

Tema 1: Herramientas para el diseño de productos: QFD, AMFE y DFM/DFA

Parte 1: QFD





lo que el Cliente tenía para su proyecto



lo que Ventas transmitió que quería el Cliente



lo que Mercadotecnia recomendó hacer



lo que Ingeniería entendió era requerido



lo que Supply Chain compró y envió



lo que se fabricó e instaló



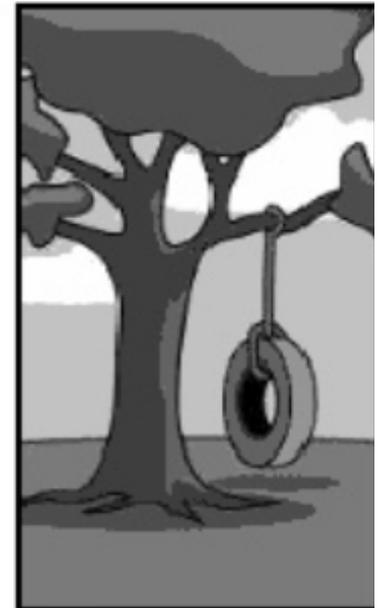
lo que Mantenimiento recomendó hacer



lo que Finanzas estaba facturando



lo que hizo Servicio Post Venta



lo que el cliente requería

Índice general

1. Introducción
 - Definición
 - Utilidad
2. Historia
3. Desarrollo del QFD
4. Principales matrices QFD
5. Encadenamiento de matrices
6. Otras matrices
7. Ventajas
8. Errores

1. INTRODUCCIÓN

Definición

- QFD son las siglas de Quality Function Deployment.
- Es un *sistema detallado que busca transformar las necesidades y deseos del cliente en requisitos de diseño de productos y servicios*. Esto significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce.



1. INTRODUCCIÓN

Utilidad

- Identificar las necesidades y expectativas de los clientes, tanto externos como internos.
- Priorizar la satisfacción de estas expectativas en función de su importancia.
- Focalizar todos los recursos, humanos y materiales, en la satisfacción de dichas expectativas.

2. HISTORIA

- El QFD se desarrolló en Japón hacia el final de la década de 1960 por los profesores Yoji Akao y Shigeru Mizuno.
- En 1972, Mitsubishi Heavy Industries desarrolla la matriz de calidad que estructuraba la relación entre las necesidades de los clientes y las características de calidad incorporadas en los productos.



2. HISTORIA

- Al cabo de unos diez años desde su origen, el concepto del QFD se consolidó y fue adoptado por grupos industriales como Toyota.
- Debido a su utilidad, pronto se expandió a empresas de los EE.UU como Digital Equipment Corporation, Hewlett-Packard y Ford Motor Company .



2. HISTORIA

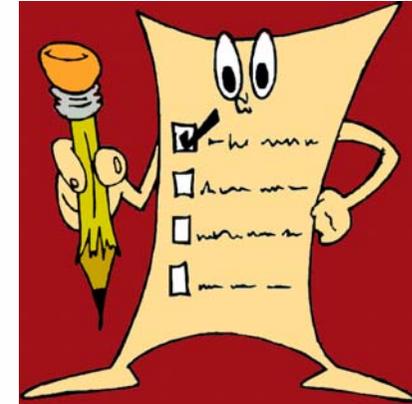
- En 1988 se muestra una reducción del 60% en los costos de preproducción en una empresa automotriz, comparando datos anteriores y posteriores al uso del QFD.
- En el Reino Unido, según una investigación reciente (≈ 2001), los beneficios de uso del QFD estarían vinculados con el desarrollo de nuevos productos y se manifestarían en menores costos, tiempos y número de defectos.
- En los últimos años ha aumentado la gama de aplicaciones del QFD y su refinamiento metodológico, extendiéndose su uso en campos como la educación, el sector público, etc.

3. DESARROLLO DEL QFD

Pasos

1. Obtención de la voz del cliente:

Se recogen las necesidades y deseos del cliente (encuestas, cuestionarios, estudios de mercado, etc.).



2. Definición de necesidades:

Se analizan los datos para identificar y extraer las necesidades del cliente (los QUÉS).

3. Organización de necesidades:

Se agrupan las necesidades afines con el objetivo de tenerlas ordenadas en categorías.

3. DESARROLLO DEL QFD

4. Priorización:

Se puntúa la importancia de las necesidades con el fin de focalizar los recursos en las más importantes.

Se pueden utilizar varias escalas (1-5; 1-10; etc.).

5. Parametrización del diseño:

Se responde a las necesidades del cliente (los CÓMOS).

6. Generación de la matriz de relaciones:

Se genera la matriz que determina las relaciones entre las necesidades del cliente y los parámetros de diseño.

Se pueden utilizar varias escalas con las que se indica una relación muy fuerte, moderadamente fuerte, débil o ninguna relación.

3. DESARROLLO DEL QFD

7. Evaluación del desempeño:

Análisis de la situación actual con respecto a la competencia con el fin de conocer si el producto o servicio satisface al cliente.

8. Análisis de resultados de la matriz:

Extraer conclusiones que mejoren el producto o servicio y a la vez se indican los parámetros que al cliente no le parecen relevantes.

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: ¿Dónde?

Las necesidades se pueden encontrar en sitios muy diversos:

- Buzón de sugerencias o reclamaciones.
- Ferias del sector.
- Reuniones con proveedores y distribuidores.

- En las redes sociales

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Blitz QFD

Encontradas las necesidades debemos priorizarlas.
Este paso se realiza principalmente mediante encuestas.
El proceso se llama Blitz QFD

Pasos para la elaboración de una encuesta:

- 1) Verbalizar las necesidades
- 2) Estructurar todas las necesidades
- 3) Determinar el tamaño de la muestra de la encuesta.
- 4) Dividir a los encuestados en función de grupos de interés.
- 5) Realizar la encuesta.
- 6) Analizar la encuesta.
- 7) Comunicación de resultados.

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (1)

1) Verbalizar las prioridades.

Esto implica "ir al lugar de los hechos, ir a donde está la acción"; no se puede escuchar la Voz del Cliente a distancia.

Es necesario visitar, preguntar, volver a preguntar y volver a preguntar hasta entender claramente la verbalización de qué es lo que el cliente necesita.

Nota: Una verbalización es una cita literal de lo que el cliente dijo

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (1)

- 1) Verbalizar las prioridades. (ejemplo equipaje de mano)
Se preguntó a varias personas sobre maletas para equipaje de mano.

Una de las respuestas “necesito que sea ligero” →

Material Ligero

El entrevistador, lo anotó y aunque parecía obvio, volvió a preguntar: ¿para qué necesita que sea ligero?- "Para poderlo trasladar fácilmente por el aeropuerto".



Ruedas

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (2 y 3)

- 2) Estructurar todas las necesidades.
Se clasifican para poder manejar mejor toda la información.
- 3) Determinar el tamaño de la muestra de la encuesta.
Para que la encuesta sea estadísticamente significativa
(expertos en marketing)

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (4)

- 4) Dividir a los encuestados en función de grupos de interés. Consiste en dividir el mercado objetivo en como máximo 5 segmentos.

Nuestros clientes serán:

Cientes externos, minorista, detallista, mayorista

Cientes internos , los involucrados en la cadena logística

Necesidad del Cliente	Puntuación “Bebedor” Final	Puntuación Detallista	Puntuación Mayorista
Gran sabor			
Marca reconocida			
Presentaciones inteligentes			
Promociones atractivas			

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (5)

5) Realizar la encuesta.

Se prepara una tabla con las necesidades obtenidas en el paso 2, y se le dice al cliente que las puntué:

- con un valor de entre 1 y 5
- o distribuyendo 100 puntos entre todas

Según su importancia para el cliente

Según la importancia en el momento de la decisión de la compra.

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (5)

Ejemplo 2 de encuesta

Necesidad del Cliente	Puntuación “Bebedor” Final	Puntuación Detallista	Puntuación Mayorista
Gran sabor	25	5	5
Marca reconocida	10	30	25
Presentaciones inteligentes	15	15	10
Promociones atractivas	5	20	30
Buena apariencia	20	15	10
Precio razonable	25	15	20

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Pasos del Blitz QFD (6)

6) Analizar la encuesta.

Dar un valor de prioridad a cada necesidad según peso de importancia del encuestado y según la importancia de cada necesidad para el encuestado

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Ejemplo sencillo

Priorización de las necesidades según su tasa de importancia (TI)

	Tasa de Importancia		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
QUE 1	2	1	3
QUE 2	5	2	2
QUE 3	3	1	2
QUE 4	1	3	2
QUE 5	5	2	5
QUE 6	3	1	3
QUE 7	5	3	5
QUE 8	4	4	4
QUE 9	4	1	3
QUE 10	2	2	1

Grupo 1=50% Grupo 2=30% Grupo 3=20%

3. DESARROLLO DEL QFD: EXPLICACIÓN DE CADA PASO

1. Obtención de la voz del cliente: Ejemplo sencillo

	Importancia en Ventas		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
QUE 1	1,2	1,5	1
QUE 2	1,5	1,2	1,2
QUE 3	1,2	1,2	1
QUE 4	1,2	1	1,5
QUE 5	1,2	1	1,2
QUE 6	1,5	1,5	1,5
QUE 7	1,2	1,2	1
QUE 8	1,5	1,5	1,5
QUE 9	1,2	1,5	1,5
QUE 10	1,2	1	1,2

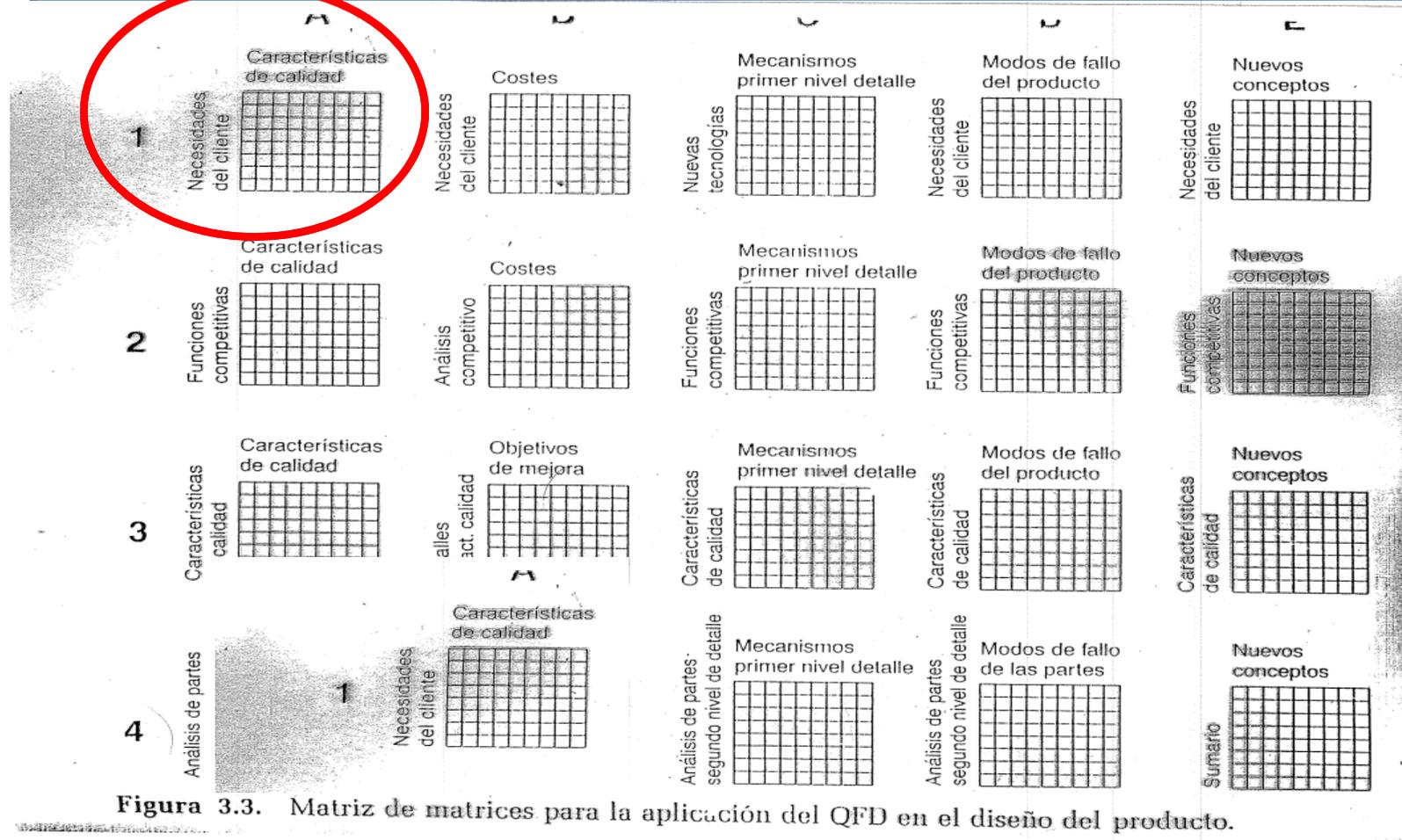
1-1,17 ≈ 1
 1,17-1,33 ≈ 1.2
 1,33-1,5 ≈ 1.5

Priorización de las necesidades según su importancia en ventas (IV)

Grupo 1=50% Grupo 2=30% Grupo 3=20%

4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

Existen diversas matrices estandarizadas que relacionan diferentes QUÉS y CÓMOs, pero también se pueden utilizar otras matrices que diseñadas de acuerdo a las necesidades.



4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A1: La voz de los clientes

Matriz A1	COMO 1	COMO 2	COMO 3	COMO 4	COMO 5
QUE 1	o	○	o		○
QUE 2					o
QUE 3		o	Δ	○	Δ
QUE 4	○				
QUE 5		○		o	
QUE 6	Δ				
QUE 7			○		○
QUE 8	o			o	
QUE 9		○			Δ
QUE 10	Δ		o	○	

QUE=NECESIDADES

COMO=CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

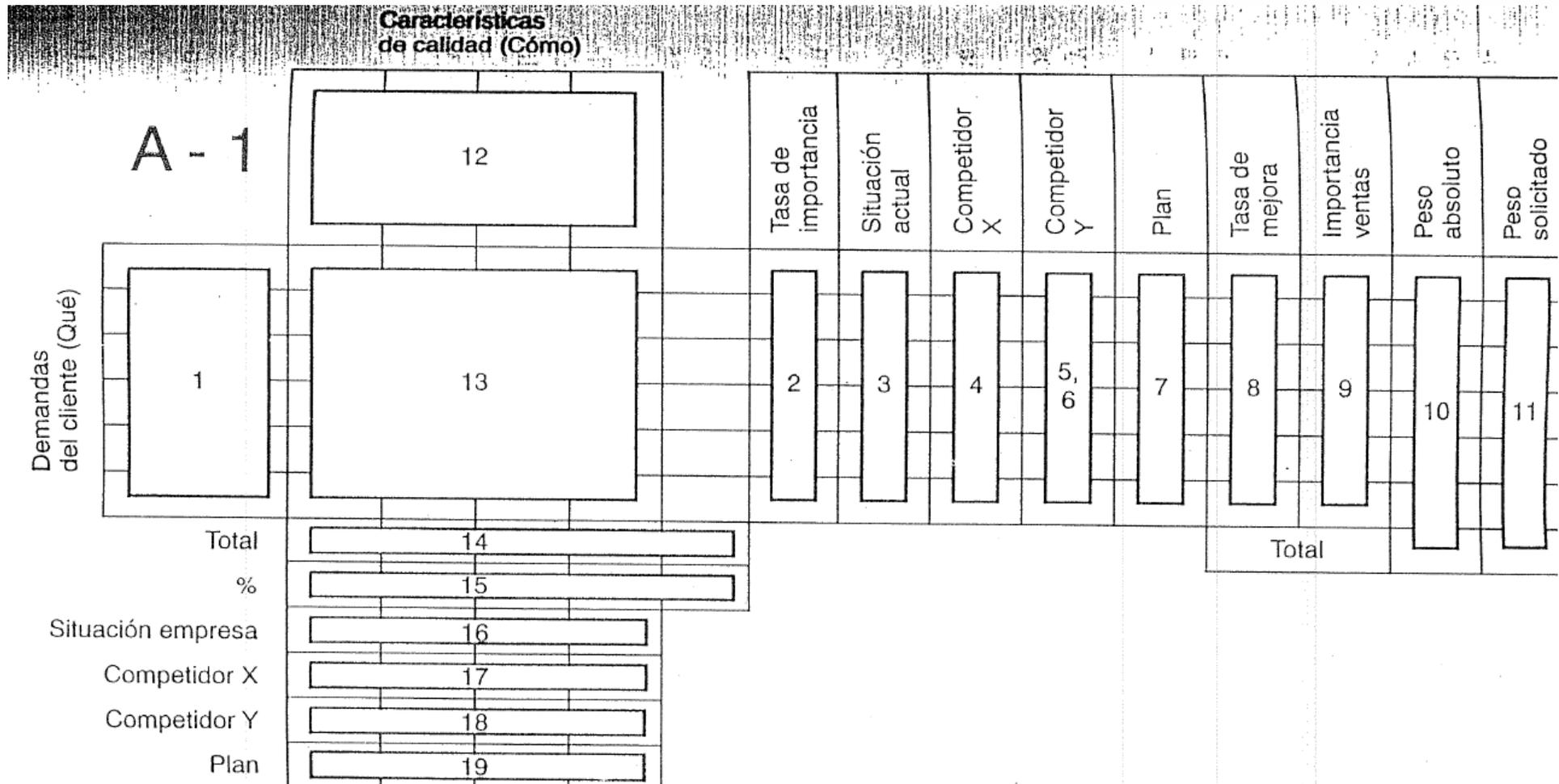
A1: La voz de los clientes

A1	Printer speed	Ozon level	Noise-level
Fast, high quality printout	⊙		
Low ozon emission	○	⊙	
Lower noise level	△		⊙

IMPRESORA

4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A1 (RESOLUCIÓN CON UN EJEMPLO SENCILLO)



Características de calidad (Cómo)

A - 1

Demandas del cliente (Qué)	Características de calidad (Cómo)					Tasa de importancia	Situación actual	Competidor X	Competidor Y	Plan	Tasa de mejora	Importancia ventas	Peso absoluto	Peso solicitado
	Longitud	Tiempo entre afilados	Polvo de mina generado	Exagonalidad										
Ergonómico	○ 42			○ 42		3	4	3	3	4	1	1	3	14
Limpio		○ 69	⊗ 207			4	5	4	5	5	1	1.2	4.8	23
Duradero	Δ 44	⊗ 396	○ 132			5	4	5	3	5	1.25	1.5	9.4	44
Que no ruede	Δ 19			⊗ 171		3	3	3	3	4	1.33	1	4	19
Total	105	465	339	213	1122							Total	21.2	100
%	9	41	30	19	99									
Situación empresa	5"	3 pgs.	3 gr.	70 %										
Competidor X	5"	5 pgs.	4 gr.	80 %										
Competidor Y	4"	4 pgs.	3 gr.	60 %										
Plan	5.5"	6 pgs.	2 gr.	80 %										

Requisitos de calidad	
1	Amplia carta de servicios
2	Adaptación a imprevistos
3	Estado vehículos
4	Capacidad trabajo
5	Agilidad en oficinas
6	Adaptación al servicio
7	Atención telefónica
8	Antigüedad flota
9	Trato de los conductores
10	Daños de mercancías
11	Pérdidas de mercancías
12	Control mercancías
13	Trato de las mercancías
14	Puntualidad en la entrega
15	Puntualidad en la recoqida
16	Calidad / coste
17	Facilidad de contacto
18	Evolución tecnológica

	IMPORTANCIA PARA EL CLIENTE			BENCHMARKING COMPETITIVO			GRÁFICO LÍNEAS COMPARATIVO	PLAN DE CALIDAD	Ratio de mejora	Argumento de venta	Importancia absoluta	Importancia relativa	Orden de importancia	GRÁFICO DE PARETO	Máximo valor = 11.9	Mínimo valor = 0
	1	2	3	Propia empresa	Empresa A	Empresa B										
1	5		4	5	4		△	5	1.25	1.5	9.38	8.9	2			1
2	4		3	4	3		△	4	1.33	1.2	6.4	6.1	4			2
3	3		3	3	2		△	3	1	1	3	2.9	8			3
4	3		4	4	4		□	4	1	1	3	2.9	8			4
5	3		4	3	4		△	4	1	1	3	2.9	8			5
6	3		5	3	2		□	5	1	1	3	2.9	8			6
7	5		5	3	2		□	5	1	1.2	6	5.7	5			7
8	3		4	2	3		□	4	1	1	3	2.9	8			8
9	5		3	3	5		*	5	1.67	1.5	12.5	11.9	1			9
10	4		5	2	4		□	5	1	1	4	3.8	7			10
11	4		4	3	4		△	4	1	1	4	3.8	7			11
12	4		3	3	4		△	4	1.33	1	5.33	5.1	6			12
13	4		3	4	3		△	4	1.33	1	5.33	5.1	6			13
14	4		3	4	4		□	4	1.33	1	5.33	5.1	6			14
15	5		3	3	4		*	5	1.67	1.5	12.5	11.9	1			15
16	4		3	4	4		□	4	1.33	1	5.33	5.1	6			16
17	5		4	5	5		□	5	1.25	1.2	7.5	7.1	3			17
18	4		4	4	5		*	4	1	1.5	6	5.7	5			18

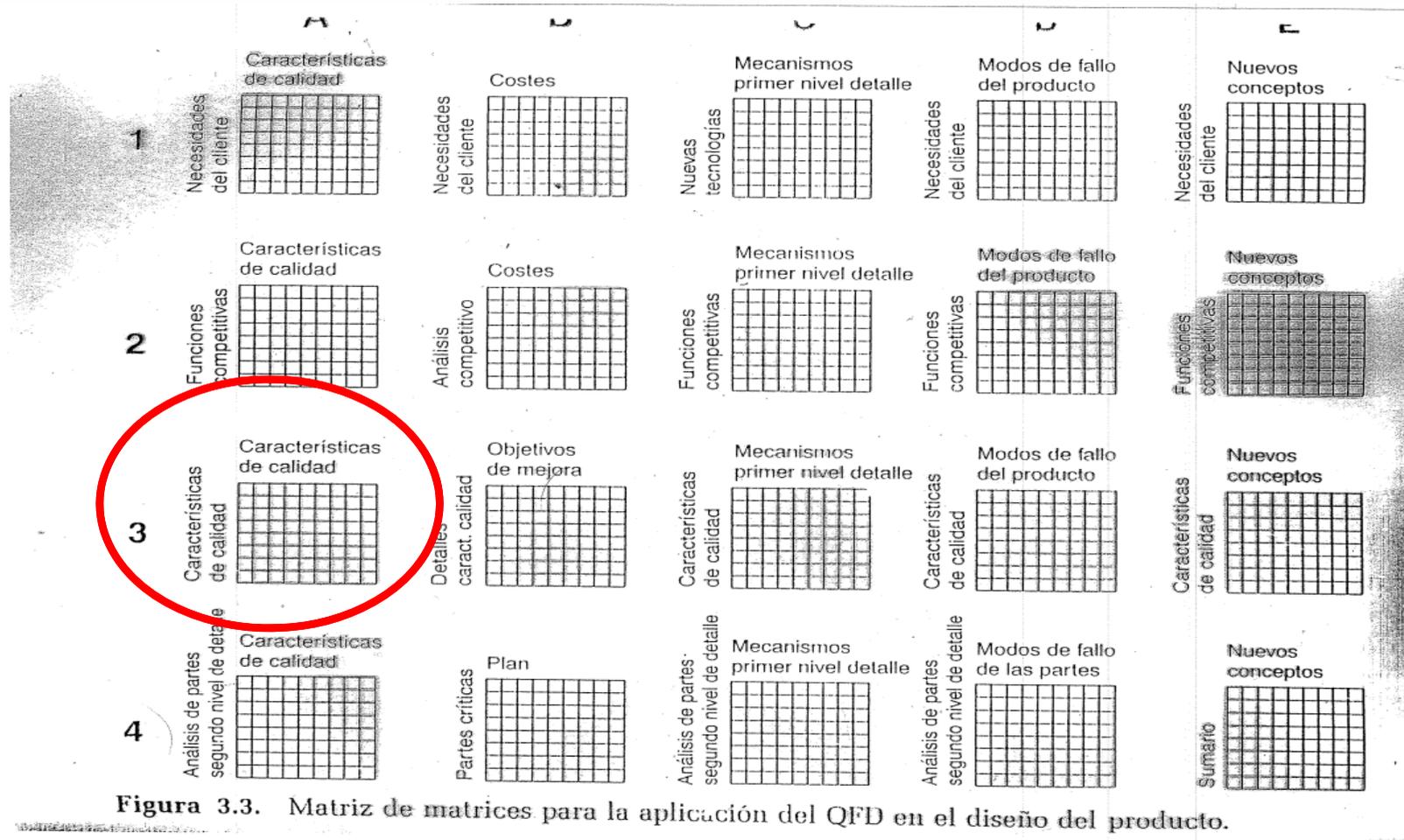


Gráfico de calidad	Gráfico de despliegue de características de calidad		Elementos de calidad	Calidad de vida																						
	Gráfico de despliegue de calidad demandada			1º nivel	Entorno interior									Entorno exterior			Servicios del entorno									
				2º nivel	Espacios abiertos	Claridad interior	Ventilación transversal	Diseño	Aislamiento contra calor	Retención de calor	Prevención condensación	Aislamiento contra ruido	Aislamiento golpes/paredes	Aparatos silenciosos	Perforos de sol	Polución atmosférica	Nivel de ruido	Transporte	Serv. comerciales	Serv. administrativos	Serv. de salud	Centros de educación	Centros de ocio			
				3º nivel																						
1º nivel	2º nivel	3º nivel																								
Buen entorno	Buen entorno interior	Aire fresco	b	15	15	15							3	9												
		Humedad apropiada	a	25	25	25	5	15	15					5	5											
		Temperatura interior apropiada	a	15	15	15	25	25	5					15												
	Entorno silencioso	Los ruidos de la casa no traspasan las paredes	a	15	5	5	15	15	15	25	15	25				15										
		No se oyan los ruidos externos	a	25	15	15	5	5	5	25	5				25	15	5								15	
		No vibraciones desde el exterior	b	3	3	3				15	9				15	9	3								3	
	Interior claro	Buena luz natural	b	15	3	9								9												
		Fácil de iluminar	b	9	15	9	3		9					9												
	Buena área residencial	Buena para vivir	c							1				3	3	3	3	5	5	5	3	5				
		Buena para estudiar	b													9	3	9	3	15	3					
Buen transporte		c							1					1	3	5	3	3	3	3	3					
Buen entorno natural		c	1	1	1								3	3	3	3	3	3	3	3	3					
Vida grata	Buena para vida familiar	Comedor confortable	b	3	9	3	3	3	3	3	3	9	3	3	3		3									
		Buena para divertirse	c	1	3	1	1	1	1	1	3	3	3	1		1									1	
		Baño fácil	c	1	3	3	3	3	3	3	1	3														

Gráfico 3-2. Ejemplo de gráfico de calidad desplegado para elementos de calidad (casas prefabricadas)

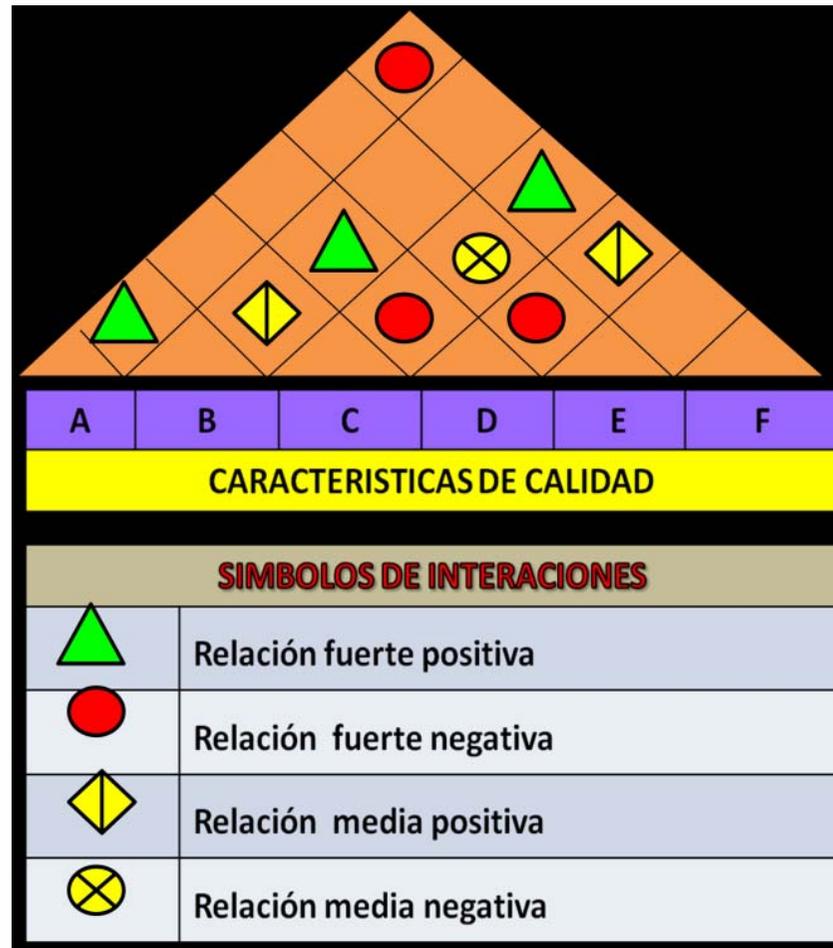
4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A3 (matriz de interrelación)



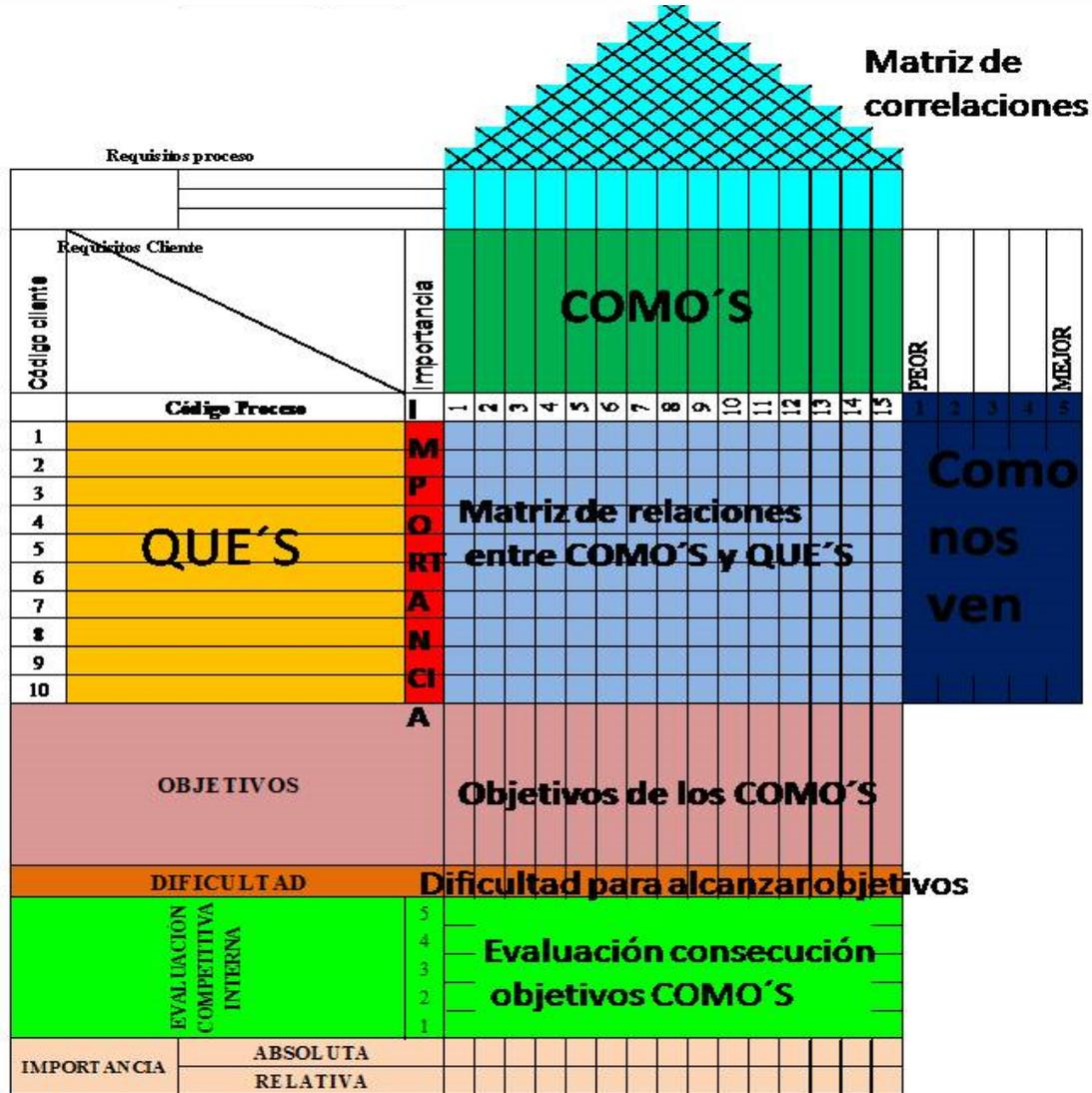
4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A3 (matriz de interrelación)



4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A1+A3 (la casa de la calidad)



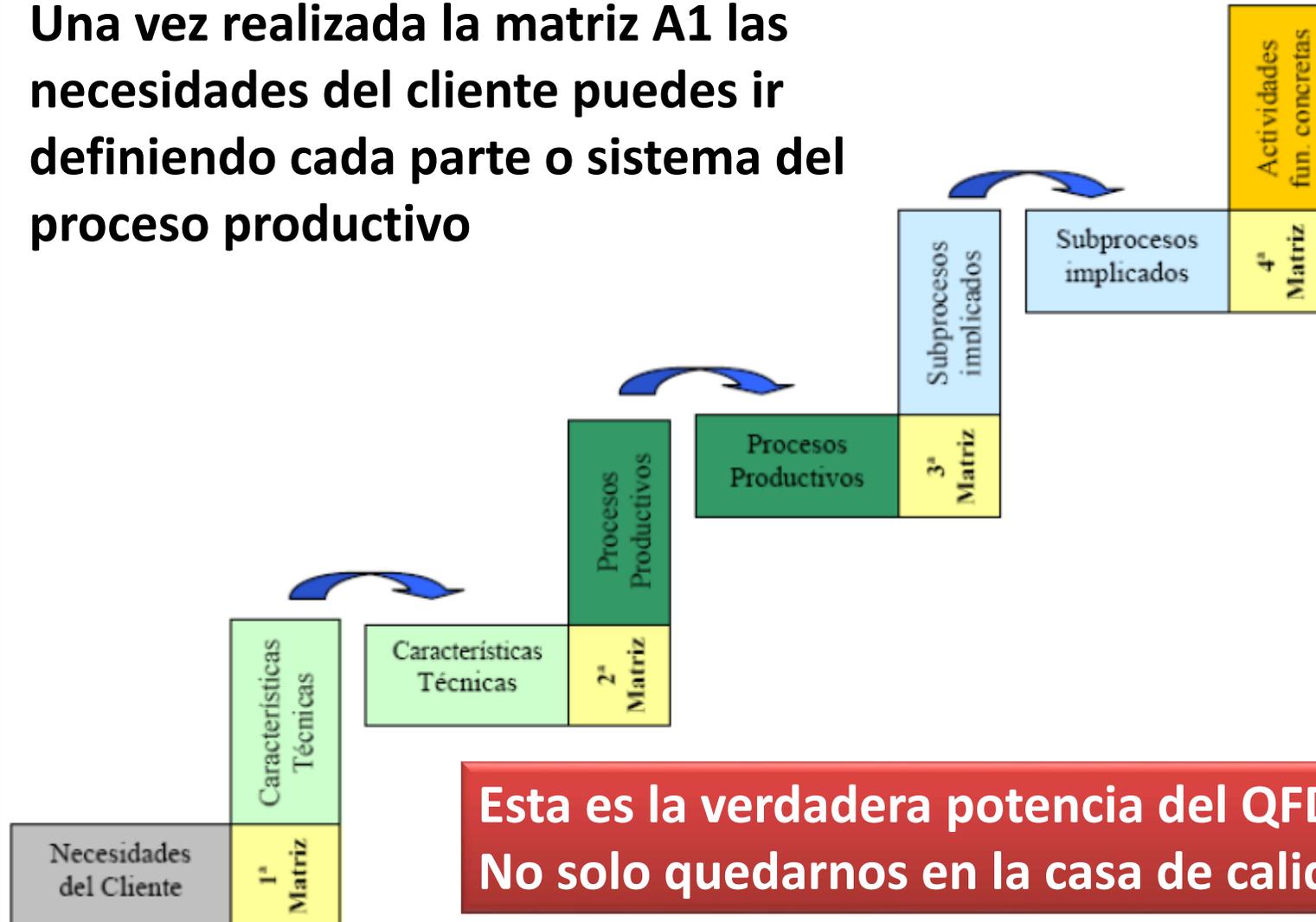
4. PRINCIPALES MATRICES DEL QFD

A1+A3 (la casa de la calidad)

**¡¡NO CONFUNDIR CASA
DE CALIDAD CON TODO
EL PROCESO DEL QFD!!**

5. ENCADENAMIENTO DE MATRICES

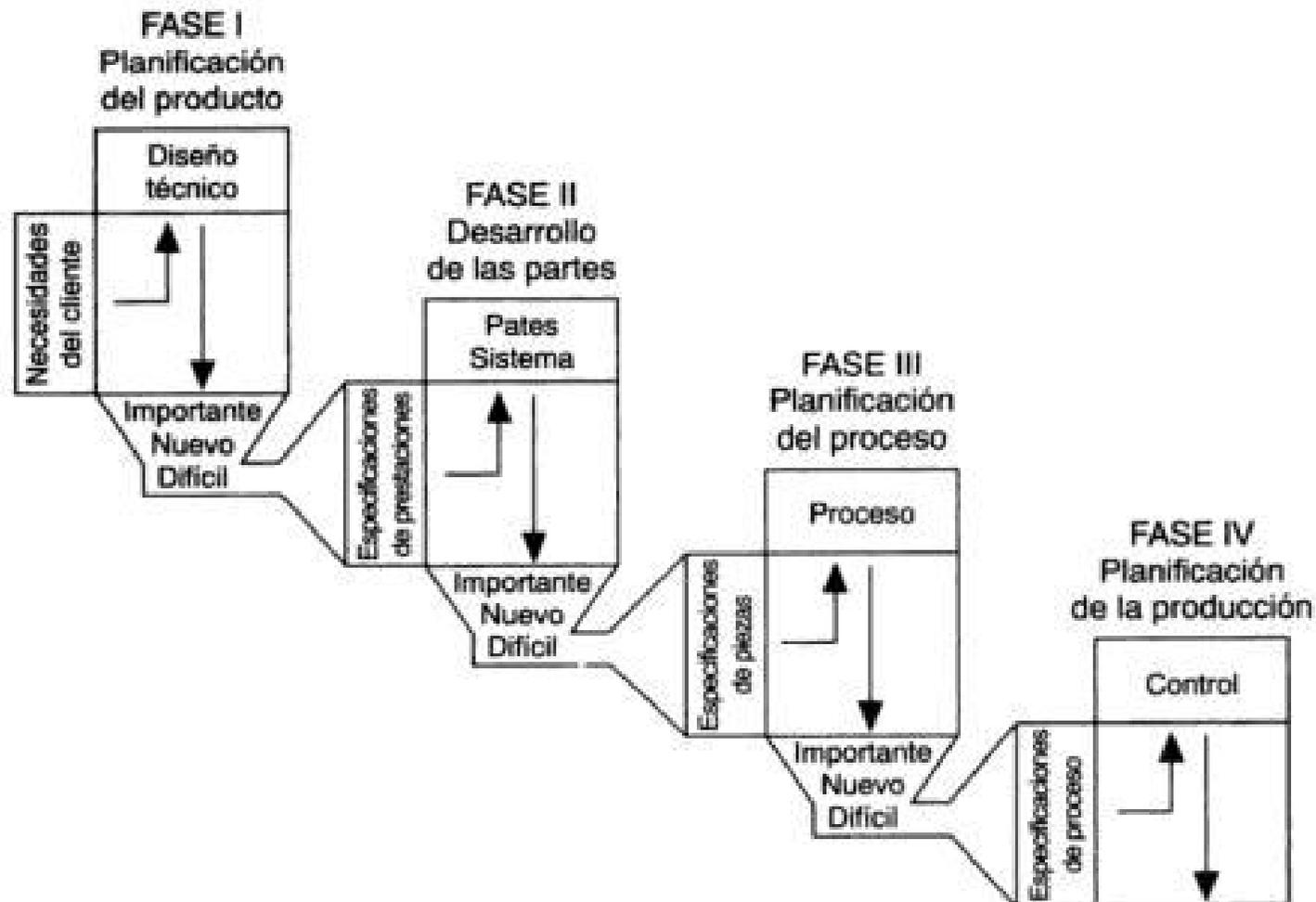
Una vez realizada la matriz A1 las necesidades del cliente puedes ir definiendo cada parte o sistema del proceso productivo



