



## GD&T - II

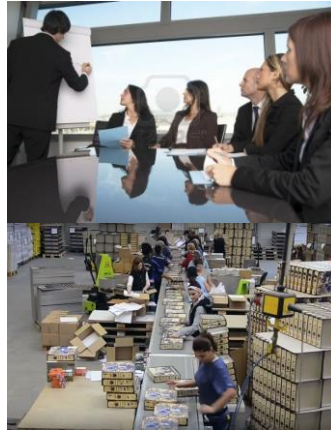


# ANÁLISIS DE TOLERANCIAS CON GD&T

1

NOTAS:

**Somos una organización  
formada por instructores  
especialistas en temas de  
formación personal  
aplicadas al trabajo  
empresarial**



2

NOTAS:

## AGENDA DEL CURSO

### MODULO I- INTRODUCCIÓN

- Pre-requisitos para este curso
- Información general
- Objetivos del curso

### MODULO II- CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE GD&T

- Que son las tolerancias geométricas y para que sirven
- Características de superficie y características de tamaño
- Modificadores  $\textcircled{M}$   $\textcircled{L}$  y sin modificador (antes  $\textcircled{S}$ )
- Fronteras

3

NOTAS:

## AGENDA DEL CURSO (continuación...)

### MODULO III- ANÁLISIS FUNCIONAL DE TOLERANCIAS

- Acotación funcional
- Análisis de tolerancias sin GD&T
- Análisis de tolerancias con GD&T:
  - Análisis de tolerancias para superficies controladas con tolerancia de perfil
  - Análisis de tolerancias para superficies controladas con tolerancias de localización
  - Análisis de tolerancias que implican la localización de un eje o plano central

4

NOTAS:

# I. INTRODUCCIÓN

5

NOTAS:

## PRE-REQUISITOS PARA ESTE CURSO

- Tener conocimiento sobre la lectura de planos y
- haber tomado el curso de GD&T-I

## INFORMACIÓN GENERAL:

- **Figuras:** Las figuras en este manual son únicamente con propósito ilustrativo
- **Anotaciones:** Las anotaciones escritas con mayúsculas se usan para simular letreros, tal como aparecen en los dibujos terminados de ingeniería. Las anotaciones en minúsculas, se usan únicamente con propósitos ilustrativos.
- **Equipos de medición:** Las referencias para equipo de medición, son únicamente con propósitos ilustrativos.
- **Gráficos/dibujos:** Los gráficos y dibujos pueden estar o no a escala, esto dependiendo de los requerimientos didácticos.
- **Actividad de aprendizaje:** Cada sección tiene una *actividad de aprendizaje*, que le permitirá al participante reforzar los conceptos aprendidos.

6

## NOTAS:

## OBJETIVOS DEL CURSO

Al término del curso, el participante:

1. Conocerá los principios relacionados al Dimensionado y Tolerado Geométrico, GD&T, que deben ser tomados en cuenta para el diseño funcional de partes y ensambles.
2. Aprenderá una metodología de análisis de tolerancias que podrá usar para resolver problemas de requerimientos funcionales como interferencias y distancias funcionales requeridas.
3. Aplicará los principios de GD&T al análisis funcional de una parte y de un ensamble.

7

NOTAS:

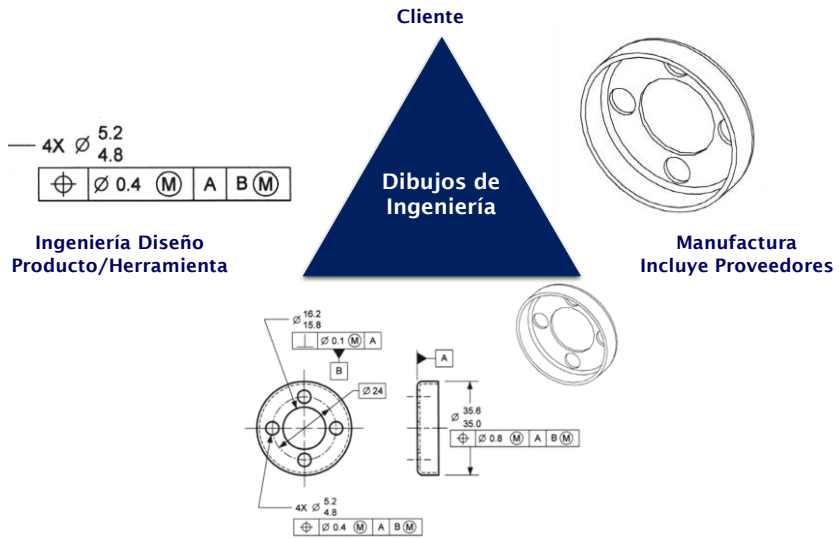
## II. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE GD&T

8

NOTAS:



## Que son las tolerancias geométricas y para que sirven

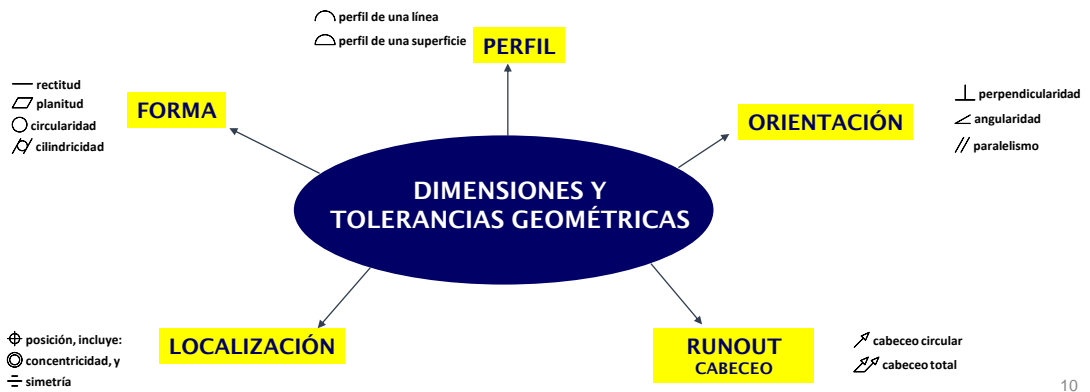


9

NOTAS:

# El Estándar de GD&T

define 5 familias de tolerancias geométricas:



NOTAS:

## Características de Superficie y Características de tamaño

Una característica es cualquier porción física de una parte tal como:

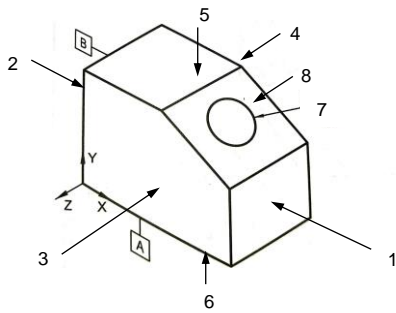
Una superficie, perno, diámetro externo, agujero o ranura, o su representación en dibujos, modelos o archivos electrónicos de datos.

11

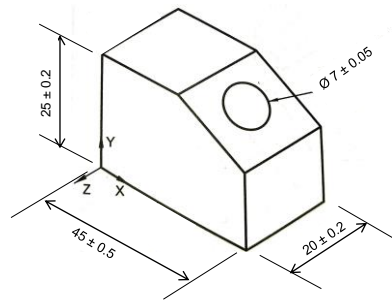
NOTAS:

## Existen dos tipos de características:

1. Características que no tienen tamaño (Superficies)
2. Características de tamaño:



Ejemplos de Características que no tienen tamaño (Superficies)



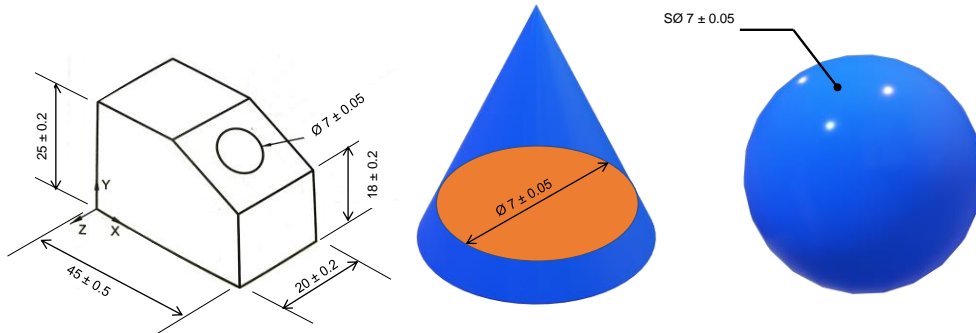
Ejemplos de Características de tamaño (Diámetros, espesores, anchos, etc..)

12

NOTAS:

## Una característica de tamaño queda definida mediante:

1. Un par de puntos opuestos entre dos superficies planas y paralelas, estando estos dos puntos asociados a una dimensión con su tolerancia.
2. Un par de puntos opuestos entre dos líneas paralelas, estando estos dos puntos asociados a una dimensión con su tolerancia.
3. Un par de puntos opuestos en una superficie cilíndrica, estando estos dos puntos asociados a una dimensión con su tolerancia.
4. Un par de puntos opuestos en una sección circular, estando estos dos puntos asociados a una dimensión con su tolerancia.
5. Un par de puntos opuestos en una superficie esférica, estando estos dos puntos asociados a una dimensión con su tolerancia.

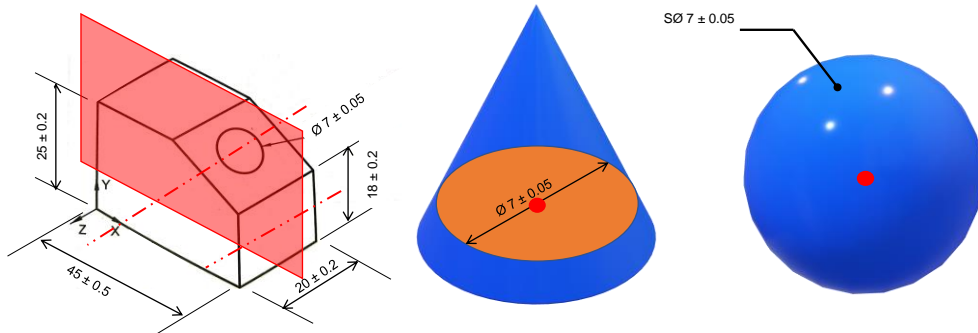


13

NOTAS:

## De una característica de tamaño se deriva:

1. Un plano central, o eje de simetría, de una característica de tamaño simétrica.
2. Un eje central, de una característica de tamaño cilíndrica.
3. Un punto central en un plano, de una característica de tamaño de sección circular.
4. Un punto central en el espacio, de una característica de tamaño esférica.

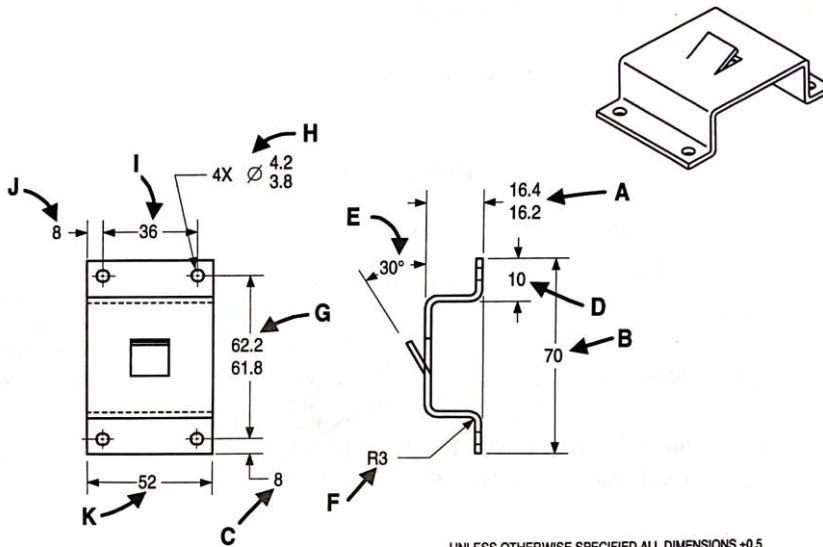


14

NOTAS:

## Definiciones (Cont.)

Ejemplos de características de tamaño y dimensión



Letra	Característica de tamaño	Dimensión
A	✓	
B	✓	
C		✓
D	✓	
E		✓
F		✓
G		✓
H	✓	
I		✓
J		✓
K	✓	

NOTAS:

## Modificadores (M) (L) y sin símbolo (antes (S))

Son usados únicamente en aplicaciones GD&T.  
También son conocidos como modificadores de material.

