RUGOSIDAD SUPERFICIAL

Ing. Juan Manuel Rodríguez Grasso $^{(1)}$ Lic. Adolfo Torres Valhuerdi $^{(2)}$, Ing. Ailyn Alonso González $^{(3)}$,

- (1) Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Dpto. de Ingeniería Mecánica
- (2) Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Dpto. de Ingeniería Mecánica
- (3) Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Dpto. de Ingeniería Mecánica

Resumen.

Las posibles situaciones derivadas del cambio del contexto económico están relacionadas con la necesidad de homologar las normas cubanas con las elaboradas por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Esta debe ser la principal tarea a ejecutar por parte del Comité Técnico No 66 Dibujo Técnico, y en función de este objetivo estratégico se recomienda poner el esfuerzo principal de los colectivos en las Universidades, Estos cambios procedimentales están poniendo de manifiesto la necesidad de concretar los mismo por medio de la confección de nuevos documentos normalizativos que faciliten la manipulación de la documentación de proyectos y la inclusión paulatina de las nuevas normas vinculadas con la actividad de proyectos en la enseñanza media y superior

Palabras Claves: Rugosidad, Dibujo Técnico, Normas Cubanas.

Introducción.

Desde el punto de vista tecnológico, existen grandes cantidades de piezas que han de ponerse en contacto unas con otras para su funcionamiento. Por lo que el acabado final y la textura de sus superficies son de gran importancia e influencia para definir algunas de sus propiedades mecánicas, tales como; la capacidad de desgaste, la resistencia a la fatiga, etc, y otros aspectos externos de la pieza o material, por lo que la rugosidad es un factor importante a tener en cuenta durante el diseño y fabricación de las piezas o elementos de maquinas, estando muy relacionados sus valores numéricos con los valores de las Tolerancias Dimensionales y los grados de calidad y de precisión con que se fabrican dichas piezas.

Rugosidad. Definición.

El acabado superficial de los cuerpos geométricos puede presentar errores de forma Macrogeométricas y errores de forma Microgeométricas, siendo estos últimos los que tiene que se estudian cuando hablamos de rugosidad superficial

La rugosidad se define como todas aquellas irregularidades que forman el relieve de la superficie real y que convencionalmente se definen dentro de una zona en la que se eliminan las desviaciones o errores de forma y las ondulaciones.

Superficie real. Es la superficie que limita el cuerpo y que se obtiene mediante algún procedimiento mecánico, ya sea por arranque de virutas, fundición, laminado, etc.(Fig.2.1)

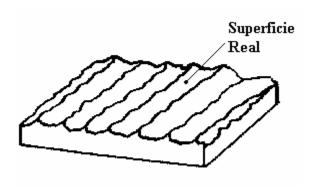


Fig.2.1.Superficie Real

Superficies de Referencia. Superficie a partir de la cual se determinan los parámetros de la Rugosidad, se puede calcular por el método de los mínimos cuadrados. (Fig. 2.2)

Las mismas pueden ser:

Transversal: Es la que se mide en e sentido transversal a la orientación de los surcos

Longitudinal: Es la que se mide a lo largo de la orientación de los surcos.

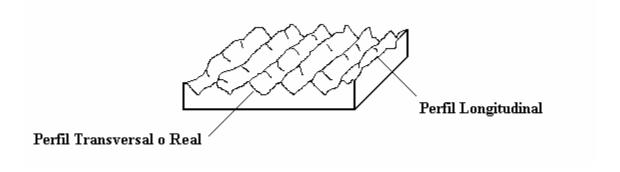


Fig. 2.2. Superficies de Referencia.