**Esta es la verdadera potencia del QFD
No solo quedarnos en la casa de calidad**

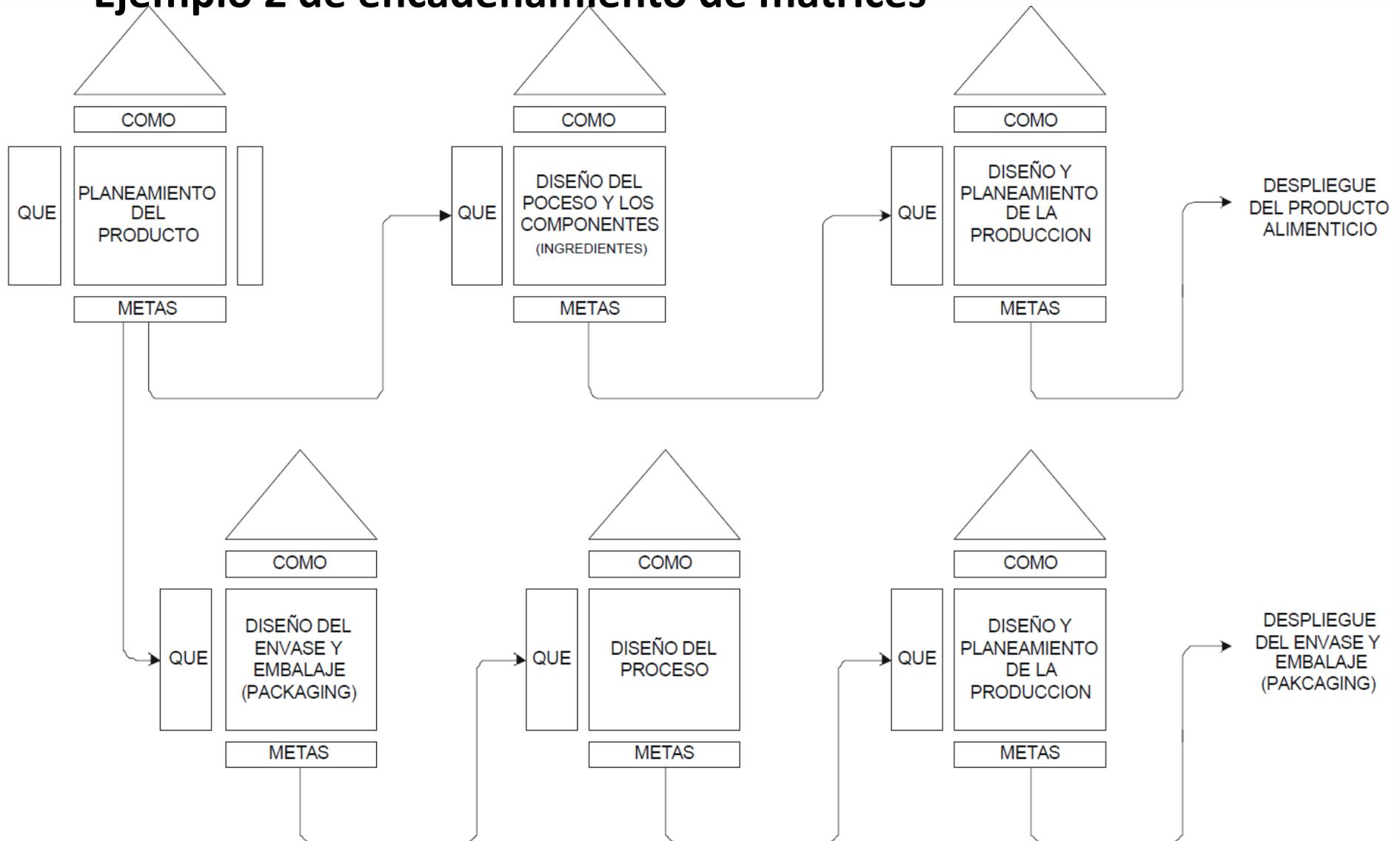
5. ENCADENAMIENTO DE MATRICES

Ejemplo 1 de encadenamiento de matrices



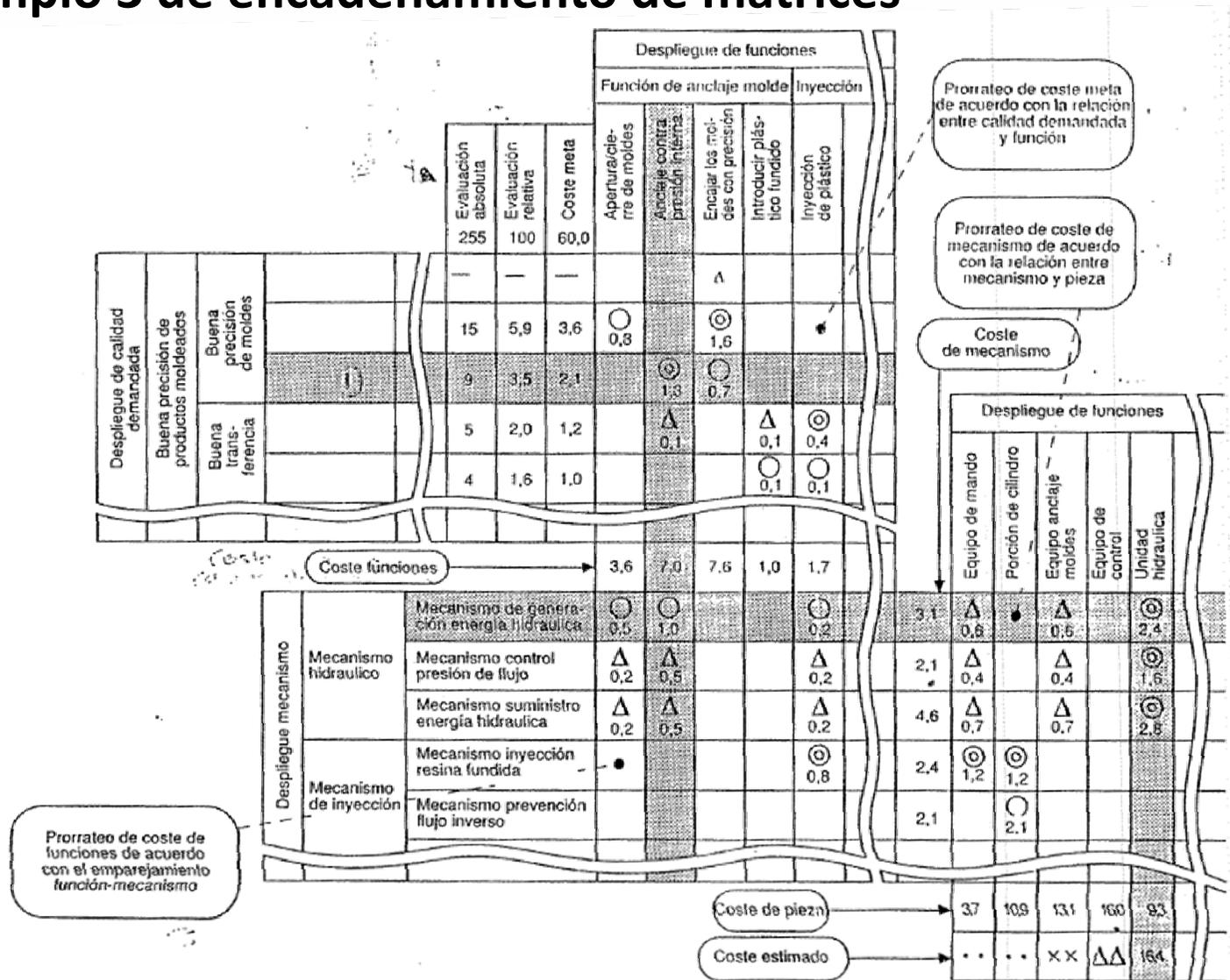
5. ENCADENAMIENTO DE MATRICES

Ejemplo 2 de encadenamiento de matrices



5. ENCADENAMIENTO DE MATRICES

Ejemplo 3 de encadenamiento de matrices





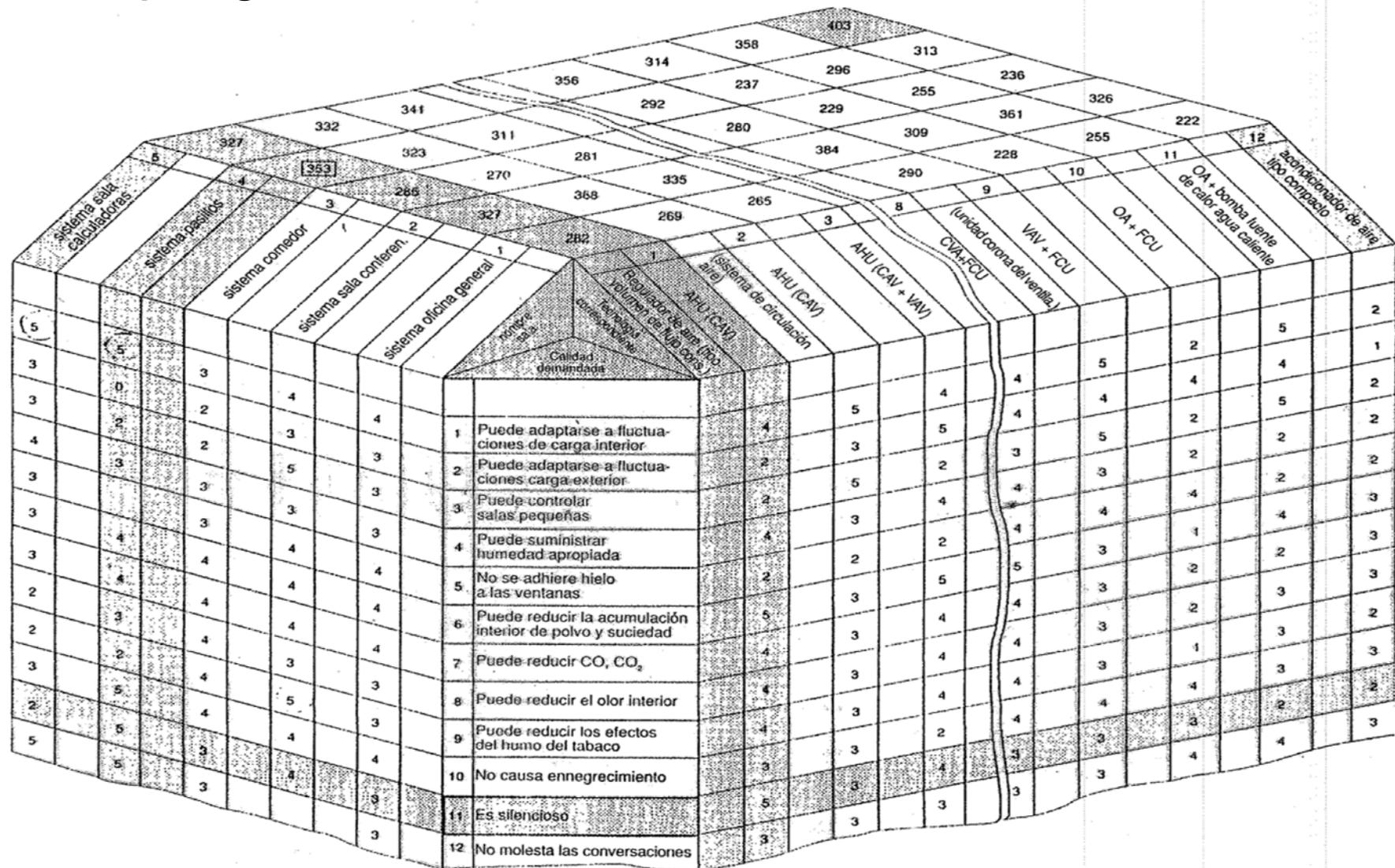
Tema 1: Herramientas para el diseño de productos: QFD, AMFE y DFM/DFA



A1 (EJEMPLO completo: Hacer en clase)

6. OTRAS MATRICES

Despliegue tridimensional



7. VENTAJAS

1. Herramienta efectiva de marketing:

Ayuda a comprender mejor a los clientes actuales y potenciales así como sus expectativas y exigencias.

2. Ventajas competitivas y fomento de la innovación:

Facilita que el diseño de los productos responda a los requerimientos del cliente -> optimización del producto o servicio.

3. Mas comunicación interfuncional:

Pone en un solo gráfico las características técnicas más relevantes. Facilita la comunicación, resume la información y permite visualizar las relaciones entre variables.

7. VENTAJAS

4. Determinación de prioridades, mejora continua :

La matriz de calidad ayuda a establecer prioridades y a destinar mayor parte del presupuesto a aquellas partes que sean más necesarias -> mayor eficacia.

5. Análisis de costos y beneficios:

Aumenta el beneficio ya que se reducen los costes al tener menos fallos -> mayor eficiencia.



8. ERRORES

- Confundir la matriz de relaciones con la casa de calidad.
- Sofisticar demasiado el problema.
- Utilizar el QFD para imponer una solución preconcebida.



Bibliografía:

Yoji Akao, *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design*, Productivity Press, 1990.

The Quality Function Deployment Institute's website,
www.qfdi.org.

QFD: Una herramienta del futuro
Mikel Sorli y Javier Ruiz

La Función Despliegue de la Calidad. Una guía práctica para
escuchar la Voz del Cliente
Marvin E. González

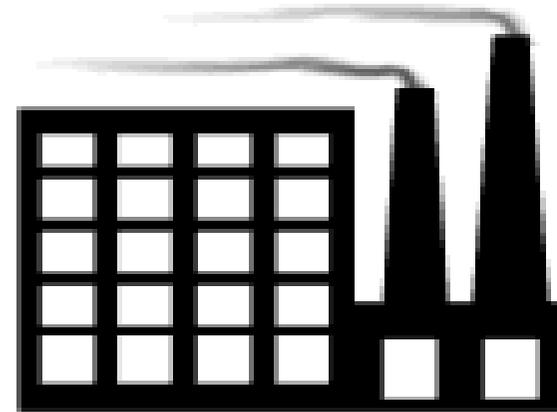
Tema 1: Herramientas para el diseño de productos: QFD, AMFE y DFM/DFA

Parte 2: AMFE



ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- HISTORIA
- PROCEDIMIENTO
- VENTAJAS
- EJEMPLOS
- BIBLIOGRAFÍA



Introducción

AMFE: Análisis Modal de Fallos y sus Efectos y Causas.

AMDE: Analyse des modes de défauts et effets

FMEA: Failure Mode and Effect Analysis

- Es un método de prevención dirigido hacia la consecución del Aseguramiento de la Calidad.
- Mediante un proceso de análisis sistemático contribuye al esfuerzo de identificación de las causas potenciales de los problemas.
- Es necesario que el personal implicado en el proceso AMFE tenga unos conocimientos profundos del producto o del proceso.



Introducción

Tipos de AMFE.

- AMFE de Diseño: el objeto de estudio es el producto y todo lo relacionado con su definición.
 - Elección de materiales.
 - Configuración física.
 - Dimensiones y proporciones.
 - Tipos de tratamientos a aplicar.

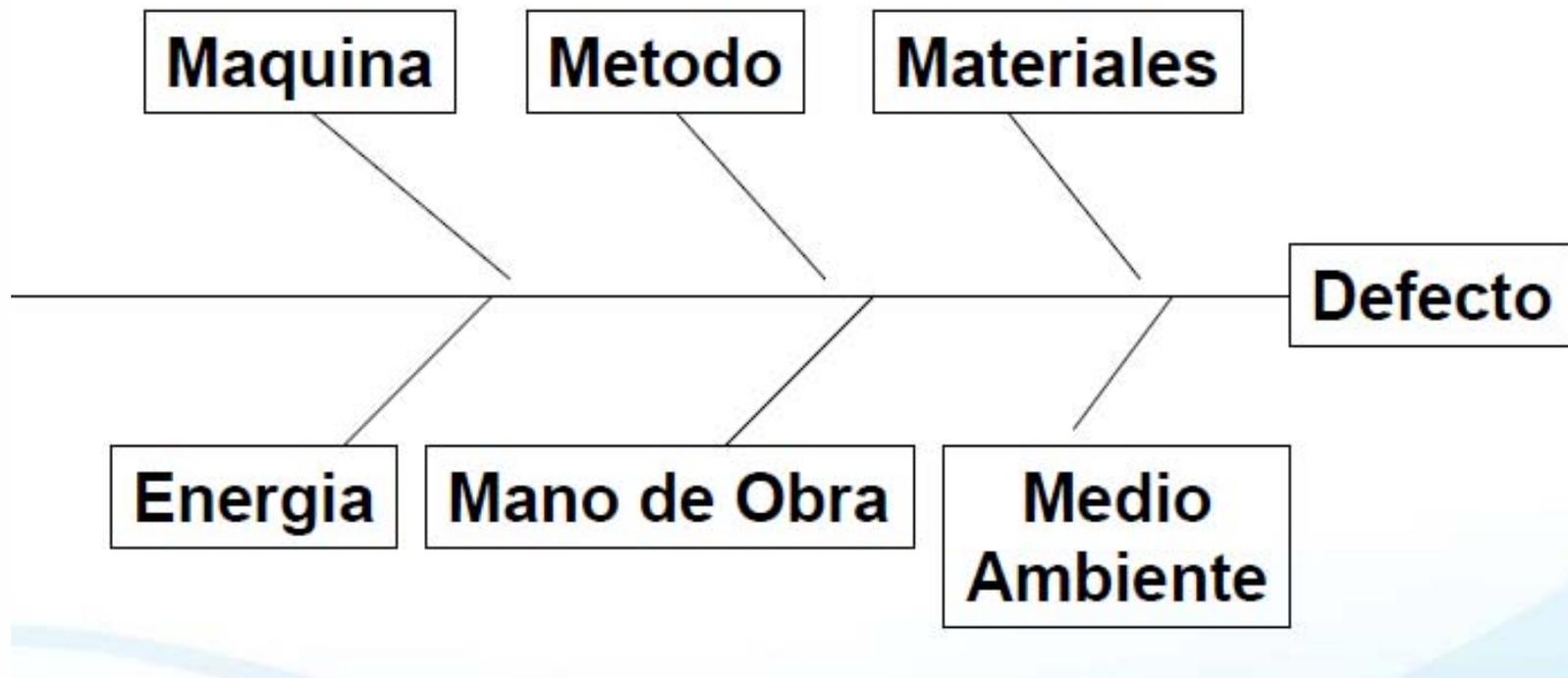
Introducción

Tipos de AMFE.

- AMFE de Proceso: se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente.
- Se analizan los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (5M):
 - Máquinas y herramientas.
 - Mano de Obra.
 - Métodos.
 - Medio ambiente.
 - Materia Prima

Introducción

Herramientas utilizadas: Diagrama de Causa Efecto (Ishikawa)



Historia

Años 40 : Fuerzas armadas de EEUU

Años 60 : Industria Aeroespacial

Años 70 : Industria Automovilística

Actualidad : Gran número de Industrias



Historia

AÑOS 40

Se aplicó por primera vez en las fuerzas armadas de EEUU

Se desarrolló una norma propia recogida en la MIL-STD-16291 titulada “Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”.



Historia

AÑOS 60

- Intentos de llevar el hombre a la luna en el programa APOLLO



Historia

AÑOS 70

Ford Motor Company

Siguiendo criterios de economía estrictos, el Ford Pinto fue diseñado y lanzado en poco tiempo. Lo que arrojó los siguientes fallos de seguridad pasiva:

- El depósito de combustible estaba por detrás del eje trasero, por lo que el coche explotaba con facilidad en caso de colisión. Otros vehículos Ford poseen el mismo defecto.
- Carrocería muy endeble, por lo que en caso de colisión, el coche se deformaba y las puertas quedaban bloqueadas y sus ocupantes atrapados.



Historia

AÑOS 70

Ford Motor Company

Este coche surgió para hacer competencia a la empresa automovilística japonesa y en plena crisis del petróleo, por lo que se convirtió en un éxito de ventas. Dejó de fabricarse en 1980 dejando paso al Ford Escort.

Opciones:

- Arreglar → Cambio en el diseño (extremadamente caro)
- No arreglar y pagar indemnizaciones



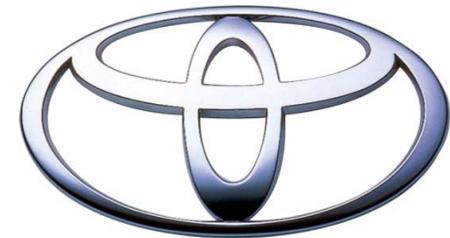
Historia

Actualidad

Ampliamente extendido en la industria automovilística:

Toyota (Revisión del Diseño Basada en Modos de Fallo (RDBMF))

Y en otras industrias



Procedimiento

- ETAPA 1: Formación del grupo de trabajo
- ETAPA 2: Identificación
- ETAPA 3: Preparación
- ETAPA 4: Aplicación técnica
- ETAPA 5: Acciones correctivas
- ETAPA 6: Revisión

Procedimiento

ETAPA 1: Formación del grupo de trabajo

- Miembros de distintas áreas
Como máximo 6 miembros

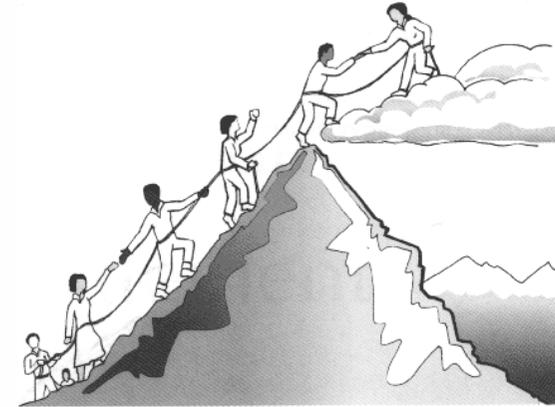
- Ingeniería
- Métodos
- Calidad
- Producción
- Compras
- Diseño

- Grandes conocimientos técnicos del producto o proceso
- Experiencia en procesos AMFE



Procedimiento

ETAPA 1: Formación del grupo de trabajo



- Experiencia en dinámicas de grupo (se requiere alta colaboración entre departamentos)
- Se debe nombrar un moderador. Que imponga cierto orden en las intervenciones y haga cumplir las normas del grupos.



Procedimiento

ETAPA 1: Formación del grupo de trabajo

- Se nombrará un responsable del estudio. Distinto al moderador.

Dos casos:

Tipo de AMFE

Responsabilidad

Diseño

Ingeniería de Diseño

Proceso

Ingeniería de Producción



¡Responsabilidad sobre una sola persona!

Procedimiento

Funciones del responsable:

- Acciones recomendadas implantadas
- Requerimientos del diseño alcanzados
- Revisar planos y especificaciones
- Confirmar documentación
- Revisar AMFE y planos



Procedimiento

ETAPA 2: Identificación

DISEÑO

- Objetivos del diseño o funciones del producto
- Expectativas de los clientes
- Requerimientos específicos de diseño
- Requerimientos de procesos de fabricación y montaje
- Diagrama de bloques

PROCESO

- Diagrama de flujo o valoración de riesgos
- Características del producto o proceso asociadas a cada operación
- Identificación de los efectos del AMFE de diseño cuya causa sea una deficiencia del proceso

Procedimiento

ETAPA 2: Identificación

¡Objeto de estudio no excesivamente amplio!



Procedimiento

ETAPA 3: Preparación: Recopilación de datos de fallos

- Identificación de problemas potenciales de calidad
- Gran cantidad de información
- Trabajo estructurado

Procedimiento

ETAPA 3: Preparación: Recopilación de datos de fallos

- Origen de toda la información necesaria:
 - Informes de fiabilidad
 - AMFE anteriores de productos o procesos similares
 - Estudios estadísticos
 - Estudios de capacidad
 - Reclamaciones y datos de los clientes
 - Informes de no-conformidad

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE

Nombre del Sistema:												Fecha AMFE:				
Responsable (Dpto.):												Fecha Revisión				
Responsable de AMFE:																
Nombre del producto	Operación o Función	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Controles Actuales	G Gravedad	P Ocurrencia	D Detección	IPR inicial	Acciones recomend.	Responsable	Acción Tomada	G Gravedad	P Ocurrencia	D Detección	IPR final
Parte de análisis									Parte de control							

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis

	Nombre del Sistema:								
	Responsable (Dpto.):								
	Responsable de AMFE:								
Nombre del producto	Operación o Función	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Controles Actuales	G Gravedad	P Ocurrencia	D Detección	IPR inicial
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)			

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de control

				Fecha AMFE:			
				Fecha Revisión			
IPR inicial	Acciones recomend.	Responsable	Acción Tomada	G Gravedad	P Ocurrencia	D Detección	IPR final

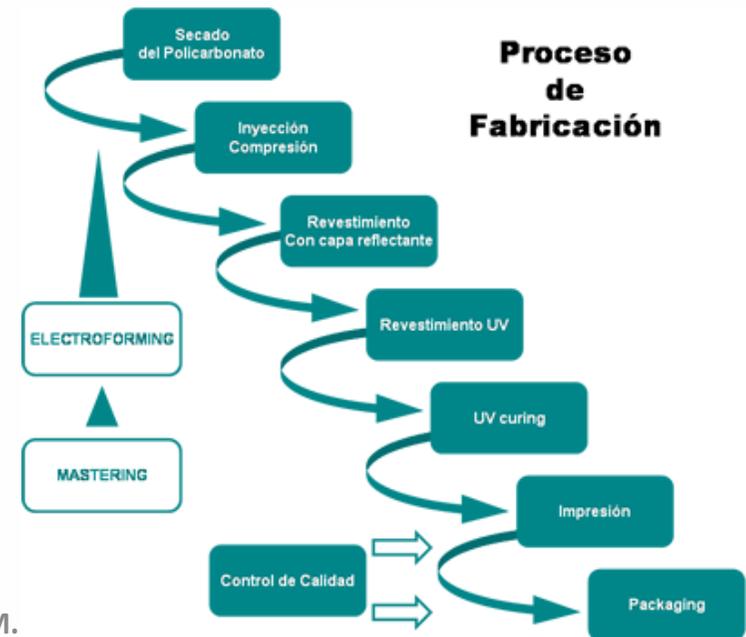
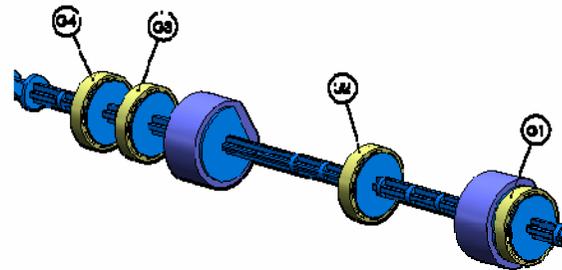
Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (1) función u operación

AMFE de Diseño
Cada componente
Interconexión

AMFE de Proceso
Proceso de fabricación



Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (2) modo de fallo

El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación

Lo más importante es establecer la cadena de sucesos en el orden correcto para una mejor comprensión del problema y una adecuada valoración de los índices de ocurrencia.

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

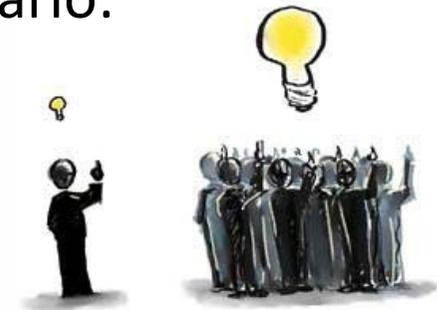
- Tabla del AMFE, parte de análisis: (2) modo de fallo

El fallo puede ser:

- Deje de funcionar
- Funcione defectuosamente

Para el análisis completo de cada fallo es necesario:

- Tormentas de ideas.
- Diagrama Ishikawa



Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (2) modo de fallo

Ejemplos:

Diseño

- Rotura
- Desgaste
- Fuga

...

Proceso

- Materiales erróneos
- Mal montaje
- Fallo de máquina

...

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (2) modo de fallo

Ejemplos D-AMFE:

Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape

Modo de fallo: Rotura del tornillo

Ejemplos P-AMFE:

Modo de fallo: Ausencia de agua.

Modo de fallo: Pérdida de capacidad refrigerante

Modo de fallo: Molde equivocado

Un modo de fallo puede estar originado por una o más causas

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (3) efectos del fallo

Diseño

- Ruidos
- Fugas
- Olor
- Inestabilidad
- ...

Proceso

- Parada del proceso
- Menor eficiencia
- Daños
- ...

¡Sobre el usuario!

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (4) causas del fallo

Diseño

- Incompatibilidad de dimensiones
- Material incorrecto
- Instrucciones inadecuadas

Proceso

- Ajuste incorrecto
- Embalaje inadecuado
- Tratamiento térmico erróneo
- Pieza mal colocada

Las causas son el elemento crítico de todo el estudio. Detectado la causa y eliminada desaparecerá el fallo y sus efectos

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (5) controles actuales
 - Inspección
 - Muestreo
 - Validación del proceso

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) índices utilizados
 - Gravedad o Severidad del fallo
 - Frecuencia u Ocurrencia
 - Detección

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de ocurrencia(O)

Probabilidad de no detección (D)



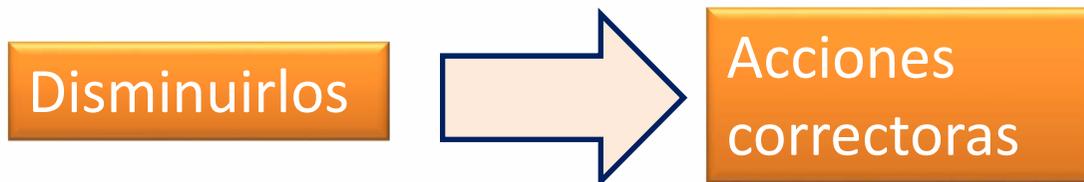
Número de Prioridad de Riesgo:

$$NPR = S * O * D$$

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) índices utilizados
 - Gravedad
 - Frecuencia u Ocurrencia $\in \{ 1 , 10 \}$
 - Detección



Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

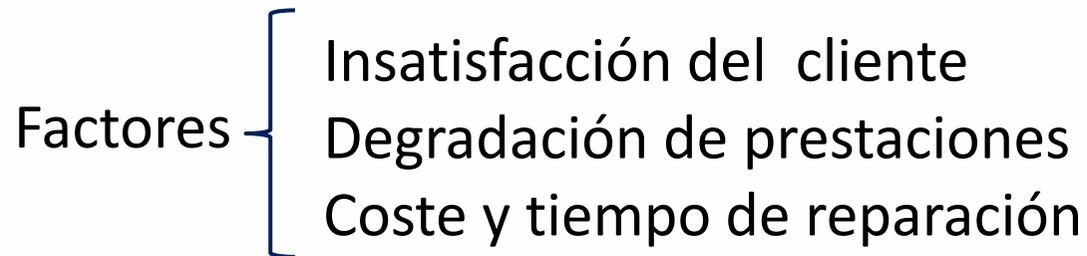
- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Gravedad de un fallo**

Indica la trascendencia del fallo en el grado de insatisfacción del cliente (diseño) o con la perturbación que el fallo pueda producir en el proceso productivo (proceso)

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Gravedad de un fallo**



Diseño
Grado de insatisfacción

Proceso
Perturbación en proceso

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: **(6) Gravedad de un fallo**

Diseño

Criterio de valoración por Fallo	Puntuación
Imperceptible por el cliente.	1
Perceptible, pero no molesto.	2
Perceptible y ligeramente molesto.	3
Que predispone negativamente al cliente.	4
Con degradación del producto y queja del cliente.	5
Con degradación del producto y exigencia de cambio/reparación por el cliente.	6
Con degradación del producto y reparación costosa.	7
Con degradación del producto, afectando a otros productos en los que se ha instalado.	8
Que afecta a la seguridad, con aviso previo.	9
Que afecta a la seguridad, sin previo aviso.	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Gravedad de un fallo**

Proceso

Criterio de valoración por Fallo	Puntuación
Imperceptible.	1
Perceptible. No perturba el proceso.	2
Perceptible. Perturba ligeramente el proceso.	3
Que requiere parada corta del proceso.	4
Que requiere parada de varias horas del proceso.	5
Que requiere parada de varias horas y origina cambios de trabajo en curso.	6
Que origina la necesidad de selección de toda la producción.	7
Que origina paradas de toda la jornada laboral y cambios en la producción y en el producto almacenado.	8
Con incidencia en la seguridad del producto.	9
Con incidencia en la seguridad del producto y da origen a nuevos diseños.	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Probabilidad de Ocurrencia**

Indica la probabilidad de que el fallo ocurra.

No existen unas reglas normalizadas para la valoración de la probabilidad de ocurrencia.

En las siguientes tablas se indican unos criterios de valoración que pueden servir de referencia.

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: **(6) Probabilidad de Ocurrencia**

Diseño

Criterio de valoración de las Características	Puntuación
Con fiabilidad determinada en diseños precedentes para el mismo entorno.	1
Con fiabilidad determinada en diseños precedentes para las mismas condiciones de utilización.	2
Con fiabilidad determinada en diseños precedentes para entornos diferentes.	3
Con fiabilidad determinada en diseños precedentes para condiciones de utilización ligeramente diferentes.	4
Definidas en el diseño que necesitan atenciones particulares.	5
Definidas en el diseño cuya fiabilidad no ha sido demostrada.	6
Con problemas de diseño.	7
Con problemas de fabricación.	8
Con problemas de diseño y fabricación.	9
Con fallo sistemático.	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Probabilidad de Ocurrencia**

Proceso

Criterio de valoración del Proceso	Puntuación
Bajo control estadístico con capacidad de $\pm 5 \sigma$. Probabilidad de fallo de 1/1.000.000.	1
Bajo control estadístico con capacidad de $\pm 4 \sigma$. Probabilidad de fallo 1/10.000.	2
Bajo control estadístico con capacidad de $\pm 3,5 \sigma$. Probabilidad de fallo 1/4.000.	3
Bajo control estadístico con capacidad de $\pm 3 \sigma$. Probabilidad de fallo 1/1.000.	4
Bajo control estadístico con capacidad $< \pm 3 \sigma$. Probabilidad de fallo 1/500.	5
Bajo control estadístico con capacidad $< \pm 3 \sigma$. Probabilidad de fallo 1/100	6
No está bajo control estadístico. Probabilidad de fallo de 1/50	7
No está bajo control estadístico. Probabilidad de fallo de 1/20.	8
No está bajo control estadístico. Probabilidad de fallo de 1/10.	9
No está bajo control estadístico. Fallo sistemático.	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Probabilidad de NO detección**

Refleja un valor entre 1 y 10 que indica la probabilidad de no detectar el fallo antes de entregar el producto al cliente (diseño), o durante su fabricación (proceso).

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **Probabilidad de NO detección**

Diseño

Criterio de valoración Probabilidad de no detección	Puntuación
Menor de 1/100000	1
Menor del 10,0%	2
Entre 10,0-19,9%	3
Entre 20,0-29,9%	4
Entre 30,0-39,9%	5
Entre 40,0-49,9%	6
Entre 50,0-59,9%	7
Entre 60,0-69,9%	8
Entre 70,0-79,9%	9
Entre 80,0-100,0%	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: **(6) Probabilidad de NO detección**

Proceso

Criterio de valoración	Puntuación
Detección asegurada. El proceso se detiene automáticamente al aparecer un fallo.	1
Detección probable. Existe una inspección visual en el proceso.	2
Poca probabilidad de que el defecto pase al siguiente puesto de trabajo.	3
Detección poco probable en el puesto de trabajo pero muy probable en el siguiente.	4
Detección poco probable a lo largo del proceso, pero posible en el control final.	5
Detección únicamente posible en el área de empaquetado.	6
El fallo no es fácilmente detectable en la fábrica.	7
Ningún medio de detección en fábrica.	8
Detección posible sólo al montar el producto en otro más complejo.	9
Imposible de detectar.	10

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de análisis: (6) **IPR o NPR**

Se calcula multiplicando los valores de la gravedad, probabilidad de que ocurra en fallo y la probabilidad de que no se detecte en fallo.

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de ocurrencia(O)

Probabilidad de no detección (D)



Número de Prioridad de Riesgo:

$$NPR = S * O * D$$

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de control

Cuando el valor de IPR o NPR sea mayor que un valor determinado en los procedimientos de calidad del proceso AMFE, se deberá analizar ese fallo, las causas que lo originan, establecer medidas correctoras.

Si el valor de la gravedad es 9 o 10, siempre se debe analizar esa causa de fallo puesto que su efecto afecta a la integridad física del cliente.

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

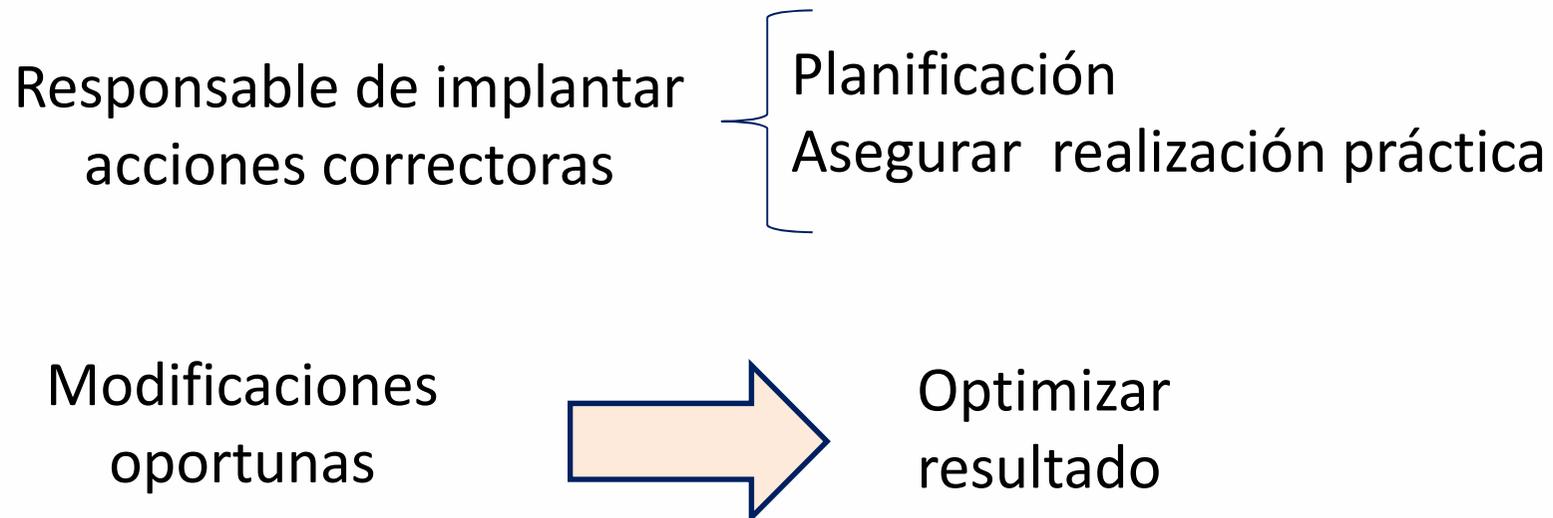
- Tabla del AMFE, parte de control: Acciones correctoras
 - Para disminuir el valor de D debemos actuar sobre sistema calidad
 - Para disminuir el valor de F u O debemos actuar sobre sistema mantenimiento
 - Para disminuir el valor de G debemos cambiar el diseño del sistema productivo/proceso o del producto

Las acciones denominadas “Autocontrol” y “Auto mantenimiento” actúan sobre F y D simultáneamente

Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de control: Responsable



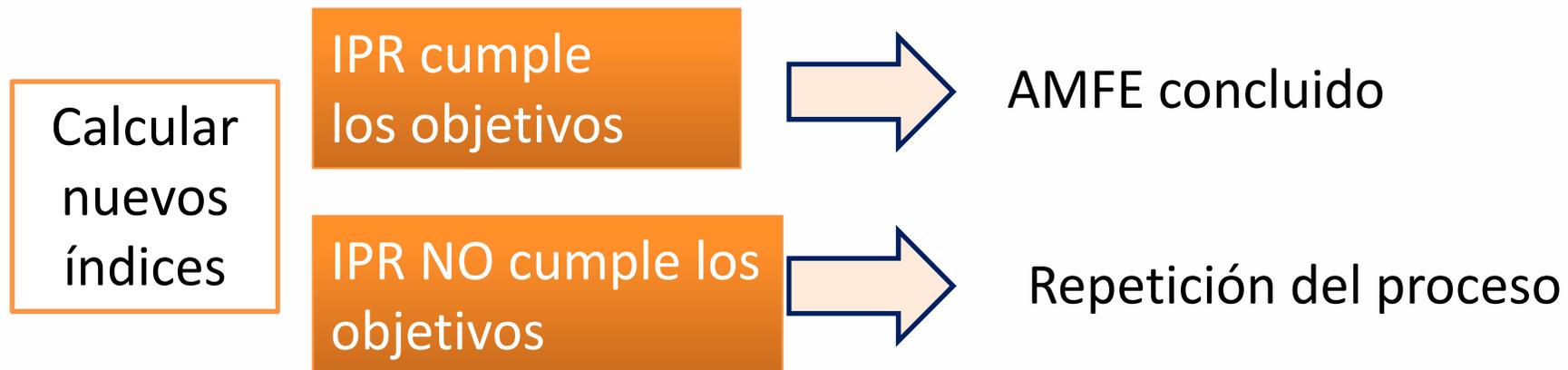
Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE

- Tabla del AMFE, parte de control: acción tomada y revisión

Evaluación conjunta de resultados:

- Responsable de implantación
- Grupo AMFE

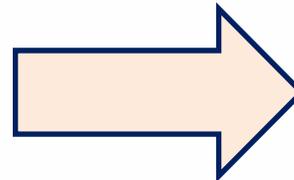


Procedimiento

ETAPA 4: Aplicación del AMFE



Proceso dinámico



Revisiones
periódicas

¿Cuándo hay que hacer un estudio AMFE?

- Cuando se realicen modificaciones que afecten al proceso o producto estudiado.
- Cuando existan reclamaciones importantes por parte de los clientes.
- Cuando corresponda por la periodicidad establecida.

Ventajas

- Calidad, fiabilidad y seguridad de un producto o proceso.
- Imagen y competitividad de la organización.
- Aumentar la satisfacción del usuario.
- Reducir el tiempo y coste.
- Identificación y eliminación temprana de fallos potenciales.
- Intercambio de ideas entre departamentos.

bibliografía

- Domínguez Machuca, J.A. y otros; 1995. "Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios"; McGraw-Hill.
- Prontuario. Grupo INI.
- <http://www.gestion-calidad.com/archivos%20web/AMFE.pdf>
- <http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/amfe.pdf>
- <http://www.valoryempresa.com/archives/amfefmea.pdf>
- www.qsi-meta.com/web/BIBLIOTECA/AMFE%2001%20QSI.pps
- http://calidad-gestion.com.ar/rec_gratuitos/articulos/amfe.html

Tema 1: Herramientas para el diseño de productos: QFD, AMFE y DFX

Parte 3: DFX

Índice general

1. Introducción
2. Principios Generales del DFMA
3. DFM: Conceptos generales
4. Ejemplo de DFM para procesos básicos:
 - Fundición
5. DFA
6. El nuevo paradigma: DFX
7. DFD

Introducción

DFM Diseño para la Fabricabilidad (Design for Manufacturability)

Es el proceso por el cual cada aspecto del diseño del producto y del proceso es formalmente evaluado para asegurar el menor coste posible del producto, el menor tiempo de ciclo posible y el mayor retorno de la inversión.

DFA Diseño para el Ensamblaje (Design for Assembly)

Es el proceso que se centra en simplificar el proceso de ensamblaje, reduciendo el ciclo de fabricación y mejorando la calidad del producto. Esta técnica permite evaluar sistemáticamente los componentes y ensamblajes, de forma que resulten fáciles de ensamblar y de fabricar eficientemente.

Introducción

En DFM se:

- Se diseña el producto para optimizar el proceso de fabricación
- Se selecciona el material mas adecuado al diseño
- Se calcula el coste de cada parte

En DFA se analizan:

- Cuántas piezas tiene el producto
- Cuál es el tiempo de ensamblado
- Cuál es el coste de fabricar cada pieza
- Cuál es el proceso de ensamblado

Introducción

Diseño para X

A raíz del éxito del DFM y del DFA, el sistema “design for” se ha expandido en los últimos años, pasándose a denominar en general DFX (design for X) siendo X:

- DFQ= Calidad, La metodología taguchi y el diseño de los experimentos es la base.
- DFD=desensamblado, Minimizar la complejidad de la estructura reduciendo el número de componentes, usar el mayor número posible de materiales en común, buscar los tipos de unión mas adecuados para facilitar el desensamblado.
- DFA=ensamblado (ya visto)

Introducción

Diseño para X

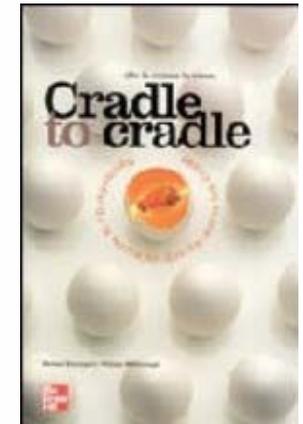
- DFRel=fiabilidad, aumentar desde el diseño la probabilidad de que un producto funcione sin fallos durante un determinado período de tiempo.
- DFMt=mantenimiento, garantizar su mantenimiento con las mínimas dificultades. Ideas: accesibilidad, detección rápida de fallos, repuestos de poco peso y volumen, formas estándar que permitan el uso de herramientas estándar.
- DFM= “manufactura” fabricación, ya visto

Introducción

Diseño para X

- DFE=Medio ambiente, busca los diseños que provoquen el mínimo impacto en el medio ambiente (consumo de recursos y emisiones contaminantes), a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.
- DFR=reciclabilidad, se pretende maximizar el beneficio durante TODA la vida del producto, maximizando las partes reaprovechables a la vez que se minimizan los desechos en vertederos. Análisis de la cuna a la cuna.

**CRADLE TO CRADLE = DE LA CUNA A LA CUNA:
REDISEÑANDO LA FORMA EN QUE HACEMOS LAS COSAS**

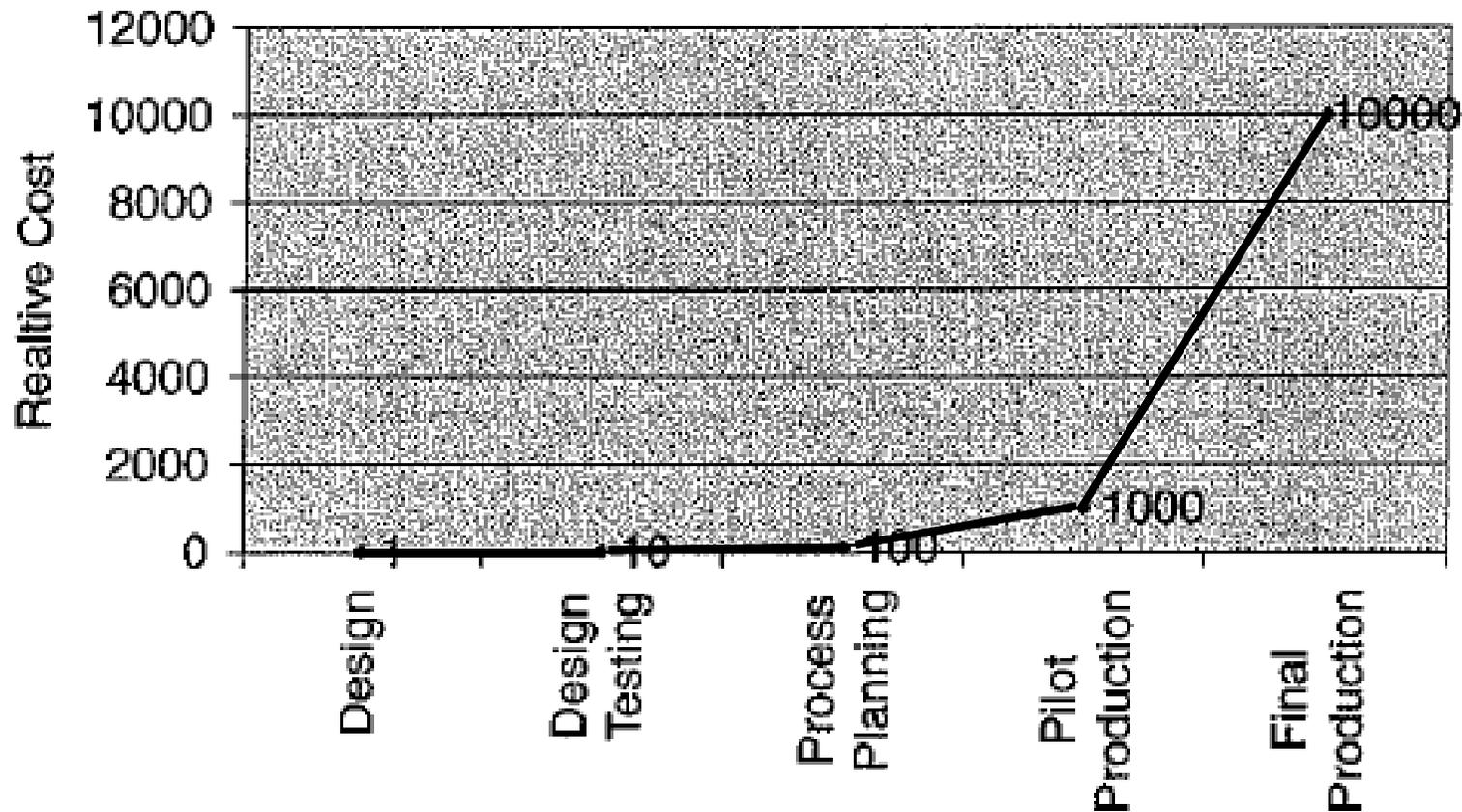


Introducción

Diseño para X

- DFS=servicio, busca que sea sencillo su puesta en marcha por parte del usuario, así como su modificación o ampliación de prestaciones del servicio.

