correspondiendo a una distribución normalizada cuya representación es la curva de Gauss ( la varianza se define como la desviación standard al cuadrado ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N}}$$

### Desviación Standard para datos agrupados

Se refiere al cálculo de la Desviación Standard cuando intervienen las frecuencias en el conjunto de datos considerados:

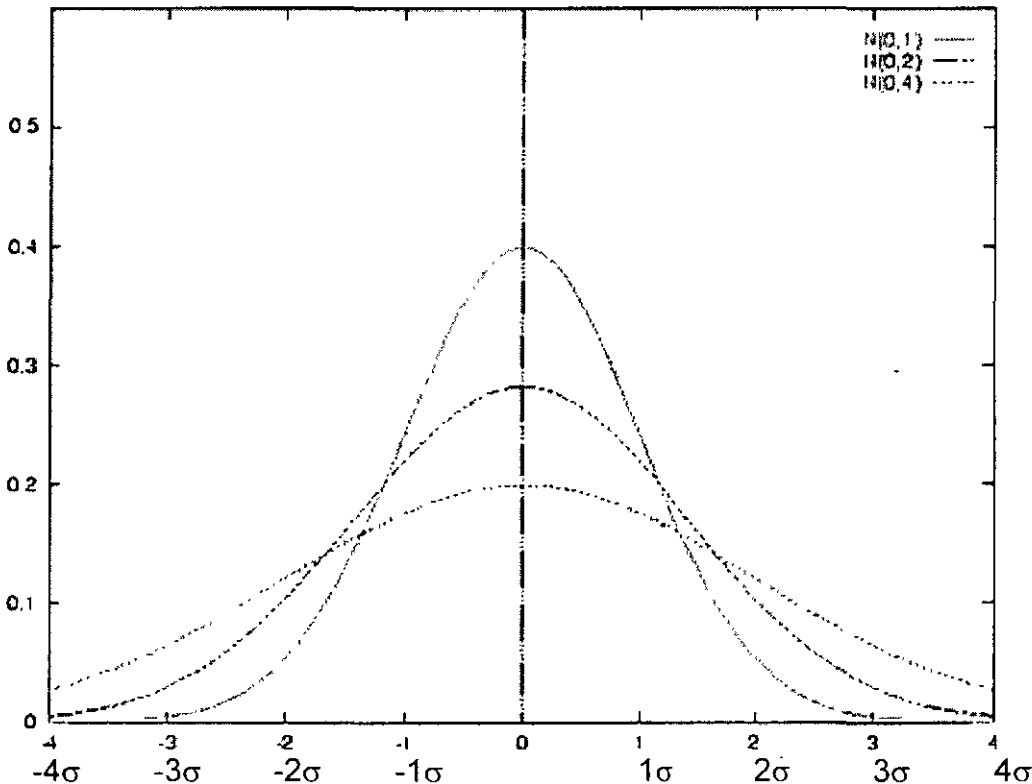
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \text{Frecuencias} * (X - \bar{X})^2}{N}}$$

### Datos Normalmente distribuidos

Generalmente cuando se tiene una gran población de números la mayor parte de están normalmente distribuidos esto quiere decir que la mayor parte de los datos se agruparán alrededor de la media y la menor parte de dichos datos estarán concentrados en las colas de la curva. Algunos parámetros convenientes de medir y procesar con la curva de distribución normal serían por ejemplo: estaturas y pesos de personas duración de actividades, tiempos de entrega, tiempos de procesos etc.

Otra forma popular de hablar de esta función es referirse a esta curva

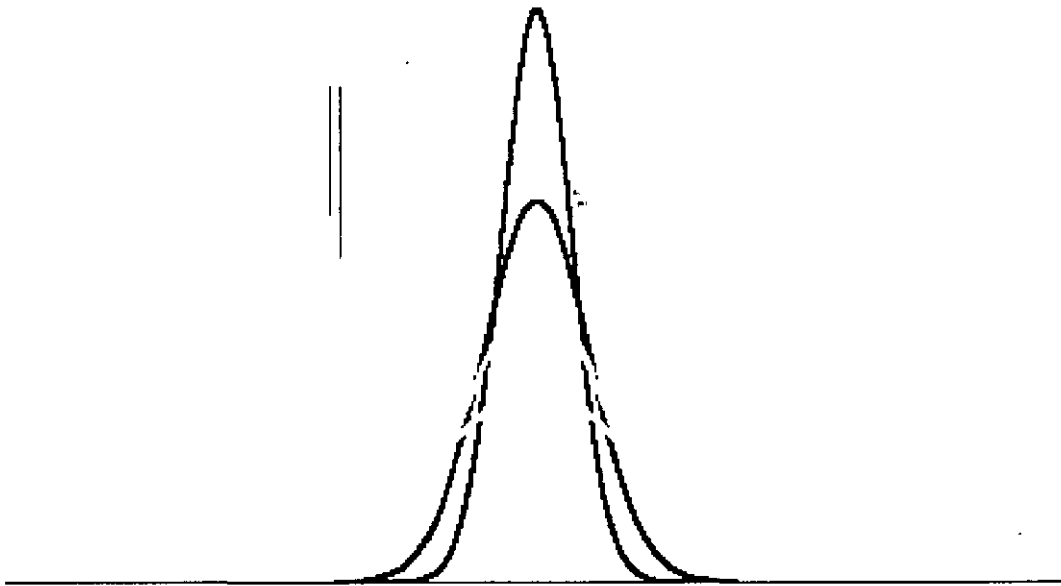
Como la CURVA DE GAUSS



## VALORES DENTRO DE LA DISTRIBUCION NORMAL

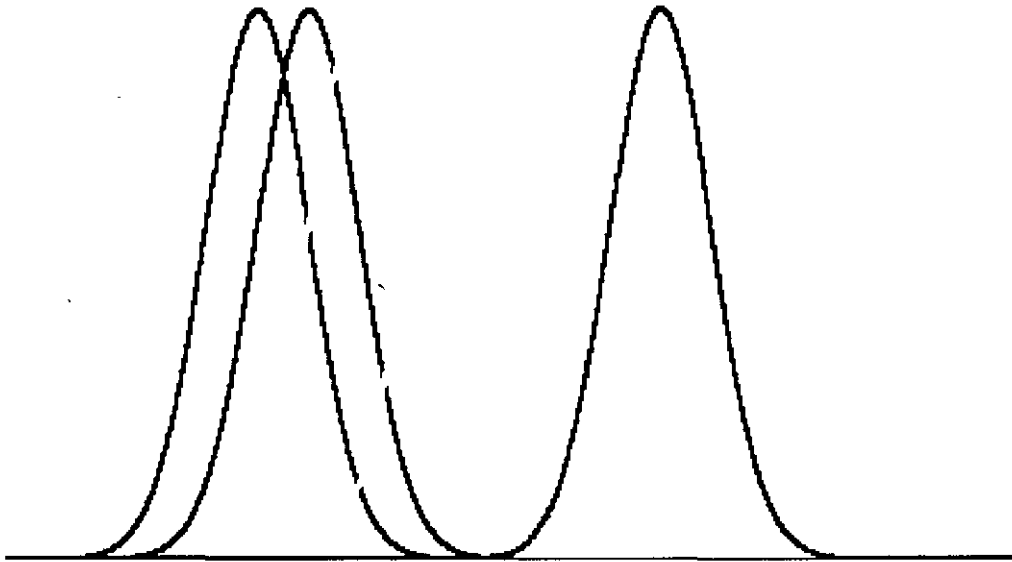
Desviación Standard ( $\sigma$ )	Porcentaje de datos
( 1 y -1 )	68.2 %
( 2 y -2 )	95.5 %
( 3 y -3 )	99.7 %

(a) Distribuciones normales con distinta desviación estándar e igual media





(b) Distribuciones normales con diferentes medias e igual desviación estándar



## CALCULO DE SIGMA

Por fórmula:

$$\sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

 $\sigma =$ 

Paso por paso:

X Datos	$(X - \bar{X})$ El dato menos el promedio	$(X - \bar{X})^2$ Multiplicar por sí mismo
5	$5 - 3 = 2$	$2 \times 2 = 4$
4	$4 - 3 = 1$	$1 \times 1 = 1$
3	$3 - 3 = 0$	$0 \times 0 = 0$
2	$2 - 3 = -1$	$-1 \times -1 = 1$
1	$1 - 3 = -2$	$-2 \times -2 = 4$

 $\Sigma$  (Suma)

= 15

= 0

= 10

$$X \text{ (Promedio)} = 15 / 5 = 3$$

Sustituyendo:

$$\sigma = 10 \sqrt{5 - 1} \qquad \sigma = 2.5 \sqrt{= 1.581}$$

## MEDIDAS DE CENTRALIZACION

Media aritmética:

$$X = \frac{8 + 3 + 5 + 12 + 10}{5}$$

$$X = 7.6$$

Media aritmética ponderada:

$$X = \frac{1 \times 700 + 3 \times 900 + 4 \times 85}{1 + 3 + 4}$$

$$X = 3740 / 8$$

$$X = 467.5$$

Mediana:

Valores medios:

3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 10

Mediana = 6

Moda:

Valor con mayor frecuencia

Moda = 8

## MEDIDAS DE DISPERSION

Desviación Standard =  $\sigma$ Varianza =  $\sigma^2$ 

## DISTRIBUCIÓN NORMAL

o campana de Gauss-Laplace

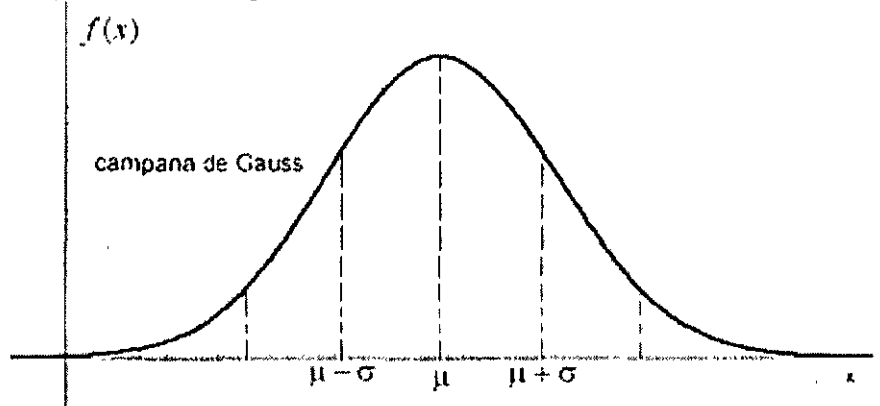
## FUNCIÓN DE DENSIDAD

Empleando cálculos bastante laboriosos, puede demostrarse que el modelo de la función de densidad que corresponde a tales distribuciones viene dado por la fórmula

## Función de Densidad Representación gráfica de esta función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$\mu$ media	$\pi = 3,1415\dots$
$\sigma$ desv típica	$e = 2,7182\dots$
$\sigma^2$ varianza	$X$ abscisa

Dominio:  $Dom f = \mathbb{R}$ Máximo:  $\left( \mu, \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right)$ P. inflexión: en  $x = \mu + \sigma$  y  $x = \mu - \sigma$ Asíntotas: el eje  $OX$  es una asíntota horizontalSimetrías: respecto a la recta  $x = \mu$ Monotonía: creciente  $(-\infty, \mu)$ , decreciente  $(\mu, +\infty)$ 

Signo: es siempre positiva

P. Corte:  $OY \rightarrow \left( 0, \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\mu^2}{2\sigma^2}} \right)$ 

La distribución normal queda definida por dos parámetros, su media y su desviación típica y la representamos así

 $N(\mu, \sigma)$ Para cada valor de  $\mu$  y  $\sigma$  tendremos una función de densidad distinta,por tanto la expresión  $N(\mu, \sigma)$  representa una familia de distribuciones normales.

## FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN

- Puede tomar cualquier valor (-∞, +∞)
- Son más probables los valores cercanos a uno central que llamamos media  $\mu$
- Conforme nos separamos de ese valor  $\mu$ , la probabilidad va decreciendo de igual forma a derecha e izquierda (es simétrica).
- Conforme nos separamos de ese valor  $\mu$ , la probabilidad va decreciendo de forma más o menos rápida dependiendo de un parámetro  $\sigma$ , que es la desviación típica.

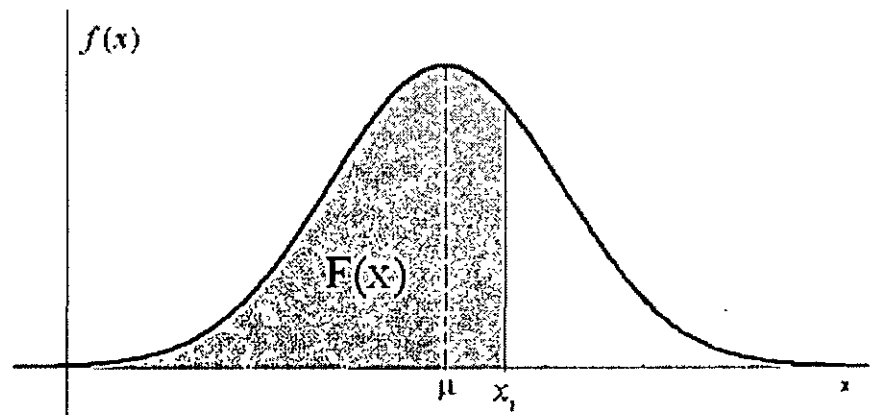
## Función de Distribución

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$-\infty < x < +\infty$$

$$F(x) = P(X \leq x)$$

$F(x)$  es el área sombreada de esta gráfica



## TIPIFICACIÓN

Si la variable  $X$  es  $N(\mu, \sigma)$  entonces la variable tipificada de  $X$  es

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \text{ y sigue también una distribución normal pero}$$

de  $\mu = 0$  y  $\sigma = 1$ , es decir,  $N(0,1)$

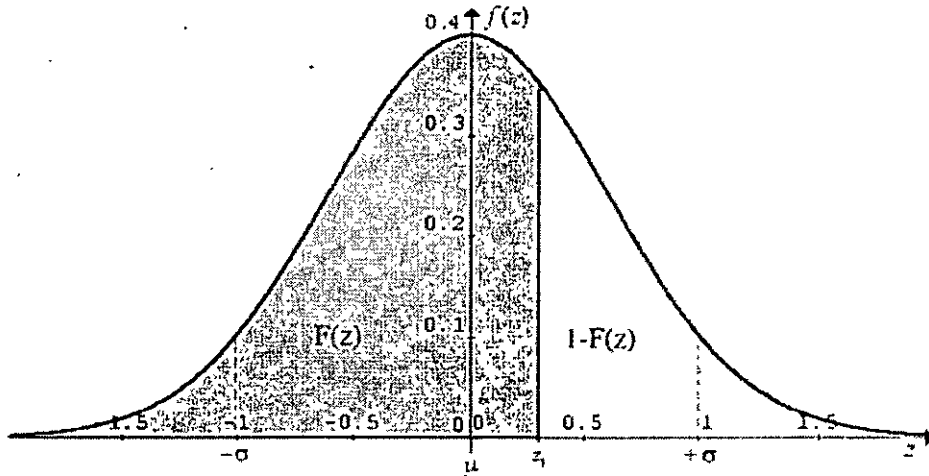
Por tanto su función de densidad es

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad ; \quad -\infty < z < +\infty$$

y su función de distribución es

$$F(z) = P(Z \leq z) = \Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

siendo la representación gráfica de esta función



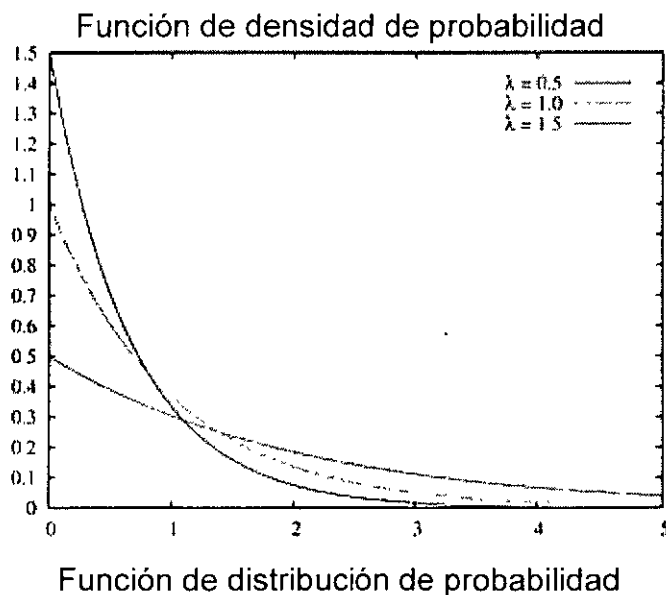
a la variable  $Z$  se la denomina *variable tipificada de  $X$* , y a la curva de su función de densidad *curva normal tipificada*.

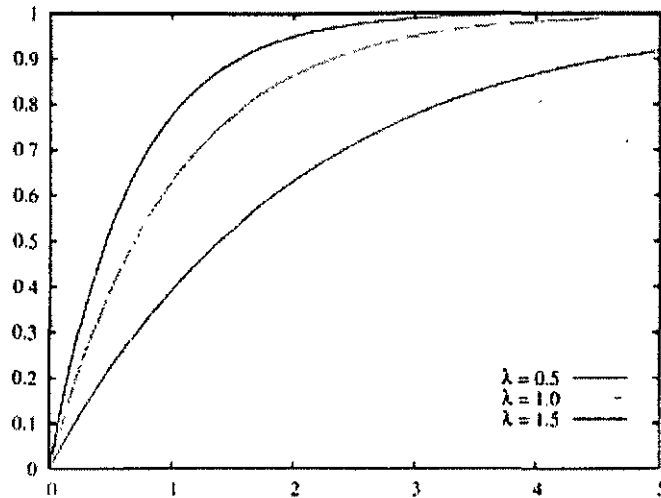
Característica de la distribución normal tipificada (reducida, estándar)

- No depende de ningún parámetro
- Su media es 0, su varianza es 1 y su desviación típica es 1.
- La curva  $f(x)$  es simétrica respecto del eje  $OY$
- Tiene un máximo en este eje
- Tiene dos puntos de inflexión en  $z=1$  y  $z=-1$

## DISTRIBUCION EXPONENCIAL

### Distribución exponencial





Parámetros	$\lambda > 0$
Dominio	$[0, \infty)$
Función de densidad (pdf)	$\lambda e^{-\lambda x}$
Distribución de probabilidad (cdf)	$1 - e^{-\lambda x}$
Media	$\lambda^{-1}$
Mediana	$\ln(2)/\lambda$
Moda	0
Varianza	$\lambda^{-2}$
Coefficiente de simetría	2
Curtosis	6

### FUNCION DE DENSIDAD

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{para } x \geq 0 \\ 0 & \text{de otro modo} \end{cases}$$


Su función de distribución es

$$F(x) = P(X \leq x) \begin{cases} 0 & \text{para } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{para } x \geq 0 \end{cases}$$

Aquí e significa el número e.

El valor esperado y la varianza de una variable aleatoria X con distribución exponencial son

$$E[X] = \frac{1}{\lambda} \quad V(X) = \frac{1}{\lambda^2}$$



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL



## *DIPLOMADO EN SEIS SIGMA (NIVEL BLACK BELT)*

### *MÓDULO I SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS*

Del 02 al 23 de Junio de 2007

## ANEXOS

DE-041

Instructor: Ing. José Ignacio Vilela Zabaleta  
Palacio De Minería  
Junio del 2007

# Definición de Actividades ( Tareas )

**OPERACIÓN** Es operación cuando un objeto es cambiado en su forma física o química integrando o disgregando sus componentes preparándolo para las actividades posteriores. En otros términos operación también es el manejo de Información recibir calcular planear.

**TRANSPORTE** Ocurre cuando una persona u objeto es cambiado de locación Excepto cuando este movimiento pertenece a la operación. También se considera cuando hay tránsito de información o documentación.

**INSPECCION** La inspección se lleva a cabo cuando se examina el objeto para identificar calidad cantidad o cualquier otra característica.

**RETRASO** Se refiere a la acción de espera involuntaria de un objeto o persona para pasar a la siguiente actividad.

**ALMACENAJE** Se da cuando el objeto es guardado o custodiado en un lugar específico contra un movimiento no autorizado

**ACTIVIDADES COMBINADAS** Indican simultaneidad  
Inspección – Operación  
Operación – Transporte  
Inspección – Transporte  
Operación – Almacenaje



# **MEJORA DEL PROCESO A TRAVES DE LOS DIAGRAMAS**

## **Objetivo de los Diagramas**

Los diagramas proveen una sistemática descripción de un Proceso con suficiente detalle para analizar y desarrollar en método de mejora. Cada detalle contenido en el diagrama auxilia al analista a visualizar perfectamente el método presente o actual provee también un lenguaje común y entendible para cualquier persona.

La mayor parte de los diagramas combinan elementos *GRAFICOS PICTORICOS* y *ESCRITOS*.