Para que la rugosidad superficial sea la expresión de la calidad se expresa la misma mediante valores numéricos cuya unidad de medida es el micrómetro (m), (1 micrómetro = 1 m = 0,000001 m = 0,001 mm) y se utiliza la micropulgada en los países anglosajones. la determinación de los valores numéricos de la rugosidad se obtienen trabajando fundamentalmente con el perfil Transversal o real (Fig.2.3)

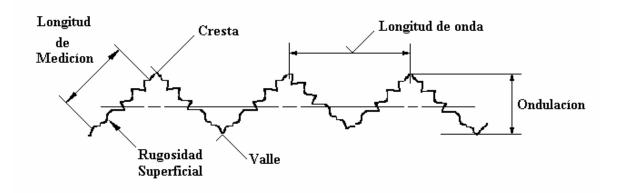


Fig.2.3. Perfil Transversal de las Irregularidades.

Longitud de Medición. Longitud utilizada para determinar los valores de los parámetros de Rugosidad Superficial, puede comprender una o más Longitudes Básicas. (Fig.2.3.)

Longitud Básica. Longitud de la Línea de referencia utilizada para separar las irregularidades que forman la Rugosidad Superficial. (Fig.2.4)

Una vez determinada la línea de referencia sobre la cual se determinaran los valores de rugosidad superficial se plantea que dichos parámetros se pueden determinar de diferentes formas, siendo los principales:

- a) Ra- Media aritmética de las desviaciones del perfil
- b) Rz- Altura promedio de las irregularidades del perfil
- c) Rmáx- Altura máxima de las irregularidades del perfil
- d) Etc.

Siendo las más importantes Ra y Rz

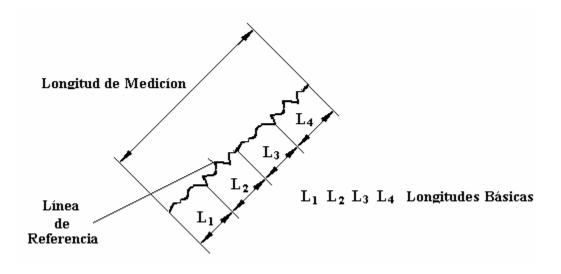


Fig.2.4.Longitud Básica.

La Rugosidad Ra. Estos valores de rugosidad se determinan mediante el cálculo de la altura promedio de las irregularidades del perfil. (Fig.2.5)

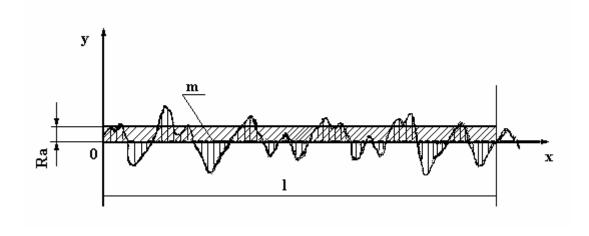


Fig.2.5. Altura promedio de las irregularidades del perfil

La Rugosidad Rz: Estos Valores de Rugosidad se calculan determinando la media aritmética de las desviaciones el perfil. Media de los valores absolutos de las alturas de las cinco crestas del perfil mas altas y de las profundidades de los cinco valles del perfil mas bajo, dentro de la longitud básica. (Fig.2.6)

$$R z = \frac{\sum_{i=1}^{5 n} |Y p i| + \sum_{i=1}^{5 n} |Y v i|}{5}$$
 (1)

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |Yi| \tag{2}$$

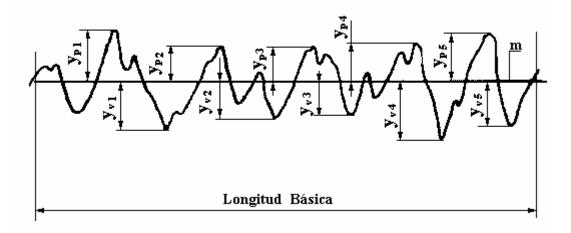


Fig.2.6. Rugosidad Rz.

Indicación De Rugosidad En Los Planos.

El creciente aumento de las producciones en serie, así como, los requisitos en sentido general para un mejor rendimiento, precisión, seguridad en el acabado final, intercambiabilidad de los elementos de maquinas y mecanismos, hace necesario que la calidad de las superficies sean indicadas en los planos, al igual que lo son las tolerancias dimensionales y las tolerancias de forma y posición.