Introducción



Different Stages in the Product Cycle

Principios Generales del DFX

1) Considerar el producto en su totalidad.

Productos, subsistemas y componentes.

Todas las actividades de fabricación, inspección y ensamblado.

No se puede mejorar solo una parte a costa de empeorar otra:

- Por ejemplo, se puede mejorar el diseño para que su ensamblado sea más eficiente, pero lo que se consigue además es que el desmontaje sea más difícil, empeorando las operaciones de mantenimiento del producto.
- Otro ejemplo, simplificar los componentes puede crear un proceso de ensamblado más complejo.

Principios Generales del DFX

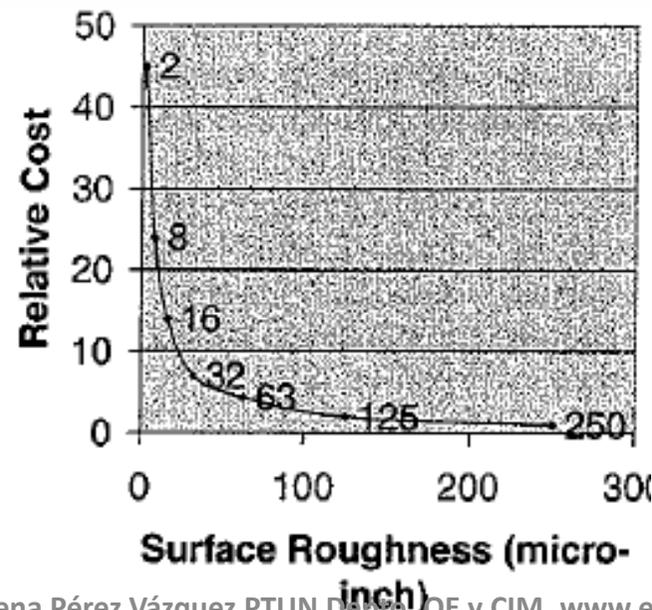
- 2) Se debe buscar primero la simplicidad en el diseño del sistema entero, después en el diseño de los subsistemas y por último, en el diseño de los componentes.**

Fijarnos sólo en simplificar los componentes nos puede llevar a perder oportunidades significativas de mejoras.

Principios Generales del DFX

3) Cuestionarnos si cada una de las necesidades funcionales es absolutamente necesaria.

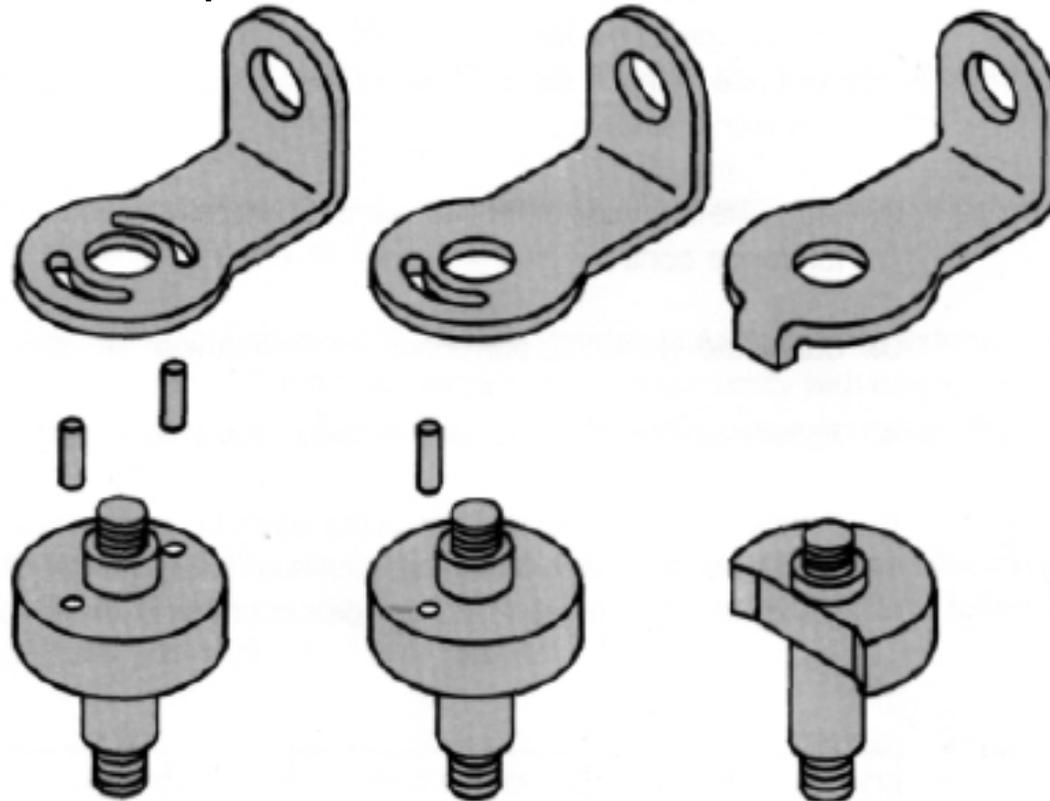
Las oportunidades están en reducir las necesidades funcionales superfluas. Por ejemplo: Examinar cuidadosamente las funciones de un eje nos permite relajar la rugosidad de la superficie, con el consiguiente ahorro de costes.



Principios Generales del DFX

4) Diseñar para minimizar el número de partes de un producto.

Simplifica las formas del producto, requiere menos precisión entre las partes, necesita menos pasos de fabricación y minimiza los requerimientos de información.



Principios Generales del DFX

5) Aplicar los conceptos de diseño modular y tecnología de grupo.

Por ejemplo, se ha demostrado que se puede reducir el número de tamaños de todos los taladros de un producto, reduciendo en número de herramientas diferentes que se necesitan, tanto en proceso de fabricación como de ensamblado y en las reparaciones posteriores.

Antes los coches tenían llantas diferentes para la derecha y para la izquierda.



Principios Generales del DFX

- 6) **Considerar siempre materiales y componentes estándar.**
- 8) **Diseñar de forma apropiada al nivel esperado de producción y a adaptarse a los sistemas productivos actuales en la empresa.**
- 9) **Seleccionar la forma de las materias primas lo mas similares posibles a la forma final del producto.**
- 10) **Diseñar para facilitar las operaciones de inspección.**
- 11) **Diseñar para facilitar en ensamblado y las operaciones de mantenimiento.**

Principios Generales del DFX

Resumen:

- Reducir el número total de partes.
- Desarrollar un diseño modular.
- Usar materiales y componentes estandarizados.
- Diseñar partes multifuncionales.
- Diseñar para fácil fabricación.
- Evitar partes separadas.
- Minimizar las operaciones de manipulación.
- Utilizar tolerancias amplias.
- Minimizar el número de operaciones.
- Evitar operaciones secundarias.
- Rediseñar componentes para eliminar pasos de proceso.
- Minimizar las operaciones que no añadan valor.
- Diseñar para el proceso.

DFM: Conceptos generales

Selección de procesos y materiales para fabricar el diseño

La selección de los procesos y materiales para fabricar un determinado proceso no pueden ser actividades independientes.

Selección del material:

Es posible poder eliminar tipos enteros de material por su coste o por la incapacidad de satisfacer los requerimientos operativos . Sin embargo, el rápido desarrollo de nuevos materiales nos permite tener una amplia cartera de posibilidades y elegir el material óptimo es bastante difícil.

Para facilitar esta selección es adecuado clasificar toda la información sobre productos en tres categorías:

Propiedades, especificaciones, y datos de gestión de inventarios

DFM: Conceptos generales

Especificaciones del Material:

Información sobre: coste, disponibilidad, zona de origen, tipo de suministrador, sistemas de transporte.

Datos sobre Gestión de Inventarios del Material:

Información sobre: coste de emisión de pedido, de posesión, punto de pedido, tiempo de suministro, tamaño del lote.

DFM: Conceptos generales

Diseño para procesos básicos: METAL

En las primeras etapas del diseño funcional se debe decidir si se utiliza el material en estado líquido, como en fundición, o en estado sólido como la forja.

Tipos diferentes de procesos de fabricación:

- Fundición: molde desechable y molde permanente
- Formado y Conformado: Laminación, forja, extrusión, estirado, etc..
- Maquinado: torneado, taladrado, barrenado, fresado, cepillado, etc.
- Unión: Soldadura sin aporte, soldadura con aporte, soldadura blanda, unión mecánica, etc.
- Acabado: Asentado, lapeado, pulido, bruñido, desbarbado, etc.

DFM: Conceptos generales

Diseño para procesos básicos: METAL

Por ejemplo, si se decide fundición, se debe tener en cuenta además, qué aleación utilizar y qué proceso de fundición utilizar para conseguir las tolerancias dimensionales, propiedades mecánicas y ratios de producción para obtener el menor coste posible.

Se debe diseñar la pieza sabiendo que se hará con fundición.

DFA**Diseño para ensamblado o montaje**

El montaje es una etapa en la que se detecta de forma inmediata una parte muy importante de los defectos de concepción de un producto y de fabricación de sus piezas.

En el montaje confluyen un conjunto complejo de operaciones que hay que analizar cuidadosamente para su optimización:

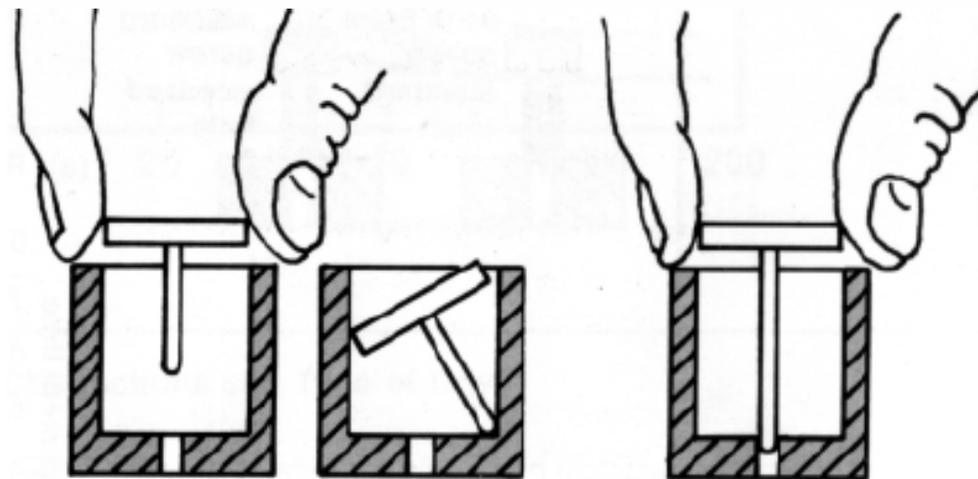
- La manipulación y composición de piezas y componentes
- La unión entre piezas
- El ajuste
- La puesta a punto
- La verificación del montaje

DFA

Operaciones de montaje: errores mas frecuentes

a) Operaciones de manipulación:

- Dificultad en el reconocimiento y referencia de piezas
- Dificultad de prensión
- Dimensiones o formas de difícil manipulación
- Roturas en la manipulación y en la inserción

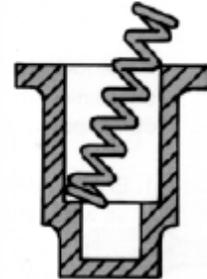


DFA

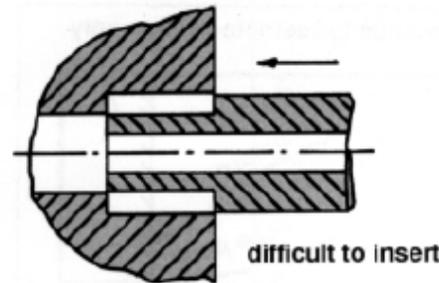
Operaciones de montaje: DEFECTOS mas frecuentes

b) operaciones de composición:

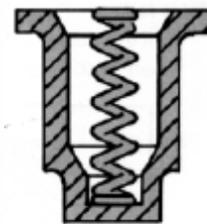
- Errores dimensionales y de forma
- Elementos deformados (fundición, soldadura, tratamientos térmicos)
- Tolerancias excesivamente críticas
- Falta de elementos de guía en las inserciones



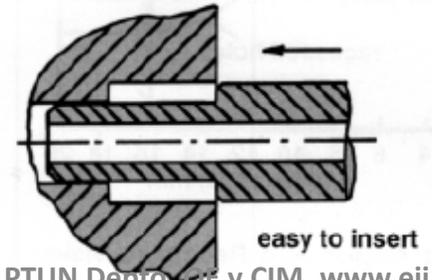
part can hang-up



difficult to insert



part falls into place



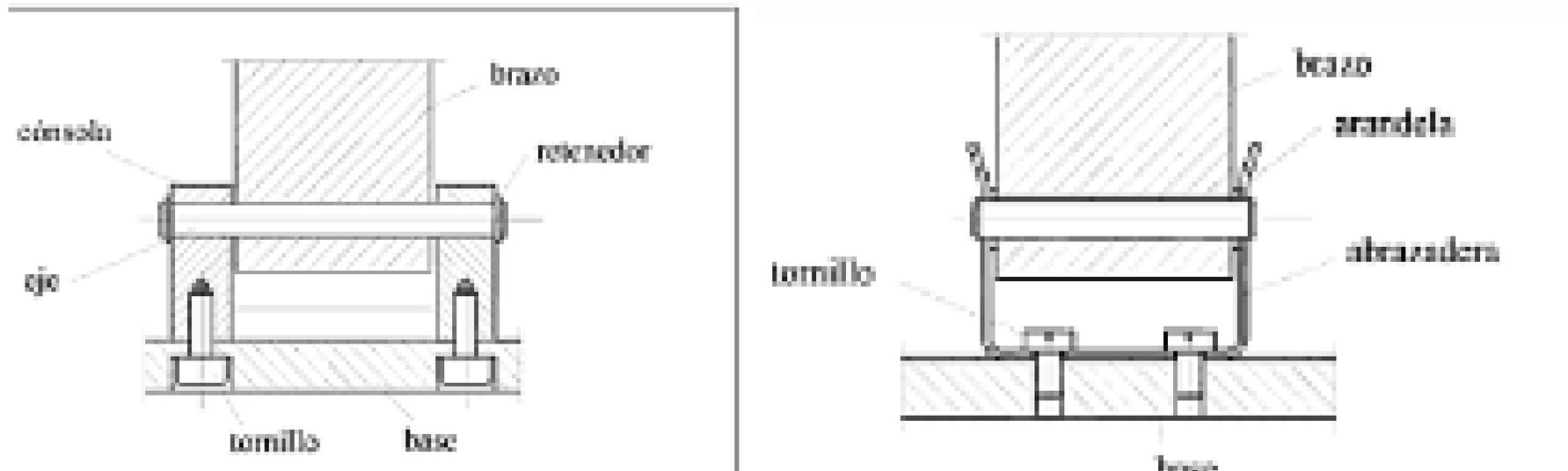
easy to insert

DFA

Operaciones de montaje: DEFECTOS mas frecuentes

c) Operaciones de unión:

- Acceso difícil a los puntos de unión
- Limitaciones en los movimientos para la unión
- Incorrecto encaje de las piezas (especialmente en chapas)
- Contaminación de superficies (soldadura, encolado)



DFA**Operaciones de montaje: DEFECTOS mas frecuentes****d) Funcionalidad y la calidad:**

- Funcionamiento incorrecto de enlaces (articulaciones, guías, rótulas)
- Sujeción deficiente de piezas y componentes
- Dispositivos que se desajustan, o que fallan
- Defectos estéticos en las partes exteriores
- Dificultad de desmontaje (disminución de la disponibilidad)

DFA

Idea básica del DFA:

Reducción del coste del montaje simplificando el diseño

Cómo??

Reducción del número de componentes

Asegurar que cada parte es fácil de montar

Incrementar el uso de partes estandarizadas

Diseñar con las tolerancias mas amplias posibles

DFA**Idea básica del DFA:****1.- Reducción del número de componentes**

Menor número de componentes en un diseño implica:

En el montaje manual, menor número de operaciones de montaje y por lo tanto menor número necesario de trabajadores en montaje.

En el montaje automático, menor número de fijaciones, de operaciones de mantenimiento,

DFA**Idea básica del DFA:****1.- Reducción del número de componentes****Método de Boothroy**

Proporciona una medida cuantitativa llamada eficiencia del diseño basada en el análisis del producto .

La eficiencia compara el tiempo total de montaje de un producto respecto al del tiempo de montaje de un producto ideal.

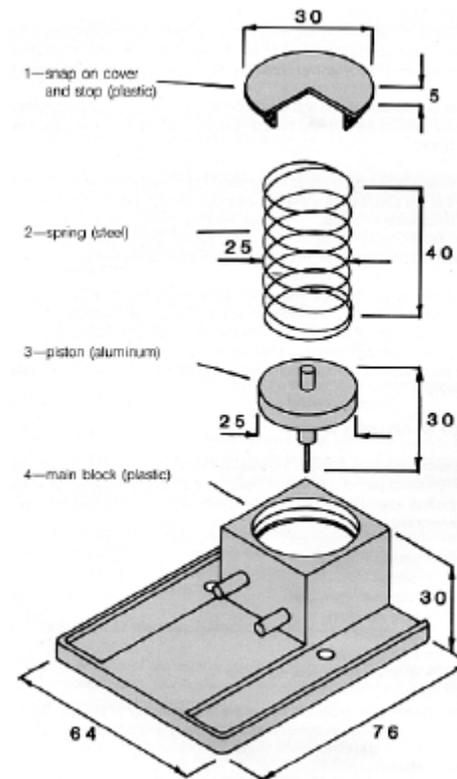
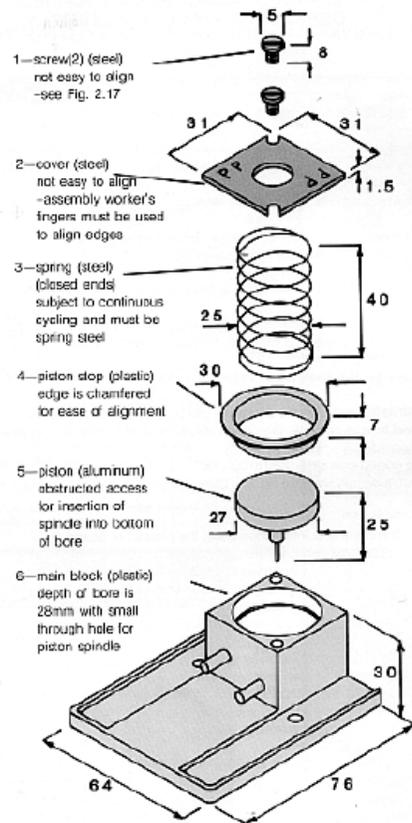
Permite compara diferentes diseños de montaje.

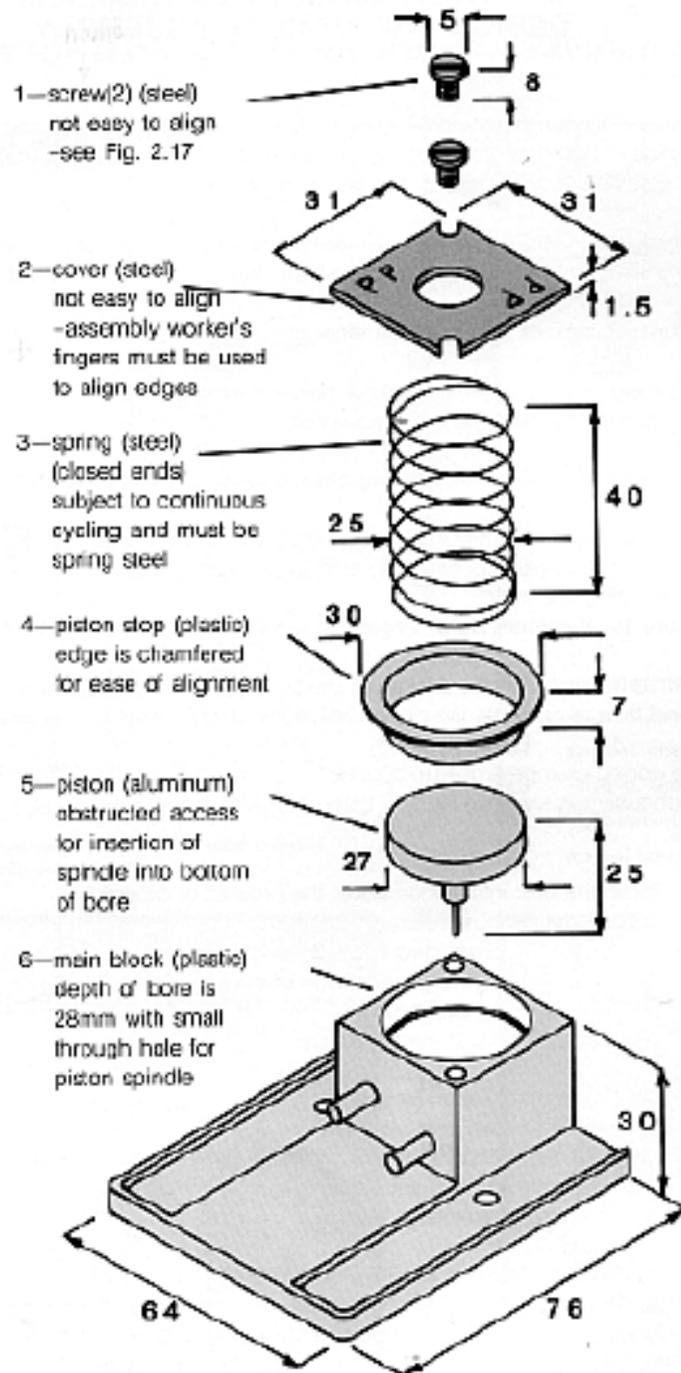
DFA

Idea básica del DFA:

1.- Reducción del número de componentes

Método de Boothroyd: ejemplo





pistón neumático (original)	1	2
	número de pieza	veces que se ejecuta operación
Base	6	1
Pistón	5	1
Tope del pistón	4	1
Muelle	3	1
Tapa	2	1
Tornillo	1	2



DFA

pistón neumático (original)	1	2	3	4	5	6	7	8
	número de pieza	veces que se ejecuta operación	código de manipulación manual	tiempo de manipulación manual	código de inserción manual	tiempo de inserción manual	tiempo de operación $(2) \times ((4) + (6))$	piezas funcionales
Base	6	1	30	1,95	00	1,50	3,45	
Pistón	5	1	10	1,50	02	2,50	4,00	
Tope del pistón	4	1	10	1,50	00	1,50	3,00	
Muelle	3	1	05	1,84	00	1,50	3,34	
Tapa	2	1	23	2,36	08	6,50	8,86	
Tornillo	1	2	11	1,80	39	8,00	19,60	
							42,25	
							t_{ma}	

DFA

Para calcular la columna 9 se debe responder a tres preguntas:

- 1.- Durante la utilización del producto esta parte debe ser móvil respecto al resto de partes?
- 2.- Debe ser esta parte de un material diferente al del resto de partes del producto?
- 3.- Debe estar esta parte separada del resto de partes ya ensambladas?

Si la respuesta es SI a todas se pone in 1
 Si la respuesta en alguna es NO se pone 0

pistón neumático (original)	8
	piezas funcionales
Base	1
Pistón	1
Tope del pistón	1
Muelle	1
Tapa	0
Tornillo	0
	4
	N_{min}

DFA

pistón neumático (original)	1	2	3	4	5	6	7	8
	número de pieza	veces que se ejecuta operación	código de manipulación manual	tiempo de manipulación manual	código de inserción manual	tiempo de inserción manual	tiempo de operación $(2) \times ((4) + (6))$	piezas funcionales
Base	6	1	30	1,95	00	1,50	3,45	1
Pistón	5	1	10	1,50	02	2,50	4,00	1
Tope del pistón	4	1	10	1,50	00	1,50	3,00	1
Muelle	3	1	05	1,84	00	1,50	3,34	1
Tapa	2	1	23	2,36	08	6,50	8,86	0
Tornillo	1	2	11	1,80	39	8,00	19,60	0
Eficiencia de montaje = $= N_{min} \cdot t_d / t_{ma} = 4 \cdot 3 / 42,25 =$	0,29						42,25	4
							t_{ma}	N_{min}

pistón neumático (rediseñado)	1	2	3	4	5	6	7	8
	número de pieza	veces que se ejecuta operación	código de manipulación manual	tiempo de manipulación manual	código de inserción manual	tiempo de inserción manual	tiempo de operación (2)x(4)+(6))	piezas funcionales
Base	4	1	30	1,95	00	1,5	3,45	1
Pistón	3	1	10	1,50	00	1,5	3,00	1
Muelle	2	1	05	1,84	00	1,5	3,34	1
Tapa con tope	1	1	10	1,50	30	2,0	3,50	1
Eficiencia de montaje = = $N_{min} \cdot t_d / t_{ma} = 4 \cdot 3 / 13,29 =$							13,29	4
	0,90						t_{ma}	N_{min}

DFA**Las operaciones relacionadas con el proceso de ensamblado**

El montaje de un producto está relacionado:

- Productividad
- Disminución de costes
- Funcionalidad
- Calidad.

Por ello la tendencia de las industrias con producto propio es de subcontratar una parte importante de la fabricación de piezas y componentes y, al mismo tiempo, reservarse las operaciones de montaje final, puesta a punto y verificación como garantía de una correcta funcionalidad y calidad del producto.

DFA**Recomendaciones finales****1.- Para conservar el orden de las piezas durante los procesos de montaje se recomienda:**

- Para piezas pequeñas fabricadas en grandes series utilizar dispositivos vibradores (cubas, mesas) con trampas mecánicas para eliminar las orientaciones no deseadas (coste importante en utillajes).
- Para piezas más complejas o de mayor tamaño utilizar sistemas robóticos dotados de percepción artificial (normalmente visión), de coste generalmente más elevado.
- Para piezas de grandes dimensiones se suelen manipular manualmente con la ayuda de utillajes.

DFA**Recomendaciones finales****2.- Diseñar a partir de una estructuración modular.****3.- Disminuir la complejidad.**

Es uno de los objetivos básicos del DFMA.

A tal fin se recomienda:

- Minimizar número de piezas y variantes
- Reducir los flujos de materiales, energía, señales
- Minimizar las operaciones de mecanizado
- Minimizar las operaciones de montaje

DFA**Recomendaciones finales**

- 4.- Establecer en cada conjunto o módulo un elemento base de sujeción y referenciación.**
- 5.- Reducir el número de direcciones de montaje a una .**
- 6.- El montaje debe ser lo más fácil posible.**

Esto se consigue:

- Facilitando la orientación mediante simetrías
- Facilitando la inserción mediante chaflanes y tolerancias adecuadas
- Optimizando espesores y dimensiones de pieza
- Facilitando la accesibilidad
- Evitando la autoretenición

DFA**Recomendaciones finales**

7.- Reducir y simplificar al máximo las uniones entre piezas.

8.- Realizar un análisis del montaje.

En cuanto a tiempos y costes para evaluar los puntos que requieren mejora y los beneficios de las actuaciones realizadas.

DFD

Objetivos del DFD

- Minimizar la complejidad de la estructura.
- Reducir el número de componentes.
- Usar el mayor número posible de materiales en común.
- Buscar los tipos de unión mas adecuados para facilitar el desensamblado.

DFD

Factores que afectan a la facilidad de desensamblado

- **Uso de la fuerza.** Tratar que sea lo menor posible.
- **Mecanismo de desensamblaje.** Procurar que sea lo más simple posible y que requiera el menor grado de precisión a la hora de utilizarlo.
- **Herramientas.** A ser posible, que no hagan falta herramientas.
- **Componentes repetidos.** Procurar que haya pocos para evitar confusión entre ellos.

DFD

Factores que afectan a la facilidad de desensamblado

- **Facilidad de reconocimiento de los puntos de desensamblaje.**
Cuando hay suciedad a veces puede ser difícil identificar dónde se tienen que romper las uniones.
- **Estructura del producto.** Tratar que sea lo más simple posible.
- **Empleo de materiales tóxicos.** Procurar evitarlos por seguridad para el operario que debe desensamblar el producto.

DFD**Principales reglas para el DFD****1.- Menor trabajo de desensamble.**

- Limitar la variabilidad del material.
- Poner juntos los materiales de igual tipo para evitar operaciones de desensamblaje innecesarias.
- Para componentes expuestos a condiciones duras, usar uniones inoxidable.
- Proteger los subcomponentes de la suciedad y la corrosión.
- Evitar segundas manos (pintados, recubrimientos, etc..)

DFD**Principales reglas para el DFD****2.- Configuración predecible del producto**

- Evitar la combinación de productos mutuamente corrosivos.
- Meter los productos peligrosos en módulos sellados, separados y accesibles.
- Colorear diferentemente los distintos materiales, para facilitar su clasificación posterior.
- Proporcionar identificación clara de los módulos reparables y reusables.

DFD**Principales reglas para el DFD****3.- Facilidad de desensamblaje**

- Permitir en acceso a los puntos de drenaje, con huecos y esquinas fácilmente accesibles. (se ha estimado que el 90% de lo desensamblado debe ser lavado posteriormente).
- Usar uniones fáciles de eliminar y destruir, sobre todo entre componentes que tengan distintos destinos.
- Minimizar el número y la variedad de uniones.
- Permitir fácil acceso a las uniones, y a los puntos de evacuación de líquidos peligrosos.
- Evitar direcciones de desensamblaje múltiples, o movimientos complejos.
- Evitar insertar metales en piezas plásticas.

DFD**Principales reglas para el DFD****4.- Facilidad de manejo**

- Facilitar superficies para asideros.
- Evitar las partes no rígidas.
- Evitar los componentes y materiales que puedan dañar las herramientas de desensamblaje.

DFD

Método de evaluación de la facilidad de desensamblaje

Se realiza con una tabla con tantas filas como operación o piezas tenga el producto, y 14 columnas:

- 1.- Código de la pieza
- 2.- Número mínimo de piezas. Se debe hacer un análisis para determinar si está justificada su existencia separada del resto. Igual que para el DFA:

¿Durante la utilización del producto esta parte debe ser móvil respecto al resto de partes?

¿Debe ser esta parte de un material diferente al del resto de partes del producto?

¿Debe estar esta parte separada del resto de partes ya ensambladas?

Si la respuesta es SI a todas se pone in 1

Si la respuesta en alguna es NO se pone 0

DFD

Método de evaluación de la facilidad de desensamblaje

- 3.- Número de veces que tendrá que repetirse la operación de desensamblado correspondiente.
- 4.- Tipo de operación:

P-empujar o tirar
R-sacar
U-desatornillar
F-girar
C-cortar

G-apretar
M-deformar
P-pelar
W-sacar
D-taladrar
O-otra

- 5.- Dirección a través de la cual la pieza es extraída ($\pm X$, $\pm Y$, $\pm Z$)
- 6.- Tipo de herramientas (hay 10 tipos diferentes)

DFD**Método de evaluación de la facilidad de desensamblaje**

7 -11.- Se incluyen 5 valores subjetivos que miden la dificultad de realizar la operación de desensamblaje en relación a la accesibilidad, precisión con la que la herramienta debe posicionarse para realizarla, fuerza requerida, penalización adicional de tiempo que se quiera meter y problemas especiales. Se puntúan de 1 a 5. El valor 1 es que no hay ninguna dificultad y el 5 es máxima dificultad.

Estas 5 columnas se pueden sustituir por un valor numero mas objetivos como el tiempo que lleva esa operación si se tiene el dato.

DFD

Método de evaluación de la facilidad de desensamblaje

- 12.- Suma de los valores de las columnas 7 a 11.
- 13.- Valor total de cada operación. Se calcula como el producto de las columnas 3 y 12. Y representa la dificultad global de cada operación. Cuanto mayor valor mayor dificultad.
- 14.- reservada para comentarios.

Eficiencia = $100 \times (5 \times \text{Suma valores columna 2}) / (\text{suma valores de la columna 13})$

Cuanto mayor valor mas eficiente es el proceso de desensamblaje

DFD

Método de evaluación de la facilidad de desensamblaje

Ejemplo

$$\text{Eficiencia} = 100 \times (5 \times \text{Suma valores columna 2}) / (\text{suma valores de la columna 13})$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cod. Piezas	Min. Part.	Num. Rep.	Tipo op.	Direcc.	Tipo Herr.	Acces.	Posic.	Fuerza	Tiem-po	Espe-cial	Su-total	Total	Comen
1	0	3	U	Z	I	2	1	1	3	3	10	30	
2	1	1	F	Z, -Z	I	1	2	2	2	2	9	9	
	1	1	W	X,Z	II	3	3	3	1	3	13	13	
	1	1	R	-X	IV	4	4	2	2	2	14	14	
3	1	1	P	X	X	3	5	1	3	3	15	15	
4	1	1	R	Z	VI	2	2	1	4	1	10	10	
5	0	2	R	Y	III	3	2	3	3	2	13	26	
Suma	5											117	

$$\text{Eficiencia} = 100 \times (5 \times 5) / (117) = 21.36$$

Bibliografía:

Diseño Concurrente. Carles Riba Romeva [I/Bc 7.-RIBdis](#)

ASM Metals Handbook , 10th edition, Vol. 1, .Properties and Selection Irons, Steels and High performance alloys..ASM,
ASM Metals Handbook , 10 th edition, Vol.2 ,.Properties and Selection Non Ferrous Alloys..ASM,

[Boothroyd, 1992], Boothroyd, G. (1992), *Assembly automation and product design, Marcel Dekker, Inc., New York.*

Handbook of industrial Engineering. Salvendy (Ed). Pp 1311-1331

Logística inversa y Medio Ambiente. Adenso Díaz et al. 2004

CRADLE TO CRADLE. REDISEÑANDO LA FORMA EN QUE HACEMOS LAS COSAS DE LA CUNA A LA CUNA (2005) de William McDonough y Michael Braungart

Tema 2: Herramientas para el diseño de Sistemas Avanzados de Producción

Sistema de producción Toyota

Índice

- Introducción.
- Casa TPS.
- Bases del TPS
- SPC

Introducción

Origen

- Escasez de recursos.
- Problemas de espacio.
- Estos problemas se agudizaron en los años 70: la crisis del petróleo.

Objetivo: Fabricar justo lo que se necesita en el momento necesario

Casa TPS

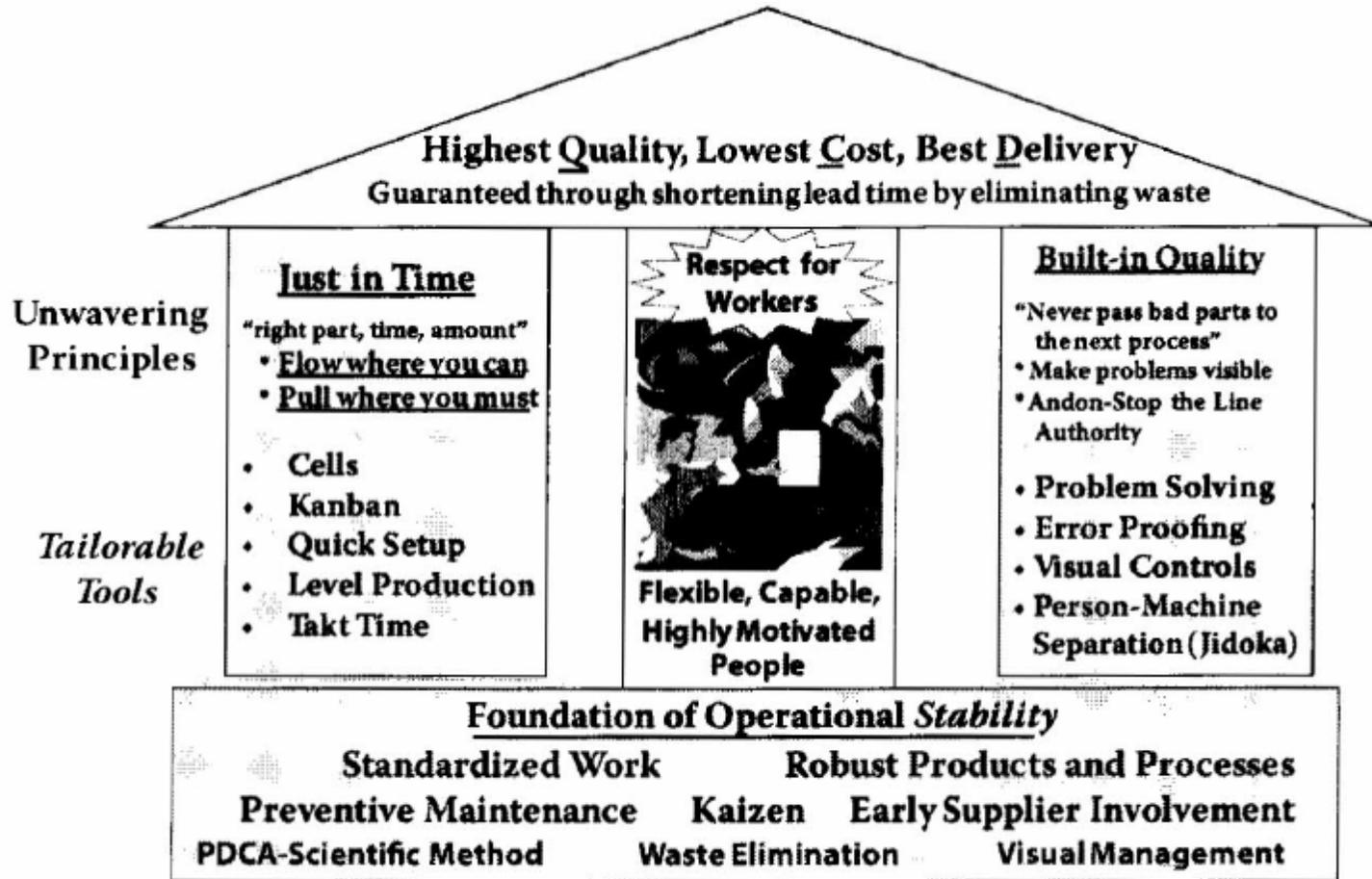


Figure 2.2 Toyota House Model, adapted by Steve Hoefft from Jeffrey Liker, 2002.

Bases del TPS: Mantenimiento

Hay tres tipos de mantenimientos:

1.- Mantenimiento correctivo.

El que hace una vez ha aparecido el problema en la máquina. Lo hacen técnicos especialistas en reparación.

2.- Mantenimiento preventivo.

El que se hace antes de que haya aparecido el problema, con datos estadísticos o datos del proveedor:

(cambio de lubricantes, herramientas, limpieza,...).

Este tipo de mantenimiento lo hace directamente el operario de la máquina.

Bases del TPS

3.- Mantenimiento predictivo.

Es el mantenimiento que aplicando técnicas estadísticas (**SPC**) permite controlar el proceso para detectar cuando se va a producir un fallo antes de que éste se produzca, y sobre todo antes de que se produzcan productos defectuosos.

SPC

El enemigo a batir con el SPC (control estadístico de procesos) es la variabilidad de los procesos.

Técnicamente, calidad que persigue el SPC equivale a un nivel de calidad con menos de 0,000003 defectos por oportunidad (3 defectos por millón de oportunidades).

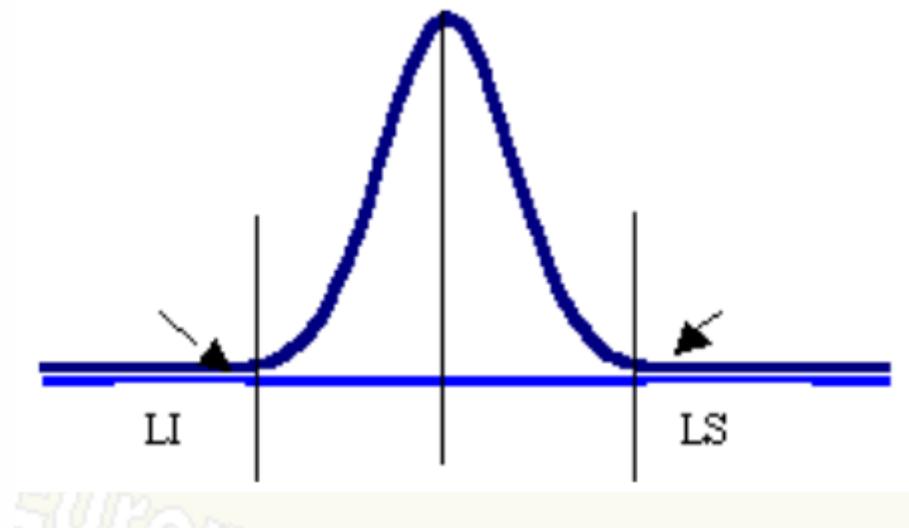
El fabricante de calidad es a la vez el fabricante que es capaz de producir a bajo coste. Es menos costoso fabricar bien a la primera que gastar dinero en ajustes, correcciones y controles.



SPC

Base estadística del SPC

La mayoría de los procesos productivos siguen una distribución normal, con una distribución de frecuencias siguiendo la campana de Gauss y con una probabilidad de que algunos valores queden fuera de los límites superior e inferior; esta probabilidad es lo que entendemos por “probabilidad de defecto”.



SPC

Base estadística del SPC

En los procesos repetitivos (como en los productivos) NO se obtienen bienes iguales.

Siempre existen diferencias:

- Las grandes se detectan fácilmente.
- Las pequeñas son mas difíciles de detectar.

Se denomina variación a las diferencias que resultan del efecto combinado de las influencias, internas y externas, que afectan a los factores (mano de obra, instalaciones, materiales y entorno) que intervienen en un proceso.

Es aplicable a procesos administrativos, de fabricación o de servicios.

SPC

Base estadística del SPC

Las causas que provocan las variaciones son de dos tipos:

Causas Comunes:

Constan de muchas causas diferentes pero de pequeña magnitud.

Aparecen en muchos instantes del proceso.

Son estables y previsibles.

Permanecen en el proceso.

Causas Especiales:

Constan de una o pocas causas pero de magnitud significativa.

Aparecen esporádicamente en el proceso.

Son inestables e imprevisibles.

Pueden reaparecer.

SPC

Base estadística del SPC

Las causas que provocan las variaciones son de dos tipos:

Causas Comunes: ejemplos

Vibraciones en máquinas

Pequeños cambio en materias primas

Desgaste de herramientas

Causas Especiales: ejemplos

Error del operario

Ajuste incorrecto

Materia prima defectuosa

SPC

Base estadística del SPC

Las causas que provocan las variaciones son de dos tipos:

Causas Comunes: influencia en el proceso

El proceso tiene un comportamiento estable en el tiempo y las características de salida pueden predecirse.

Si las causas comunes producen defectos la solución es realizar cambios en el proceso que disminuyan el efecto de las mismas.

Causas Especiales: influencia en el proceso

El proceso es inestable sobre el que no se puede predecir la homogeneidad de las características de salidas.

Las causas especiales se detectan con técnicas estadísticas mediante acciones de tipo local.

SPC

Base estadística del SPC

Proceso Estable

Es el que resulta cuando sólo están presentes causas comunes de variación.

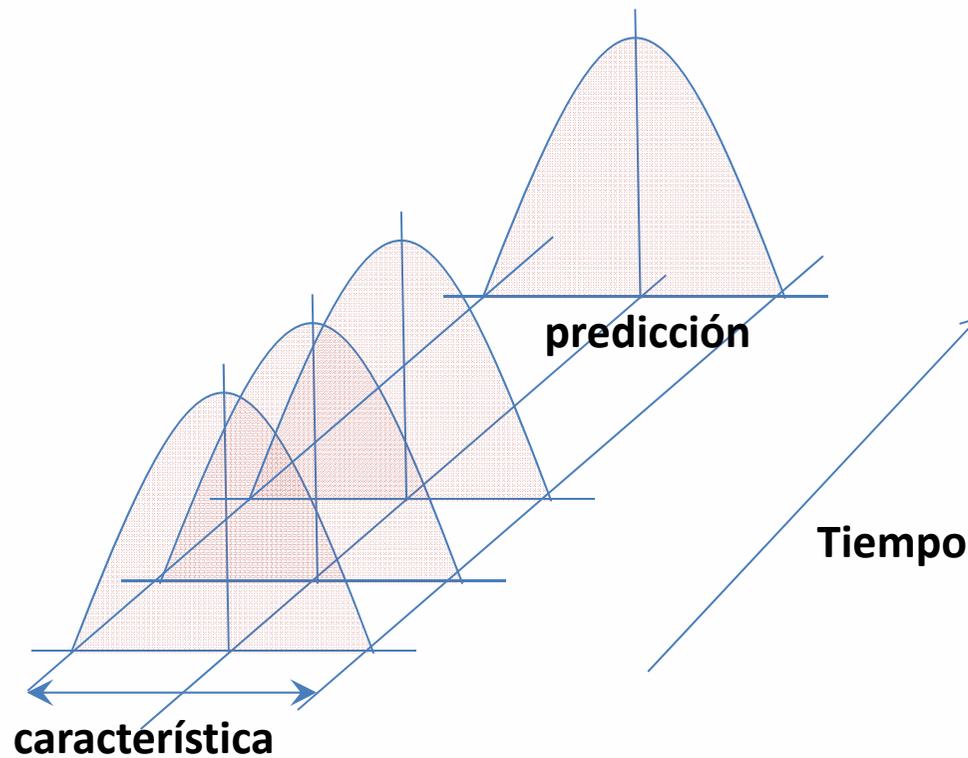
Un proceso estable es consistente. El resultado no varía a lo largo del tiempo.

