

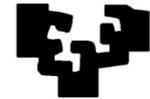
MÓDULO IV: METROLOGÍA DIMENSIONAL

TEMA 17: Metrología del acabado superficial

TECNOLOGÍA MECÁNICA

DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea



- 1. Introducción**
- 2. Clasificación de las desviaciones superficiales: longitud de corte**
- 3. Expresión de la rugosidad superficial**
- 4. Medición de la rugosidad superficial**
- 5. Cuestionario tutorizado**
- 6. Oportunidades laborales: empresas y productos**

1. Introducción

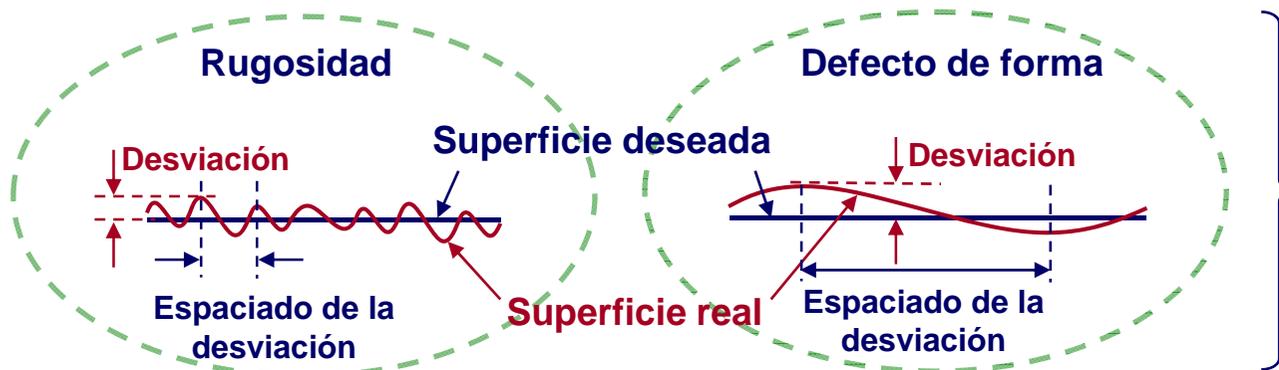
Las **desviaciones de acabado superficial** influyen en aspectos tales como:

- **Lubricación:** Superficies de pistones, rodamientos,...
- **Desgaste:** Guías, apoyos,...
- **Estanqueidad:** Piezas de depósitos de alta presión
- **Comportamiento a Fatiga:** ejes, acoplamientos,...
- **Aspecto Estético:** Superficies de moldes y matrices.
- **Otros:** Brillo, adherencia de recubrimientos, corrosión, ...



Molde para el pie de una copa: La superficie de los moldes se pulen manualmente hasta obtener un “acabado espejo” que garantiza la estética de las piezas

Para poder evaluar el acabado superficial de una pieza, es necesario distinguir entre **rugosidad** y **defecto de forma**:



La distinción es importante...

2. Clasificaciones de las desviaciones superficiales: longitud de corte

Defectos de forma: inclinación del perfil, falta de planitud o de redondez, etc.

- Afectan al funcionamiento: Excentricidad, falta de ajuste, holguras, ruidos/vibraciones, ...

Rugosidad:

- Afectan al comportamiento de la superficie frente a rozamiento, lubricación, desgaste, rodadura, etc.