# Diagrama por pasos

**Nombre:** *Proceso de conteo cíclico en almacén para toma del inventario anual*

**Propietario:** *Gerente de Contabilidad*

**Límites:** *Logística y Finanzas*

## **Pasos a seguir:**

- 1. Establecer el tiempo de duración del conteo*
- 2. Estimar el personal necesario*
- 3. Estimar tiempos de revisión por anaquel*
- 4. Balancear la carga de trabajo*
- 5. Capacitar al personal en los procedimientos de toma de Inventarios*
- 6. Llevar a cabo el primero segundo tercer conteo*
- 7. Recopilar y consolidar la información*
- 8. Presentar reporte final*

RECEPCION, INSPECCION Y NUMERACION DE PIEZAS

(Método original)

CURSOGRAMA ANALITICO		OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO							
DIAGRAMA núm. 3 HOJA núm 1		R E S U M E N							
Objeto: Cajón de piezas BX 487 (10 por cajón, en cajas de cartón)		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA				
ACTIVIDAD: Recibir, comprobar, inspeccionar y numerar piezas, almacenarlas en cajones		OPERACION	○ 2						
METODO: ACTUAL/PROPUESTO		TRANSPORTE	⇨ 11						
LUGAR: Departamento de recepción		ESPERA	□ 7						
OPERARIO(S): FICHA núm		INSPECCION	□ 2						
Véase columna de observaciones		ALMACENAMIENTO	▽ 1						
COMPUESTO POR: B.C.		DISTANCIA (metros)	56						
FECHA: 4-11-66		TIEMPO (horas-hombre)	1,96						
APROBADO POR: T.H.		COSTO por cajón							
		MANO DE OBRA	\$ 3,24						
		MATERIAL	-						
		TOTAL ...	\$ 3,24						
DESCRIPCION	CANTIDAD 1 caja	DIS-TAN-CIA (m)	TIEM-PO (min.)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
				○	⇨	□	□	▽	
Sacado de camión, colocado en plano inclinado	1								2 peones
Deslizado por plano inclinado	6		10						2 »
Deslizado hasta almacén y apilado	6								2 »
Espera hasta apertura	-		30						
Cajón bajado	-								
Destapado; nota de entrega sacada	-		5						2 »
Cajón colocado en carretilla	1								
Acarreado hasta banco de recepción	9		5						2 »
Espera hasta descarga de carretilla	-		10						
Cajón colocado en banco	1		2						2 »
Cajas cartón extraladas, abiertas; contenido verificado, colocado de nuevo	-		15						Encargado almacén
Cajón cargado en carretilla	1		2						2 peones
Demora en espera de traslado	-		5						
Cajón acarreado a banco de inspección	16,5		10						1 peón
Espera hasta inspección	-		10						Cajón en carretilla
Piezas extraídas de cajón y cajas, cotejadas con diseño, embaladas de nuevo	1		20						Inspector
Espera del carretillero	-		5						Cajón en carretilla
Cajón acarreado a banco de numeración	9		5						1 operario
Espera para ser numerado	-		15						Cajón en carretilla
Piezas extraídas de cajón y cajas, numeradas y embaladas de nuevo	-		15						Peón de almacén
Espera del carretillero	-		5						Cajón en carretilla
Cajón llevado al lugar de distribución	4,5		5						1 peón
Puesto en depósito									
TOTAL ...		56	174	2	11	7	2	1	



# DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO ( FLUXOGRAMA )

## SIMULACION

DATOS INICIALES			METODO ACTUAL		MEJORAS					
INFORMACION GENERAL			ACTIVIDADES		ACTIVIDADES					
Número:			<b>Operación</b>	<b>2</b>						
Nombre:			<b>Transporte</b>	<b>11</b>						
Simulación actual N°:			<b>Demora</b>	<b>7</b>						
Elaborado por:			<b>Inspección</b>	<b>2</b>						
Fecha:			<b>Almacenaje</b>	<b>1</b>						
Lugar de aplicación:			<b>Distancia</b>	<b>56</b>	<b>rmts.</b>					
Organización:			<b>Tiempo</b>	<b>174</b>	<b>Min.</b>					
Area o Departamento:			<b>Costo</b>		<b>\$</b>					

N°	Descripción	Actividad	Cantidad	Distancia	Tiempo	O	→	D	□	V	O	Observ.
1	Sacar del camión	1		1		1						
2	Deslizado en plano	2		6	10	1						
3	Deslizado en plano	3		6		1						
4	Espera de apertura	4			30			1				
5	Bajar cajón	5				1						
6	Destapar cajón	6			5	1						
7	Colocar en carretilla	7	50	1		1						
8	Acarrear banco de rec.	8		9	5	1						
9	Espera en carretilla	9			10			1				
10	Colocar cajón/ banco	10		1	2	1						
11	Extraer y verificar cajas	11							1			
12	Cargar en carretilla	12			15	1						
13	Demora de traslado	13		1	2			1				
14	Acarrear banco de ins.	14			5	1						
15	Espera hasta insp.	15		16.5	10			1				
16	Extraer y cotejo piezas	16			10				1			
17	Espera del carretillero	17		1	20			1				
18	Acarreo banco de num.	18			5	1						
19	Espera ser numerado	19			5			1				
20	Extraer piezas	20		9	5	1						
21	Espera del carretillero	21			15			1				
22	Llevar a lugar de dist.	22			15	1						
23	Depósito en sitio	23		4.5	5					1		
<b>TOTAL</b>				<b>56</b>	<b>174</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		

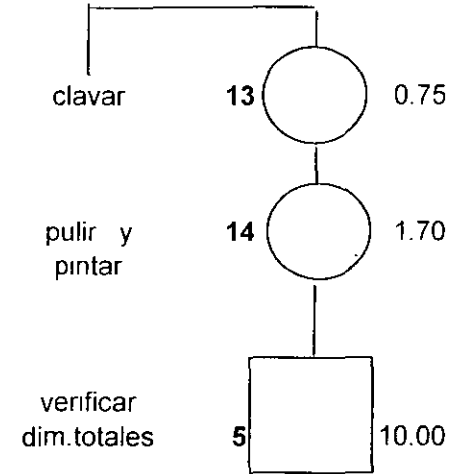
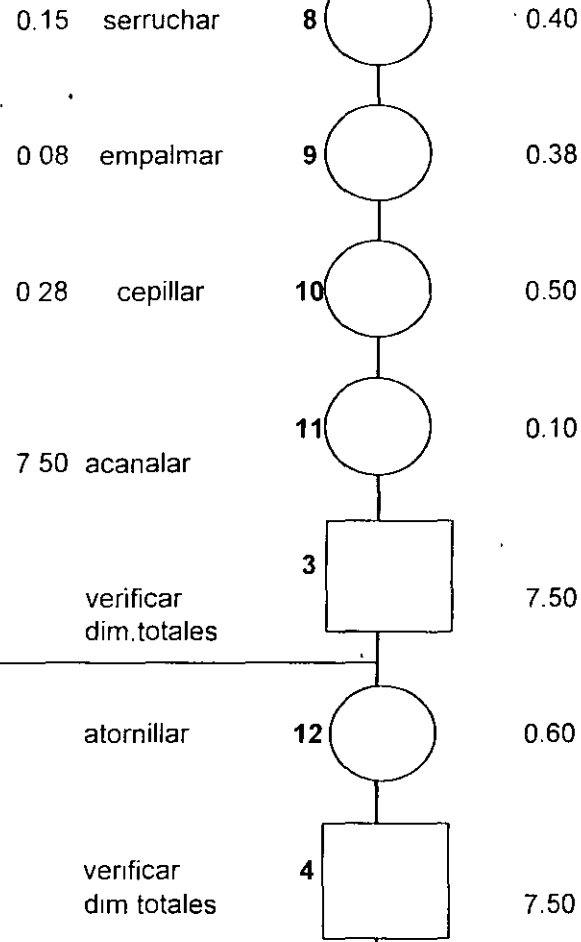
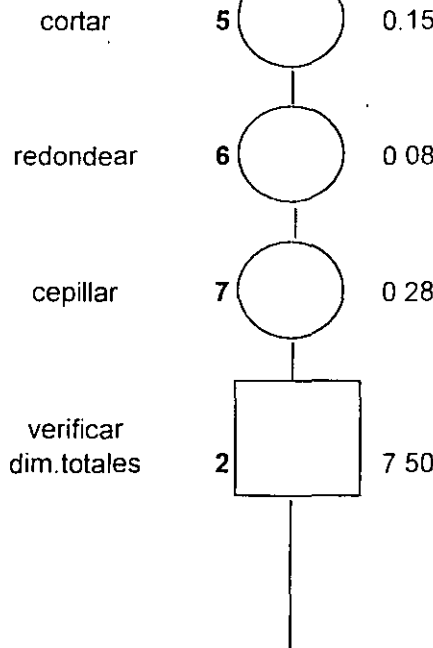
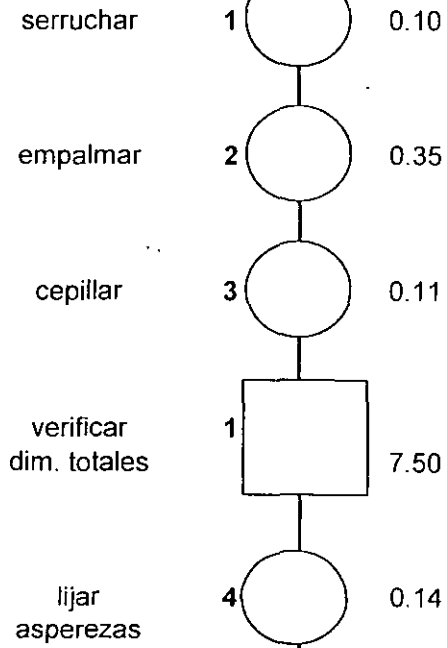
EFICIENCIA	
Operativa	0.087
PRODUCTIVIDAD	
Distancia	1.000
Tiempo	1.000

EJERCICIO DINAMICO

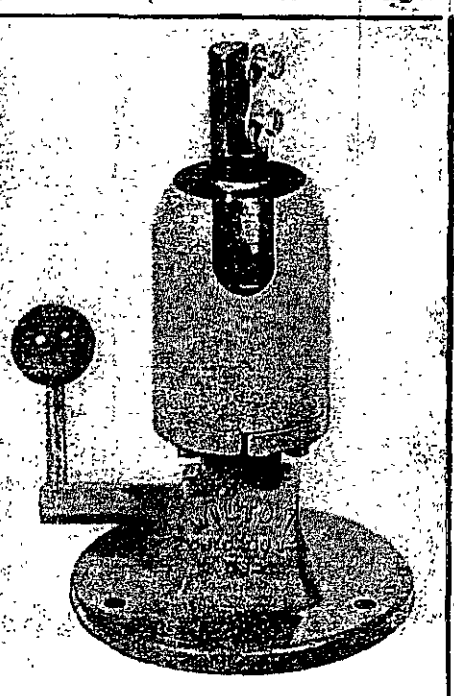
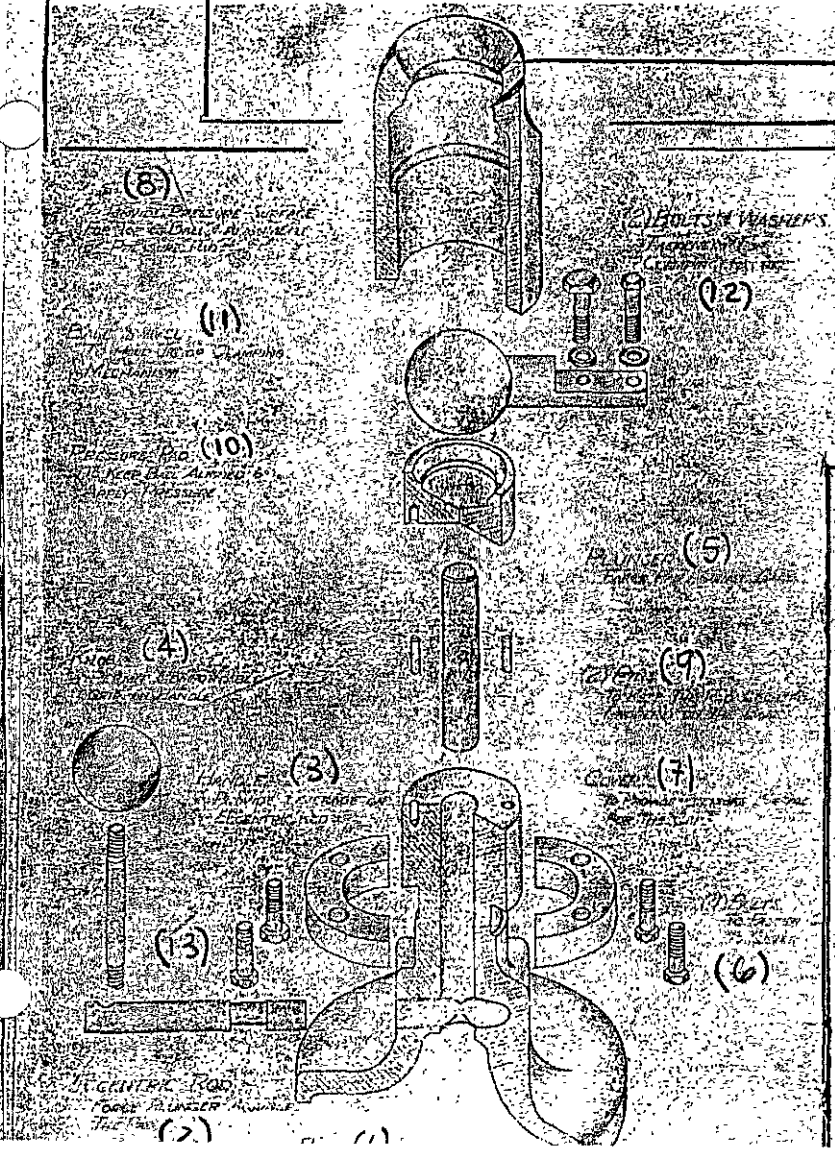
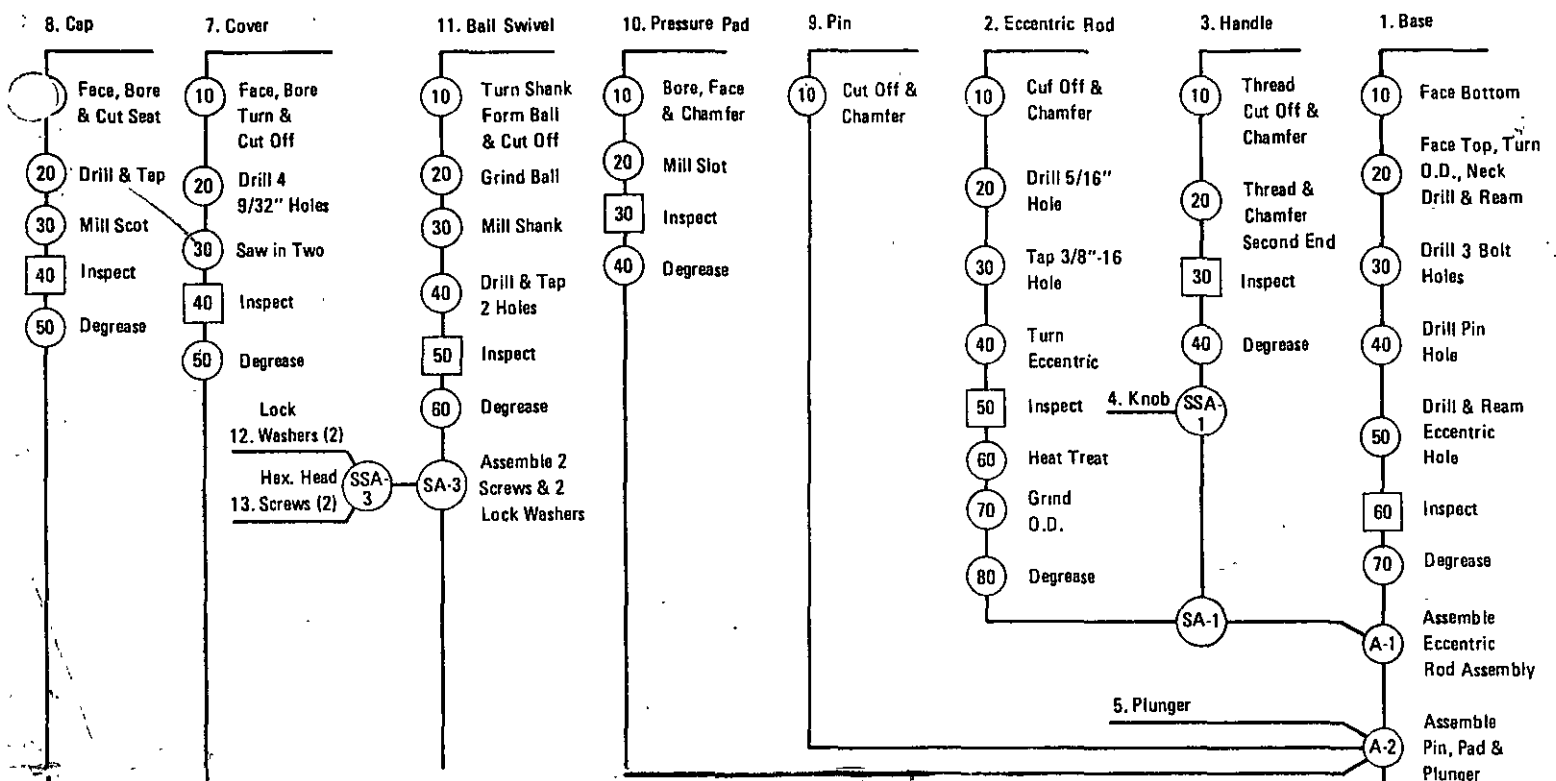
SUBENSAMBLE N°  
BASE N° 4B71  
AZUL  
3 1/2 X 1 1/2

SUBENSAMBLE N°  
SOPORTE PRINCIPAL  
N° 3415 ROJO  
1 1/2 X 3/2 X 1/4

ENSAMBLE PRINCIPAL  
CUBIERETA PLANA  
N° 3B18 BLANCO  
1 1/3 X 2 1/2



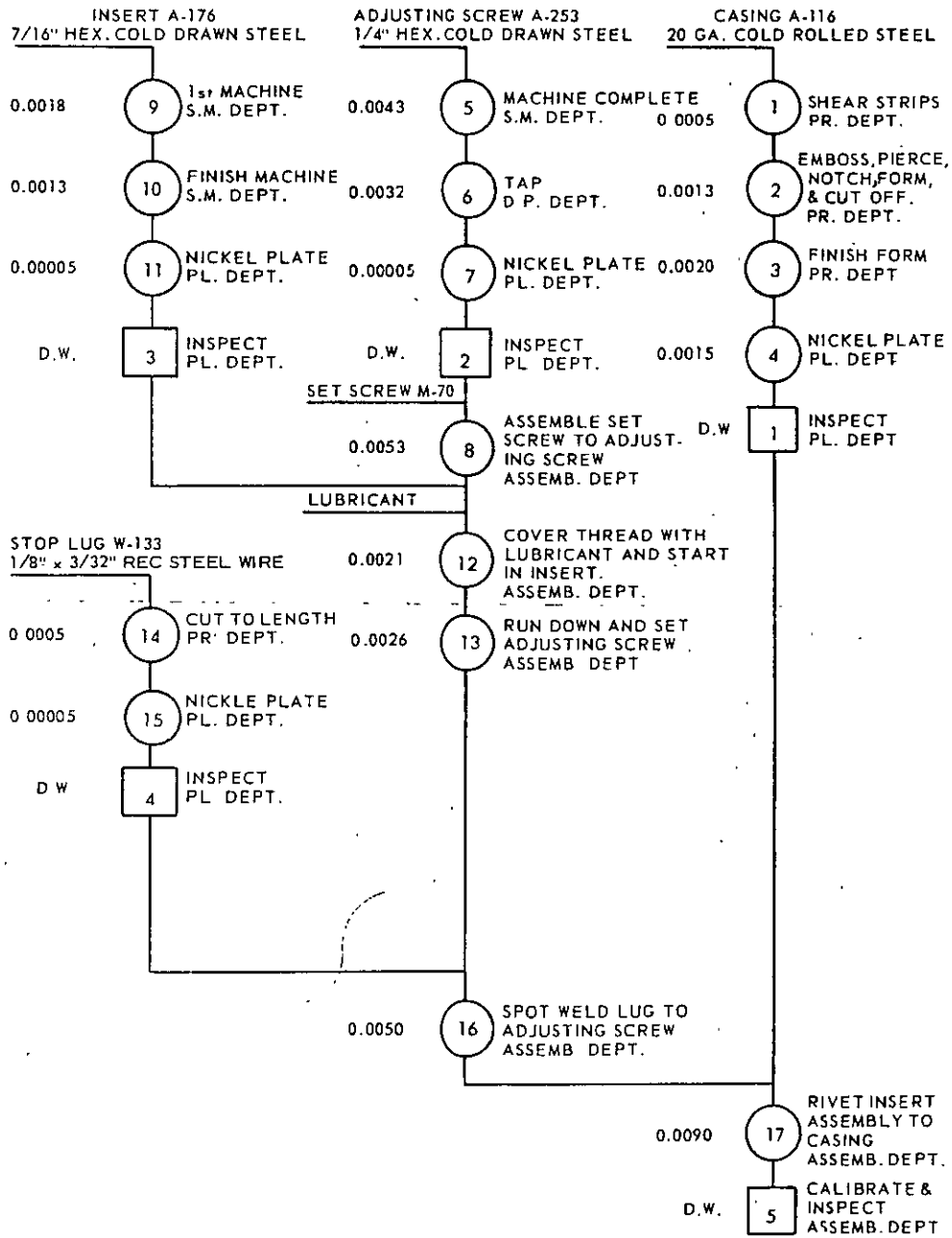
CUADRO RESUMEN	
( tiempo en minutos )	
OPS.	5.64
INSPEC.	40.00



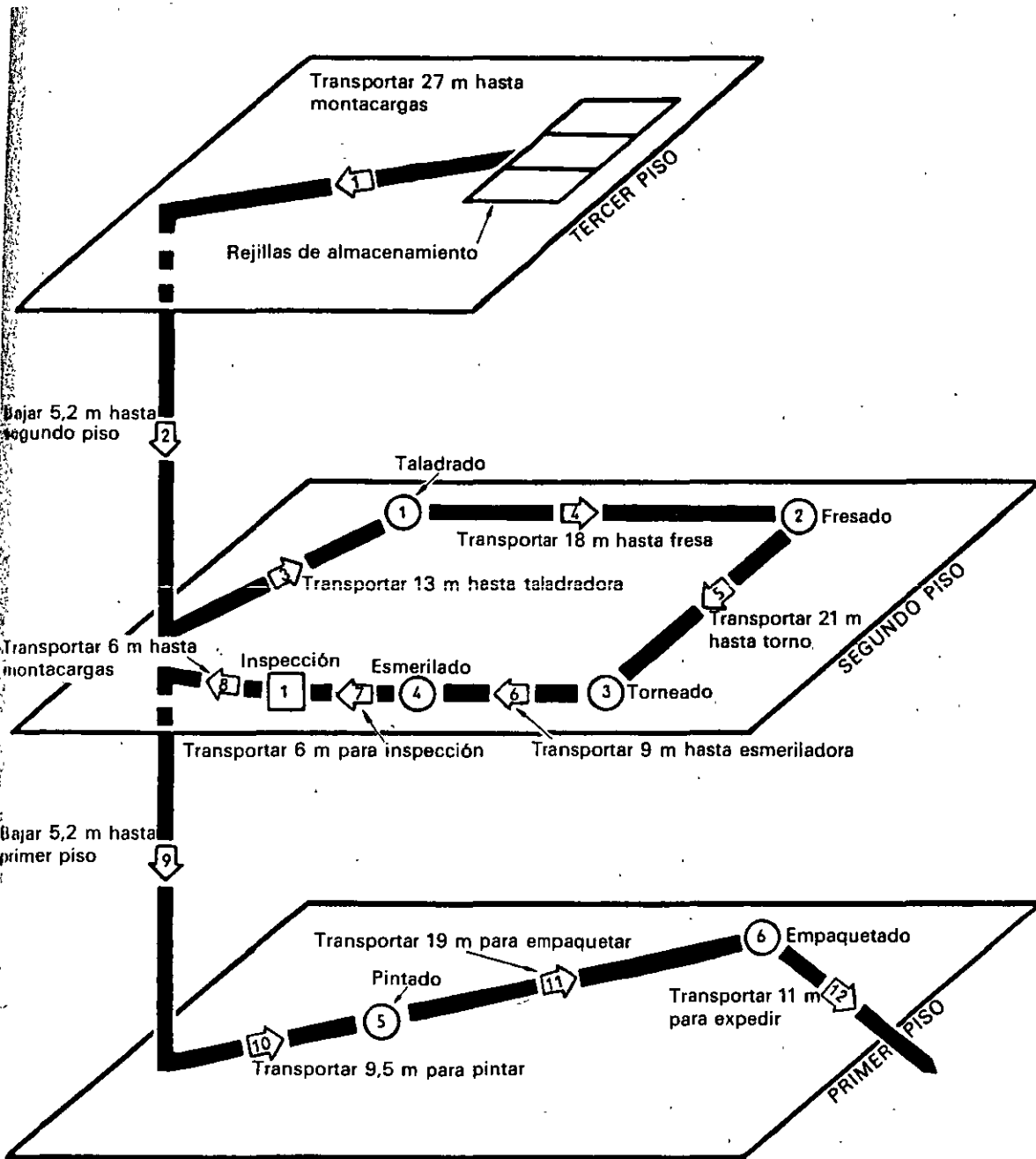
- 6. Hex. Hd. Scws. (4)
- Masking Tape
- Paint
- 14. Carton
- 15. Label
- 16. Gummed Tape

PRESENT METHOD

SUBJECT CHARTED STRIP TYPE THERMOSTAT ASSEMBLY DWG. NO. 82103 ITEM 4  
 DATE CHARTED \_\_\_\_\_ CHARTED BY \_\_\_\_\_ DIVISION SMALL PARTS