Símbolo	Término	Abreviatura
(M)	Condición o frontera de Material Máximo	<b>MMC</b> <b>MMB-Datum</b>
(L)	Condición o frontera de Material Mínimo	<b>LMC</b> <b>LMB-Datum</b>
<b>Sin símbolo</b>	Sin importar el tamaño de la característica o frontera	<b>RFS</b> <b>RMB-Datum</b>

16

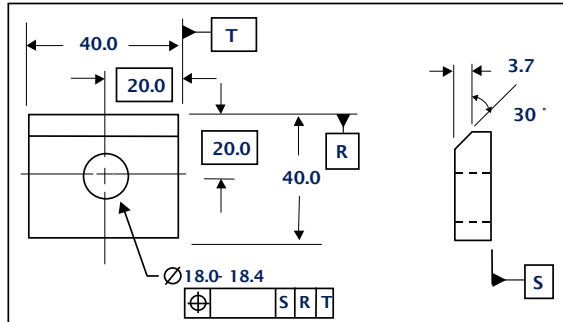
NOTAS:



## Modificadores (M) (L) y sin símbolo (antes (S))

EFFECTO DE LA CONDICIÓN DE MATERIAL CON LA TOLERANCIA DE LA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO

ESTO EN EL DIBUJO



SIGNIFICA ESTO

$\varnothing 0.08$  (M)

$\varnothing 0.08$  (L)

$\varnothing 0.08$

TAMAÑO REAL	ZONA DE TOLERANCIA CILINDRICA		
	0.08	0.48	0.08
MMC 18.0	0.08	0.48	0.08
18.1	0.18	0.38	0.08
18.2	0.28	0.28	0.08
18.3	0.38	0.18	0.08
LMC 18.4	0.48	0.08	0.08

17

NOTAS:

## Modificadores (M) (L) y sin símbolo (antes (S))

### REFERENCIA DE DATUM QUE SON CARACTERISTICAS DE TAMAÑO



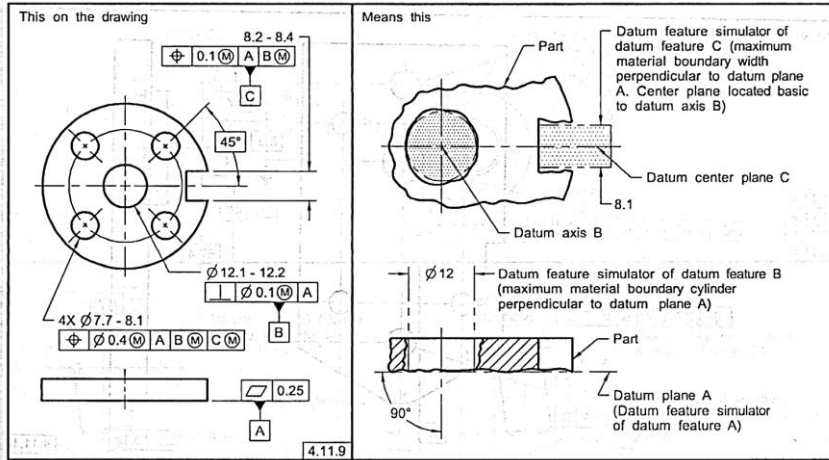
En caso de que aplique, se puede colocar un símbolo de frontera de material (M) (L) después de la letra de referencia de la característica de tamaño Datum, definiendo de esta manera una relación entre la tolerancia geométrica y la tolerancia de tamaño de la característica datum.

**NOTA:** a menos que otra cosa se especifique, la condición de que no importa el tamaño de la frontera (RMB) se considera automáticamente por omisión.

NOTAS:

## Modificadores (M) (L) y sin símbolo (antes (S))

### CARACTERÍSTICA DATUM SECUNDARIA Y TERCIARIA -MMB

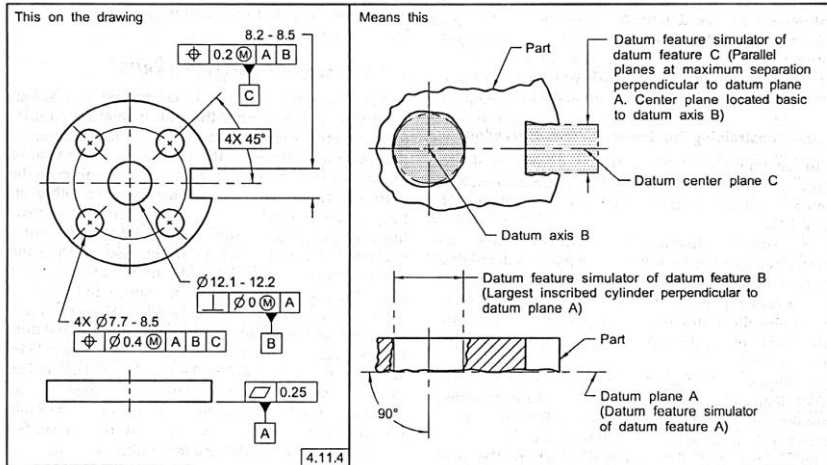


19

NOTAS:

## Modificadores (M) (L) y sin símbolo (antes (S))

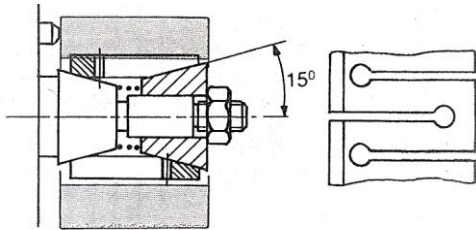
### CARACTERÍSTICAS DATUM SECUNDARIA Y TERCIARIA - RMB



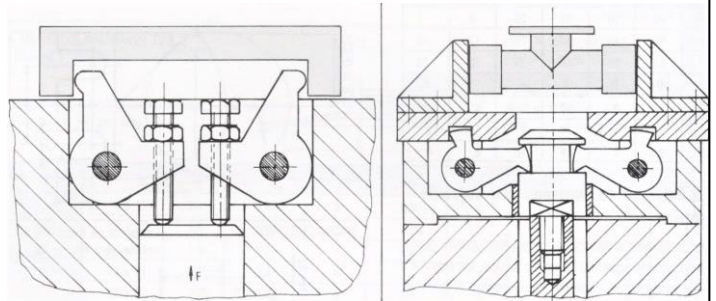
20

NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL RMB



Perno expandible para derivar el eje Datum en condición RMB



Mordazas expandibles para derivar el plano Datum en condición RMB

NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### CONDICIÓN VIRTUAL

Es una frontera de tamaño constante generada por la combinación de los efectos colectivos de una característica de tamaño en MMC o LMC y la tolerancia geométrica para tal condición de material.

### CONDICIÓN RESULTANTE

Es una frontera de tamaño único, en su peor condición, resultante de la interacción de la característica de tamaño, su tolerancia de tamaño y la tolerancia geométrica especificada.

NOTA: La condición resultante será la frontera opuesta a la condición virtual

22

NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### FRONTERA MAS PEQUEÑA/FRONTERA MÁS GRANDE

#### **FRONTERA MÁS PEQUEÑA (característica de tamaño en RFS):**

Es una frontera generada en su peor condición, para la característica de tamaño más pequeña (LMC para características de tamaño externas, p. ej. pernos; o MMC para características de tamaño internas p.ej. agujeros) menos su tolerancia geométrica.

#### **FRONTERA MÁS GRANDE (característica de tamaño en RFS):**

Es una frontera generada en su peor condición, para la característica de tamaño más grande (MMC para características de tamaño externas, p. ej. Pernos; o LMC para características de tamaño internas, p. ej. Agujeros) más su tolerancia geométrica.

23

NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### CONDICIÓN VIRTUAL CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN $\text{\textcircled{M}}$

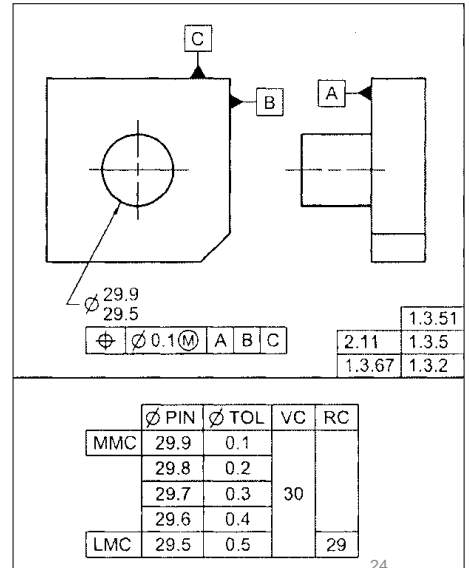
**Característica externa a MMC:**

Tamaño MMC + Tolerancia Geométrica

### CONDICIÓN RESULTANTE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN $\text{\textcircled{M}}$

**Característica externa a MMC:**

Tamaño LMC - Tolerancia Geométrica – Tolerancia de Tamaño



24

NOTAS:



## FRONTERAS DE MATERIAL

### CONDICIÓN VIRTUAL CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN (M)

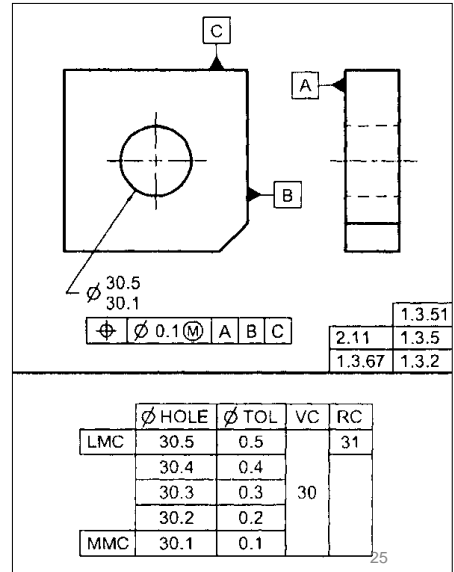
#### Característica interna a MMC:

Tamaño MMC - Tolerancia Geométrica

### CONDICIÓN RESULTANTE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN (M)

#### Característica interna a MMC:

Tamaño LMC + Tolerancia Geométrica + Tolerancia de Tamaño



NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### CONDICIÓN VIRTUAL CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN $\text{\textcircled{L}}$

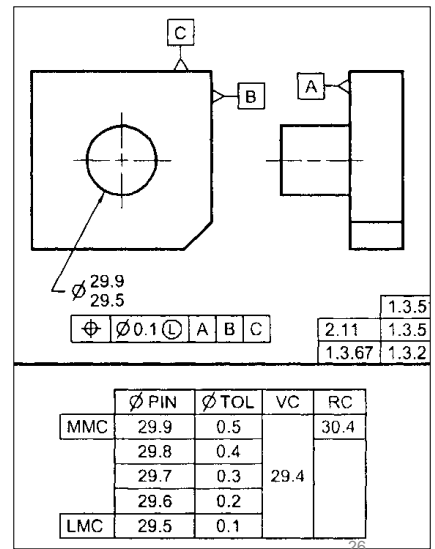
#### Característica externa a LMC:

Tamaño LMC - Tolerancia Geométrica

### CONDICIÓN RESULTANTE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN $\text{\textcircled{L}}$

#### Característica externa a LMC:

Tamaño MMC + Tolerancia Geométrica + Tolerancia de Tamaño



NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### CONDICIÓN VIRTUAL CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN $\text{\textcircled{L}}$

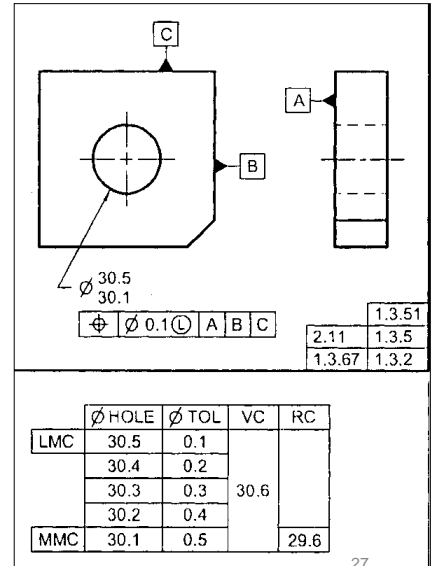
#### Característica interna a LMC:

Tamaño LMC + Tolerancia Geométrica

### CONDICIÓN RESULTANTE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN $\text{\textcircled{L}}$

#### Característica interna a LMC:

Tamaño MMC - Tolerancia Geométrica - Tolerancia de Tamaño



NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### FRONTERA MAS PEQUEÑA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN RFS

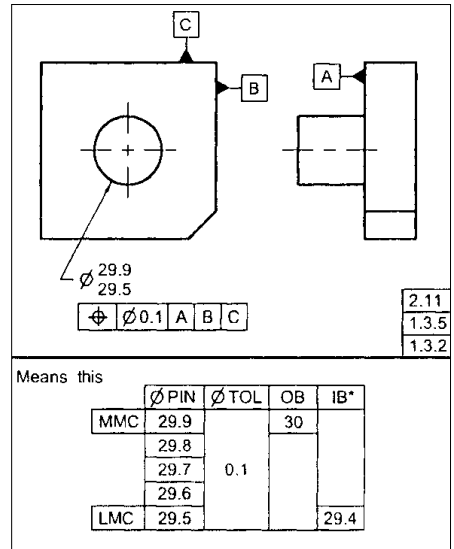
#### Característica externa a LMC:

Tamaño LMC - Tolerancia Geométrica

### FRONTERA MAS GRANDE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO EXTERNA EN RFS

#### Característica externa MMC:

Tamaño MMC + Tolerancia Geométrica



28

NOTAS:

## FRONTERAS DE MATERIAL

### FRONTERA MAS PEQUEÑA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN RFS

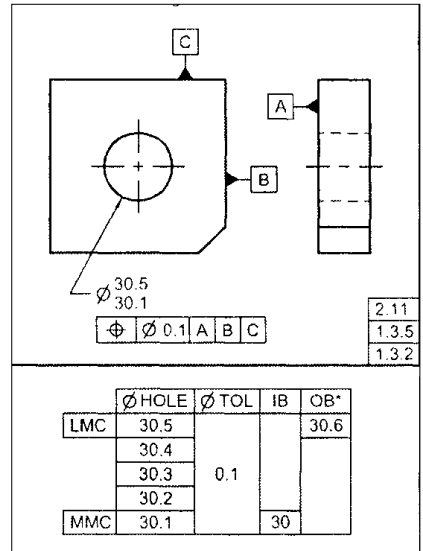
**Característica interna a MMC:**

Tamaño MMC - Tolerancia Geométrica

### FRONTERA MAS GRANDE CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO INTERNA EN RFS

**Característica interna a LMC:**

Tamaño LMC + Tolerancia Geométrica



29

NOTAS:

## ACTIVIDAD MODULO II

30

NOTAS:

## MODULO III ANALISIS FUNCIONAL DE TOLERANCIAS

31

NOTAS:

## ACOTACIÓN FUNCIONAL Y ANÁLISIS DE TOLERANCIAS APLICADO AL GD&T

### PROPOSITO

El propósito de esta sección es definir los principios para llevar a cabo la acotación funcional y el análisis dimensional de tolerancias de piezas y ensambles a las cuales se les ha aplicado GD&T.