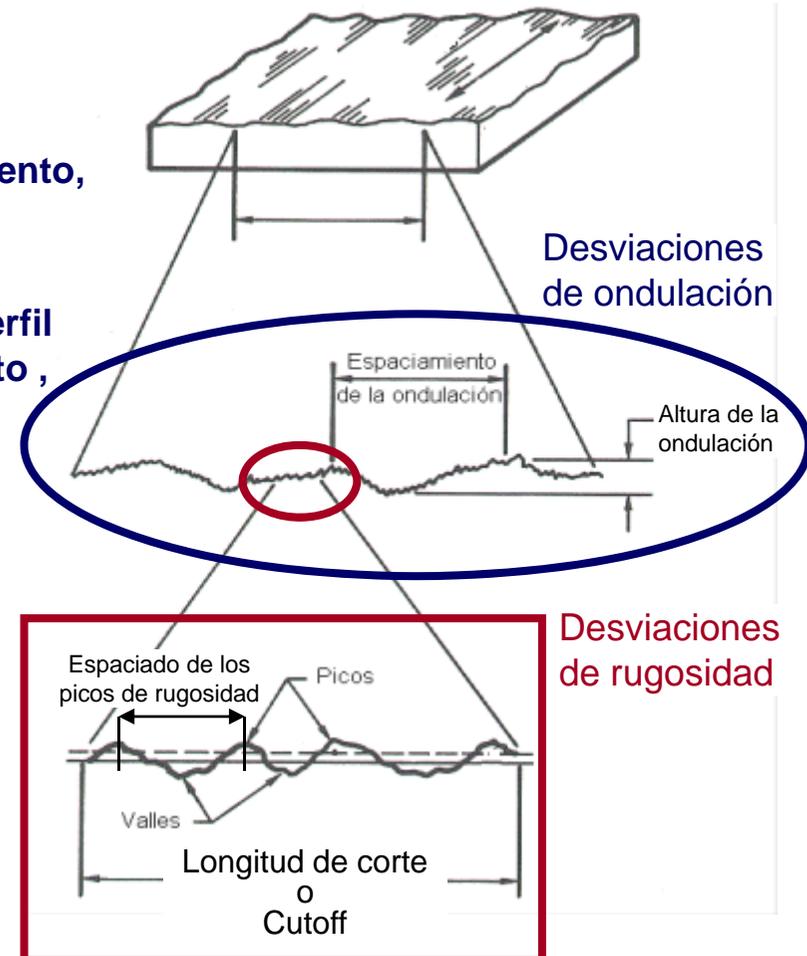
La **evaluación** del acabado superficial se realiza sobre un perfil plano de la superficie real, obtenido mediante un instrumento, denominado rugosímetro

Las desviaciones intermedias entre los defectos de forma y la rugosidad se denominan "**ondulación**"

Longitud de Corte (l_c) o Cutoff: Distancia que se utiliza para diferenciar ondulación y rugosidad.

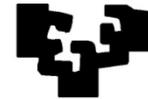
- Si el espaciado de la desviación $\geq l_c \rightarrow$ **ONDULACIÓN**

- Si el espaciado de la desviación $< l_c \rightarrow$ **RUGOSIDAD**





2. Clasificaciones de las desviaciones superficiales: longitud de corte



Longitud de Corte (l_c) o Cutoff: Distancia que se utiliza para diferenciar rugosidad de desviaciones de ondulación

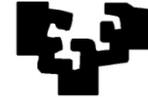
- Si el espaciado de la desviación $\geq l_c \rightarrow$ **ONDULACIÓN**
- Si el espaciado de la desviación $< l_c \rightarrow$ **RUGOSIDAD**

Valores de l_c aconsejados para la medición de rugosidad en función del proceso de fabricación

| Proceso de acabado | Gama aprox. de valores Ra | | Valores de longitud de corte apropiados | | |
|-----------------------|---------------------------|------------------|---|-----------------|----------------|
| | μm | μpulg | 0,25mm 0,01in | 0,8mm 0,03in | 2,5mm 0,1in |
| Superacabado | 0,05-0,2 | 2-8 | ✓ | ✓ | |
| Lapeado | 0,05-0,4 | 2-16 | ✓ | ✓ | |
| Bruñido | 0,1-0,8 | 4-32 | ✓ | ✓ | |
| Rectificado | 0,1-1,6 | 4-63 | ✓ | ✓ | ✓ |
| Torneado con diamante | 0,1-0,4 | 4-16 | ✓ | ✓ | |
| Torneado | 0,4-6,3 | 16-250 | | ✓ | ✓ |
| Mandrinado | 0,4-6,3 | 16-250 | | ✓ | ✓ |
| Estirado | 0,8-3,2 | 32-125 | | ✓ | ✓ |
| Brochado | 0,8-3,2 | 32-125 | | ✓ | ✓ |
| Extruido | 0,8-3,2 | 32-125 | | ✓ | ✓ |
| Fresado | 0,8-6,3 | 32-250 | | ✓ | ✓ |
| Conformado | 1,6-12,5 | 63-500 | | ✓ | ✓ |



2. Clasificaciones de las desviaciones superficiales: longitud de corte



Longitud de Corte (l_c) o Cutoff: Distancia que se utiliza para diferenciar rugosidad de desviaciones de ondulación

- Si el espaciado de la desviación $\geq l_c \rightarrow$ **ONDULACIÓN**
- Si el espaciado de la desviación $< l_c \rightarrow$ **RUGOSIDAD**

Aplicación de **FILTROS**

Los filtros más comunes son:

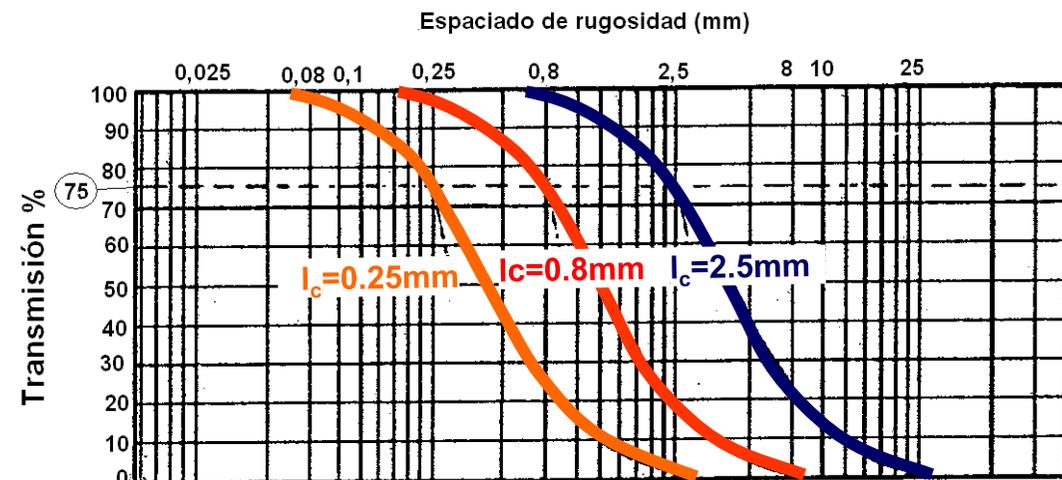
- El filtro ISO, electrónico
- El filtro Gaussiano, matemático

Ambos se basan en:

1. La subdivisión del perfil en armónicos (Fourier)
2. La aplicación de un coeficiente de transmisión a cada armónico

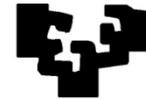
Filtro ISO: Utilizado por norma para medida de rugosidad.

Filtra gradualmente los picos y valles en función de l_c .





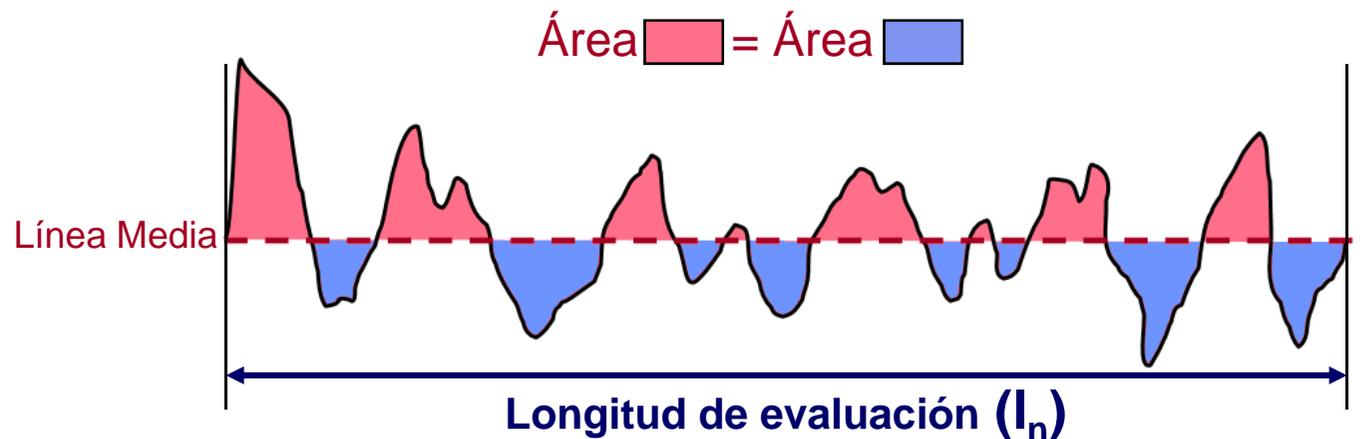
3. Expresión de la rugosidad



- Los picos y valles de una superficie aparecen, por lo general, de forma **aleatoria**.
- Es necesario utilizar **parámetros estadísticos** para cuantificar la rugosidad. Estos parámetros están normalizados (ISO 4288:1996, ASME B46.1-2002)
- Es habitual **utilizar más de un parámetro** para definirla.