Una correcta asignación de los valores de Rugosidad Superficial garantizan:

- Una correcta lubricación de las superficies.
- Un menor desgaste de las superficies en contacto.
- Un ajuste adecuado

La Rugosidad Superficial se representa en los planos por una combinación de símbolos números y letras, mediante los cuales se puede trasmitir toda la información necesaria para la fabricación de la pieza y para el control de calidad de la misma.

Símbolo General para indicar la Rugosidad Superficial Fig.2.7.



Fig.2.7. Símbolo General.

Cuando se indica la Rugosidad directamente sobre el articulo en cuestión, esta debe descansar su vértice inferior sobre la línea que representa en el plano, el contorno exterior de la pieza o en una línea de extensión que se prolongue a partir de la línea de contorno (Fig. 2.8).

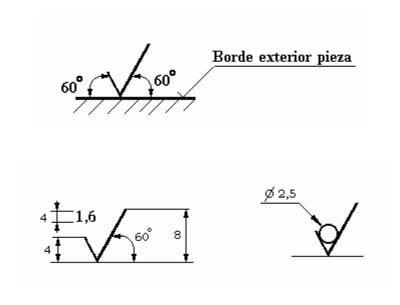


Fig. 2.8

Las dimensiones del símbolo se plantea según la Norma Cubana de Dibujo que en cuanto al grosor del trazo este debe ser la mitad del grosor de la línea que se utilice para representar los contornos visibles de las piezas, y cada trazo debe de tener una inclinación de 60° con respecto a la línea de contorno de la superficie que sé este señalando con el símbolo (Fig.2.8).

Existe un grupo de símbolos que se derivan de la representación general de la rugosidad, estos son:

1. Rugosidad por Arranque de Virutas (Fig. 2.9), este símbolo se emplea en todos los casos donde las superficies de las piezas sean maquinadas Ejemplo, Torneados, Fresado, Taladrado, etc.



Fig.2.9

2. Rugosidad sin Establecer el Método de Elaboración, (Fig.2.10) este símbolo se emplea en los casos en que no se hace necesario indicar el método por el cual se obtiene la rugosidad de la superficie señalada.

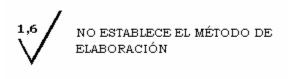


Fig.2.10

3. Rugosidad cuando el método es sin arranque de virutas (Fig.2.11), este símbolo se emplea en aquellos casos en que los métodos de elaboración de la superficie no sean por maquinado. Ejemplo, superficies obtenidas por Fundición, Laminado, conformado en frío o en caliente, etc.



Fig.2.11.

4. Rugosidad no elaborada en el plano en cuestión (Fig.2.12). Este es el caso en el cual la pieza o elemento de maquina que se va a elaborar mediante el plano no cambia la calidad de la superficie una vez elaborada la pieza, un ejemplo típico es el plano de elaboración de resortes, donde la superficie del alambre que se emplea para elaborarlo no sufre transformación de la rugosidad una vez elaborado el producto.

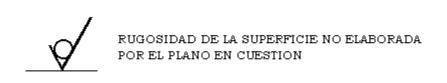


Fig.2.12.

Por el hecho de existir dos tipos de rugosidades se hace necesario diferenciar cuando estamos indicando un valor de rugosidad Ra y cuando estamos indicando un valor de Rugosidad Rz en los planos, en los casos en que esté indicando rugosidad Ra se coloca el símbolo con el valor numérico máximo admisible de rugosidad, si estamos indicando rugosidad Rz se coloca el símbolo con el valor numérico máximo admisible de rugosidad mas las letras Rz como se indica en la Fig.2.13.