### APLICACIÓN

Se describe la metodología general del análisis funcional usando el análisis de tolerancias para el peor caso y para tolerancias estadísticas, en piezas y ensambles con acotación dimensional en general y luego con acotación que emplea GD&T.

32

NOTAS:



## CONCEPTOS DEL ANALISIS DE TOLERANCIAS

### ANÁLISIS DE TOLERANCIAS

Técnica empleada para determinar la posible variación acumulativa, debido a las tolerancias aplicadas, entre diversas características de una parte o un ensamble.

### CADENA FUNCIONAL

Conjunto de dimensiones y tolerancias que de manera total conforman la dimensión y tolerancia resultante que es una condición funcional para el correcto funcionamiento de una parte o un ensamble.

33

NOTAS:

## CONCEPTOS DEL ANALISIS DE TOLERANCIAS

### ANÁLISIS DEL PEOR CASO

Análisis de tolerancias obtenido de las condiciones de variación extremas dadas por las tolerancias individuales aplicadas a las características que conforman la cadena funcional. Se aplica el análisis del peor caso cuando se lleva a cabo un control de producto en vez de control de proceso, es decir, estamos preocupados por identificar partes defectuosas en vez de monitorear y reducir la variación del proceso ( $\sigma_p$ ) y el desempeño del proceso es pobre ( $Pp_k \leq 1$ ).

34

NOTAS:

## CONCEPTOS DEL ANALISIS DE TOLERANCIAS

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de tolerancias obtenido de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tolerancias individuales aplicadas a las características que conforman la cadena funcional. RSS = Raíz cuadrada de suma de cuadrados. Se aplica el análisis estadístico cuando las características que conforman la cadena funcional, se fabrican en procesos con un nivel alto de desempeño ( $P_p \approx P_{pk} > 1.33$ ) y la probabilidad de obtener partes en los límites de especificación es muy pequeña. Se usa control de proceso en vez de control de producto.

35

NOTAS:

## LA ACOTACIÓN FUNCIONAL

Acotar funcionalmente un dibujo significa hacer una selección razonada entre sus diferentes dimensiones y acotar sólo aquellas que expresen directamente las condiciones de aptitud del producto (condición funcional) para la utilización prevista.

Las condiciones funcionales pueden ser: cantidad de material (resistencia mecánica), deformación máxima permitida, espacio o condiciones de funcionamiento en el montaje o ensamble.

Las condiciones de funcionamiento en el montaje o ensamble consisten en mantener, entre dos límites establecidos, la distancia entre dos puntos ubicados en las superficies de dos piezas que integran el ensamble. Esta distancia se le llama JUEGO. Puede ser un juego positivo (holgura) o un juego negativo (apriete)

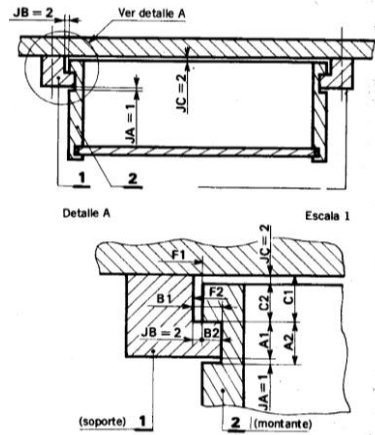
36

NOTAS:

## EJEMPLO DE ACOTACIÓN FUNCIONAL

El objetivo de este ejemplo es acotar funcionalmente las piezas que conforman el cajón para lograr un juego  $JA = 1 \pm 0.5\text{mm}$ ,  $JB = 2 \pm 0.5 \text{ mm}$ ,  $JC = 2 \pm 0.5 \text{ mm}$ . Sólo se acotarán aquellas dimensiones que logren las condiciones funcionales deseadas (juegos).

- La espiga del soporte 1 debe penetrar en la ranura del montante 2 con un juego  $JA = 1 \pm 0.5 \text{ mm}$ .
- Entre las caras F1 y F2 debe haber un juego  $JB = 2 \pm 0.5 \text{ mm}$ .
- La parte superior del cajón tampoco debe estar en contacto con la superficie inferior de la mesa. Ello supone un Juego  $JC = 2 \pm 0.5\text{mm}$

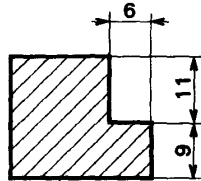


37

NOTAS:

## EJEMPLO DE ACOTACIÓN FUNCIONAL

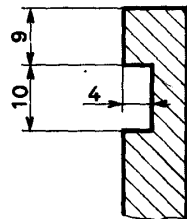
**SOPORTE 1**



NOTA: sólo se muestran las cotas funcionales.

Tolerancias  $\pm 0.25$

**MONTANTE 2**



38

NOTAS:

## EJEMPLO DE ACOTACIÓN FUNCIONAL

### Condición funcional JA.

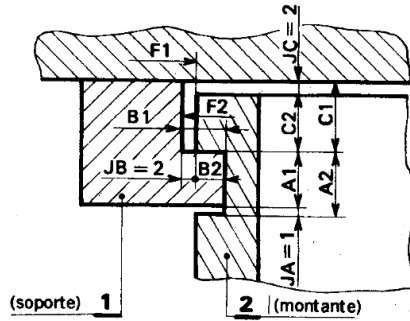
Las cotas A1 y A2 dan directamente el juego JA. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JA = A2 - A1; \text{ si } A2 = 10 \pm 0.25, A1 = 9 \pm$$

$$0.25; JA_{\max} = 10.25 - 8.75 = 1.5$$

$$JA_{\min} = 9.75 - 9.25 = 0.5$$

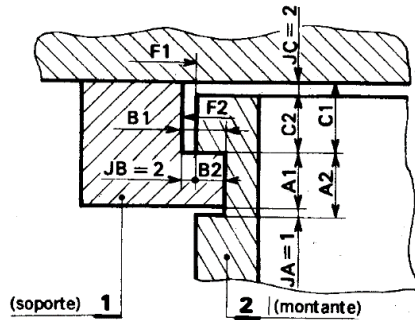
$$JA = (10 \pm 0.25) - (9 \pm 0.25) = 1.0 \pm 0.5$$



39

NOTAS:

## EJEMPLO DE ACOTACIÓN FUNCIONAL



### Condición funcional JB.

Las cotas B1 y B2 dan directamente el juego JB. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JB = B1 - B2; \text{ si } B1 = 6 \pm 0.25, B2 = 4 \pm 0.25; JB_{\max} = 6.25 - 3.75 = 2.5$$

$$JB_{\min} = 5.75 - 4.25 = 1.5$$

$$JB = (6 \pm 0.25) - (4 \pm 0.25) = 2.0 \pm 0.5$$

40

NOTAS:



## EJEMPLO DE ACOTACIÓN FUNCIONAL

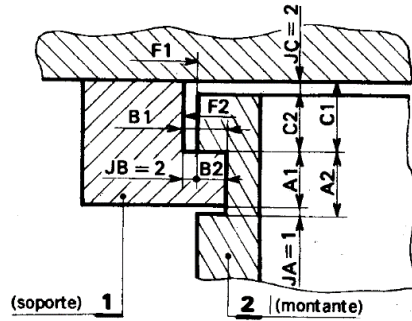
### Condición funcional JC.

Las cotas C1 y C2 dan directamente el juego JC. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JC = C1 - C2; \text{ si } C1 = 11 \pm 0.25; C2 = 9 \pm 0.25; JC_{\max} = 11.25 - 8.75 = 2.5$$

$$JC_{\min} = 10.75 - 9.25 = 1.5$$

$$JC = (11 \pm 0.25) - (9 \pm 0.25) = 2.0 \pm 0.5$$



41

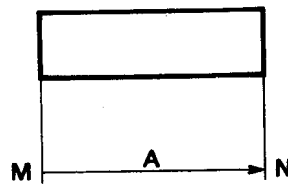
NOTAS:

## CADENA DE COTAS FUNCIONALES

### Establecimiento de una cadena de cotas

Una cadena de cotas es un conjunto de cotas que define una condición funcional del producto. Cada una de las cotas es un eslabón.

Para facilitar la comprensión, se reemplaza cada cota con un vector. En el ejemplo M es el origen y N el extremo final.



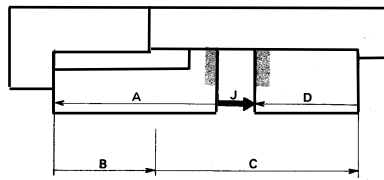
42

NOTAS:

## CADENA DE COTAS FUNCIONALES

### Procedimiento para establecer la cadena de cotas funcionales

1. Se dibuja el vector  $J$  de la condición funcional. El sentido de este vector define las cotas con signo (+). Las cotas en sentido opuesto al vector  $J$  tendrán signo (-).
2. A partir del origen del vector  $J$ , se traza el primer vector  $A$ . Este vector tendrá el signo correspondiente según se indicó en (1).
3. El segundo vector,  $B$ , tendrá como origen el extremo final del vector  $A$ . Este vector tendrá el signo correspondiente según se indicó en (1).

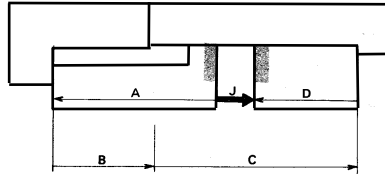


43

NOTAS:

## CADENA DE COTAS FUNCIONALES

### Procedimiento para establecer la cadena de cotas funcionales



4. Proceder de la misma forma para los distintos vectores sucesivos.
5. El vector final, D en este caso, tendrá como punto extremo final el extremo final del vector de la condición funcional J. Este vector tendrá el signo correspondiente según se indicó en (1).
6. A partir de la condición funcional dada, la cadena de cotas es mínima si sólo hay una cota por pieza. En este caso la tolerancia de cada cota es la máxima tolerancia posible.

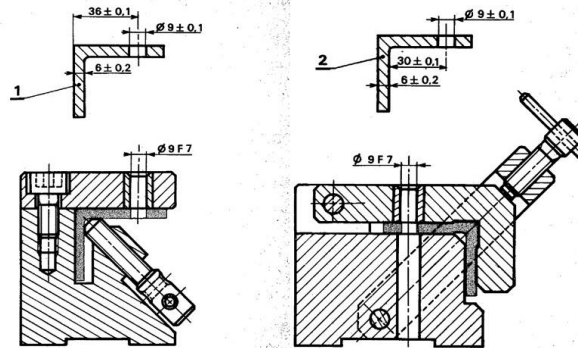
44

### NOTAS:

## COTAS FUNCIONALES VS. COTAS DE FABRICACIÓN

Cuando se realiza un análisis funcional en las piezas que conforman un ensamble, las cotas funcionales así obtenidas conforman una cadena funcional de cotas mínimas, las cuales gozan de la mayor tolerancia posible. Esto favorece los costos mínimos de fabricación.

Bajo estas circunstancias, **las cotas para la fabricación de los herramientales deben ser las mismas que las cotas funcionales**. Es decir el diseño del herramientales debe reflejar las cotas funcionales. Ver ejemplo siguiente:

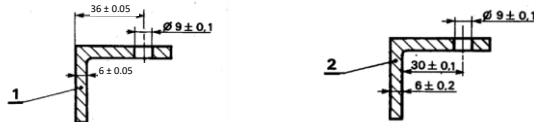


45

NOTAS:

## TRANSFERENCIA DE COTAS

Si existen razones o limitaciones tecnológicas que hacen difícil que los herramientas reflejen las cotas funcionales del dibujo, entonces estas cotas funcionales deben convertirse (Transferirse) para adaptarse al proceso de fabricación. El cambio de las cotas funcionales a cotas de fabricación se le denomina TRANSFERENCIA DE COTAS. La Transferencia de cotas tiene el inconveniente que REDUCE las tolerancias respecto al dibujo funcional original.

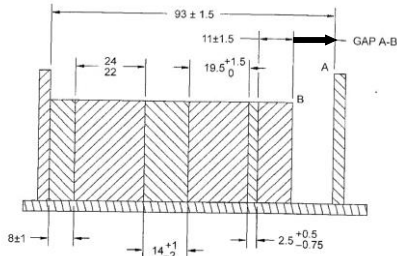


**Ejemplo:** Suponemos que el dibujo del diseño # 2, la cota  $30 \pm 0.1$  es la cota funcional que se debe satisfacer, pero se debe diseñar un herramental para fabricación conforme al diseño # 1. Entonces las cotas transferidas al diseño # 1 muestran que estas son menores. Si las cotas funcionales del dibujo # 2 se transfieren conforme lo muestra el dibujo # 1, entonces SI se cumplirá la cota funcional  $30 \pm 0.1$ .