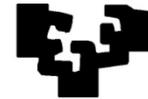
Para medir la rugosidad se realizan los siguientes pasos:

- 1.- Medir un perfil completo con una longitud de evaluación normalizada $l_n > l_c$ (generalmente, $5 \cdot l_c$)
- 2.- Filtrar la señal para eliminar la ondulación.
- 3.- Establecer la línea media: Línea que separa áreas iguales en los picos y en los valles





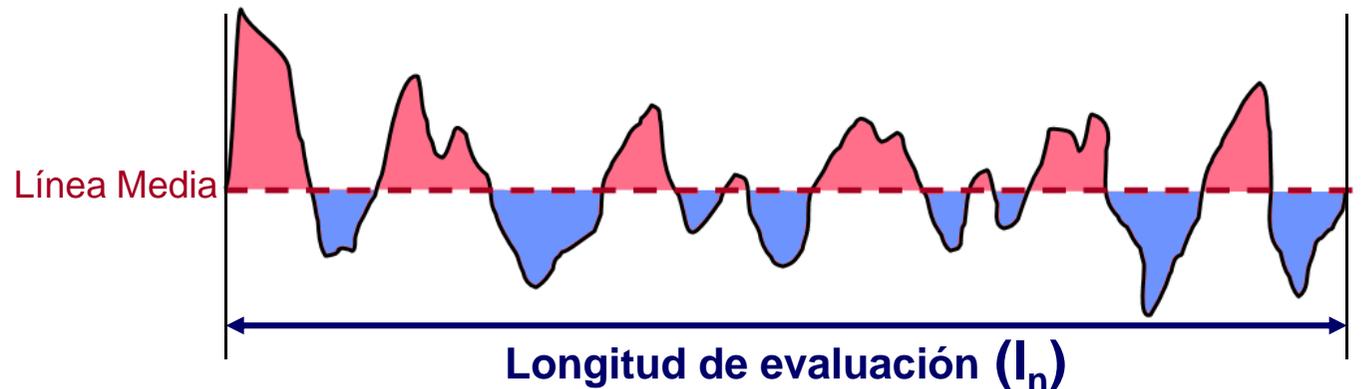
3. Expresión de la rugosidad



Rugosidad Media (Ra): El parámetro más utilizado

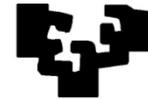
Es la media aritmética del perfil: $R_a = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |y(x)| dx$

Es el resultado de realizar la operación:
$$\frac{\sum (\text{Área } \color{red}\square) + \sum (\text{Área } \color{blue}\square)}{l_n}$$