La media no se desvía y la dispersión no aumenta ni disminuye. Las características y los costes pueden ser predichos.

SPC

Base estadística del SPC

Proceso Estable



SPC

Base estadística del SPC

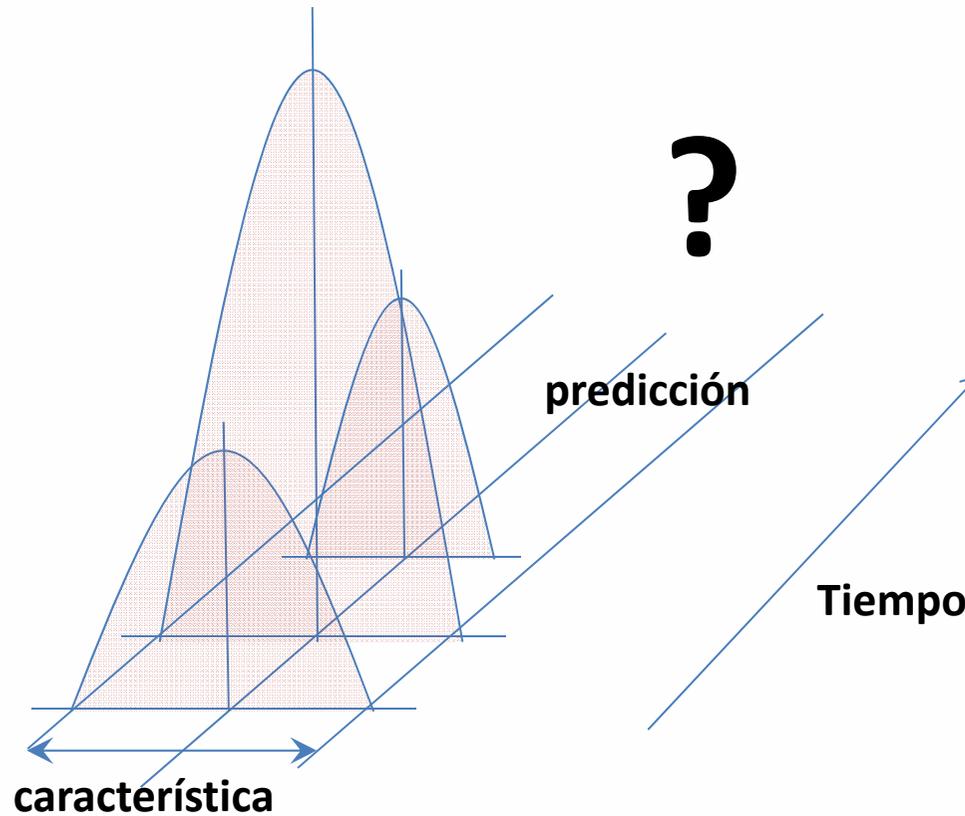
Proceso Inestable

Es el que resulta cuando aparece alguna causa especial de variación. Para que pase a ser estable requiere someterlo al control estadístico mediante la detección, la identificación y la eliminación de las causas especiales de variación.

SPC

Base estadística del SPC

Proceso Inestable



SPC

Base estadística del SPC

Proceso Capaz

Se dice que un proceso es capaz respecto a una característica determinada, si las distribuciones estadísticas de las medidas de la misma están dentro de los límites de la especificación.

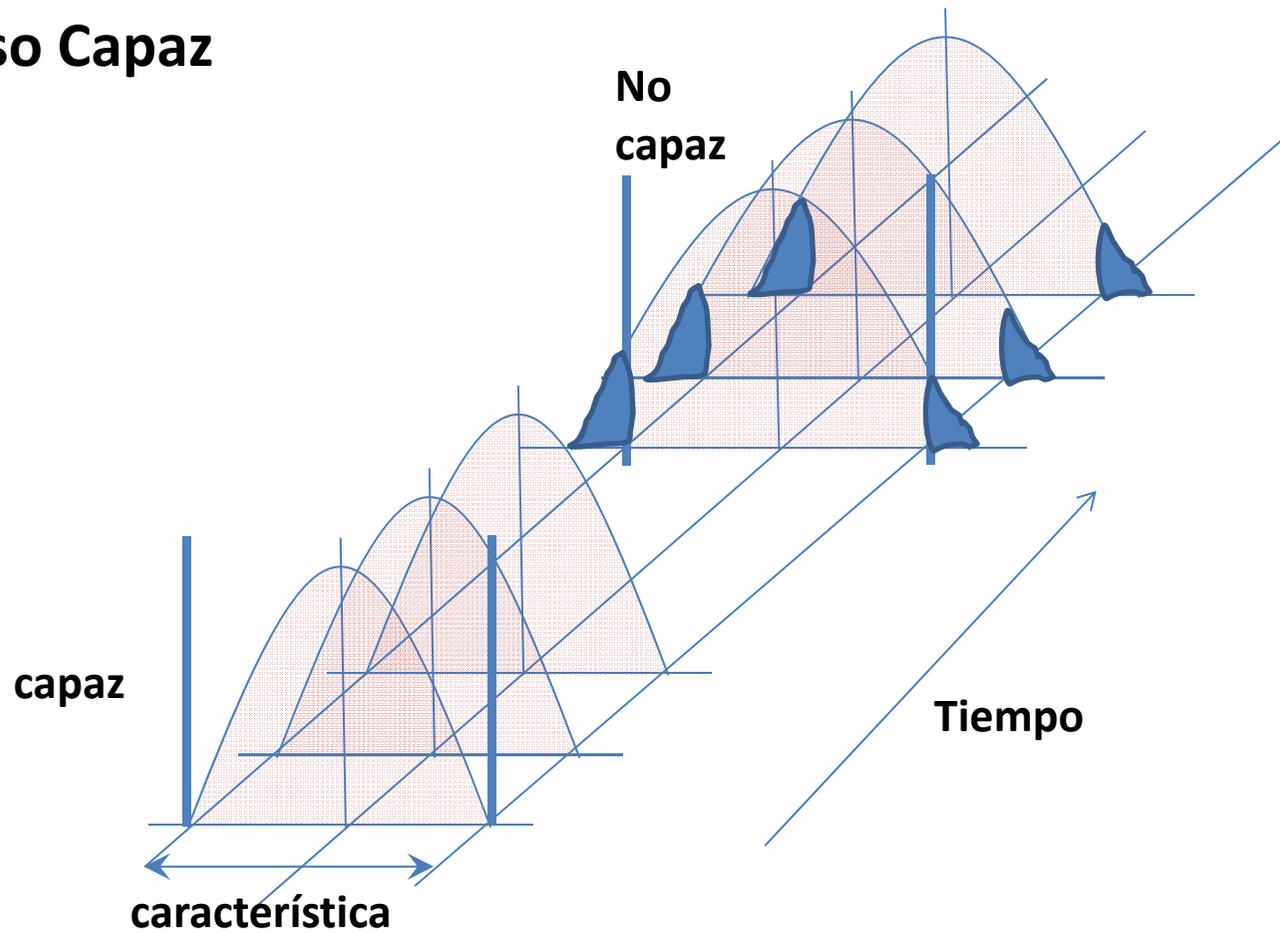
Para que un proceso sea capaz, primero debe ser estable.

Un proceso capaz genera, de forma consistente, productos que cumplen con los requisitos de calidad establecidos en el manual de calidad.

SPC

Base estadística del SPC

Proceso Capaz



SPC

Base estadística del SPC

Proceso



SPC

Definición del SPC:

Es un instrumento de gestión que permite, mediante la comparación del funcionamiento del proceso con unos límites establecidos estadísticamente, y la modificación de las condiciones del proceso, si es necesario, establecer y garantizar la consecución de los objetivos deseados bajo la filosofía de la prevención.

SPC

Objetivos del SPC:

Conocer la variabilidad de los factores que integran un proceso.

Prevenir los defectos.

Reducir costes.

Cumplir los requisitos.

SPC

Gráficos de control:

Es la representación gráfica, en el tiempo, del funcionamiento del proceso, comparado con unos límites calculados estadísticamente.

Con esta comparación gráfica se pretende detectar si existen causas especiales de variación que afectan al proceso, para ser capaces de identificarlas.

Tipos de gráficos de control:

- Gráficos por variables.
- Gráficos por atributos. (menos utilizados)

SPC

Gráficos de control por variables:

Gráficos de medias y recorridos: \bar{X} / R

Se divide en dos partes:

El gráfico de medias: \bar{X}

El gráficos de recorridos: R

SPC

Construcción del Gráficos:

- 1) Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra o subgrupo deberá ser cte. ($n=4$ o 5 unidades).
- 2) Frecuencia del muestreo. Lo mas normal es de 15 a 30 minutos al comienzo del estudio hasta pasar a una frecuencia de una o dos horas cuando el proceso esté estabilizado.
- 3) Número de muestras. Desde un punto de vista estadístico, 25 o mas muestras para la primera fase del SPC (establecimiento de los límites de control).

SPC

Construcción del Gráficos:

- 4) Registro de datos. En el gráfico de medias y recorridos, lo normal es registrar la media en la parte superior, y debajo la parte de recorridos.

La escala vertical se asigna a los valores de las medias y recorridos.

La escala horizontal es para el tiempo entre tomas.

Cada punto de la gráfica registra la media de cada muestra y el recorrido.

SPC

Construcción del Gráficos:

4) Imagen muestra del gráfico

GRAFICO DE CONTROL POR VARIABLES															
Planta:	Depto:	Operación:	Especificación:	Nº de											
Máquina Nº:	Fecha:	Variable:	Tamaño/Frecuencia:	Denom											
$\bar{X} =$		$LSC = M + A_2 \bar{R} =$				$LIC = M - A_2 \bar{R} =$				MEDIANAS					
[Empty grid for Medianas]															
$\bar{R} =$		$LSC = D_4 \bar{R} =$				$LIC = D_3 \bar{R} =$				RECORRIDOS					
[Empty grid for Recorridos]															
Fecha:															
Hora															
1															
2															
3															
4															
5															
Suma															
Media															
R															

SPC

Construcción del Gráficos:

5) Cálculo de la media y el recorrido de **UNA** muestra (tamaño n).

Media

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Recorrido

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

6. Cálculo de la media de las medias y la media de los recorridos de **TODAS** las muestras (k muestras).

Media Total

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

Recorrido medio

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}$$

SPC

Construcción del Gráficos:

7) Cálculo de los límites de control.

Gráficos de Medias

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Gráfico de Recorridos

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

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

A_2 , D_3 y D_4 están tabulados

SPC

Construcción del Gráficos:

7) Cálculo de los límites de control.

Gráficos de Medias

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Gráfico de Recorridos

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

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

<i>n</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>E</i> ₂	<i>E</i> ₃	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	1,880	2,659	0	3,267	2,660	3,760	0	3,267
3	1,023	1,954	0	2,568	1,772	3,385	0	2,574
4	0,729	1,628	0	2,266	1,457	3,256	0	2,282
5	0,577	1,427	0	2,089	1,290	3,191	0	2,114
6	0,483	1,287	0,030	1,970	1,184	3,153	0	2,004
7	0,419	1,182	0,118	1,882	1,109	3,129	0,076	1,924
8	0,373	1,099	0,185	1,815	1,054	3,109	0,136	1,864
9	0,337	1,032	0,239	1,761	1,010	3,095	0,184	1,816
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,075	3,084	0,223	1,777

Tabla 2 Constantes fórmulas SPC [9]

n= tamaño de la muestra

SPC

Construcción del Gráficos:

7) Registro de los datos.

Se traza en el gráfico de medias, la media total con línea continua. En el de recorridos se traza el recorrido medio. Los límites LSC y LIC con líneas discontinuas.

Puntos con el valor de la media de cada muestra de forma ordenada en el tiempo.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

Si la variabilidad del proceso se mantuviese en sus términos actuales, tanto las medias como los recorridos variarían de forma fortuita y en raras ocasiones sobrepasarían los límites de control.

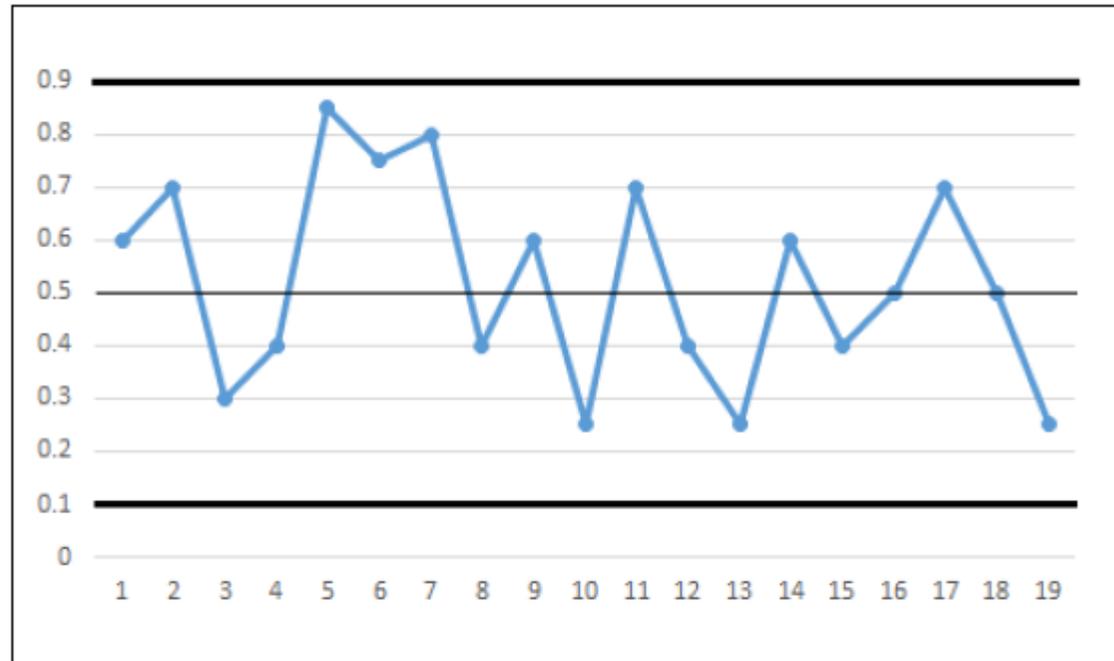


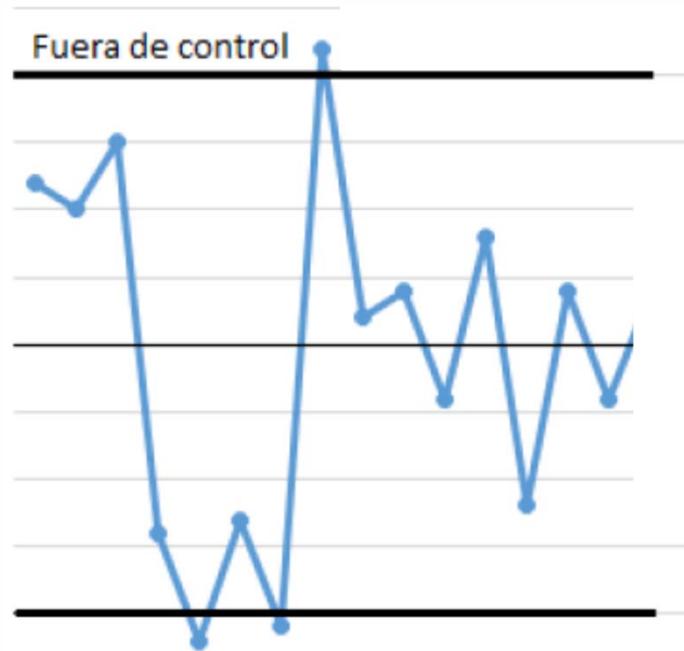
Fig. 17 Pauta normal de comportamiento

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

Pero, si los sobrepasa, se está ante una señal de que la variabilidad del proceso ha cambiado. En este caso, es necesario analizar las causas del cambio y buscar soluciones pertinentes.



SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

Los gráficos de Medias y Recorridos se analizan por separado, comenzando siempre por el de Recorridos.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.1. Situaciones posibles: Gráfico por Recorridos

- **Puntos fuera de control:**

Por encima del LSC.

Existe una causa especial que ha provocado un aumento de la variabilidad del proceso. El punto debe ser marcado para su análisis posterior.

Por debajo del LIC.

Ha disminuido la variabilidad se analizará.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.1. Situaciones posibles: Gráfico por Recorridos

▪ **Presencia de tramas o rachas:**

- ✓ 7 puntos consecutivos, o mas, todos al mismo lado del recorrido medio.
- ✓ 7 puntos consecutivos, o mas, todos en línea ascendente o descendente.
- ✓ De 11 puntos consecutivos, 10 están al mismo lado del recorrido medio y el restante, antes del séptimo, al otro lado.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.1. Situaciones posibles: Gráfico por Recorridos

■ **Presencia de tramas o rachas:**

Se señala el último punto de la racha o trama y se traza una línea hasta el comienzo de la racha o trama para indicar el periodo de actuación de las causas de variación.

Las rachas por encima o en línea ascendente, significan aumento de la variabilidad.

Las rachas por debajo o el línea descendente, significan disminución de la variabilidad. En este caso es fundamental identificarlas para incorporarlas al proceso.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.1. Situaciones posibles: Gráfico por Recorridos

▪ **Presencia de pautas o series no fortuitas:**

- ✓ 2 de 3 puntos consecutivos están a más de las dos desviaciones típicas del recorrido medio.
- ✓ 4 de 5 puntos consecutivos están a más de una desviación típica del recorrido medio.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.2. Situaciones posibles: Gráfico de Medias

Si los recorridos están bajo control estadístico. La dispersión del proceso es estable y pueden analizarse las medias, para observar la evolución de la media del proceso.

Si las medias están fuera de control estadístico, existen causas especiales que hacen inestable el lugar central del proceso.

SPC

Construcción del Gráficos:

8) Interpretación del gráfico

8.2. Situaciones posibles: Gráfico de Medias

- **Puntos fuera de control.** Por encima del LSC o por debajo del LIC.

Existe una causa especial que ha provocado una desviación de la media del proceso.

El punto debe ser marcado para su análisis posterior.

- **Tramas o Rachas:** igual que para recorridos.
- **Pautas o series:** igual que para recorridos.

SPC

Construcción del Gráficos:

9) Actuaciones sobre el proceso.

- **Existencia de puntos del recorrido fuera de LSC_R.**

Indica que pueden existir piezas defectuosas en el lote correspondiente, por lo que la producción debe ser parada, e inspeccionada al 100% las piezas producidas durante este periodo de muestreo.

El trabajo no debe ser reanudado hasta que la causa de la variación haya sido identificada y eliminada.

- **Existencia de puntos del recorrido fuera de LIC_R.**

Indica disminución de la variabilidad y el proceso debe ser analizado para determinar la causa e incorporarla al proceso.

SPC

Construcción del Gráficos:

9) Actuaciones sobre el proceso.

- **Existencia de puntos de las medias fuera de LSC_x y/o LIC_x .**

Existencia de causas especiales.

Indica que el proceso ha sufrido una variación pero no necesariamente que existen piezas defectuosas en el lote.

El proceso puede continuar, y en paralelo, se comprueba la producción durante ese periodo para investigar las causas que han producido dicha variación.

SPC

Construcción del Gráficos:

9) Actuaciones sobre el proceso.

- **Existencia de pautas o rachas.**

Existencia de causas especiales

Indica que el proceso ha sufrido una variación pero no necesariamente que existen piezas defectuosas en el lote.

El proceso puede continuar, y en paralelo, se comprueba la producción durante ese periodo para investigar las causas que han producido dicha variación.

Si son beneficiosas se estudiarán para incorporarlas.

Si son negativas se eliminarán del proceso

SPC

Construcción del Gráficos:

10) Recálculo de los límites de control.

Los límites de control deben ser recalculados cada vez que se observen períodos fuera de control cuyas causas ya han sido detectadas y corregidas.

SPC

Construcción del Gráficos:

10) Recálculo de los límites de control. Procedimiento:

Primero Gráfico de Recorridos.

- a. Si hay muestras por **encima** del LSC_R se debe eliminar la muestra y recalcular nuevos LSC_R/LIC_R .
- b. Volver a analizar las muestras que quedan con respecto a los nuevos LSC_R/LIC_R .
 1. Si no hay mas puntos por encima del LSC_R , se pasa a estudiar el gráfico de medias.
 2. Si hay mas puntos por encima del LSC_R se vuelven a eliminar estas muestras y recalcular nuevos LSC_R/LIC_R y se pasa al punto b.

SPC

Construcción del Gráficos:

10) Recálculo de los límites de control. Procedimiento:

Una vez el gráfico de recorrido sea estable, con las muestras que quedan se hace el estudio de medias.

- a. Si hay muestras por **encima y por debajo** de LSC_x/LIC_x se debe eliminar la muestra y recalcular nuevos LSC_x/LIC_x .
- b. Volver a analizar las muestras que quedan con respecto a los nuevos LSC_x/LIC_x .
 1. Si no hay mas puntos fuera de LSC_x/LIC_x , se pasa a estudiar la capacidad del proceso.
 2. Si hay mas puntos fuera de LSC_x/LIC_x , se vuelven a eliminar estas muestras y recalcular nuevos LSC_x/LIC_x y se pasa al punto b.

Teoría de los 5 ceros: Nada de despilfarro

- **Cero averías: TPM**
- **Cero defectos: SPC**
- **Cero plazos: SMED**
- **Cero papeles: control contable**
- **Cero stock: Kanban (4 Dirección de Operaciones)**



A los que suele agregarse:

- Cero accidentes.
- Cero desprecio por las capacidades del personal.
- Cero tiempo al mercado.

Las 5 S

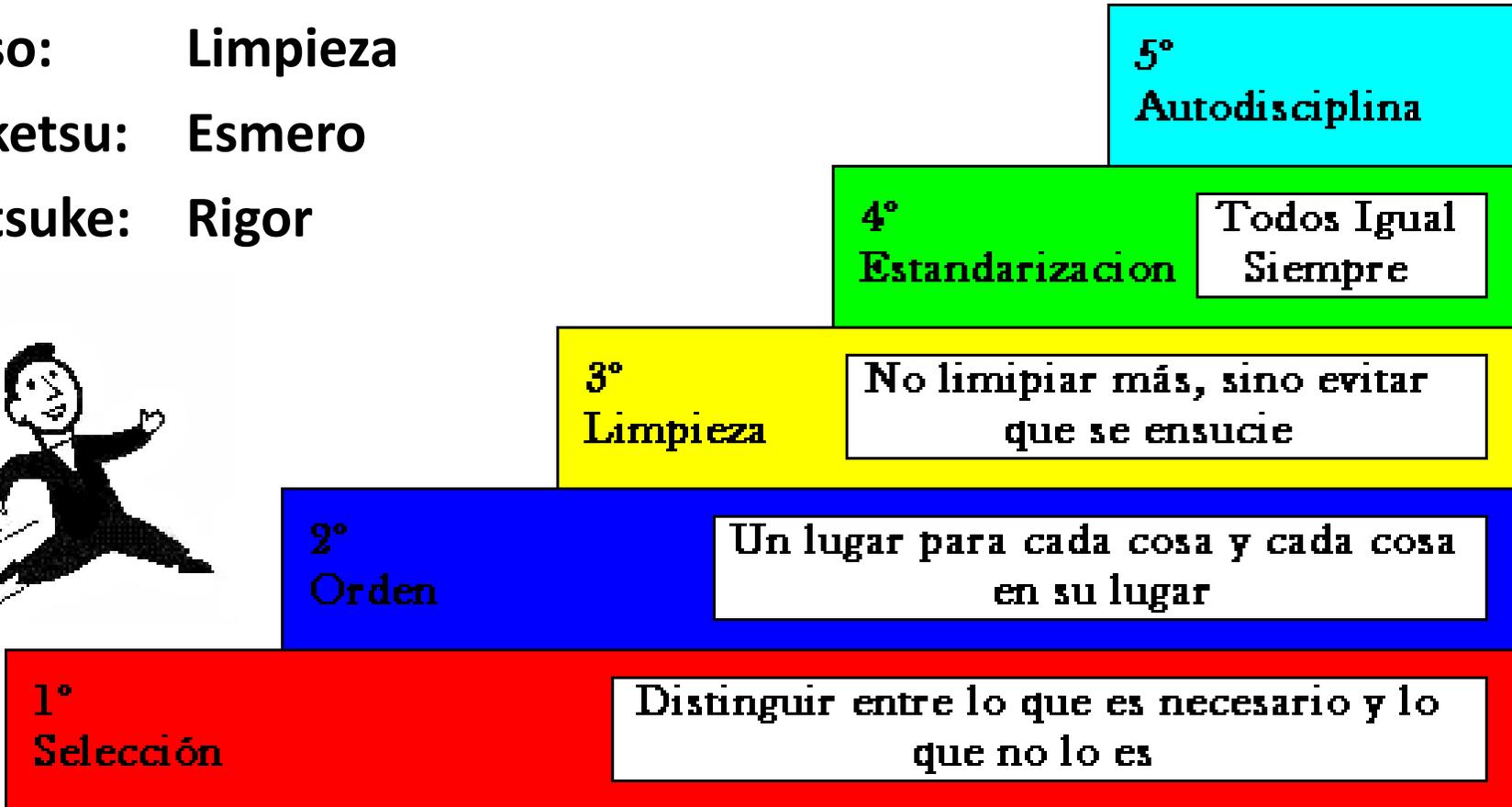
Seiri: Organización

Seiton: Orden

Seiso: Limpieza

Seiketsu: Esmero

Shitsuke: Rigor



Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos



Índice general

■ Introducción

1. ¿Qué es un estudio de tiempos? (definición)
2. Objetivos a corto y largo plazo
3. Usos
4. Técnicas empleadas
5. Conceptos clave: ritmo de trabajo, tiempo básico, cálculo de suplementos y tiempo tipo

■ Técnicas directas: **Cronometraje**

■ Técnicas indirectas: **MTM**

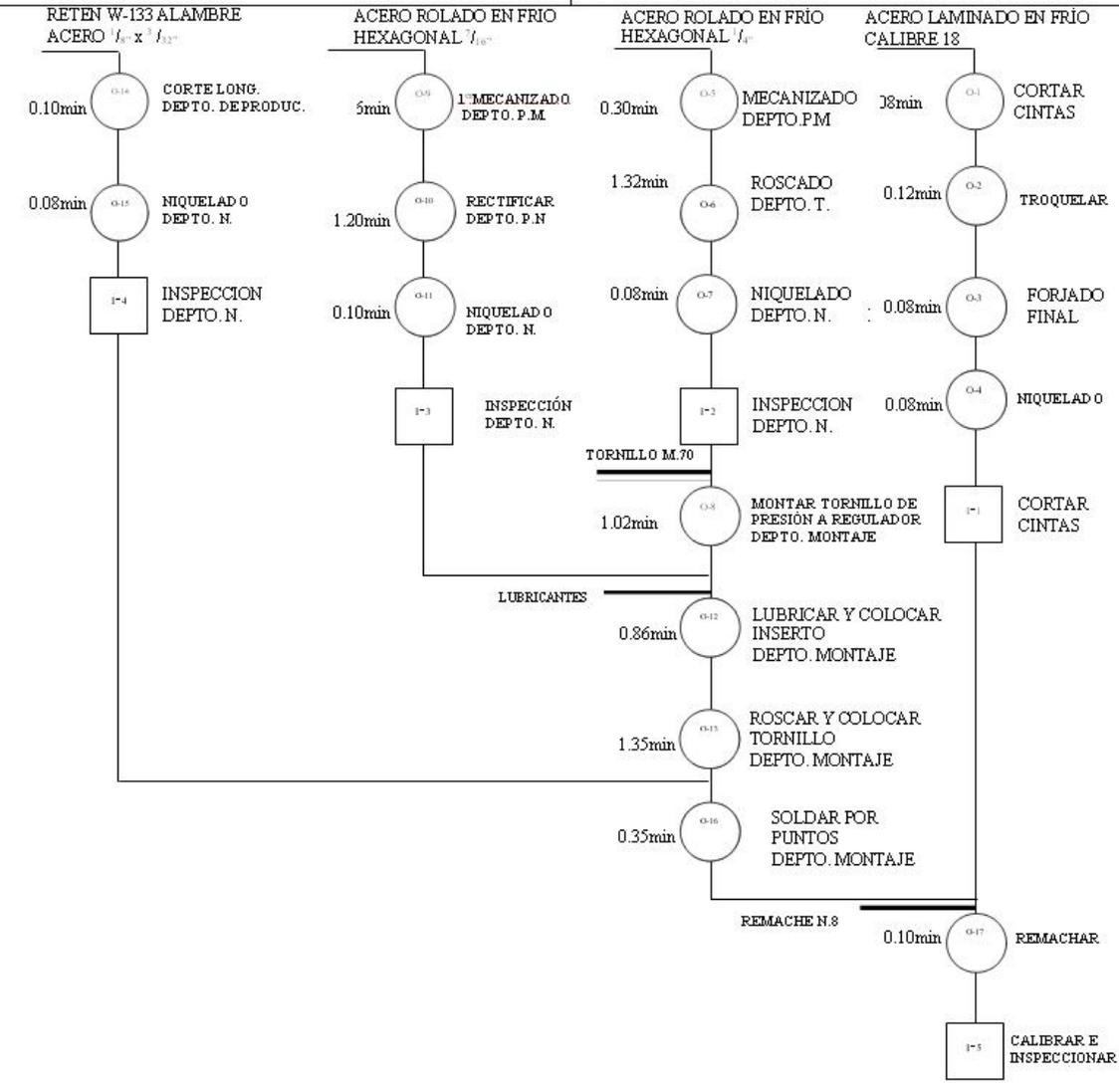
Introducción

Importante:

- Sólo una vez el proceso a medir está optimizado desde el punto de vista del estudio de métodos, procede llevar a cabo un estudio de tiempos.
- Para que esté optimizado es necesario primero que esté estandarizado. Para ello se utilizan los diagramas de flujo de operaciones, diagramas de movimiento tipo espagueti, diagrama bimanual, diagrama operario-máquina, etc
- Si el estudio de métodos es erróneo o inexistente, el estudio de tiempos no valdrá para nada.

DIAGRAMA SINÓPTICO

Diagrama No. 1	Hoja: 1 de 1	Método: Actual/Propuesta
Producto: TERMOSTATO		Lugar: DEPTO. L.I.M
Actividad: MONTAJE DE TERMOSTATO TIPO CINTA		Operario: ÁNGEL CRUZ
		Compuesto Por: J.L.F
Fecha: 20/08/98		



Resumen		
Actividad	Cantidad	Tiempo
Operaciones	17	7.58 min
Inspecciones	5	
Total	22	7.58 min

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO					
Diagrama N°1		Resumen			
Proceso:	Actividad		Actual	Propuesta	Economía
Atención Médica en Especialidades	Operación		7	6	1
Actividad:	Transporte		1	0	1
Solicitar cita, atención médica, post-consulta y referencia a especialista	Espera		6	3	3
	Inspección		0	0	0
	Almacenamiento		0	0	0
Método: Actual	Tiempo espera para				
Lugar: Consulta Externa	pac. nuevos (días)		41.46	0.95	40.51
Realizado por: FCC	Referencias diarias		33	20	13

Descripción	Tiempo (días*)	Símbolo					Observaciones
							
Fila para sacar cita en Med. General	0.12						
Solicitud de cita	0.01						
Espera para atención médica	0.5						El tiempo promedio es de 4 horas
Atención médica	0.02						
Fila para llenado de recetas y exám.	0.06						Se mezclan pacientes que sacan cita con los de llenado de papeles
Llenado de docs. y referencias	0.01						
Traslado a recepción de especialidad	0.01						
Fila para sacar cita en especialidad	0.12						
Solicitud de cita	0.01						
Espera para atención de especialista	40						Espera promedio de 40 días para ORL, Dermatología y Medicina Interna
Atención médica	0.03						
Fila para llenado de recetas y exám.	0.06						
Llenado de docs. y referencias	0.01						
Servicios de apoyo	0.5						
* Días de 8 horas							
Total	41.46	7	1	6	0	0	

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO

Diagrama N°1

Proceso:	Actividad		Resumen		
			Actual	Propuesta	Economía
Atención Médica en Especialidades	Operación		7	6	1
Actividad:	Transporte		1	0	1
Solicitar cita, atención médica, post-consulta y referencia a especialista	Espera		6	3	3
	Inspección		0	0	0
	Almacenamiento		0	0	0
Método: Actual	Tiempo espera para				
Lugar: Consulta Externa	pac. nuevos (días)		41.46	0.95	40.51
Realizado por: FCC	Referencias diarias		33	20	13

Descripción	Tiempo (días*)	Símbolo					Observaciones
							
Fila para sacar cita en Med. General	0.12						
Solicitud de cita	0.01						
Espera para atención médica	0.5						El tiempo promedio es de 4 horas
Atención médica	0.02						
Fila para llenado de recetas y exám.	0.06						Se mezclan pacientes que sacan cita con los de llenado de papeles
Llenado de docs. y referencias	0.01						
Traslado a recepción de especialidad	0.01						
Fila para sacar cita en especialidad	0.12						
Solicitud de cita	0.01						
Espera para atención de especialista	40						Espera promedio de 40 días para ORL, Dermatología y Medicina Interna
Atención médica	0.03						
Fila para llenado de recetas y exám.	0.06						
Llenado de docs. y referencias	0.01						
Servicios de apoyo	0.5						
* Días de 8 horas							
Total	41.46	7	1	6	0	0	

DIAGRAMA BIMANUAL



EMPRESA: TOYS E.I.R.L.	FECHA: 26 / 01 / 09
DPTO O SECCION: PRODUCCION	METODO DE TRABAJO: PROPUESTO
PRODUCTO: MUÑECA BEBÉ CON CUNA	ELABORADO: GRUPO TOYS
UNIDAD DE ANALISIS: 1 PIEZA	APROBADO: ING. BRAULIO BUSTOS

MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS				SIMBOLOS				MANO DERECHA
	○	⇒	▽	▷	○	⇒	▽	▷	
Recoge bolsa y colcha	X				X				Recoge tronco de la muñeca
A la mesa, al lado izquierdo y arriba del soporte de la muñeca		X				X			Al soporte de la muñeca
Se lleva la colcha al lado derecho y arriba del soporte		X			X				Se coloca tronco en el soporte
Recoge pierna izquierda	X				X				Recoge pierna derecha
Hasta la muñeca		X				X			Hasta la muñeca
Coloca pierna en la muñeca	X				X				Coloca pierna en la muñeca
Recoge cabeza	X				X				Recoge vestido
A la mano derecha		X				X			Hasta la muñeca
Ayuda a poner vestido	X				X				Pone vestido
Pone la cabeza	X				X				Ayuda a poner la cabeza
Recoge brazo izquierdo	X				X				Recoge brazo derecho
Hasta la muñeca		X				X			Hasta la muñeca
Coloca brazo izquierdo	X				X				Coloca brazo derecho
Recoge dos barandas de la cuna	X				X				Recoge dos cabeceras de la cuna
Cerca del soporte		X				X			Cerca del soporte
Sostiene barandas			X				X		Sostiene cabeceras
A la mano derecha		X				X			Sostiene cabeceras
Entrega barandas a la mano derecha	X				X				Recibe y junta las cuatro piezas
Agarra la bolsa	X					X			Se coloca encima de la colcha ya separada
Abre la bolsa	X				X				Abre la bolsa
Sostiene bolsa			X		X				Recoge las cinco piezas
Sostiene bolsa			X		X				Coloca piezas en la bolsa
Se deja bolsa abierta en la mesa		X				X			Se deja bolsa abierta en la mesa
Abre ganchos del soporte	X				X				Saca la muñeca del soporte
Coge la bolsa abierta	X					X		X	Sostiene a la muñeca
Sostiene bolsa			X		X				Mete la muñeca en la bolsa
Cierra bolsa	X				X				Cierra bolsa
A caja donde cae la bolsa cerrada		X				X			A caja donde cae la bolsa cerrada
Se deja caer	X				X				Se deja caer

Diagrama hombre-máquina

Operación:

Pág. No de

Máquina tipo:

Fecha:

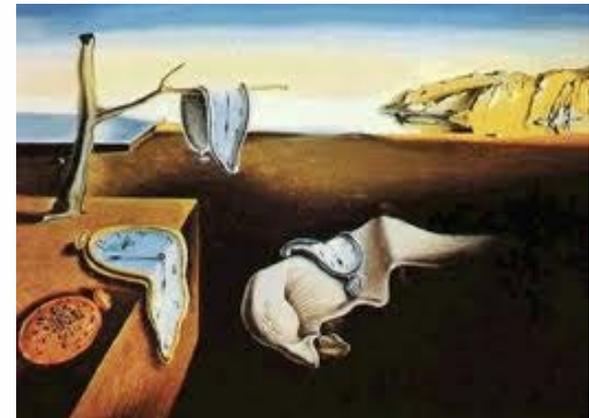
Departamento:

Realizado por:

Operario	Tiempo	Máquina 1	Máquina 2
Descarga y carga M1	0.1	Descarga y carga 0.53	
	0.2		
	0.3		
	0.4		
	0.5		
Camina a máquina 2	0.6	Taladro 0.5	Descarga y carga 0.53
Limpia la pieza	0.7		
Descarga y carga M2	0.8		
	0.9		
	1.0		
Camina a máquina 1	1.1	Tiempo muerto	
Limpia la pieza	1.2		
Descarga y carga M1	1.3		
	1.4	Descarga y carga 0.53	Taladro 0.63
	1.5		
	1.6		
	1.7		
	1.8		
	1.9		
	2.0		

Definición:

El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador cualificado quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado



Para qué sirve:

- Obtener información para:
 - Asignación Costes
 - Pago de Salarios
 - Estimar Curvas Aprendizaje
 - **Planificación, programación y control de la producción**



Si no conocemos el tiempo que nos lleva fabricar un producto es imposible planificar la producción a realizar y la capacidad necesaria para ello



Objetivos a corto plazo:

- Eliminar tiempos inefectivos.
- Permitir comparaciones de métodos alternativos.
- Equilibrar el trabajo de los distintos operarios de un mismo equipo.
- Determinar la carga de trabajo adecuada a cada persona

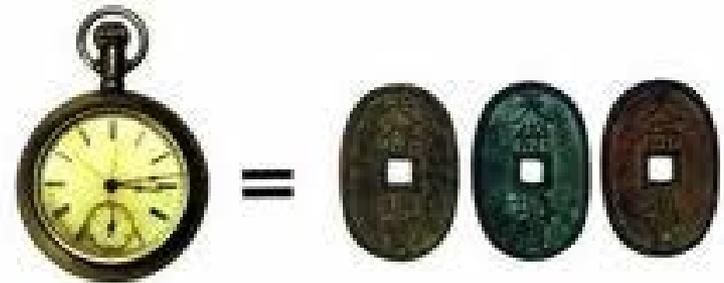
Objetivos a largo plazo:

- Planifica las diferentes órdenes de trabajo a L/P.
- Estimar los costes y el personal futuro.
- Facilitar el control tanto de operarios como de costes a L/P.
- Establecer nuevos compromisos de entregas con los clientes.

En general se busca:

Investigar, reducir y finalmente eliminar el tiempo improductivo, durante el cual no se ejecuta trabajo productivo

Time is money?



What do you think of this problem?

Tipos de métodos para la toma de tiempos:

- Directos

 - Registros tomados en el pasado para crear la tarea

 - Análisis de película

 - Estudio de tiempos con cronómetro

- Indirectos

 - Estimaciones de tiempo realizadas

 - Sistemas de tiempos predeterminados

Conceptos Clave:

- Ritmo de Trabajo y Ritmo Tipo (Métodos directos)
- Tiempo Básico (Métodos directos)
- Tiempo Normal (Métodos directos)
- Cálculo de Suplementos
- Tiempo Estándar

Conceptos Clave: Ritmo de Trabajo

- Ritmo de Trabajo

Velocidad con la que el **operario** realiza la acción comparándola con un determinado ritmo tipo.



El operario que se va a utilizar para la toma de tiempos debe ser estándar. **Operario calificado**



Conceptos Clave: Ritmo de Trabajo

- **Operario cualificado**

Es aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

Conceptos Clave: Ritmo de Trabajo

■ Factores que influyen en el Ritmo de Trabajo

Variaciones de la calidad u otras características del material utilizado, aunque sea dentro de los límites de tolerancia previstos;

Mayor o menor eficacia de las herramientas o del equipo dentro de su vida normal;

Pequeños cambios inevitables en los métodos o condiciones de ejecución;

Variaciones de la concentración mental necesaria para ejecutar ciertos elementos;

Los cambios de factores medio ambientales, como luz, temperatura, etc

Conceptos Clave: Ritmo Tipo

■ Ritmo Tipo

Se denomina ritmo tipo al movimiento de las extremidades de un hombre de complexión física normal que camina sin carga en un terreno llano en línea recta y en un clima templado a la velocidad de 6,4 Km/h.

- Valoración subjetiva: depende de la habilidad y destreza del analista,
- Se utiliza como base comparativa para establecer el ritmo de trabajo del operarios.
- Para ello existen tres escalas diferentes

Conceptos Clave: Ritmo Tipo

- **Escalas de Ritmos:**

Escala 60-80 (escala Bedaux)

Escala 75-100

Escala 100-133

Escala 0-100 (norma británica, variación de la 75-100)

Tema 3: Decisiones sobre capacidad.

Técnicas para la toma de tiempos

Escalas			Descripción	Velocidad Comparable	
60-80 ⁵	75-100 ⁶	100-133		Km/h	M/h
0	0	0	Actividad nula.		
40	50	67	Muy lento; movimiento torpes, inseguros; el operario parece dormido y sin interés por el trabajo.	3,2	2
60	75	100	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.	4,8	3
80	100	133	Activo, capaz, como de obrero cualificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.	6,4	4
100	125	167	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero cualificado medio.	8	5
120	150	200	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de "virtuoso", sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	9,6	6

Ritmo Normal
para Operarios
NO Incentivados

Ritmo Tipo
para Operarios
Incentivados

Tabla 2.1. Principales escalas de valoración de ritmos de trabajo. (OIT, 1980).

Escalas				Actividad	Velocidad en Km./h
60 – 80	75 – 100	100 – 133	0 – 100		
0	0	0	0	Ninguna	0
40	50	67	50	Muy lento, inseguro y movimientos torpes.	3,2
60	75	100	75	Actividad normal , constante, sin prisas pero no pierde tiempo, bien dirigido y controlado. No sujeto a incentivos de producción.	4,8
80	100	133	100	Actividad óptima o ritmo tipo , activo, capaz, obrero cualificado medio, incentivado, alcanza el nivel de calidad exigido.	6,4
100	125	167	125	Gran seguridad, coordinación y destreza, muy rápido. Por encima del operario cualificado medio.	8
120	150	200	150	Extraordinariamente rápido, pero sólo en cortos períodos de tiempo.	9,6

**Ritmo Normal
para Operarios
NO Incentivados**

**Ritmo Tipo
para Operarios
Incentivados**

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- **Tiempo Básico:**

El tiempo básico es el tiempo que tardaría un operario en realizar un elemento si lo hiciese al **ritmo tipo**

Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Tiempo \text{ Básico} = Tiempo \text{ Observado} \times \frac{Ritmo \text{ de Trabajo}}{Ritmo \text{ Tipo}}$$

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- Tiempo Básico (Ejemplo):**

Vamos a suponer una tarea que registramos tres veces:

Tiempo Observado (seg)	Ritmo de Trabajo (60-80)
15	66
16	55
12	70

Cálculos	Tiempo Básico
$T_b=15 \times (66/80)$	12.37
$T_b=16 \times (55/80)$	11.00
$T_b=12 \times (70/80)$	10.50

$$Tiempo \text{ Básico} = Tiempo \text{ Observado} \times \frac{Ritmo \text{ de Trabajo}}{Ritmo \text{ Tipo}}$$

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- Tiempo Básico (Ejemplo):**

Vamos a suponer una tarea que registramos tres veces:

Tiempo Observado (seg)	Ritmo de Trabajo (60-80)	Tiempo Básico
15	66	12.37
16	55	11.00
12	70	10.50

media →

Tiempo básico
11.29 seg

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- **Tiempo Normal:**

El tiempo normal es el tiempo que tardaría un operario en realizar un elemento si lo hiciese al **ritmo normal**

Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Tiempo \ Normal = Tiempo \ Observado \times \frac{Ritmo \ de \ Trabajo}{Ritmo \ Normal}$$

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- Tiempo Normal (Ejemplo):**

Vamos a suponer una tarea que registramos tres veces:

Tiempo Observado (seg)	Ritmo de Trabajo (60-80)
15	66
16	55
12	70

Cálculos	Tiempo Normal
$T_b = 15 \times (66/60)$	16.50
$T_b = 16 \times (55/60)$	11.67
$T_b = 12 \times (70/60)$	14.00

$$Tiempo \ Normal = Tiempo \ Observado \times \frac{Ritmo \ de \ Trabajo}{Ritmo \ Normal}$$

Conceptos Clave: Tiempo Básico

- **Tiempo Normal (Ejemplo):**

Vamos a suponer una tarea que registramos tres veces:

Tiempo Observado (seg)	Ritmo de Trabajo (60-80)	Tiempo Normal
15	66	16.50
16	55	11.67
12	70	14.00

media →

Tiempo Normal
14.06 seg

Conceptos Clave: Suplementos

- **Suplementos:**

Son tiempos añadidos a una tarea para corregir el tiempo básico o normal teniendo en cuenta las condiciones de la operación.