46

NOTAS:

## ANALISIS DIMENSIONAL CON TOLERANCIA ARITMETICA



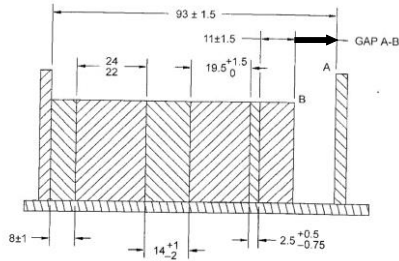
NOTA: para aplicar este método tabular primero se deben convertir todas las dimensiones a su valor central y la tolerancia se debe expresar como tolerancia bilateral uniforme ( $\pm x.xxx$ )

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol $\pm$	Descripción
1	1		11	1.5	Dim 1 = 11.0
2	2		2.375	0.625	Dim 2 = $[(2.5+0.5)+(2.5-0.75)]/2 = 2.375$
3	3		20.25	0.750	Dim 3 = $[(19.5+1.5)+(19.5-0)]/2 = 20.25$
4	4		13.5	1.5	Dim 4 = $[(14 + 1)+((14-2)/2)] = 13.5$
5	5		23	1.0	Dim 5 = $(24 + 22)/2 = 23$
6	6		8	1.0	Dim 6 = 8.0
7	7	93		1.5	Dim 7 = 93.0
SUMAS		93	78.125	7.875	
RESULTADO		$\pm 93 - 78.125 = 14.875$		$\pm 7.875$	

47

NOTAS:

## ANALISIS DIMENSIONAL CON TOLERANCIA ESTADÍSTICA



Dada un cadena funcional (en una sola pieza o en un ensamble), deseamos conocer el valor de una dimensión resultante (en una pieza) o un juego funcional resultante (en un ensamble) de las cotas funcionales dadas. En esta caso, suponemos que todas las dimensiones funcionales se controlan mediante SPC y el proceso se centra al valor nominal ( $P_p \approx P_{pk} > 1.33$ ). Aplicamos tolerancias estadísticas.

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	(Tol ±) <sup>2</sup>	Descripción
1	1		11	1.5	2.25	Dim 1 = 11.0
2	2		2.375	0.625	0.391	Dim 2 = [(2.5+0.5)+(2.5-0.75)]/2 = 2.375
3	3		20.25	0.750	0.563	Dim 3 = [(19.5+1.5)+(19.5-0)]/2 = 20.25
4	4		13.5	1.5	2.25	Dim 4 = [(14 + 1)+{(14-2)/2}] = 13.5
5	5		23	1.0	1.0	Dim 5 = ( 24 + 22)/2 = 23
6	6		8	1.0	1.0	Dim 6 = 8.0
7	7	93		1.5	2.25	Dim 7 = 93.0
<b>SUMAS</b>		93	78.125	7.875	9.704	
<b>RESULTADO</b>		= 93 - 78.125 = 14.875		± 7.875	± 9.704	
					RSS = ± 3.115	
					1.5 RSS = ± 4.673	

48

NOTAS:



## ANÁLISIS DIMENSIONAL CON GD&T

### Análisis de tolerancia en los límites de frontera de una característica de tamaño especificada en RFS/ RMB.

Para una característica de tamaño DATUM especificada en RMB, se calcula la frontera máxima y la frontera mínima.

#### Si la característica es externa:

Frontera Máxima = Límite de tamaño en MMC de la característica datum.

Frontera Mínima = Límite de tamaño en LMC de la característica datum.

#### Si la característica es interna:

Frontera Máxima = Límite de tamaño en LMC de la característica datum.

Frontera Mínima = Límite de tamaño en MMC de la característica datum.

Para hacer el análisis dimensional y aplicar tolerancia bilateral uniforme a partir de la frontera media, ésta se calcula promediando ambas fronteras:

$$\text{Frontera Media} = (\text{Frontera Máxima} + \text{Frontera Mínima})/2$$

## NOTAS:

## ANÁLISIS DIMENSIONAL CON GD&T

### Análisis de tolerancia en los límites de frontera de una característica de tamaño especificada en RFS/ RMB.

Para una característica de tamaño (NO DATUM) especificada en RFS, se calcula la frontera máxima y la frontera mínima.

#### Si la característica es externa:

Frontera Máxima = Límite de tamaño en MMC de la característica + Tol. Geométrica

Frontera Mínima = Límite de tamaño en LMC de la característica - Tol. Geométrica

#### Si la característica es interna:

Frontera Máxima = Límite de tamaño en LMC de la característica + Tol. Geométrica

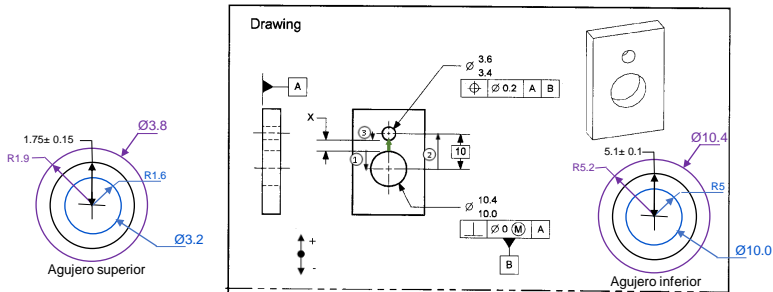
Frontera Mínima = Límite de tamaño en MMC de la característica - Tol. Geométrica

Para hacer el análisis dimensional y aplicar tolerancia bilateral uniforme a partir de la frontera media, ésta se calcula promediando ambas fronteras:

$$\text{Frontera Media} = (\text{Frontera Máxima} + \text{Frontera Mínima})/2$$

## NOTAS:

## LIMITES DE FRONTERA DE UNA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO - RFS/RMB



# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1		5.1	0.1	0.01	Dist. Radial: $((\text{Max. Diam}/2) + (\text{min diam})/2)/2 = (10.4/2 + 10/2)/2 = 5.1$
2	1	10				Distancia entre centros: dimensión básica.
3	1		1.75	0.15	0.0225	Dist. Radial: $((\text{Max. Diam}/2) + (\text{min diam})/2)/2 = (3.8/2 + 3.2/2)/2 = 1.75$
<b>totales</b>		10	6.85	0.25	0.0325	
				RSS =	0.18	
				RSS * 1.5 =	0.27	
		Distancia nominal	3.15	±0.25	±0.27	
			Dist. Máx.	3.4	3.42	
			Dist. Min.	2.9	2.88	

51

NOTAS:

## ANÁLISIS DIMENSIONAL CON GD&T

### Análisis de tolerancia en los límites de frontera de una característica de tamaño especificada en MMC/ MMB.

Para una característica de tamaño DATUM especificada en MMB, se calcula la frontera máxima y la frontera mínima.

Si la característica es externa:

Frontera Máxima = Condición virtual en MMC de la característica datum.

Frontera Mínima = Condición resultante en LMC de la característica datum.

Si la característica es interna:

Frontera Máxima = Condición resultante en LMC de la característica datum.

Frontera Mínima = Condición virtual en MMC de la característica datum.

Para hacer el análisis dimensional y aplicar tolerancia bilateral uniforme a partir de la frontera media, ésta se calcula promediando ambas fronteras:

Frontera Media =  $(\text{Frontera Máxima} + \text{Frontera Mínima})/2$

52

NOTAS:

## ANÁLISIS DIMENSIONAL CON GD&T

### Análisis de tolerancia en los límites de frontera de una característica de tamaño especificada en MMC/ MMB.

Para una característica de tamaño (NO DATUM) especificada en MMC, se calcula la frontera máxima y la frontera mínima.

Si la característica es externa:

Frontera Máxima = Condición virtual en MMC de la característica.

Frontera Mínima = Condición resultante en LMC de la característica.

Si la característica es interna:

Frontera Máxima = Condición resultante en LMC de la característica.

Frontera Mínima = Condición virtual en MMC de la característica.

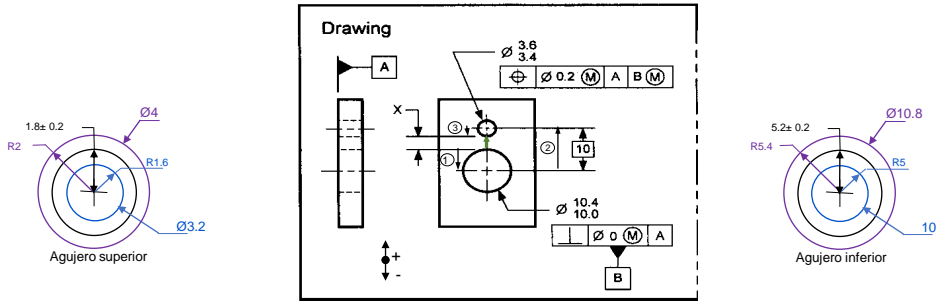
Para hacer el análisis dimensional y aplicar tolerancia bilateral uniforme a partir de la frontera media, ésta se calcula promediando ambas fronteras:

Frontera Media = (Frontera Máxima + Frontera Mínima)/2

53

NOTAS:

## LIMITES DE FRONTERA DE UNA CARACTERÍSTICA DE TAMAÑO - MMC/MMB



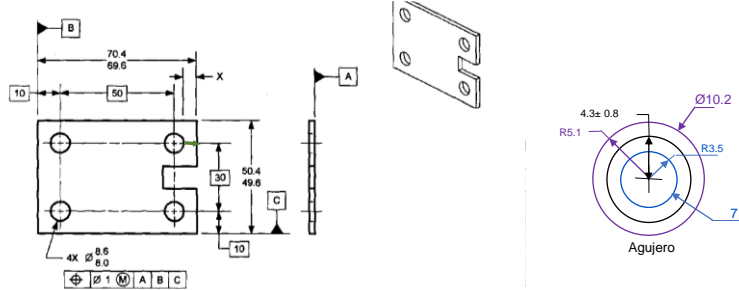
# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1		5.2	0.2	0.04	Dist. Radial: $((\text{Front.Max.}/2) + (\text{Front.min.})/2) / 2 = (10.8/2 + 10/2) / 2 = 5.2$
2	1	10				Distancia entre centros: dimensión básica.
3	1		1.8	0.2	0.04	Dist. Radial: $((\text{Front.Max.}/2) + (\text{Front.min.})/2) / 2 = (4/2 + 3.2/2) / 2 = 1.8$
<b>totales</b>		10	7	0.4	0.08	
				RSS =	0.28	
				RSS * 1.5 =	0.42	
		Distancia nominal	3	±0.4	±0.42	
			Dist. Máx.	3.4	3.42	
			Dist. Min.	2.6	2.58	

54

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE V-1 ANÁLISIS DE TOLERANCIAS

1. Determinar la distancia máxima y mínima marcada como X en el dibujo mostrado



# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	(Tol ±) <sup>2</sup>	Descripción
1	1					Dist. Radial: $((\text{Frontera Max.}/2) + (\text{Frontera Min.})/2) =$
2	1					Distancia entre centro a Datum B: dimensión básica.
3	1					Distancia entre datum B y frontera derecha de la pieza
<b>totales</b>						
					RSS =	
					RSS * 1.5 =	
		Distancia nominal				
			Dist. Máx.			
			Dist. Min.			

55

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE PERFIL SIMPLES

Las tolerancias de perfil (de línea o de superficie) identifican una zona de tolerancia que envuelven los puntos de la superficie teórica perfecta o nominal. Esta tolerancia puede ser bilateral uniforme (sin modificador  $\text{U}$ ), bilateral desigual o unilateral (con modificador  $\text{U}$ ). Para un análisis dimensional que incluya tolerancias de perfil, estas deben convertirse a tolerancia  $\pm$ .

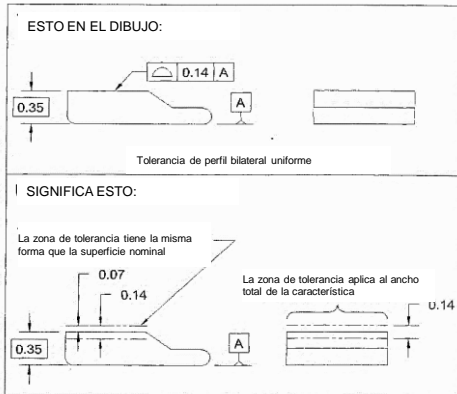
56

NOTAS:



## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE PERFIL SIMPLES

### Convirtiendo tolerancia de perfil bilateral uniforme a tolerancia $\pm$



Dada una tolerancia de perfil bilateral uniforme, el valor de la tolerancia total es la especificada en el marco de control.

Tolerancia total de perfil = 0.14

Para convertirla en tolerancia  $\pm$ , se divide la tolerancia total de perfil entre 2.

Tolerancia  $\pm$  =  $0.14/2 = \pm 0.7$

Se toma el valor de la dimensión Básica que localiza el perfil nominal = 0.35

La dimensión resultante es:  
 $0.35 \pm 0.7$

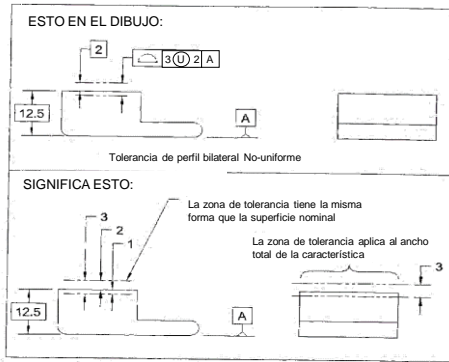
57

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE PERFIL SIMPLES

### Convirtiendo tolerancia de perfil bilateral NO-uniforme a tolerancia $\pm$

Para un análisis dimensional que incluya tolerancias de perfil bilateral desigual o unilateral (con modificador  $\text{U}$ ), éstas deben convertirse a tolerancia  $\pm$ .