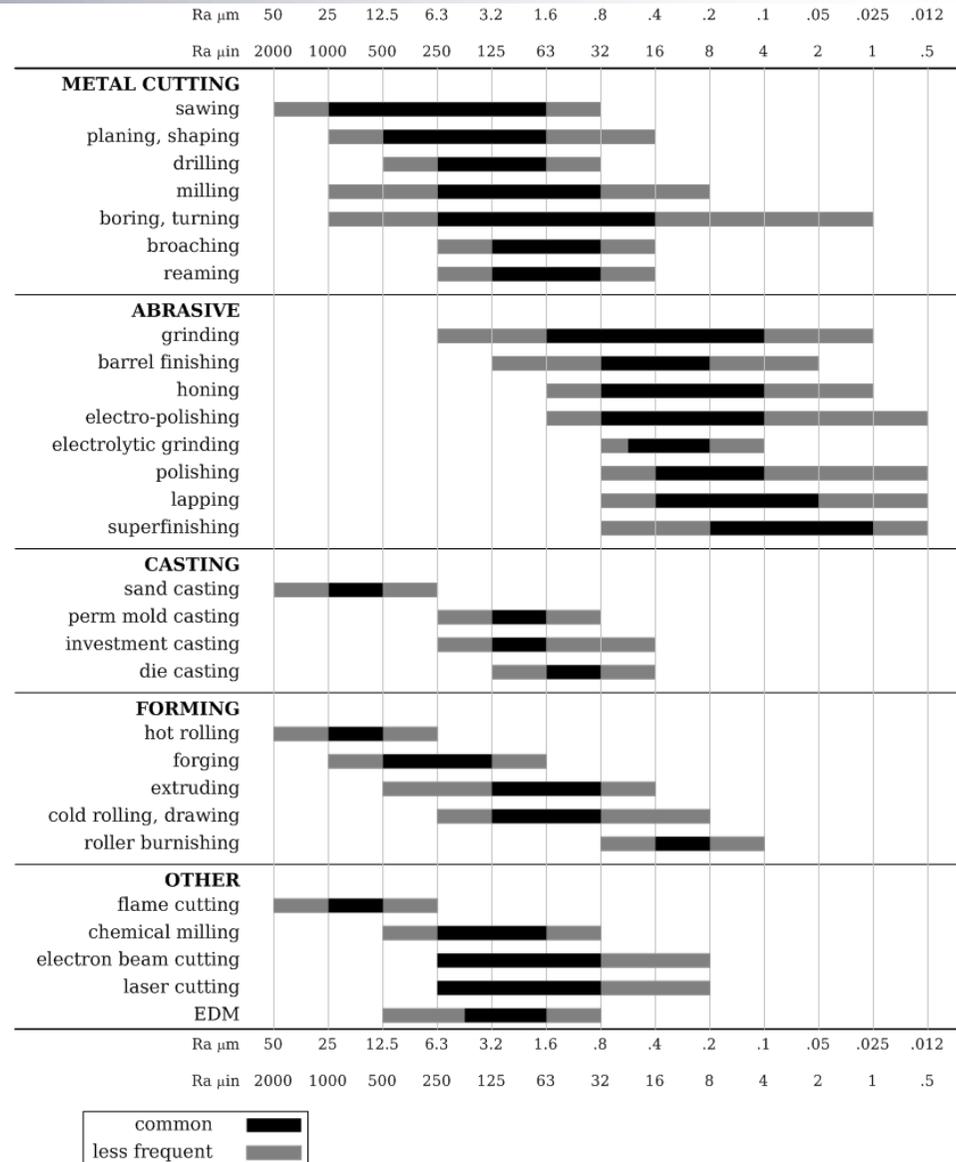




3. Expresión de la rugosidad

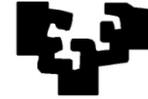


Valores de rugosidad media habituales, para diferentes procesos:

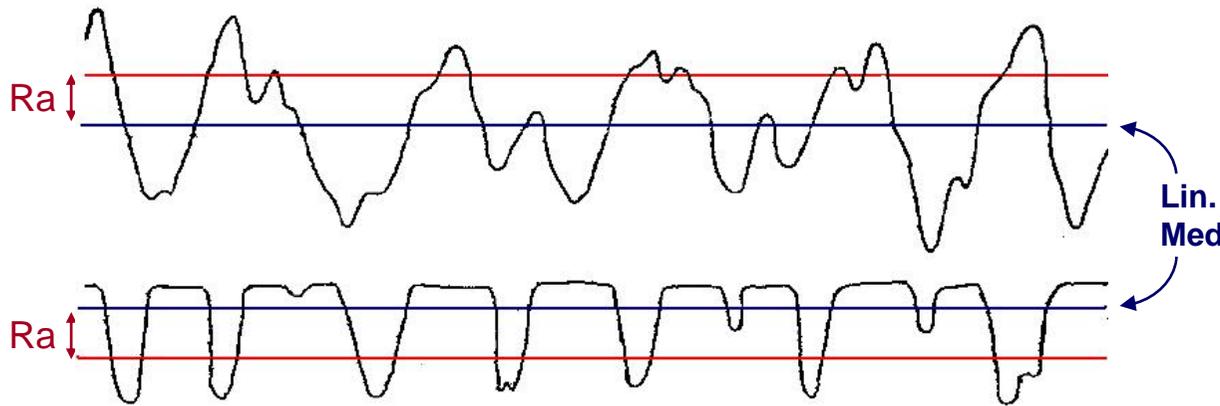




3. Expresión de la rugosidad



Puede darse el caso de que dos perfiles muy diferentes tengan la misma rugosidad media R_a :

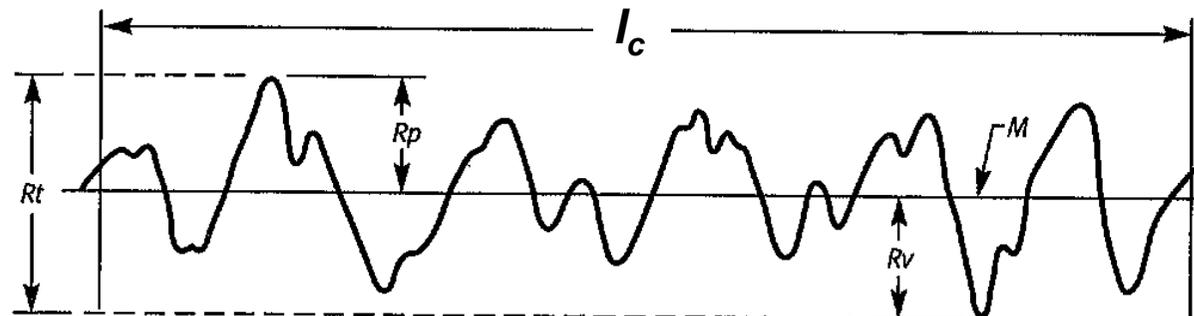


Perfiles con la misma R_a pero con un comportamiento al rozamiento muy diferente.

