

Especificación geométrica de productos (GPS)  
Calidad superficial: Área  
Parte 2: Términos, definiciones y parámetros de calidad  
superficial  
(ISO 25178-2:2021)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN-UNE 82 *Metrología y calibración*, cuya secretaría desempeña CEM.



UNE-EN ISO 25178-2

Especificación geométrica de productos (GPS)

Calidad superficial: Área

Parte 2: Términos, definiciones y parámetros de calidad superficial  
(ISO 25178-2:2021)

*Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Areal. Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 25178-2:2021).*

*Spécification géométrique des produits (GPS). État de surface: Surfaique. Partie 2: Termes, définitions et paramètres d'états de surface (ISO 25178-2:2021).*

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 25178-2:2022, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 25178-2:2021.

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN ISO 25178-2:2013.

Las observaciones a este documento han de dirigirse a:

**Asociación Española de Normalización**

Génova, 6  
28004 MADRID-España  
Tel.: 915 294 900  
info@une.org  
www.une.org

© UNE 2023

Prohibida la reproducción sin el consentimiento de UNE.

Todos los derechos de propiedad intelectual de la presente norma son titularidad de UNE.

Versión en español

**Especificación geométrica de productos (GPS)**  
**Calidad superficial: Área**  
**Parte 2: Términos, definiciones y parámetros de calidad superficial**  
**(ISO 25178-2:2021)**

Geometrical product specifications  
(GPS). Surface texture: Areal. Part 2:  
Terms, definitions and surface texture  
parameters (ISO 25178-2:2021).

Spécification géométrique des produits  
(GPS). État de surface: Surfacing.  
Partie 2: Termes, définitions et  
paramètres d'états de surface  
(ISO 25178-2:2021)

Geometrische Produktspezifikation  
(GPS). Oberflächenbeschaffenheit:  
Flächenhaft. Teil 2: Begriffe,  
Definitionen und  
Oberflächen-Kenngrößen  
(ISO 25178-2:2021).

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2021-11-27.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN/CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión de CEN/CENELEC, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Macedonia del Norte, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía.



COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

**CENTRO DE GESTIÓN: Rue de la Science, 23, B-1040 Brussels, Belgium**

© 2022 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

## Índice

Prólogo europeo .....	6
Declaración.....	6
Prólogo .....	7
0      Introducción.....	8
1      Objeto y campo de aplicación.....	8
2      Normas para consulta .....	8
3      Términos y definiciones.....	9
3.1    Términos generales.....	9
3.2    Términos de los parámetros geométricos .....	13
3.3    Términos de elementos geométricos.....	20
4      Parámetros de campo .....	24
4.1    Generalidades.....	24
4.2    Parámetros de altura .....	25
4.2.1   Generalidades.....	25
4.2.2   Altura media cuadrática .....	25
4.2.3   Asimetría .....	25
4.2.4   Aplastamiento.....	25
4.2.5   Altura máxima de pico.....	25
4.2.6   Profundidad máxima de hoyo.....	26
4.2.7   Altura máxima .....	26
4.2.8   Altura media aritmética.....	26
4.3    Parámetros de espaciamiento .....	26
4.3.1   Generalidades.....	26
4.3.2   Longitud de autocorrelación.....	26
4.3.3   Proporción de aspecto de la calidad superficial .....	27
4.3.4   Dirección de la calidad superficial .....	28
4.3.5   Longitud de onda espacial dominante .....	28
4.4    Parámetros híbridos .....	28
4.4.1   Generalidades.....	28
4.4.2   Gradiente cuadrático medio .....	28
4.4.3   Proporción de área interfacial desarrollada.....	29
4.5    Funciones de tasa portante y parámetros relacionados.....	29
4.5.1   Tasa portante de área .....	29
4.5.2   Altura de tasa de longitud portante de área.....	30
4.5.3   Diferencia de altura de la tasa de longitud portante.....	31
4.5.4   Parámetros de área para superficies estratificadas.....	32
4.5.5   Parámetros de probabilidad de tasa portante de área.....	34
4.5.6   Volumen de vacío .....	36
4.5.7   Volumen de material.....	37
4.6    Distribución del gradiente .....	38
4.7    Métodos geométricos multiescala (fractales) .....	40
4.7.1   Función morfológica de volumen-escala .....	40
4.7.2   Área relativa.....	40