**La dimensión resultante es:  $13 \pm 1.5$**

Tolerancia total de perfil = 3

Para convertirla en tolerancia  $\pm$ , se divide la tolerancia total de perfil entre 2.

Tolerancia  $\pm 3/2 = \pm 1.5$

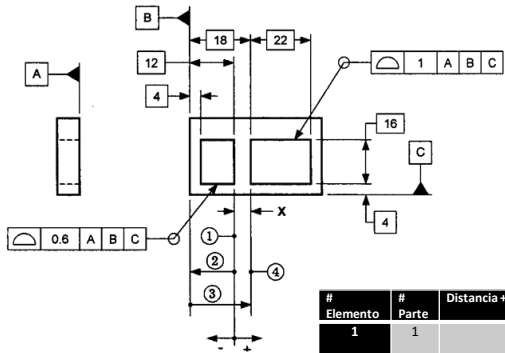
Se calcula el tamaño máximo del perfil adicionando la dimensión básica y la porción de la tolerancia de perfil hacia el exterior de material:

Tamaño Máximo =  $12.5 + 2 = 14.5$

Se calcula el tamaño mínimo del perfil restando a la dimensión básica, la porción de la tolerancia de perfil hacia el interior de material:

Tamaño mínimo =  $12.5 - 1 = 11.5$

## NOTAS:



**Tolerancia de perfil simple:**

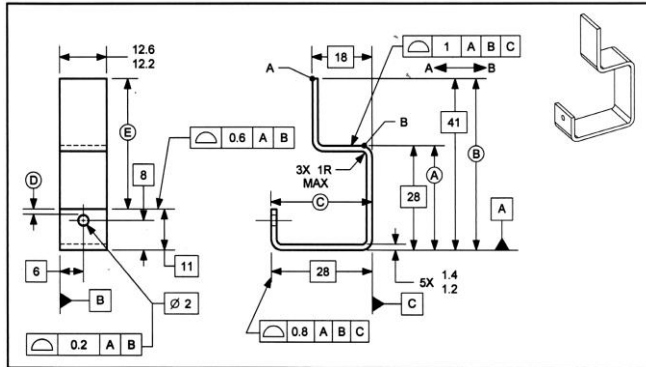
**Ejemplo:** Determinar la distancia "X" entre la superficie del perfil cuadrado de la izquierda y la superficie del perfil cuadrado de la derecha, del dibujo mostrado.

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			0.3	0.09	Tolerancia Perfil a lo largo del borde derecho (perfil cuadrado izquierdo)
2	1		12	0.000	0.0000	Dimensión básica perfil izquierdo hasta datum B
3	1	18		0.000	0.0000	Dimensión Básica del datum B hasta perfil derecho
4	1			0.5	0.25	Tolerancia Perfil a lo largo del borde izquierdo (perfil cuadrado derecho)
<b>totales</b>		18	12	0.8	0.34	
					RSS =	0.583
					RSS * 1.5 =	0.875
Distancia nominal			6.0	±0.80		±0.875
			Dist. Máx.	6.8		6.875
			Dist. Min.	5.2		5.125

NOTAS:

**Tolerancia de perfil simple:**

**Ejercicio:** Usando el dibujo mostrado, calcula las distancias que se piden en la tabla anexa:



DISTANCIA	MÁXIMA	MÍNIMA
A	28.5	27.5
B	41.5	40.5
C	28.4	27.6
D	2.4	1.6
E	30.8	29.2

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE PERFIL COMPUESTAS

**Segmento Superior de marco de control.** Define el marco de referencia para la zona de tolerancia de perfil que localiza, de forma básica, todo el perfil o patrón como una sola entidad. Este marco Superior deberá usarse cuando la localización del perfil o del patrón afecta la distancia que está siendo analizada o cuando estén incluidas, en la cadena de análisis dimensional de la misma pieza, la característica controlada por el marco de control compuesto y otra característica controlada con un marco de control diferente.

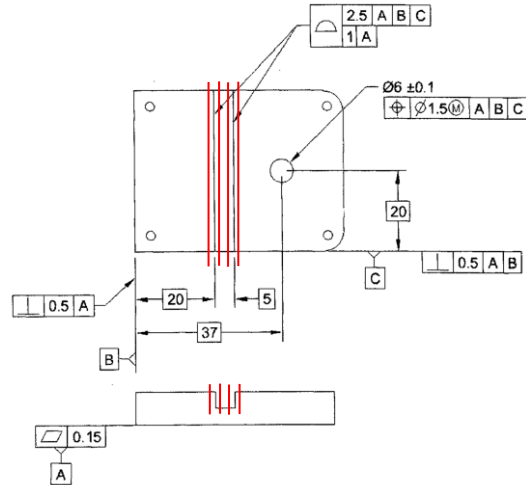
**Segmento Inferior de marco de control.** Define el marco de referencia para la zona de tolerancia de perfil que relaciona todos los puntos del perfil o del patrón de perfiles entre ellos mismos, definiendo, de forma básica, la orientación, forma y tamaño del perfil o patrón. Este marco Inferior deberá usarse cuando la cadena de análisis dimensional únicamente incluye las características toleradas dentro del patrón de perfiles y no incluye ninguna otra característica de la parte.

61

NOTAS:

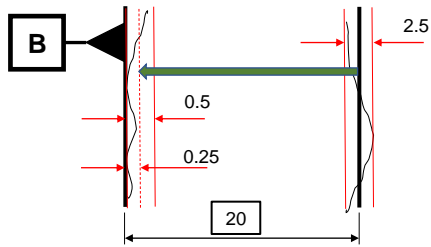
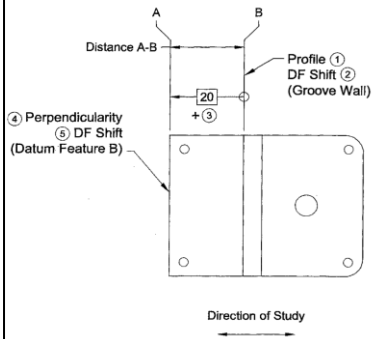
## TOLERANCIAS DE PERFIL COMPUESTAS

**Ejemplo 1:** Determinar la distancia entre la pared izquierda de la ranura y la superficie datum B, del dibujo mostrado.



62

NOTAS:

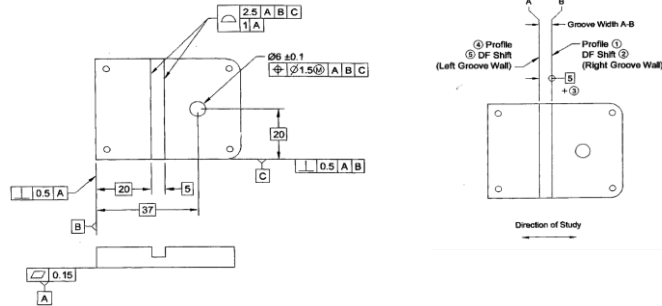


# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			1.250	1.5625	Perfil a lo largo del borde izquierdo de la ranura (segmento superior)
2	1			0.000	0.0000	Corrimiento del Datum: N/A; Datums no son características de tamaño.
3	1	20		0.000	0.0000	Dimensión Básica: del borde izq. de la ranura al Datum B
4	1		0.250	0.250	0.0625	Perpendicularidad de la característica datum B
5	1			0.000	0.0000	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A no interviene en análisis
<b>totales</b>		20	0.25	1.500	1.6250	
				RSS =	1.275	
				RSS * 1.5 =	1.9125	
		Distancia nominal	19.75	±1.5	±1.9125	
			Dist. Máx.	21.25	21.6625	
			Dist. Min.	18.25	17.8375	

63

## NOTAS:

**Ejemplo 2:** Calcular la distancia de separación entre las dos ranuras:



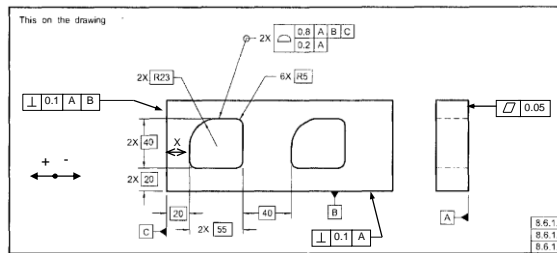
# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			0.500	0.25	Perfil a lo largo del borde B (segmento inferior)
2	1			0.000	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A no interviene en análisis
3	1	5		0.000	0.00	Dimensión Básica: del borde B al borde A
4	1			0.500	0.25	Perfil a lo largo del borde A (segmento inferior)
5	1			0.000	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A no interviene en análisis
<b>totales</b>		5		1.000	0.50	
				RSS =	0.7071	
				RSS * 1.5 =	1.0607	
		Distancia nominal	5	±1.0	±1.0607	
			Dist. Máx.	6.0	6.0607	
			Dist. Min.	4.0	3.9393	

**NOTAS:**



### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE V-2

1. Determinar la distancia máxima y mínima marcada como X en el dibujo mostrado:



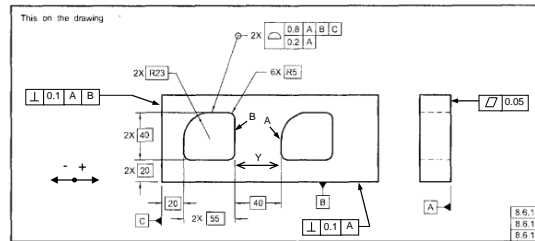
# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			0.40	0.16	Perfil a lo largo del borde izq. (segmento superior)
2	1			0.00	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datums no son caract. de tamaño.
3	1	20.00		0.00	0.00	Dimensión Básica: del borde izq. al Datum C
4	1		0.05	0.05	0.0025	Perpendicularidad de la característica datum C
5	1			0.00	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A y B no son caract. de tamaño
<b>totales</b>		20.00	-0.05	0.45	0.1625	
				RSS =	0.403	
				RSS * 1.5 =	0.605	
		Distancia nominal	19.95	± 0.45	± 0.605	
			Dist. X Máx.	20.40	20.555	
			Dist. X Min.	19.50	19.345	

65

NOTAS:

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE V-2

2. Determinar la distancia máxima y mínima marcada como Y en el dibujo mostrado:



# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			0.10	0.01	Perfil a lo largo del borde B (segmento inferior)
2	1			0.00	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A no interviene en análisis
3	1	40.00				Dimensión Básica: del borde B al borde A
4	1			0.10	0.01	Perfil a lo largo del borde A (segmento inferior)
5	1			0.00	0.00	Corrimiento del Datum: N/A; Datum A no interviene en análisis
<b>totales</b>		+40.00	- 00.00	0.20	0.02	
				RSS =	0.14	
				RSS * 1.5 =	0.21	
		Distancia nominal	40.00	±0.20	± 0.21	
			Dist. Y Máx.	40.20	40.21	
			Dist. Y Min.	39.80	39.79	

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN SIMPLE

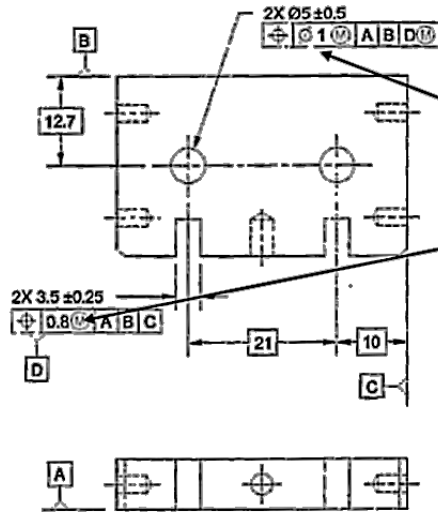
**Las tolerancias de posición, aplicadas a características de tamaño cilíndricas** (pernos o agujeros) especifican una zona de tolerancia cilíndrica alrededor del eje de la característica. La tolerancia de posición cilíndrica será dividida entre dos y expresada como tolerancia  $\pm$ .

**Las tolerancias de posición, aplicadas a características de tamaño planas** (ancho o altura entre caras planas paralelas) especifican una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos alrededor del plano central de la característica. La tolerancia de posición que es la distancia total que envuelve al plano central será dividida entre dos y expresada como tolerancia  $\pm$ .

67

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN SIMPLE



En la figura de la izquierda la tolerancia de posición para los agujeros es de 1.0; entonces ésta se expresará en un análisis como  $\pm 0.5$ .

Para las ranuras la tolerancia de posición es 0.8; en un análisis esta tolerancia se representará como  $\pm 0.4$

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS DE POSICIÓN: BONUS

### **BONUS**

Es la tolerancia de posición adicional ganada cuando ésta se especifica en MMC (o LMC) dentro del marco de control y la característica se ha fabricado en un tamaño diferente a MMC (o LMC).