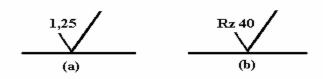


Fig., 2.13. (a) Rugosidad Ra; (b) Rugosidad Rz

La colocación de los números y letras en el símbolo debe estar en correspondencia con la posición en que se realiza la lectura del acotado de los planos es decir, se deben colocar de forma que se puedan leer de abajo hacia arriba y de derecha a izquierda (Fig. 2.14)

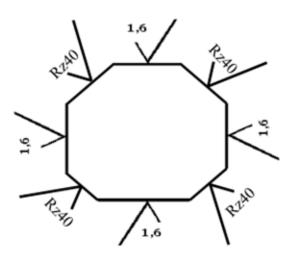


Fig.2.14.Colocación del símbolo de Rugosidad

Para que la indicación de la rugosidad sea completa requiere que en la representación del símbolo, aparezcan representados otros aspectos que en ocasiones son de gran importancia, pero que pueden ser omitidos en determinados casos, como podría ser la representación gráfica de la huella de maquinado, o por ejemplo el paso de la rugosidad en micrones (m). (Fig.2.15).

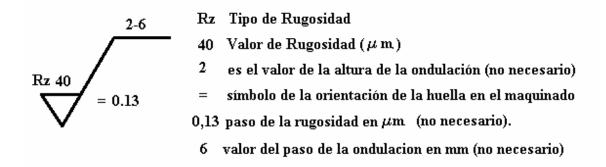


Fig.2.15.elementos componentes del símbolo de rugosidad

En la tabla 2.1 podemos observar un resumen del uso de los símbolos gráficos convencionales de las huellas del maquinado, con la presentación de un ejemplo y la interpretación que debe darse a dicha representación gráfica.

Particularidades De La Indicación De La Rugosidad En Los Planos.

Durante la indicación de la rugosidad en los planos se nos pueden presentar diferentes situaciones en el momento de realizar este trabajo.

1. Rugosidad general. En este caso, toda la superficie de la pieza presenta la misma rugosidad, por lo que la indicación se realiza colocando directamente el símbolo de rugosidad en la esquina superior derecha del formato con todas las indicaciones que creamos conveniente dar y no se colocara ninguna indicación sobre la pieza (Fig.2.16).



Fig.2.16.Indicación de Rugosidad General.

| SÍMBOLO | DIRECCIÓN DE LA HUELLA | ORIENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD | EJEMPLO | INTERPRETACION |
|---------|---------------------------|--|-----------------|---|
| _ | | Paralela a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado | 0,8 | Rugosidad máxima Ra 0,8 m en la orientación dada |
| 工 | ‡ | Perpendicular a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado | 1,6 0,8 1 | Rugosidad comprendida entre Ra 1,6 m y Ra 1,8 m en la orientación dada |
| × | | Cruzado respecto a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado | 0,4 × | Rugosidad máxima Ra 0,4 m en la orientación dada |
| М | | Multidireccional | 0,8 M 0,4 | Rugosidad máxima Ra 0,8 con un paso 0,4 en la orientación dada |
| С | | Aproximadamente circular respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado | 0,4 C | Rugosidad máxima Ra 0,4 con altura de 1mm en la orientación dada |
| R | | Aproximadamente radial respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicada | 0,4 R | Rugosidad Ra 0,4con altura de 1mm y paso de la ondulación 6mm en la orientación dada |

Tabla 2.1. Símbolos gráficos convencionales de la huella de maquinado.

2. Rugosidad Particular. En este caso la superficie de la pieza presenta diferentes rugosidades, uno de los valores de la rugosidad se va a presentar en la generalidad de la superficie y la llamaremos también Rugosidad General, pero en algunas zonas de la pieza van ha existir valores de rugosidad que difieren al valor general por lo que llamaremos a estas rugosidades particulares, en esta situación, en la esquina superior derecha de la hoja de trabajo se colocaran dos símbolos de rugosidad, uno con el valor de la rugosidad general y otro entre paréntesis sin valor numérico de rugosidad, (Fig.2.17) lo que nos dice que existen rugosidades particulares que están indicadas directamente sobre la pieza, lo que genera múltiples opciones en dependencia de la complejidad y del tipo de superficie a la que se quiera indicar la rugosidad, por lo que veremos algunos de los casos que se nos puedan presentar a continuación.

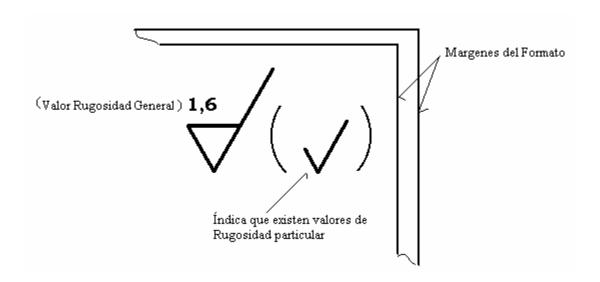


Fig.2.17. Indicación de Rugosidad Particulares.

Colocación de los Símbolos en los casos de rugosidades particulares

A continuación se muestran algunos casos de la colocación de los símbolos de rugosidad superficial.

Colocación del símbolo de rugosidad superficial en agujeros, ranuras o chaveteros. (Fig. 2.18)

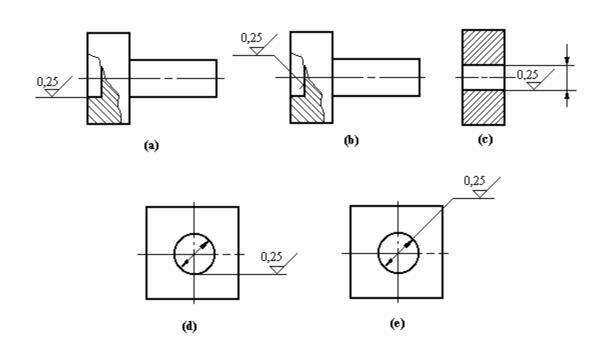


Fig.2.18.(a), (b), (c). Agujeros o Ranuras en corte, (d), (e). Agujeros en vista

❖ Colocación de dos rugosidades distintas en una misma superficie. (Fig.2.19).

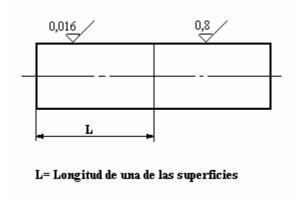


Fig.2.19.

❖ Colocación de la rugosidad en una vista interrumpida. (Fig.2.20).

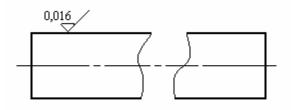


Fig.2.20.Superficie interrumpida, el símbolo se coloca una sola vez.

❖ Colocación de la rugosidad en dientes de ruedas dentadas. (Fig.2.21).

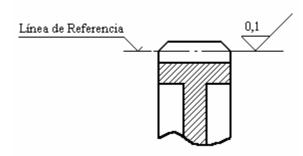


Fig.2.21. Símbolo de rugosidad en la superficie de trabajo de los dientes de las ruedas dentadas.

Colocación de la rugosidad en superficies roscadas. (Fig.2.22).

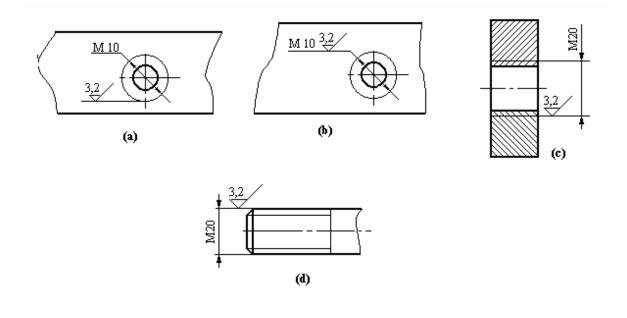


Fig.2.22.(a),(b) Rugosidad superficie interior roscada en vista, (c) Rugosidad superficie roscada interior en corte, (d) Rugosidad superficie roscada exterior en vista.

Medición De La Rugosidad.

En el pasado la rugosidad era analizada a mano por un especialista quien determinaba cual era el valor, en la actualidad, la rugosidad puede ser medida usando métodos de contacto o métodos de no contacto. Los métodos de contacto requieren de un palpador de medición que se arrastra por la superficie, incluyen un medidor de perfil. Los métodos de no contacto requieren de microscopios electrónicos, computadora, métodos estadísticos etc. para el análisis de la señal.

Método de contacto.

Comparadores visotáctiles. Elementos para evaluar el acabado superficial de piezas por comparación visual y táctil con superficies de diferentes acabados obtenidas por el mismo proceso de fabricación.

Métodos de no contacto

❖ Rugosímetro. Instrumentos electrónicos de sensibilidad micrométrica, que determinan con rapidez la rugosidad de las superficies. Los rugosímetros miden la profundidad de la rugosidad media Rz, y el valor de la rugosidad media Ra expresado en micras. Los rugosímetros pueden ofrecer la lectura de la rugosidad directa en una pantalla o indicarla en un documento gráfico. Existe diversidad de los mismos (Rugosímetro de Palpador Mecánico, Rugosímetro Palpador Inductivo, Rugosímetro: Palpador Capacitivo, Rugosímetro Palpador piezoeléctrico, Rugosímetro Patín Mecánico, Rugosímetro Filtrado Eléctrico)

Valores Numéricos De La Rugosidad Superficial.

Los valores numéricos y los parámetros principales de la rugosidad superficial de los artículos se establecen independientemente del material de que estén elaborados, así como del método de elaboración. Generalmente no se aplican a superficies donde no sea posible el establecimiento del control de la rugosidad superficial (superficies de fieltro y otros materiales similares), así como para las irregularidades de superficies que son producto de defectos del material (poros, grietas, etc.) o a deterioros de la superficie por arañazos o abolladuras.

Estos valores numéricos de rugosidad superficial se establecen en tablas para cada parámetro principal de rugosidad. (Tabla 2.2 y Tabla 2.3).

Cuando se procesa una superficie la rugosidad en la misma es creada por la impresión de la herramienta, diferentes procesos provocan diferentes tolerancias y son capaces de producir

diferentes rugosidades (Tabla 2.5). Generalmente las tolerancias dimensionales y la rugosidad están muy vinculadas, ya que en determinados procesos se requieren de dimensiones precisas y esto crea determinados valores de rugosidad asociados (Tabla 2.4).

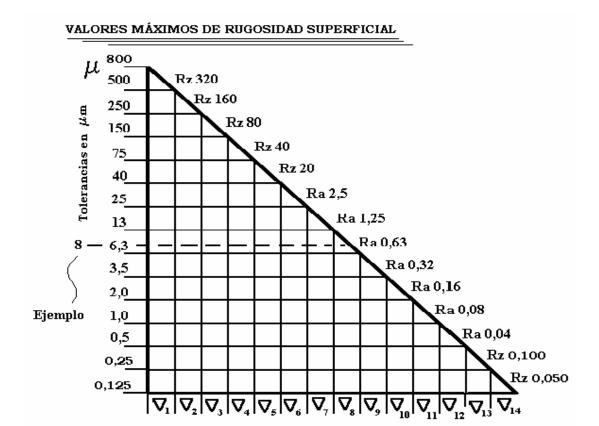
Tabla 2.2. Valores numéricos de rugosidad superficial Ra. (dimensiones en m)

| | <u>100</u> | 10,0 | 1,00 | <u>0,100</u> |
|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 80 | 8,0 | <u>0,80</u> | 0,080 |
| | 63 | <u>6,3</u> | 0,63 | 0,063 |
| | <u>50</u> | 5,0 | 0,50 | <u>0,050</u> |
| 400 | 40 | 4,0 | <u>0,40</u> | 0,040 |
| 320 | 32 | 3,2 | 0,32 | 0,032 |
| 250 | <u>25</u> | 2,5 | 0,25 | <u>0,025</u> |
| 200 | 20 | 2,0 | 0,20 | 0,020 |
| 160 | 16,0 | <u>1,60</u> | 0,160 | 0,016 |
| 125 | <u>12,5</u> | 1,25 | 0,125 | <u>0,012</u> |
| | | | | 0,010 |
| | | | | 0,008 |

Tabla 2.3. Valores numéricos de rugosidad superficial Rz y Rmáx. (dimensiones en m)

| | 1000 | <u>100</u> | 10,0 | 1,00 | <u>0,100</u> |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 800 | 80 | 8,0 | <u>0,80</u> | 0,080 |
| | 630 | 63 | <u>6,3</u> | 0,63 | 0,063 |
| | 500 | <u>50</u> | 5,0 | 0,50 | <u>0,050</u> |
| | <u>400</u> | 40 | 4,0 | <u>0,40</u> | 0,040 |
| | 320 | 32 | <u>3,2</u> | 0,32 | 0,032 |
| | 250 | <u>25</u> | 2,5 | 0,25 | <u>0,025</u> |
| | <u>200</u> | 20 | 2,0 | 0,20 | |
| 1600 | 160 | 16,0 | <u>1,60</u> | 0,160 | |
| 1250 | 125 | <u>12,5</u> | 1,25 | 0,125 | |

Nota. Los valores subrayados en ambas tablas son los recomendados.



Ejemplo de como determinar la Rugosidad superficial

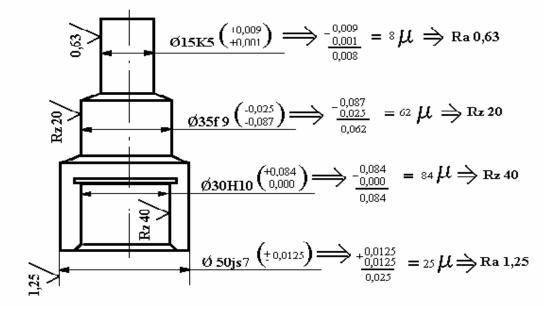


Tabla 2.4. Valores de rugosidad superficial a partir de tolerancias dimensionales.

Tabla 2.5. Valores de Rugosidad según el Método de Elaboración

| Método de Elaboración | | Rugosidad Ra | Rugosidad RZ |
|--------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| Esmerilado de Precisión | acabado | 0,1 - 0,2 | 0,4 - 0,8 |
| | fino | 0,012 - 0,025 | 0,05 - 0,1 |
| Súper Finish | | 0,1 - 0,4 | 0,4 - 1,6 |
| Finish | Medio | 0,1 - 0,2 | 0,4 - 0,8 |
| | Fino | 0,08 | 0,2 |
| | Decorado | 0,025 - 0,012 | 0,1 - 005 |
| Pulido | Común | 0,2 - 1,6 | 0,8 - 6,3 |
| | Fino | 0,05 - 0,1 | 0,2 - 0,4 |
| Esmerilado | Acabado | 0,4 - 3,2 | 1,6 - 12,5 |
| | Fino | 0,1 - 1,6 | 0,4 - 6,3 |
| Escareado | Semiacabado | 6,3 - 12,5 | 25 - 50 |
| | Acabado | 1,6 - 3,2 | 6,3 - 12,5 |
| | Fino | 0,4 - 0,8 | 1,6 - 3,2 |
| Brochado | Semiacabado | 6,3 - 12,5 | 25 - 50 |
| | Acabado | 0,8 - 3,2 | 3,2 - 12,5 |
| Mandrinado | Desbaste | 50 - 100 | 200 - 400 |
| | Acabado | 1,6 - 3,2 | 6,3 - 12,5 |
| | Fino | 0,4 - 0,8 | 1,6 - 3,2 |
| Laminado y Trefilado | | 0,8 - 6,3 | 3,2 - 25 |
| Barrenado | Desbaste | 12,5 - 25 | 50 - 100 |
| | Acabado | 3,2 - 6,3 | 12,5 - 25 |
| Taladrado | Hasta 15 mm | 0,2 - 12,5 | 1,6 - 50 |
| Torneado | Desbaste | 6,3 - 12,8 | 25 - 50 |
| | Acabado | 1,6 - 3,2 | 6,3 - 12,5 |
| | Fino | 0,4 - 0,8 | 3,2 - 1,6 |
| Cepillado | Desbaste | 12,5 - 15 | 50 |
| _ | Acabado | 3,2 - 6,3 | 12,5 - 25 |
| Fresado con Fresa Frontal | Desbaste | 6,3 - 12,5 | 25 - 50 |
| | Acabado | 3,2 - 6,3 | 12,5 - 25 |
| Fresado con Fresa Cilíndrica | Desbaste | 25 - 50 | 100 - 200 |
| | Acabado | 3,2 - 6,3 | 12,5 - 25 |
| Bruñido con Barreta Plana | | 0,05 - 6,4 | 0,2 - 1,6 |
| Elaboración por Electroerosión | | 1,6 - 25 | 6,3 – 100 |
| Estampado y Fundición | | 12,5 - 100 | 50 – 400 |
| Fundición a Presión | | 0,8 - 50 | 3,2-200 |
| Rectificado | Cilíndrico | 0,8 - 1,6 | 3,2 - 6,3 |
| | Plano | 0,2 - 0,4 | 0,8 - 1,6 |

Nota. Los valores en negrita son los recomendados

BIBLIOGRAFIA.

- Portela V. 1978. Curso de Metrología Dimensional. E.T.S.I.I. de Madrid. p 169.
- Catálogos de MITUTOYO, STARRET, BROWN & SHARPE y TESA
- Comité de Metrología de la A.E.C.C. Madrid. Consejos de metrología de la A.E.C.C. (varios) Asociación Española de Control de Calidad.
- Larburu N. 1968 *MÁQUINAS*. *PRONTUARIO*. *TÉCNICAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS*., Madrid (2004), Thomson Editores. ISBN 84-283--
- Casanova, E., A. METROLOGIA BÁSICA editorial Edebé
- METROLOGIA INTERCAMBIABILIDAD. Departamento de Tecnología del Maquinado. Facultad de Construcción de Maquinarias. ISPJAE. Ministerio de Educación Superior. La Habana. 1986.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Dirección General de Política Tecnológica. CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE METROLOGÍA DIMENSIONAL. Sección Publicaciones Ingenieros Industriales. Madrid, 1992.
- Rodríguez. O, *et al* 1985. DIBUJO APLICADO PARA INGENIEROS. Tomo I y II. Editorial Ediciones. La Habana. Págs. 267 y 343 Respectivamente.
- Rodríguez. O. *et al* MANUAL DE TRABAJOS PRACTICOS DE DIBUJO APLICADO.
- Pupo. T, J. et al. 1991 DIBUJO APLICADO PARA EL INGENIERO INDUSTRIAL. La Habana..
- Zdenek V, 1969. DIBUJO TÉCNICO. Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana..

Normas Consultadas.

NC 02-03-09:1978. Sistema Único de Documentación de Proyectos. Representación de la Rugosidad Superficial.

ISO/R468- 1966 Rugosidad Superficial.

ST CAME-638-1977.Normas Básicas de Intercambiabilidad. Rugosidad Superficial. Parámetros Principales y Valores Numéricos.

URSS GOST 2789-1973 Rugosidad Superficial. Parámetros y Características.

España Une 82-301-1976. Determinación De La Rugosidad Superficial

GOST 2.309:1973 SUDP Representación De La Rugosidad Superficial.

DIN 4766-1. Alcance De La Rugosidad De Superficies

UNE 82-315 / 86 Terminología

ASME Y14.36M-1996. Surface. Texture Symbols

ISO-1302:2001. Geometrical Product Specifications (Gps). Indication Of Surface Texture In Technical Product Documentation.

NC ISO 128-20:2004. Dibujos Técnicos. Principios Generales De Representación Parte 20 . Convenciones Básicas Para Líneas.

NC ISO 128-22:1999. Dibujos Técnicos. Principios Generales De Presentación - Parte 22. Convenciones Básicas Y Aplicaciones Para Líneas Guías Y Líneas De Referencias.