4.7.3	Longitud relativa .....	40
4.7.4	Escala de observación .....	40
4.7.5	Complejidad fractal volumen-escala .....	41
4.7.6	Complejidad fractal área-escala.....	41
4.7.7	Complejidad fractal longitud-escala.....	41
4.7.8	Escala de cruce .....	41
5	Parámetros de elementos.....	42
5.1	Generalidades.....	42
5.2	Tipos de elementos de calidad superficial.....	43
5.3	Segmentación.....	44
5.4	Determinación de elementos significativos .....	44
5.5	Sección de atributos de elementos.....	46
5.6	Estadística de atributos.....	47
5.7	Convención para la caracterización de elementos.....	48
5.8	Parámetros de elementos designados.....	48
5.8.1	Generalidades.....	48
5.8.2	Densidad de picos.....	49
5.8.3	Densidad de hoyos .....	49
5.8.4	Curvatura media de los picos .....	49
5.8.5	Curvatura media de los hoyos.....	49
5.8.6	Altura sobre cinco picos.....	50
5.8.7	Profundidad sobre cinco hoyos.....	50
5.8.8	Altura sobre diez puntos.....	50
5.9	Parámetros de elementos adicionales.....	50
5.9.1	Generalidades.....	50
5.9.2	Parámetros de forma .....	51
Anexo A (Informativo)	Métodos geométricos multiescala (fractales) .....	54
Anexo B (Informativo)	Determinación de los parámetros de área para las superficies funcionales estratificadas.....	61
Anexo C (Informativo)	Bases para las normas de calidad superficial de áreas. Calendario de eventos.....	64
Anexo D (Informativo)	Detalles de implementación .....	65
Anexo E (Informativo)	Cambios realizados en la edición de 2012 de este documento .....	70
Anexo F (Informativo)	Resumen de los parámetros de la calidad superficial de área.....	72
Anexo G (Informativo)	Flujo de trabajo del análisis de especificaciones .....	74
Anexo H (Informativo)	Resumen de las normas sobre perfiles y superficies en el modelo de matriz GPS.....	75
Anexo I (Informativo)	Relación con la matriz GPS .....	76
Bibliografía .....		77

## Prólogo europeo

El texto de la Norma EN ISO 25178-2:2022 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 213 *Especificación dimensional y geométrica de los productos y su verificación* en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 290 *Especificación dimensional y geométrica de los productos y su verificación*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de julio de 2022, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de julio de 2022.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN no es responsable de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN ISO 25178-2:2012.

Cualquier comentario o pregunta sobre este documento deberían dirigirse al organismo nacional de normalización del usuario. En la web de CEN se puede encontrar un listado completo de estos organismos.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República de Macedonia del Norte, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía.

## Declaración

El texto de la Norma ISO 25178-2:2021 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 25178-2:2022 sin ninguna modificación.

## Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de elaboración de las Normas Internacionales se lleva a cabo normalmente a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, vinculadas con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todos los temas de normalización electrotécnica.

En la Parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar este documento y aquellos previstos para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Este documento ha sido redactado de acuerdo con las reglas editoriales de la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC (véase [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de alguno o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de este documento se indicarán en la Introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas (véase [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Cualquier nombre comercial utilizado en este documento es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para una explicación de la naturaleza voluntaria de las normas, el significado de los términos específicos de ISO y las expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como la información acerca de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Este documento ha sido preparado por el Comité Técnico ISO/TC 213, *Especificación dimensional y geométrica de los productos y su verificación*, en colaboración con el Comité Europeo de Normalización (CEN) Comité Técnico CEN/TC 290, *Especificación dimensional y geométrica de los productos y su verificación*, conforme al acuerdo de cooperación técnica entre ISO y CEN (Acuerdo de Viena).

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición (ISO 25178-2:2012) que ha sido revisada técnicamente. Los cambios principales en comparación con la edición previa se describen en el anexo E.