Para una característica interna especificada en MMC, el bonus se calcula:

- Tamaño de la característica en LMC – Tamaño de la característica en MMC

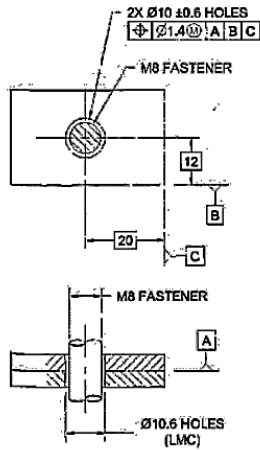
Para una característica externa especificada en MMC, el bonus se calcula:

- Tamaño de la característica en MMC – Tamaño de la característica en LMC

**El BONUS = Tolerancia de tamaño (no hay Bonus en RFS)**

## NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS DE POSICIÓN: CORRIMIENTO DEL ENSAMBLE



### CORRIMIENTO DEL ENSAMBLE

Movimiento de una pieza en el ensamble debido al juego existente entre un agujero de la pieza en su mayor diámetro posible (LMC) y un perno al menor diámetro posible (LMC).

Ejemplo; En el ensamble de dos placas mediante un perno, tenemos:

Para la placa superior:  
 Corrimiento del ensamble =  $10.6 - 8 = 2.6; \pm 1.3$   
 Error de Posición admisible =  $1.4; \pm 0.7$   
 Bonus =  $10.6 - 9.4 = 1.2; \pm 0.6$

Desalineamiento posible de la placa superior =  $\pm 2.6$

Para la placa inferior:  
 Corrimiento del ensamble =  $10.6 - 8 = 2.6; \pm 1.3$   
 Error de Posición admisible =  $1.4; \pm 0.7$   
 Bonus =  $10.6 - 9.4 = 1.2; \pm 0.6$

Desalineamiento posible de la placa inferior =  $\pm 2.6$

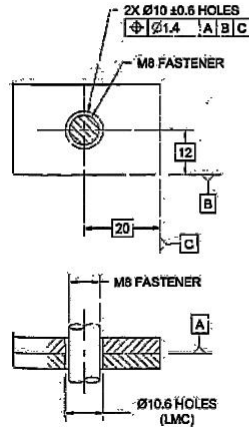
Desalineamiento TOTAL entre ambas placas =  $\pm 5.2$

70

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS DE POSICIÓN: CORRIMIENTO DEL ENSAMBLE

### Ejercicio



Calcular en la figura de la izquierda el juego total entre ambas placas ensambladas:

Para la placa superior:  
 Corrimiento del ensamble =  $10.6 - 8.0 = 2.6 = \pm 1.3$   
 Error de Posición admisible =  $\Phi 1.4 = \pm 0.7$   
 Bonus = 0.0

Desalineamiento posible de la placa superior =  $\pm 1.3 \pm 0.7 = \pm 2.0$

Para la placa inferior:  
 Corrimiento del ensamble =  $10.6 - 8.0 = 2.6 = \pm 1.3$   
 Error de Posición admisible =  $\Phi 1.4 = \pm 0.7$   
 Bonus = 0.0

Desalineamiento posible de la placa inferior =  $\pm 1.3 \pm 0.7 = \pm 2.0$

Desalineamiento TOTAL entre ambas placas =  $\pm 2.0 \pm 2.0 = \pm 4.0$

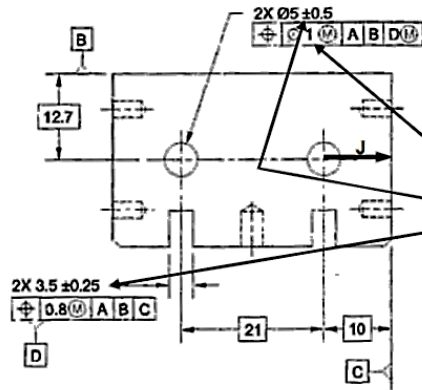
71

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS DE POSICIÓN: CORRIMIENTO DEL DATUM

### CORRIMIENTO DEL DATUM (Datum Shift)

Movimiento de una pieza en el ensamble debido al juego existente entre una característica de tamaño Datum de la pieza que se presenta en su tamaño LMC y el simulador de dicha característica datum que ha sido referida en el marco de control con el modificador  $(M)$ .



En el dibujo de la izquierda deseamos calcular la Distancia J;

Para el centro del agujero (derecho) se tiene:

Tolerancia de posición =  $\pm 0.5$   
 Bonus =  $\pm 0.5$   
 Corrimiento del Datum (D) =  
 Ancho de ranura en LMC - CV =  
 $3.75 - 2.45 = 1.3 = \pm 0.65$

Tolerancia total  
 $(\pm 0.5) + (\pm 0.5) + (\pm 0.65) =$   
 $\pm 1.65$

Resultado J =  $10 \pm 1.65$

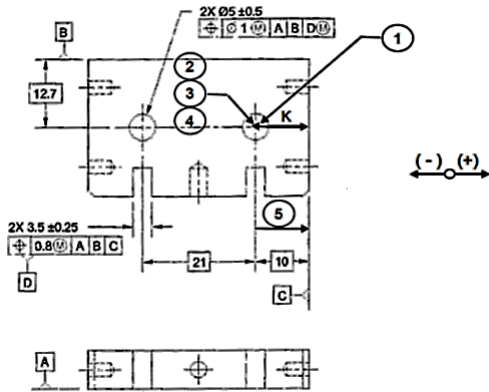
72

NOTAS:



## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS DE POSICIÓN: CORRIMIENTO DEL DATUM

Ejemplo: Calcular en el dibujo anexo, la distancia K entre el borde de agujero derecho y la superficie lateral derecha de la pieza.



# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1	-	-2.75	-	-	Distancia radial del perímetro al centro del agujero en LMC
2	1	-	-	0.50	0.25	Tolerancia de posición del agujero = $1 \pm 0.5$
3	1	-	-	0.50	0.25	Tolerancia Bonus del agujero = $\pm 0.5$
4	1	-	-	0.65	0.4225	Corrimiento del Datum D = $3.75 - 3.25 - 0.8 = 1.3 \pm 0.65$
5	1	10	-	-	-	Dimensión Básica
<b>totales</b>		10	-2.75	1.65	0.9225	
					RSS = 0.9604	
					RSS * 1.5 = 1.44	
	Distancia nominal	7.25		$\pm 1.65$	$\pm 1.44$	
	Dist. K Máx.		Dist. K	8.9	8.69	
	Dist. K Min.		Dist. K	5.6	5.81	73

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN COMPUESTAS

**Segmento Superior de marco de control**, Define el marco de referencia para la zona de tolerancia de posición que localiza, de forma básica, todo el patrón de características como una sola entidad. Este marco Superior deberá usarse cuando la localización del patrón de características afecta la distancia que está siendo analizada o cuando estén incluidas, en la cadena de análisis dimensional de la misma pieza, el patrón de características controlado por el marco de control compuesto y otra característica controlada con un marco de control diferente.

74

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN COMPUESTAS

**Segmento Inferior de marco de control.** Define el marco de referencia para la zona de tolerancia de posición que relaciona todas las características de un patrón entre ellas mismas, definiendo, de forma básica, la orientación, y localización de las características dentro del patrón. Este marco Inferior deberá usarse cuando la cadena de análisis dimensional únicamente incluye las características toleradas dentro del patrón de características y no incluye ninguna otra característica de la parte. El valor de la tolerancia de posición del marco inferior lo define la holgura entre el agujero en MMC y el perno en MMC.

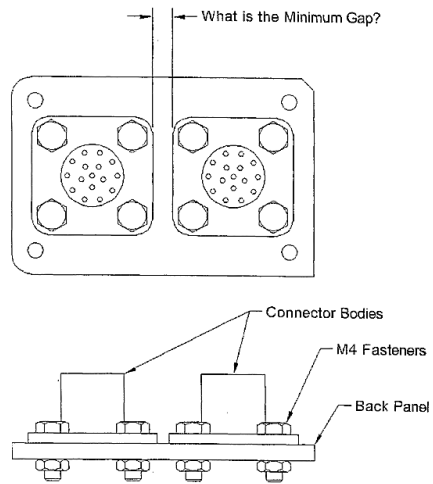
75

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN COMPUESTAS

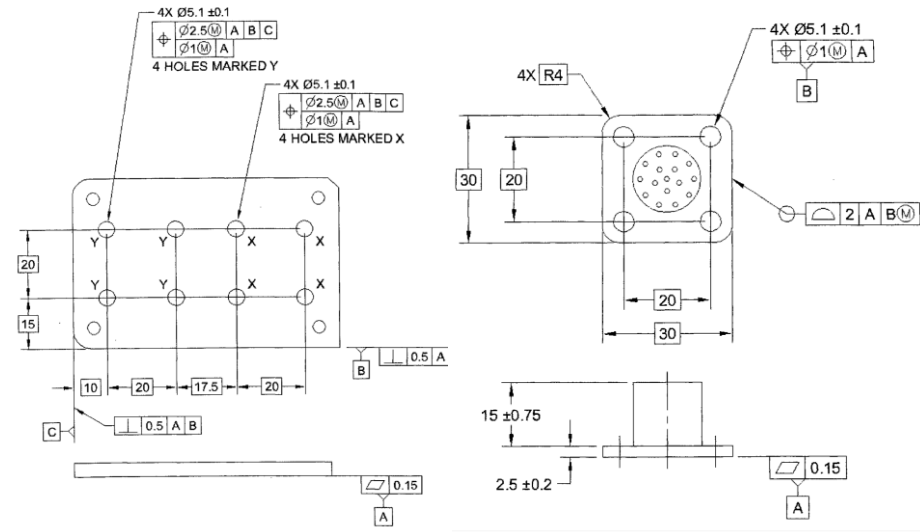
**Ejemplo 1:** Determinar la distancia entre ambas paredes de los dos conectores, del dibujo mostrado.

Los tornillos empleados para ensamblar los conectores a la placa base son de 4 mm.



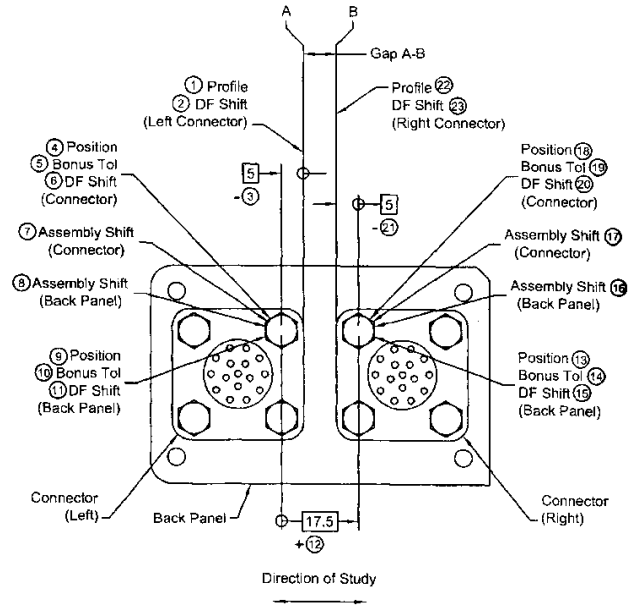
76

NOTAS:



77

NOTAS:



NOTAS:

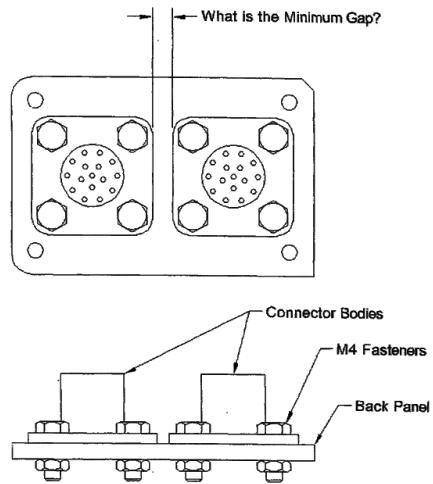
# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			1	1	Tolerancia de Perfil conector izquierdo
2	1			0.6	0.36	Corrimiento del datum: $(5.1+0.1-(5.1-0.1-1))=1.2 = \pm 0.6$
3	1		5	0	0	Borde del conector al datum B; conector izquierdo: $(30-20)/2 = 5$
4	1			0	0	Posición de agujeros datum B conector izq.: N/A
5	1			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B del conector izq: N/A
6	1			0	0	Corrimiento del datum agujero datum B: N/A
7	1			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble del conector izq.: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
8	2			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble de placa base: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
9	2			1.25	1.5625	Posición 4 agujeros "Y" en placa base@MMC (segmento superior)
10	2			0.1	0.01	Tolerancia Bonus agujero "Y" en placa base: $(0.1+0.1)/2=0.1$
11	2			0	0	Corrimiento del datum agujero "Y": N/A; A,B,C no son caract. de tamaño
12	2	17.5		0	0	Distancia entre centros agujeros "Y" hasta agujeros "X": Básica
13	2			1.25	1.5625	Posición 4 agujeros "X" en placa base@MMC (segmento superior)
14	2			0.1	0.01	Tolerancia Bonus agujero "X" en placa base: $(0.1+0.1)/2=0.1$
15	2			0	0	Corrimiento del datum agujero "X": N/A; A,B,C no son caract. de tamaño
16	2			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble de placa base: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
17	3			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble del conector der.: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
18	3			0	0	Posición de agujeros datum B conector der.: N/A
19	3			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B del conector der.: N/A
20	3			0	0	Corrimiento del datum agujero datum B: N/A
21	3		5	0	0	Borde del conector al datum B; conector derecho: $(30-20)/2 = 5$
22	3			1	1	Tolerancia de Perfil conector derecho
23	3			0.6	0.36	Corrimiento del datum: $(5.1+0.1-(5.1-0.1-1))=1.2 = \pm 0.6$
<b>totales</b>		17.5	10	8.3	7.305	
				RSS =	2.7028	
				RSS * 1.5 =	4.0542	
		Distancia nominal	7.5	±8.3	±4.0542	
		Dist. Máx.		15.8	11.5542	
		Dist. Min.		-0.8	3.4458	