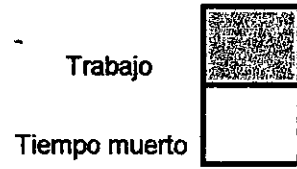
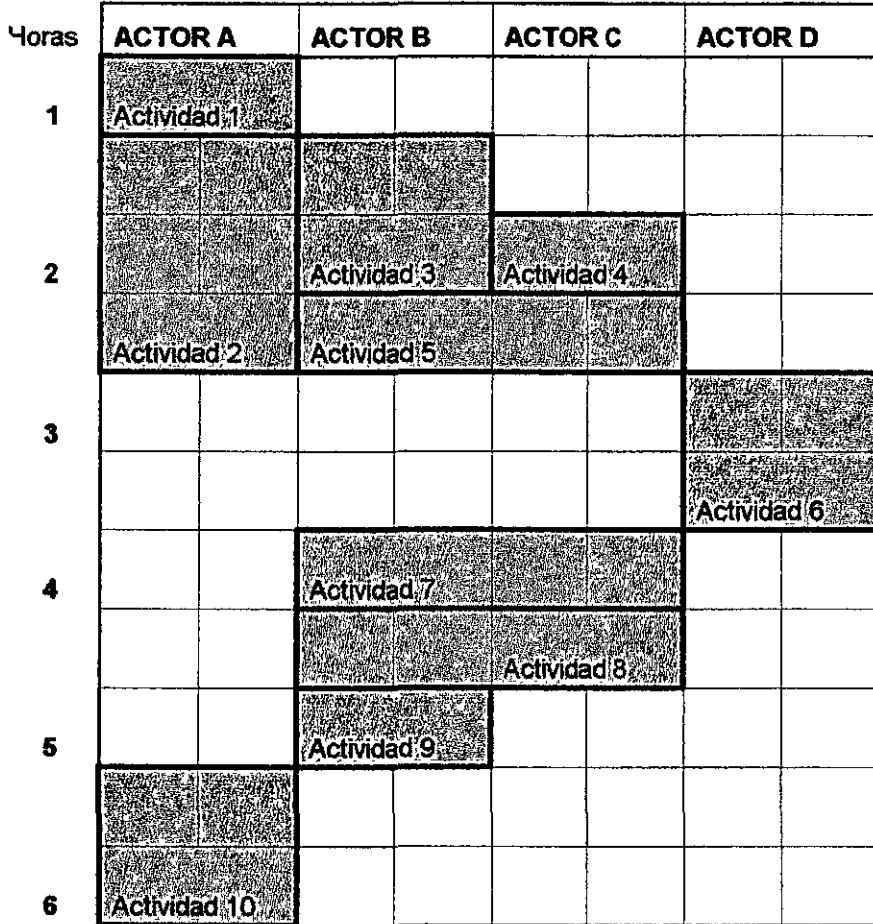




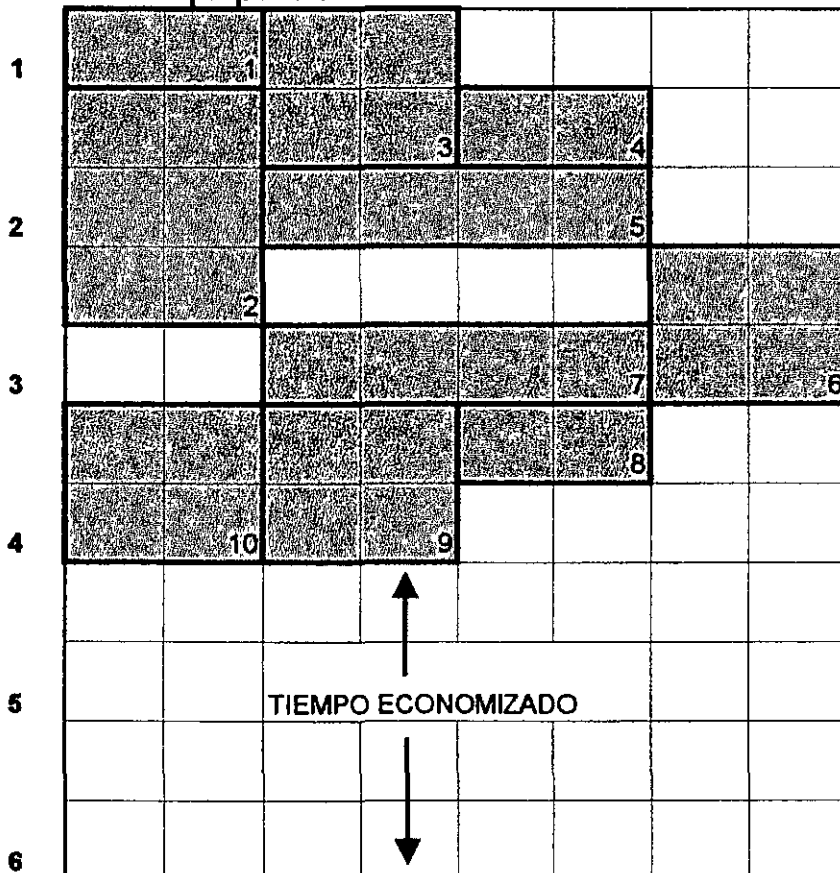


# DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES

## Método actual

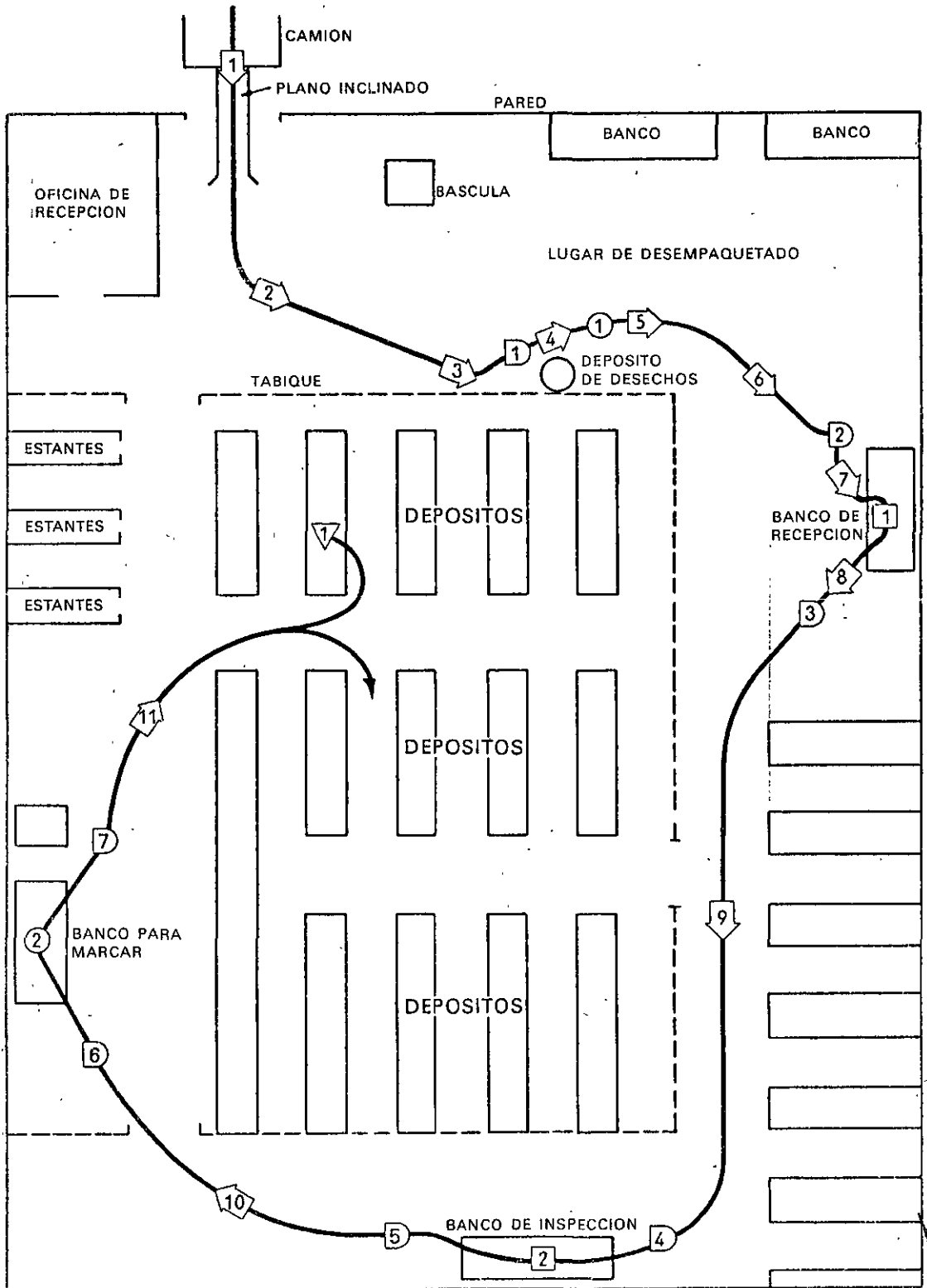


## Método propuesto



# RECEPCION, INSPECCION Y NUMERACION DE PIEZAS

(Método original)



**PROMEDIO**

Vea también

Devuelve el promedio (media aritmética) de los argumentos.

**Sintaxis**

**PROMEDIO**(número1;número2;...)

Número1, número2, ... son entre 1 y 30 argumentos numéricos cuyo promedio desea obtener.

**Observaciones**

- Los argumentos deben ser números o nombres, matrices o referencias que contengan números.
- Si el argumento matricial o de referencia contiene texto, valores lógicos o celdas vacías, estos valores se pasan por alto; sin embargo, se incluirán las celdas con el valor cero.

► Sugerencia

**Ejemplo**

El ejemplo puede resultar más fácil de entender si lo copia en una hoja de cálculo en blanco.

► ¿Cómo?

	A
1	<b>Datos</b>
2	10
3	7
4	9
5	27
6	2

Fórmula	Descripción (Resultado)
=PROMEDIO(A2:A6)	Promedio de los números anteriores (11)
=PROMEDIO(A2:A6;5)	Promedio de los números anteriores y 5 (10)

**DESVEST**

Vea también

Calcula la desviación estándar en función de un ejemplo. La desviación estándar es la medida de la dispersión de los valores respecto a la media (valor promedio).

**Sintaxis**

**DESVEST(número1; número2; ...)**

Número1, número2, ... son de 1 a 30 argumentos numéricos correspondientes a una muestra de una población. También puede utilizar una matriz única o una referencia matricial en lugar de argumentos separados con punto y coma.

**Observaciones**

- DESVEST parte de la hipótesis de que los argumentos representan la muestra de una población. Si sus datos representan la población total, utilice DESVESTP para calcular la desviación estándar.
- La desviación estándar se calcula utilizando los métodos "no sesgada" o "n-1".
- DESVEST utiliza la fórmula siguiente:

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

- Se pasan por alto los valores lógicos como VERDADERO y FALSO y el texto. Si los valores lógicos y el texto no deben pasarse por alto, utilice la función de hoja de cálculo DESVESTA.

**Ejemplo**

Supongamos que 10 herramientas forjadas en la misma máquina durante el mismo proceso de producción son elegidas como una muestra aleatoria y medimos su resistencia a la ruptura.

El ejemplo puede resultar más fácil de entender si lo copia en una hoja de cálculo en blanco

► ¿Cómo?

A	
1	<b>Resistencia</b>
2	1345
3	1301
4	1368
5	1322
6	1310
7	1370
8	1318
9	1350
10	1303
11	1299
Fórmula	Descripción (Resultado)
=DESVEST(A2:A11)	Desviación estándar de la resistencia a la rotura (27,46391572)

# CALCULO DE LA MEDIA Y DESVIACION STANDARD

## DATOS SIMPLES

Variable	Cantidad ( x )	Frecuencia ( f )	( fx )
1	79	5	395
2	64	18	1152
3	67	42	2814
4	50	27	1350
5	73	20	1460
6	70	36	2520
7	58	10	580
8	46	58	2668
9	72	90	6480
10	68	36	2448
11	70	8	560
12	60	10	600
<b>Totales</b>		360	23027

**MEDIA = 63.96**

## DATOS AGRUPADOS

Variable	Cantidad ( x )	Frecuencia ( f )	( x - X )	( x - X ) <sup>2</sup>	f ( x - X ) <sup>2</sup>
1	79	5	15.04	226.08	1130.42
2	64	18	0.04	0.00	0.02
3	67	42	3.04	9.22	387.15
4	50	27	-13.96	194.99	5264.74
5	73	20	9.04	81.65	1633.03
6	70	36	6.04	36.43	1311.65
7	58	10	-5.96	35.57	355.68
8	46	58	-17.96	322.70	18716.68
9	72	90	8.04	64.58	5812.12
10	68	36	4.04	16.29	586.45
11	70	8	6.04	36.43	291.48
12	60	10	-3.96	15.71	157.12
<b>Totales</b>		360			35646.53

**DESV. STD = 9.95**

## MEDIDAS DE CENTRALIZACION

Media aritmética:

$$X = \frac{8 + 3 + 5 + 12 + 10}{5}$$

$$X = 7.6$$

Media aritmética ponderada:

$$X = \frac{1 \times 700 + 3 \times 900 + 4 \times 85}{1 + 3 + 4}$$

$$X = 3740 / 8$$

$$X = 467.5$$

Mediana:

Valores medios:

3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 10

Mediana = 6

Moda:

Valor con mayor frecuencia

Moda = 8

## MEDIDAS DE DISPERSION

Desviación Standard =  $\sigma$       Varianza =  $\sigma^2$

## CÁLCULO DE MEDIA Y DESVIACIÓN STANDARD PARA DATOS AGRUPADOS

VARIABLE	MARCA DE CLASE	FRECUENCIA <i>f<sub>i</sub></i>	f <sub>i</sub> x <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> - X	(x <sub>i</sub> - X) <sup>2</sup>	f <sub>i</sub> (x <sub>i</sub> - X) <sup>2</sup>
1	33.5	2	67	-29.07	845.148	1690.30
2	44.5	4	178	-18.07	326.58	1306.31
3	55.5	10	555	-7.07	50.01	500.05
4	66.5	19	1263.5	3.93	15.43	293.24
5	77.5	5	387.5	14.93	222.86	1114.31
6	88.5	2	177	25.93	672.29	1344.58
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>		<b>2628</b>		<b>6248.79</b>

MEDIA =            62.57      ( 2628 / 42 )  
 DESV STD=        12.20      ( RAIZ ( 6248.79 / 42 ) )



# NORMALIZACION DE DATOS ( TIPIFICACION Z )

CONSIDERANDO EL CONJUNTO DE DATOS DE LA MARCA A Y LA MARCA B CON VALORES PROMEDIO PARA MEDIA Y DESVIACION STANDARD

Media =	500.2
Desv.S =	5.6

1) Datos mayores a un valor de: **504.5**

$$Z = \frac{504.5 - 500.2}{5.6}$$

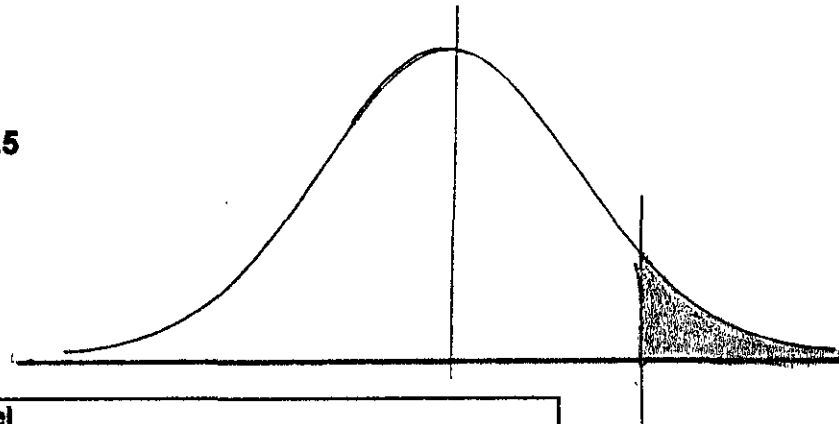
$$Z = 0.79$$

$$\text{área (0 - Z)} = 0.2852$$

$$\text{área total} = 0.5000 - 0.2852$$

$$= 0.2148$$

$$= 21.48\%$$



Excel	
0.7679	NORMALIZACION (VALOR, MEDIA, DS)

$$0.2321$$

$$23.31\%$$

2) Datos entre valores de : **506**                      **495**

$$Z1 = \frac{506 - 500.2}{5.6}$$

$$Z1 = 1.06$$

$$\text{área (0 - Z1)} = 0.3426$$

$$\text{área total} = 0.3426 + 0.3298$$

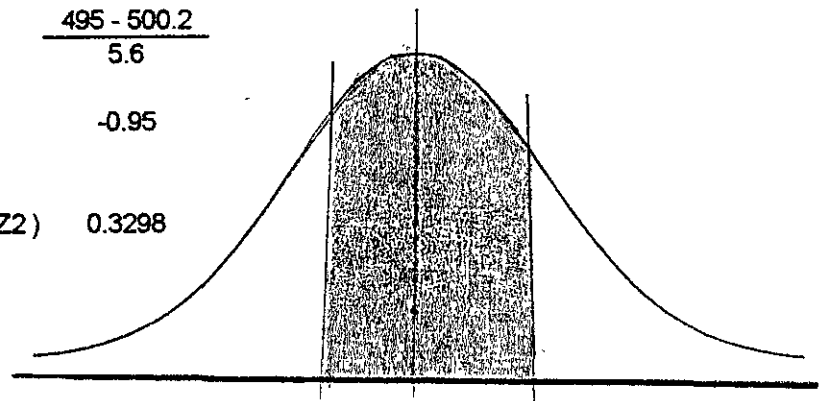
$$= 0.6724$$

$$= 67.24\%$$

$$Z2 = \frac{495 - 500.2}{5.6}$$

$$Z2 = -0.95$$

$$\text{área (0 - Z2)} = 0.3298$$



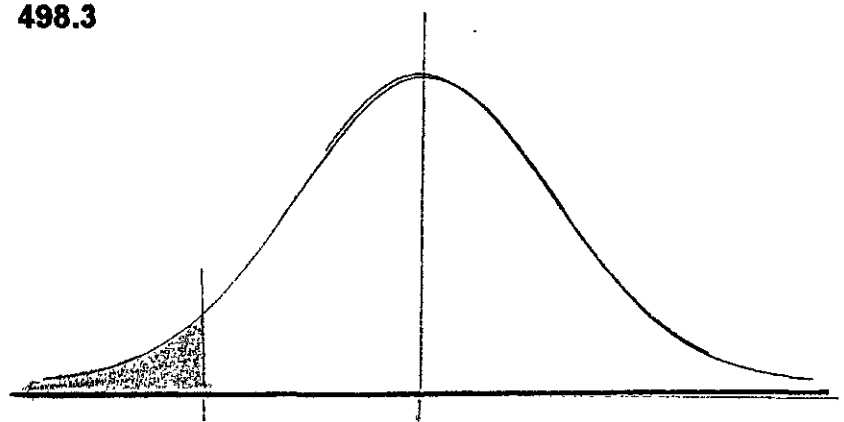
3) Datos menores a un valor de: **498.3**

$$Z = \frac{498.3 - 500.2}{5.6}$$

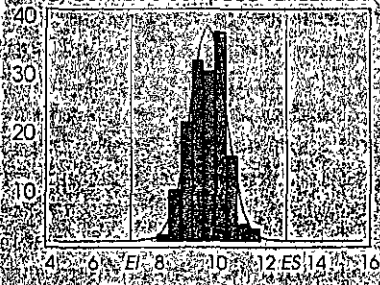
$$Z = -0.35$$

$$\text{área (0 - Z)} = 0.1368$$

$$\text{área total} = 0.5000 - 0.1368$$

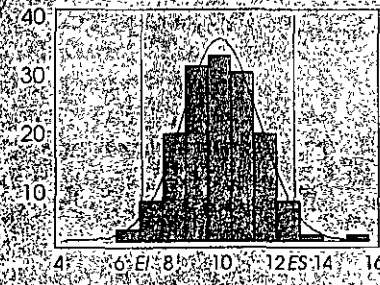


g) Centrado con poca variabilidad



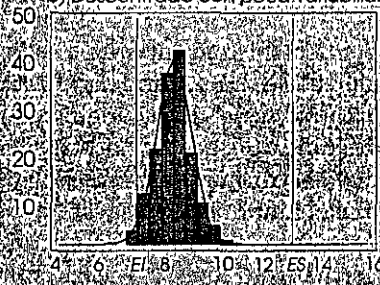
$C_p = 1.44$   
 $C_{pk} = 1.41$   
 $C_r = 0.69$   
 $C_{pm} = 1.43$   
 $K = -0.02$

c) Centrado con mucha variabilidad



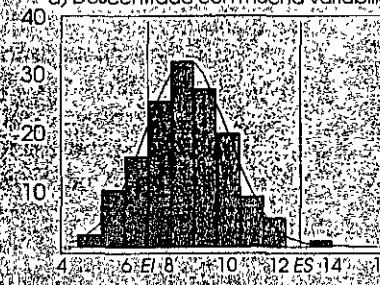
$C_p = 0.66$   
 $C_{pk} = 0.64$   
 $C_r = 1.51$   
 $C_{pm} = 0.66$   
 $K = 0.03$

b) Descentrado con poca variabilidad



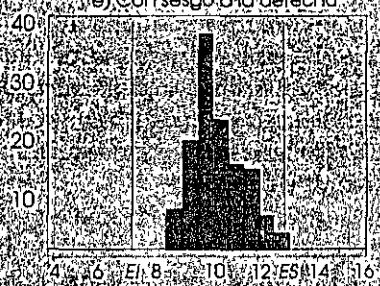
$C_p = 1.49$   
 $C_{pk} = 0.70$   
 $C_r = 0.66$   
 $C_{pm} = 0.58$   
 $K = -0.52$

d) Descentrado con mucha variabilidad



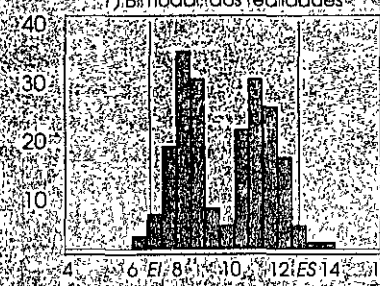
$C_p = 0.60$   
 $C_{pk} = 0.31$   
 $C_r = 1.64$   
 $C_{pm} = 0.45$   
 $K = -0.48$

e) Con sesgo a la derecha



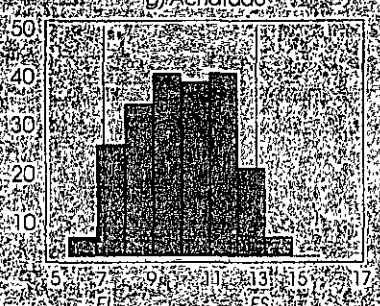
$C_p = 0.99$   
 $C_{pk} = 0.86$   
 $C_r = 1.00$   
 $C_{pm} = 0.93$   
 $K = 0.128$

f) Bimodalidad de las realidades



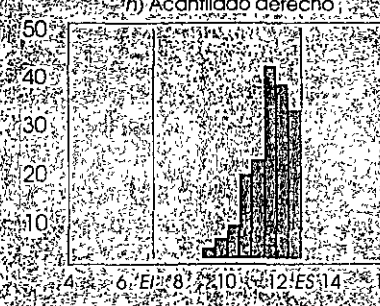
$C_p = 1.27$   
 $C_{pk} = 0.57$   
 $C_r = 0.57$   
 $C_r = 1.73$   
 $C_{pm} = 0.57$   
 $K = 0.005$

g) Achatado



$C_p = 0.53$   
 $C_{pk} = 0.53$   
 $C_r = 1.86$   
 $C_{pm} = 0.53$   
 $K = -0.008$

h) Acantilado derecho



$C_p = 1.20$   
 $C_{pk} = 0.50$   
 $C_r = 0.82$   
 $C_{pm} = 0.51$   
 $K = 0.58$

Interpretación de histogramas

# CONSTRUCCION DEL HISTOGRAMA

1. Matriz de datos ( 42 elementos ):

46	48	64	76	78	54	39
80	48	60	64	59	62	57
57	61	63	68	72	64	57
59	65	68	67	71	72	75
94	86	41	68	67	61	69
76	65	66	28	68	67	61

2.  $X = \text{número}$

$$X \text{ max} = 94$$

$$X \text{ min} = 28$$

$$\text{RANGO} = 94 - 28 = 66$$

3. Amplitud de intervalo = Rango / Número de intervalos  
(Raíz cuadrada de los datos aprox. = 6) =  $66 / 6 = 11$

4. Límite superior =  $28 + 11 = 39$  ( primer intervalo )

Límite inferior =  $39 + 11 = 50$  ( segundo intervalo )

Número de intervalo o clase	Frontera inferior	Frontera superior
1	28	39
2	39	50
3	50	61
4	61	72
5	72	83
6	83	94

5. Marca de clase = ( frontera superior + frontera inferior ) / 2

$$= (39 + 38) / 2$$

$$= 33.5$$

Número de intervalo	Marca de clase
1	33.5
2	44.5
3	55.5
4	66.5
5	77.5
6	88.5

6. Frecuencias correspondientes al conjunto de datos

Marca de clase	Frontera superior	Frontera inferior	Frecuencia
33.5	28	39	2
44.5	39	50	4
55.5	50	61	10
66.5	61	72	19
77.5	72	83	5
88.5	83	94	2
		TOTAL	42

7. Trazo del histograma y curva de frecuencias relativas

8. Análisis geométrico de la curva

CURTOSIS

- Leptocúrtica ( esbelta )
- **Platicúrtica ( plana ) = 1.463**
- Mesocúrtica ( normal )

SESGO

- Simétrico
- Asimétrico positivo ( cola derecha )
- **Asimétrico negativo ( cola izquierda ) = -0.448**

# INTERPRETACION DEL HISTOGRAMA

1. Mediciones más comunes  
( *Observar la tendencia central de los datos* )
2. Comportamiento simétrico  
( *Estudiar el centrado del proceso* )
3. Como es la dispersión  
( *Examinar la variabilidad del proceso* )
4. Centramiento del proceso
5. Número de picos
6. Tipo de sesgos  
( *Analizar la forma del histograma* )
7. Datos raros o atípicos
8. Estratificar  
( *Cuando no existe forma particular* )

# PARAMETROS PARA EVALUAR LA FORMA GEOMETRICA DEL HISTOGRAMA

## COHEFICIENTE DE ASIMETRIA

( SESGO )

= 0 simétrico

> 0 asimétrico positivo (cola derecha)

< 0 asimétrico negativo (cola izquierda)

## CURTOSIS

( K )

= 0.26 mesocúrtico

> 0.26 platicúrtico

< 0.26 leptocúrtico

**CURTOSIS**Vea también

Devuelve la curtosis de un conjunto de datos. La curtosis representa la elevación o achatamiento de una distribución, comparada con la distribución normal. Una curtosis positiva indica una distribución relativamente elevada, mientras que una curtosis negativa indica una distribución relativamente plana.