En el sitio web de ISO se puede encontrar un listado de todas las partes de la serie de Normas ISO 25178.

Cualquier comentario o pregunta sobre este documento deberían dirigirse al organismo nacional de normalización del usuario. En [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) se puede encontrar un listado completo de estos organismos.

## 0 Introducción

Este documento es una norma de especificación geométrica de productos (GPS) y tiene que considerarse como una norma GPS general (véase la Norma ISO 14638). Influye en el eslabón B de la cadena de normas sobre calidad superficial de área.

El modelo de matriz ISO/GPS dado en la Norma ISO 14638 muestra una visión general del sistema ISO/GPS, del que forma parte este documento. Las reglas fundamentales de ISO/GPS dadas en la Norma ISO 8015 se aplican a este documento y las reglas de decisión por defecto dadas en la Norma ISO 14253-1 se aplican a las especificaciones realizadas de acuerdo con este documento, a menos que se indique lo contrario.

Para una información más detallada sobre la relación de este documento con otras normas y con el modelo de matriz GPS, véase el anexo I. En el anexo H se ofrece una visión general de las normas sobre calidad superficial de perfil y de área.

Este documento desarrolla la terminología, los conceptos y los parámetros de la calidad superficial de área.

A lo largo de este documento, los parámetros se escriben como abreviaturas con sufijos en minúsculas (como en  $S_q$  o  $V_{mp}$ ) cuando se utilizan en una frase, y, como símbolos con subíndices (como en  $S_q$  o  $V_{mp}$ ) cuando se utilizan en fórmulas, para evitar interpretaciones erróneas de las letras compuestas como indicación de multiplicación entre magnitudes en las fórmulas. Los parámetros en minúsculas se utilizan en la documentación del producto, los dibujos y las fichas técnicas.

Los parámetros se calculan a partir de coordenadas definidas en el sistema de coordenadas de la especificación, o a partir de cantidades derivadas (por ejemplo, gradiente, curvatura).

Los parámetros se definen para el caso continuo, pero en la verificación se calculan sobre superficies discretas, como la superficie primaria extraída.

En el anexo C se puede encontrar un breve historial del trabajo realizado sobre la calidad superficial de área.

## 1 Objeto y campo de aplicación

Este documento especifica los parámetros para la determinación de la calidad superficial por métodos de área.

## 2 Normas para consulta

En el texto se hace referencia a los siguientes documentos de manera que parte o la totalidad de su contenido constituyen requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluida cualquier modificación de esta).

ISO 16610-1:2015, *Especificación geométrica de productos (GPS). Filtración. Parte 1: Perspectiva general y conceptos de básicos*.



ISO 17450-1:2011, *Especificación geométrica de productos (GPS). Conceptos generales. Parte 1: Modelo para la especificación y verificación geométricas*.

### 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en las Normas ISO 16610-1:2015 e ISO 17450-1:2011 además de los siguientes.

ISO e IEC mantienen bases de datos terminológicas para su utilización en normalización en las siguientes direcciones:

- Plataforma de búsqueda en línea de ISO: disponible en <http://www.iso.org/obp>
- Electropedia de IEC: disponible en <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1 Términos generales

##### 3.1.1 **skin model:**

<de una pieza> Modelo de intersección física de la pieza con su entorno.

[FUENTE: ISO 17450-1:2011, 3.2.2]

##### 3.1.2 **calidad superficial:**

<área> Irregularidades geométricas contenidas en una *superficie de escala limitada* (3.1.9).

NOTA 1 La calidad superficial no incluye las irregularidades geométricas que contribuyen a la forma o contorno de la superficie.

##### 3.1.3 **superficie mecánica:**

Límite de la erosión producida una esfera de radio  $r$ , que siguiera la curva generada por el centro de una de esfera ideal, también de radio  $r$ , que hubiera rodado sobre el *skin model* (3.1.1) de una pieza.

[FUENTE: ISO 14406:2010, 3.1.1, modificado]

##### 3.1.3.1 **superficie electromagnética:**

Superficie obtenida por la interacción electromagnética con el *skin model* (3.1.1) de la pieza.

