

# CONTROL DE MECANIZADOS: ROSCAS UNIFICADAS E ISO MÉTRICAS

Fredy Y. Hernández F.  
VA TOOLS LTDA.  
Vereda Canavita Km 1,5 Via Colpapel  
Tel. 2987000 ext 133 metrologia@va-tools.comc.o

**Resumen:** El presente trabajo muestra definiciones básicas para el conocimiento de las uniones roscadas cilíndricas y su control a nivel industrial, también indicará directrices para la selección de los sistemas de inspección según el uso

**Palabras claves:** Diámetro primitivo, Diámetro mayor, Diámetro menor, Paso, Ángulo de la rosca, Profundidad de la rosca.

**Abstract:** This paper presents basic definitions for knowledge of the cylindrical threaded joints and control at industrial level, also indicate guidelines for the selection of inspection systems by use.

**Keywords:** Pitch diameter, major diameter, minor diameter, pitch, angle of the thread, the thread depth.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los elementos que se encuentran con mayor frecuencia en el ámbito industrial son las uniones roscadas. Dentro de las múltiples funciones de los elementos roscados se encuentra la sujeción de piezas y la transformación del movimiento angular en lineal, transmitiendo fuerza.

Debido a la variedad de usos, se han normalizado los diferentes tipos de rosca entre los cuales encontramos los tipo UN (Unified Screw Thread Standards), las roscas Métricas, las roscas ACME, entre las más comunes. Los métodos de control de estos elementos son el motivo de estudio de este trabajo técnico, con lo cual se busca describir las principales características de las uniones roscadas a controlar, además establecer y demostrar métodos de control para garantizar la conformidad de los elementos roscados.

## 2. ELEMENTOS ROSCADOS

### 2.1 Definiciones

**Rosca:** es un filete continuo de sección uniforme y arrollada como una elipse sobre la superficie exterior e interior de un cilindro.

**Rosca externa:** es una rosca en la superficie exterior de un cilindro.

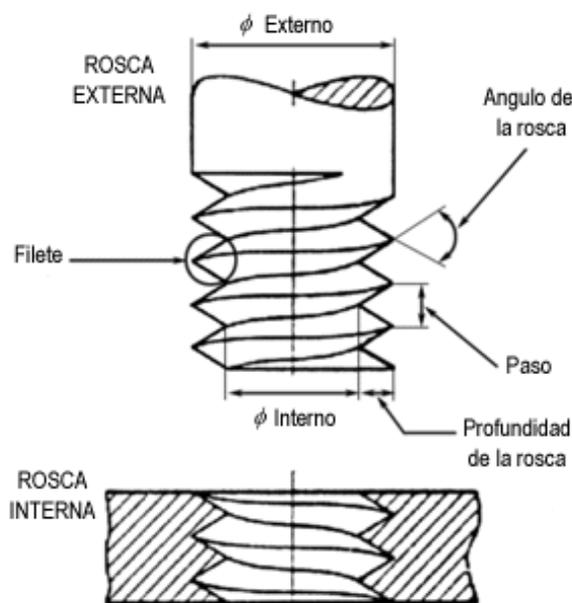
**Rosca Interna:** es una rosca tallada en el interior de una pieza, tal como en una tuerca.

**Diámetro Interior:** es el mayor diámetro de una rosca interna o externa.

**Diámetro del núcleo:** es el menor diámetro de una rosca interna o externa.

**Diámetro en los flancos (o medio):** es el diámetro de un cilindro imaginario que pasa por los filetes en el punto en el cual el ancho de estos es igual al espacio entre los mismos.

**Paso:** es la distancia entre las crestas de dos filetes sucesivos. Es la distancia desde un punto sobre un filete hasta el punto correspondiente sobre el filete adyacente, medida paralelamente al eje.



**Figura 1** Partes de la Unión Roscada. (Hernández López, 2012)

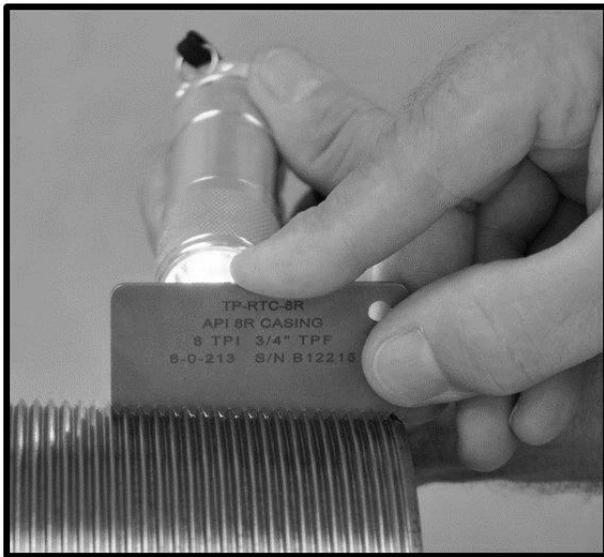
### 2.2 Métodos de control.

De acuerdo al tipo de sistema de galgneo especificado se determina la rigurosidad en inspección de las roscas. Para determinar dicha rigurosidad se debe consultar la norma ASME

B1.3M- Screw Thread Gaging Systems for Dimensional Acceptability- Inch and Metric Threads. Cada característica de las roscas puede controlarse por atributos o por variables, a continuación se ilustrará la forma más conveniente para el control a nivel industrial.

### 2.2.1 Control de la forma de la rosca.

El control de la forma de la rosca se realiza mediante el uso de perfiles normalizados y controlados, los cuales se ajustan perfectamente al contorno de la rosca y nos permiten verificar el paso y el ángulo de la rosca (*Figura 2*).



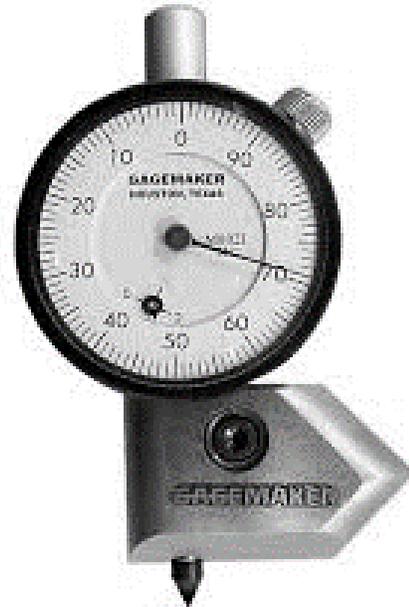
**Figura 2** Perfil de rosca. (*Gagemaker, 2015*)

El perfil de rosca debe controlarse por cualquier método óptico en el cual pueda medirse el ángulo del perfil y el paso.

### 2.2.2 Control de altura de la rosca.

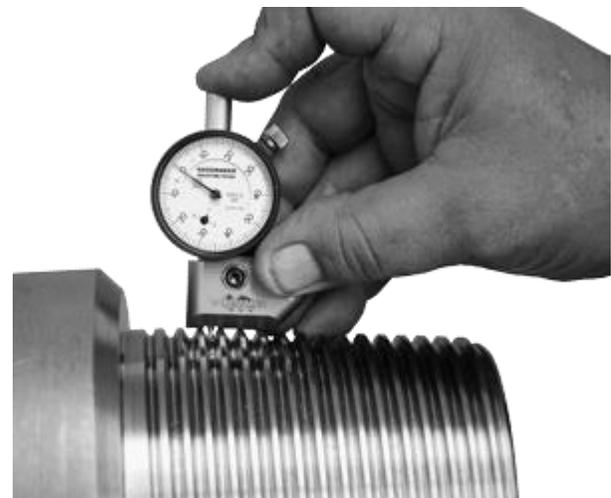
El control de la altura de la rosca se realiza por medio de un instrumento similar a un comparador de carátula, adaptado a una punta que hace contacto con el valle de la rosca a medir.

La punta de contacto de este instrumento en forma de V permite que el instrumento tenga acceso completo al valle de la rosca que se desea medir, por lo tanto es muy conveniente controlar el desgaste que sufre y realizar la verificación del instrumento antes de usarlo.



**Figura 3** Medidor de altura de rosca. (*Gagemaker, 2015*)

Para usar este instrumento, inicialmente se debe apoyar sobre una superficie plana y ajustar la carátula para que la aguja indique cero, y posteriormente usar el instrumento sobre la rosca como indica la *Figura 4*.



**Figura 4** Medición Altura de Rosca. (*Gagemaker, 2015*)

### 2.2.3 Control del paso de rosca

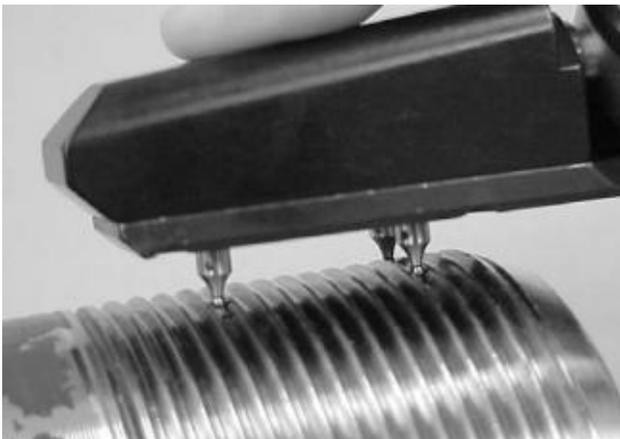
El control del paso de la rosca se realiza por medio de un instrumento que actúa como un comparador de carátula y se debe ajustar con un patrón el cual tiene una dimensión muy precisa del paso de la rosca que se desea medir (*Figura 5*).

El instrumento se debe equipar con las puntas de contacto adecuadas según el tipo de rosca a controlar.



**Figura 5** Medidor de paso de rosca y patrón de ajuste (Gagemaker, 2012)

Una vez se haya realizado el ajuste del instrumento con su patrón, se puede realizar la comparación contra el producto roscado **Figura 6**.

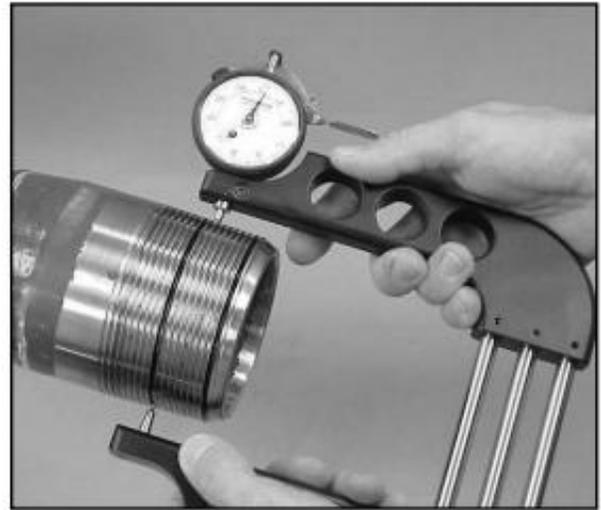


**Figura 6** Medición Paso de Rosca. (Gagemaker, 2012)

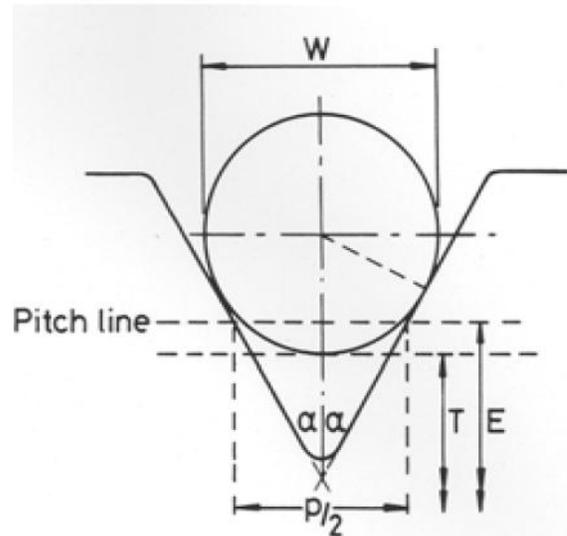
#### 2.2.4 Control de Diámetro Primitivo.

El control de diámetro primitivo se hace mediante un instrumento que se encuentra adaptado con dos esferas de contacto (**Figura 7**), las cuales se ajustan al perfil de la rosca (**Figura 8**), tales esferas se deben escoger cuidadosamente, dado que el diámetro de estas esferas está relacionado con el ángulo y el paso de la rosca a medir.

En el siguiente numeral se explica cómo se realiza el cálculo para determinar el diámetro de la esfera requerido y su relación con la determinación del diámetro primitivo.



**Figura 7** Medición de Diámetro Primitivo Rosca Exterior. (Gagemaker, 2008)



**Figura 8** Esfera ubicada en perfil de Rosca Exterior (National Physical Laboratory, 2014)

Tomando la fórmula del (National Physical Laboratory, 2014) Screw Gauge Booklet tenemos lo siguiente:

$$E = T + P \text{ value} - c + e \quad (1)$$

$$P \text{ value} = p \cdot \frac{\cot \alpha}{2} - (\operatorname{cosec} \alpha - 1) \cdot w \quad (2)$$

$$c = 0,076 \cdot p^2 w / (T + w)^2 \quad (3)$$

$$e = 0,0000379 A^{2/3} / E^{1/3} \quad (4)$$

Las ecuaciones para determinar el valor de c y e están dadas para las roscas Unificadas (UN) y para las roscas ISO Métricas.

Donde:

E: Diámetro primitivo.

T: Dimensión medida entre esferas.

p: Paso nominal de la Rosca

c: Corrección debida a la inclinación de la esfera

$\alpha$ : Ángulo medio de la Rosca.

e: Corrección debida a la deformación de esferas.

w: Diámetro de la esfera para medición.

### 2.2.4.1 Determinación de Diámetro de esfera.

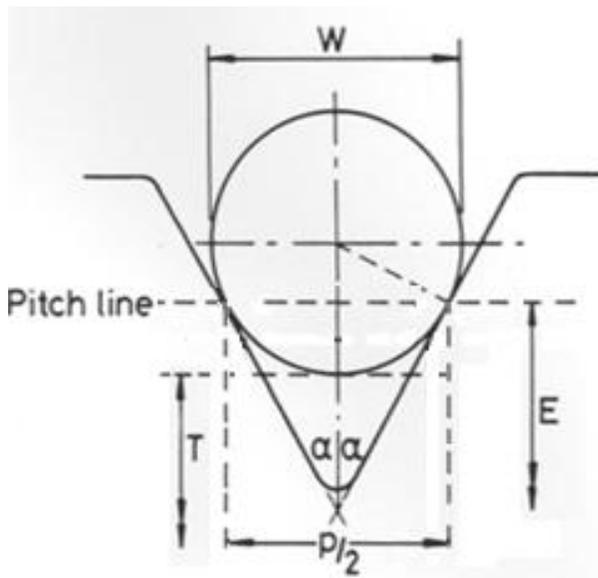
El diámetro de la esfera de medición se obtiene teniendo en cuenta el paso de la rosca que se va a medir como se observa a continuación:

La esfera ideal de medición debe hacer tangencia en los puntos en los cuales la línea imaginaria del diámetro primitivo corta con el ángulo de la rosca (**Figura 9**). Por lo cual se genera la fórmula para una rosca de 60° (Roscas UN; ISO Métricas).

$$\frac{r}{\text{sen}90^\circ} = \frac{\frac{p}{4}}{\text{sen}60^\circ} \quad (5)$$

r: Radio de la esfera ideal

p: Paso nominal de la rosca.



**Figura 9** Esquema para cálculo esfera de medición. (National Physical Laboratory, 2014)

Despejando la ecuación tenemos:

$$r = \frac{p}{4 \cdot \text{Sen } 60^\circ} \quad (6)$$

Y finalmente para obtener el diámetro:

$$\emptyset = p \cdot 0,57735 \quad (7)$$

### 2.2.4.2 Determinación de P value.

Cuando se obtiene el valor del diámetro de la esfera de medición y se realiza dicha medición se puede deducir el valor de P value, el cual es la distancia desde el diámetro T hasta el diámetro E, cálculo de rosca exterior:

$$\left( \frac{r}{\text{Sen } 90^\circ} = \frac{x}{\text{Sen } 30^\circ} \right) \quad (8)$$

$$x = r \cdot \text{Sen } 30^\circ \quad (9)$$

La distancia x es perpendicular al eje de la rosca desde el centro de la esfera hasta el corte con el diámetro primitivo.

$$P \text{ value} = 2 \cdot (r - (r \cdot \text{Sen}30^\circ)) \quad (10)$$

$$P \text{ value} = r \quad (11)$$

Para obtener el P value restamos el valor x al radio de la esfera y los multiplicamos por 2 para añadir la simetría del lado opuesto.

En un caso práctico apliquemos ambas fórmulas para comparar los resultados, pensemos en una rosca de paso 8 hilos por pulgada ecuación (11):

$$P \text{ value} = \frac{\emptyset}{2} = 0,9165 \text{ mm}$$

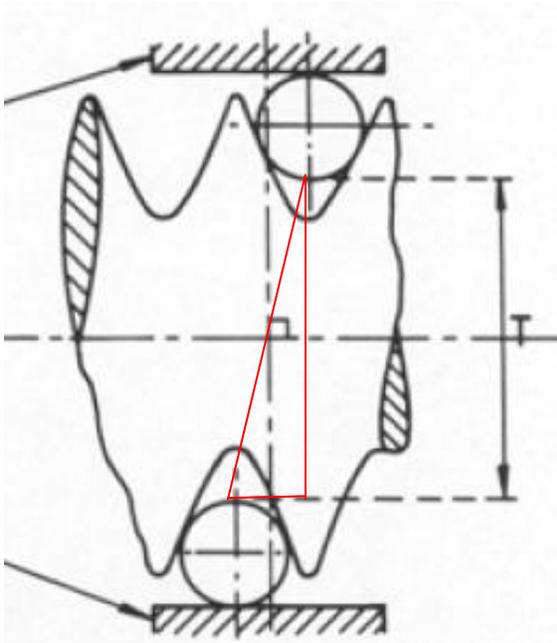
Aplicando la fórmula de (National Physical Laboratory, 2014) ecuación (2):

$$P \text{ value} = 3,125 \text{ mm} \cdot \left( \frac{1,7320}{2} \right) - (1) \cdot 1,833 \text{ mm}$$

$$P \text{ value} = 0,9165 \text{ mm}$$

De esta forma hemos comprobado que al aplicar ambas fórmulas obtenemos el mismo resultado para un mismo tipo de rosca en cuanto al P value se refiere.

Para obtener la distancia T debemos realizar una corrección por inclinación por la forma en que realizamos la medición mostrada en la **Figura 7**. Como podemos ver existe una inclinación que está dada en función del paso de la rosca medida. Cuanto mayor sea el paso de la rosca, mayor será la corrección que se debe aplicar al valor medido inicialmente. Es de suma importancia aplicar la corrección a la medición dado que se pueden incurrir en errores que implican rechazos en productos roscados que pueden no ensamblar adecuadamente.



**Figura 10** Corrección a la medición (National Physical Laboratory, 2014)

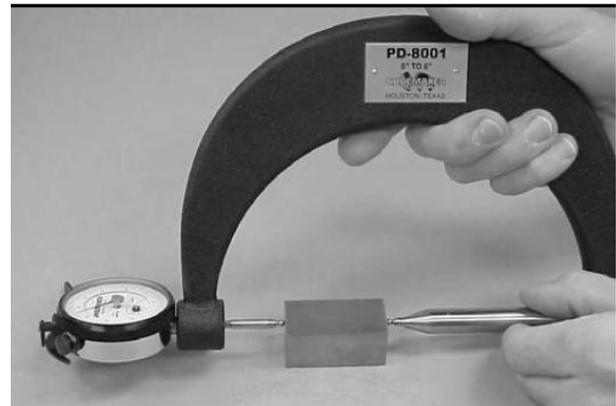
Para obtener la dimensión T debemos utilizar la siguiente fórmula derivada de la **Figura 10**.

$$T = \sqrt{D^2 - \left(\frac{p}{2}\right)^2} \quad (12)$$

Donde:

- D: Distancia medida entre esferas
- p: Paso nominal de la rosca.

La medición se realiza mediante la ubicación del instrumento con las correspondientes esferas en un valor de referencia (bloques patrón) como se indica la **Figura 11**.



**Figura 11** Puesta en Bloques de Referencia (Gagemaker, 2008)

Posteriormente se debe ubicar el dial del instrumento en posición cero como indica la **Figura 12**.



**Figura 12** Ubicación en Cero de Instrumento. (Gagemaker, 2008)

Luego se debe ubicar sobre la superficie roscada que se desea medir (**Figura 13**). Al valor obtenido se le debe sumar el valor de referencia.



**Figura 13** Medición de Rosca. (Gagemaker, 2008)

## 2.2.5 Control mediante Galgas Roscadas.

Los componentes roscados destinados a ser ensamblados, deben ser intercambiables y ser probados para asegurar un buen ajuste y la holgura que permite el diseño. Se puede utilizar como método de control por atributos el uso de galgas roscadas y lisas.

### 2.2.5.1 Galgas para Roscas Externas.

Un anillo roscado tipo Pasa fabricado con el diámetro primitivo máximo permitido para la rosca exterior.

Un anillo roscado tipo No Pasa fabricado con el diámetro primitivo mínimo permitido para la rosca exterior.

Galgas tipo Pasa y No Pasa anillo lisos, realizados en el máximo y mínimo diámetros de rosca externa, respectivamente.

### 2.2.5.2 Galgas para Roscas Internas.

Un tapón roscado tipo Pasa fabricado con el mínimo permitido diámetro primitivo de la rosca interna.

Un tapón roscado tipo No Pasa fabricado con el máximo permitido diámetro primitivo de la rosca interna.

Un set de tapones lisos Pasa y No Pasa con el mínimo y máximo permitido diámetro menor para la rosca interna, respectivamente.

Las dimensiones, tolerancias y medios de control para las galgas de Roscas Externas e Internas se encuentran especificadas en la Norma ASME B1.2 para las roscas UN y UNJ, y la Norma ASME B1.16M, para las roscas para roscas Métricas M.

## 2.3 Condiciones de Medición.

### 2.3.1 Temperatura.

Las mediciones se deben realizar a una temperatura de referencia de 20°C, esto dado por que la mayoría de instrumentos utilizados son fabricados en acero endurecido. No es de vital importancia que las condiciones de temperatura estén dadas a 20°C exactamente, pero si es muy importante que tanto los instrumentos, como las piezas a ser medidas tengan la misma temperatura durante la comparación. Por esta razón se puede considerar un límite de  $\pm 3^\circ$  de variación de temperatura.

### 2.3.2 Unidades.

Los resultados de mediciones están expresados en milímetros o en pulgadas para comparar con las unidades usadas en los límites prescritos de tamaño de la rosca. Como existen Normas emitidas en Sistema Inglés de Unidades y Normas emitidas en Sistema Internacional de Unidades, así mismo existen instrumentos de los cuales se puede obtener lecturas en diferentes unidades. Por lo tanto se provee un factor de conversión 1 pulgada = 25,4 milímetros exactamente, el cual puede usarse para conversión de resultados o tolerancias

## 3. RESULTADOS

Para realizar una comprobación del método utilizado para medición de diámetro primitivo y verificar las desviaciones que se puedan presentar se realizará la medición de un tapón roscado, el cual ha sido medido en un laboratorio que garantiza la trazabilidad de sus mediciones.

Inicialmente seguimos los pasos para medición de diámetro primitivo:

- Se deben seleccionar las esferas adecuadas, aplicamos la fórmula para obtener el diámetro ideal, (7)ecuación (5).

$$\varnothing = 3,175 \text{ mm} \cdot 0,57735$$

$$\varnothing = 1,833 \text{ mm} \sim 1,82 \text{ mm}$$

- Se deben ensamblar las esferas en el instrumento.
- Se debe ajustar el instrumento a cero.
- Se debe medir la rosca con el instrumento: Teniendo en cuenta que utilizamos un bloque

patrón de 30 mm, sumamos aritméticamente esta dimensión al resultado obtenido con el instrumento. El resultado de medición es 30 mm + (-1,1938 mm) = 28,8062 mm

- Realizamos la corrección por inclinación entre puntos de medición aplicando la ecuación (12).

$$T = \sqrt{28,806 \text{ mm}^2 - \left(\frac{3,175 \text{ mm}}{2}\right)^2}$$

$$T = 28,762 \text{ mm}$$

- Ahora procedemos a calcular el P value con la ecuación (2).

$$P \text{ value} = p \cdot \cot 30^\circ / 2 - (\operatorname{cosec} 30^\circ - 1) \cdot W$$

$$P \text{ value} = 2,7496 \text{ mm} - 1,82 \text{ mm}$$

$$P \text{ value} = 0,9296 \text{ mm}$$

- Calculamos el valor de e teniendo en cuenta la fuerza de medición ejercida por un comparador de carátula Mitutoyo usando la ecuación (4).

$$e = 0,00049211 \text{ mm}$$

- Calculamos el valor de c de acuerdo a la ecuación (3):

$$c = 0,076 \cdot \frac{3,175 \text{ mm}^2 \cdot 1,82 \text{ mm}}{(28,762 \text{ mm} + 1,82 \text{ mm})^2}$$

$$c = 0,00149 \text{ mm}$$

- Aplicando la ecuación (1).

$$E = 28,762 \text{ mm} + 0,9296 \text{ mm} - 0,00149 \text{ mm} + 0,00049775 \text{ mm}$$

$$E = 29,691 \text{ mm}$$

Según el certificado de Calibración emitido por el fabricante del tapón roscado, el diámetro primitivo medido es de 29,693 mm.

### 3.1 Cálculo de Incertidumbres

En este caso, se realiza la medición del componente usando un comparador de carátula acoplado a un componente que permite ajustar las esferas en el diámetro de la rosca en dos puntos. La división de escala del instrumento es de 0,0005 in. Se han obtenido las siguientes indicaciones de cinco mediciones realizadas:

0,047 in; 0,0465 in; 0,047 in; 0,0465 in; 0,047 in

Esta variación se debe tanto al operador como a influencias relacionadas con la pieza. Se puede decir con certeza que el equipo de medición cumple las especificaciones, pero no se puede determinar cuáles son sus errores individuales.

La primera contribución a la incertidumbre es debida a la repetibilidad, y se calcula tomando la desviación estándar de las mediciones y se divide por la raíz cuadrada del número de mediciones:

$$\frac{\delta}{\sqrt{n}} = \frac{0,00695 \text{ mm}}{\sqrt{5}} = 0,00311 \text{ mm}$$

La siguiente contribución está dada por la división de escala del instrumento. La resolución del comparador de carátula es de 0,0005 in. La contribución se encuentra dividiendo la división de escala por la raíz cuadrada de 12:

$$\frac{0,0127 \text{ mm}}{\sqrt{12}} = 0,00366 \text{ mm}$$

La siguiente contribución es debida a la incertidumbre de las esferas de medición. Las esferas fueron medidas con una exactitud de  $\pm 0,00171 \text{ mm}$  y asumiendo una distribución rectangular, la contribución es:

$$\frac{0,00171 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0,00098 \text{ mm}$$

La siguiente contribución está dada a la exactitud del instrumento expresada como incertidumbre expandida en los resultados de calibración del instrumento.

$$\frac{0,00193 \text{ mm}}{2} = 0,000965 \text{ mm}$$

La siguiente contribución es debida a la exactitud del bloque patrón con el cual se toma la referencia. El certificado de calibración del bloque patrón nos indica cual es la incertidumbre de calibración:

$$u = \pm(0,11 \mu\text{m} + 1,16 \cdot 10^{-6} \cdot L); L \text{ en milímetros.}$$

El factor de cobertura es k=2 para un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto la incertidumbre aportada por el bloque patrón es:

$$\frac{\pm(0,11 \mu\text{m} + 1,16 \cdot 10^{-6} \cdot L)}{2} = 0,0550 \mu\text{m}$$

La incertidumbre combinada estándar es calculada de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada contribución

$$u_c = \sqrt{0,00311^2 + 0,00366^2 + 0,00098^2 + 0,000965^2 + 0,00055^2}$$

---

$$u_c = 0,005 \text{ mm}$$

El número de grados de libertad se debe tener en cuenta si se toman menos de 10 mediciones. Para este caso una mejor aproximación para la estimación de incertidumbre puede ser obtenida con un factor de cobertura de  $k=2,87$ .

$$u_g = 0,005 \text{ mm} \cdot 2,87$$

$$u_g = 0,014 \text{ mm}$$

El error en la medición es:

$$E = 29,69 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$$

Se pueden obtener resultados confiables al momento de realizar mediciones con instrumentos adecuados. La tolerancia de fabricación para este tipo de roscas es de alrededor de  $\pm 0,2 \text{ mm}$ , por lo tanto este tipo de control cumple con la relación que debe existir entre tolerancia del producto y exactitud del medio de control.

#### 4. DISCUSIÓN

Según el tipo de control que se desea implementar se debe considerar los medios que deben ser adquiridos por la compañía.

Para los instrumentos de medición por variable podemos considerar las siguientes ventajas.

- Se puede conocer el valor exacto que debe compensar en la máquina para cumplir con los parámetros de diseño
- La calibración de estos instrumentos se realiza igual a la de un comparador de carátula, de tal manera que puede realizarse fácilmente con bloques patrón.
- Los instrumentos tienen el alcance de medir grandes tamaños de elementos roscados.
- Los elementos pueden medir diferentes tipos de roscas, utilizando las ecuaciones y esferas adecuadas.
- No requieren cuidados especiales.
- Los patrones de perfil pueden controlar características combinadas de paso y ángulo de la rosca, y pueden controlarse fácilmente con un instrumento de medición óptico.

Las desventajas para implementar este método son:

- El costo inicial para adquirir estos instrumentos es un poco elevado.
- Es muy importante controlar las esferas de medición para evitar errores de medición por desgaste de las mismas.
- Se requiere cierta habilidad y práctica por parte del personal que realiza las mediciones.

- Se debe tener bastante cuidado en la aplicación de las fórmulas que se utilizan.
- No es recomendado para la medición de elementos roscados de diámetro muy pequeño (menor a 1 pulgada).

Cuando deseamos implementar métodos de control tipo Pasa / No Pasa contamos con las siguientes ventajas:

- La inspección es más rápida
- No se requiere un entrenamiento para utilizar los controles tipo Galga.
- No se requiere aplicar fórmulas ni cálculos matemáticos.
- El costo no es tal alto como el de adquirir equipos de medición de roscas.
- Se pueden adquirir controles tipo Galga para el control de diámetros de rosca muy pequeños.

Las desventajas para este tipo de controles son:

- Se requiere realizar un control periódico de estas Galgas, debido a que están sometidas a desgaste continuo, por lo tanto se debe garantizar que cumplen con los parámetros establecidos de diseño.
- Como el control es tipo Pasa / No Pasa, no se puede determinar para el operador que esté mecanizando un elemento roscado, cual es el valor numérico necesario para alcanzar una dimensión específica.
- Para un tamaño de rosca, paso y tipo de rosca, debe adquirirse un juego de Galgas Pasa / No Pasa, y además es indiscutible que debe ser la pareja de Tapones Roscados y Anillos Roscados.
- Una vez dejan de cumplir sus dimensiones de diseño, las Galgas Roscadas deben ser desechadas, dado que no pueden ser ajustadas.

#### 5. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el ejercicio práctico de medición del tapón roscado, podemos concluir que el método de medición propuesto es bastante confiable y se ajusta con las necesidades de medición de cualquier empresa que tenga dentro de sus procesos internos la fabricación de elementos roscados.

Como apoyo para el área de producción, los instrumentos de medición de elementos roscados son muy útiles en el aseguramiento de las dimensiones requeridas para garantizar ensamble e intercambiabilidad de piezas.

El uso de Galgas roscadas tipo Pasa / No Pasa, Tapones Roscados y Anillos Roscados, pueden

---

ser utilizados y mejor aprovechados en empresas que requieran verificar productos comprados a proveedores, dado agilizan el proceso de recepción de materia prima.

Se puede utilizar los instrumentos de medición de elementos roscados para el control de galgas roscadas tipo tapón y anillo, pero se debe garantizar la exactitud de las mediciones, esto se debe a que las tolerancias de diseño de estos elementos son más estrictas y requieren instrumentos que emitan indicaciones de medidas mucho menores a las contempladas para elementos roscados de producción.

## REFERENCIAS

- Gagemaker. (2008). *Gagemaker Quality Thread inspection Equipment*. Obtenido de <http://gagemaker.com>
- Gagemaker. (2012). *Gagemaker Quality Thread Inspection Equipment*. Obtenido de <http://gagemaker.com>
- Gagemaker. (2015). *Gagemaker Quality Thread Inspection Equipment*. Obtenido de <http://gagemaker.com/>
- Hernández López, J. F. (1 de Septiembre de 2012). *Fórmulas para calcular roscas en el Torno*. Obtenido de <http://felipe2971ccdonbosco.blogspot.com.co/2012/09/partes-de-una-rosca.html>
- National Physical Laboratory. (2014). *NPL Screw Gauge Booklet*. Londres.