**Sintaxis**

**CURTOSIS**(número1;número2, ...)

Número1;número2; ... son de 1 a 30 argumentos cuya curtosis desea calcular. También puede utilizar una sola matriz o una referencia matricial en lugar de argumentos separados con punto y coma.

**Observaciones**

- Los argumentos deben ser números o nombres, matrices o referencias que contengan números.
- Si el argumento matricial o de referencia contiene texto, valores lógicos o celdas vacías, estos valores se pasan por alto; sin embargo, se incluirán las celdas con el valor cero.
- Si existen menos de cuatro puntos de datos o si la desviación estándar de la muestra es igual a cero, la función CURTOSIS devuelve el valor de error #DIV/0!
- CURTOSIS se define como:

$$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

donde:

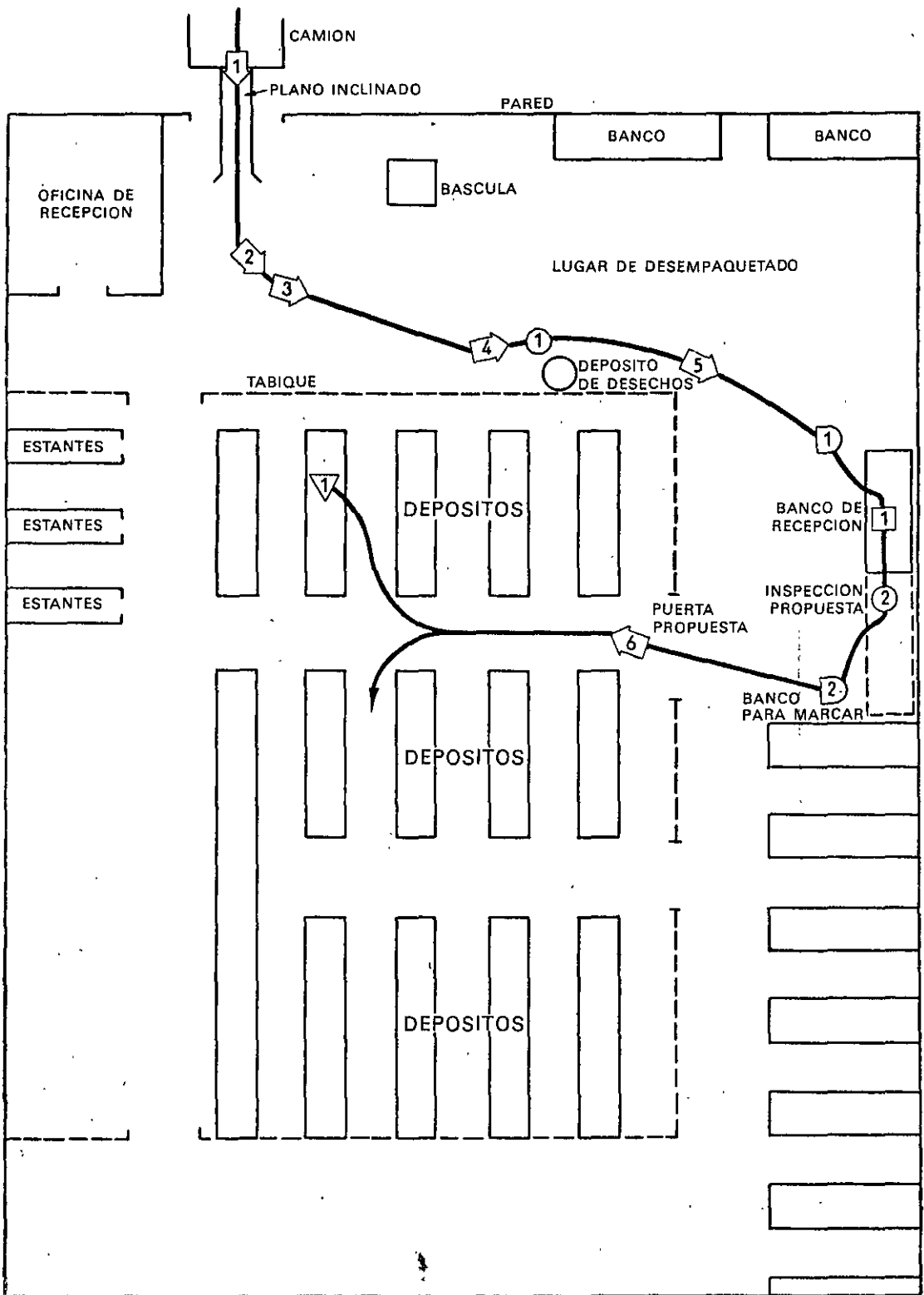
s es la desviación estándar de la muestra.

**Ejemplo**

CURTOSIS (3 ; 4 ; 5 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 4 ; 7) devuelve -0,1518

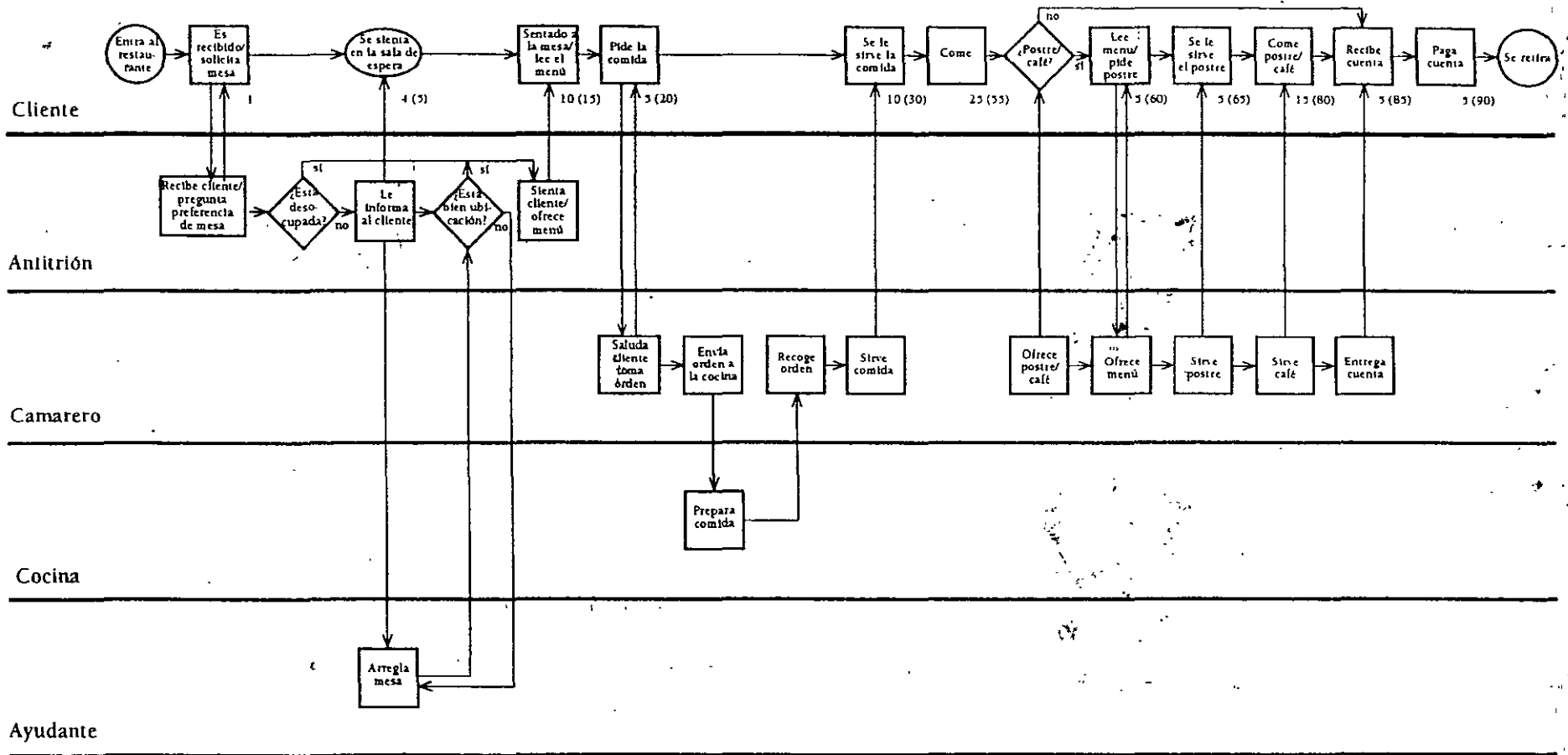
# RECEPCION, INSPECCION Y NUMERACION DE PIEZAS

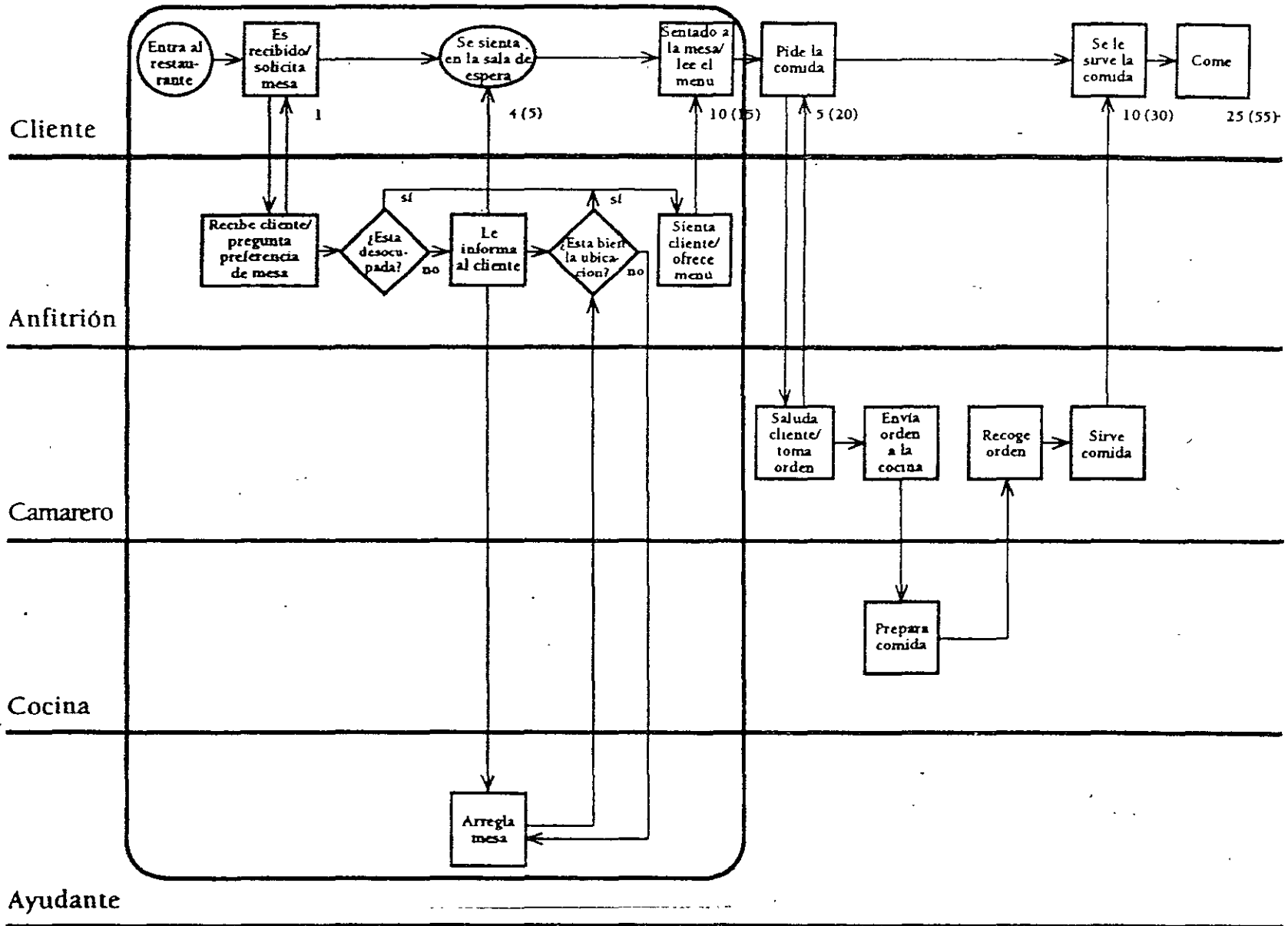
(Método perfeccionado)





# Diagrama del restaurante







*Luminaria fluorescente*

1. Llegue al lugar y observe el comportamiento de la luminaria operando el apagador de la misma.
2. Si no hay ninguna falla pase al siguiente componente de su rutina.
3. Si existe falla diagnostique qué componente o componentes pueden estar fallando.
4. Desconecte la luminaria a través de su apagador.
5. Coloque la escalera bajo la luminaria y suba.
6. Retire el (los) difusor (es) y deposítelos en la base de la escalera.
7. Retire el (los) tubo (s) fluorescente (s).
8. Sustituya los componentes defectuosos.
9. Diríjase al interruptor, accionelo y compruebe el encendido de la lámpara.
10. Limpie los acrílicos y colóquelos.
11. Recoja herramientas y materiales.
12. Limpie y ordene el lugar de trabajo.
13. Continúe con la siguiente luminaria.

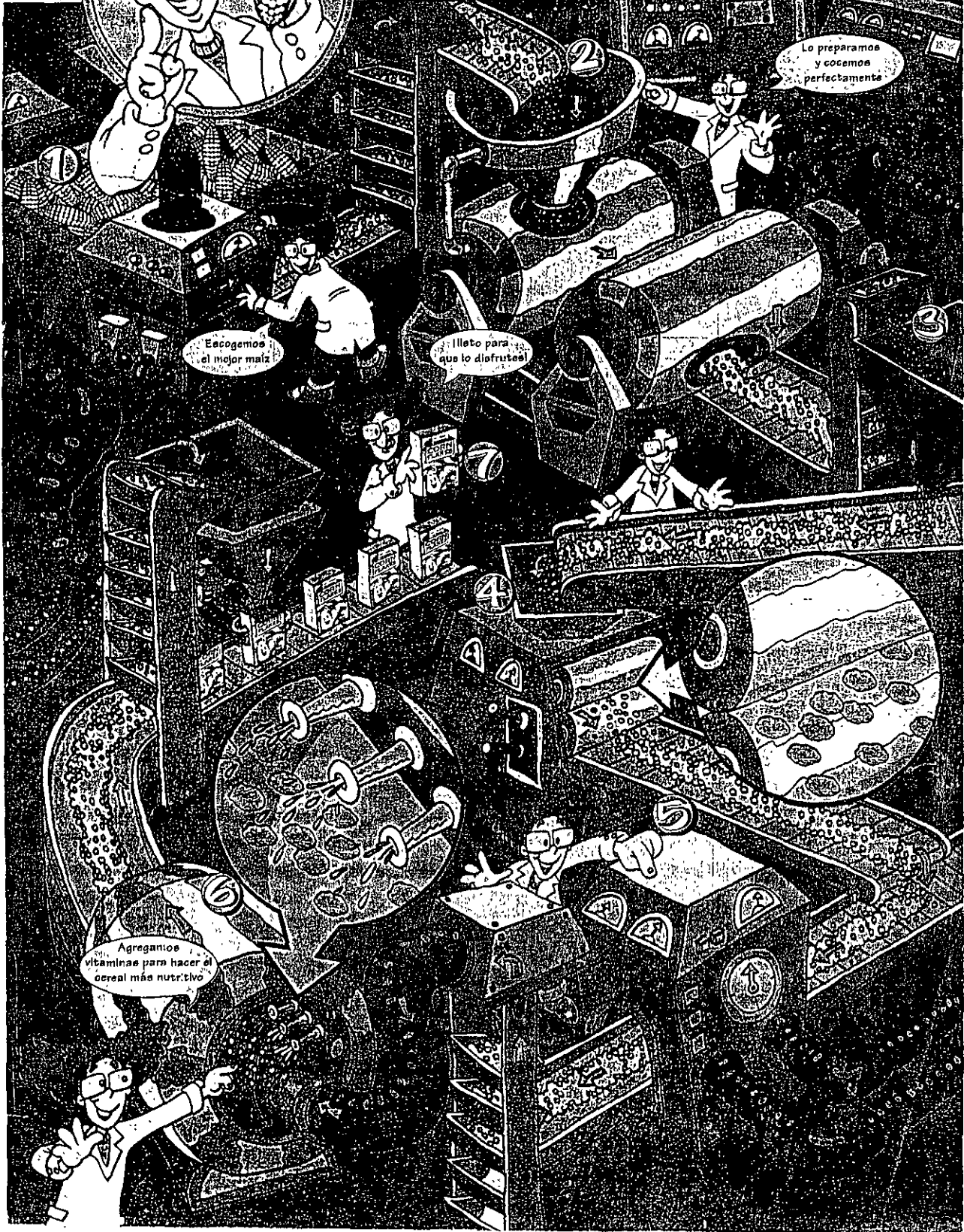
*Nota:*

Para las luminarias incandescentes el procedimiento es similar.

¡Hechos de maíz seleccionado!

# Elaboración de los Corn Flakes

1. Se limpia, desgermina y se clasifica el maíz.
2. Se cuece el maíz y se mezcla con el resto de los ingredientes que le dan el delicioso sabor Maizero.
3. Se secan los granos de maíz eliminándose el exceso de humedad.
4. Se aplatan los granos de maíz para obtener una hojuela por cada grano.
5. Se toscan las hojuelas para que queden doraditas y crujientes.
6. Se agregan las vitaminas y minerales para hacer tus Corn Flakes más nutritivos.
7. Los Corn Flakes se guardan en empaques especialmente diseñados para asegurar que los recibas en óptimas condiciones.

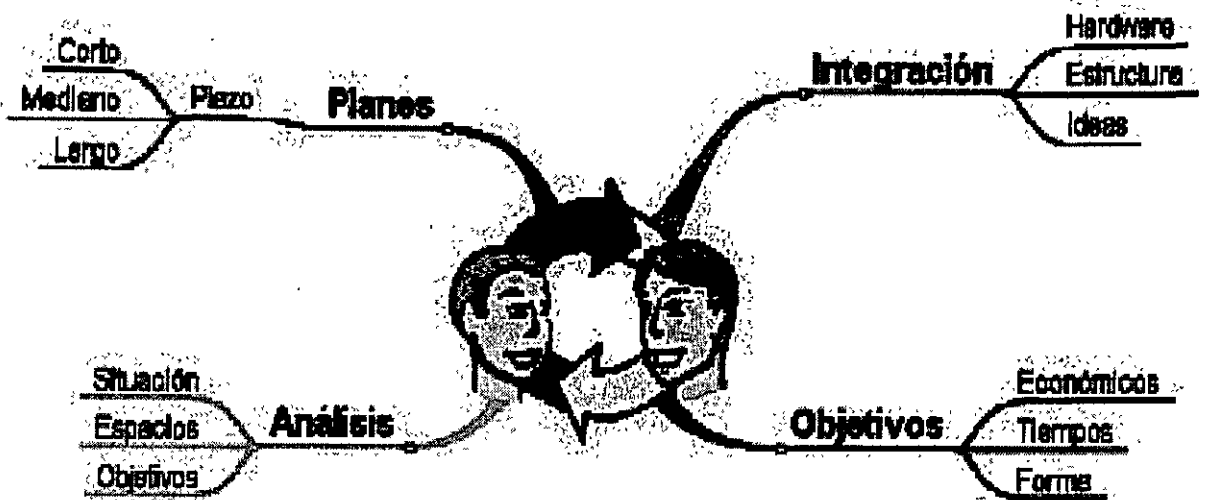
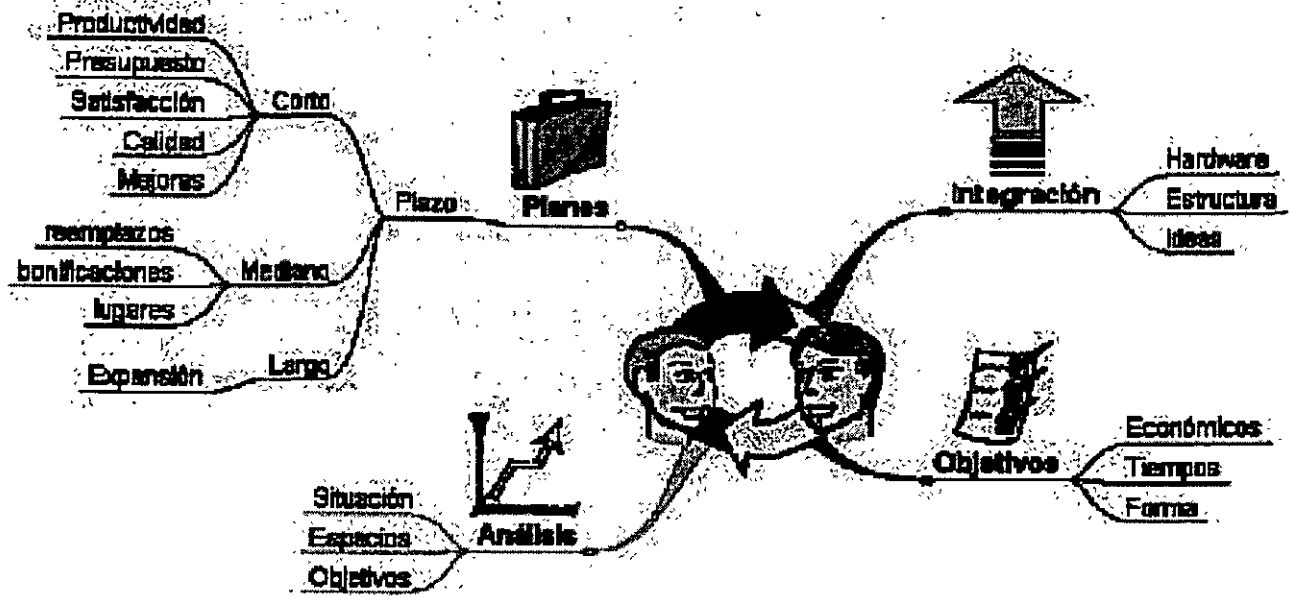


Escogemos el mejor maíz

¡Hecho para que lo disfrutes!