[FUENTE: ISO 14406:2010, 3.1.2, modificado]

##### 3.1.3.2 **superficie auxiliar:**

Superficie, distinta de la mecánica o electromagnética, obtenida por una interacción con el *skin model* (3.1.1) de una pieza.

NOTA 1 Una superficie matemática (*softgauge*) es un ejemplo de superficie auxiliar.

NOTA 2 Otros principios de medición física, como la microscopía de efecto túnel o la microscopía de fuerza atómica, también pueden servir de superficie auxiliar. Véanse la figura 1 y el anexo G.

### 3.1.4 sistema de coordenadas de la especificación:

Sistema de coordenadas en el que se especifican los parámetros de calidad superficial.

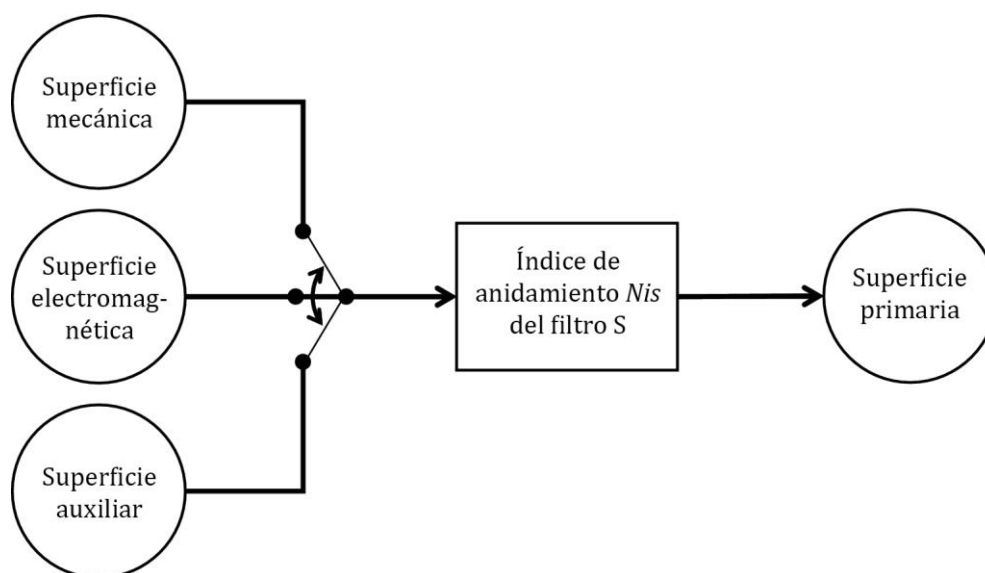
NOTA 1 Si la forma nominal de la superficie es un plano (o porción de un plano), es práctica común utilizar un sistema ortogonal de coordenadas cartesianas de sentido directo, en el que los ejes  $x$  e  $y$  también están en el plano de la superficie nominal, y el eje  $z$  apunta hacia el exterior (desde el material hacia el medio que lo rodea). Esta convención se adopta en el resto del documento.

### 3.1.5 superficie primaria:

Porción de una superficie obtenida cuando esta se representa en forma de modelo matemático primario especificado con un índice de anidamiento (3.1.6.4) especificado.

NOTA 1 En este documento, se utiliza un filtro S para calcular la superficie primaria. Véase la figura 1.

[FUENTE: ISO 16610-1:2015, 3.3, modificado]



**Figura 1 – Definición de una superficie primaria**

#### 3.1.5.1 superficie primaria extraída:

Conjunto finito de puntos de datos muestreados de la *superficie primaria* (3.1.5).

[FUENTE: ISO 14406:2010, 3.7, modificado. Se han eliminado las notas]

### 3.1.6 filtro de superficie:

Operador de filtrado aplicado a una superficie.

#### 3.1.6.1 filtro S:

*Filtro de superficie* (3.1.6) que elimina las componentes laterales de pequeña escala de la superficie, dando lugar a la *superficie primaria* (3.1.5).