79

## NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN COMPUESTAS

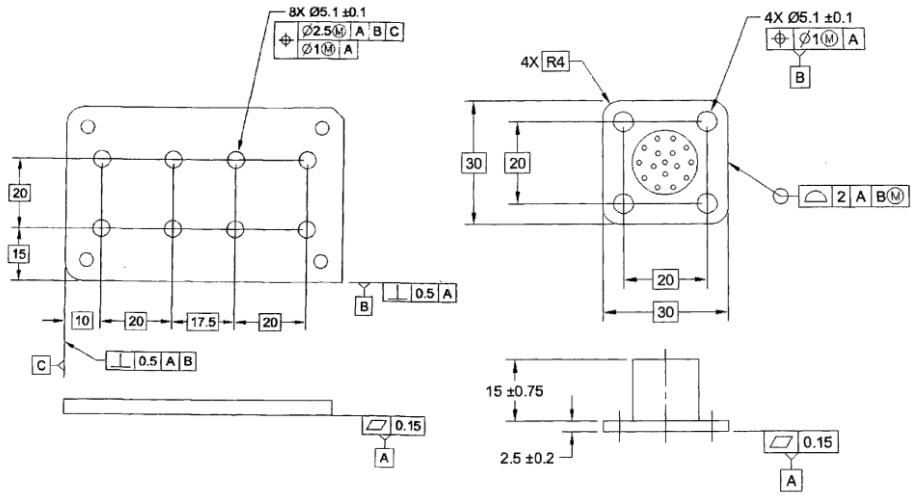
**Ejemplo 2:** Determinar la distancia entre ambos conectores. Los dibujos de la placa base y la brida de ensamble de los conectores son los siguientes:



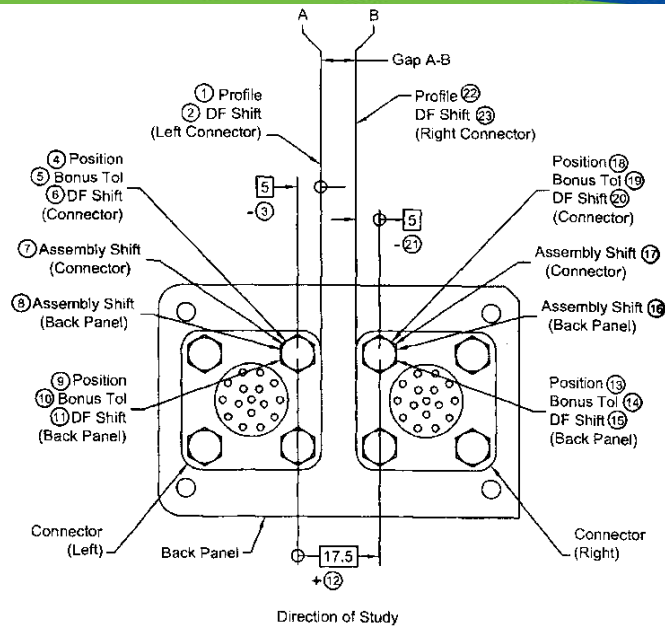
80

NOTAS:





NOTAS:



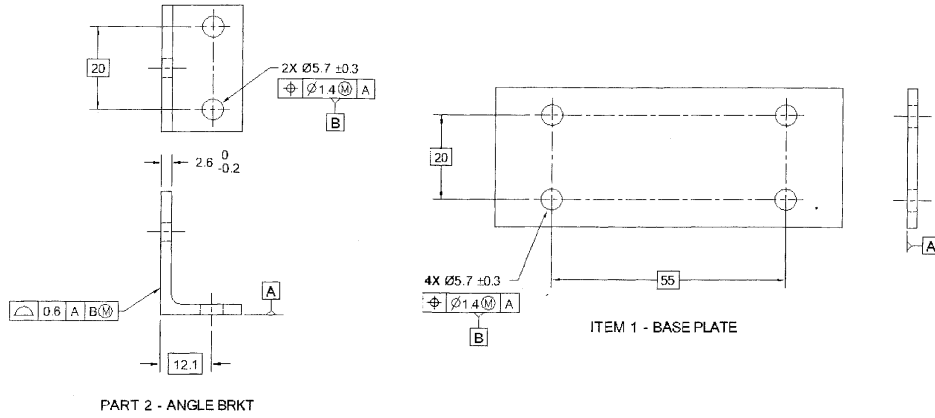
NOTAS:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			1	1	Tolerancia de Perfil conector izquierdo
2	1			0.6	0.36	Corrimiento del datum: $(5.1+0.1-(5.1-0.1-1))=1.2 = \pm 0.6$
3	1		5	0	0	Borde del conector al datum B; conector izquierdo: $(30-20)/2 = 5$
4	1			0	0	Posición de agujeros datum B conector izq.: N/A
5	1			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B del conector izq: N/A
6	1			0	0	Corrimiento del datum agujero datum B: N/A
7	1			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble del conector izq.: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
8	2			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble de placa base: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
9	2			0.5	0.25	Posición agujero en placa base@MMC (segmento inferior)
10	2			0.1	0.01	Tolerancia Bonus agujero "Y" en placa base: $(0.1+0.1)/2=0.1$
11	2			0	0	Corrimiento del datum agujero "Y":N/A; A,B,C no son caract. de tamaño
12	2	17.5		0	0	Distancia entre centros agujeros "Y" hasta agujeros "X": Básica
13	2			0.5	0.25	Posición agujero en placa base@MMC (segmento inferior)
14	2			0.1	0.01	Tolerancia Bonus agujero "X" en placa base: $(0.1+0.1)/2=0.1$
15	2			0	0	Corrimiento del datum agujero "X":N/A; A,B,C no son caract. de tamaño
16	2			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble de placa base: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
17	3			0.6	0.36	Corrimiento del ensamble del conector der.: $((5.1+0.1)-4)=1.2=\pm 0.6$
18	3			0	0	Posición de agujeros datum B conector der.: N/A
19	3			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B del conector der.: N/A
20	3			0	0	Corrimiento del datum agujero datum B: N/A
21	3		5	0	0	Borde del conector al datum B; conector derecho: $(30-20)/2 = 5$
22	3			1	1	Tolerancia de Perfil conector derecho
23	3			0.6	0.36	Corrimiento del datum: $(5.1+0.1-(5.1-0.1-1))=1.2 = \pm 0.6$
<b>totales</b>		17.5	10	6.8	4.68	
				RSS =	2.1633	
				RSS * 1.5 =	3.2450	
		Distancia nominal	7.5	±6.8	±3.2450	
			Dist. Máx.	14.3	10.745	
			Dist. Min.	0.7	4.255	

83

NOTAS:

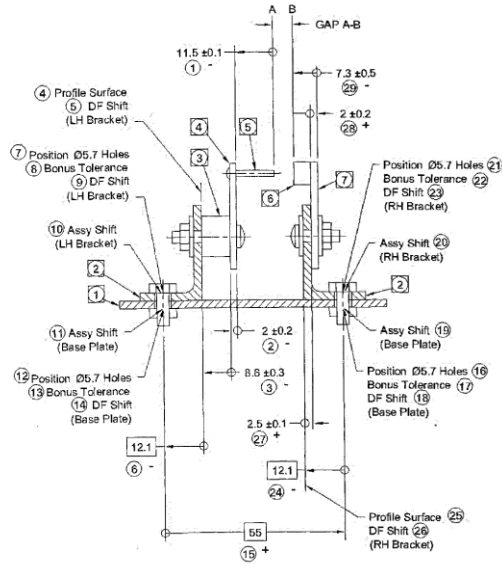
## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA UN ENSAMBLE



84

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA UN ENSAMBLE



85

NOTAS:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	5		11.5	0.1	0.01	Dim: longitud del perno
2	4		2	0.2	0.04	Dim: espesor placa izquierda
3	3		8.6	0.3	0.09	Espesor del separador
4	2			0.3	0.09	Tolerancia de perfil de la cara del ángulo izq.
5	2			1	1	Corrimiento del datum para tol. Perfil: ((5.7+0.3)-(5.7-0.3-1.4))=2= ±1
6	2		12.1	0	0	Dim Básica: cara del ángulo – línea. Centros aguj. sop.izq.
7	2			0	0	Posición agujero datum B sop. Izq: N/A
8	2			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B sop. Izq: N/A
9	2			0	0	Corrimiento del datum agujero izq: N/A
10	2			1	1	Corrimiento del ensamble aguj. Sop. Izq: (6-4)=2 = ±1
11	1			1	1	Corrimiento del ensamble aguj. izq. base: (6-4)=2 = ±1
12	1			0.7	0.49	Posición agujero izq. Placa base
13	1			0.3	0.09	Tolerancia Bonus agujero izq. Placa base
14	1			0	0	Corrimiento del datum agujero izq: N/A, A no es Car. de Tamaño
15	1	55		0	0	Dim Básica: dist. Centros agujeros de la base
16	1			0.7	0.49	Posición agujero der. Placa base
17	1			0.3	0.09	Tolerancia Bonus agujero der. Placa base
18	1			0	0	Corrimiento del datum agujero der: N/A, A no es Car. de Tamaño
19	1			1	1	Corrimiento del ensamble aguj. Derecho Base: (6-4)=2 = ±1
20	2			1	1	Corrimiento del ensamble aguj. Sop. derecho: (6-4)=2 = ±1
21	2			0	0	Posición agujero datum B sop. derecho: N/A
22	2			0	0	Tolerancia Bonus agujero datum B sop. derecho: N/A
23	2			0	0	Corrimiento del datum agujero derecho: N/A
24	2		12.1	0	0	Dim Básica: cara del ángulo – línea. Centros aguj. sop.derecho
25	2			0.3	0.09	Tolerancia de perfil de la cara del ángulo derecho
26	2			1	1	Corrimiento del datum para tol. Perfil: ((5.7+0.3)-(5.7-0.3-1.4))=2= ±1
27	2	2.5		0.1	0.01	Espesor de brida del ángulo derecho
28	7	2		0.2	0.04	Espesor de placa lado derecho
29	6 y 7		7.3	0.5	0.25	Espesor de placa y mamelón lado derecho
totales		59.5	53.6	10.0	7.78	
					RSS =	2.79
					RSS * 1.5 =	4.18
Distancia nominal		5.9	±10	±4.18		
		Dist. Máx.	15.9	10.08		
		Dist. Mín.	-4.1	1.72		

86

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SIMULTÁNEO

**Requerimiento Simultáneo.** Cuando varios patrones de características tienen el mismo marco de referencia datum (Misma secuencia y misma condición de material para los datums), por omisión de alguna indicación, se aplica el criterio de que la tolerancia geométrica de todas las características que comparten el mismo marco de referencia se deben cumplir simultáneamente, es decir, se evalúan todas juntas en un mismo montaje sin permitir ajustes entre ellas mismas.

87

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SIMULTÁNEO

### Requerimiento Simultáneo

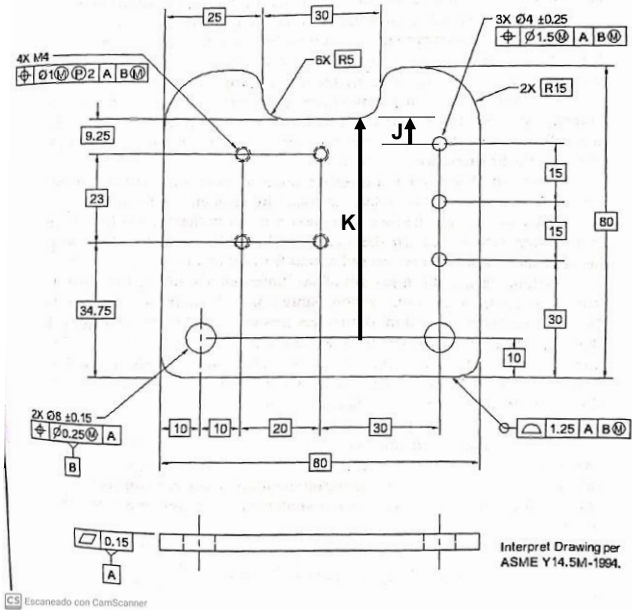
Cuando se hace un análisis de tolerancias que involucran varias características que comparten el mismo marco de referencia, pero las características datum referenciadas en  $\textcircled{M}$  (o  $\textcircled{L}$ ) dentro del marco de referencia NO forman parte de la cadena de cotas del análisis de tolerancias, entonces el corrimiento del Datum NO se incluye en el análisis de tolerancias.

Cuando se hace un análisis de tolerancias que involucran varias características que comparten el mismo marco de referencia, y las características datum referenciadas en  $\textcircled{M}$  (o  $\textcircled{L}$ ) dentro del marco de referencia SI forman parte de la cadena de cotas del análisis de tolerancias, entonces el corrimiento del Datum SI se incluye en el análisis de tolerancias.