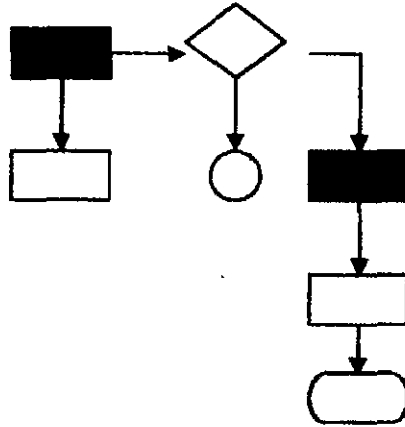
Lo preparamos y cocemos perfectamente

Agregamos vitaminas para hacer el cereal más nutritivo



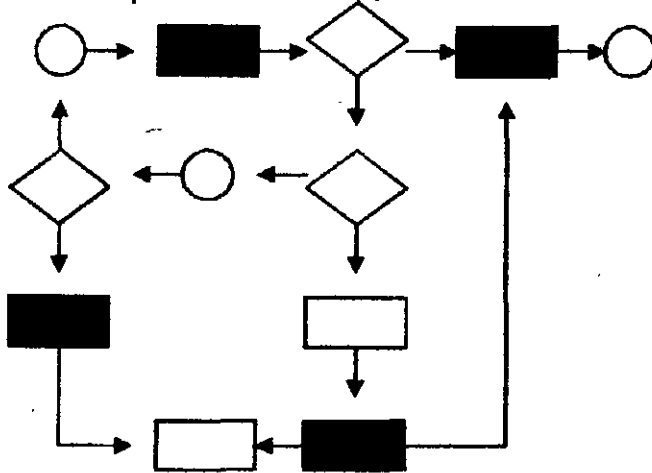
### Perspectiva de la Situación Actual de un Proceso X "Lo que se cree"

Es importante no asumir que las cosas en un lugar de trabajo suceden como se cree que suceden.



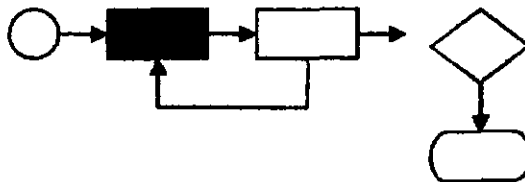
### Situación Actual del Proceso X "Lo que realmente sucede"

Una fotografía real de los procesos a través del mapeo de los procesos es la base para la mejora continua.



### Situación Deseable del Proceso X "Lo que debería ser"

Todas las actividades que no agregan valor deben ser eliminadas con base en el análisis del mapeo realizado.



## MEJORA DEL PROCESO ( Medición )

**ANTES**

**DESPUES**

<u>Actividad</u>	<b>Pasos</b>	<b>Minutos</b>	<b>Pasos</b>	<b>Minutos</b>
Operación	8	10.0	8	9.0
Transporte	7	15.0	-	-
Demora	3	3.0	1	1.5
Inspección	2	2.0	3	5.0
Almacenaje	1	-	-	-
Retrabajo	4	4.5	2	2.0
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>34.5</b>	<b>14</b>	<b>17.5</b>

**Eficiencia de trabajo antes:**

$$= \frac{8}{8 + 17} = 0.32$$

( actividades )

$$= \frac{10.0}{10.0 + 24.5} = 0.29$$

( tiempo )

**Eficiencia de trabajo después:**

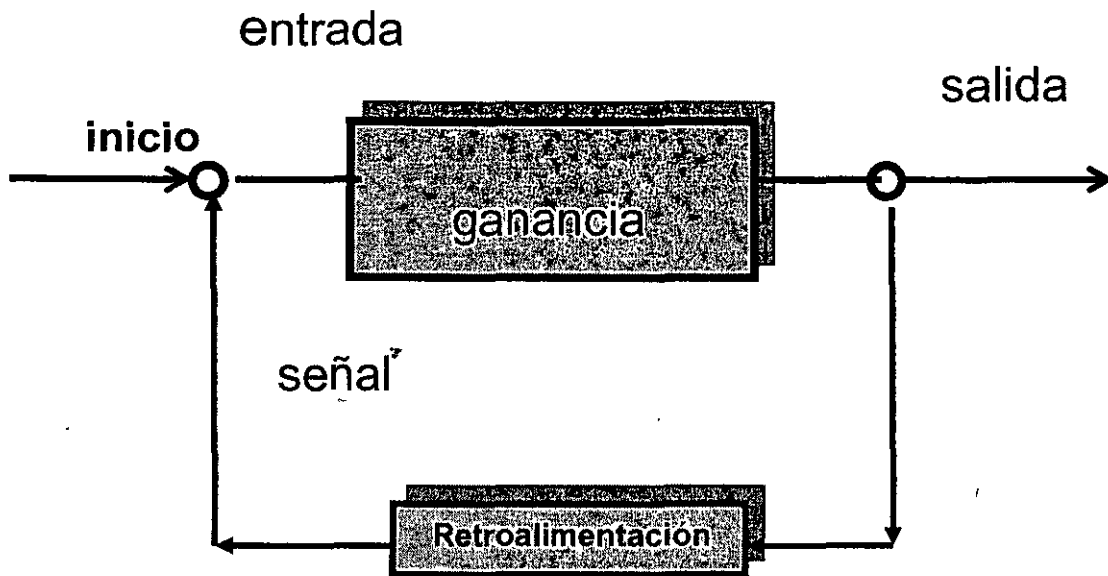
$$= \frac{8}{8 + 6} = 0.57$$

( actividades )

$$= \frac{9.0}{9.0 + 8.5} = 0.51$$

( tiempo )

# Diagrama de Retroalimentación



## Definición de parámetros:

Entrada = E ( Entrada + Señal = 1 )

Inicio = 1 (100%)

Salida = C ( C = Entrada x Ganancia )

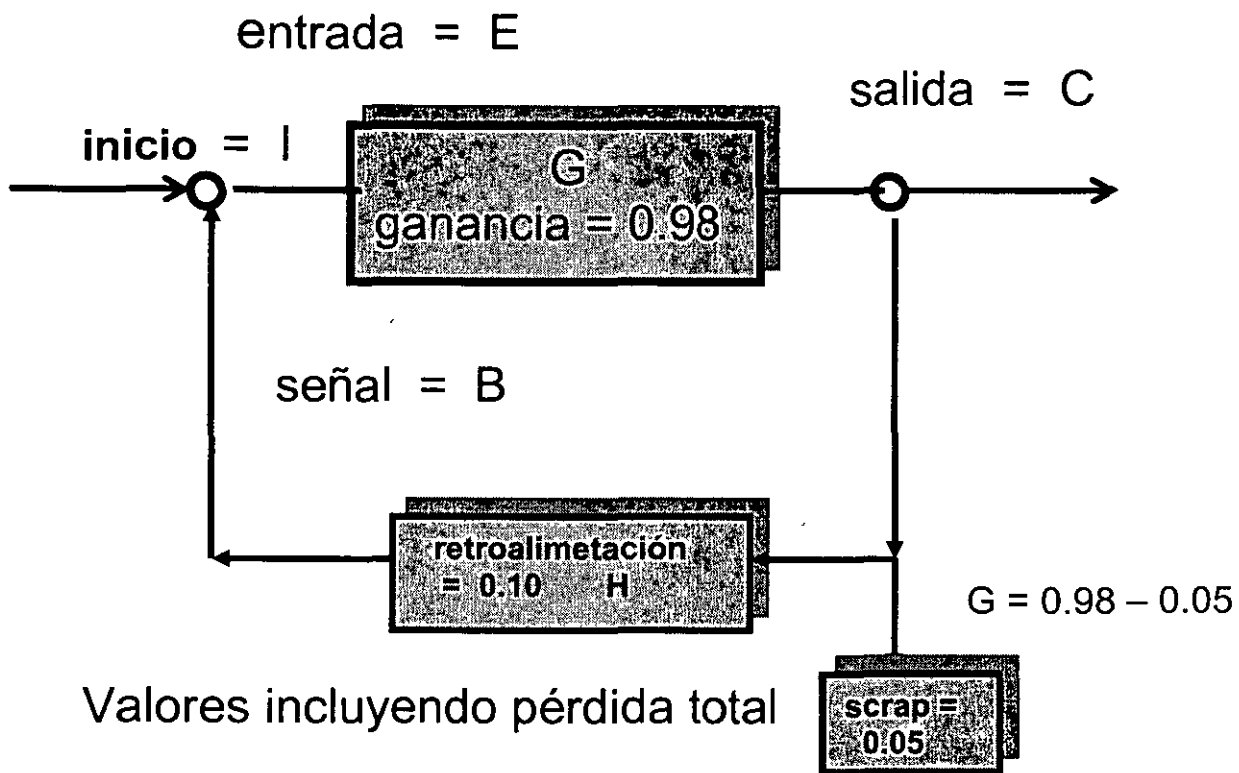
Señal = B

Retroalimentación = H

Ganancia = G



## Cálculo con valores numéricos



Valores incluyendo pérdida total

$$\text{Entrada} = E = \frac{1}{1 + GH} = 0.9149 \text{ (magnitud real descontada)}$$

$$\text{Inicio} = I = \text{cantidad inversa de } C = 1.1753 \text{ (magnitud de entrada)}$$

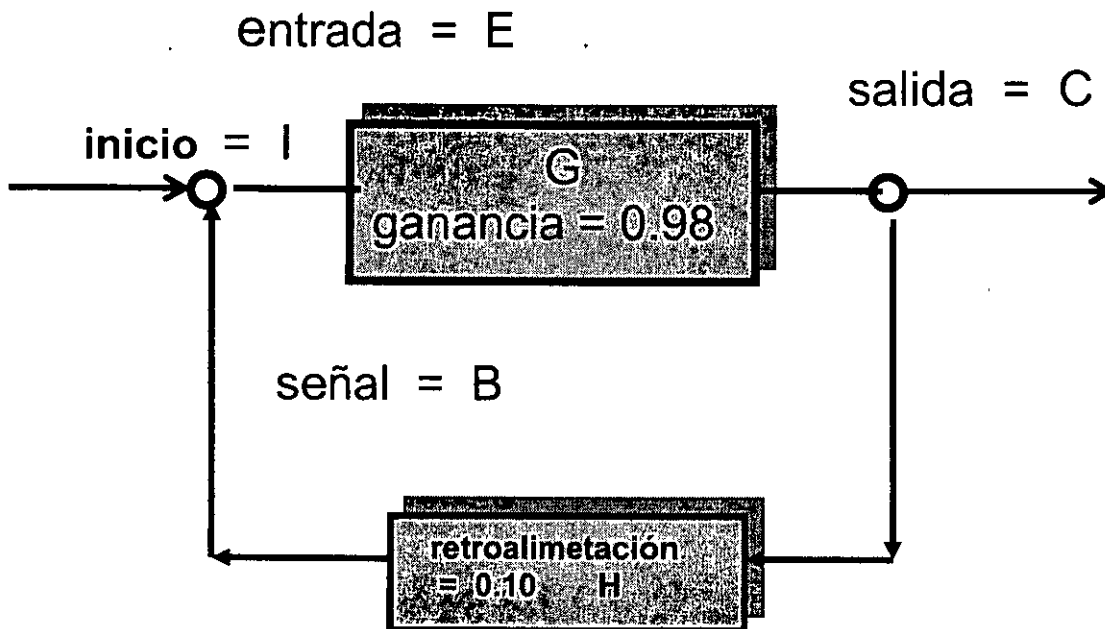
$$\text{Salida} = C = \frac{G}{1 + GH} = 0.8508 \text{ (respuesta del sistema)}$$

$$\text{Señal} = B = \frac{GH}{1 + GH} = 0.0850 \text{ (magnitud retroalimentada)}$$

$$\text{Retroalimentación} = H = 0.10 \text{ (magnitud de retroalimentación)}$$

$$\text{Ganancia} = 0.93 \text{ (magnitud de la eficiencia del sistema)}$$

## Cálculo con valores numéricos



Considerando una magnitud de entrada de 1 (100%)

$$\text{Entrada} = E = \frac{1}{1 + GH} = 0.9107 \text{ (magnitud real descontada)}$$

$$\text{Inicio} = I = \text{cantidad inversa de } C = 1.1204 \text{ (magnitud de entrada)}$$

$$\text{Salida} = C = \frac{G}{1 + GH} = 0.8925 \text{ (respuesta del sistema)}$$

$$\text{Señal} = B = \frac{GH}{1 + GH} = 0.0892 \text{ (magnitud retroalimentada)}$$

$$\text{Retroalimentación} = H = 0.10 \text{ (magnitud de retroalimentación)}$$

$$\text{Ganancia} = 0.98 \text{ (magnitud de la eficiencia del sistema)}$$

## DATOS ESTADISTICOS

- **Obtención** (directos e indirectos)
- Ordenar
- Análisis
- Presentación

PROBLEMA → INFORMACION → FUENTES DE  
VARIABILIDAD

- **Obtención** (proceso de medición)
  1. Seleccionar (que se va obtener)
  2. Organización (quién pensamiento crítico)
  3. Identificación (fuentes de datos)
  4. Preparación (plan de ataque)
  5. Acciones (estrategias)

### PRINCIPIOS

- Sistemas interconectados
- Variaciones en los procesos
- Éxito en entender y reducir la variación

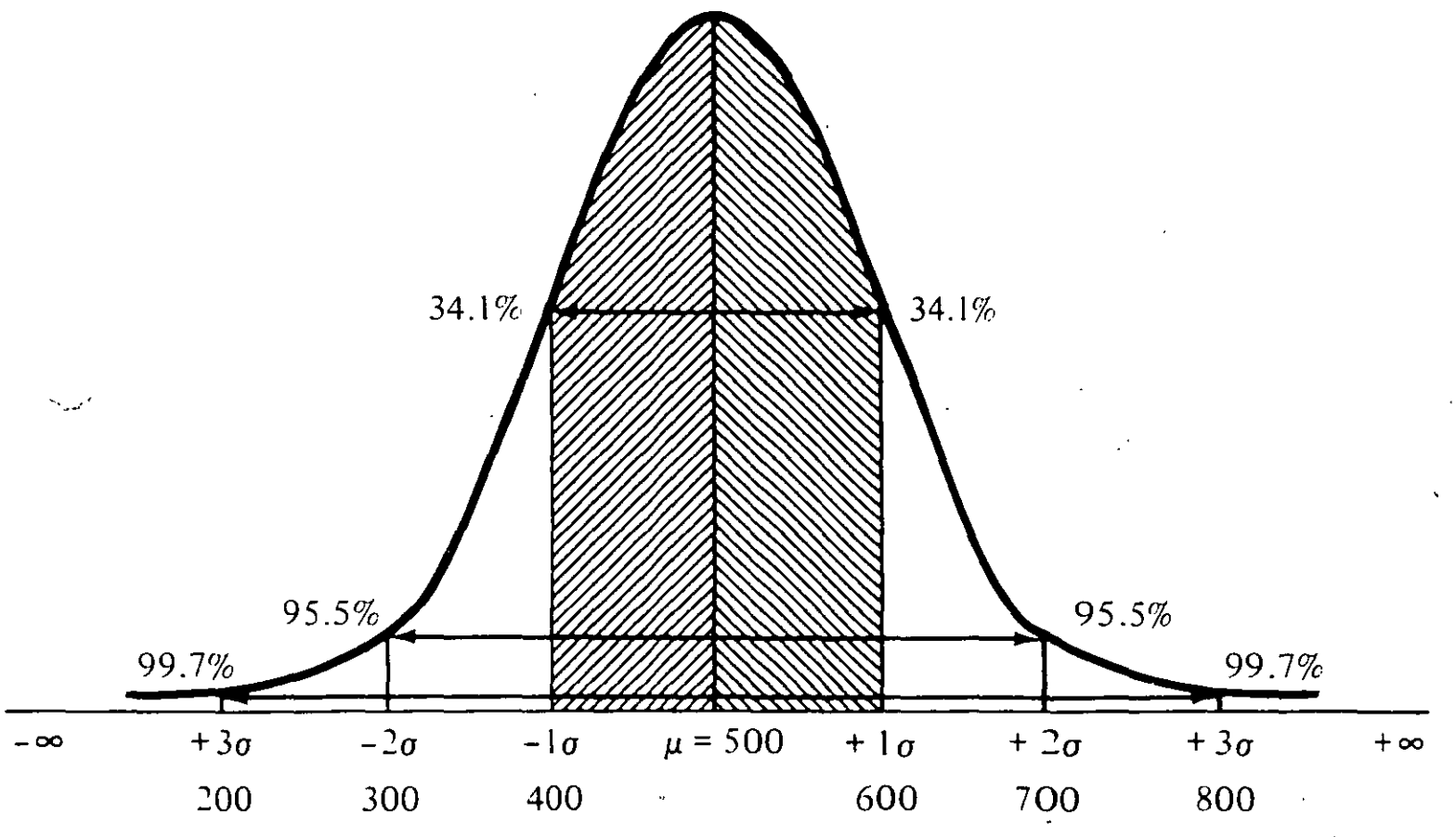
### VARIABLES

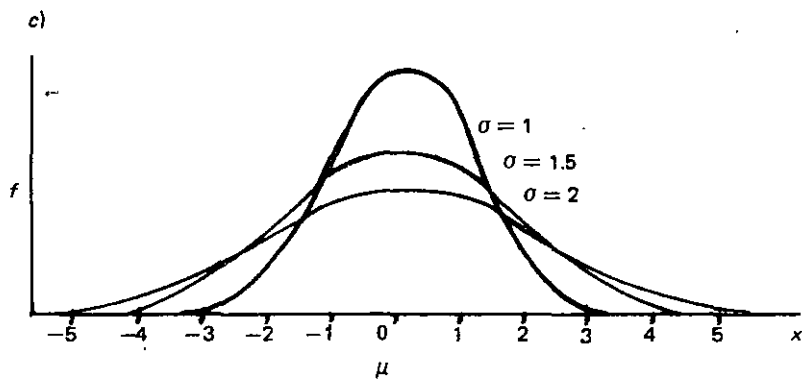
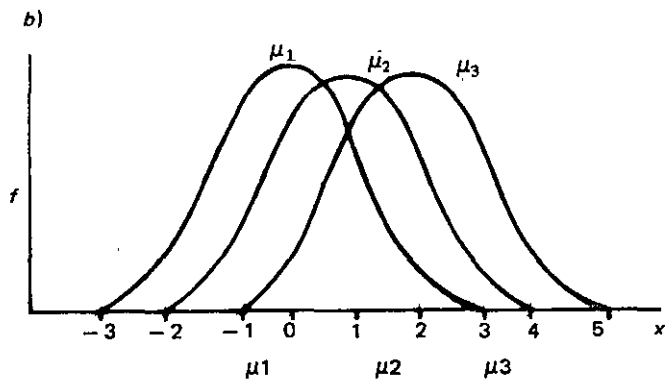
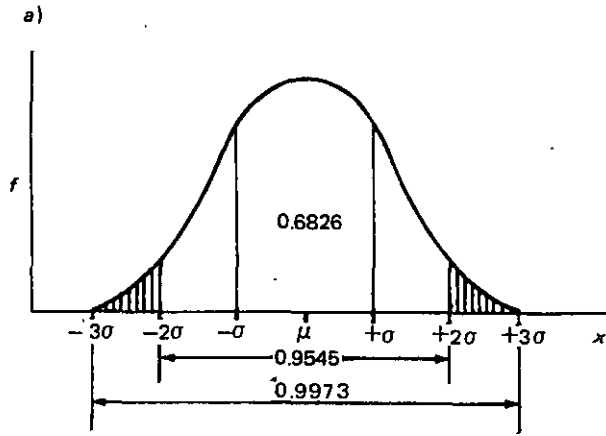
- Cualitativas no numéricas
- Cuantitativas numéricas (*discretas y continuas*)
- Entradas (X) variables independientes
- Salidas (Y) variables dependientes (respuesta)
- Tolerancias (Y)  $Y = x/2 + \log x \cdot e + 5x \cdot x$ 
  - < Mejor (acidez)
  - Mayor mejor (grosor)
  - < Normal (más menos)

# DISTRIBUCION NORMAL (CURVA DE GAUSS)

3 SIGMAS (  $\Sigma, \sigma$  ) PARA VALORES:

- Reales
- En función de la Desviación Standard





Distribución normal. a) Áreas bajo la curva; b) diferentes  $\mu$  e igual  $\sigma$ ; c) diferentes  $\sigma$  e igual  $\mu$ .

# MEDIDAS DE CENTRALIZACION Y DESVIACION

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6
	8	3	5	3	2	12
	3	4	5	5	5	6
	5	4	7	8	4	7
	12	6	11	10	2	3
	10	8	12	12	3	15
		8	15	15	3	10
		8	18	16	2	18
		10			3	5
MEDIA	7.60	6.38	10.43	9.86	3.00	9.50
DESV.STD	3.262	2.342	4.655	4.518	1.000	4.873

	CASO 7	CASO 8	CASO 9	CASO 10	CASO 11	CASO 12	CASO 7
	8	3	5	3	2	12	8
	3	4	5	5	5	6	7
	5	4	7	8	4	7	8
	12	6	11	10	2	3	9
	10	8	12	12	3	15	9
		8	15	15	3	10	10
		8	18	16	2	18	7
		10			3	5	8
MEDIA	7.60	6.38	10.43	9.86	3.00	9.50	8.25
DESV.STD	3.262	2.342	4.655	4.518	1.000	4.873	0.968

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7
	8	3	5	3	2	12	8
	3	4	5	5	5	6	7
	5	4	7	8	4	7	8
	12	6	11	10	2	3	9
	10	8	12	12	3	15	9
		8	15	15	3	10	10
		8	18	16	2	18	7
		10			3	5	8
MEDIA	7.60	6.38	10.43	9.86	3.00	9.50	8.25
DESV.STD	3.262	2.342	4.655	4.518	1.000	4.873	0.968

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7
	8	3	5	3	2	12	8
	3	4	5	5	5	6	7
	5	4	7	8	4	7	8
	12	6	11	10	2	3	9
	10	8	12	12	3	15	9
		8	15	15	3	10	10
		8	18	16	2	18	7
		10			3	5	8
MEDIA	7.60	6.38	10.43	9.86	3.00	9.50	8.25
DESV.STD	3.262	2.342	4.655	4.518	1.000	4.873	0.968

**DISPERSION DE DATOS**

**TABLA 1**

**Considerando números negativos**

192	180	173	161	116.08	48.12	53.94	50.00
200	186	170	168	83.07	50.00	44.37	50.00
210	215	197	195	97.66	51.64	67.31	39.98
214	179	165	235	59.34	50.00	84.09	69.02
205	201	198	199	37.16	80.89	27.97	32.26
236	217	220	186	4.55	27.07	50.00	12.82
185	213	215	187	55.72	33.03	132.73	75.08
168	170	204	236	95.58	116.29	42.97	106.55
192	180	173	161	29.76	50.00	38.79	-12.81
200	186	170	168	50.00	50.00	3.07	50.00
210	215	197	195	-12.10	68.79	167.92	20.88
214	179	165	235	22.83	30.24	90.77	-40.41
205	201	198	199	50.00	50.00	117.82	50.00
236	217	220	185	23.32	161.76	-33.35	133.62
185	212	215	187	96.57	139.60	65.81	14.96
167	170	204	236	96.83	20.03	0.49	4.82
191	180	173	161	34.28	75.25	50.00	21.58
209	186	170	168	33.61	47.50	61.53	50.00
210	215	197	195	134.12	50.00	153.11	-15.70
214	179	165	235	15.53	110.78	50.00	23.69
205	201	198	199	32.38	-1.39	9.78	6.33
236	217	220	186	43.58	106.86	66.79	-1.76

**Media = 196.22**  
**Desv. Std. = 20.90**

**Media = 54.43**  
**Desv. Std. = 39.33**

**TABLA 2**

46	-48	64	76	78	54	39
80	48	60	64	59	62	57
57	61	63	68	-72	64	57
59	65	68	67	71	72	75
94	86	41	68	67	61	69
76	65	66	28	68	67	61

**Media = 57.88**  
**Desv. Std. = 29.00**

**TABLA 3**

138	164	150	132	144	125	149	157
146	158	140	147	136	148	152	144
168	126	138	176	163	119	154	165
146	173	142	147	135	153	140	135
161	145	135	142	150	156	145	128

**Media = 146.8**  
**Desv. Std. = 12.89**

**TABLA 4**

159	161	163	163	163	167
167	167	167	168	168	168
169	169	170	171	171	173
174	175	175	178	178	179
181	181	183	184	187	191

**Media = 172.33**  
**Desv. Std. = 7.87**

**TABLA 5**

110.8	111.4	110.9	111.3	111.5
109.6	110.1	110.6	109.1	111.1
109.8	111.6	110.8	112.9	110.4
111.1	109.3	110.4	111.4	111.3
110.6	113.1	110.4	111.7	110.4
111.4	110.4	111.5	109.7	110.7
109.6	111.7	110.6	111.6	110.3
111.7	108.6	110.0	109.3	112.2
109.8	112.7	112.6	112.0	110.9
109.3	110.0	110.7	110.8	110.6

**Media = 110.8**  
**Desv. Std. = 1.000**

**COEFICIENTE.ASIMETRIA**Vea también

Devuelve la asimetría de una distribución. Esta función caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos. La asimetría negativa indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más negativos.