Se complementa la R_a con más parámetros:

- R_p : Altura máxima de pico
- R_v : Prof. máxima de valle
- R_{ti} : Altura máxima pico-valle

R_p , R_v y R_{ti} se calculan para cada longitud de corte, l_c

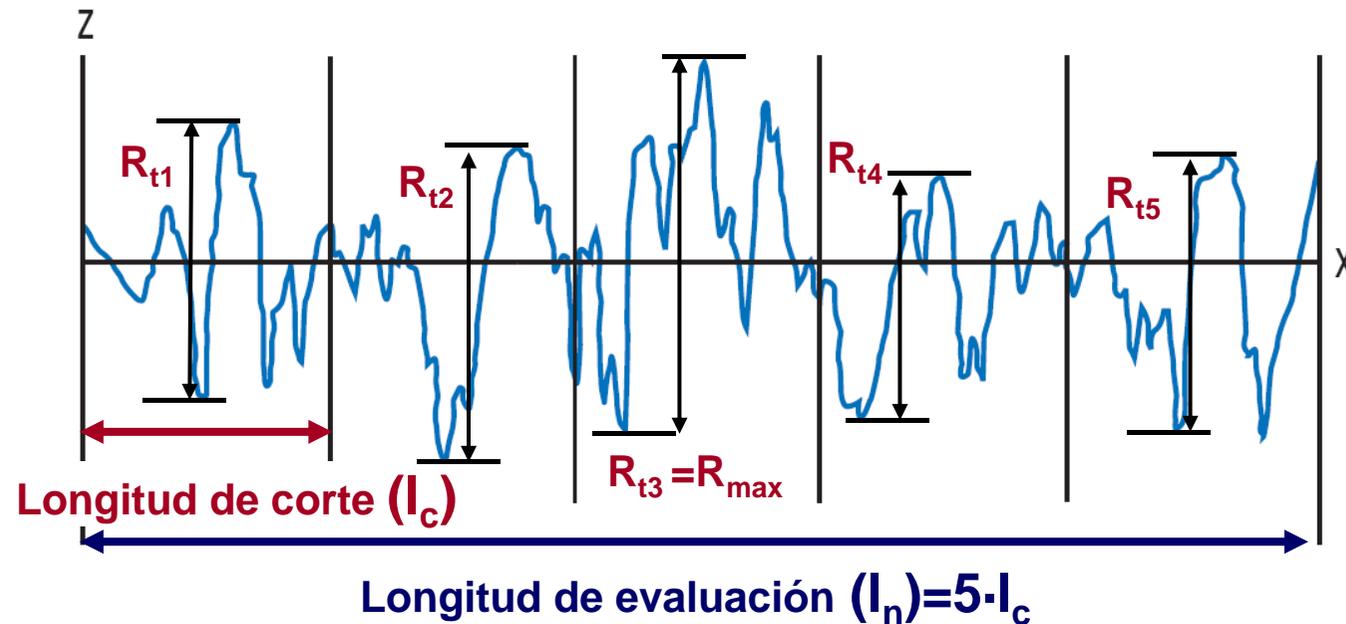


R_t , R_p , and R_v Parameters

3. Expresión de la rugosidad

Otros parámetros de medida de rugosidad se basan en estadísticos de las alturas de picos y valles a lo largo de una longitud de corte:

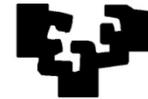
- R_{ti} : Altura máxima pico- valle en una longitud de corte
- R_z : Media aritmética de los valores de R_{ti}
- R_{max} : Altura máxima pico-valle ($\max\{R_{ti}\}$)



Hay más parámetros para definir otras características de la topografía superficial: medición de la distribución de los picos, distancia longitudinal entre picos y valles, etc.