Conceptos Clave: Suplementos

- **Tipos de Suplementos:**
 - Suplementos por descanso.
 - Suplementos por contingencias.
 - Suplementos por razones de política de empresa:
 - Suplementos especiales.

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tipos de Suplementos: Suplementos por descanso.**

Es el tiempo que se añade al tiempo normal de ejecución de una tarea para dar la oportunidad al operario de recuperarse de los efectos físicos y psicológicos causados por la ejecución del trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales.

Están recogidas en tablas Utilizadas por la Personnel Administration LTd., Londres. Recomendada por OIT
ILO (International Labor Organization)

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tablas de Suplementos: (básica)**

Tablas de Suplementos por Descansos.	
1.- Suplementos Constantes.	
Supl. Por necesidades Personales	5
Supl. Base por Fatiga	4
2.- Suplementos Variables.	
Supl. Por estas de pie.	2
Supl. Por postura anómala.	
- Ligeramente incómoda	0
- Incómoda (inclinado)	2
- Muy incómoda (echado, estirado)	7

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tablas de Suplementos: (otras 1)**

Tablas de Suplementos por Descansos.	
3.- Por uso de fuerza o energía muscular.	(según kilos)
4.- Mala iluminación	0, 2, 5
5.- Condiciones atmosféricas (calor humedad)	(según milicalorías/cm ² /seg)
6.- Concentración Intensa (cierta precisión, precisión, gran precisión)	0, 2, 5
7.- Ruido (continuo, intermitente y fuerte, intermitente y muy fuerte)	0, 2, 5
8.- Tensión mental (proceso poco complejo, complejo o dividida entre varios objetos, muy complejo)	1, 4, 8

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tablas de Suplementos: (otras 2)**

Tablas de Suplementos por Descansos.	
9.- Monotonía (algo, bastante, muy)	0, 1, 4
10.- Tedio (algo, medio, muy aburrido)	0, 1, 4
11.- Coeficientes por esfuerzo o fatiga:	
Marcha horizontal sin carga (según suelo)	8, 10
Con carga llevados en brazos (según carga)	2 a 20
Con carga llevados en la espalda (según carga)	2 a 140
Marcha sobre pendientes (según desnivel y carga)	0,2 a 2,2
Marcha vertical (según subida/bajada/ tipo de escalera)	30 a 280
.....	

Conceptos Clave: Suplementos

- **Ejemplos de suplementos:**

Suponemos que el trabajo lo hace un operario, en posición de pie, que consiste en levantar pesos de 10 kilos en condiciones de ruido estridente y fuerte.

Suplementos	Tablas
Necesidades personales:	5
Suplementos base por fatiga:	4
Trabajo en pie:	2
Peso (10 kilos)	3
Ruido estridente y fuerte:	5
Total:	19%

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tipos de Suplementos: Suplementos por contingencias.**

Es un pequeño margen que se incluye en el tiempo de ejecución para contabilizar las demoras inevitables, además de los pequeños trabajos fortuitos que aparecen sin frecuencia ni regularidad.
- **Tipos de Suplementos: Suplementos por política de empresa.**

No están ligados a primas. Según el nivel del operario se le asigna un nivel de satisfacción (en forma de ganancias). Se aplica cuando hay que ajustar el tiempo del operario a su convenio salarial.

Conceptos Clave: Suplementos

■ Tipos de Suplementos: Suplementos especiales.

Se conceden por actividades que normalmente no forman parte del ciclo de trabajo pero sin las cuales éste no podría realizarse. Los más frecuentes son:

- por comienzo y/o cierre del trabajo
- por limpieza de la máquina o del lugar de trabajo
- por herramientas (ajustes y limpiezas)
- por montaje/desmontaje
- por aprendizaje
- por formación
- por pequeños lotes

Conceptos Clave: Suplementos

- **Tiempo Estándar:**
Es el tiempo total de ejecución de una tarea.

Tiempo estándar = Contenido del trabajo + Demoras

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cronometraje:**

Es la técnica que mediante la observación directa de la operación permite establecer el tiempo básico o normal mediante un cronómetro.



Técnicas Directas: Cronometraje

- **La técnica del cronometraje se aplica cuando:**
 - Existe un bajo rendimiento en un taller u operación.
 - Hay cambios en los métodos de trabajo.
 - La tarea es nueva.
 - Comparar la eficacia de dos métodos.
 - Operaciones con un coste aparentemente excesivo.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Materiales necesarios para el cronometraje:**

Cronometro

Impreso

Actualmente existen tablets con software para hacer la toma de tiempos de una forma sencilla y obtener los resultados de forma automática.

Técnicas Directas: Cronometraje

- Tipos de impresos (o plantillas en tablets):

ESTUDIO DE TIEMPOS				
OPERACIÓN:		Estudio n°		
		Hoja n° de		
		AUTOR:		
		INICIO:		
		FINAL:		
		T. TRANSCU.:		
PRODUCTO/PIEZA:		MATERIAL:		FECHA:
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	VALORACIÓN	CRONOMETRAJE	TIEMPO RESTADO	TIEMPO BÁSICO
OBSERVACIONES:				

Formulario genérico para el estudio de tiempos.

Hoja de toma de datos.											
Tarea:	Empresa:			Logotipo de la empresa							
Fecha:	Proceso:										
Análisis:	Año:										
Operario:											
Descripción de la operación	Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A										
	T										
2	A										
	T										
3	A										
	T										
4	A										
	T										
5	A										
	T										
6	A										
	T										
7	A										
	T										
8	A										
	T										
9	A										
	T										
10	A										
	T										
11	A										
	T										
12	A										
	T										
13	A										
	T										
14	A										
	T										
15	A										
	T										
16	A										
	T										
17	A										
	T										
18	A										
	T										
19	A										
	T										
20	A										
	T										
21	A										
	T										
22	A										
	T										
23	A										
	T										

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Etapas (1):**
 1. Obtener y clasificar información acerca de la operación y del operario.
 2. Verificar los métodos de trabajo y las condiciones de realización de los mismos.
 3. Dividir la operación en elementos de trabajo y determinar la frecuencia con el que ocurre cada elemento dentro de la operación
 4. Realizar una pequeña muestra inicial compuesta por la medición de cada uno de esos elementos n veces.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Etapas (2):**
 5. Determinar el tamaño de la muestra para la exactitud y nivel de confianza deseados a partir de la muestra inicial del paso 4.
 6. **Registrar el ritmo observado para cada elemento de trabajo.**
 7. **Cronometrar el tiempo medio para cada elemento de trabajo.**
 8. Calcular el tiempo básico de cada elemento de la operación a partir de los observados.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Etapas (2):**
 8. Establecer los suplementos que se deben añadir al tiempo básico en función de las características de cada operación.
 9. Calcular el tiempo tipo o estándar de cada elemento de la operación.
 10. Multiplicar este tiempo tipo o estándar por la frecuencia de cada elemento
 11. Sumar todos los tiempos estándar totales . Tiempo estándar de la operación.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Definición de elemento y ciclo:**

Un ***elemento*** es una parte delimitada de una tarea que permite una mejor observación, medición y análisis. Deben ser menores de 30”.

Un ***ciclo*** de trabajo es la suma de un conjunto de elementos necesarios para completar una unidad de producción.



Técnicas Directas: Cronometraje

- **Características de los elementos:**

Han de tener un hito de inicio y de fin bien delimitados.

Serán lo más cortos posible.

Técnicas Directas: Cronometraje

■ Clasificación de los elementos según el ciclo de trabajo (1):

Regulares: Los elementos que siempre aparecen en cada ciclo de trabajo. Su frecuencia es constante y regular.

Irregulares: Los elementos que no suceden en todos los ciclos ni de manera regular o periódica. Para calcular su repercusión se recurre a estadísticas y probabilidades.

De frecuencia: Los elementos que no suceden en todos los ciclos pero su aparición es regular, periódica y previsible.

Extraños: Los elementos que no son necesarios para completar el ciclo de trabajo pero que suceden: deberán ser estudiados y eliminados.

Técnicas Directas: Cronometraje

■ Clasificación de los elementos en relación al ejecutante:

Manuales: Los elementos son realizados con la intervención del operario.

- Pueden ser **manuales libres** si no interviene ninguna máquina.
- Pueden ser **manuales con máquina** si el trabajo del operario es alimentar o ayudar a una máquina. Estos se pueden dividir a su vez:
 - **manuales con máquina parada**
 - **manuales con máquina en marcha**

Mecánicos: Los elementos realizados automáticamente por las máquinas

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Clasificación de los elementos en relación al tipo de operación (1):**

Operaciones de valor añadido: Los elementos necesarios para cumplir con las especificaciones de un producto y lo transforma, ej: taladrar, atornillar, lijar, pintar...

Desplazamientos del operario: Los elementos de movimiento del operario en su lugar de trabajo para realizar una operación.

Almacenamiento de un objeto: Los elementos en los que el operario hace una operación de almacenaje.

Demora o Espera: Los elementos en los que el operario dedica un tiempo a esperar, por ejemplo, a causa de un ciclo de máquina.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Clasificación de los elementos en relación al tipo de operación (2):**

Inspección: Los elementos necesarios para comprobar que una operación se ejecutó de forma correcta en calidad y cantidad.

Inspección-Operación: Los elementos de inspección en los que además se produce transformación en el producto.

Búsquedas: Los elementos en los que el operario debe buscar materiales, herramientas, información, etc...

Operaciones eliminables: Son operaciones de valor añadido que no deberían hacerse y por lo tanto eliminables.

Comunicación: Los elementos en los que se registra o comunica información o eventos sucedidos durante la ejecución.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **División de una operación en elementos (ejemplo):**

Se quiere medir el tiempo que lleva la tarea “Aprovisionar libro de instrucción desde estantería a mesa de trabajo. Operario sentado inicialmente en su mesa de trabajo”

(Tarea para hacer en grupo)

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Determinación del tamaño de la muestra (n pequeño):**

Dependerá de tres factores:

- Variabilidad de los tiempos observados.
- Nivel de confianza.
- Precisión.

$$N = \left(\frac{z \cdot \sigma}{A \cdot \mu} \right)^2$$

z: valor de la normal para el nivel de confianza elegido.

σ : desviación típica de los tiempos cronometrados.

μ : media.

A: precisión deseada.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Determinación del tamaño de la muestra: (n pequeño)**

La desviación típica de una muestra con n valores se calcula con la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}}$$

n: numero de muestras previas

x_i : medida i-ésima.

μ : media

Técnicas Directas: Cronometraje

- Determinación del tamaño de la muestra: (n grande)**

Se pueden utilizar estos valores:

Precisión	Nivel de confianza	z/A	Ecuación
5%	95%	40	$N = \left[\frac{40 \cdot n}{\sum x} \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}} \right]^2$
	99%	60	$N = \left[\frac{60 \cdot n}{\sum x} \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}} \right]^2$
2%	95%	100	$N = \left[\frac{100 \cdot n}{\sum x} \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}} \right]^2$
	99%	150	$N = \left[\frac{150 \cdot n}{\sum x} \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}} \right]^2$

Tamaños de muestra para los niveles de confianza y precisión más comunes.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Determinación del tamaño de la muestra: (método de Mundel)**
 1. Se toma una muestra de 5 o 10 tomas de tiempos de la operación objeto de estudio.
 2. Se toma la cantidad mayor (A) y la menor (B).
 3. Se divide la resta entre la suma del máximo y el $\frac{(A - B)}{(A + B)}$ mínimo.
 4. El resultado de este cociente se comprueba en la tabla siguiente dando como resultado el número de tomas a realizar.

**(para obtener una desviación máxima del +/- 5%
y un 95% de nivel de confianza)**

Técnicas Directas: Cronometraje

- Determinación del tamaño de la muestra: (método de Mundel)**

TABLA DE MUNDEL					
(A-B)/(A+B)	Serie inicial de		(A-B)/(A+B)	Serie inicial de	
	5	10		5	10
0,05	3	1	0,28	93	53
0,06	4	2	0,29	100	57
0,07	6	3	0,3	107	61
0,08	8	4	0,31	114	65
0,09	10	5	0,32	121	69
0,1	12	7	0,33	129	74
0,11	14	8	0,34	137	78
0,12	17	10	0,35	145	83
0,13	20	11	0,36	154	88
0,14	23	13	0,37	162	93
0,15	27	15	0,38	171	98
0,16	30	17	0,39	180	103
0,17	34	20	0,4	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,2	47	27	0,43	220	126
0,21	52	30	0,44	230	132
0,22	57	33	0,45	240	138
0,23	63	36	0,46	250	144
0,24	68	39	0,47	262	150
0,25	74	42	0,48	273	156
0,26	80	46	0,49	285	163
0,27	86	49	0,5	296	170

TABLA DE MUNDEL

(A-B)/(A+B)	Serie inicial de		(A-B)/(A+B)	Serie inicial de	
	5	10		5	10
0,05	3	1	0,28	93	53
0,06	4	2	0,29	100	57
0,07	6	3	0,3	107	61
0,08	8	4	0,31	114	65
0,09	10	5	0,32	121	69
0,1	12	7	0,33	129	74
0,11	14	8	0,34	137	78
0,12	17	10	0,35	145	83
0,13	20	11	0,36	154	88
0,14	23	13	0,37	162	93
0,15	27	15	0,38	171	98
0,16	30	17	0,39	180	103
0,17	34	20	0,4	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,2	47	27	0,43	220	126
0,21	52	30	0,44	230	132
0,22	57	33	0,45	240	138
0,23	63	36	0,46	250	144
0,24	68	39	0,47	262	150
0,25	74	42	0,48	273	156
0,26	80	46	0,49	285	163
0,27	86	49	0,5	298	170

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Determinación del tamaño de la muestra: (método de Mundel)**

Ejemplo

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cuestiones claves para una implantación adecuada**

Antes de empezar hay que:

- Dar información general a los trabajadores, destacando la importancia de su colaboración.
- Dar información exclusiva a los trabajadores sobre el ritmo al que deben trabajar, instándoles a que sigan el método óptimo.



comunicación

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Tipos de cronometraje**
 - Acumulativo
 - Con vuelta a cero



Técnicas Directas: Cronometraje

- **Tipos de cronometraje: Acumulativo**

Se anota el tiempo de finalización del elemento observado

No se para el cronómetro entre elemento y elemento

Si dura mas de 30'' se analiza cada tramo

Los cambios de minutos se representan con el número de minutos seguido de los segundos sin separación

El tiempo observado del elemento i se calcula restando el tiempo registrado para el elemento i del registrado para el elemento $i-1$.

Técnicas Directas: Cronometraje

- Tipos de cronometraje: Acumulativo (ejemplo)

Elemento	Tiempo registrado	Explicación	Tiempo Observado
A	28	28''	28''
B	40	40''	12''
C	102	1' 02''	22''
D	32	1' 32''	30''
	58	1' 58''	26''
A	227	2' 27''	29''
B	42	2' 42''	15''
C	311	3' 11''	29''
D	41	3' 41''	30''
	56	3' 56''	15''

Técnicas Directas: Cronometraje

■ Tipos de cronometraje: Acumulativo

Ventajas:

- Precisión.
- Preferido por los operarios (se aseguran que el analista mide todos los tiempos).

Inconvenientes:

- Requiere post-proceso (resta)

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Tipos de cronometraje: con vuelta a cero**

Se para el cronómetro

Se anota el tiempo de finalización del elemento observado

Se pone a cero

Si dura mas de 30'' se analiza cada tramo

Los cambios de minutos se representan con el número de minutos seguido de los segundos sin separación

El tiempo observado del elemento i es directamente el valor recogido

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Tipos de cronometraje: con vuelta a cero**

Ventajas:

- No requiere cálculos posteriores

Inconvenientes:

- Pérdida de tiempo al poner a cero.
- Dificultad para determinar el tiempo total necesario para completar una tarea.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Este proceso se realiza cuando ya tengamos el ritmo observado y el tiempo observado de cada elemento, para la muestra de los N ciclos observados.

Hay dos métodos para su cálculo.

1. Método de la media.
2. Método del escrutinio

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Pasos

1. Medición de los elementos de las N operaciones a cronometrar: Obtención del ritmo y el tiempo observado.
2. Normalización de los tiempos observados: Obtención del tiempo normal o básico.
3. Eliminar los datos *extraños*. Los tiempos que queden fuera del $\pm 33\%$ del valor de la media.
4. División de los tiempos observados en intervalos: según la exactitud.
5. Realización del escrutinio: Es un conjunto de operaciones matemáticas que devuelve como resultado el tiempo más repetido y la actividad observada para dicho tiempo dentro de un intervalo. Es el tiempo y el ritmo modal.
6. Cálculo del tiempo normal o básico.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Ejemplo

Se quiere determinar el tiempo estándar de una operación formada por una serie de elementos. Se va a calcular el tiempo normal de uno de los elementos “Colocar palet para descarga”.

El listado de los datos obtenidos es el siguiente: (Paso 1)

Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
75	13,94	65	15,54
55	25,56	65	15,69
65	15,87	65	15,34
75	13,56	65	15,66
60	16,98	70	14,35
65	15,65	60	15,71
60	16,56	70	14,29
60	16,54	65	15,21

Actividad=Ritmo

Escala Bedaux
(60-80)

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**
Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 2: Normalización, obtención del tiempo normal

$$Tiempo \ Normal = Tiempo \ Observado \times \frac{Ritmo \ de \ Trabajo}{Ritmo \ Normal}$$

Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
75	13,94	65	15,54
55	25,56	65	15,69
65	15,87	65	15,34
75	13,56	65	15,66
60	16,98	70	14,35
65	15,65	60	15,71
60	16,56	70	14,29
60	16,54	65	15,21

Actividad=Ritmo

Escala Bedaux
(60-80)

Calcular Tiempo Normal

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**
Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 2: Normalización, obtención del tiempo normal

Actividad	Tiempo	Tiempo Normalizado
75	13,94	17,43
55	25,56	23,43
65	15,87	17,19
75	13,56	16,95
60	16,98	16,98
65	15,65	16,95
60	16,56	16,56
60	16,54	16,54
65	15,54	16,84
65	15,69	17,00
65	15,34	16,62
65	15,66	16,97
70	14,35	16,74
60	15,71	15,71
70	14,29	16,67
65	15,21	16,48

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 3: Eliminar los datos *extraños*. Fuera del rango +/-33% de la media

Actividad	Tiempo	Tiempo Normalizado
75	13,94	17,43
55	25,56	23,43
65	15,87	17,19
75	13,56	16,95
60	16,98	16,98
65	15,65	16,95
60	16,56	16,56
60	16,54	16,54
65	15,54	16,84
65	15,69	17,00
65	15,34	16,62
65	15,66	16,97
70	14,35	16,74
60	15,71	15,71
70	14,29	16,67
65	15,21	16,48

Tiempos Normales

Media=17.19

Límite inferior=

$Media*(1-0.33)=11.52$

Límite superior=

$Media*(1+0.33)=22.86$

Calcular Límites y puntos *extraños*

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método del Escrutinio. Ejemplo**

Paso 4: División del resto de tiempos observados en 7 intervalos

Actividad	Tiempo
75	13,94
65	15,87
75	13,56
60	16,98
65	15,65
60	16,56
60	16,54
65	15,54
65	15,69
65	15,34
65	15,66
70	14,35
60	15,71
70	14,29
65	15,21

$$\text{Incremento} = (T.\text{mayor} - T.\text{menor}) / N^{\circ}\text{intervalos}$$

Calcular Intervalos y hacer la tabla de rangos

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 4: División del resto de tiempos observados en **7** intervalos

$$\text{Incremento} = (T.\text{mayor} - T.\text{menor})/N^{\circ}\text{intervalos}$$

$$\text{Incremento} = (16.99 - 13.56)/7=0.49$$

Columnas: Ritmos={60, 65,70,75}

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 5: Realizar el escrutinio

Celdas: Se marcará con X las veces que hay una observación con el tiempo y el ritmo que determina esa celda

En la segunda columna se suman las observaciones de cada fila.

Se calcula el tiempo medio de los rangos de los tiempos que determinan la fila con un mayor número de observaciones.

El resultado es el tiempo medio observado y la columna de mayor número de observaciones me da el ritmo observado.

Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos

Tiempo	Ritmo/Nº de Repeticiones	60	65	70	75
13.56					
14.05					
14.05					
14.54					
14.54					
15.03					
15.03					
15.52					
15.52					
16.01					
16.01					
16.50					
16.50					
16.99					

Tema 3: Decisiones sobre capacidad.

Técnicas para la toma de tiempos

Tiempo	Ritmo/Nº de Repeticiones	60	65	70	75
13.56	2				XX
14.05					
14.05	2			XX	
14.54					
14.54	0				
15.03					
15.03	2		XX		
15.52					
15.52	6	X	XXXXX		
16.01					
16.01	0				
16.50					
16.50	3	XXX			
16.99					

Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos

Tiempo	Ritmo/Nº de Repeticiones	60	65	70	75
13.56	2				XX
14.05					
14.05	2			XX	
14.54					
14.54	0				
15.03					
15.03	2		XX		
15.52					
15.52	6	X	XXXXX		
16.01					
16.01	0				
16.50					
16.50	3	XXX			
16.99					

Tiempo medio observado

$$\frac{(15.52 + 16.01)}{2} = 15.76$$

Ritmo Observado
65

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 6: cálculo del Tiempo Normal o Básico

Se pasa a tiempo normalizado.

$$Tiempo \text{ Normal} = Tiempo \text{ Observado} \times \frac{Ritmo \text{ de Trabajo}}{Ritmo \text{ Normal}}$$

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.

Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 6: cálculo del Tiempo Normal o Básico

$$Tiempo \quad Normal = 15.76 \times \frac{65}{60} = 17.07$$

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método del Escrutinio. Ejemplo

Paso 6: cálculo del Tiempo Normal o Básico

Se suman los suplementos y ya tenemos el tiempo estándar.

La operación colocar palet para descarga se hace de pie, y consiste en levantar un peso de 17.5 kilos.

Suplemento por necesidades personales=5%

Suplemento por fatiga=4%

Suplemento por trabajar de pie=2%

17.5 kilos = 7% de suplemento por uso de la fuerza o de la energía muscular

**Suplementos
totales
18%**

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método del Escrutinio. Ejemplo**
Tiempo Estándar

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} + \text{Suplementos totales}$$
$$\text{Tiempo Estándar} = 17.07 \times (1 + 18\%) = 20.14$$

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**

Método de la Media. Pasos

1. Medición de los elementos de las N operaciones a cronometrar: Obtención del ritmo y el tiempo observado.
2. Normalización de los tiempos observados: Obtención del tiempo normal o básico.
3. Eliminar los datos *extraños*. Los tiempos que queden fuera del +/- 33% del valor de la media.
4. **Con los valores restantes hacer la media. Este valor me da el tiempo básico o normal.**
5. **Añadir suplementos para calcular el tiempo estándar.**

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.**
Método de la Media. Ejemplo

Paso 3: Eliminar los datos *extraños*. Fuera del rango +/-33% de la media

Actividad	Tiempo	Tiempo Normalizado
75	13,94	17,43
55	25,56	23,43
65	15,87	17,19
75	13,56	16,95
60	16,98	16,98
65	15,65	16,95
60	16,56	16,56
60	16,54	16,54
65	15,54	16,84
65	15,69	17,00
65	15,34	16,62
65	15,66	16,97
70	14,35	16,74
60	15,71	15,71
70	14,29	16,67
65	15,21	16,48

Tiempos Normales

Media=17.19

Límite inferior=

$Media*(1-0.33)=11.52$

Límite superior=

$Media*(1+0.33)=22.86$

Técnicas Directas: Cronometraje

- Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método de la Media. Ejemplo

Paso 4: Hacer la media

Calcular la media

Actividad	Tiempo	Tiempo Normalizado
75	13,94	17,43
55	25,56	
65	15,87	17,19
75	13,56	16,95
60	16,98	16,98
65	15,65	16,95
60	16,56	16,56
60	16,54	16,54
65	15,54	16,84
65	15,69	17,00
65	15,34	16,62
65	15,66	16,97
70	14,35	16,74
60	15,71	15,71
70	14,29	16,67
65	15,21	16,48

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método del Escrutinio. Ejemplo**
Paso 4: Hacer la media

Tiempo Normal medio=16.77

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método del Escrutinio. Ejemplo**

Paso 5: Cálculo de suplementos y tiempo estándar

Se suman los suplementos y ya tenemos el tiempo estándar.

La operación colocar palet para descarga se hace de pie, y consiste en levantar un peso de 17.5 kilos.

Suplemento por necesidades personales=5%

Suplemento por fatiga=4%

Suplemento por trabajar de pie=2%

17.5 kilos = 7% de suplemento por uso de la fuerza o de la energía muscular

**Suplementos
totales
18%**

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Proceso de obtención del tiempo normal o básico.
Método de la Media. Ejemplo**
Tiempo Estándar

Tiempo Estándar= Tiempo Normal+ Suplementos totales
Tiempo Estándar=16.77x(1+18%)=19.79

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo.**

Hasta ahora hemos calculado el tiempo estándar para un elemento del ciclo.

El tiempo estándar de un producto o de un conjunto de elementos (ciclo) se calcula sumando los tiempos estándar de cada elemento multiplicados por la frecuencia con la que ocurre cada elemento en el ciclo.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo.**

Pasos a realizar:

- 1.- Descomponer la tarea en elementos y determinar la frecuencia
- 2.- Calcular la muestra de cada elemento.
- 3.- Tomar las mediciones de todos los elementos.
- 4.- Calcular el tiempo estándar de cada elemento.
- 5.- Para cada elementos, multiplicar el tiempo estándar con la frecuencia de que ocurra ese elemento durante la ejecución completa del ciclo.
- 6.- Sumar todos los tiempos obtenidos.

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo. Ejemplo**

Se requiere calcular el tiempo total de la tarea “Realizar 10 taladros en listón de madera”.

De la observación por parte del analista se obtiene:

Elementos	Frecuencia
Aprovisionamiento de taladro neumático .	1
Instalar broca.	1
Conectar a toma de aire comprimido.	1
Practicar un taladro en listón de madera.	10
Dejar taladro en mesa de trabajo.	1
Desconectar toma de aire.	1

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo. Ejemplo**

Se requiere calcular el tiempo total de la tarea “Realizar 10 taladros en listón de madera”.

Se tomas las medidas necesarias y se calcula el tiempo estándar

Elementos	Frecuencia	Tiempo Estándar /elemento
Aprovisionamiento de taladro neumático .	1	12.23
Instalar broca.	1	4.54
Conectar a toma de aire comprimido.	1	9.54
Practicar un taladro en listón de madera.	10	13.34
Dejar taladro en mesa de trabajo.	1	2.03
Desconectar toma de aire.	1	6.42

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo. Ejemplo**

Se requiere calcular el tiempo total de la tarea “Realizar 10 taladros en listón de madera”.

Se multiplica el tiempo estándar de cada elemento por su frecuencia

Elementos	Frecuencia	Tiempo Estándar /elemento	Tiempo Estándar Total/elemento
Aprov. de taladro neumático .	1	12.23	12.23
Instalar broca.	1	4.54	4.54
Conectar a toma de aire.	1	9.54	9.54
Practicar un taladro.	10	13.34	133.4
Dejar taladro en mesa.	1	2.03	2.03
Desconectar toma de aire.	1	6.42	6.42

Técnicas Directas: Cronometraje

- **Cálculo del tiempo estándar para un ciclo completo. Ejemplo**

Se requiere calcular el tiempo total de la tarea “Realizar 10 taladros en listón de madera”.

Se suman todos los tiempos totales

Elementos	Tiempo Estándar Total/elemento
Aprov. de taladro neumático .	12.23
Instalar broca.	4.54
Conectar a toma de aire.	9.54
Practicar un taladro.	133.4
Dejar taladro en mesa.	2.03
Desconectar toma de aire.	6.42

Tiempo Estándar Tarea
168.16

Bibliografía: Cronometraje

- **Mejora de métodos y tiempos de fabricación.**
Jose Agustín Cruelles Ruiz
Ed. Marcombo. 2012

- **Técnicas *de* medición del trabajo**
Alfredo Caso Neira
FC Editorial. 2006

Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos



Índice general

- **Introducción**
 1. ¿Qué es un estudio de tiempos? (definición)
 2. Objetivos a corto y largo plazo
 3. Usos
 4. Técnicas empleadas
 5. Conceptos clave: ritmo de trabajo, tiempo básico, cálculo de suplementos y tiempo tipo
- **Técnicas directas: Cronometraje**
- **Técnicas indirectas: MTM**

Técnicas Indirectas: STPM

- **Sistema de Tiempos Predeterminados de los Movimientos**

Consiste en la descomposición de las tareas u operaciones en elementos muy pequeños, cuyo tiempo estándar de ejecución están establecidos en tablas

Otra definición mas técnica:

Los tiempos predeterminados, son una reunión de tiempos estándares válidos asignados a movimientos fundamentales y grupos de movimientos que no pueden ser evaluados de forma precisa con los procedimientos ordinarios para estudio de tiempos con cronómetro.

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, bases:**

No hay variaciones de tiempo significativas al realizar un mismo movimiento

El tiempo necesario para la realización de diferentes movimientos es acumulable

El analista puede descomponer una tarea en movimientos elementales

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, algunos sistemas (1):**

MTM: Methods Time Measurement

Work factor

MTA: Method Time Analysis

BMT: Basic Motion Times

M-H y WTM: sistema M-H y Work Time Measurement

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, algunos sistemas (2):**

ETS: Element Time Standards

MOST: Maynard Operation Sequence Technique

Mini-most: ciclos de corta duración.

Maxi-most: ciclos de larga duración.

MODAPTS: Modular Arrangement of PTS

Sistema de análisis de micromovimientos y macromovimientos

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, características:**

Consideran que se puede establecer una relación entre movimientos y tiempos de forma estadística

Requieren mucha experiencia

El más utilizado es el MTM

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, ventajas:**

Atribuyen a cada movimiento un tiempo fijo.

Tiempos más objetivos al prescindir de la valoración y observación.

Permite comparar y estimar tiempos antes de implantar un nuevo método.

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, inconvenientes:**

Complejos y difíciles

Excesiva proliferación de métodos y gran parte están patentados

Requieren el cronómetro y el muestreo para medir tiempos de máquina y de espera

Emplean tiempos promedio

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM:**

Analiza los movimientos base que se realizan en una operación manual asignando tiempos estándares predeterminados según su naturaleza y condiciones de desarrollo

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Aplicación**

Su mayor aplicación es donde se requiere esfuerzo humano: montajes manuales, máquinas con accionamiento...

Se puede emplear en operaciones nuevas o para operaciones ya definidas

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: unidad de medida

TMU : Time Measurement Unit

$$1 \text{ TMU} = 1/10^5 \text{ h} = 0,0006 \text{ min} = 0,036 \text{ s}$$

$$1 \text{ min} = 1667,666667 \text{ TMU}$$

$$1 \text{ s} = 27,777778 \text{ TMU}$$

$$1 \text{ h} = 10000 \text{ TMU}$$

$$1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ s}$$

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Etapas de aplicación**
 1. Definir el objetivo
 2. Organizar la información
 3. Preparar la descomposición de la tarea en elementos básicos
 4. Análisis MTM:
 - Determinar la descomposición diseñada
 - Descripción detallada de elementos
 - Registrar los movimientos
 - Revisión

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Etapas de aplicación**
 5. Conversión de TMU's a segundos, calculando el tiempo tipo
 6. Comparación entre métodos y análisis de posibles movimientos a reducir

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elementos básicos**

Elementos básicos: son los distintos gestos en los que se pueden descomponer una operación

Se subdividen en varias clases que son recogidas en tablas

Técnicas Indirectas: STPM

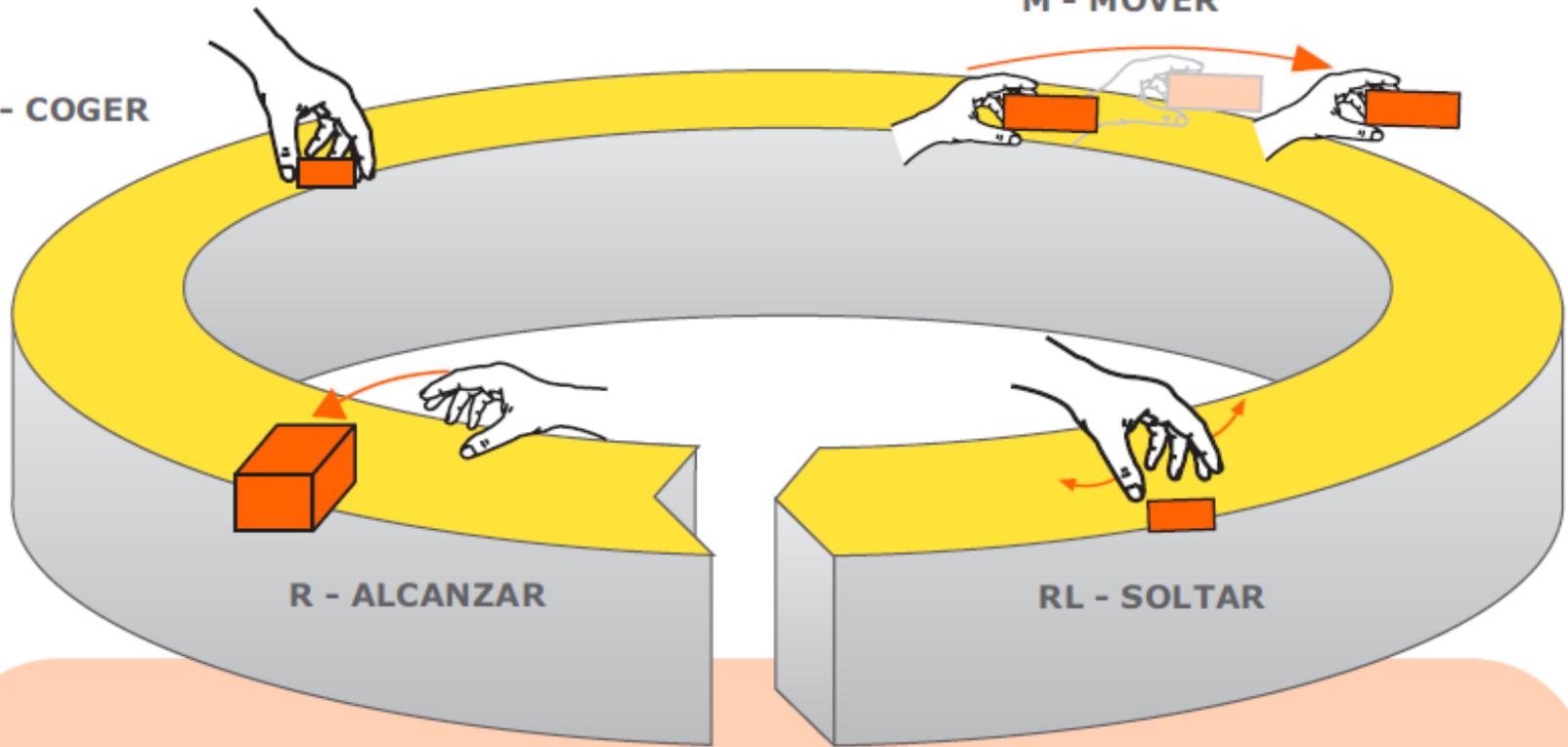
- STPM, sistema MTM: Elementos básicos

Soltar.	RL (Release).
Alcanzar.	R (Reach).
Mover.	M (Move).
Aplicar presión.	AP (Apply Pressure).
Coger.	G (Grasp).
Posicionar.	P (Position).
Desmontar.	D (Disengage).
Movimiento de manivela.	C (Cranking
Girar.	T (Turn).
Movimiento de los ojos.	ET (Eye Travel). EF (Eye Focus).
Marcha.	W (Walk).
Movimientos del cuerpo.	

Tabla 2.14. Elementos básicos de una operación.

M - MOVER

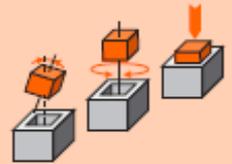
G - COGER



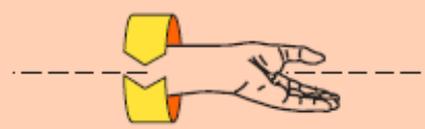
R - ALCANZAR

RL - SOLTAR

P - POSICIÓN



T - GIRAR



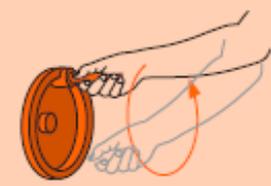
AP - APLICAR PRESIÓN



D - DESMONTAR



C - MANIVELA



Técnicas Indirectas: STPM

- #### STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar (Reach)

Alcanzar(R): Desplazamiento de la mano hacia un destino definido.
5 clases según sea el movimiento para alcanzar el objeto

Clase (R)	Descripción
A	Emplazamiento fijo, constante o sostenido por la otra mano
B	Objeto aislado cuya posición puede variar ligeramente de un ciclo a otro
C	Objeto mezclado con otros (siendo necesario buscar y seleccionar)
D	Objeto muy pequeño o que necesita especial atención
E	Emplazamiento indefinido: equilibrio al cuerpo, preparación para el siguiente movimiento o para no estorbar

Tabla 2.15. Clase y descripción del movimiento ALCANZAR.

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar

Alcanzar(R): Desplazamiento de la mano hacia un destino definido.
5 clases según sea el movimiento para alcanzar el objeto
3 tipos según el estado de reposo o movimiento de la mano

Error es una B

Tipo	Descripción	Símbolo
1	Mano en reposo al principio y al final del gesto (figura 2.4)	R, distancia, clase (R35A)
2	Mano en movimiento, al principio o al final del gesto, mR ó Rm (figura 2.5)	mR, distancia, clase (mR60R)
		R, distancia, clase m (R60Bm)
3	Mano en movimiento, al principio y al final del gesto, mRm (figura 2.5)	m, R, distancia, clase m (mR30Am)

Tabla 2.16. Tipo, descripción y símbolo del movimiento ALCANZAR.

Técnicas Indirectas: STPM

STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar

Alcanzar(R): Desplazamiento de la mano hacia un destino definido.

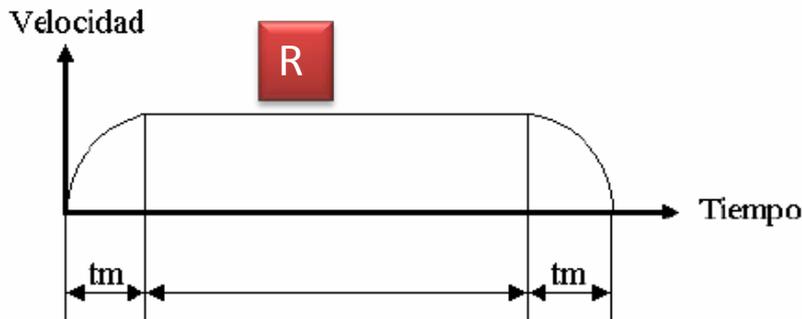


Figura 2.4 Alcanzar Tipo 1.

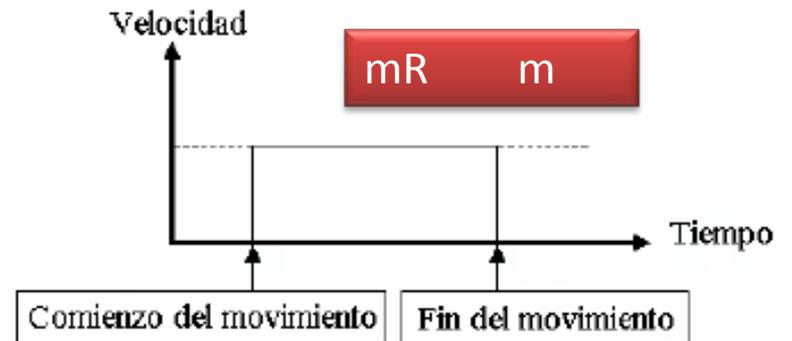


Figura 2.5. Alcanzar Tipo 3.

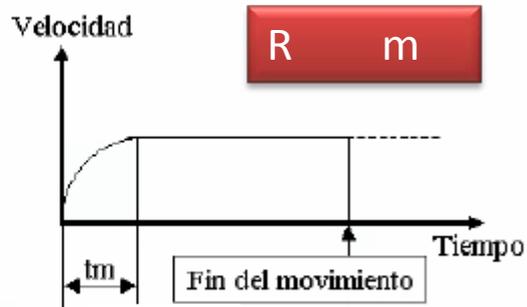
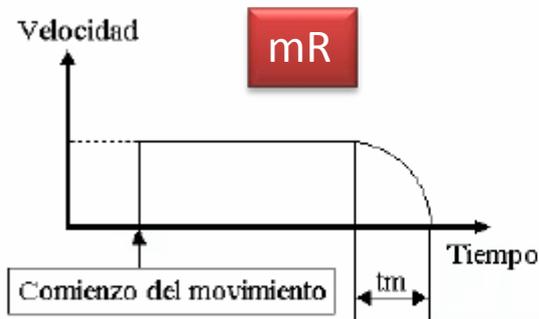
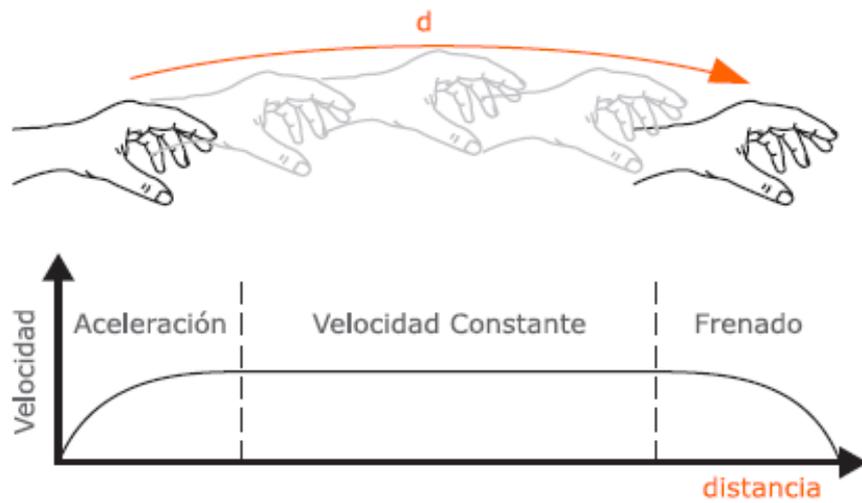


Figura 2.5. Alcanzar Tipo 2



- A** Posición fija del objeto / No hay control visual
- B** Posición variable del objeto / Control visual parcial
- C** Decisión / Control visual
- D** Cuidado / Control visual
- E** No hay objeto / No hay control visual

Distancia del movimiento en pulgadas	tiempo UMT				Mano en movimiento		CASO Y DESCRIPCIÓN					
	A	B	C o D	E	A	B						
3/4 o menos	2	2	2	2	1,6	1,6	A Alcanzar un objeto en una posición fija, en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano					
1	2,5	2,5	3,6	2,4	2,3	2,3						
2	4	4	5,9	3,8	3,5	2,7	B Alcanzar un objeto en una posición diferente					
3	[m]Rf[distancia][Clase][m]					3,6						
4						4,3						
5						5						
6						5,7						
7						6,5						
8	7,9	10,1	11,5	9,3	6,5	7,2		C Alcanzar un objeto mezclado con otros				
9	8,3	10,8	12,2	9,9	6,9	7,9						
10	8,7	11,5	12,9	10,5	7,3	8,6						
12	9,6	12,9	14,2	11,8	8,1	10,1						
14	[m]R[distancia][Clase][m]					11,5						
16						12,9						
18						14,4						
20						15,8						
22	[m]R[distancia][Clase][m]					17,3	E Alcanzar un lugar indefinido sin que la otra mano estorbe					
24						18,8						
26						20,2						
28						16,7		24,4	25,3	21,7	14,5	21,7
30						17,5		25,8	26,7	22,9	15,3	23,2

Cuadro 5.2.3. Datos de tiempos y movimientos predeterminados **MTM** para el movimiento de **alcanzar** el brazo y la mano (1 UTM = 0,0006 minutos)

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar

Alcanzar(R): Desplazamiento de la mano hacia un destino definido.

Fórmulas para la obtención del tiempo

Clase	Formula
A	$R, distancia, A=Astd$ (columnas normales)
	$mR, distancia, A=mA$ (columna en movimiento)
	$R, distancia, Am=mA$ (columnas en movimiento)
	$mR, distancia, Am=Astd - 2 (Astd - mA)$
B	$R, distancia, B=Bstd$ (columnas normales)
	$mR, distancia, B=mB$ (columna en movimiento)
	$R, distancia, Bm=mB$ (columnas en movimiento)
	$mR, distancia, Bm=Bstd - 2 (Bstd - mB)$
C, D, E	$R, distancia, C/D/E=C/D/Estd$ (columnas normales)
	$mR, distancia, C/D/E=C/D/Estd - (Bstd - mB)$
	$R, distancia, C/D/Em=C/D/Estd - (Bstd - mB)$
	$MR, distancia, C/D/Em=C/D/Estd - 2(Bstd - mB)$

Tabla 2.17. Fórmulas para las diferentes clases del movimiento ALCANZAR.