88

NOTAS:





NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SIMULTÁNEO

Para la distancia K:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.0	Tolerancia de posición agujero datum B (N/A)
2	1	0.0	0.0	0.0	Bonus agujero Datum B (N/A)
3	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B (N/A)
4	1	0.0	10.0	0.0	Distancia Básica a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.0	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	67.0	0.0	0.0	Distancia Básica de cara inferior a cara interna resaque Sup.
8	1	0.0	0.0	0.625	Perfil de superficie, cara interna del resaque superior
9	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil
<b>totales</b>		+ 67.0	- 10.0	±0.900	Kmax = 57.900; Kmin = 56.100

90

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SIMULTÁNEO

Para la distancia J:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.75	Tolerancia de posición agujero superior $\phi 4 \pm 0.25$
2	1	0.0	0.0	0.25	Bonus agujero superior $\phi 4 \pm 0.25$
3	1	0.0	0.0	0.00	Corrimiento del Datum B (N/A)
4	1	0.0	60.0	0.00	Distancia Básica a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.00	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.00	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	67.0	0.0	0.00	Distancia Básica de cara inferior a cara interna resaque Sup.
8	1	0.0	0.0	0.625	Perfil de superficie, cara interna del resaque superior
9	1	0.0	0.0	0.00	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
<b>totales</b>		+ 67.0	- 60.0	1.625	Jmax = 8.625; Jmin = 5.375

91

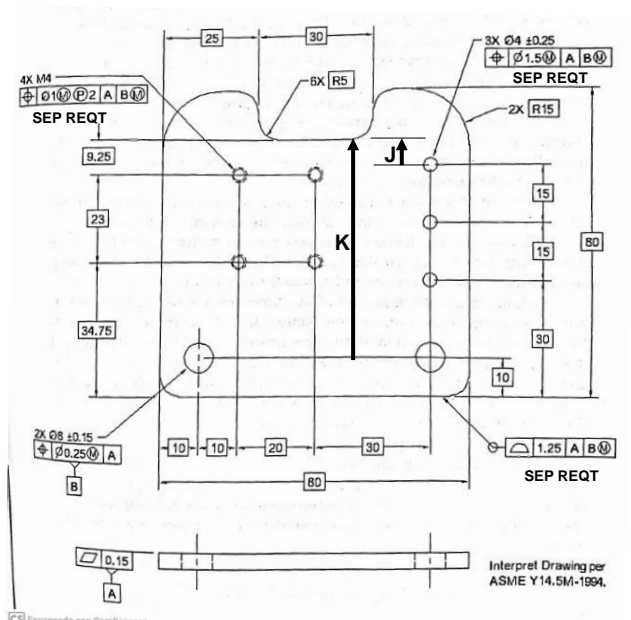
NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SEPARADO

**Requerimiento Separado**, Cuando varios patrones de características tienen el mismo marco de referencia datum (Misma secuencia y misma condición de material para los datums), y se indica la nota “SEP REQ” debajo de cada marco de control que comparten el mismo patrón de referencia datum, se aplica el criterio de que la tolerancia geométrica de todas las características que comparten el mismo marco de referencia se deben cumplir de manera separada, es decir, se evalúa cada marco de control independientemente cada uno de ellos ente sí. En este caso se debe tomar en cuenta el corrimiento de datum para cada marco de control evaluado aunque todos los marcos de control evaluados compartan el mismo marco de referencia

92

NOTAS:



NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SEPARADO

Para la distancia K:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.0	Tolerancia de posición agujero datum B (N/A)
2	1	0.0	0.0	0.0	Bonus agujero Datum B (N/A)
3	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B (N/A)
4	1	0.0	10.0	0.0	Distancia Básica a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.0	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	67.0	0.0	0.0	Distancia Básica de cara inferior a cara interna resaque Sup.
8	1	0.0	0.0	0.625	Perfil de superficie, cara interna del resaque superior
9	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil
<b>totales</b>		<b>+67.0</b>	<b>-10.0</b>	<b>±0.900</b>	<b>K max = 57.900; K min = 56.100</b>

94

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN REQUERIMIENTO SEPARADO

Para la distancia J:

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.75	Tolerancia de posición agujero superior $\phi 4 \pm 0.25$
2	1	0.0	0.0	0.25	Bonus agujero superior $\phi 4 \pm 0.25$
3	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B
4	1	0.0	60.0	0.000	Distancia Básica a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.000	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.000	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	67.0	0.0	0.000	Distancia Básica de cara inferior a cara interna resaque Sup.
8	1	0.0	0.0	0.625	Perfil de superficie, cara interna del resaque superior
9	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
<b>totales</b>		+ 67.0	- 60.0	± 2.175	Jmax = 9.175; Jmin = 4.825

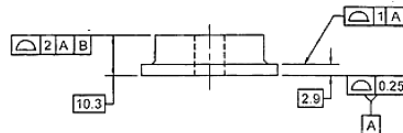
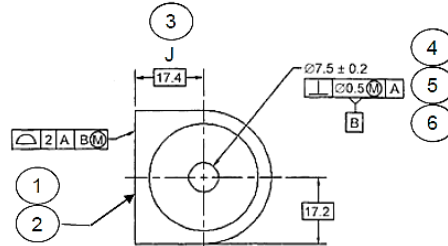
95

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Resolver los siguientes problemas de análisis dimensional.**

Calcula la distancia J entre la superficie izquierda y el agujero central



96

NOTAS:



## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol $\pm$	Descripción
1	1	0.0	0.0	1.0	Tolerancia de perfil, superficie izquierda
2	2	0.0	0.0	0.45	Corrimiento en el datum B
3	3	17.4	0.0	0.0	Dimensión básica
4	4	0.0	0.0	0.0	Tolerancia de posición del agujero (N/A)
5	5	0.0	0.0	0.0	Bonus de agujero derecho (N/A)
6	6	0.0	0.0	0.0	Corrimiento en el datum A (N/A)
<b>totales</b>		17.4	0.0	$\pm 1.45$	$J_{max} = 17.85$ ; $J_{min} = 16.95$

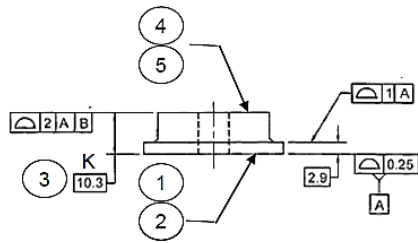
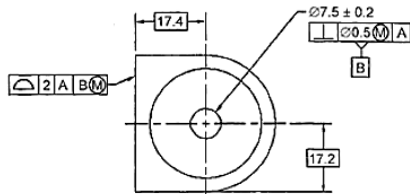
97

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Resolver los siguientes problemas de análisis dimensional.**

Calcula la distancia K entre la superficie inferior y la superficie superior



98

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

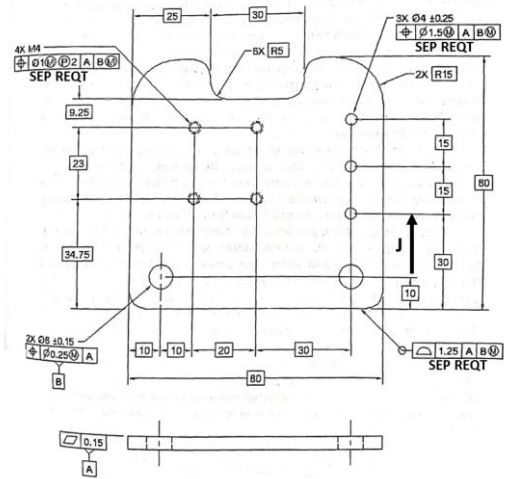
# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol $\pm$	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.125	Tolerancia de perfil, superficie inferior
2	2	0.0	0.0	0.0	Corrimiento en el datum Superficie Inferior (N/A)
3	3	10.3	0.0	0.0	Dimensión básica
4	4	0.0	0.0	1.0	Tolerancia de perfil superficie superior
5	5	0.0	0.0	0.0	Corrimiento en el datum Superficie superior (N/A)
<b>totales</b>		10.3	0.0	$\pm 1.125$	K max = 11.425; K min = 9.175

99

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Resolver los siguientes problemas de análisis dimensional.**  
 Calcula la distancia J (Requerimiento separado):



100

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol $\pm$	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.0	Tolerancia de posición agujero Datum (N/A)
2	1	0.0	0.0	0.0	Bonus agujero Datum (N/A)
3	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B (N/A)
4	1	0.0	10.0	0.0	Distancia Básica del Datum B a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.0	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	30.0	0.0	0.0	Distancia Básica de cara inferior al agujero de $\phi$ 4
8	1	0.0	0.0	0.750	Tolerancia de posición agujero de $\phi$ 4
9	1	0.0	0.0	0.250	Bonus agujero de $\phi$ 4
10	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B para el agujero $\phi$ 4
<b>totales</b>		+ 30.0	-10.0	$\pm 1.275$	J max = 21.275; J min = 18.725

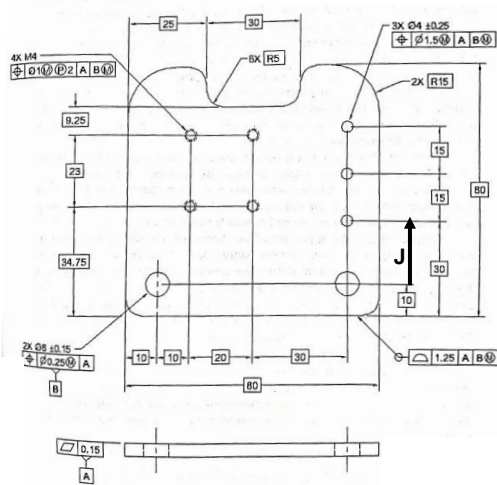
101

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

**Resolver los siguientes problemas de análisis dimensional.**

Calcula la distancia J (Requerimiento simultáneo):



102

NOTAS:

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

# Elemento	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol $\pm$	Descripción
1	1	0.0	0.0	0.0	Tolerancia de posición agujero Datum (N/A)
2	1	0.0	0.0	0.0	Bonus agujero Datum (N/A)
3	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B (N/A)
4	1	0.0	10.0	0.0	Distancia Básica del Datum B a la cara inferior de la pieza
5	1	0.0	0.0	0.0	Perfil de superficie, cara inferior (N/A)
6	1	0.0	0.0	0.0	Corrimiento del Datum B sobre tolerancia de perfil (N/A)
7	1	30.0	0.0	0.0	Distancia Básica de cara inferior al agujero de $\phi$ 4
8	1	0.0	0.0	0.750	Tolerancia de posición agujero de $\phi$ 4
9	1	0.0	0.0	0.250	Bonus agujero de $\phi$ 4
10	1	0.0	0.0	0.275	Corrimiento del Datum B para el agujero $\phi$ 4
<b>totales</b>		+ 30.0	-10.0	$\pm 1.275$	J max = 21.275; J min = 18.725

103

NOTAS:

## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PROBLEMA INVERSO

El problema inverso del análisis de tolerancias es determinar las tolerancias de los componentes cuando se conoce la condición funcional de la parte o tolerancia final requerida del ensamble.

Se debe hacer una tabla de análisis de la cadena funcional, repartiendo las tolerancias para cada componente de forma que sean compatibles con la capacidad de cada proceso de fabricación, tomando la tolerancia de una dimensión como base y las tolerancias restantes, de forma proporcional a la primera.

Otra forma de hacer el análisis es suponiendo que los componentes tienen la misma tolerancia, entonces para  $n$  componentes, la tolerancia de cada uno de ellos será:

$$PT = \frac{TOL}{ADJ\sqrt{n}}$$

Donde:

PT = Tolerancia de cada parte que conforma el ensamble

TOL = tolerancia final de todo el ensamble

ADJ = factor 1.5 de ajuste para RSS

$n$  = número de elementos de la cadena funcional.

104

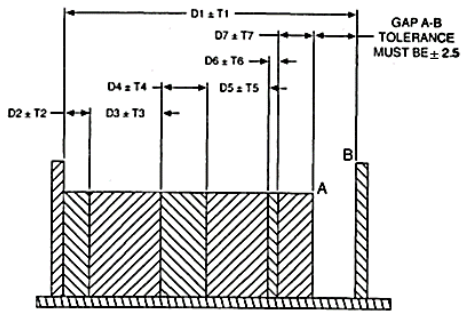
NOTAS:



## ANÁLISIS DE TOLERANCIAS PROBLEMA INVERSO

### Ejemplo, análisis funcional, problema inverso.

6 piezas se ensamblan de forma contigua, una con respecto a la otra. Todas ellas deben de caber dentro de una cavidad D1. Se desea al final una holgura con una tolerancia  $\pm 2.5$  mm. Las tolerancias de las piezas internas son iguales. Calcula su valor.



$$PT = \frac{TOL}{ADJ\sqrt{n}} = \frac{2.5}{1.5\sqrt{7}} = 0.6299$$

# Dimensión	# Parte	Distancia +	Distancia -	Tol ±	[Tol ±] <sup>2</sup>	Descripción
1	1			0.6299	0.3968	Dim 1
2	2			0.6299	0.3968	Dim 2
3	3			0.6299	0.3968	Dim 3
4	4			0.6299	0.3968	Dim 4
5	5			0.6299	0.3968	Dim 5
6	6			0.6299	0.3968	Dim 6
7	7			0.6299	0.3968	Dim 7
<b>totales</b>				$\pm 4.4095$	$\pm 2.7777$	
				<b>RSS</b>	$\pm 1.6666$	
				<b>1.5*RSS</b>	$\pm 2.5$	

105

NOTAS: