

## Bloques prismáticos de control

### 1) Descripción y aplicaciones

Los bloques prismáticos de control son patrones de longitud, también denominados galgas, calas, etc. Su forma más utilizada es la prismática rectangular. También se han utilizado los de sección cilíndrica, anular y cuadrada, que actualmente no se fabrican.

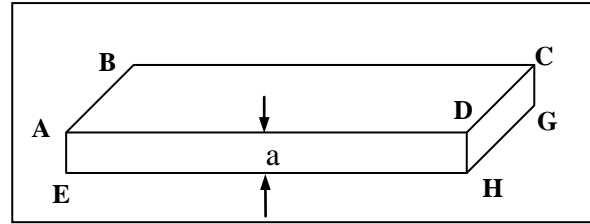


Figura 1

Las caras de trabajo están constituidas por los planos ABCD y EFGH como indica la figura 1. La cota “a” entre las caras de trabajo representa la medida nominal del bloque.

Johansson fue quien los introdujo en la metrología dimensional moderna, constituyendo uno de los pilares fundamentales del progreso tecnológico sobre los que descansa el adelanto industrial. En efecto, supongamos que la precisión contenida en una vitrina de Sevres estuviera al alcance de las posibilidades económicas de un modesto taller, o supongamos que aquellas dos marcas grabadas en un prisma de platino iridio a una rígida distancia de aproximadamente un metro, pudieran, al influjo de nuestra voluntad, adoptar cualquier posición para brindarnos con la misma precisión del metro internacional, la más caprichosa medida de referencia que pudiera ocurrírse nos y tendremos una idea bastante real de la función que cumple esta herramienta de medida.

Su aplicación se extiende desde la puesta a punto de comparadores y amplificadores, el contraste de todos los instrumentos de medida, inclusive el posicionado preciso de herramientas de corte en procesos de maquinado. La disponibilidad comercial es muy variada, desde juegos de pocas piezas hasta mas de un centenar.

La técnica para formar combinaciones con bloques patrón, consiste en comenzar con la fracción decimal más pequeña para seguir en orden ascendente hasta el entero mayor. Veamos dos juegos estándar de la casa Cary.

Juego N° 880 (métrico)		Juego N° 820 (en pulgadas)	
Progresión	Cantidad	Progresión	Cantidad
1,0005	1	0,10005	1
1,001 – 1,009	9	0,1001 – 0,1009	9
1,01 – 1,49	49	0,101 – 0,149	49
0,5 – 9,5	19	0,5 – 0,95	19
10 – 20 ... 100	10	1 – 4	4
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>Total</b>	<b>82</b>

Por ejemplo para formar las combinaciones 184,7985 mm y 3,83945 pulgadas es:

Se observa que con el juego métrico es posible formar cualquier medida de cinco en cinco diezmilésimos de mm., de modo que hasta 200 mm podrían tenerse unas 400.000 medidas diferentes.

1,0005	
1,008	0,10005
1,29	0,1004
1,5	0,139
80	0,5
100	3
<b>184,7985</b>	<b>3,83945</b>

En algunos juegos se proveen un par de bloques para prevenir el desgaste, que son colocados en los extremos de la combinación formada. Por lo general estos bloques son de metal duro (carburos sinterizados) y su medida es de 1 o 2 mm.

Un juego con mayor cantidad de piezas, permite formar mayor cantidad de combinaciones, y a su vez repartir mejor el desgaste, ya que las combinaciones se pueden obtener con diferentes piezas. Esto resulta ventajoso en muchas industrias donde las medidas tienden a repetirse, quedando inutilizados juegos con regular número de piezas intactas.

Las aptitudes y ventajas de los bloques, para la utilización práctica, son:

- Se adaptan perfectamente a muchísimos controles dimensionales en la industria, sobre mármoles, mediciones directas de interior, control de piezas por comparación (espesores), verificación de calibres de límites (pasa-no pasa), control y reglaje de instrumentos de medición, controles y trazados en el taller, puesta a punto de máquinas y utilajes, etc.
- Con pocos accesorios y algunos instrumentos poco costosos se pueden realizar combinaciones muy variadas para la medición en laboratorio y en el taller.
- Su verificación es relativamente simple, por comparación con los bloques patrón de una caja patrón de mayor precisión, debidamente verificada, empleando un cristal plano paralelo (ver interferometría). Existen también equipos específicos para la calibración de bloques (Mahr, Brown & Sharpe). (cabe aclarar que una verificación solo tiene validez metrológica legal si es efectuada por un laboratorio de calibración habilitado).

La terminación superficial de las caras de trabajo es extrafina, obtenida por el proceso de lapidado, de tipo especular, y la distancia entre ellas corresponde al valor de la medida patrón grabada en una de sus caras. Las superficies de medición son rectangulares, de 30 por 9 mm hasta longitudes de 10 mm y de 35 por 9 mm para longitudes mayores.

Dado el finísimo acabado superficial, la cohesión molecular que se obtiene entre las caras de trabajo de dos bloques puede dar origen a una fuerza de más de 120 kg para separarlos, lo que da lugar a una fuerza de adherencia del orden de los 40 kg/cm<sup>2</sup>.

Pueden reemplazar en muchos casos a costosas máquinas o instrumentos de medición, pero su uso requiere cierta práctica y destreza.

**2) Requerimientos que determinan la calidad del bloque:** deben satisfacer los siguientes requisitos:

- 2.1- Precisión de planedad de las caras de trabajo
- 2.2- Precisión de paralelismo entre las caras de trabajo.
- 2.3- Precisión de longitud.
- 2.4- Terminación superficial.
- 2.5- Estabilidad dimensional.
- 2.6- Dureza.

**2.1-2.2-2.3 - Precisión de planedad, paralelismo y longitud:**

Estas tres condiciones deben computarse estrictamente en pro de la precisión dimensional y requieren una técnica de fabricación especializada, estando implícito en ello el factor económico. La terminación se hace luego del tratamiento térmico, por rectificación seguido de un lapidado plano, trabajando simultáneamente varias piezas de la misma dimensión.

La planedad tiene cierta vinculación con la adherencia, característica fundamental a tener en cuenta para el manejo de los bloques y que permite la unión de varias piezas facilitando así su empleo. Una combinación de bloques correctamente adheridos puede auto-soportarse si es sostenida desde un extremo. La extrema proximidad de las caras de ambas piezas, lograda por la planedad y el acabado superficial, dan lugar a la aparición de fuerzas cohesivas de atracción producto de la interacción molecular. Lo anterior es corroborado por el hecho que si se dejan dos bloques adheridos cierto tiempo, se produce entre ellos un fenómeno de soldadura fría. Un bloque grueso que por deterioro o defecto en su fabricación tenga una distorsión de planedad mayor a 0,25µm dejará de adherirse. Un bloque delgado en cambio, puede llegar a compensar tal distorsión al flexionarse y adaptarse para adherirse sin ser exactamente plano.

La longitud de un bloque “A” está definida por la distancia “a” entre dos caras de referencia planas, figura 2, una de las cuales es la superficie de un cuerpo auxiliar “B” sobre la cual el bloque adhiere perfectamente sobre por una cara y la otra es la cara libre del bloque patrón.

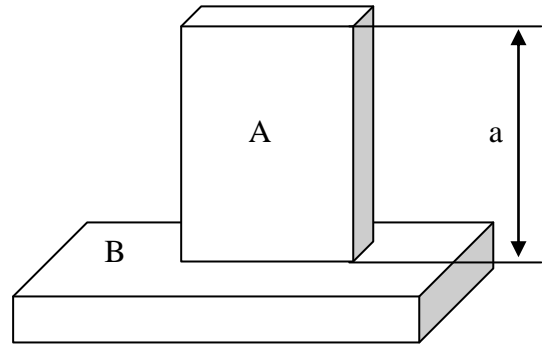


Figura 2

Las diferencias de paralelismo en cualquier punto, son las discrepancias entre la medida real en ese punto y la de la mediana.

La razón por la cual se define así la longitud de un bloque, tiene origen en el método de medición absoluta de estas piezas, que se lleva a cabo por interferometría sin hacer contacto con las superficies, por lo que error tiende a cero, obteniendo un valor más exacto de sus dimensiones y del grado de planedad. Si se definiera como la distancia obtenida entre las dos caras de trabajo, el error provocado por la deformación elástica, al actuar la fuerza de medición de los palpadores sería igual a  $2e$ , siendo  $e$  la deformación elástica producida. Para tener una idea del grado de precisión alcanzado en juegos de bloques comerciales, se adjunta la siguiente tabla con las expresiones que dan las tolerancias a que se ajusta la marca Cary de Suiza.

Calidades y Tolerancias CARY (Suiza)		
CALIDAD	TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIA (pulg)
EXTRA (equiv. DIN 1)	$\pm (0,2 \mu\text{m} + L(\text{mm})/200.000)$	$\pm (0,000008'' + L('')/200.000)$
SUPER (equiv. DIN 0)	$\pm (0,1 \mu\text{m} + L(\text{mm})/500.000)$	$\pm (0,000004'' + L('')/500.000)$
LUX (sin equiv. DIN)	$\pm (0,05 \mu\text{m} + L(\text{mm})/1.000.000)$	

La figura 3 muestra un diagrama de tolerancias de la fábrica Johansson de Suecia.

La suma de las distorsiones de planedad, paralelismo y longitud es menor que la tolerancia de fabricación correspondiente a determinada calidad y longitud.

Existen tres grados de precisión para los bloques, estableciendo la Johansson, 5 precisiones distintas: la AA; la A; la B; la C; y la W. La primera es la más precisa que se conoce y es utilizada en laboratorios y gabinetes científicos (patrones para interferometría).

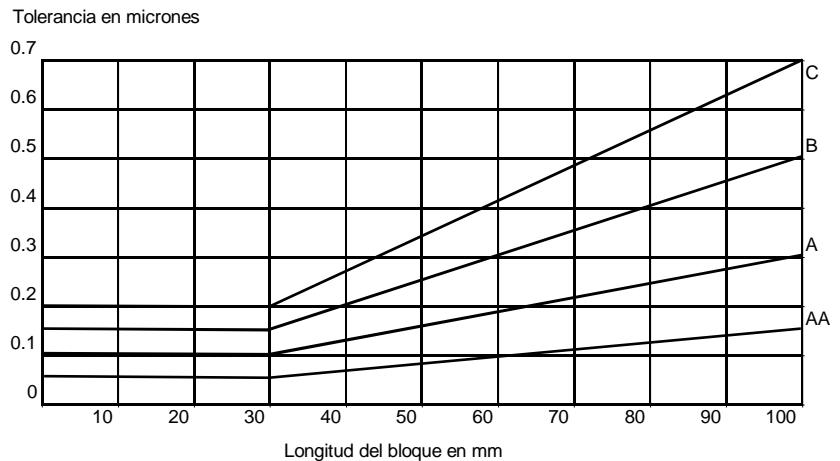


Figura 3

La A para controles y mediciones de calibres, instrumentos de medición, verificadores, etc., en laboratorios de metrología. La B para el control de calibres de menor precisión y de herramientas. La C para el taller, en puestas a punto, trabajo de ajustadores, etc. La W para trabajos donde no es necesaria la calidad C (no indicada en la figura 3).

La tolerancia de fabricación varía en función de la calidad y medida del bloque, desde  $\pm 0,05 \mu\text{m}$  para calidad AA en un rango de medida desde 0-25 hasta  $+8,0 \mu\text{m} - 3,0 \mu\text{m}$  para la calidad W en un rango de medidas de 900 a 1000.

## 2.4 - Terminación superficial.

Al igual que la planedad, la terminación superficial debe hallarse por debajo de cierto valor límite, que medido según el parámetro de rugosidad superficial RMS (o rugosidad media cuadrática, también llamado Rq) es de 4  $\mu$ pulg, a fin de posibilitar la adherencia.

La terminación superficial también influye en el desgaste producido por el uso, siendo en estos casos el valor límite de 0,4  $\mu$ pulg, es decir, muy por debajo del requerido para la adherencia, valor fijado para los bloques de la fábrica DO-ALL.

Es ilustrativa en este sentido, la experiencia llevada a cabo en el National Physical Laboratory (USA), en la que se tomaron dos combinaciones A y B formadas por:

A: 8 bloques de  $\frac{1}{4}$ "c/u, total 2", de terminación grosera aunque capaces de adherirse (RMS  $\approx$  4  $\mu$ pulg)

B: 8 bloques de  $\frac{1}{4}$ "c/u, total 2", de terminación fina (RMS  $\approx$  0.4  $\mu$ pulg).

Doscientas veces fueron integradas cada una de las combinaciones por adherencias de los bloques y midiendo cada tanto el desgaste por comparación con un patrón de 2". La progresión del desgaste, en función del N° de adherencias puede apreciarse en la figura 4, observándose que para 200 adherencias, el desgaste del grupo A alcanza el valor de 42  $\mu$ pulg con tendencia a seguir aumentando. Por su parte, el desgaste en el grupo B es de 14  $\mu$ pulg para 100 adherencias, estabilizándose en ese valor.

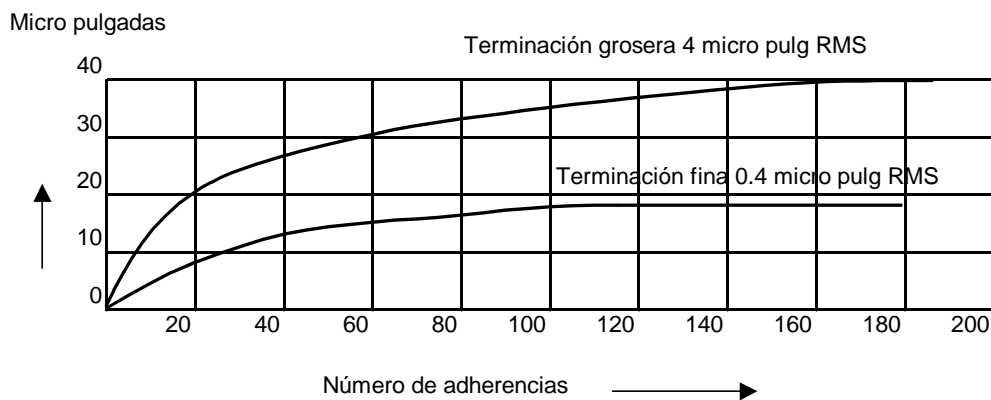


Figura 4

## 2.5 - Estabilidad dimensional.

Es la ausencia de variaciones, en el tiempo, de las dimensiones y forma de los bloques. De ello van a depender las cualidades estructurales del material empleado para el bloque, su composición química y tratamiento térmico. El material normalmente empleado es un acero de alto carbono, con un tratamiento térmico de temple con calentamiento uniforme a la temperatura de austenización seguido de un enfriamiento a velocidad superior a la crítica a fin de lograr la total transformación de la austenita en martensita. Posteriormente se le efectúa un revenido para aliviar las tensiones producidas en el temple.

Si luego del tratamiento térmico queda austenita retenida, con el transcurso del tiempo y bajo la influencia de variaciones climáticas de temperatura, la austenita retenida se transforma en martensita, lo que origina aumento de volumen. Esto además trae aparejado la aparición de nuevas tensiones residuales, por cuanto, si el cambio de fase no se produce antes de la terminación del bloque, la variación dimensional altera la precisión del mismo.

El American Bureau Standard (ABS) propone el siguiente ciclo de tratamiento térmico de envejecimiento artificial para aceros con tendencia a retener austenita:

- Enfriamiento a  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2 a 6 horas.
- Calentamiento a temperatura ambiente.
- Calentamiento entre  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas.

Este ciclo se repite de 2 a 6 veces según el grado de estabilización requerido. El calentamiento tiene por objeto revenir la martensita obtenida en cada enfriamiento y eliminar las tensiones originadas por los cambios de volumen.

La variación dimensional admisible según el ABS no debe ser mayor que  $2\text{ }\mu\text{pulg}$  por pulgada de longitud del bloque. El envejecimiento se hace luego de mecanizar las piezas dejando un exceso de 1 mm, de templearlas y revenirlas a 65 a 68 Rc, y de rectificar todas sus caras dejando terminadas las secundarias y una demasía de 0,02 mm en las de medición para su posterior terminado.

Luego de envejecidas, se las almacena durante varios meses antes de ser terminadas. La terminación se hace por lapidados sucesivos, por lo general cuatro, mediante polvos abrasivos de grano cada vez más finos, empleando fluido de corte, con baja velocidad de corte, de modo que no se introduzcan nuevas tensiones residuales.

## 2.6 - Dureza.

Así como la terminación superficial tiene notoria influencia para conferir al bloque cualidad anti-desgaste, en este sentido la dureza es una propiedad aun más importante.

El tratamiento térmico de estabilización debe ser rígidamente controlado cuidando que la dureza no se reduzca a un punto peligroso.

La dureza requerida como mínimo para obtener un satisfactorio comportamiento ante el desgaste es de 65 Rc. La transformación de la austenita retenida en martensita durante el proceso de estabilización contribuye en este sentido.

Por lo general el material empleado es un acero de alto carbono y baja aleación. A título de ejemplo se cita la composición de los bloques “DO-ALL” que corresponde a la de un acero SAE 52100 con: C: 0,9541,10%; Mn: 0,3040,50%; P: 0,025%; S: 0,025%; Si: 0,2040,35%; Cr:1,241,5%.

Los bloques se templean calentándolos a  $840\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos a 3 horas para luego enfriarlos en un baño de aceite a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El revenido se realiza calentando 1 hora en otro baño de aceite a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  seguido de enfriamiento al aire.

## 3) Técnica del manejo y mantenimiento

Antes de su empleo los bloques deben ser desengrasados con un solvente limpio. Luego deben ser secados con un trapo o gamuza limpios y exentos de polvo.

En caso de que contengan una pequeña película de aceite, se aumenta la adherencia por acción de la tensión superficial del líquido que se suma a la de la atracción molecular.

El espesor que aporta este film, puede oscilar entre los  $0,005$  a  $0,08\text{ }\mu\text{m}$  y en realidad también puede verse interpuesto un film de líquido de vapor de agua condensada, por lo que no habría en tal caso un error. Además según la definición antes citada, de la longitud “a” de un bloque, se encuentra involucrada la adherencia.

“a“(valor medido) = medida real + espesor film adherencia

El agrupamiento de piezas (bloques), se realiza de la siguiente manera:

1. Se los toma entre el pulgar y el índice de ambas manos.
2. Se aproximan hasta la posición de la figura 5.
3. Se deslizan en la dirección de las flechas de la figura 6 ejerciendo cierta presión entre ambos.
4. La figura 7 indica la posición final de los bloques una vez adheridos.

Se debe deslizar el de menor espesor sobre el otro bloque con suavidad y presionando para obtener la adherencia entre ambos.

Con bloques delgados la adaptabilidad de los mismos facilita su operación.

Con bloques gruesos se requiere mayor destreza ya que, el mismo calor generado por su manipuleo puede ser desigual y provocar deformaciones que alteren la planidad de las caras e impidan su unión.

Se debe evitar dejar los bloques adheridos por tiempos prolongados, de un día para otro, porque se puede llegar a producir el fenómeno de soldadura fría.

Antes de guardarse se deben limpiar, dado que la grasitud de las manos genera corrosión activa en el metal. Se preservan cubriéndolos con vaselina neutra o grasa liviana.

Se estima unos 20 minutos por cada 25 mm de longitud el tiempo necesario para que un bloque o combinación retorne a la temperatura de 20 °C después de su manipuleo normal.

El promedio de desgaste de un bloque cuidadosamente usado es de 0,025µm cada 100 adherencias, por ello es necesario una frecuencia de control de por lo menos una vez al año.

A fin de facilitar su empleo existen accesorios tales como: morsas o montajes para bloques, pie para sostén de las anteriores, zócalos, palpadores para formar combinaciones para medidas de exterior y de interior, puntas de trazar y puntas de centrar, etc.

Los bloques patrón son elementos de mucho precio y darán mediciones precisas siempre y cuando se respeten las normas e instrucciones de su correcto empleo. Se debe evitar dejarlos en atmósferas húmedas, ácidas o con polvos abrasivos. Se deben tener las manos secas y limpias al utilizarlos. No se los debe someter a la acción de la luz solar, ni al sudor de las manos, ni recibir golpes o flexiones.

Los valores de sus medidas corresponden a una temperatura de referencia de 20 °C, por eso conviene utilizarlos en laboratorios con temperatura controlada a 20 °C +/- 1 °C.

Es necesario que la temperatura de la pieza a controlar esté unificada con la temperatura ambiente. Para corregir el error por temperatura se pueden utilizar los gráficos provistos por el fabricante.

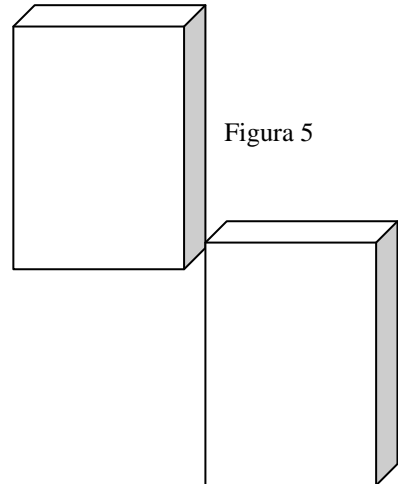


Figura 5

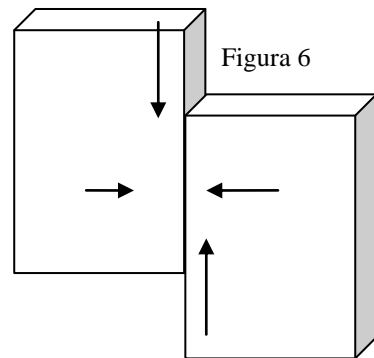


Figura 6

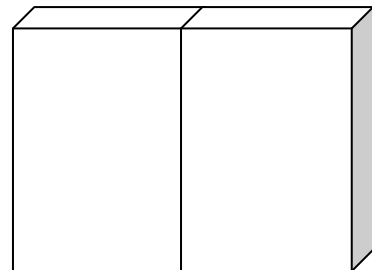


Figura 7

Si se miden piezas de acero con bloques de acero a la misma temperatura, los errores se compensan por la igualdad de los coeficientes de dilatación, cualquiera sea la temperatura reinante en el laboratorio.

Usando los bloques se puede palpar bien, una diferencia en las medidas del orden de  $1\mu\text{m}$ , pudiéndose educar el tacto mediante un dispositivo como el de la figura 8, pasando repetidas veces un bloque o combinación de tamaño  $1\mu\text{m}$  menor que la separación entre las dos reglas de precisión. Con diferencias de 2, 3  $\mu\text{m}$  o mas, se adquiere capacidad para discernir con aceptable certeza las holguras entre superficies en contacto.

En la utilización de los bloques es fundamental que se efectúen las mediciones con la ayuda de un mármol como plano de base y referencia.

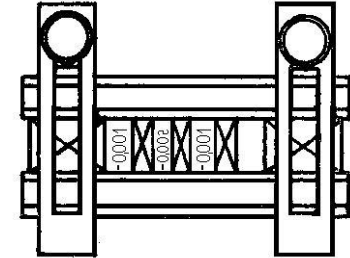


Figura 8

#### 4) Bloques de metal duro (Carburo de tungsteno)

Poseen excelentes cualidades antidesgaste. Resultan insustituibles en aplicaciones en donde el mal trato es inevitable, tal es el caso de la regulación de las máquinas herramientas.

Otra ventaja que presentan frente a los de acero es que, pequeños golpes producidos por caídas dejan, en estos últimos, leves marcas que pueden pasar desapercibidas a simple vista pero que resultan tan nocivas como las grandes.

En los bloques de metal duro los golpes no dejan huellas por su extrema dureza, aunque pueden quebrarse dada su mayor fragilidad. Aun así, es posible seguir usándolos.

Se proveen en las mismas progresiones que los de acero. También se proveen como juegos de protección bajo la forma de pares de piezas de 2 mm o 1 mm a fin de colocarlos en los extremos de una combinación de bloques de acero. Siendo el coeficiente de dilatación del metal duro  $6 \times 10^{-6}$  debe tenerse en cuenta el error por temperatura de acuerdo al material de la pieza. Son más caros pero además de mayor dureza presentan mayor estabilidad dimensional.

#### 5) Otros materiales

El cromado duro le confiere a los bloques excelente propiedad anti-desgaste pero su capacidad de adherencia se ve empobrecida además del incremento en el costo de fabricación.

El nitrato de silicio también se emplea para bloques y su resistencia al desgaste es levemente menor que la del metal duro.

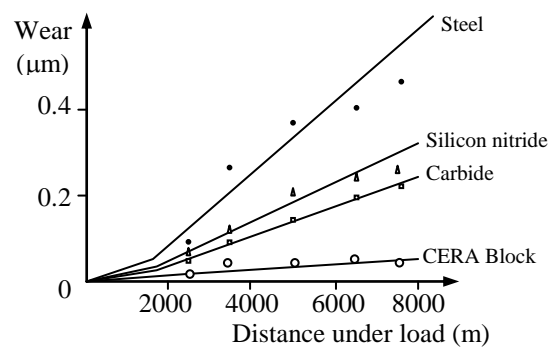


Figura 9

Los cerámicos, en base a zirconio u óxido de aluminio tienen resistencia al desgaste varias veces superior.

La figura 9 muestra un gráfico comparativo de ensayos de desgaste de los distintos materiales.

#### 6) Forma de los bloques

La forma circular presenta el inconveniente de sufrir caídas pues tienden a rodar. Originalmente se fabricaban de sección anular o cuadrada con orificio central, o en forma de ocho, para facilitar el

armado de combinaciones. La forma rectangular, actualmente la más utilizada, tiene la ventaja, con respecto a las otras formas, que a igualdad de área útil de las caras de trabajo, tiene mayor superficie lateral, lo que conduce a una mejor disipación del calor y por lo tanto a una más pronta estabilización de la temperatura. Por otro lado, resultan más baratos y versátiles, permitiendo su introducción en pequeñas aberturas.

## 7) Imprecisión en las medidas

Toda combinación de bloques presentará dos posibilidades de error que provienen de:

1. Error en la fabricación de cada bloque.
2. Error debido a las diferencias de temperatura entre la combinación y la pieza.

Existiría un tercer error correspondiente a la adherencia entre dos piezas. Pero teniendo en cuenta la definición de longitud “a” de un bloque patrón, dicho error se encuentra implícito.

A modo de ejemplo, determinaremos la imprecisión de medida de la combinación de longitud 167,432 formada por los siguientes 5 bloques: 1,002; 1,430; 5,000; 60,000; 100,000

En el caso más desfavorable existen las siguientes posibilidades de error en la calidad “C”:

Bloques patrón	Diferencia admisible en +/- $\mu\text{m}$
1,002	0,2
1,430	0,2
5,000	0,2
60,000	0,4
100,000	0,7
<b>167,432</b>	<b>1,7</b>

En esta combinación el caso límite es de +/- 1,7 micrones como resultado de la suma de los errores individuales de fabricación. A esto debe agregarse el error por diferencia de temperatura, el cual estará dado por:

La variación de temperatura para el acero es  $11,5 \times 10^{-3} \mu\text{m} / ^\circ\text{C}$ . Una variación de +/-  $1^\circ\text{C}$  entre la combinación y la pieza tendrá por consecuencia un error de:

$$\pm 167,432 \times 11,5 \times 10^{-3} = \pm 1,9 \text{ micrones}$$

Por lo tanto, la imprecisión total en el caso más desfavorable será: +/- 3,6 micrones

Si la pieza no es de acero deberá hacerse la corrección correspondiente para tener en cuenta la diferencia entre los coeficientes de dilatación.

---

## Bibliografía

Martínez de San Vicente, “Metrología mecánica”, UNR  
J. A. Rodríguez, “Metrología”, CETILP  
Mitutoyo, “Catalog number E70”, Mitutoyo Corporation  
C.E.Johansson, “Bloques calibres”, Folleto 1CSS.  
J.Cary, “Calas patrones y accesorios”, Folleto