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar

Alcanzar(R): Desplazamiento de la mano hacia un destino definido.
Fórmulas para la obtención del tiempo

$$[m]R[distancia][Clase][m]$$

Distancia del movimiento en pulgadas	tiempo UMT				Mano en movimiento	
	A	B	C o D	E	A	B
3/4 o menos	2	2	2	2	1,6	1,6

$$[m]Rf[Clase][m]$$

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Alcanzar, ejemplo**

Tengo que alcanzar un tornillo que esta mezclado en una caja con otros tornillos de distintas métricas. La caja está a 10 pulgadas de distancia. La mano empieza en movimiento y acaba parada.

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Mover (Move)

Mover (M): transportar un objeto hacia un lugar .
3 clases según sea el movimiento

Clase (M)	Descripción
A	Objeto hasta la otra mano o contra un tope
B	Objeto hasta un emplazamiento aproximado o indefinido
C	Objeto hasta un emplazamiento exacto

Tabla 2.19. Clase y descripción del movimiento MOVER.



Técnicas Indirectas: STPM

STPM, sistema MTM: Elemento Mover

Mover (M): transportar un objeto hacia un lugar .

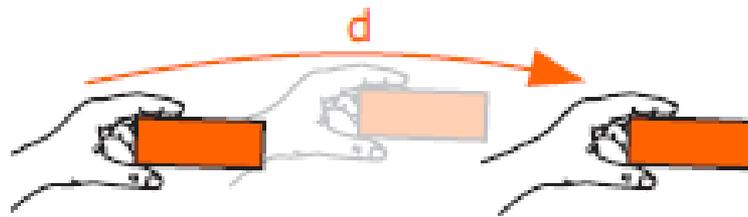
3 clases según sea el movimiento

3 tipos según el estado del objeto (parado en movimiento inicial o en movimiento final) , (para C solo se dan 1 y 2)

Tipo	Símbolo
1	M (distancia), Clase
2	mM (distancia), Clase
	M (distancia), Clase, m.
3	mM (distancia), Clase, m.

Clase (M)	Descripción
A	Objeto hasta la otra mano o contra un tope
B	Objeto hasta un emplazamiento aproximado o indefinido
C	Objeto hasta un emplazamiento exacto

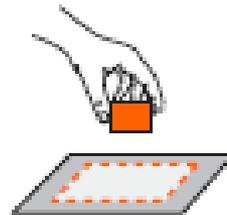
Tabla 2.19. Clase y descripción del movimiento MOVER.



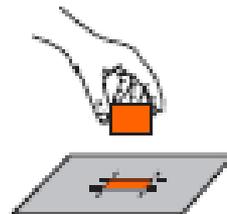
A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.



B Mover el objeto a una posición aproximada o indefinida



C Mover el objeto a una posición exacta



Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Mover**

Mover (M): transportar un objeto hacia un lugar .

Fórmulas para la obtención del tiempo

Clase	Fórmula
A	M, distancia, $A=A_{std}$
	mM, distancia, $A=A_{std}-(B_{std}-mB)$
	M, distancia, $A_m=A_{std}-(B_{std}-mB)$
	mM, distancia, $A_m=A_{std} -2(B_{std}-mB)$
B	M, distancia, $B=B_{std}$
	mM, distancia, $B=mB$
	M, distancia, $B_m=mB$
	mM, distancia, $B_m=B_{std}-2(B_{std}-mB)$
C	M, distancia, $C=C_{std}$
	mM, distancia, $C=C_{std}-(B_{std}-mB)$
	M, distancia, $C_m=C_{std}-(B_{std}-mB)$

$mB=D$ en algunas tablas

$[m]M[distancia][Clase][Peso][m]$

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Margen por peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	Mano en movimiento D	Peso (lb) hasta de	Factor	TMU constante	
s/a o menor	2.0	2.0	2.0	1.7				A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.
1	2.5	2.9	3.4	2.3	2.5	0	0	
2	3.6	4.6	5.2	2.9	7.5	1.06	2.2	
3	4.9	5.7	6.7	3.6	12.5	1.11	3.9	
4	6.1	6.9	8.0	4.3	17.5	1.17	5.6	
5	7.3	8.0	9.2	5.0	22.5	1.22	7.4	
6	8.1	8.9	10.3	5.7	27.5	1.28	9.1	
7	8.9	9.7	11.1	6.5	32.5	1.33	10.8	
8	9.7	10.6	11.8	7.2	37.5	1.39	12.5	
9	10.5	11.5	12.7	7.9	42.5	1.44	14.3	
10	11.3	12.2	13.5	8.6	47.5	1.50	16.0	B Mover el objeto a una localización aproximada o indefinida.
12	12.9	13.4	15.2	10.0				
14	14.4	14.6	16.9	11.4				
16	16.0	15.8	18.7	12.8				
18	17.6	17.0	20.4	14.2				
20	19.2	18.2	22.1	15.6				
22	20.8	19.4	23.8	17.0				
24	22.4	20.6	25.5	18.4				
26	24.0	21.8	27.3	19.8				
28	25.5	23.1	29.0	21.2				
30	27.1	24.3	30.7	22.7				C Mover el objeto a una localización exacta.

Técnicas Indirectas: STPM

■ **STPM, sistema MTM: Elemento Mover**

Mover (M): transportar un objeto hacia un lugar .

$[m]M[distancia][Clase][m]$ (sin peso)

$([m]M[distancia][Clase][m] \times Factor) + constante$ (con peso)

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU			
	A	B	C	Mano en movimiento D
s/a o menor	2.0	2.0	2.0	1.7

$[m]Mf[Clase][m]$

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Mover, ejemplo**
 - a) Tengo que mover un objeto ligero desde una posición fija 20 pulgadas a una localización exacta
 - b) Tengo que mover un objeto ligero desde una cinta transportadora 20 pulgadas a una localización exacta
 - c) Tengo que mover un objeto de 3 libras desde una cinta transportadora 20 pulgadas a una localización exacta

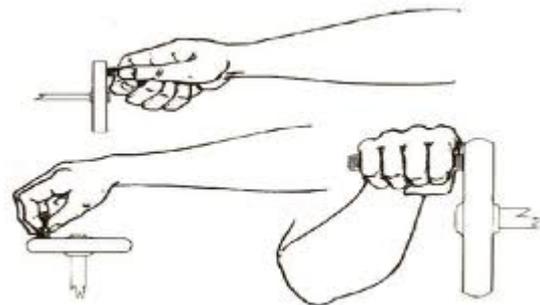
Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Girar (Turn)

Girar(T): Movimiento de rotación de la mano alrededor de la muñeca o del antebrazo alrededor de su eje

- Giro puro: el antebrazo no sufre desplazamiento lateral
- Giro combinado con mover o alcanzar



Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Girar**

Girar(T): Movimiento de rotación.

Las variables a considerar son

- Ángulo de rotación: entre 30° y 180°
- El esfuerzo a realizar: 3 tipos
 - Small (S): esfuerzos ligeros
 - Medium (M): medianos
 - Large (L): considerables

		Tiempo (tmu) por grado de giro										
Libras	Peso	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
0-2	Pequeño: <1 Kg	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
2.1 a 10	Medio: 1-5 Kg	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
10.1 a 35	Grande: 5-16 Kg	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

Tabla 2.24. Tiempos estándar para GIRAR.

Técnicas Indirectas: STPM

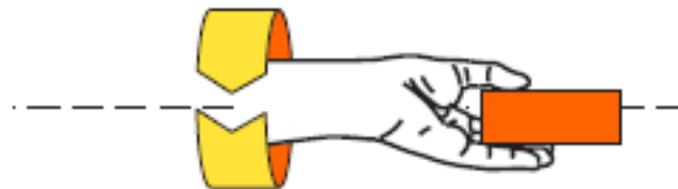
- **STPM, sistema MTM: Elemento Girar**

Girar(T): Movimiento de rotación.

T[grados][Clase]

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Girar



TgS Girar la mano cargada ($PNE \leq 1$ kg)

TgM Girar la mano cargada ($1 < PNE \leq 5$ kg)

TgL Girar la mano cargada ($5 < PNE \leq 16$ kg)

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Girar, ejemplo**

Girar una manivela con un peso de 10 kg durante 120 grados

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Aplicar Presión (Apply Pressure)

Aplicar Presión (AP): Es ejercer una fuerza muscular controlada para superar la resistencia de un objeto, acompañada o no de un pequeño movimiento (6mm, como máximo).

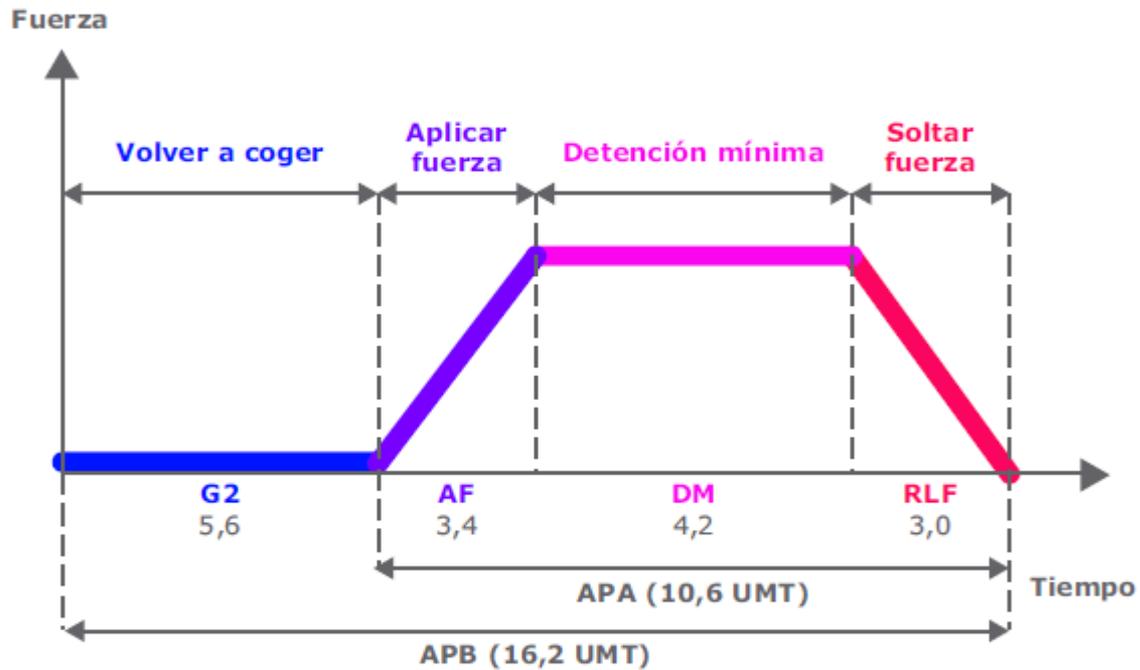
Se distinguen dos clases:

- Aplicar presión APA.** No comprende ningún volver a coger previo.
- Aplicar presión APB.** Comprende un volver a coger previo.



Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos

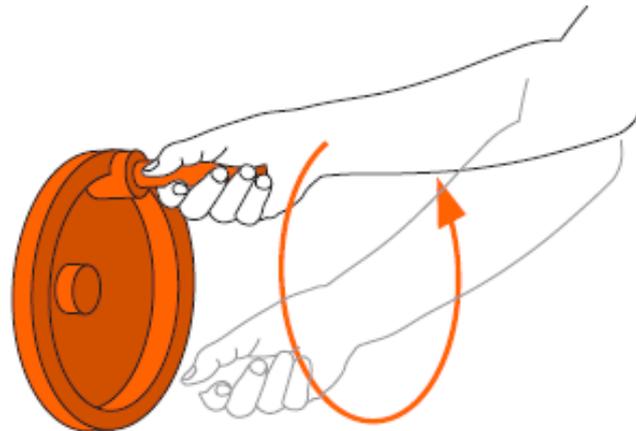
APA	10,6	AF + DM + RLF
APB	16,2	G2 + APA



Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela (Cranck)

Manivela (C): La mano y el brazo siguen una trayectoria curvada para mover el un objeto, con el antebrazo pivotando alrededor del codo



Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela

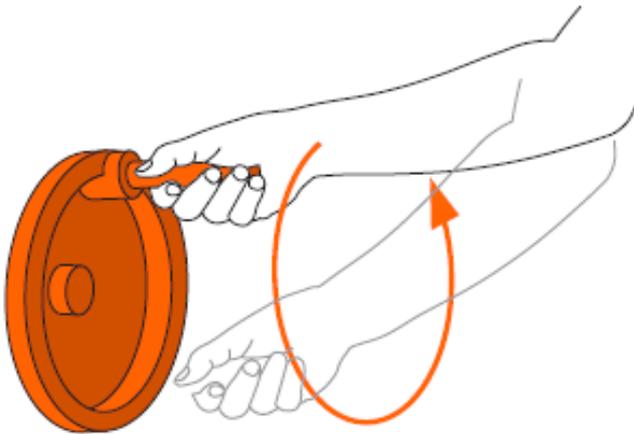
Manivela (C): Movimiento de la mano y el brazo pivotando alrededor del codo.

Las variables que considera son:

- Número de vueltas
- Categoría del movimiento: continuo o independientes
- Diámetro de la manivela
- Peso depende de un Factor Dinámico [Fd]

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela



Continuas $[n^{\circ}\text{vuelatas}]C[\text{diametro}] [\text{peso}]$
 Fórmula $([n] \times C[\text{diametro}] + 5.2) \times Fd$

Aislada $1C[\text{diametro}] [\text{peso}]$
 Fórmula $(1C[\text{diametro}]) \times Fd$

En tablas $1C=K$

Técnicas Indirectas: STPM

STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela

Suplemento por peso		Diámetro de manivela en pulgadas.	Independientes	Continuas
Factor K	%		Vuelta aislada (K).	Vuelta intermedia (T).
Hasta				
1	1,00	1	13,7	8,5
2	1,04	2	14,9	9,7
4	1,07	3	15,6	10,6
6	1,12	4	16,6	11,4
8	1,17	5	17,3	12,1
10	1,22	6	17,9	12,7
12	1,27	7	18,4	13,2
14	1,32	8	18,8	13,6
16	1,36	9	19,2	14,0
18	1,41	10	19,6	14,4
20	1,46	12	20,2	15,0
22	1,51	14	20,7	15,5
		16	21,2	16,0
		18	21,6	16,4
		20	21,9	16,7

Tabla 2.25 Movimiento de Manivela.

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela, ejemplo

Manivela (C): Movimiento de la mano y el brazo pivotando alrededor del codo.

- Número de vueltas = 5
- Categoría del movimiento: continuo
- Diámetro de la manivela = 10 pulgadas
- Peso = 6 libras

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento de Manivela, ejemplo

Manivela (C): Movimiento de la mano y el brazo pivotando alrededor del codo.

- Número de vueltas = 1
- Categoría del movimiento: independiente
- Diámetro de la manivela = 10 pulgadas
- Peso = 6 libras

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Cogger (Get)**

Coger (G): asegurar el control suficiente de uno o varios objetos, bien sea con la mano y dedos o solo con los dedos, para permitir la ejecución del gesto siguiente

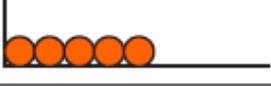
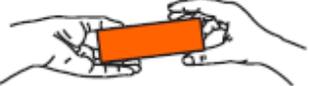


TABLA IV — AGARRAR, TOMAR — G

Caso	Tiempo (tmu)	Descripción
1A	2.0	Agarrar, para recoger – objeto pequeño, mediano o grande, fácil de tomar.
1B	3.5	Objeto muy pequeño o sobre una superficie plana.
1C1	7.3	Interferencia con agarrar en la base y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro mayor que $\frac{1}{2}$ ".
1C2	8.7	Interferencia con agarrar en la base y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ".
1C3	10.8	Interferencia con agarrar en la base y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro menor que $\frac{1}{4}$ ".
2	5.6	Agarrar de nuevo.
3	5.6	Agarrar para traslado.
4A	7.3	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar. Mayor que 1" x 1" x 1".
4B	9.1	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar. De $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " a 1" x 1" x 1".
4C	12.9	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar. Menor que $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ ".
5	0	Agarrar de contacto, deslizamiento o agarre de gancho.

Caso [k]	Definición	
1	A	Objetos solitarios que se puedan coger fácilmente.
	B	Objetos muy pequeños o delgados sobre una superficie plana.
	C	Objetos cilíndricos o aproximadamente cilíndricos con interferencia por debajo y a un lado. Tiene tres opciones en función de las medidas: G1C1, G1C2 ó G1C3
2	Cambiar la manera de coger el objeto sin perder el control sobre él.	
3	Transferir el control sobre el objeto de una mano a otra.	
4	Objetos amontonados con otros, de tal forma que ocurra búsqueda y selección. Tiene tres opciones en función de las medidas: G4A, G4B ó G4C.	
5	Coger objetos por contacto.	



 <p>Cerrando los dedos sobre el objeto</p>	G1A	2,0		
	G1B	3,5		 Sección <3*3 mm
	G1C1	7,3		$\varnothing > 12 \text{ mm}$
	G1C2	8,7		$6 \text{ mm} < \varnothing \leq 12 \text{ mm}$
	G1C3	10,8		$\varnothing \leq 6 \text{ mm}$
	G3	5,6		G1A + 1,6 + RL 1
	G4A	7,3		 > 25*25*25 mm
	G4B	9,1		 $\leq 25*25*25 \text{ mm}$ > 6*6*3 mm
	G4C	12,9		 < 6*6*3 mm
 <p>Por contacto</p>	G5	0,0		
 <p>Volver a coger</p>	G2	5,6	<p>Teoría</p> <p>RfA + MfB + (RfA)</p>	

Técnicas Indirectas: STPM

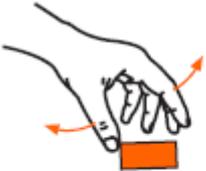
- STPM, sistema MTM: Elemento Soltar (Release)

Soltar (RL): movimiento realizado con los dedos o con la mano para cesar el contacto o control de los objetos

2 clases:

- Soltar RL1: simple apertura de los dedos

- Soltar RL2: ruptura del contacto entre dedos o mano y objeto

	<p>Soltar separando los dedos como movimiento independiente</p>	<p>RL1</p>	<p>2,0</p>
	<p>Soltar el contacto</p>	<p>RL2</p>	<p>0,0</p>



Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Soltar (Release)**

Soltar (RL): movimiento realizado con los dedos o con la mano para cesar el contacto o control de los objetos

2 clases:

- Soltar RL1: simple apertura de los dedos

- Soltar RL2: ruptura del contacto entre dedos o mano y objeto

Clase	Tiempo (tmu)	Descripción	Ejemplo
1	2,0	Soltar normalmente, abriendo los dedos como movimiento independiente	Soltar un libro
2	0	Dejar, cesar el contacto	Soltar un botón que estabas apretando

Tabla 2.28. Tiempos estándar para SOLTAR.

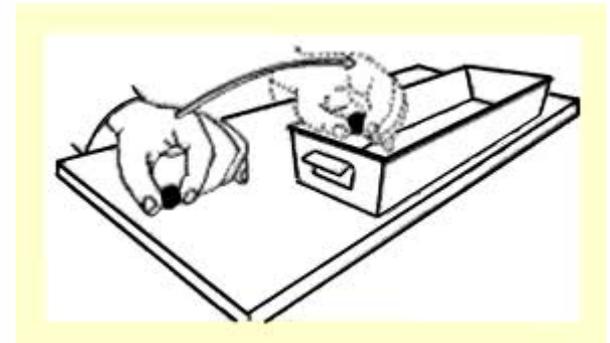
Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Posicionar (Position)

Posicionar (P): alinear, orientar e introducir un objeto en otro a base de movimientos muy pequeños

3 clases:

- Holgado: No requiere presión
- Estrecho: Requiere presión
- Exacto: requiere presión intensa



3 tipos de simetría:

- S Simétrico: infinitas posiciones de entrada (>8)
- SS Semisimétrico: Número limitado de posiciones (entre 2 y 8)
- NS No simétrico: una única posición de entrada

Tipo de manipulación:

- E: manejo fácil
- D: manejo difícil

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Posicionar (Position)

Posicionar (P): alinear, orientar e introducir un objeto en otro a base de movimientos muy pequeños

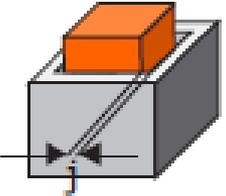
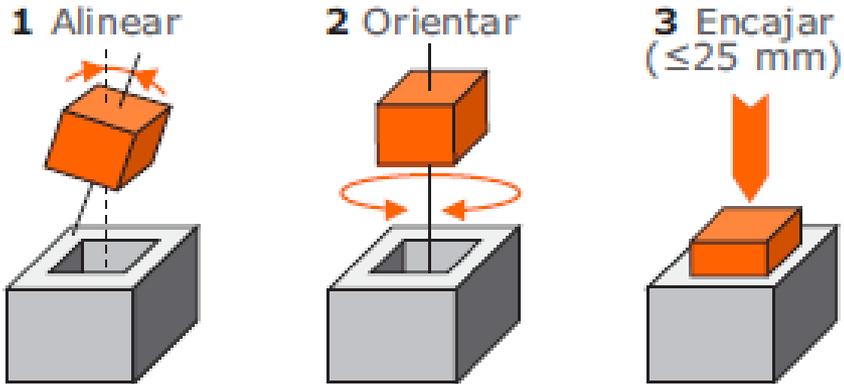
Clase	Descripción	Simetría	Fácil de Manipular (E)	Difícil de manipular (D)
1	Flojo. Sin necesidad de ejercer presión. Tolerancias entre 1,5 y 6 mm.	Simétrico (S) ²²	5,6	11,2
		Semi-Simétrico (SS)	9,1	14,7
		No Simétrico (NS)	10,4	16,0
2	Apretado. Tolerancias inferiores a 1,5 mm. con una ligera presión	Simétrico (S)	16,2	21,8
		Semi-Simétrico (SS)	19,7	25,3
		No Simétrico (NS)	21,0	26,6
3	Exacto. Tolerancias inferiores a 1,5 mm. con una fuerte presión	Simétrico (S)	43,0	48,6
		Semi-Simétrico (SS)	46,5	52,1
		No Simétrico (NS)	47,8	53,4

Tabla 2.29. Tiempos estándar para POSICIONAR.

Técnicas Indirectas: STPM

STPM, sistema MTM: Elemento Posicionar (Position)

Posicionar (P): alinear, orientar e introducir un objeto en otro a base de movimientos muy pequeños



Existe posición cuando el juego "j" ≤ 12 mm

Si $j > 12\text{mm}$ es mover

Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Posicionar,

Fórmula

P[clase][simetría][manipulación]

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Posicionar, ejemplo**
 - a) Tenemos que introducir un cilindro en un hueco cuyo juego o tolerancia es de 2 mm. Superficie rugosa
 - b) Tenemos que introducir un rectángulo en un hueco cuyo juego o tolerancia es de 1 mm. Superficie rugosa
 - c) Tenemos que introducir una llave en un hueco cuyo juego o tolerancia es menor de 0.75 mm. Superficie lubricada.

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

■ STPM, sistema MTM: Elemento Desmontar o Desenganchar (Disengage)

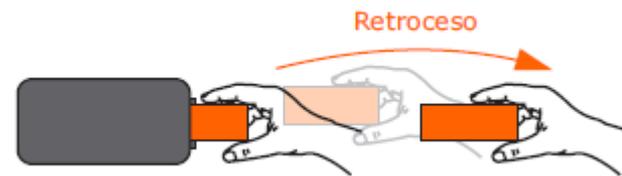
Desenganchar (D): romper el contacto entre 2 objetos unidos

3 clases:

- Holgado: No requiere esfuerzo, retroceso < 1''
- Estrecho: Requiere esfuerzo normal, retroceso ligero (2''-5'')
- Apretado: Requiere esfuerzo considerable, retroceso manual muy notorio (>5'')

Tipo de manipulación:

- E: manejo fácil
- D: manejo difícil



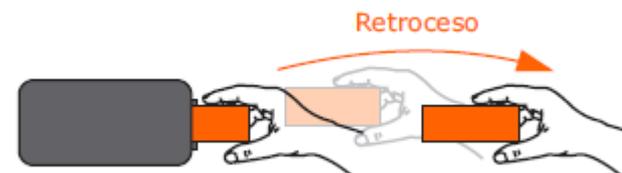
Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Desmontar o Desenganchar (Disengage)

Desenganchar (D): romper el contacto entre 2 objetos unidos

Clase	Descripción	Fácil de manipular (E)	Difícil de manipular (D)	retroceso
1	Flojo. Esfuerzo muy pequeño. Movimiento unido con el siguiente	4	5,7	<1"
2	Apretado. Esfuerzo normal con ligero rebote de la mano.	7,5	11,8	(1",5")
3	Exacto. Esfuerzo considerable, con marcado retroceso de la mano	22,9	34,7	>5"

Tabla 2.30. Tiempos estándar para DESMONTAR.

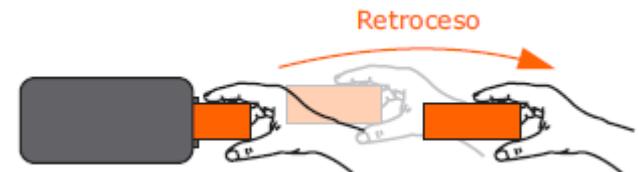


Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Desmontar o Desenganchar (Disengage)

Desenganchar (D): romper el contacto entre 2 objetos unidos

Desmontar	E	D	Esfuerzo	Retroceso (cm)
D1_	4,0	5,7	Muy pequeño	$d \leq 2$
D2_	7,5	11,8	Normal	$2 < d \leq 12$
D3_	22,9	34,7	Considerable	$12 < d \leq 30$



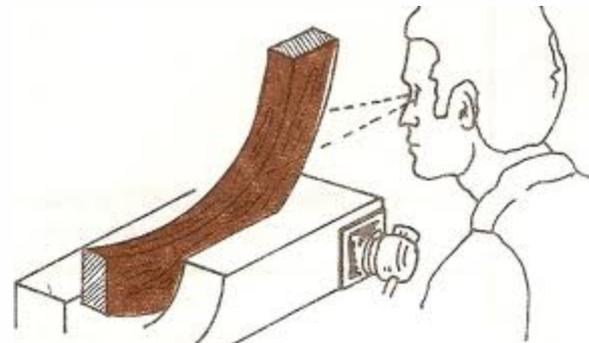
Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Movimientos oculares (Eye Movement)**

Movimiento Ocular (EM acciones de los ojos en la realización de un trabajo)

2 clases:

- ET: desplazamiento o recorrido de los ojos
- EF: enfoque visual



Técnicas Indirectas: STPM

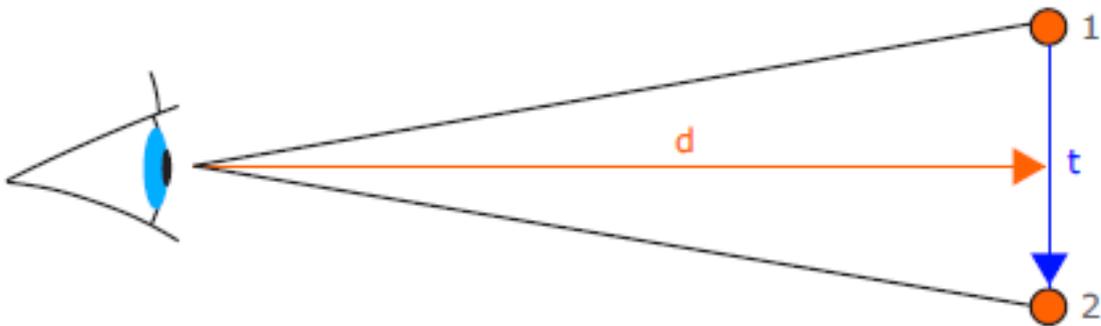
- STPM, sistema MTM: Elemento Movimientos oculares (Eye Movement)

Movimiento Ocular (EM acciones de los ojos en la realización de un trabajo

ET: desplazamiento o recorrido de los ojos

Recorrido ocular

Movimiento de los ojos para desviar la mirada de un punto a otro	ET t/d	$15,2 * t/d$	Máximo 20 UMT
--	----------	--------------	---------------



Técnicas Indirectas: STPM

- STPM, sistema MTM: Elemento Movimientos oculares (Eye Movement)

Movimiento Ocular (EM acciones de los ojos en la realización de un trabajo)

EF: enfoque visual

Enfoque ocular	Mirar un objeto para reconocer una característica de fácil distinción	EF	7,3	Dentro del área de visión normal
----------------	---	----	-----	----------------------------------

Leer una palabra suelta, 3 cifras, 3 dígitos o 1 signo

Ejemplo: Si tenemos que leer dos palabras continuas 2×7.3
Sería EF con una frecuencia de 2

Técnicas Indirectas: STPM

- **STPM, sistema MTM: Elemento Movimientos oculares (Eye Movement), ejemplo**

Control visual de dos taladros distanciados 85 mm entre ellos en una chapa situada a 300 mm enfrente del inspector

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

- **Ejemplo de una operación sencilla**

Pegar un post-it: suponiendo que tenemos ya el post-it en la mano (pero el brazo en reposo), estamos de pie y lo pegamos en la esquina superior del monitor, que se encuentra a la distancia del brazo estirado.

Hacer en clase

Técnicas Indirectas: STPM

■ Ejemplo de una operación sencilla

Pegar un post-it: suponiendo que tenemos ya el post-it en la mano (pero el brazo en reposo), estamos de pie y lo pegamos en la esquina superior del monitor, que se encuentra a la distancia del brazo estirado.

1. Mover el brazo dirección a la pared una distancia de 30''
2. Aplicar Presión

El movimiento del brazo es un cuarto de circunferencia aprox.
Mi brazo mide 50 cm aprox

$$(2 \times \pi \times r)/4 = (2 \times \pi \times 50)/4 \text{ cm} = 79 \text{ cm}$$

$$79 \text{ cm} \approx 31''$$

Técnicas Indirectas: STPM

■ Ejemplo de una operación sencilla

Pegar un post-it: suponiendo que tenemos ya el post-it en la mano (pero el brazo en reposo), estamos de pie y lo pegamos en la esquina superior del monitor, que se encuentra a la distancia del brazo estirado.

1. Mover el brazo dirección a la pared una distancia de 30''
2. Aplicar Presión

$$M30C = 30.7 \text{ TMU} \quad \mathbf{+} \quad \text{APA} = 10.6 \text{ TMU}$$

$$\text{Total } 41.3 \text{ TMU} = 1.4868 \text{ segundos}$$

Técnicas Indirectas: STPM

■ Ejemplo de una operación mas compleja

Sacar punta a un lápiz.

El sacapuntas está encima de la mesa, solo, y se coge con la mano izquierda a 6''.

El lápiz está encima de la mesa, solo, y se coge con la mano derecha a 5''. Estos dos movimientos se hacen de forma simultánea.

Se acercan el sacapuntas moviéndose 4'' al lápiz, y este recorre desde la mesa hasta el sacapuntas 6''.

Se gira 5 veces para sacar punta al lápiz

Dejamos el lápiz y el sacapuntas encima de la mesa sin soltarlos moviéndolos 4'' y 6 '' respectivamente

BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Niebel-Freivalds. Biblioteca EII-65.nie-ing.
- Handbook of Industrial Engineering. Technology and Operations Management. Salvendy, G. (Ed). Pag 1409-1463.

Consultar páginas:

<http://perso.wanadoo.es/dgmerayo/graficos/Documentos/MovimientosMTM.htm>

<http://utcj.mx/claroline/claroline/backends/download.php?url=L210bTEucGRm&cidReset=true&cidReq=MSTI2011>

Tema 4: Logística y la importancia de los inventarios, costes y modelos.

Índice

- Introducción.
- Costes involucrados en la gestión de inventarios
- Tipos de Inventario
- Sistemas de control de Inventarios
 - ✓ Sistema de revisión continua: Modelo Q.
 - ✓ Sistema de revisión periódica: Modelo P
- Modelos Especiales de Inventarios
 - ✓ Descuentos por unidad
 - ✓ Varios artículos simultáneos
 - ✓ Otras consideraciones sobre tamaños de lote
- Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Introducción

Objetivo:

NO ES

“Reducir al mínimo los inventarios para reducir los costes”

“Tener todos los productos almacenados necesarios para cubrir toda la demanda”

ES

“Tener la cantidad exacta para lograr los objetivos estratégicos de la empresa de la forma mas eficiente”

Introducción

El término mas importante “Tamaño de Lote”:

Es la cantidad de un artículo en inventario que se compra a un proveedor exterior o se fabrica internamente.

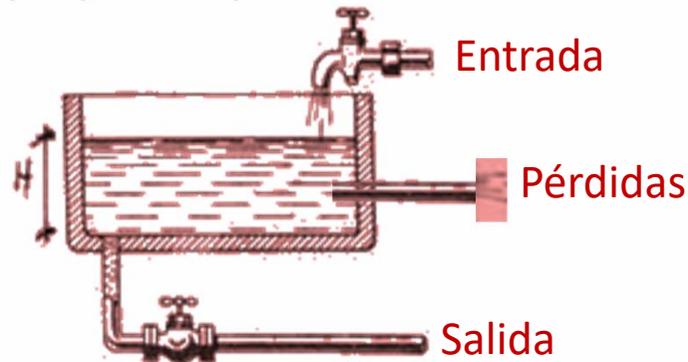
Este tamaño es crítico porque afecta a los costes y a la imagen de la empresa. Requieren una inversión de capital que si se destina a inventarios no se utiliza para otros conceptos.

**Mucho inventariado implica reducción de rentabilidad
Poco inventariado implica dañar la confianza del cliente**

Introducción

Inventario:

Es una provisión de materiales utilizados para satisfacer la demanda del cliente o para apoyar la producción de bienes y servicios.



Los inventarios suben cuando entra mas material que el que sale. Y bajan cuando sale mas del que entra.

Habrá desperdicios en los inventarios cuando haya generación de material defectuoso.

A mayor flujo de desperdicios mayor debe ser el flujo de entrada para un determinado nivel de producción. 6sigma o/y TQM

Introducción

Pregunta clave: “¿Cuánto inventario tener?”.

Inventarios pequeños vs Inventarios grandes



Costes de mantener el inventario

Coste de capital.

Coste de almacén y manipulación.

Impuestos, seguros y mermas.

Coste de ordenar o de lanzamiento de pedido

Coste de preparación

Coste de mano de obra y equipo

Coste de transporte

Coste de pagos a proveedores

Coste del NO servicio al cliente

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios pequeños?

Coste de capital.

Es el coste de oportunidad de invertir en un activo respecto del retorno esperado sobre activos de riesgo similar.

Se suele comparar con el promedio ponderado del coste de capital.

$PPCC = (\text{retorno esperado de acciones} \times \text{porcentaje de capital}) + (\text{tasa de interés sobre deuda} \times \text{porcentaje de deuda})$

Si este coste es elevado respecto al PPCC se tiene a inventarios pequeños.



Coste



Tamaño del Inventario

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios pequeños?

Coste de almacén y manipulación.

Los inventarios necesitan espacio y deben moverse dentro y fuera del almacén.



Coste



Tamaño del Inventario

Impuestos, seguros y mermas.

Se pagan mas impuestos si al final del año los inventarios son altos y el coste de asegurar los inventarios también aumenta.

Las mermas pueden ser de tres tipos:

- Robo de inventario por parte de clientes o empleados.
- Obsolescencia, cuando el inventario no puede venderse a su valor completo debido a cambios de modelo, modificaciones tecnológicas y cambios en la tendencia de la demanda. (elevada en el sector textil)
- Deterioro, por descomposición física o daño debido a manejo defectuoso. (elevado en el sector alimentación)

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios grandes?

Coste de ordenar o lanzamiento de pedido

Es el coste de preparar una orden de compra para un proveedor o una orden de producción para un fabricante interno. Para el mismo artículo, el coste del lanzamiento de pedido es el mismo independiente de la cantidad pedida.

El agente de compras debe gastar tiempo en:

- Decidir la cantidad, el proveedor y negociar los términos del contrato.
- Cumplimentación de la documentación.
- Seguimiento y recepción de los artículos.



Coste



Tamaño del Inventario

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios grandes?

Coste de preparación

Es el coste involucrado en hacer cambios en una máquina o lugar de trabajo para producir un artículo diferente. El coste de preparación también es independiente del tamaño del lote a fabricar.

Incluye:

Mano de obra y tiempo para hacer los cambios necesarios.

Limpiar y cambiar útiles del equipo.

Alta tasa de desperfectos al principio de la fabricación de un nuevo lote.



Coste



Tamaño del Inventario

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios grandes?

Coste de mano de obra y equipo

Al crear mas inventario se puede conseguir mayor productividad de la fuerza de trabajo y aumentar la utilización de las instalaciones.

1. Órdenes de Producción mas grandes implica que son menos frecuentes y por lo tanto los costes de preparación son menores (tiempos improductivos menores)
2. Reduce la posibilidad de ruptura de stocks y la necesidad de reprogramar por falta de material.
3. Mejora la utilización de los recursos ante demandas cíclicas o estacionales. Se acumulará inventario en los valles y se tirará de inventarios en los picos.



Coste



Tamaño del Inventario

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios grandes?

Coste de transporte

Tener inventarios de salida altos permite hacer envíos de camiones mas llenos y minimizar la necesidad de acelerar los envíos por medios mas costosos.

Aumentar los inventarios de entrada aprovechando en un mismo pedido a un proveedor diferentes productos permite obtener tarifas de descuento.



Coste



Tamaño del Inventario

Costes involucrados en la gestión de inventarios

¿Cuándo ir hacia inventarios grandes?

Coste de pagos a proveedores

Hacer acopio de inventario por motivos especulativos o ante un aumento de precios. Para aprovechar tarifas de descuento.

Coste del NO servicio al cliente

Crear inventario puede acelerar y mejorar la entrega a tiempo de los bienes de una empresa. Reducen el potencial de ruptura y ordenes atrasadas y el de ruptura con resultado de pérdida de venta (faltante).



Coste



Tamaño del Inventario

Tipos de Inventario

Los inventarios se pueden clasificar en tres tipos (según contabilidad)

Materias Primas (MP)

Son los inventarios necesarios para la producción de bienes o servicios. Son las entradas al sistema de transformación.

Trabajo en proceso (WIP)

Son artículos como componentes o ensamblados necesarios para elaborar un producto final.

Productos terminados (PT)

Son los artículos destinados a la venta al cliente. Puede ser la materia prima de entrada para otra empresa.

Tipos de Inventario

Los inventarios se pueden clasificar en cuatro tipos (según se crea)

1.- Inventario de ciclo (Sc)

La parte del inventario que varía directamente con el tamaño del lote. Determinar la frecuencia de pedido y la cantidad es lo que se llama fijar el tamaño de lote.

Fijar el tamaño del lote

- El tamaño del lote (Q) varía directamente con el tiempo transcurrido entre órdenes. Si se ordena cada 5 semanas, Q debe cubrir la demanda de 5 semanas.
- Cuanto más tiempo pase entre órdenes, mayor debe ser el inventario de ciclo.

Tipos de Inventario

Los inventarios se pueden clasificar en cuatro tipos (según se crea)

2.- Inventario de seguridad SS

Para evitar problemas con el servicio al cliente y los costes por falta de disponibilidad. Se denomina Inventario o Stock de Seguridad (SS).

Protege de la incertidumbre en la demanda, el tiempo de entrega, nivel descontrolado de desperfectos en producción...

Permite no parar las operaciones ante un fallo de suministro. Su nivel nos da idea de lo mal que se gestiona en la empresa.

Tipos de Inventario

Los inventarios se pueden clasificar en cuatro tipos (según se crea)

3.- Inventario de previsión

Es el inventario utilizado para absorber tasas no armonizadas de demanda y entrega.

Se utiliza sobre todo para producciones estacionales o cíclicas. O ante previsión de huelgas.

4.- Inventario en tránsito=Punto de Pedido (Pp)

Es el inventario que existe cuando se emite una orden de pedido. Es el inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de entrega de la orden (T_s).

Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Ejemplo:

Una planta hace envíos mensuales de taladros a un mayorista en lotes de tamaño 280. La demanda del mayorista es de 70 taladros/semana y el $T_s=3$ semanas.

Si el mayorista está dispuesto a incrementar su cantidad comprada a 350 unidades, la planta dará prioridad al mayorista y le garantiza un $T_s=2$ semanas.

Analizar el efecto sobre el inventario de ciclo y de tránsito para el mayorista.

Tipos de Inventario

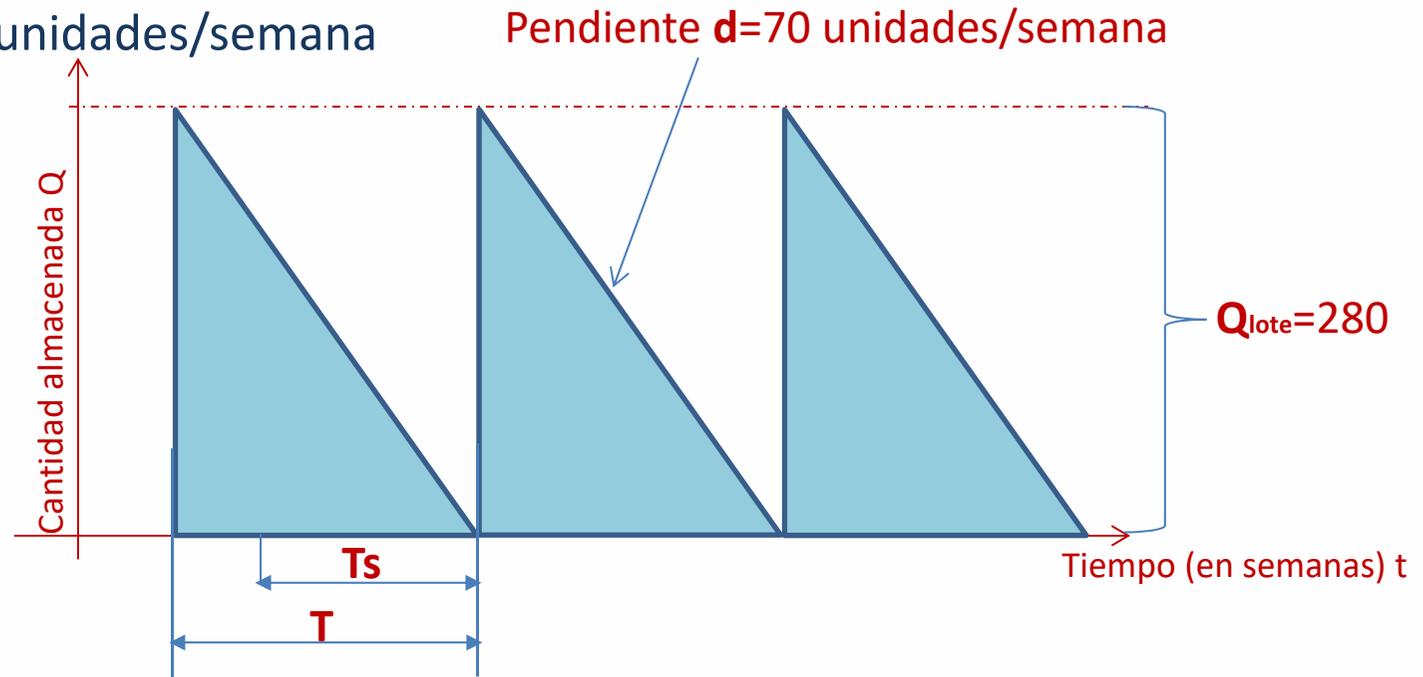
Estimación de los niveles de inventario

Ejemplo: Situación inicial

$Q_{lote}=280$ unidades

$d=demanda=70$ unidades/semana

$T_s=3$ semanas



¿Tiempo entre Aprovevisionamientos (T)?

Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Ejemplo: Situación inicial

$Q=280$ unidades

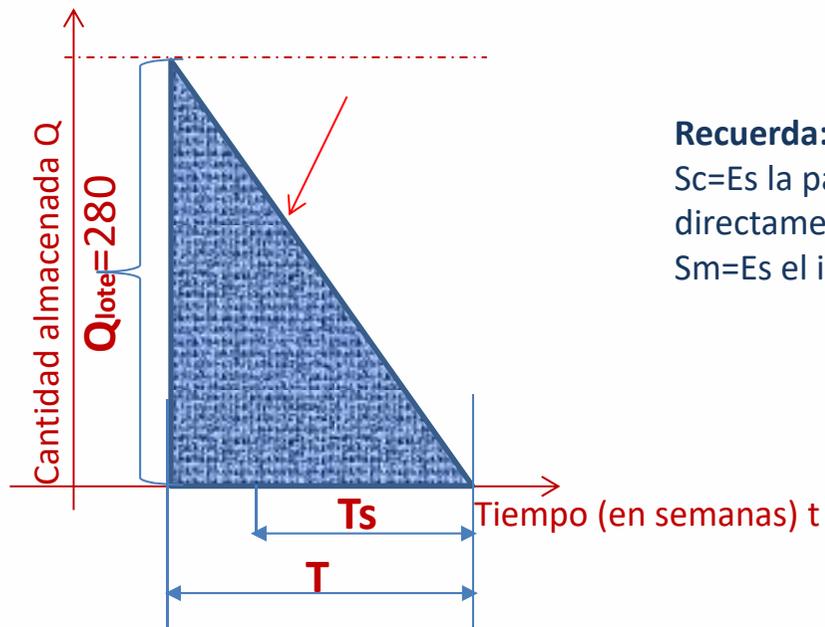
$d=70$ unidades/semana

$T_s=3$ semanas



La fórmula de esta curva?