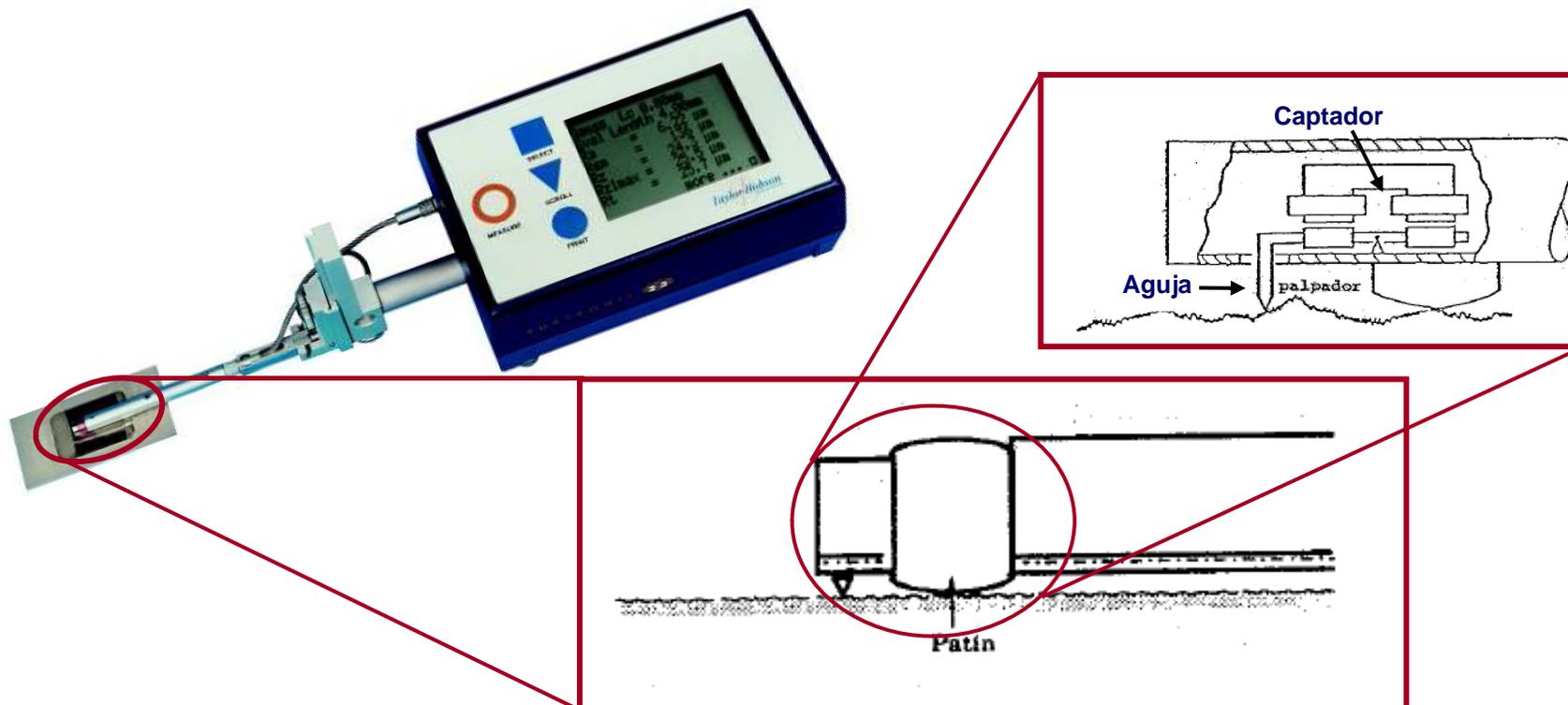
4. Medición de la rugosidad superficial



RUGOSÍMETRO:

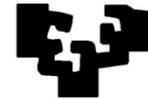
La medición de la rugosidad se realiza con el rugosímetro. Este instrumento se compone de:

- **Aguja:** se introduce entre los picos y valles. Es de diamante → Desgaste↓
- **Captador:** Registra los movimientos verticales de la aguja
- **Patín:** Se apoya en la superficie y sirve de filtro mecánico. Son de rubí sintético → Deformación↓
- **Motorización:** Empuja y arrastra la aguja sobre la superficie
- **Electrónica:** Registra los datos del captador, los procesa y obtiene los parámetros deseados





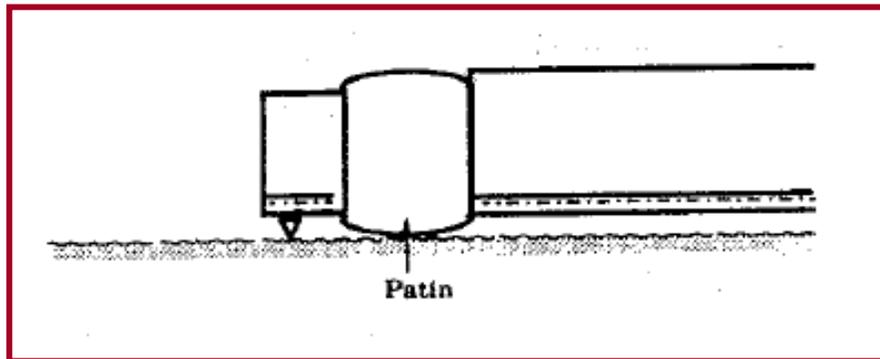
4. Medición de la rugosidad superficial



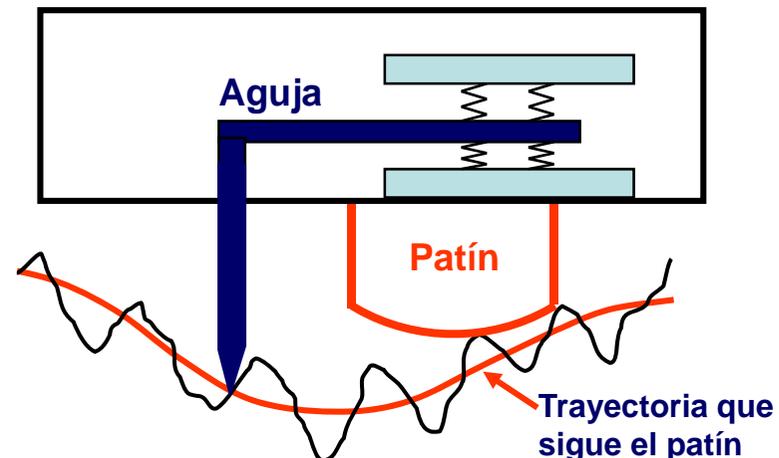
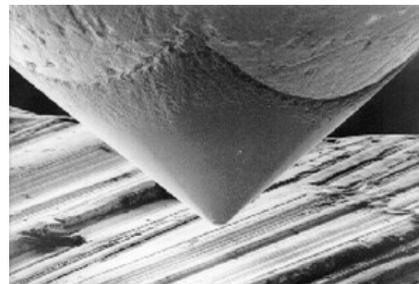
RUGOSÍMETRO:

La medición de la rugosidad se realiza con el rugosímetro. Este instrumento se compone de:

- **Aguja:** se introduce entre los picos y valles. Es de diamante → Desgaste↓
- **Captador:** Registra los movimientos verticales de la aguja
- **Patín:** Se apoya en la superficie y sirve de filtro mecánico. Son de rubí sintético → Deformación↓
- **Motorización:** Empuja y arrastra la aguja sobre la superficie
- **Electrónica:** Registra los datos del captador, los procesa y obtiene los parámetros deseados

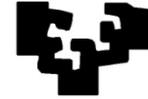


Detalle de la punta de la aguja del rugosímetro





4. Medición de la rugosidad superficial



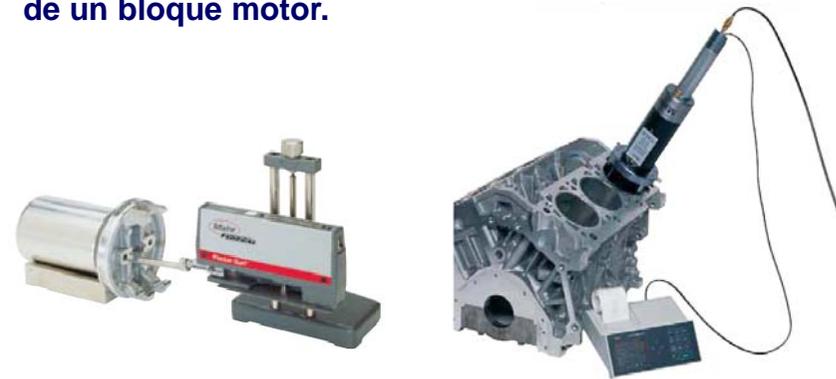
RUGOSÍMETRO:

La medición de la rugosidad se realiza con el rugosímetro.

Rugosímetro de banco, para alta precisión



Medición de la rugosidad en el interior de una pieza y de un bloque motor.

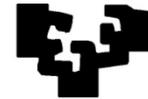


Medición con rugosímetros portátiles





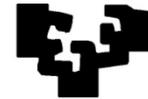
5. Cuestionario tutorizado



1. En la transparencia 3 se indican algunos casos en los que la rugosidad superficial afecta a diferentes propiedades de las piezas. ¿Se te ocurre alguno más?
2. En algunas piezas de alta precisión, no se especifica la rugosidad sino que directamente se establece una banda de tolerancia muy estrecha (normalmente del orden de micras). ¿Por qué crees que únicamente se da este dato?
3. ¿Por qué crees que los filtros electrónicos que se utilizan en las medidas de rugosidad están normalizados?
4. ¿Por qué crees que se recomiendan longitudes de corte diferentes para procesos diferentes (Ver transparencia 5)?
5. Investiga si existen equipos que puedan medir simultáneamente errores de forma y de rugosidad.
6. ¿Por qué crees que se mide un perfil cuya longitud es de cinco veces la longitud de corte y se utilizan parámetros estadísticos para medir la rugosidad?



6. Oportunidades laborales: empresas y productos



Taylor Hobson

Empresa inglesa que está especializada en el desarrollo de rugosímetros y sistemas de medición de rugosidad, errores de forma, perfiles, etc.

Localización: Isocontrol - Distribuidor en Madrid

www.taylor-hobson.com

ORNI

Fabricante de máquinas especiales para desbarbado y pulido de piezas.

Localización: Bergara (Gipuzkoa)

www.orni.com



Muchas empresas que fabrican pieza final necesitan equipos de medición de rugosidad para garantizar las especificaciones: fabricantes de moldes, piezas de automoción, aeronáutica-aeroespaciales,...