**Sintaxis**

**COEFICIENTE.ASIMETRIA**(número1;número2; ...)

Número1;número2; ... son de 1 a 30 argumentos cuya asimetría desea calcular. También puede utilizar una matriz única o una referencia matricial en lugar de argumentos separados con punto y coma.

**Observaciones**

- Los argumentos deben ser números o nombres, matrices o referencias que contengan números.
- Si el argumento matricial o de referencia contiene texto, valores lógicos o celdas vacías, estos valores se pasan por alto; sin embargo, se incluirán las celdas con el valor cero.
- Si el número de puntos de datos es menor que tres o si la desviación estándar de la muestra es cero, COEFICIENTE.ASIMETRIA devuelve el valor de error #¡DIV/0!
- La ecuación para la asimetría se define como:

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left( \frac{x_j - \bar{x}}{s} \right)^3$$

**Ejemplo**

COEFICIENTE.ASIMETRIA(3;4;5;2;3;4;5;6;4;7) es igual a 0,359543

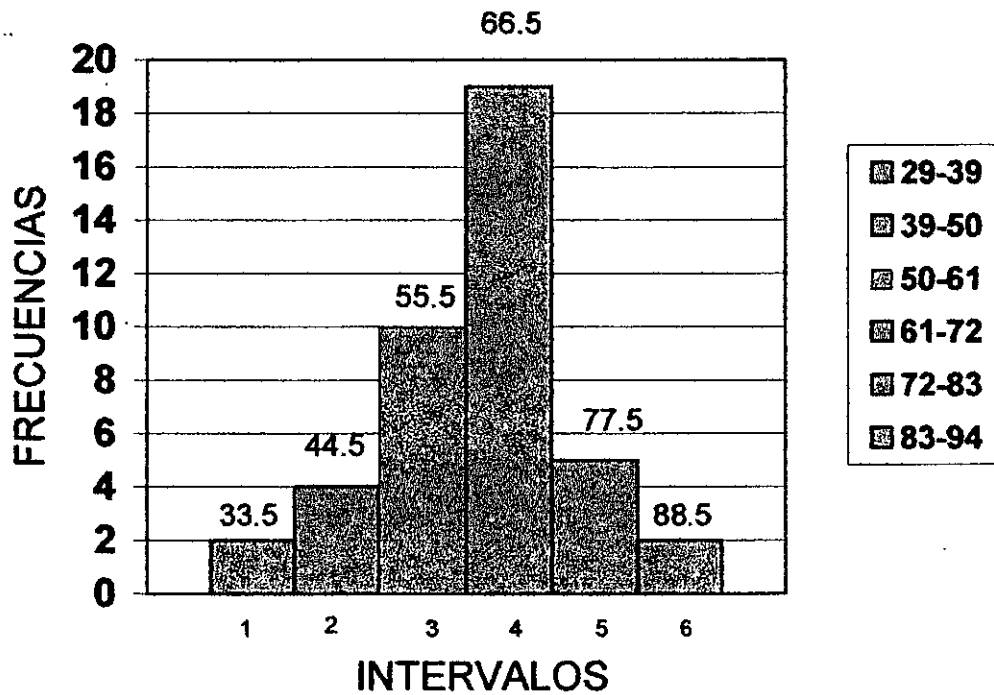


## HISTOGRAMA Y GRAFICA DE FRECUENCIAS ACUMULADAS

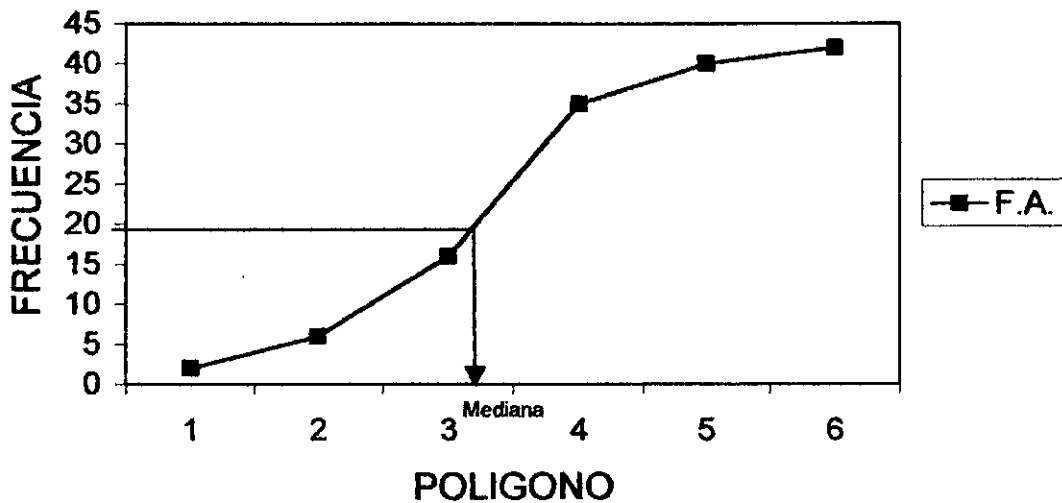
Datos iniciales

Frecuencias	Intervalos de clase	Número de polígono	Frecuencia acumulada
2	33.5	1	2
4	44.5	2	6
10	55.5	3	16
19	66.5	4	35
5	77.5	5	40
2	88.5	6	42

### HISTOGRAMA



### FRECUENCIAS ACUMULADAS



# ESTADISTICA DESCRIPTIVA (MANEJO DE DATOS)

Unidad de venta ( Bolsa )

Característica ( Peso en Gramos )

Marca A

503	507	492	499	498	506	502
502	506	502	505	493	500	489
500	492	500	515	510	502	508
499	510	494	503	499	508	513
502	515	514	507	510	498	507
491	507	502	484	500		

**Estadísticos:**

Media	502.03
Mediana	502.00
Moda	502.00
Desv. Std.	7.35
Rango	31
Curtosis	-0.0310
Asimetría	-0.2307

**Instrucción Excel**

PROMEDIO (B6:F11)
MEDIANA (B6:F11)
MODA (B6:F11)
DESVESTP (B22:F27)
MAX (B6:F11) - MIN (B6:F11)
CURTOSIS (B6:F11)
COEFICIENTE,ASIMETRIA (B6:F11)

Marca B

505	492	502	499	496	499	496
495	498	501	504	501	499	498
499	495	501	500	497	495	500
491	493	507	496	492	499	492
501	500	497	500	498	496	494
497	504	496	500	499		

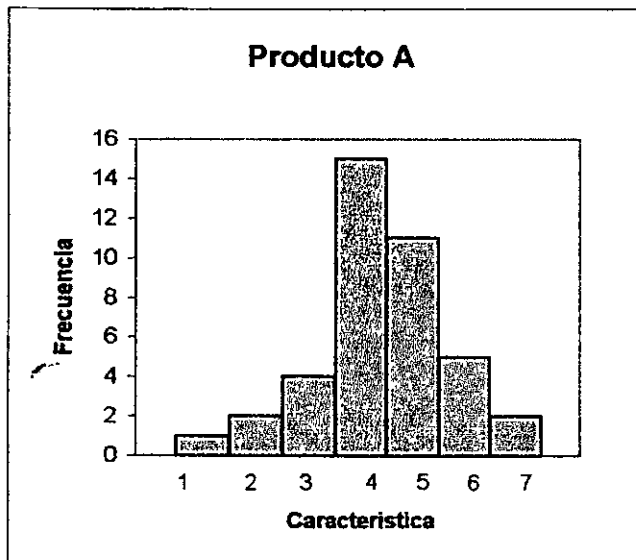
**Estadísticos:**

Media	498.53
Mediana	499.00
Moda	501.00
Desv. Std.	3.84
Rango	16
Curtosis	-0.2102
Asimetría	0.0098

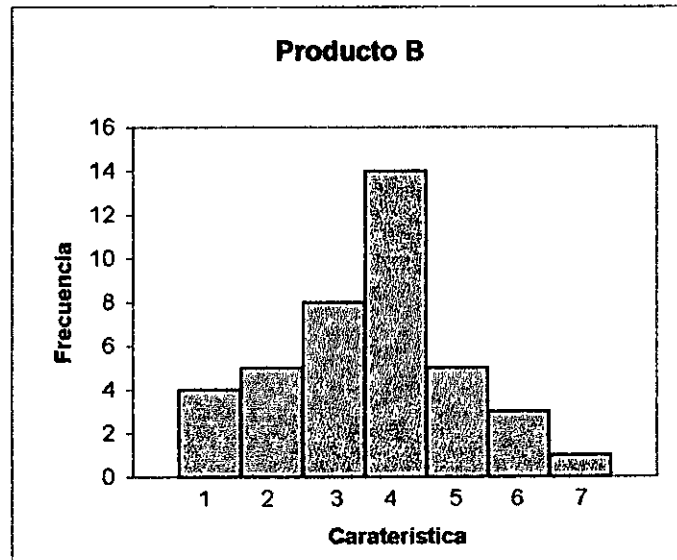
**Instrucción Excel**

PROMEDIO (B22:F27)
MEDIANA (B22:F27)
MODA (B22:F27)
DESVESTP (B22:F27)
MAX (B22:F27) - MIN (B22:F27)
CURTOSIS (B22:F27)
COEFICIENTE,ASIMETRIA (B22:F27)

Histograma Marca A



Histograma Marca B



# RESUMEN DE FORMULAS DE EXCEL PARA SEIS SIGMA ( SS )

Tipificar            NORMALIZACION ( x , media , desv estándar )

NORMALIZACION ( 300 , 195.58 , 78.11 )

=            1.337

Probabilidad        DIST.NORM:STD ( z )

DIST.NORM:STD ( 1.337 )

=            0.9094

=            ( 0.500 + 0.4094 )

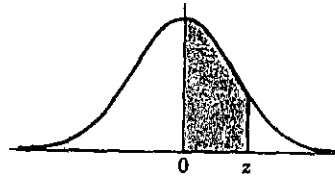
DIST.NORM.STAND INV. ( probabilidad )

DIST.NORM.STAND.INV.( 0.9094 )

=            1.337

# ANEXO G

**AREAS  
BAJO LA  
CURVA NORMAL  
TIPIFICADA  
DE 0 a Z**



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0754
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2258	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2518	.2549
0.7	.2580	.2612	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2996	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998
3.5	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998
3.6	.4998	.4998	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.7	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.8	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.9	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL



*DIPLOMADO EN  
SEIS SIGMA  
(NIVEL BLACK BELT)*

*MÓDULO I  
SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS*

Del 02 al 23 de Junio de 2007

## ANEXOS TERCERA PARTE

DE-041

Instructor: Ing. José Ignacio Vilela Zabaleta  
Palacio De Minería  
Junio del 2007

## 4. INDICADORES DE LOS PROCESOS

### 4.1 La Métrica de Seis Sigma

La calidad *Seis Sigma* o procesos *Seis Sigma* son conceptos que plantean aspiraciones o metas comunes en la calidad de todos y cada uno de los procesos de la Organización. El término se definió en la década de los ochenta y debe su nombre al proceso de mejora continua. Es netamente un concepto **MATEMATICO ESTADISTICO** el cual ha rebasado las fronteras y se ha convertido en una filosofía de trabajo.

### 4.2 Calidad Tres Sigma

Manejar un proceso tres sigma significa que los límites reales de su variable de salida deben coincidir con las especificaciones de calidad para tal variable ( $3\sigma$ ). Por ejemplo:

$$= \mu \pm 6 \sigma$$

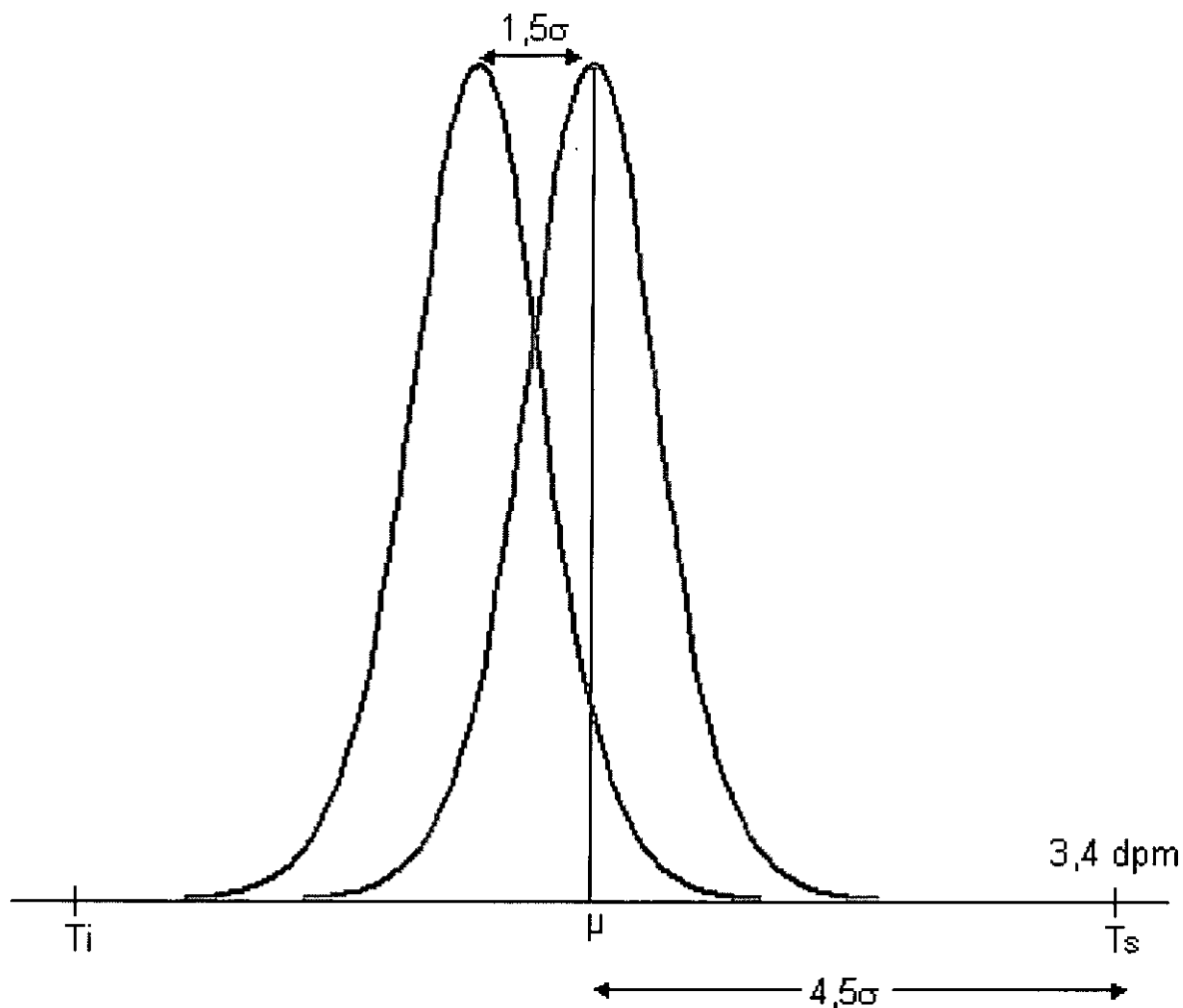
1. Se define como VCC de un proceso 50 Kg ( Media  $\mu$ , M )
2. Se define una tolerancia aceptable como:  $\pm 600$  Gramos
3. Se define el límite inferior como: EI = 49.40 Kg
4. Se define el límite superior como: ES = 50.60 Kg
5. Se define la Desviación Standard ( $\sigma$ ) como: SD = 0.20 Kg
6. Límite real inferior  $M - 3SD = 50.00 - 3(0.20) = 49.40$
7. Límite real superior  $M + 3SD = 50.00 + 3(0.20) = 50.60$

En condiciones de estabilidad la VCC varía de 49.40 – 50.60 y el área bajo la curva normal donde caen las especificaciones sería de 99.73% y sólo el 0.27% no. Los índices los siguientes:

$$C_p = 1 \quad C_{pk} = 1$$

**Indice Z superior  $Z_s = ( 50.60 - 50.00 ) / 0.20 = 3\sigma$  ( tres sigmas )**

El 0.27% de defectos implica 2700 partes con fallas por millón de oportunidades (ppm)



### 4.3 Calidad de Seis Sigma

Tener dicha calidad significa el diseño de productos y procesos que logren que la variación de tasa características de calidad sea tan pequeña que la campana de la distribución esté dos veces dentro de las especificaciones. Prácticamente esto se define como:

$$= \mu \pm 6 \sigma$$

### 4.4 Desplazamientos en los procesos

1. *La capacidad a corto plazo* es calculada a través de datos tomados en un período suficientemente corto para que no haya influencia externa sobre el proceso con lo cual se calculan los índices correspondientes

2. La capacidad a largo plazo es calculada a través de datos tomados en un período suficientemente largo para que los factores externos influyan en el desempeño del proceso

### Índice Cp (Capacidad del proceso)

Si para un producto elaborado por un proceso se puede considerar la calidad los valores de las mediciones de ciertas características deben ser iguales a un valor nominal o ideal o al menos caer en un intervalo de ciertos valores de especificación superior (ES) e inferior (EI) entonces una medida potencial de la capacidad del proceso para cumplir con tales especificaciones la da el índice de capacidad del proceso Cp

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

$$C_r = \frac{6\sigma}{ES - EI}$$

Razón de capacidad índice inverso a Cr cuyo valor debe ser < 1

cuya interpretación puede ser también como el cociente entre la Variación tolerada y la Variación real. (Valor deseable < 1)

Si la variación del proceso es mayor que la amplitud de las especificaciones entonces Cp es menor que 1 y esto es una evidencia que no está cumpliendo con las especificaciones. Por lo contrario si el índice es mayor a 1 quiere decir que el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones. El valor mínimo deseable para Cp es de 1.33 o 2.00 si se quiere una calidad de Seis Sigma. Si en el análisis del proceso se encuentra una incapacidad se pueden tomar las siguientes acciones: modificar el proceso, cambiar las tolerancias o hacer una inspección del 100

### Índice Cpk (Capacidad real del proceso)

El índice Cp estima la capacidad potencial del proceso para cumplir con tolerancias pero una de sus desventajas es que no toma en cuenta el centrado del proceso. Sin embargo se puede modificar dicho índice para que además de tomar en cuenta la variabilidad también evalúe donde se localiza la media del proceso respecto a las especificaciones, a éste índice se le llama índice de capacidad real Cpk

$$C_p = \frac{\text{Valor menor entre } (ES - \mu) \text{ y } (\mu - EI)}{3\sigma}$$



El índice Cpk es igual al índice Cp cuando la media del proceso se ubique en el punto medio de las especificaciones. Si el proceso no está centrado entonces el valor del índice Cpk será menor que el Cp de manera que la magnitud del Cpk relativa al Cp sea una medida directa de que tan centrado está operando el proceso. Valores de Cpk mayores a 1 indican que el proceso cumple con las especificaciones inversamente quiere decir que el proceso no cumple con las especificaciones igualmente si Cpk tiene valores de 0 o negativos

Valor de Cp	Clase de proceso	Decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p < 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado (modificar)
$C_p < 0.67$	4	Totalmente inadecuado

## Índice Z

Este índice mide la capacidad de un proceso por medio de la distancia entre las especificaciones y la media del proceso ( $\mu$ , M) en unidades de la desviación Standard ( $\sigma$ ). De tal manera que para un proceso con doble especificación se tiene una Zs superior (ES) y una Zi inferior (EI) definidos de la siguiente forma:

$$Z \text{ superior} = \frac{ES - \text{media}}{\text{Desviación std}} \quad Z \text{ inferior} = \frac{EI - \text{media}}{\text{Desviación std}}$$

En cuanto al corrimiento de los valores se consideran dos valores de Z  
Largo plazo Zlt y Corto plazo Zct cuya diferencia se cuantifica con:

$$Z_{mov} = Z_{ct} - Z_{lt}$$

lo que refleja un desplazamiento o movimiento que tiene el proceso a lo largo del tiempo. Hay estudios formales que indican que la media de un proceso puede desplazarse en el tiempo hasta  $1.5\sigma$  del valor nominal.

Cuando no se conocen bien los valores de Zlt y Zct extremadamente se puede suponer:

$$Z_{ct} = 1.5 - Z_{lt}$$

Para el caso de  $3\sigma$  se tiene lo siguiente:

$$\mu = 50.00 + 1.5(0.20) = 50.30$$

donde el área de la curva de especificaciones es sólo de 93.32% lo que implica una tasa de defectos de 66 810 (PPM) con un  $Z_s = 1.5$  y un

$$Cpk = \frac{50.60 - 50.30}{3(0.20)} = 0.50$$

lo que implica para tres sigmas  $Z_{ct} = 3$   $Z_{lt} = 1.5$

Se requerirá tener una meta más elevada de calidad es decir seis sigma Para  $6\sigma$  se tendrá que reducir la desviación standard a la mitad (0.10) para reducir e al mitad la variación respecto a la calidad  $3\sigma$  para tener los siguientes parámetros  $C_p = C_{pk} = 2.00$  y  $Z_s = 6.00$  ahora considerando el deslizamiento de 1.5 se tiene:

$$\mu = 50.00 + 1.5(0.10) = 50.15$$

$$Cpk = \frac{50.60 - 50.15}{3(0.10)} = 1.5$$

$$Z_{lt} = \frac{50.60 - 50.15}{0.10} = 4.5$$

Lo que corresponde a una tasa de calidad de fuera de especificaciones de 3.4 defectos por millón de oportunidades

### Calidad de Corto Plazo

Indice $C_p$	Calidad en sigmas ( Índice de $C_p$ )	% dentro de especificaciones	PPM fuera de especificaciones
0.33	1	68.27	317 300
0.67	2	95.45	45 500
1.00	3	99.73	2 700
1.33	4	99.9937	63
1.67	5	99.999943	0.57
2.00	6	99.9999998	0.002

**Calidad de Largo Plazo con movimiento  $1.5\sigma = Z_{mov} = 1.5$** 

Indice Zlt	% dentro de especificaciones	PPM fuera de especificaciones
-0.50	20.23	697 600
0.50	69.13	308 700
1.50	93.32	66 807
2.50	99.379	6 210
3.50	99.9767	233
4.50	99.99966	3.4

**(Utilización de fórmulas)****4.5 Calidad en términos de DPMO y Nivel Sigma**

Trasladando el índice Seis Sigma a defectos por millón de oportunidades se tienen los siguientes valores:

Sigmas	Defectos por millón	Costo de la calidad (% ventas)	Competitividad
6	3.4	< 10 %	Clase mundial
5	233	10 % - 15 %	
4	6210	15 % - 20 %	Promedio industrial
3	66807	20 % - 30 %	
2	308507	30 % - 40 %	No competitivo

La idea de un porcentaje de error aceptable es un remanente de la era de control de calidad (100%) de calidad porque no conformarse con un 99% e incluso con un 95%. Como ejemplo para un nivel de calidad de 96.642% por decir algo así como en 100 000 transacciones efectuadas para un servicio 3 358 resultarían desfavorables.

Considerando un nivel de 99%

- 20 000 artículos de mail perdidos por hora
- Bebidas de agua inseguras 15 minutos por día
- 5000 operaciones incorrectas por día
- 2 aterrizajes críticos por día en aeropuertos
- 200 000 recetas incorrectas cada año
- Falta de electricidad por casi 7 horas por mes

Considerando ya un excelente 99.99% de norma de rendimiento alcanzado se tendrían los estrujantes resultados a continuación:

- Las guarderías de hospitales entregarían 12 bebés por día a padres que no corresponde.

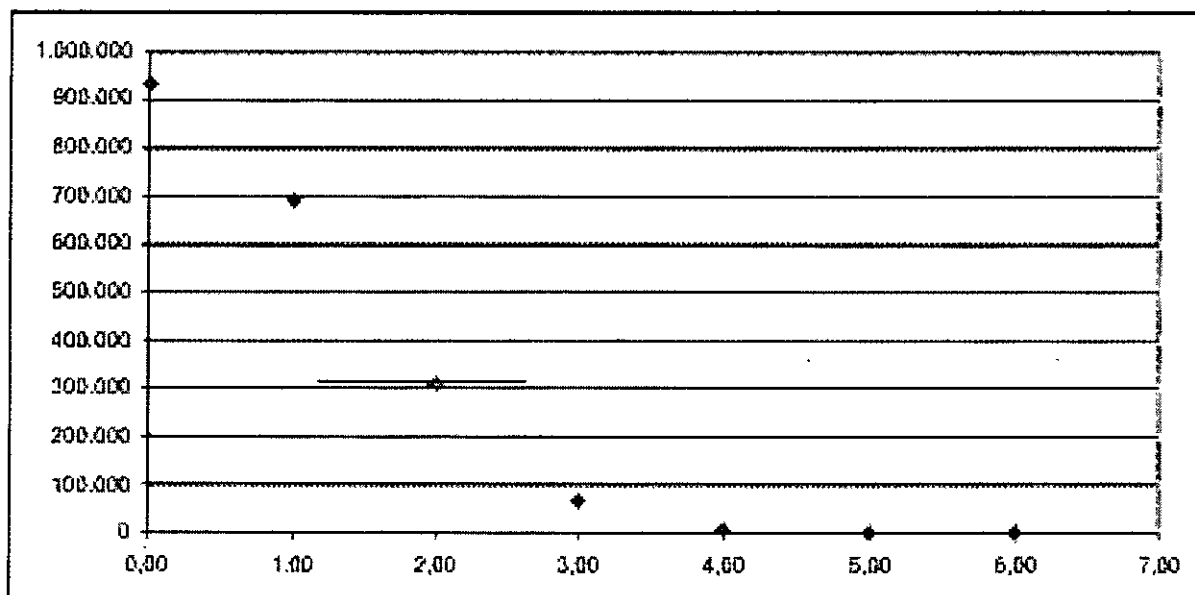
- Las instituciones financieras descontarían 22 000 cheques de cuentas bancarias equivocadas por hora.
- Los servicios de telecomunicaciones transmitirían 1 314 llamadas erróneas por hora.
- Los productores cinematográficos utilizarían 811 000 rollos de películas defectuosos para filmar.

Que sucedería en los siguientes 12 meses:

- Se fabricarían 268 500 neumáticos defectuosos.
- Se procesarían incorrectamente 103 260 impuestos defectuosos sobre réditos.
- 5 517 200 cajones de gaseosas contendrían bebidas sin gas efervescente.
- Se emitirían 20 000 recetas medicinales incorrectas.
- Se gastarían 761 900 dólares en cintas de sonido y discos compactos no reproducibles

### NIVELES DE DESEMPEÑO EN SIGMA

NIVEL DE SIGMA	DEFECTOS POR MILLON DE OPORTUNIDADES
6	3,40
5	233,00
4	6.210,00
3	66.807,00
2	308.537,00
1	690.000,00



Gráfica de decrecimiento de defectos contra el aumento de sigmas

**Análisis de casos prácticos****1º Cafetería tratando de optimizar sus operaciones:****CALCULO DE INDICES SIGMA**

Función	Cafetería
Producto	Pago por comida
Defecto	Transacción incorrecta
Nº de defectos	7
Unidad	Cada cliente
Número de unidades	5 000
Número de oportunidades	1

Indicador	Fórmula	Resultado
DPU = Defectos por unidad	$\frac{\text{Defectos}}{\text{Unidad}}$	0.0014
DPMO = Defectos por millón de oportunidades	$\frac{\text{DPU} * 1\ 000\ 000}{\text{Oportunidades}}$	1400
% de error	$\frac{\text{DPU} * 100}{\text{Oportunidades}}$	0.1400%
Nivel de Sigma	Tabla de distribución Normal	4.489 sigmas

2º Enfoque Seis Sigma*CALCULO DE INDICES SIGMA*

Función	Ejemplo de tabla
Producto	Muestra
Defecto	No es funcional
Nº de defectos	3.4
Unidad	Cada cliente
Número de unidades	1 000 000
Número de oportunidades	1

Indicador	Fórmula	Resultado
DPU = Defectos por unidad	$\frac{\text{Defectos}}{\text{Unidad}}$	0.0000034
DPMO = Defectos por millón de oportunidades	$\frac{\text{DPU} * 1\,000\,000}{\text{Oportunidades}}$	3.4
% de error	$\frac{\text{DPU} * 1\,000}{\text{Oportunidades}}$	0.00034%
Nivel de Sigma	Tabla de distribución Normal	6.000 sigmas

## 4.6 Medición Seis Sigma

La utilización de esta metodología permite calcular las tasas de defectos por millón de oportunidades (DPMO) en términos de métrica Seis Sigma

A continuación se analiza la nomenclatura básica de relaciones

### Relaciones Seis Sigma (Índices)

#### Nomenclatura:

*Número de pasos = m*

**Defectos = D** Cualquier no conformidad o desviación de la calidad especificada de un producto

**Unidad = U** Partes productos o ensambles producidos por un proceso cuya calidad es evaluada

**Oportunidad = O** Oportunidad de errores en la elaboración de un proceso

**Contribución = Y** Área de densidad de probabilidad entre tolerancias

#### Relaciones básicas

*-Defectos por unidad = DPU*

Nivel de la no calidad de un proceso  $DPU = D / U$

*-Total de oportunidades = TOP = U\*O*

*-Defectos por oportunidad = DPO*

Falta de calidad de un proceso  $DPO = D / U*O = DPU / O$

*-Defectos por millón de oportunidades = DPMO*

Defectos esperados en un millón de oportunidades

$DPMO = 1\ 000\ 000 * DPO$

**Relaciones de contribución**

Contribución de ocurrencia:  $Y_{tp} = e^{-DPU}$

Defectos por unidad =  $-\ln(Y)$

**Contribución de ocurrencia concatenada:**

$Y_{rt} = \prod$  desde  $i=1$  hasta  $m$  ( $Y_{tpi}$ )

Defectos por unidades totales:  $TPDU = -\ln(Y_{rt})$

Contribución normalizada:  $Y_{norm} = \text{RAIZ}(m)$  de  $Y_{rt}$

Defectuoso por unidad normalizada:  $DPU_{norm} = -\ln(Y_{norm})$

**Relaciones para Z de Distribución Normal Estandarizada**

$Z_{equiv} \sim N(0,1)$

Z largo plazo:  $Z_{lt} = Z_{equiv}$

Z corto plazo:  $Z_{st} = Z_{lt} + 1.5_{shift}$

Z Benchmark:  $Z_{benchmark} = Z_{norm} + 1.5$



## 4.7 Tiempo del ciclo del proceso

El tiempo que toma a un producto transitar a través del proceso completo se define como *tiempo del ciclo del proceso*

Esto es un parámetro importante para lograr los requerimientos del Cliente, la inspección análisis y reparación de defectos extienden el tiempo del proceso el objetivo de Seis Sigma es reducir este tiempo de ciclo significativamente. El análisis de este proceso es comparar el tiempo real y teórico:

<b>Tiempo teórico del del ciclo</b>	=	$\frac{\text{Tiempo real operativo diario}}{\text{Número de unidades requeridas diario}}$
-------------------------------------	---	---

Reduciendo el tiempo del ciclo puede reducir el número de unidades defectuosas y mejorar el rendimiento. Otras ventajas pudieran ser también: reducción en costos de inventario incrementar la satisfacción interna y externa del cliente mejora de rendimientos de producción así como reducción de la utilización de piso todo esto sin menosprecio de la calidad del producto

## 4.8 Comparaciones entre diferentes valores de Sigma

<b>La empresa Tres Sigma</b>	<b>La empresa seis Sigma</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasta de 15 a 25% de sus ingresos en ventas en costos de fallas (no calidad)</li> <li>• Produce 66 807 defectos por cada millón de oportunidades</li> <li>• Confía en sus métodos de inspección para localizar defectos</li> <li>• Considera que la mejor calidad (de clase mundial) es muy cara</li> <li>• No tiene un sistema disciplinado para coleccionar y analizar datos</li> <li>• Considera que el 99% es suficientemente bueno</li> <li>• Define internamente las variables críticas de calidad VCC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasta sólo el 5% de sus ingresos por ventas en costos de fallas (no calidad)</li> <li>• Produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades</li> <li>• Confía en procesos eficaces que no generan fallas</li> <li>• Reconoce que el productor de alta calidad sigue siendo el productor de menor costo</li> <li>• Utiliza la metodología DMAMC para ejecutar los proyectos</li> <li>• Establece su propia referencia (Benchmark) frente al mejor a nivel mundial</li> <li>• Considera que el 99% no es aceptable</li> <li>• Define sus críticos para la calidad</li> <li>• Define las VCC de manera externa escuchando la voz del cliente</li> </ul>

**Costos para niveles de Sigma**

<b>Sigmas</b>	<b>Defectos/millón</b>	<b>Costo de ventas (No calidad )%</b>	<b>Competitividad</b>
6	3.4	< 10	Clase mundial
5	233	10 a 15%	
4	6210	15 a 20%	Promedio indust.
3	66 807	20 a 30%	
2	308 537	30 a 40%	No competitivo

---

## **5. CONTROL ESTADISTICO DE LOS PROCESOS**

### **5.1 Control estadístico**

Estado de un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación la cual es estable y predecible a través del tiempo

### **5.2 Causas comunes de variación**

Los procesos siempre tienen variaciones ya que siempre intervienen diferentes factores tales como: materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente

#### ➤ *Variaciones por causas comunes*

- Son debidas al azar y permanecen día a día o lote a lote y las aportan en forma natural las actuales condiciones
- A veces son difíciles de identificar las causas por ello es necesario realizar un análisis o un plan que diagnostique las verdaderas causas de fondo

#### ➤ *Variación por causas especiales*

- Son causas atribuibles es decir situaciones o circunstancias especiales en el proceso que no son permanentes por ejemplo la falla ocasional del mal funcionamiento de una pieza, el empleo de materiales no adecuados o el descuido no frecuente de un operario. La situación de no distinguir entre estos dos casos nos puede llevar a dos errores:

**ERROR N° 1** Reaccionar ante un cambio o variación como si proviniera de una causa especial cuando en realidad surge de algo más profundo en el proceso como son las causas comunes de variación

**ERROR N° 2** Tratar un efecto o cambio como si proviniera de causas comunes de variación cuando en realidad se debe a una causa especial

### **5.3 Cartas de Control**

Su objetivo básico es observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo.

Esto permitirá distinguir entre causas comunes y especiales y así decidir las mejores acciones de control y de mejora. Se pueden utilizar variables de entrada o salida

## 5.4 Límites de Control

Deberá quedar claro que los límites de una carta de control no son las especificaciones, tolerancias o deseos del proceso sino que éstos se calculan a través de la variación natural del estadístico (datos)

Que se representan en la carta. Una forma sencilla y usual de calcular estos límites se obtiene a partir de la relación entre la media y la desviación standard para el caso que los datos se distribuyan normalmente y bajo condiciones de control estadístico:

$$\text{Límite de control inferior } LCI = \mu - 3\sigma$$

$$\text{Línea central } \mu$$

$$\text{Límite de control superior } LSC = \mu + 3\sigma$$

Con estos límites y bajo condiciones de control estadístico se tendrá

Alta probabilidad de que el total de valores caigan dentro de un intervalo de 99.73% (0.9973) con lo que se espera que en condiciones de control sólo 27 puntos en 10 000 caigan fuera de los límites. Estas cartas fueron propuestas en los 30's por Walter A. Shewhart

Hay diferentes tipos de cartas de control pero las más usuales son:

- Promedios
- Rangos
- Desviación standard
- Medias individuales

## 5.4 Interpretación de las cartas de control y sus causas de inestabilidad

Una señal de que se ha detectado una causa específica de variación se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control o cuando los puntos graficados siguen un comportamiento no aleatorio.

Los casos más importantes de éste análisis serían:

- *Desplazamiento o cambios en el nivel del proceso (tendencia consecutiva que los puntos caigan de un solo lado de la gráfica)*
- *Tendencias en el nivel del proceso (tendencia a incrementarse o disminuirse los valores de los puntos en las cartas)*
- *Ciclos recurrentes (periodicidad)(movimientos no aleatorios flujos ascendentes y descendentes)*
- *Mucha variabilidad (alta proporción de puntos cerca de los límites de control y pocos en la línea central)*
- *Falta de variabilidad (estratificación) (la mayor de los puntos tienen poca variabilidad ya que se concentran cerca de la línea central)*

## 5.5 Índice de inestabilidad

Índice que proporciona que tan inestable es el proceso es decir que puntos salen de los límites de control

$$S = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}}$$

La interpretación que se le puede dar a este índice es la siguiente:

- Valor = 0 situación ideal
- Valor = 0.02 proceso con una estabilidad relativamente buena
- Valor = 0.02 a 0.05 proceso con estabilidad regular
- Valor = Mayor a 0.05 proceso con estabilidad mala
- Valor = 0.15 proceso con pésima estabilidad

**CASO PRACTICO DE MEDICION 0****Capacidad del proceso**

Muestra = 50 datos

30	38	31	35	33
24	33	25	34	33
31	18	36	40	27
25	34	28	36	29
28	40	29	23	36
34	24	30	39	27
35	35	31	29	37
31	39	32	32	37
30	28	24	26	41
25	42	33	30	30

**Parámetros**

Media	31.54
Desv. Std.	5.29
Lim.Sup	47.43
Lim.Inf.	15.65

**Especificaciones**

Especificación Superior ES = 20 ( 30 + 20 ) = 50

Especificación Inferior EI = 20 ( 30 - 20 ) = 10

Media = 30

**Estabilidad del proceso**

Se observa que no hay ningún dato mayor a 47.43 o menor a 15.65 es decir no hay signos de inestabilidad en caso de haberlos habría que analizarlo para detectar las causas

**Índice de Capacidad Cp**

$$Cp = \frac{50 - 10}{6 * 5.29}$$

$$= 1.26$$

## Interpretación del índice Cp

$C_p < 1$  el proceso no es capaz o hábil

$C_p = 1$  el proceso es capaz pero se tiene que mantener centrado para evitar defectos

$C_p > 1$  el proceso se considera capaz

## Indice Cpk

$$C_{ps} = \frac{50 - 31.54}{3 * 5.29} = 1.162$$

$$C_{pi} = \frac{31.54 - 10}{3 * 5.29} = 1.36$$

Se considera el menor valor = 1.162

## Interpretación del índice Cpk

$C_{pk} < 1$  el proceso no es capaz o hábil

$C_{pk} = 1$  el proceso es capaz pero se tiene que mantener centrado para evitar defectos

$C_{pk} > 1$  el proceso se considera capaz

$C_{pk} = C_p$  el proceso se ubica en el punto medio de las Especificaciones

$C_{pk} < C_p$  el proceso no está centrado

---

## CASO PRACTICO DE MEDICION 1

### Aplicación de la distribución exponencial

Rendimiento:

$$Y = e^{-DPU}$$

Defectos = 5

Unidades = 467

Número de defectos por unidad:

$$\begin{aligned} DPU &= 5 / 467 \\ &= 0.01071 \end{aligned}$$

Probabilidad de tener *ceros* defectos ( Y )

$$\begin{aligned} Y &= e^{-0.01071} \\ Y &= 0.98935 \end{aligned}$$

Variable Z equivalente

El valor en Distribución Normal de 0.01071 resulta en un valor de 2.30

$$\begin{aligned} Z_{st} &= Z_{lt} + 1.5\text{shift} \\ &= 3.8 \end{aligned}$$

Convirtiendo este valor en PPM (tablas) = 10 724



---

## CASO PRACTICO DE MEDICION 1

### Aplicación de la distribución exponencial

Rendimiento:

$$Y = e^{-DPU}$$

Defectos = 5

Unidades = 467

Número de defectos por unidad:

$$\begin{aligned} DPU &= 5 / 467 \\ &= 0.01071 \end{aligned}$$

Probabilidad de tener *ceros defectos* ( Y )

$$\begin{aligned} Y &= e^{-0.01071} \\ Y &= 0.98935 \end{aligned}$$

Variable Z equivalente

El valor en Distribución Normal de 0.01071 resulta en un valor de 2.30

$$\begin{aligned} Z_{st} &= Z_{lt} + 1.5\text{shift} \\ &= 3.8 \end{aligned}$$

Convirtiendo este valor en PPM (tablas) = 10 724

## CASO PRACTICO DE MEDICION 2

### Defectos por millón de oportunidades DPMO

Proceso con defectos A B C D E F

Incluyendo procesos de manufactura pintura y generación de órdenes de compra

Características	D	U	OP	TOP	DPU	DPO	DPMO
Tipo A	21	327	92	30 084	0.064	0.0007	698
Tipo B	10	350	85	29 750	0.029	0.0003	336
Tipo C	8	37	43	1 591	0.216	0.0050	5 028
Tipo D	68	743	50	37 150	0.092	0.0018	1 830
Tipo E	74	80	60	4 800	0.925	0.0154	15 417
Tipo F	20	928	28	25 984	0.022	0.0008	770
<b>TOTAL</b>	<b>201</b>			<b>129 359</b>		<b>0.0016</b>	<b>1 554</b>

$$DPO = 201 / 129\,359$$

$$= 0.0016$$

$$DPMO = DPO * 1\,000\,000$$

$$= 1\,554$$

## CASO PRACTICO DE MEDICION 3

### Contribución a lo largo del proceso concatenada

$$\text{Defectos} = 75$$

$$\text{Unidades} = 400$$

Número de defectos por unidad:

$$\text{DPU} = 75 / 400$$

$$= 0.1875$$

Probabilidad concatenada ( Yrt )

$$Y = e^{-0.1875}$$

$$Y = 0.829029$$

$$\text{Unidades producidas} = 1 + ( 1 - e^{-\text{DPU}} )$$

$$= 1 + ( 1 - e^{-0.829029} )$$

$$= 1.17091$$

Para lograr producir 100 unidades netas habrá que considerar 117 unidades

## CASO PRACTICO DE MEDICION 4

### Contribución a lo largo del proceso concatenada

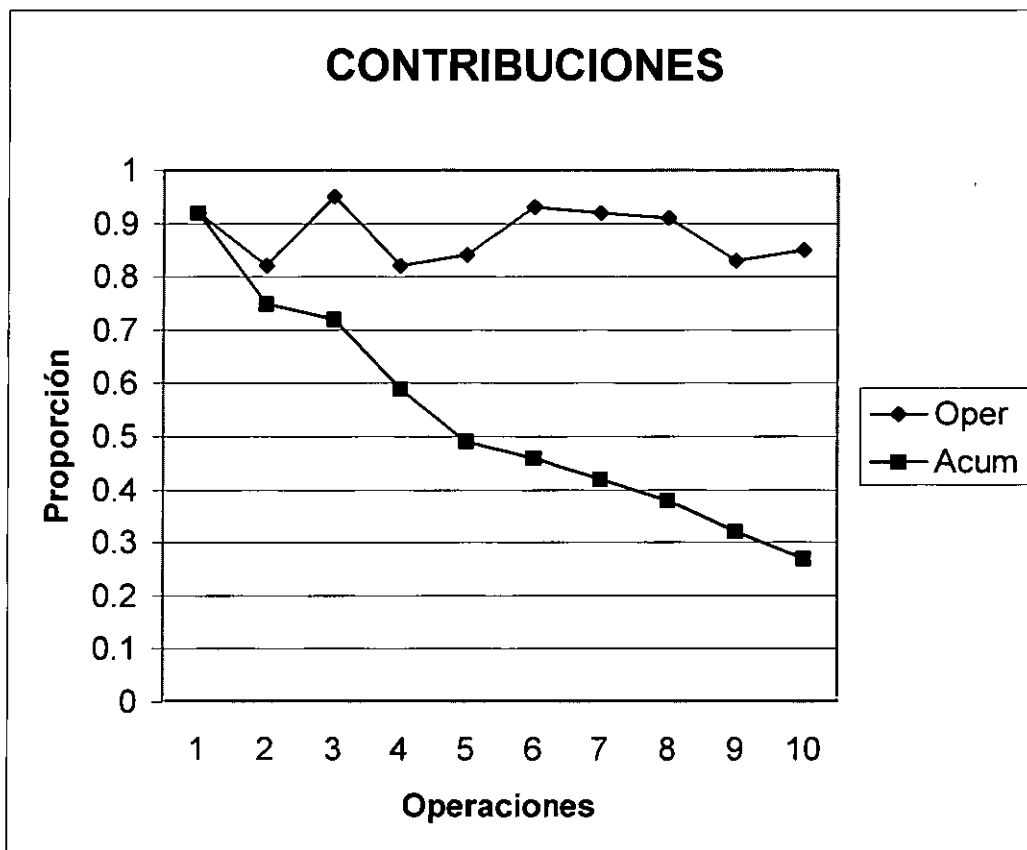
Operaciones = 10 pasos

Línea de manufactura de ensamble

La concatenación de actividades a lo largo del proceso se presenta a continuación:

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Cont.	0.92	0.82	0.95	0.82	0.84	0.93	0.92	0.91	0.83	0.85
Acum	0.92	0.75	0.72	0.59	0.49	0.46	0.42	0.38	0.32	0.27

La contribución concatenada a través del proceso es = 0.27



## CASO PRACTICO DE MEDICION 5

### Rendimiento a través de operaciones concatenadas

Proceso con defectos = 10 operaciones

Cadena de valor " *Bullwhip effect*"

Operaciones	Defectos	Unidades	DPU	Rendimient
1	5	523	0.00956	0.94049
2	75	851	0.08813	0.91564
3	18	334	0.05389	0.94753
4	72	1202	0.05390	0.94186
5	6	252	0.02381	0.97647
6	28	243	0.11523	0.89116
7	82	943	0.08696	0.91672
8	70	894	0.07830	0.92469
9	35	234	0.14957	0.86108
10	88	1200	0.07333	0.92929
SUMA	479	6676	0.73868	Yrt = 0.4774
PROMEDIO	47.90	667.60	0.07387	TDPU = 0.73868

#### Cálculos para la operación 1

$$DPU = 5 / 523 = 0.00956$$

$$Rendimiento = e^{-0.00956}$$

#### Cálculos para el rendimiento

$$Yrt = 0.94049 * 0.91564 \dots\dots\dots$$

$$= 0.4774$$

TDPU = Total de defectos por unidad

$$= -\ln ( 0.4774 ) = 0.73868$$

Operaciones complementarias:

$$Y_{\text{norm}} = m\sqrt{Y_{\text{rt}}} = 10\sqrt{0.4774} = 0.92879$$

$$\text{DPU}_{\text{norm}} = -\ln(Y_{\text{norm}}) = -\ln(0.92879) = 0.07387$$

$$Z_{\text{Benchmark}} = Z_{\text{ynorm}} + 1.5 = 2.97$$

---

## CASO PRACTICO DE MEDICION 6

### Cálculo del valor Sigma

Valores iniciales:

$$X = 65.50$$

$$\mu = 62.00$$

$$\sigma = 3.25$$

Tipificando valores:

$$Z = \frac{65.50 - 62.00}{3.25}$$
$$= 1.077$$

Area bajo la curva para un valor de Z:

$$Z = 1.08$$

$$\text{Area} = 0.3599$$

$$\text{Area total} = 2 \times 0.3599 = 0.7198$$

$$\text{Area de error} = 1 - 0.7198$$

$$= 0.2802$$

Defectos por millón de unidades:

$$\text{DPMO} = 0.2802 \times 1\,000\,000 = 280\,200$$

$$\text{Nivel de valor Sigma} = 0.8406\sqrt{29.37 - 2.221\ln(280\,200)}$$

$$\text{Sigma} = 2.07$$

## NIVEL DE CALIDAD SIGMA

Fórmulas:

$$Z_s = 0.8406 + 29.37 - \sqrt{2.221 * \ln(\text{PPM})}$$

Reversiblemente:

$$\text{PPMs} = \exp \left[ 29.37 - (Z_s - 0.8406)^2 \right]$$

2.21

Donde: PPM = Partes por Millón  
Ln = Logaritmo Natural  
Exp =  $e^x$

Aplicaciones:

3.4 PPM	→	6.00 sigma
233.0 PPM	→	5.00 sigma
460.0 PPM	→	4.81 sigma
18000.0 PPM	→	3.60 sigma
52000.0 PPM	→	3.13 sigma
216000.0 PPM	→	2.29 sigma

Reversiblemente

3.56 sigma	→	20000 PPM
4.50 sigma	→	1332 PPM
2.50 sigma	→	16000 PPM



## FORMULAS COMPLEMENTARIAS (EXCELL)

### NIVEL SEIS SIGMA (INCLUYENDO DESLIZAMIENTO DE $\sigma = 1.5$ )

$$Z = 4.5$$

$$\text{AREA} = 1 - \text{DISTR.NORM.ESTAND} (4.5)$$

$$\text{AREA} = .0000034$$

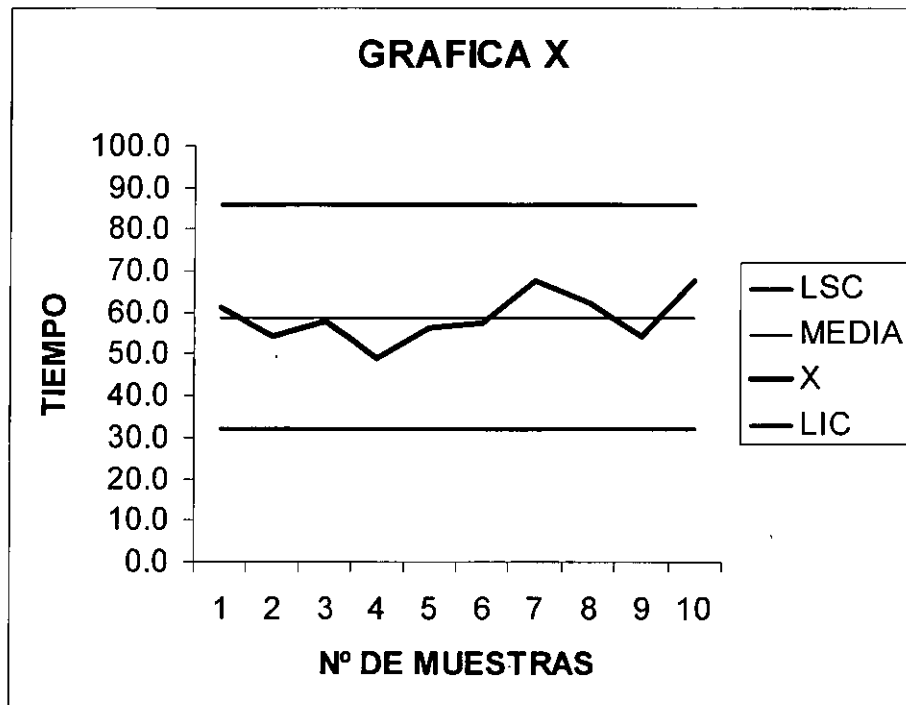
$$= 3.4 \times E6 \text{ (UNIDADES POR MILLON)}$$

VALOR DE Z

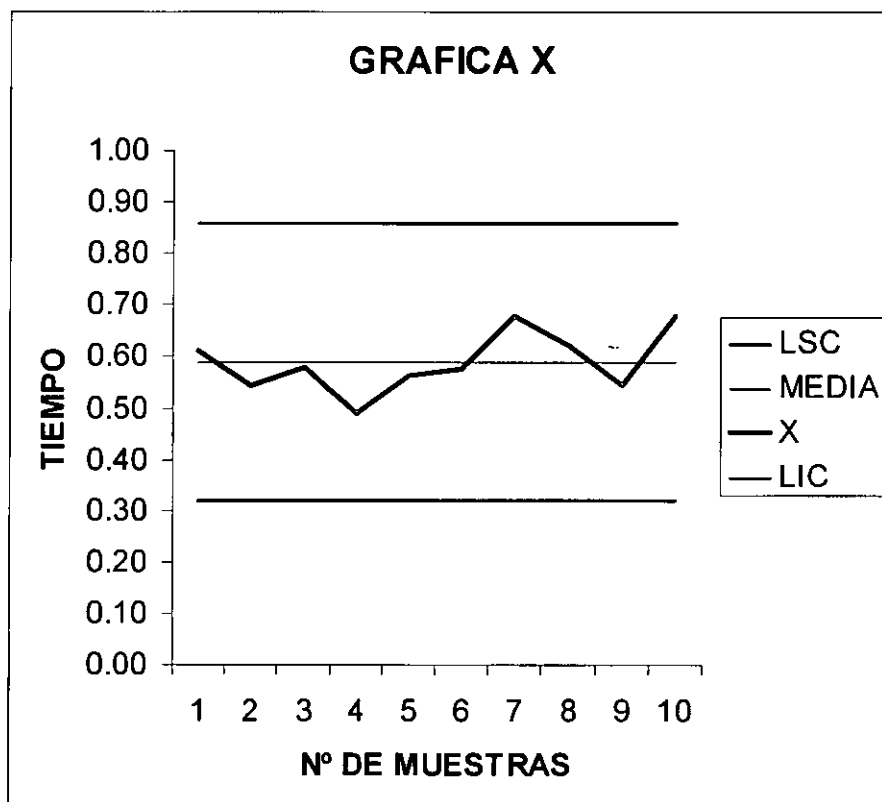
$$\text{DPMO} = 0.0000034$$

$$Z = \text{ABS}(\text{DISTR.NORM.ESTAND.INV} (0.0000034))$$

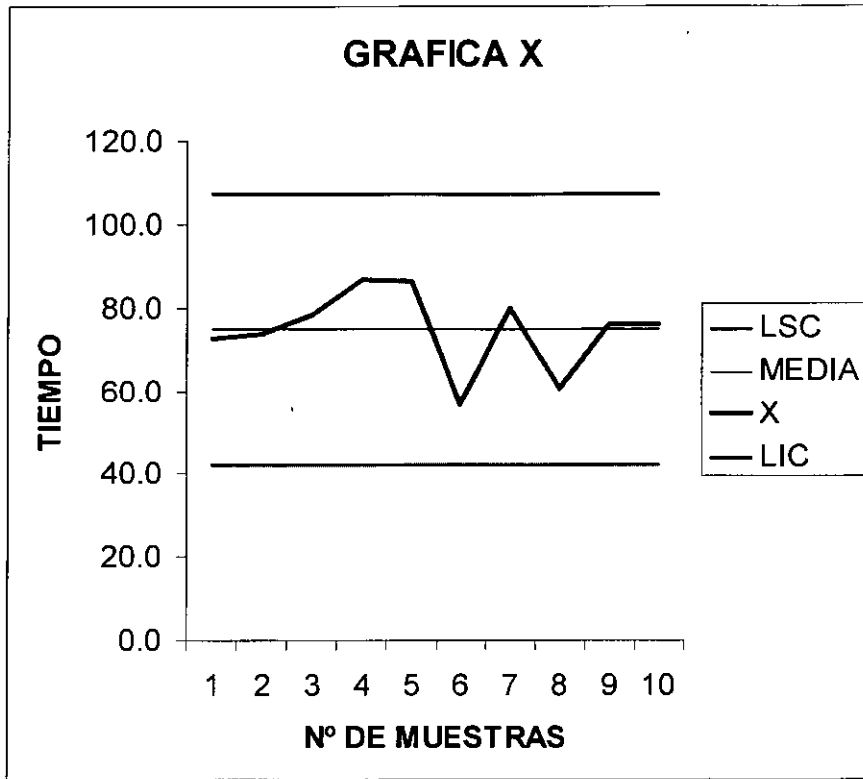
$$Z = 6.00$$



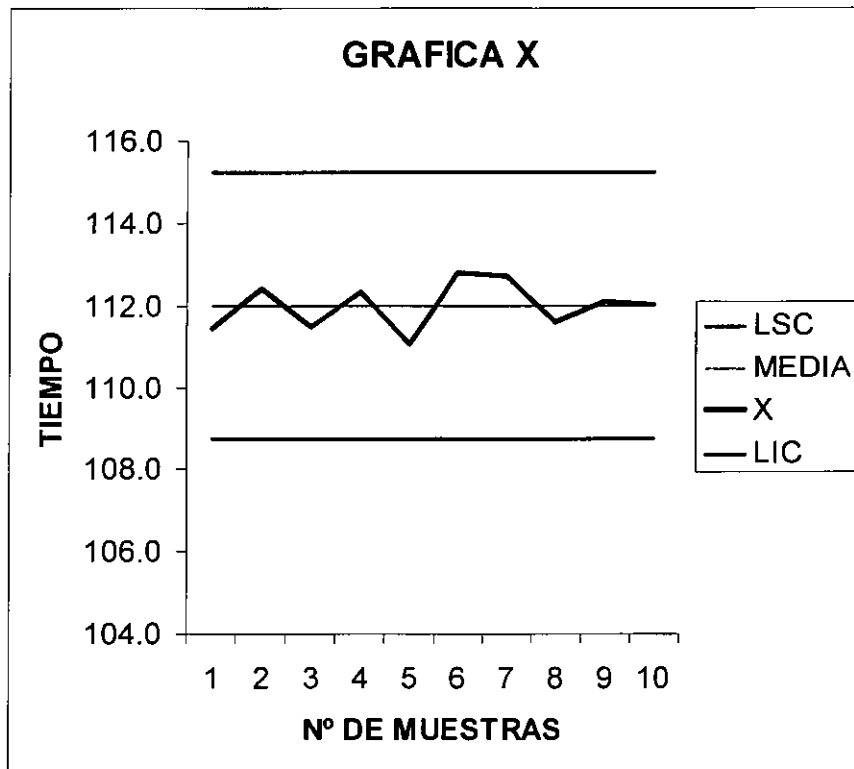
GRAFICA DE CONTROL CON VALORES DE MEDIA



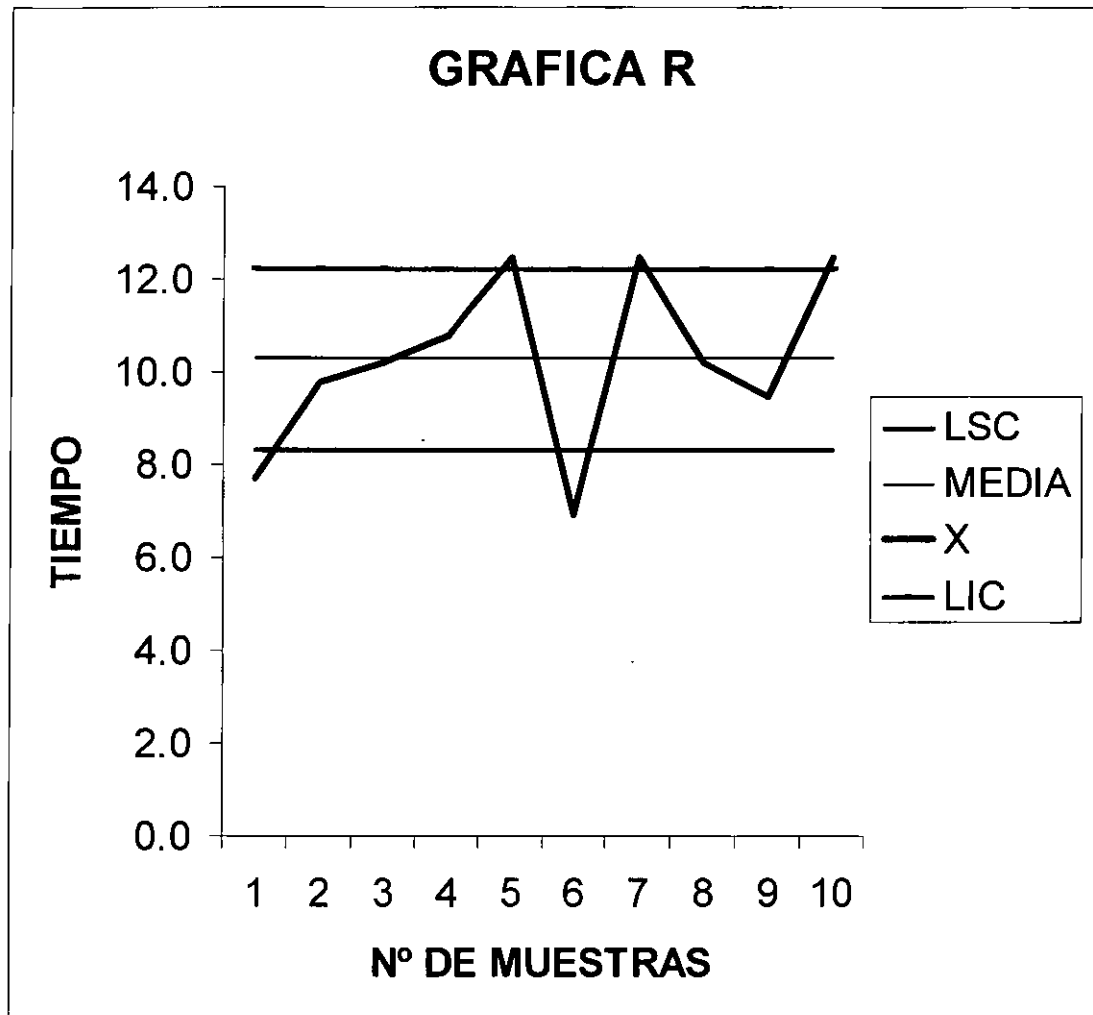
GRAFICA DE CONTROL CON VALORES DE PROPORCIONES



GRAFICA DE CONTROL CON VALORES DE MEDIA



GRAFICA DE CONTROL CON VALORES DE MEDIA



GRAFICA DE CONTROL CON VALORES DE RANGO



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL



*DIPLOMADO EN  
SEIS SIGMA  
(NIVEL BLACK BELT)*

*MÓDULO I  
SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS*

Del 02 al 23 de Junio de 2007

## ANEXOS CUARTA PARTE

DE-041

Instructor: Ing. José Ignacio Villela Zabaleta  
Palacio De Minería  
Junio del 2007

## **6. FUNDAMENTOS DEL CUADRO DE MANDO INTEGRAL (BLANCED SCORE CARD)**

### **6.1 QFD (Quality Function Deployment)**

#### **Diseño del producto**

Uno no puede esperar que se alcance un nivel de Seis Sigma si los requerimientos de los clientes no son transformados en lineamientos claros y concisos en el idioma de la organización. El primer paso de un buen diseño es asegurar que dichos requerimientos estén bien *expresados, traducidos y validados* de manera completa de manera comprensible con nuestros **modelos sistemas métodos y prácticas.**

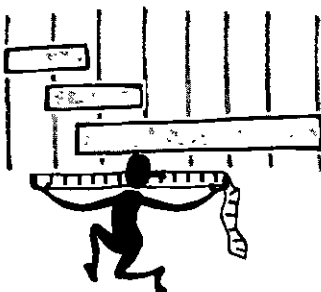
Qfd o despliegue de la función de calidad permite tener un panorama no sólo de los requerimientos genéricos del cliente sino de su grado de importancia ; nos ayuda a traducirlos a nuestro idioma y algo que es muy importante a compararnos en desempeño general contra otros competidores.



**EN EL FUTURO LA EMPRESA EXITOSA TENDRA QUE CONOCER MEJOR LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE QUE EL CLIENTE MISMO**

**Ciclo QFD:**

- Traducir el análisis de las **entradas de clientes** a características del producto o servicio (elementos básicos del diseño)
- Traducir las características del producto o servicio a **especificaciones y medidas del mismo**
- Traducir las especificaciones del producto o servicio a **características del diseño del proceso**
- Traducir las características del diseño del proceso en **especificaciones y medidas del rendimiento del mismo**

**Características técnicas y relaciones interactivas**

<b>Requisitos del cliente</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>Y1</b>				<b>M</b> Media	
<b>Y2</b>	<b>F</b> Fuerte				
<b>Y3</b>					
<b>Y4</b>			<b>D</b> Débil		
<b>Y5</b>					

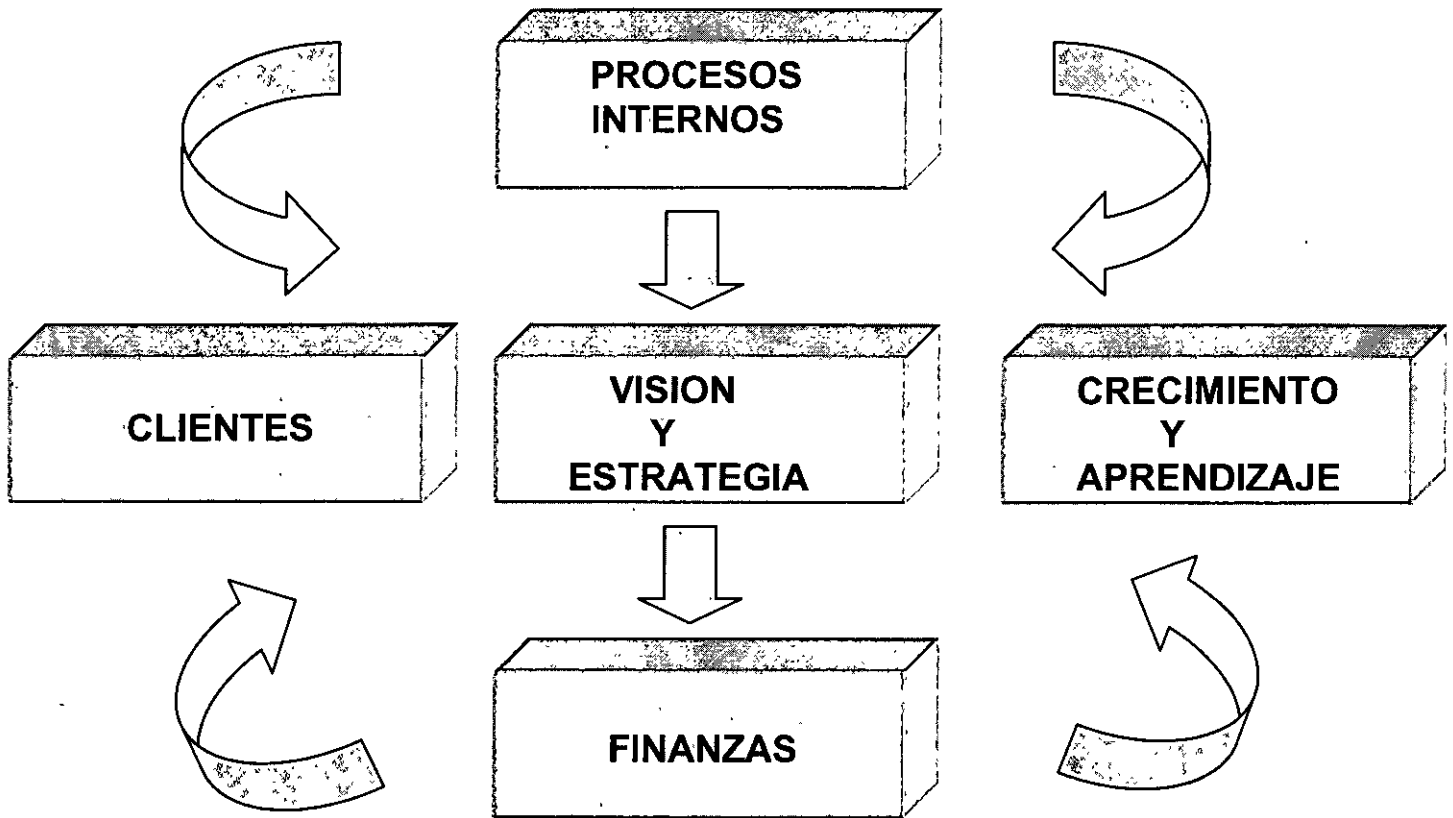
## 6.2 Cuadro de Mando Integral

Una importante de mencionar en la actualidad ya que constituye un a base firme en el buen desarrollo en las organizaciones a fin de llevarla al logro de *ESTRATEGIA* principal. Tiene su origen en los años 90 cuando el Nolan Norton Institute patrocinó un estudio de un año sobre múltiples empresas "La medición de resultados en la empresa del futuro" refiriéndose a la carencia de medidas de actuación.

Principalmente en la contabilidad financiera

- **Medición** de los resultados alineando recursos críticos a través de los objetivos plantados
- **Despliegue** de un plan estratégico con mediciones apropiadas
- Utilización de **datos** entendiendo las relaciones causa efecto entre los procesos (vínculos horizontales) con los resultados del negocio (vínculos verticales)
- **Cambios radicales** en el funcionamiento requieren un cambio importante en las mediciones del rendimiento
- Herramienta muy útil para la dirección de empresas en el corto y largo plazo ya que ofrece un **método estructurado** de selección de indicadores
- Desarrollo de un **modelo propio** de negocio
- Relación de manera racional entre mediciones del funcionamiento y las **iniciativas de mejora**
- Produce los cambios necesarios creando una atmósfera de **cambio de actitudes** y comportamientos





### PERPECTIVAS:

**FINANCIERAS:** Mide la creación de valor en la empresa. Que indicadores tienen que ir bien para que los esfuerzos de la empresa realmente se transformen en valor

**CLIENTE:** Posicionamiento de la empresa en el mercado o en los segmentos de mercado donde quiere competir

**INTERNA:** Recoge indicadores de proceso internos críticos para el posicionamiento en el mercado y el logro de la estrategia.

**APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO:** Creación de valor en recursos materiales y recursos humanos

## 6.4 Retorno de inversión (ROI)

Este índice es una importante herramienta para el análisis financiero y se define matemáticamente como:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ventas Netas}}{\text{Activos Totales}}$$

El Retorno de Inversión es muy significativo en su enfoque por ejemplo si una empresa genera una utilidad de \$200 000 esto puede ser una cifra interesante pero si se sabe que esta cantidad es un retorno de inversión de un capital de \$ 40 000 000 (ROI = 0.5%) es claro que si otra empresa genera las mismas ganancias a partir de un capital de \$5 000 000 tendrá un mejor retorno (ROI = 4%)

IMPACTO FINANCIERO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO  
CALCULO DEL ROI ( Return on Investment )