¿Cuánto es el Inventario de ciclo?(S_c)
¿Cuánto es el Stock medio?(S_m)



Recuerda:

S_c =Es la parte del inventario que varía directamente con el tamaño del lote.

S_m =Es el inventario medio total

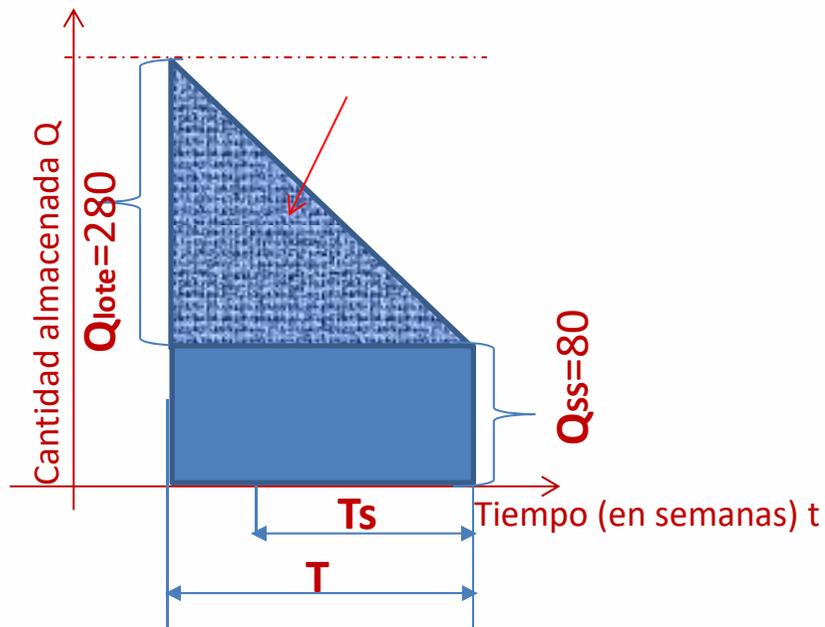
Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Vamos a suponer que hay una parte del inventario que no se toca



La fórmula de esta curva?

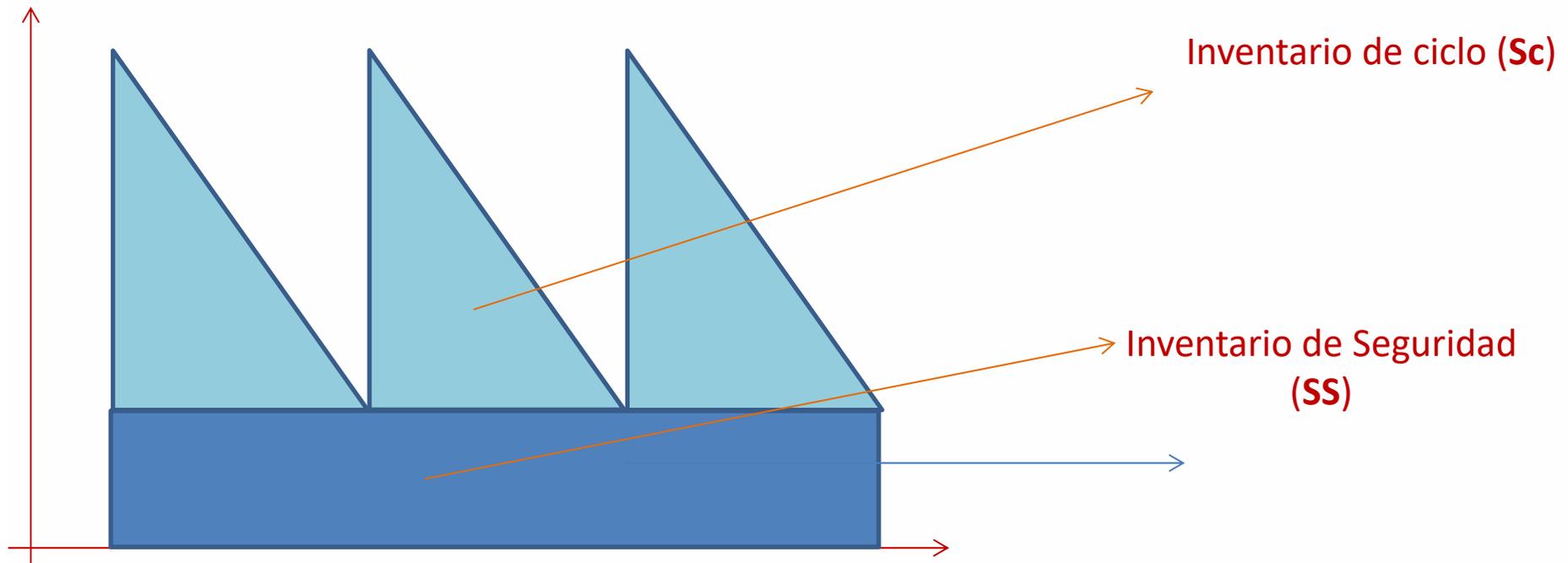


¿Cuánto es el Inventario de ciclo?(S_c)
 ¿Cuánto es el Stock medio?(S_m)



Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario



Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Seguimos con el Ejemplo: Situación inicial

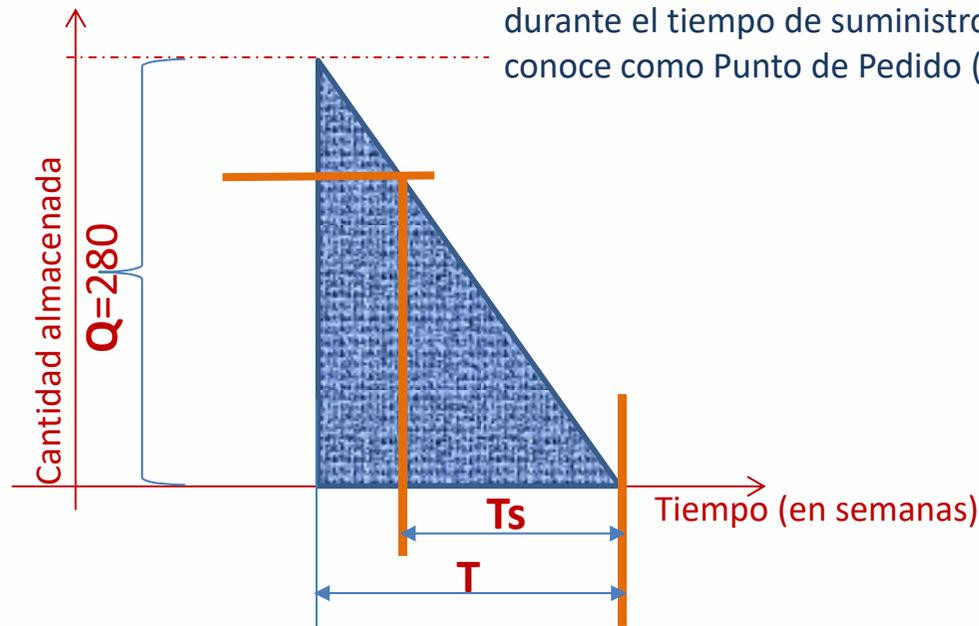
$Q=280$ unidades

$d=70$ unidades/semana

$T_s=3$ semanas

Recuerda:

Es el inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de suministro. También se le conoce como Punto de Pedido (P_p)



¿Cuánto es el Inventario de tránsito? (P_p)

Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Ejemplo: Situación inicial

$Q=280$ unidades

$d=70$ unidades/semana

$T_s=3$ semanas

Ejemplo: Situación propuesta

$Q=350$ unidades

$d=70$ unidades/semana

$T_s=2$ semanas



¿Qué situación es mas ventajosa para el mayorista?

Tipos de Inventario

Estimación de los niveles de inventario

Ejemplo: Situación inicial

$Q=280$ unidades

$d=70$ unidades/semana

$T_s=3$ semanas

Ejemplo: Situación propuesta

$Q=350$ unidades

$d=70$ unidades/semana

$T_s=2$ semanas



¿Qué situación es mas ventajosa para el mayorista?

Tipos de Inventario

Costes principales de inventarios

- Coste de adquisición (um/unidad)

$$C_{Ta} = C_a \times D$$

- Coste de preparación de lote (um/lote)

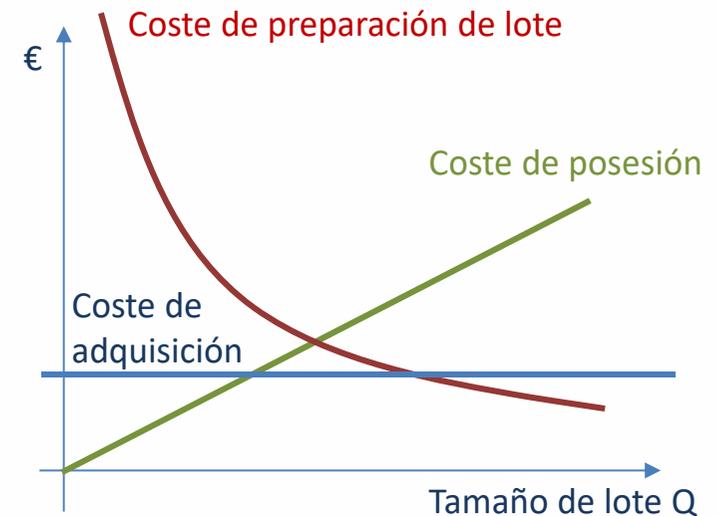
$$C_{Te} = C_e \times N^{\circ} \text{ lotes}$$

- Coste de posesión (um/unidad y u.t)

$$C_{Tp} = C_p \times S_m \times \Theta$$

$$C_p = C_a \times i_d \quad \text{Id Carga financiera diaria} \quad i_{\Theta} = i_d \times \Theta$$

$\Theta = \text{periodo de gestión}$



Tipos de Inventario

Técnicas para reducir inventarios

Palancas en la cadena de suministro:

1. Reducir los tamaño de lotes (Q) que se mueven a lo largo de la cadena de suministro. Debe acompañarse de otras medidas secundarias:
 - Realizar cambios para reducir los costes de preparación. (SMED)
 - Aumentar la repetitividad. Realizar el mismo lote una y otra vez. Esto es posible si aumentamos la demanda, nos especializamos y pasamos a un sistema productivo en línea o célula flexible=tecnología de grupos o células de fabricación flexibles.



¿A qué inventario afecta esta palanca, y a qué costes?

Tipos de Inventario

Técnicas para reducir inventarios

Palancas en la cadena de suministro:

2. Reducir el tiempos de suministro. Debe acompañarse de otras medidas secundarias:
 - Mejorar los pronósticos de la demanda.
 - Buscar proveedores homologados.
 - Aplicar mantenimiento preventivo y predictivo.
 - Confiar mas en la polivalencia y flexibilidad de nuestra M.O.



¿A qué inventario afecta esta palanca, y a qué costes?

Tipos de Inventario

Técnicas para reducir inventarios

Palancas en la cadena de suministro:

3. Equiparar demanda con producción (producción esbelta o JIT). Debe acompañarse de otras medidas secundarias:
 - Agregar nuevos productos con demandas acopladas. Cuando unas suben otras bajan y así mantener producción estable a lo largo del año.
 - Estabilizar la demanda mediante marketing.



¿A qué inventario afecta esta palanca, y a qué costes?

Tipos de Inventario

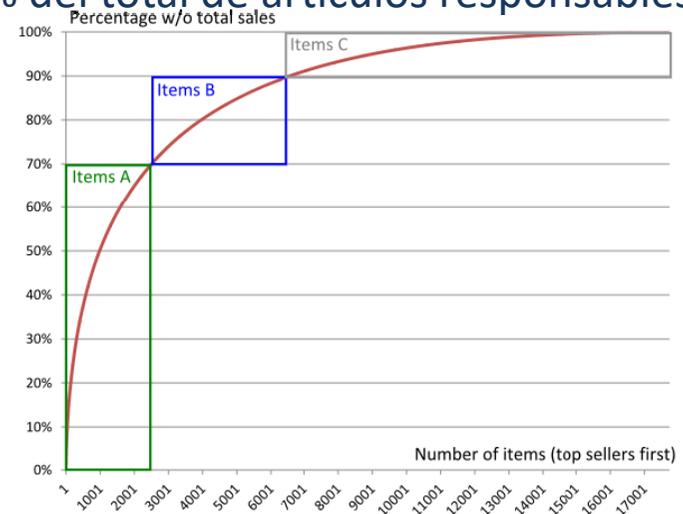
Análisis ABC

Una organización típica tiene miles de artículos, pero no todos merecen nuestra atención. Con el análisis ABC se dividen en tres tipos: (% aprox)

1. Los artículos de la clase A: representan solo el 20% del total de artículos inventariados pero son responsables del 80% de los costes.
2. Los artículos de la clase B: representan el 30% del total de artículos responsables del 15% de los costes.
3. Los artículos de la clase C: representan el 50% del total de artículos responsables del 5% de los costes.



¿Qué tipo de artículos debemos controlar mas?



Tipos de Inventario

Análisis ABC



¿Qué tipo de artículos debemos controlar mas?

La falta de un artículo representa un problema grave sea de la clase que sea

- Los C apenas tienen peso sobre los costes, por lo que se puede mantener un alto de Ss y grandes Q para evitar rupturas. Así un control excesivo no será necesario.
- Los B requieren un control medio.
- Los A son muy costosos por lo que deben almacenarse sólo lo necesario, implica bajos Q, bajos SS, Ts muy controlados. Es decir, un control elevado sobre cada artículo del tipo A. Medidas de control:
 - ✓ Asignar la responsabilidad de cada referencia de artículo a un empleado.
 - ✓ Guardar los artículos en un sitio cerrado con clave de entrada para control de entradas y salidas.
 - ✓ Conteo cíclico, para determinar posibles desviaciones.

Tipos de Inventario

Tipos de demanda y tipos de sistemas de control de inventarios

Demanda independiente.

Son los artículos para los que la demanda está sujeta a la influencia de las condiciones de mercado y no tiene relación con las decisiones de inventario para cualquiera de los otros artículos en inventario. Su consumo debe pronosticarse.

Por ejemplo:

- Los productos finales o los componentes que se venden como piezas de recambio.
- Mercancía de mayoristas o minoristas
- Inventario para actividades de apoyo.
- Suministros para reparación y operación, como gasolina, pintura, recambios de piezas de máquinas.

Demanda dependiente.

Son los artículos que se requieren como componentes o materias primas para un producto o servicio. Su consumo depende de nuestros planes de producción. Por lo que su control se realiza mediante los sistemas MRP, JIT o Producción esbelta.

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Consiste en rastrear el inventario restante cada vez que se hace un retiro para determinar si se está en el punto de pedido (P_p).

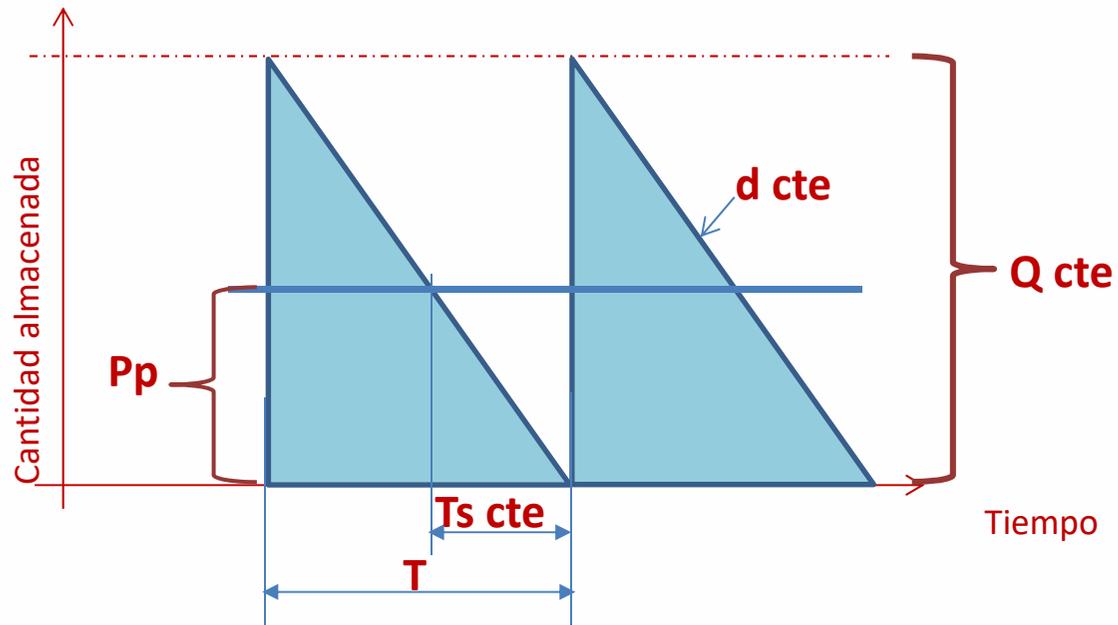
Conceptos:

- **Nivel de Inventarios (N_i)**. Mide la capacidad para satisfacer la demanda futura.
- **Punto de Pedido (P_p)**. Nivel de inventario en el que se hace la orden de pedido. Corresponde a la demanda durante T_s .
- **El tamaño de lote** que se pide (Q) es fija. Puede determinarse mediante el método EOQ (lote económico), en una cantidad de corte de precio, cantidad mínima u otro tipos.
- **El tiempo entre pedidos (T)** puede variar.

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

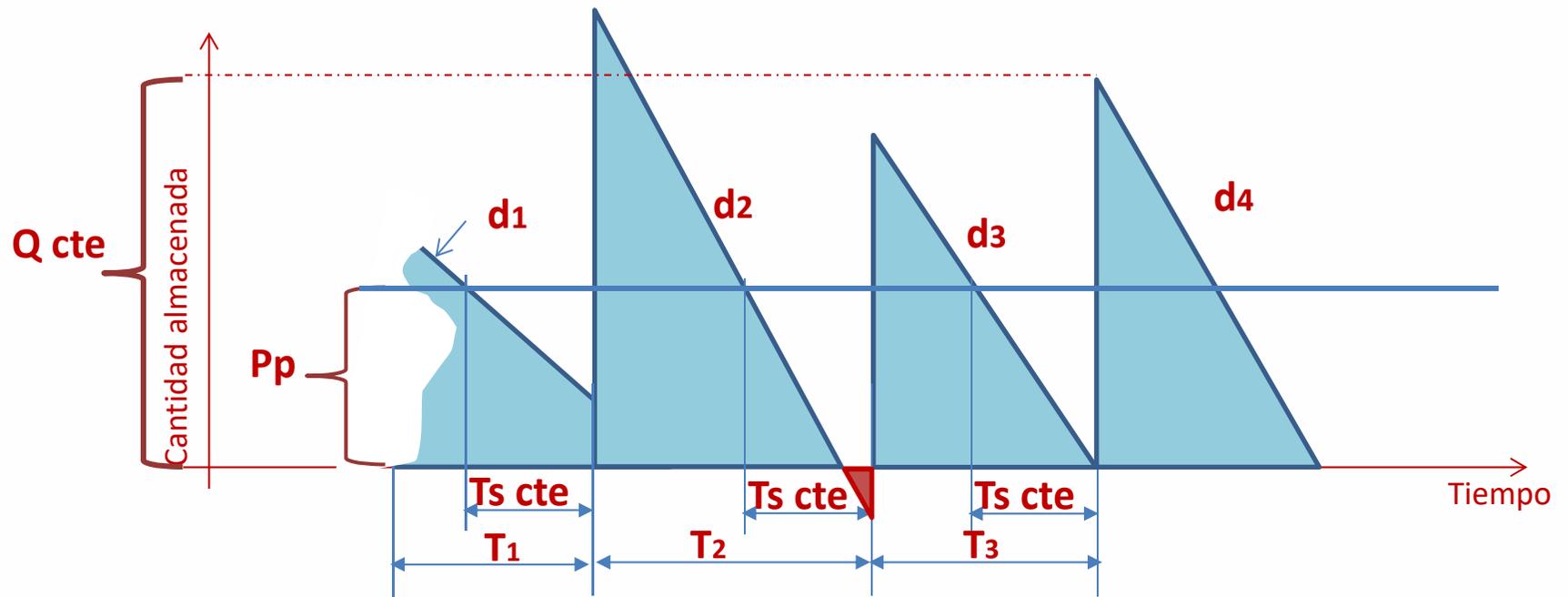
Gráfico para el caso de solo compras. Suponiendo D constante



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Gráfico para el caso de solo compras. Suponiendo D variable



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Cálculo de EOQ y Pp cuando la D y el Ts son constantes. Compras y consumo SIN Rup. Factores que afectan en el cálculo:

- Coste de adquisición (um/unidad)

$$C_{Ta} = C_a \times D$$

- Coste de preparación de lote (um/lote)

$$C_{Te} = C_e \times N^{\circ} \text{ lotes} = C_e \times \frac{D}{Q}$$

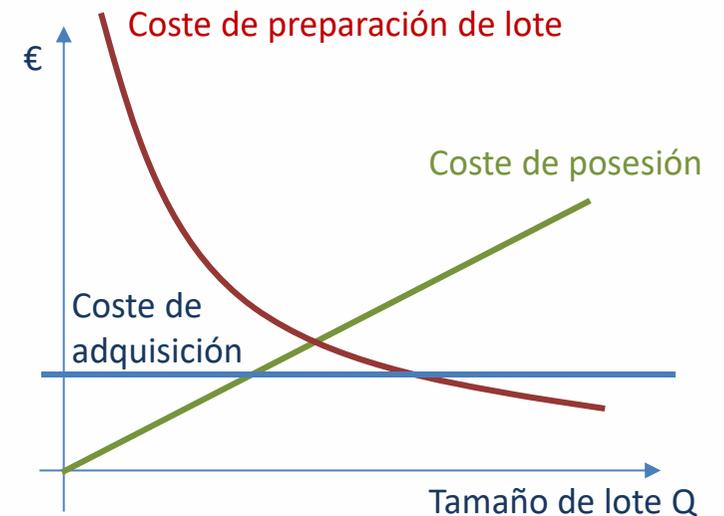
- Coste de posesión (um/unidad y u.t)

$$C_{Tp} = C_p \times S_m \times \Theta$$

$$C_p = C_a \times i_d \quad \text{Id Carga financiera diaria} \quad i_{\Theta} = i_d \times \Theta$$

$\Theta = \text{periodo de gestión}$

$$C_T = C_a \times D + C_e \times \frac{D}{Q} + C_p \times S_m \times \Theta$$



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Cálculo de EOQ y Pp cuando la D y el Ts son constantes. Compras y consumo SIN Rup. Ejemplo:

Datos:

$D=365\text{HI/año}$

$C_e=9.000 \text{ um/pedido}$

$C_p=3.000 \text{ um/HI años}$

$C_a=20.000 \text{ um/HI}$

$T_s=10 \text{ días}$

Tamaño de lote óptimo (Q^*)

Nº de pedidos al año (f)

Tiempo entre pedidos (T)

Punto de Pedido (P_p)

Costes Variables si Q^*

Costes Totales si Q^*

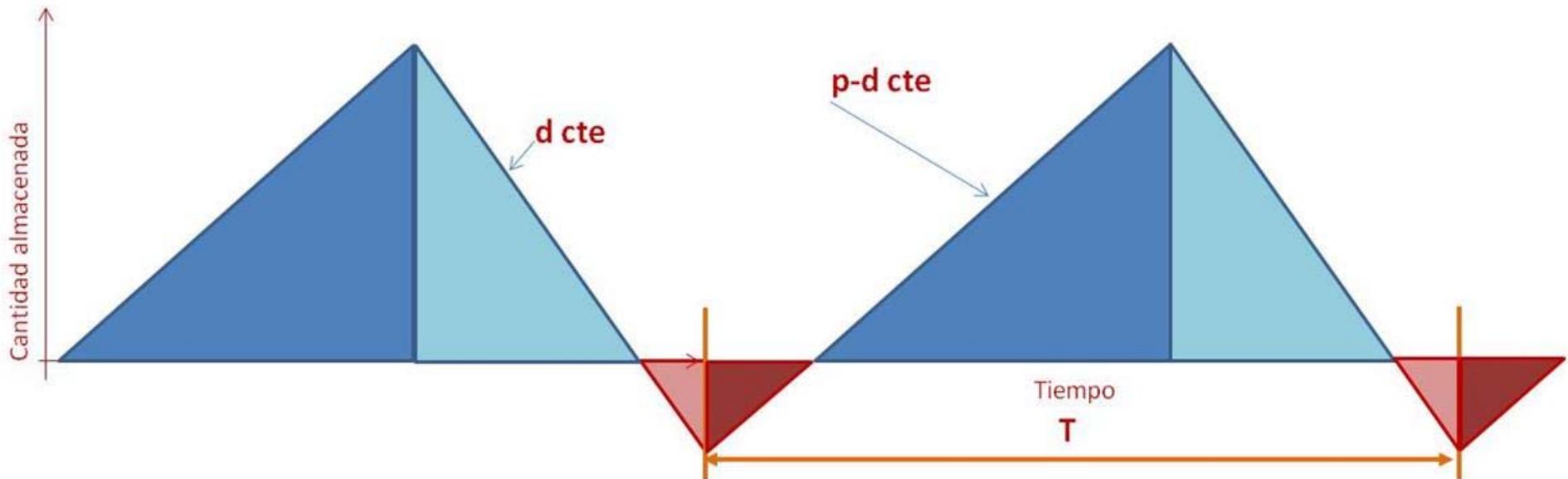


Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Cálculo de EOQ y Pp cuando la D y el Ts son constantes. Producción y Consumo Con Ruptura. Desarrollo de la fórmula general:

$$C_T = C_a \times D + C_e \times \frac{D}{Q} + C_p \times S_{m_p} \times \Theta_p + C_r \times S_{m_r} \times \Theta_r$$



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Cálculo de EOQ y Pp cuando la D y el Ts son constantes. Producción y Consumo Con Ruptura. Ejemplo 1:

Datos:

$D=720$ mesas/año

$P=2160$ mesas/año

$C_e=10.080$ um/pedido

$C_p=4.200$ um/mesas año

$C_r=6.000$ um/mesas año

$T_s=10$ días

Tamaño de lote óptimo (Q^*)

Nivel máximo de inventario

Nivel máximo de demanda no atendida

Nº de pedidos al año (f)

Tiempo de producción en cada ciclo

Tiempo de producción para satisfacer la ruptura en cada ciclo



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Todos los modelos a partir de la fórmula general:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times D}{C_p \times \Theta}} \times \frac{p}{p-d} \times \frac{1}{\rho} \quad \text{siendo} \quad \rho = \frac{C_r}{C_r + C_p}$$

1.- Compras sin ruptura →

2.- Compras con ruptura →

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Todos los modelos a partir de la fórmula general:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times Ce \times D}{Cp \times \Theta} \times \frac{p}{p-d} \times \frac{1}{\rho}} \quad \text{siendo} \quad \rho = \frac{Cr}{Cr + Cp}$$

3.- Producción sin ruptura →

4.- Producción con ruptura (General)

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Análisis de sensibilidad en el tamaño de lote



$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times D}{C_p \times \Theta} \times \frac{p}{p-d} \times \frac{1}{\rho}} \quad \text{siendo} \quad \rho = \frac{C_r}{C_r + C_p}$$

1.- Cambios en la demanda

2.- Coste de preparación de lote

3.- Coste de posesión

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión continua: Modelo Q.

Análisis de sensibilidad de los costes variables respecto Q, compras sin ruptura

¿Cómo afecta Q a los costes variables?



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión periódica: Modelo T (en algunos libros P).

La posición del inventario de un artículo se revisa de forma periódica en lugar de continua. Se coloca una nueva orden de pedido al final de cada revisión, el tiempo entre pedidos se fija en T .

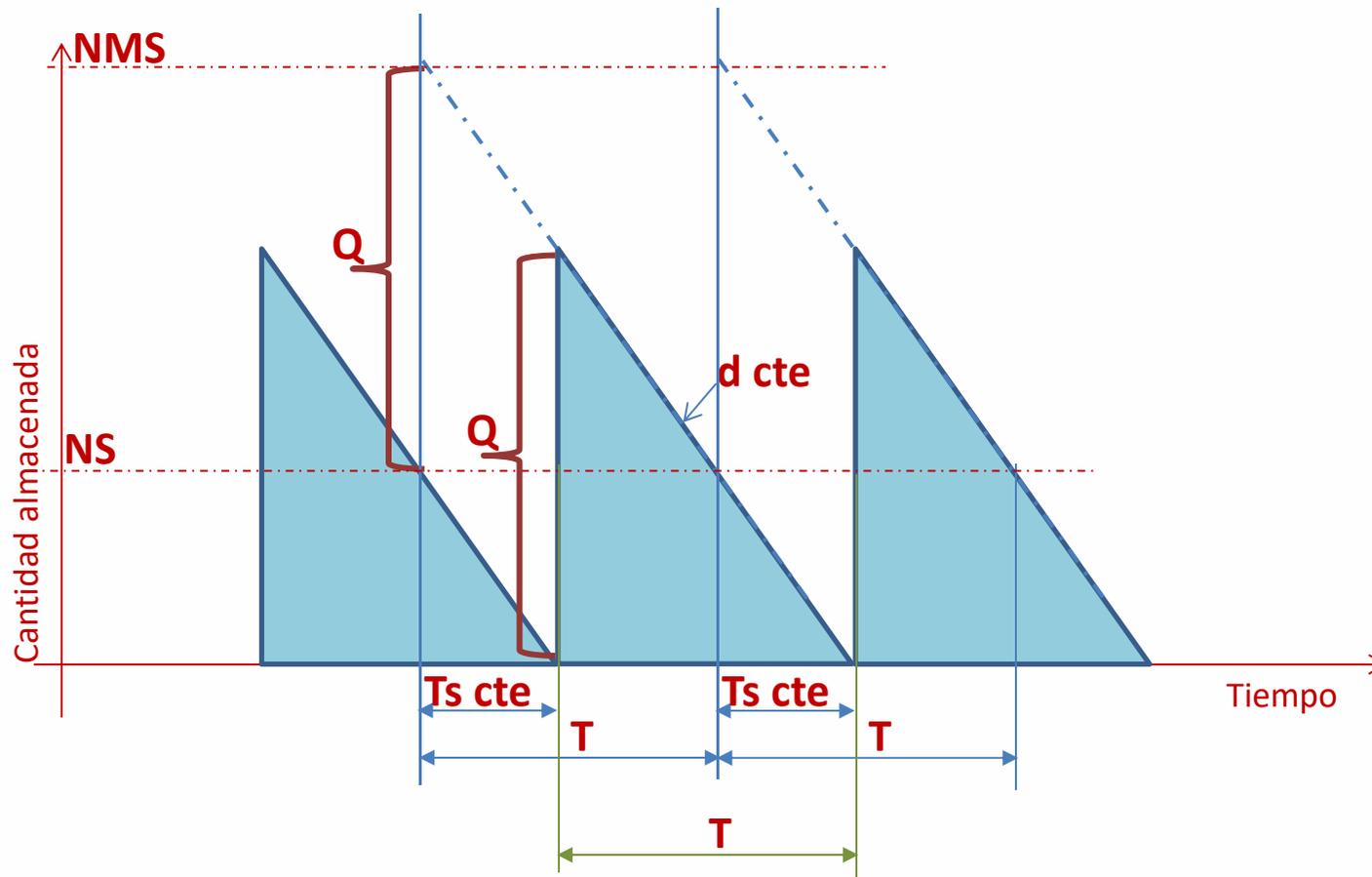
Conceptos:

- El tiempo entre pedidos (T) es fijo.
- El Tamaño de Lote puede variar de un pedido a otro, está dado por la diferencia entre el NMS y el NS_i .
- El nivel máximo de inventario (NMS)
- El nivel de inventario en el momento del pedido (NS_i)

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión periódica: Modelo T.

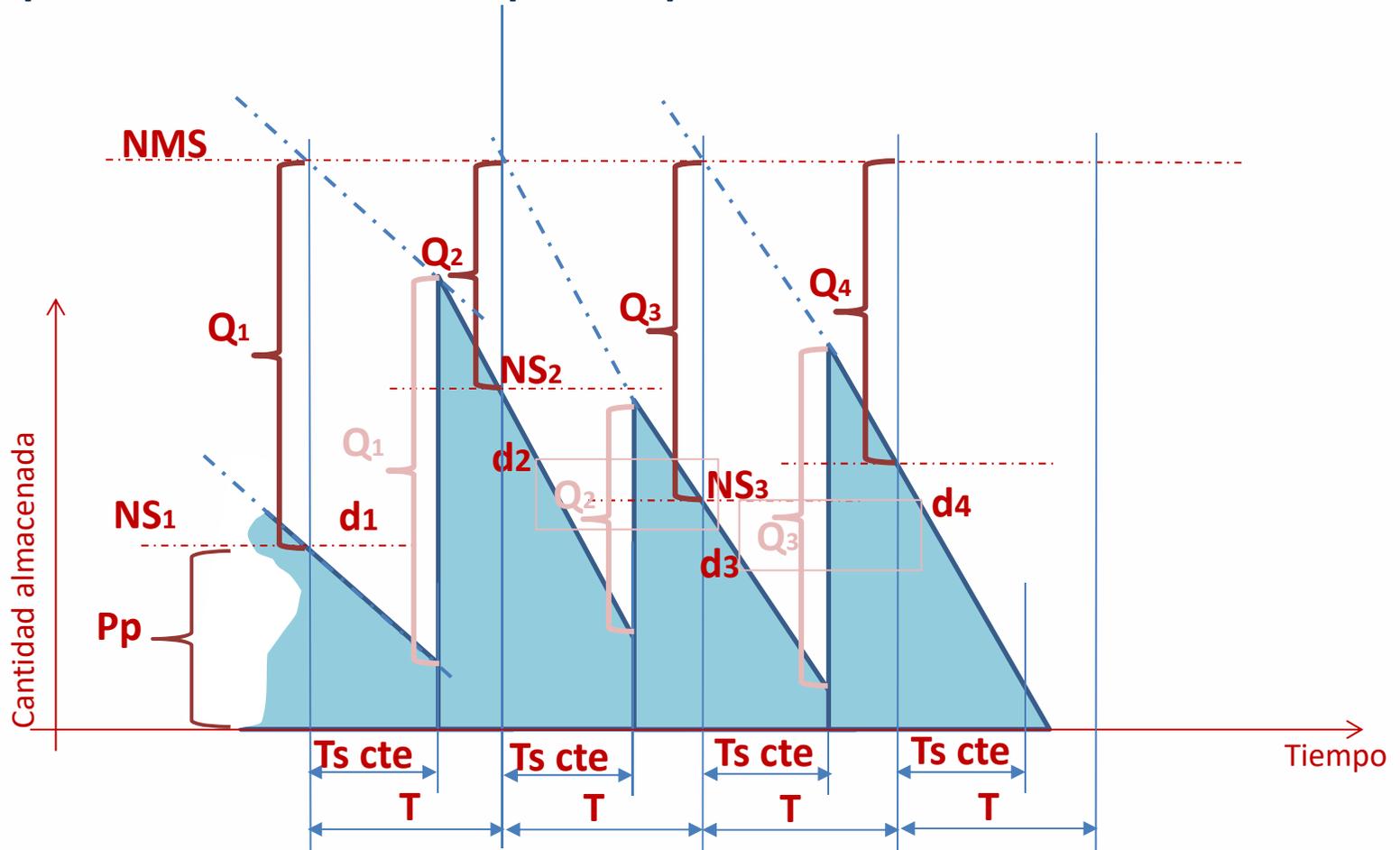
Gráfico para el caso de solo compras. Suponiendo D constante



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión periódica: Modelo T.

Gráfico para el caso de solo compras. Suponiendo D variable



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión periódica: Modelo T.

Cálculo de T^* cuando la D y el T_s son constantes. Compras y consumo SIN Rup.

Factores que afectan en el cálculo:

- Coste de adquisición (um/unidad)

$$C_{Ta} = C_a \times D$$

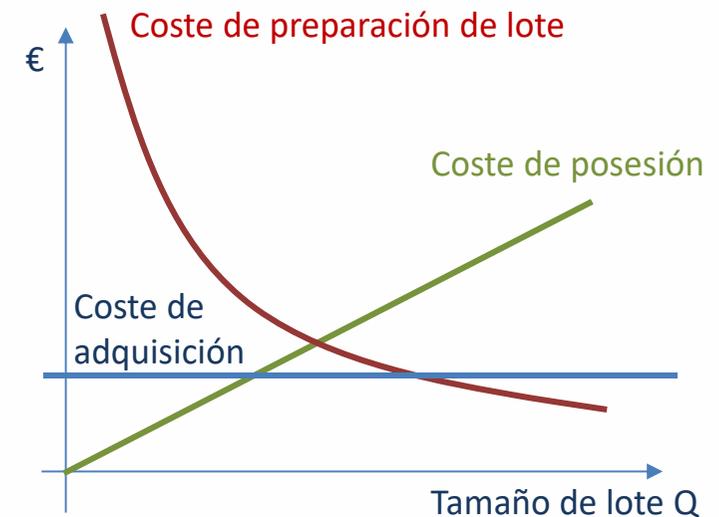
- Coste de preparación de lote (um/lote)

$$C_{Te} = Ce \times N^{\circ} \text{ lotes} = Ce \times \frac{\Theta}{T}$$

- Coste de posesión (um/unidad y u.t)

$$C_{Tp} = C_p \times S_m \times \Theta \quad C_p = C_a \times i_d \quad \text{Id Carga financiera diaria} \quad i_{\Theta} = i_d \times \Theta$$

$$C_T = C_a \times D + Ce \times \frac{\Theta}{T} + C_p \times S_m \times \Theta$$



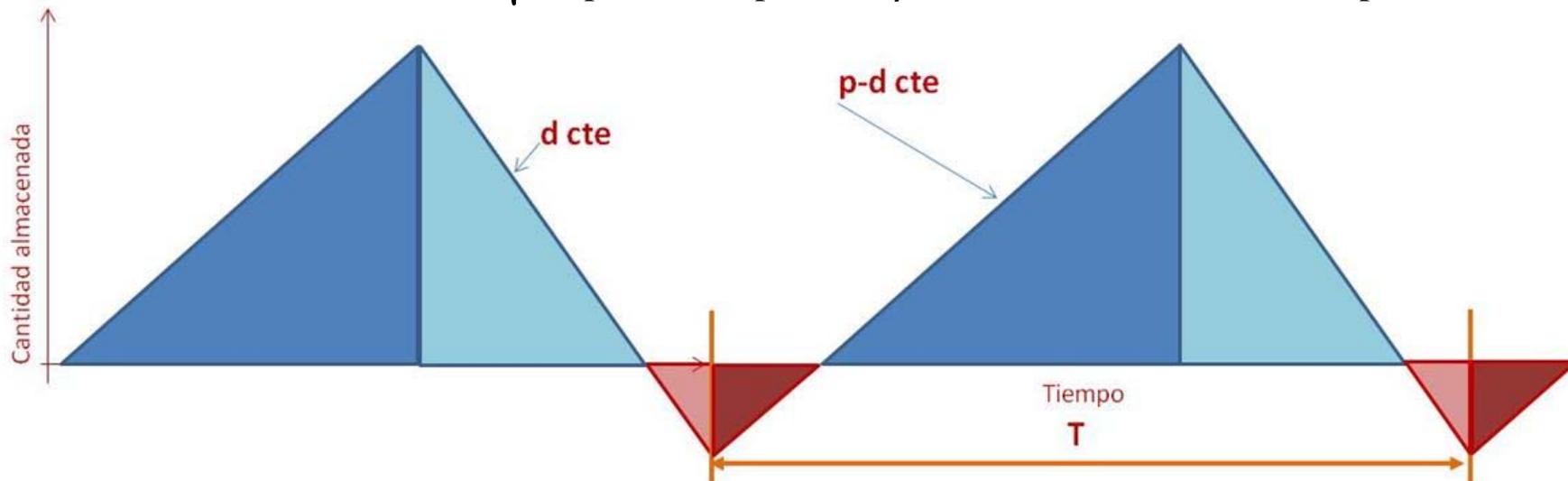
Sistemas de control de Inventarios

Sistema de revisión periódica: Modelo T.

Cálculo de EOQ y Pp cuando la D y el Ts son constantes. Producción y Consumo Con Ruptura. Obtención de la fórmula general:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times D}{C_p \times \Theta} \times \frac{p}{p-d} \times \frac{1}{\rho}} \quad \text{siendo} \quad \rho = \frac{C_r}{C_r + C_p} \quad N^{\circ} \text{ lotes} = \frac{\Theta}{T} = \frac{D}{Q} \Rightarrow Q = \frac{DT}{\Theta}$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times \Theta}{C_p \times D} \times \frac{p}{p-d} \times \frac{1}{\rho}} \quad \text{siendo} \quad \rho = \frac{C_r}{C_r + C_p}$$



Sistemas de control de Inventarios

Sistema de Revisión en Banda

Consiste en rastrear el inventario restante En periodos prefijados, por ejemplo los 15 de cada mes..

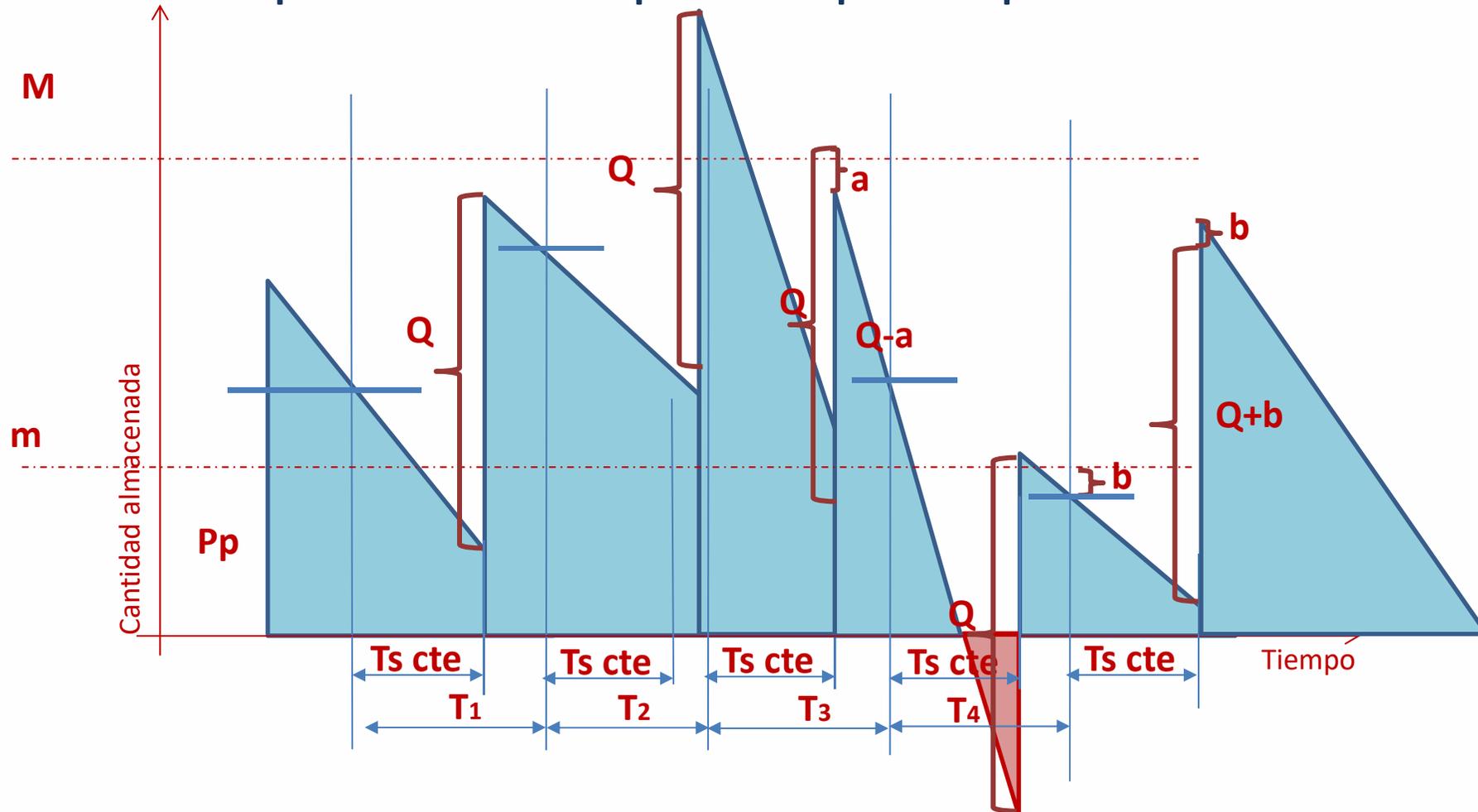
Conceptos:

- **M nivel superior de inventario.**
- **m nivel inferior de inventario.**
- **NI nivel inventario en el momento de la revisión**
- **El tamaño de lote de que se pide es:**
 - Si $m < NI < M$ se pide Q
 - Si $NI > M$, $a = NI - M$ y se pide $Q - a$
 - Si $NI < m$, $b = m - NI$ y se pide $Q + b$

Sistemas de control de Inventarios

Sistema de Revisión en Banda

Gráfico para el caso de compras con ruptura. Suponiendo D variable



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en el precio de adquisición en función de las unidades :

- Coste de adquisición (um/unidad)

$$C_{Ta} = C_a(Q) \times D$$

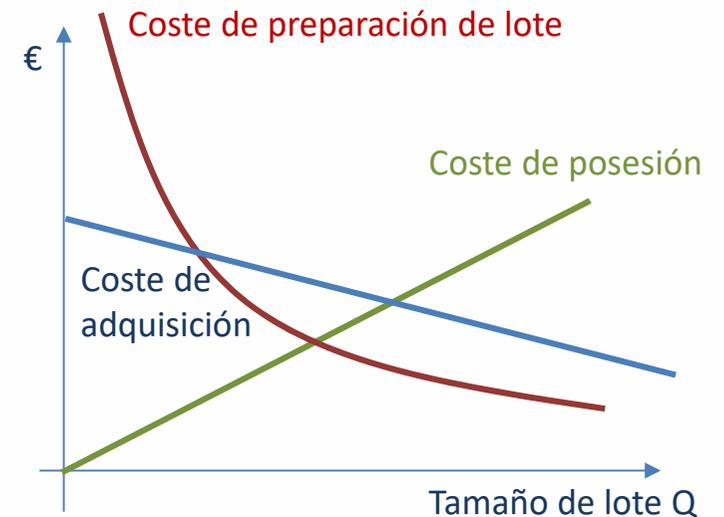
- Coste de preparación de lote (um/lote)

$$C_{Te} = Ce \times N^{\circ} \text{ lotes} = Ce \times \frac{D}{Q}$$

- Coste de posesión (um/unidad y u.t)

$$C_{Tp} = C_p \times S_m \times \Theta$$

$$C_p = C_a \times i_d \quad \text{Id Carga financiera diaria} \quad i_{\Theta} = i_d \times \Theta$$



$$C_T = C_a(Q) \times D + Ce \times \frac{D}{Q} + C_p \times S_m \times \Theta$$

$$\frac{d(C_T)}{dQ} = \frac{d(C_a(Q))}{DQ} \times D + Ce \times \frac{D}{Q^2} + C_p \times \frac{1}{2} \times \Theta = 0 \rightarrow \text{obtención de } Q^*$$

Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas:

- Coste de adquisición (um/unidad)

$$C_{Ta} = C_{a_1} \times D \text{ si } Q < Q_1$$

$$C_{Ta} = C_{a_2} \times D \text{ si } Q_1 \leq Q < Q_2$$

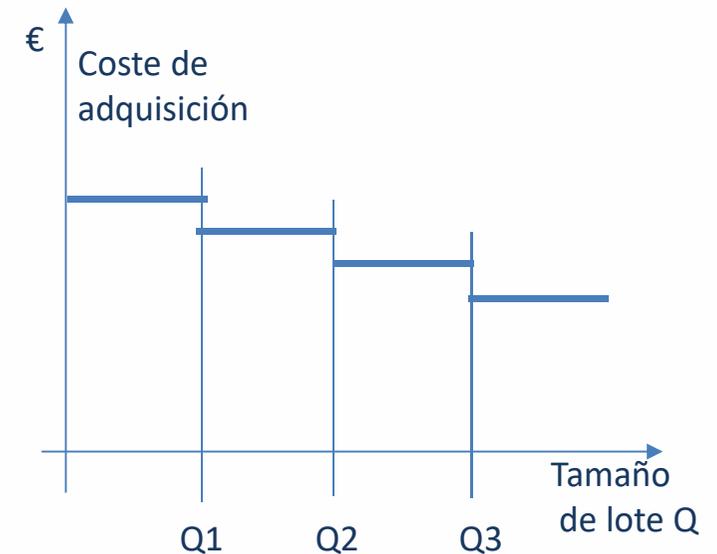
$$C_{Ta} = C_{a_3} \times D \text{ si } Q_2 \leq Q$$

- Coste de preparación de lote (um/lote)

$$C_{Te} = Ce \times N^\circ \text{ lotes} = Ce \times \frac{D}{Q}$$

- Coste de posesión (um/unidad y u.t)

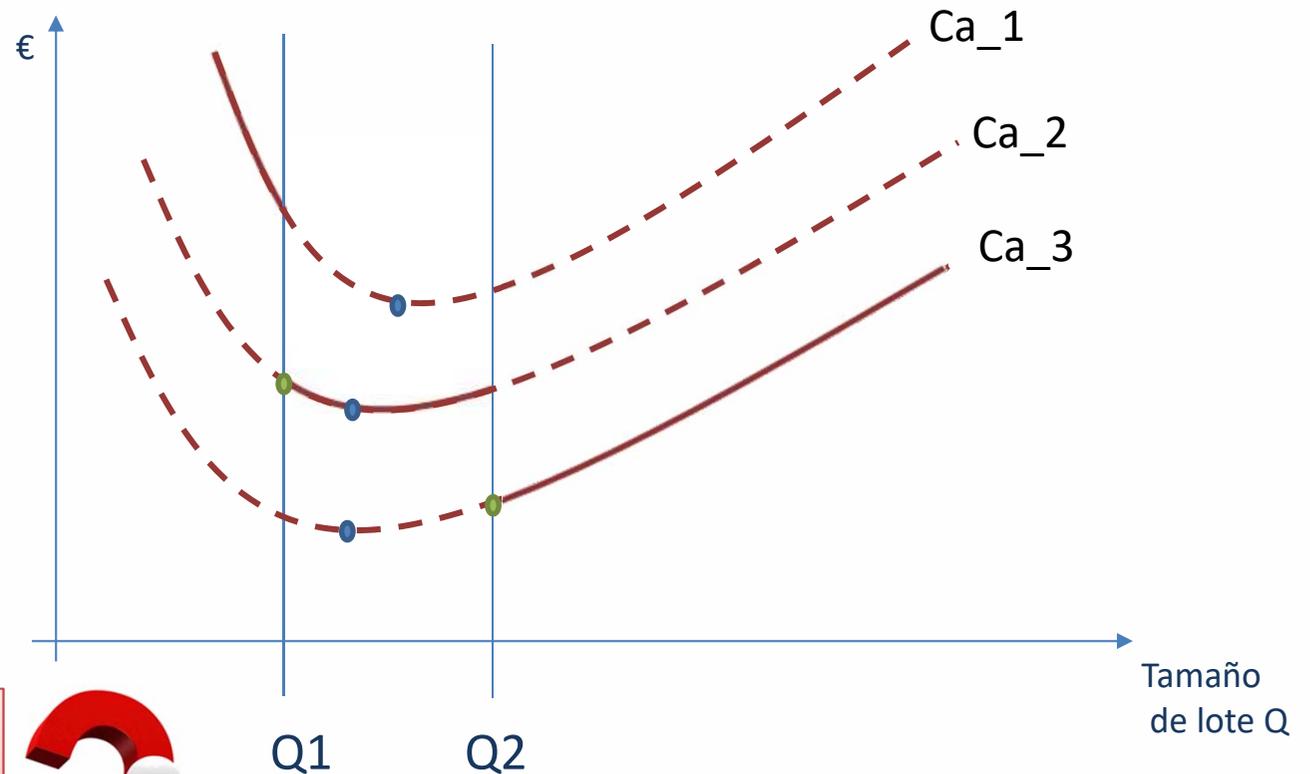
$$C_{Tp} = C_p \times S_m \times \Theta$$



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Posibles situaciones



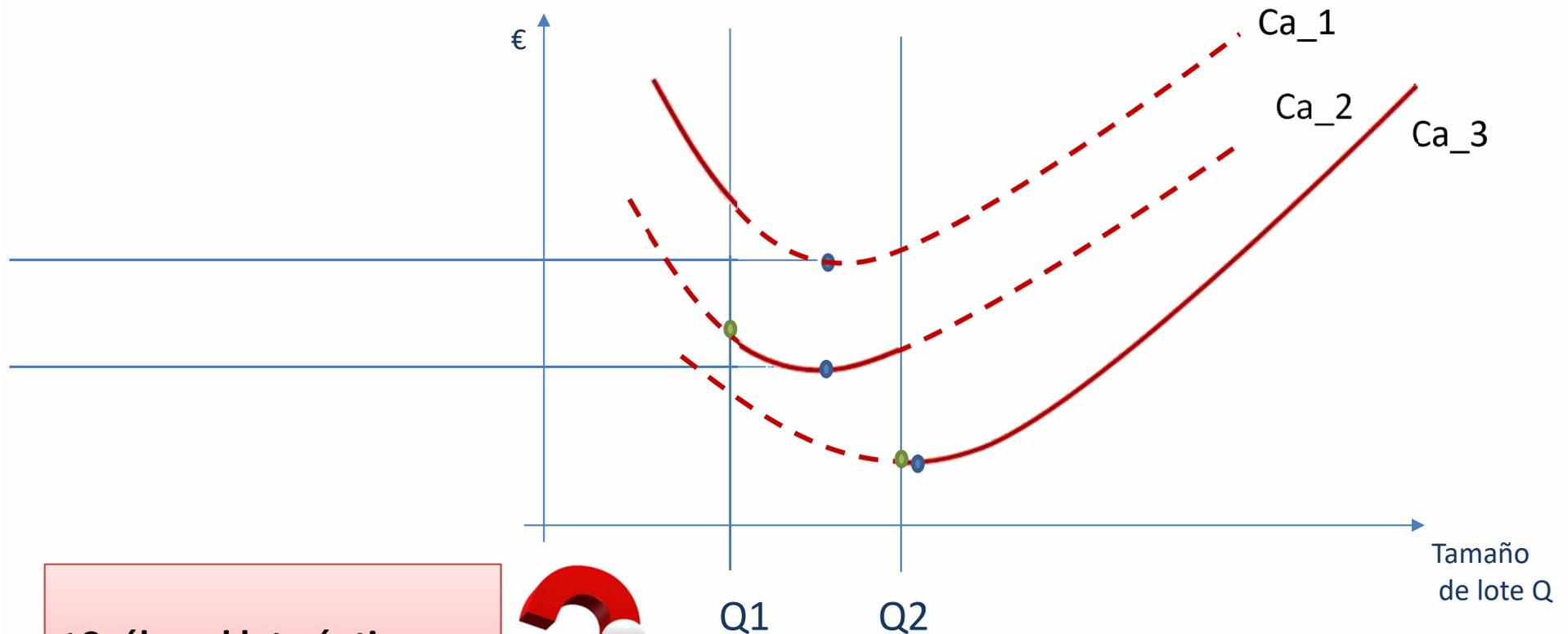
¿Cuál es el lote óptimo en esta situación?



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Posibles situaciones



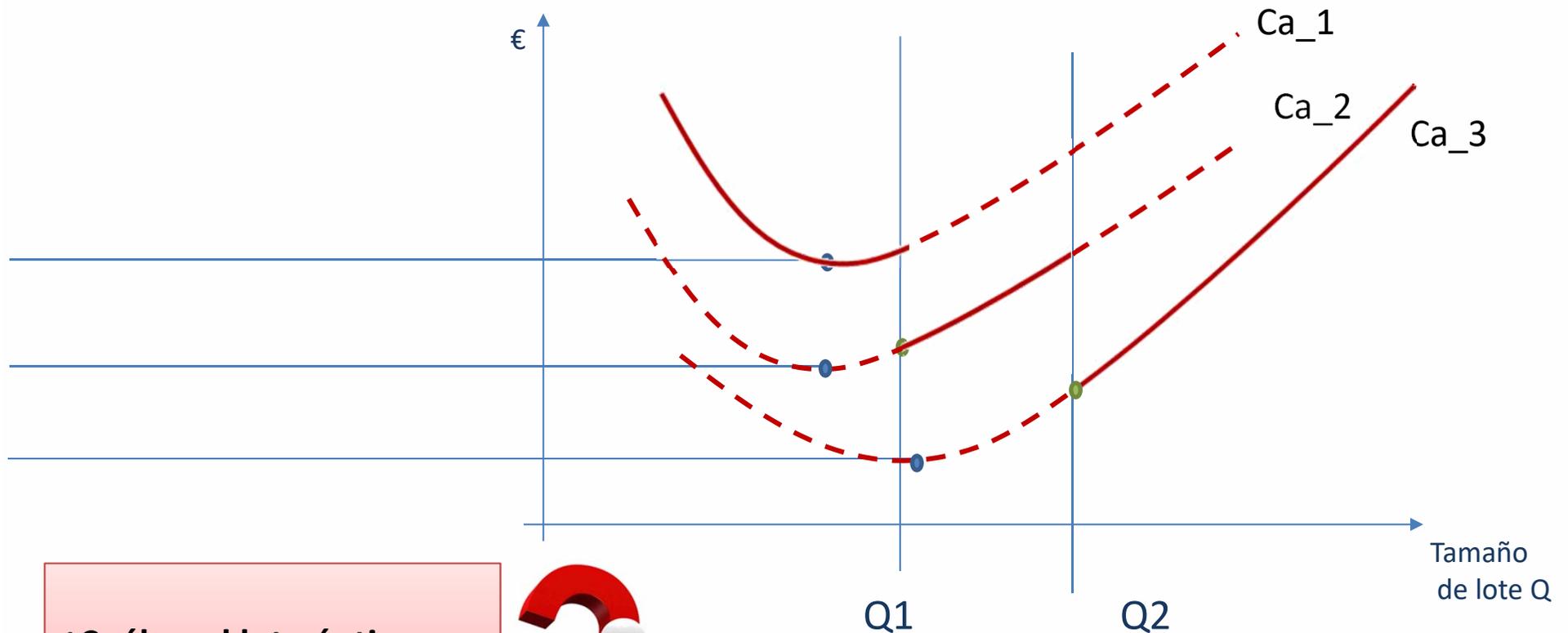
¿Cuál es el lote óptimo en esta situación?



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Posibles situaciones



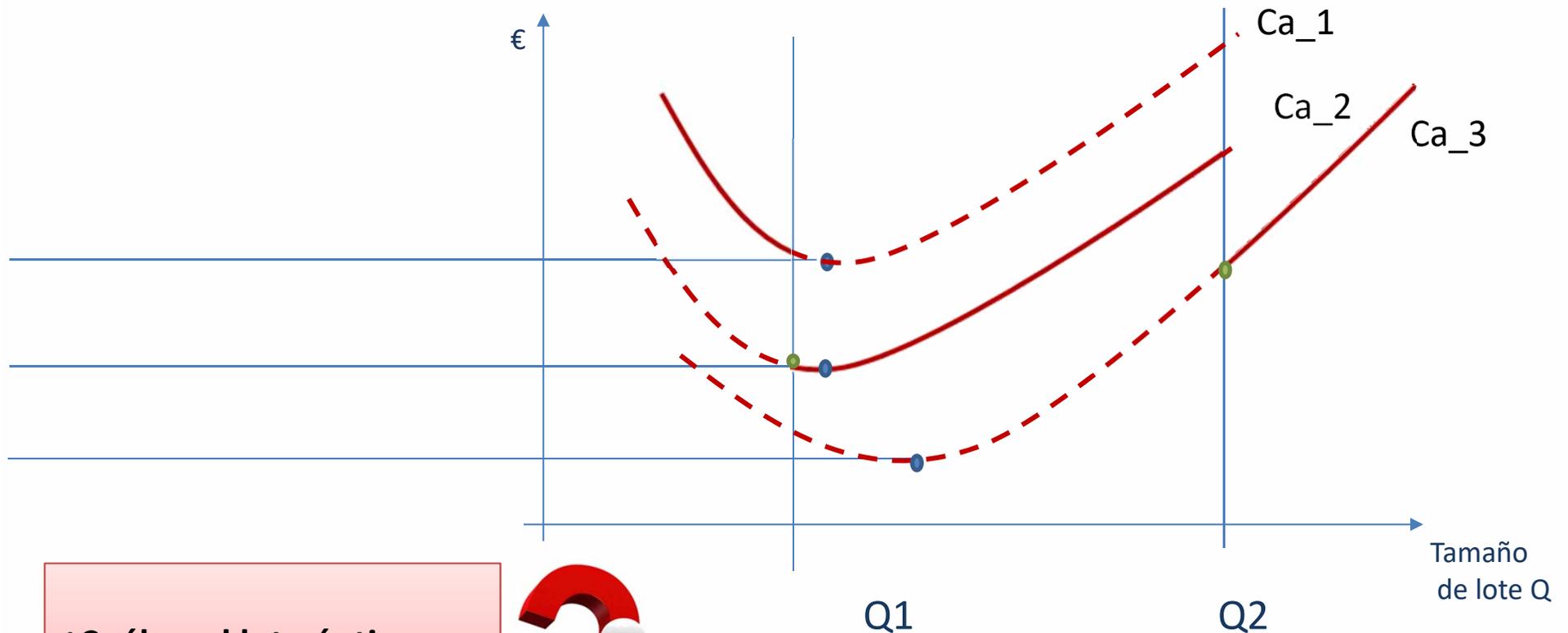
¿Cuál es el lote óptimo en esta situación?



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Posibles situaciones



¿Cuál es el lote óptimo en esta situación?



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Resolución

Pasos:

1. Cálculo del lote óptimo para el menor precio ($Q^* Ca_n$)
Si $(Q^* Ca_n) > Q_{n-1}$ Solución es factible y es la solución óptima
Si $(Q^* Ca_n) < Q_{n-1}$ Solución NO factible, ir paso 2.
2. Cálculo del lote óptimo para cada precio. Guardamos los Lotes factibles.
3. Cálculo de los Costes Totales para cada lote óptimo factible.
4. Cálculo de los Costes Totales para cada cantidad (Q_1, Q_2, \dots, Q_{n-1})
5. El lote óptimo del problema estará determinado por aquel que de entre todos los costes proporcione el menor valor.

Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuentos en todas las unidades compradas. Ejemplo

Datos:

$D=10000$ u./año

$C_e=300$ um/pedido

$C_p=25\%$ del C_a um/u.año

$C_a=25$ um/u.

Si $Q \geq 4000$ u descuento del 10%

Tamaño de lote óptimo (Q^*)



Modelos Especiales de Inventarios

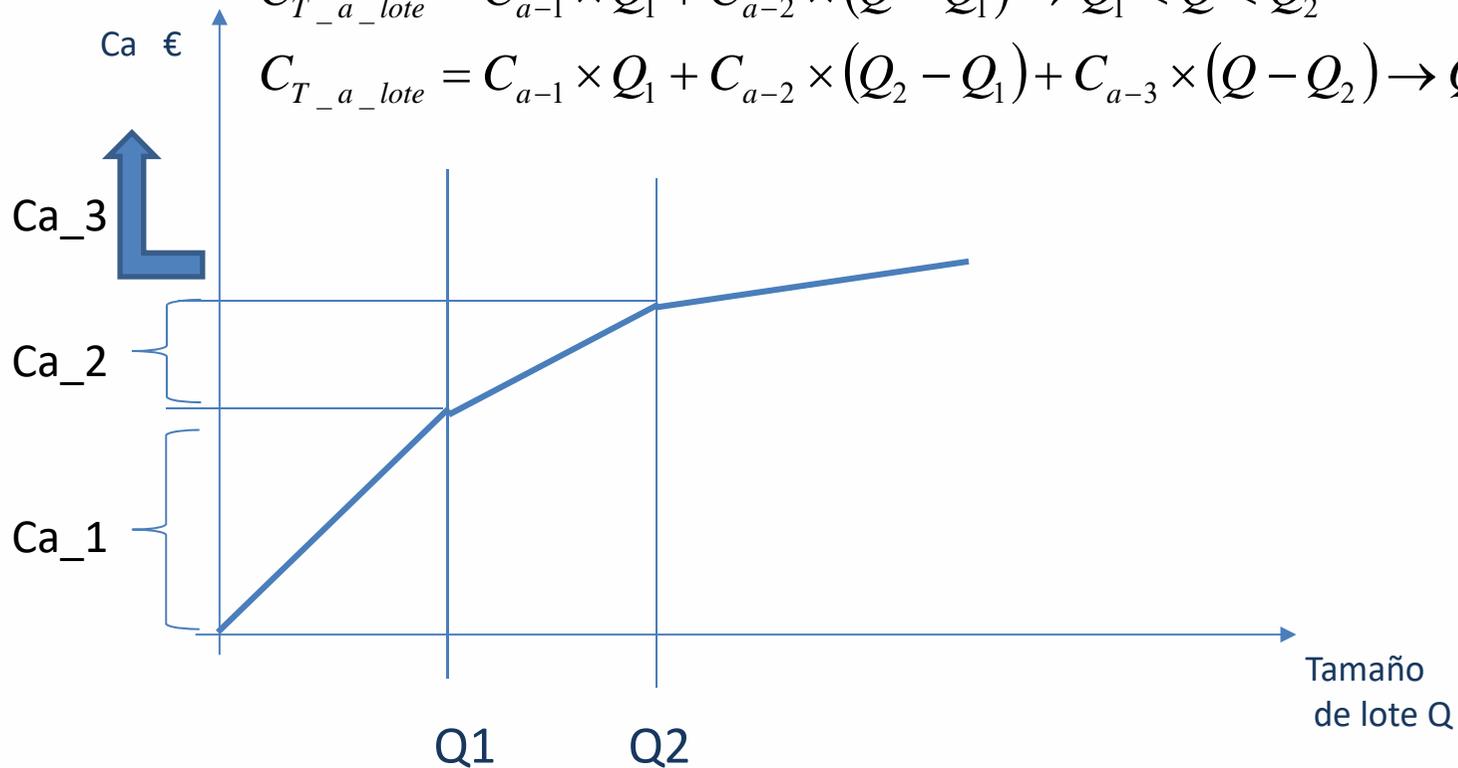
Descuentos por unidad

Descuento según incremento:

$$C_{T_a_lote} = C_{a-1} \times Q \rightarrow 0 < Q < Q_1$$

$$C_{T_a_lote} = C_{a-1} \times Q_1 + C_{a-2} \times (Q - Q_1) \rightarrow Q_1 < Q < Q_2$$

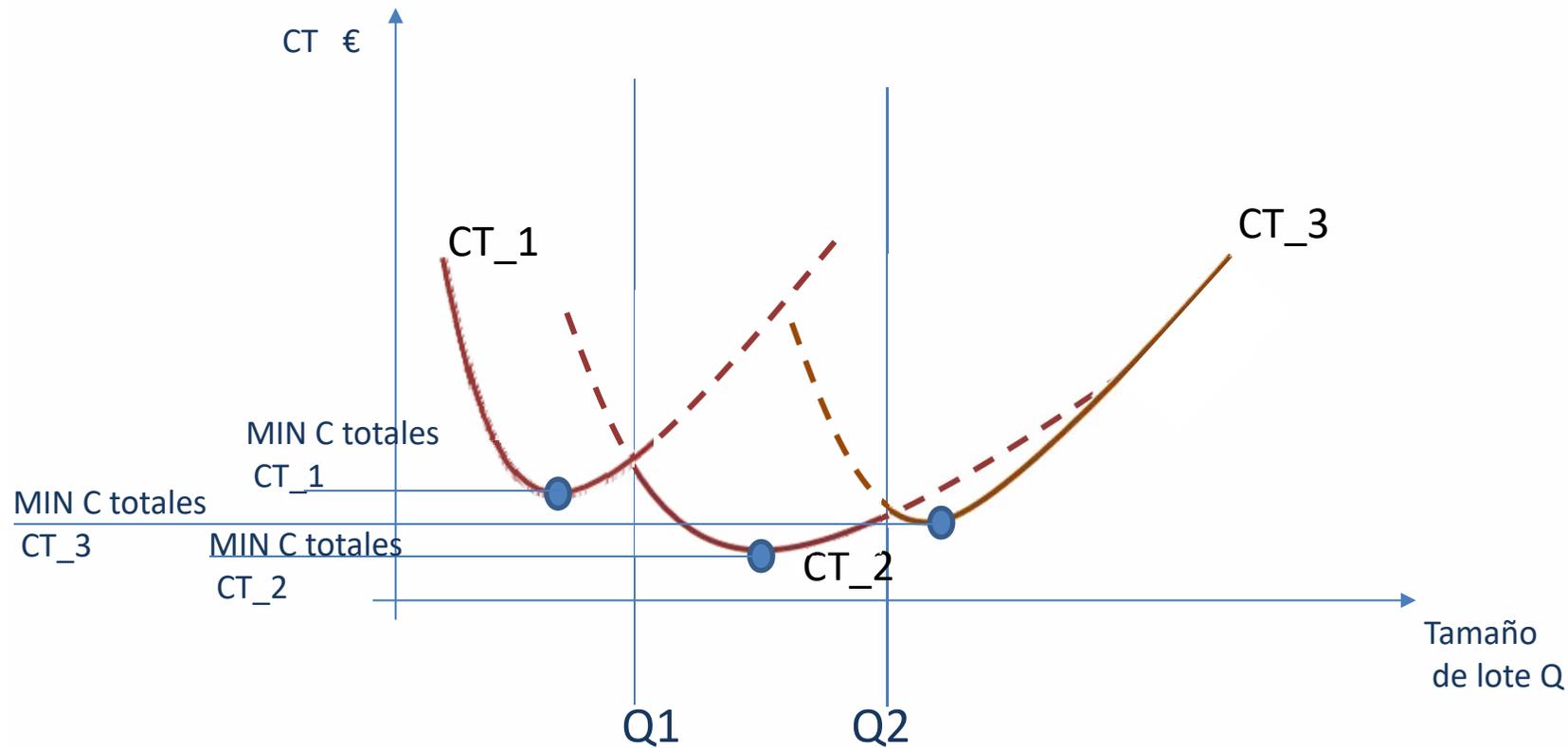
$$C_{T_a_lote} = C_{a-1} \times Q_1 + C_{a-2} \times (Q_2 - Q_1) + C_{a-3} \times (Q - Q_2) \rightarrow Q > Q_2$$



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuento según incremento:





Tema 4: Logística y la importancia de los inventarios, costes y modelos.



Modelos Especiales de Inventarios

Descuentos por unidad

Descuento según incremento, Fórmula por tramos

Modelos Especiales de Inventarios

Varios artículos simultáneos

Sin restricciones. A efectos de costes se optimizaría cada producto por separado

$$C_{T_i} = C_{a_i} \times D_i + C_{e_i} \times \frac{D_i}{Q_i} + C_{p_i} \times \frac{Q_i}{2} \times \Theta \rightarrow Q_i^* \quad Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times D}{C_p \times \Theta}}$$

Con restricciones. Por ejemplo capital inmovilizado

$$\varphi \sum_{i=1}^N C_{a_i} \times Q_i \leq I$$

$$C_{Totales} = \sum_{i=1}^N C_{T_i}$$

Superficie disponible

$$\varphi \sum_{i=1}^N S_i \times Q_i \leq S$$

s.a. $\varphi \sum_{i=1}^N C_{a_i} \times Q_i \leq I$

Superficie disponible

$$\varphi \sum_{i=1}^N V_i \times Q_i \leq V$$

Por Lagrange

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2 \times D_i \times C_{e_i}}{C_{p_i} + 2\lambda C_{a_i}}}$$

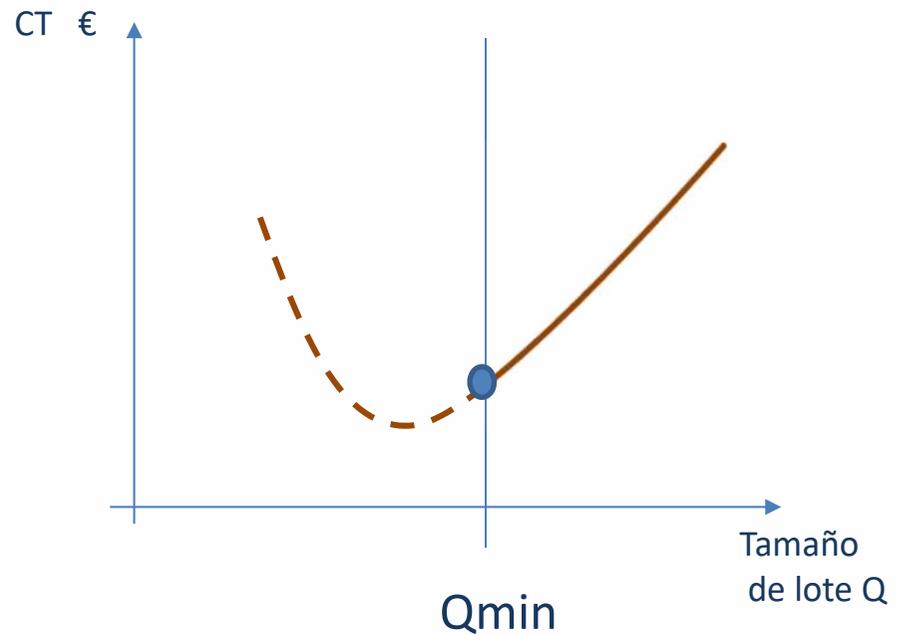
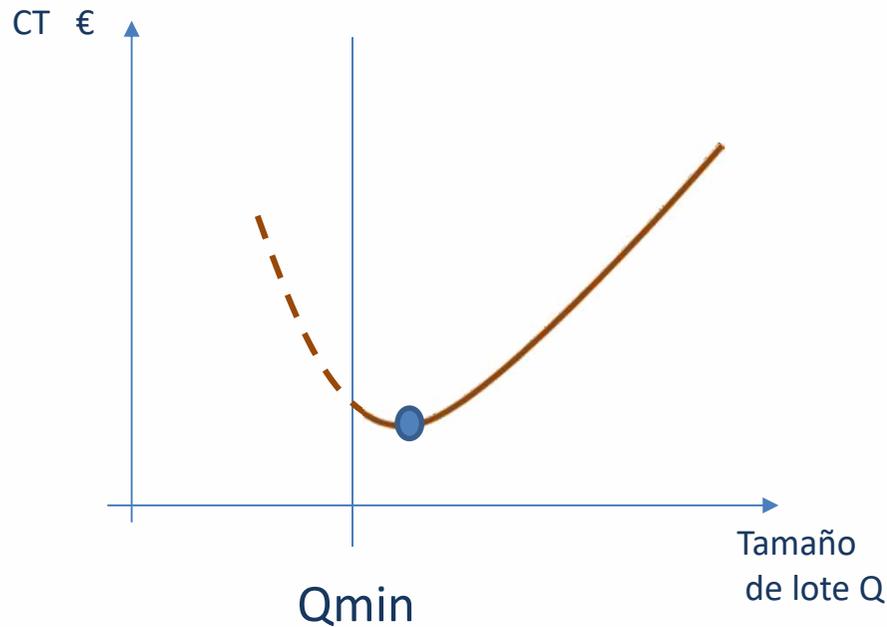
Superficie disponible

$$\varphi \sum_{i=1}^N Q_i \leq N$$

Modelos Especiales de Inventarios

Otras consideraciones

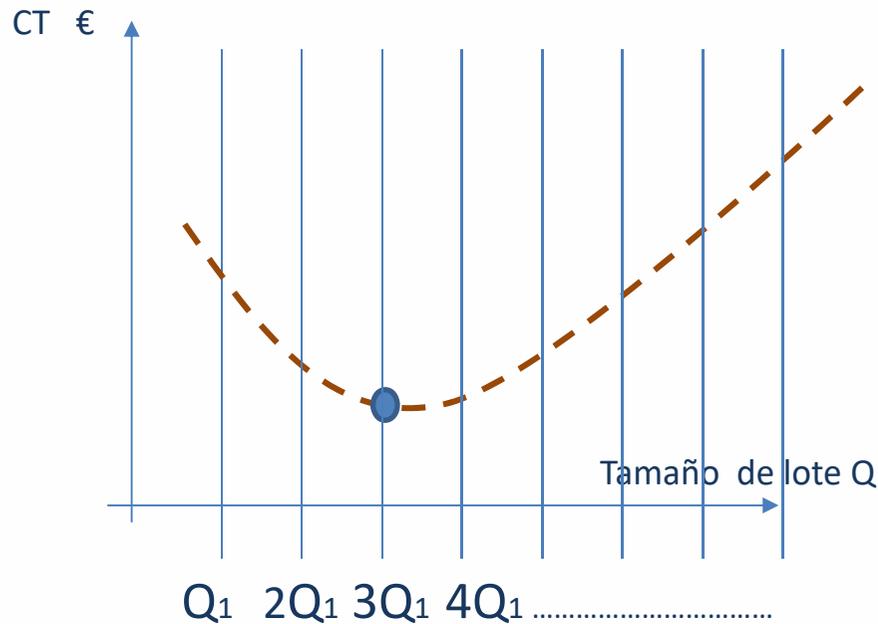
Límite en el tamaño de lotes. Lote Mínimo



Modelos Especiales de Inventarios

Otras consideraciones

Límite en el tamaño de lotes. Lotes Múltiplos de una cantidad



$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C_e \times D}{C_p \times \Theta}}$$

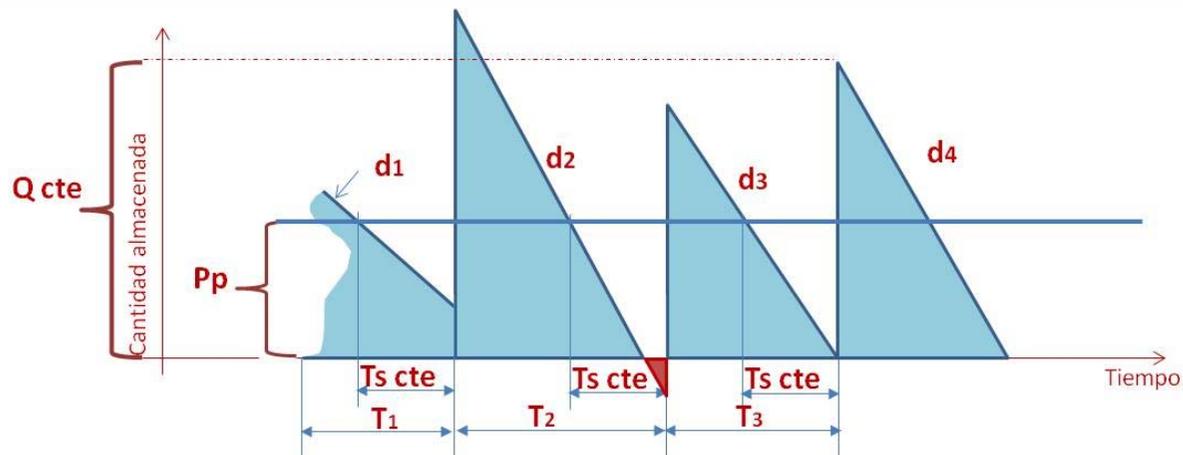
Pasos:

1. Se calcula Q^*
2. Se redondea al múltiplo superior e inferior.
3. Con cada uno de ellos se calcula el CT_{total} .
4. El de menor coste nos da el lote a pedir

Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Cuando la demanda o/y el tiempo de suministro son variables, no se puede conocer con exactitud. En esta situación una mala previsión hace que exista el riesgo de entrar en ruptura si lo demandado es mayor de lo previsto.

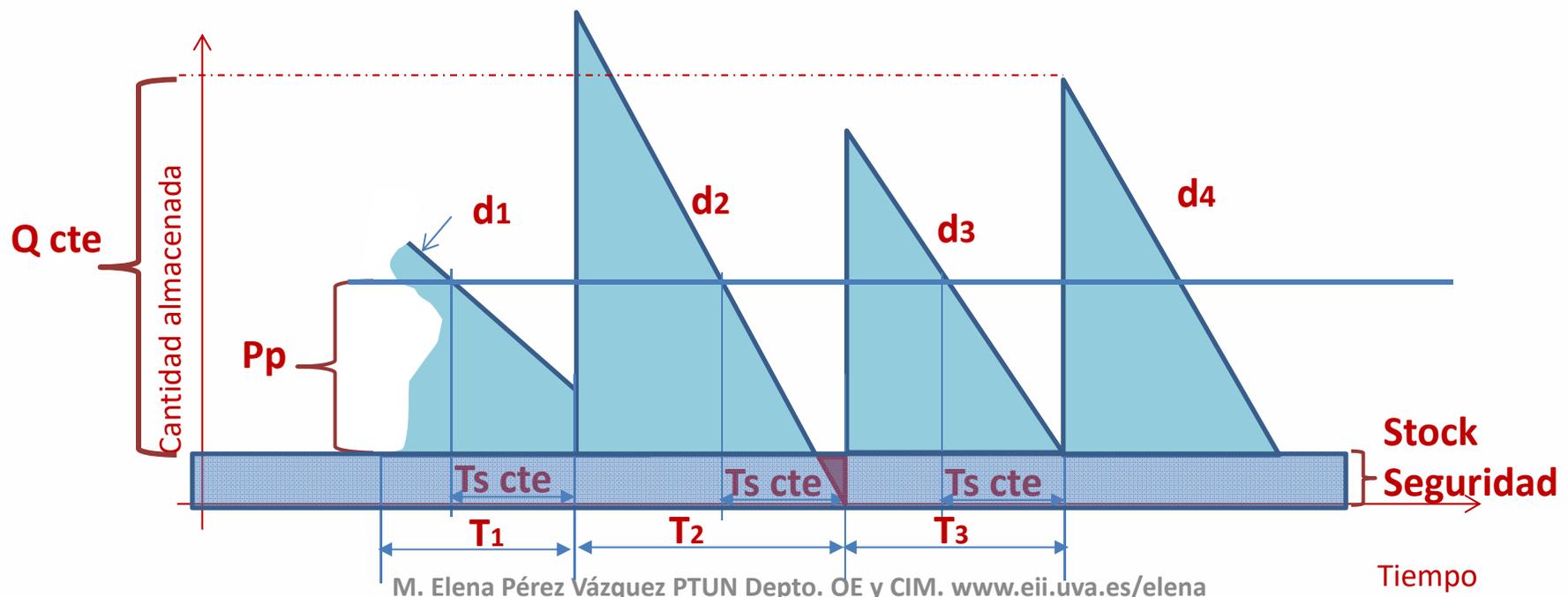
Esta situación da lugar a la necesidad del stock de seguridad. Cuya cantidad es función del riesgo que queremos correr.



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Un elevado SS nos llevará a tener mas Costes de Posesión pero menos riesgo de ruptura (menor Coste de Ruptura)

Un SS insuficiente llevará a entrar en ruptura (elevados Costes de Ruptura) pero menores Costes de Posesión



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Nivel de Servicio, definición:

Porcentaje de clientes satisfechos

Número de unidades vendidas a tiempo sobre las solicitadas

¿Para conseguir un Nivel de Servicio del 100% qué SS es necesario?



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Posibles situaciones: **Demanda Variable y Tiempo de Suministro Constante**

¿Cuándo hay riesgo de entrar en ruptura?:



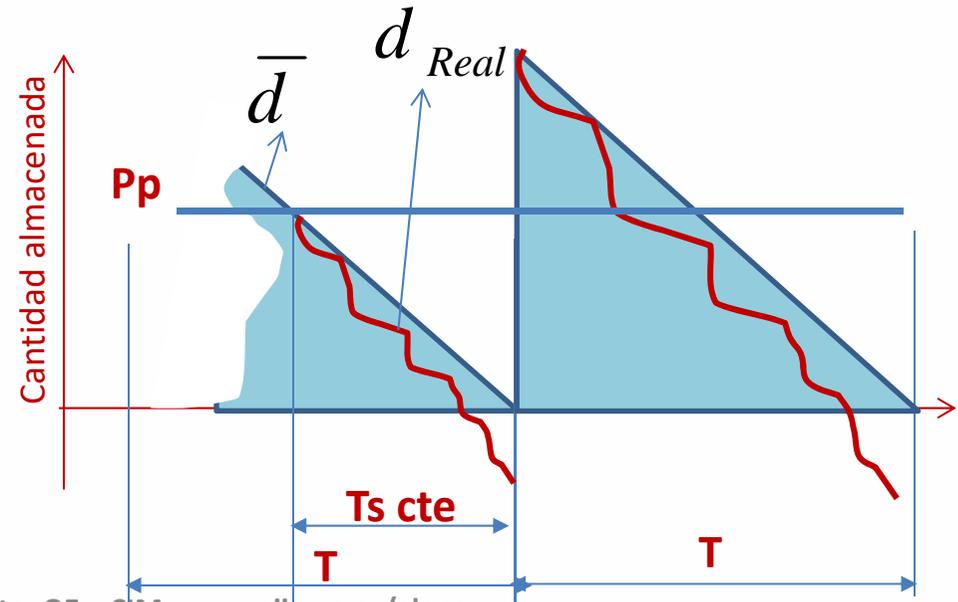
Durante T_s+T

Para un Nivel de Servicio= P

$$p(\text{Cantidad Real} < \text{Cantidad estimada}) = P$$

$$p(d_R(T_S + T) < \bar{d}(T_S + T) + SS) = P$$

suponiendo $d_R \rightarrow N(\bar{d}, \sigma^2)$



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Posibles situaciones: **Demanda Variable y Tiempo de Suministro Constante**

Ejemplo

1.- Periodo de aprovisionamiento óptimo T^*

Datos:

d sigue $N(30,10)$ u./día

$C_e=32000$ um/pedido

$C_p=2$ um/u. día

$p=90$ u./día

$T_s=10$ y $\Theta=360$ días

2.- Nivel de Servicio para un $SS=0$

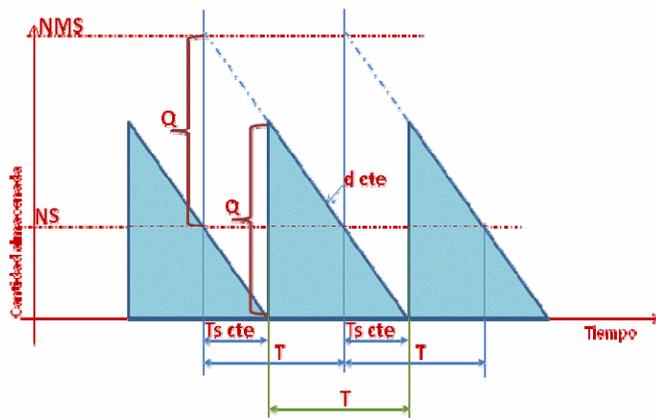
Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Posibles situaciones: **Demanda Variable y Tiempo de Suministro Constante**

Ejemplo

3.- SS para obtener un Riesgo de ruptura del 10%

4.- Tamaño del lote si en el momento de pedido el nivel del stock es de 840 unidades



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Posibles situaciones: Demanda Constante y Tiempo de Suministro Variable

¿Cuándo hay riesgo de entrar en ruptura?:



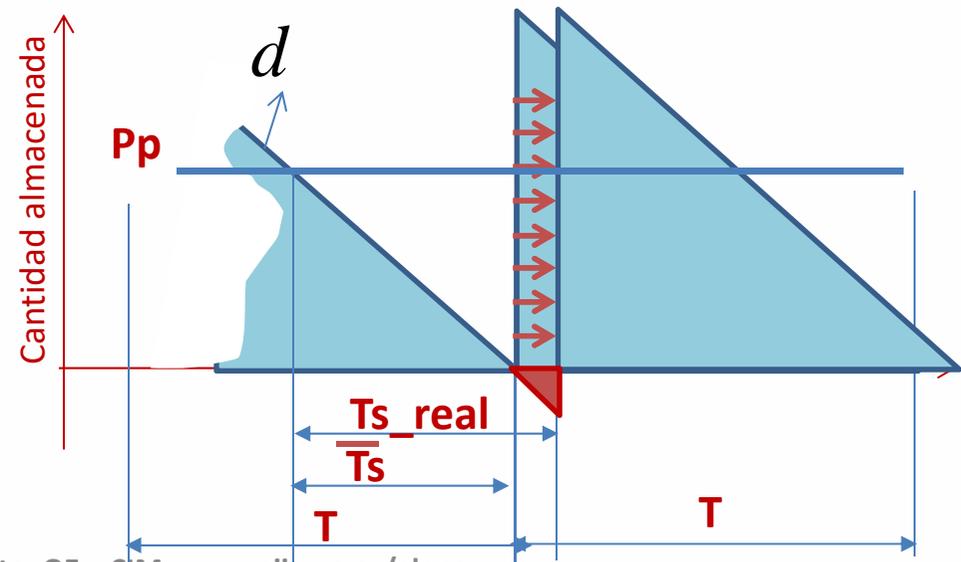
Durante T_s

Para un Nivel de Servicio= P

$$p(\text{Cantidad Real} < \text{Cantidad estimada}) = P$$

$$p(d \times T_{S_R} < d \times \bar{T}_S + SS) = P$$

$$\text{suponiendo } T_{S_R} \rightarrow N(\bar{T}_S, \sigma^2)$$



Inventarios en situación de Incertidumbre, los Stocks de Seguridad

Posibles situaciones: Demanda Constante y Tiempo de Suministro Variable

Ejemplo

1.- Riesgo de Ruptura si no tenemos SS

Datos:

$d=1000$ u./día

T_s sigue $N(18,1.5)$

2.-SS para un Nivel de Servicio del 93%