#### 3.1.6.2 filtro L:

*Filtro de superficie* (3.1.6) que elimina las componentes laterales a gran escala de la *superficie primaria* (3.1.5) o de la *superficie S-F* (3.1.7).

NOTA 1 Cuando el filtro L no permite la forma, se tiene que aplicar en una superficie S-F; cuando permite la forma, puede aplicarse tanto en la superficie primaria como en una superficie S-F.

### 3.1.6.3 operación F:

Operación que elimina la forma de la *superficie primaria* (3.1.5).

NOTA 1 Algunas operaciones F (como la asociación) tienen una acción muy diferente a la de la filtración. Aunque su acción puede limitar las escalas laterales mayores de una superficie, esta acción es muy difusa. Se representa en la figura 2 utilizando la misma convención que para un filtro.

NOTA 2 Algunos filtros L no son tolerantes a la forma y requieren una operación F como prefiltro antes de aplicarse.

NOTA 3 Una operación F puede ser una operación de filtrado como un filtro gaussiano robusto.

### 3.1.6.4 índice de anidamiento, $N_{is}$ , $N_{ic}$ , $N_{ir}$ :

Número o conjunto de números que indican el nivel relativo de anidamiento de un modelo matemático primario particular.

[FUENTE: ISO 16610-1:2015, 3.2.1, modificado. Se ha revisado la definición y se han eliminado las notas]

### 3.1.7 superficie S-F:

Superficie derivada de la *superficie primaria* (3.1.5) eliminando la forma mediante una *operación F* (3.1.6.3).

NOTA 1 La figura 2 ilustra la relación entre la superficie S-F y el filtro S y la operación F.

NOTA 2 Si se filtra con el índice de anidamiento  $N_{is}$  para eliminar las longitudes de onda más cortas de la superficie, la superficie equivale a una "superficie primaria". En este caso,  $N_{is}$  es el equivalente de área del corte  $\lambda_s$ . Véase la referencia 4 en la leyenda de la figura 2 y el anexo G.

NOTA 3 Si se filtra con el índice de anidamiento  $N_{ic}$  para separar las longitudes de onda más largas de las más cortas, la superficie equivale a una "superficie de ondulación". En este caso,  $N_{ic}$  es el equivalente de área del corte  $\lambda_c$ . Véase la referencia 5 en la leyenda de la figura 2 y el anexo G.

NOTA 4 Los conceptos de "rugosidad" u "ondulación" son menos importantes en la calidad superficial de área que en la calidad superficial de perfil. Algunas superficies pueden presentar rugosidad en una dirección y ondulación en la dirección perpendicular. Por ello, en este documento se prefieren los conceptos de superficie S-L y superficie S-F.

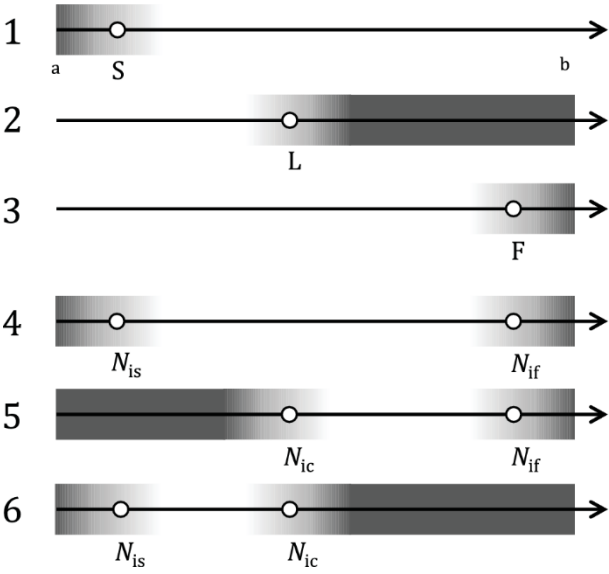
### 3.1.8 superficie S-L:

Superficie derivada de la *superficie S-F* (3.1.7) mediante la eliminación de componentes de gran escala utilizando un *filtro L* (3.1.6.2).

NOTA 1 La figura 2 ilustra la relación entre la superficie S-L y el filtro S y el filtro L.

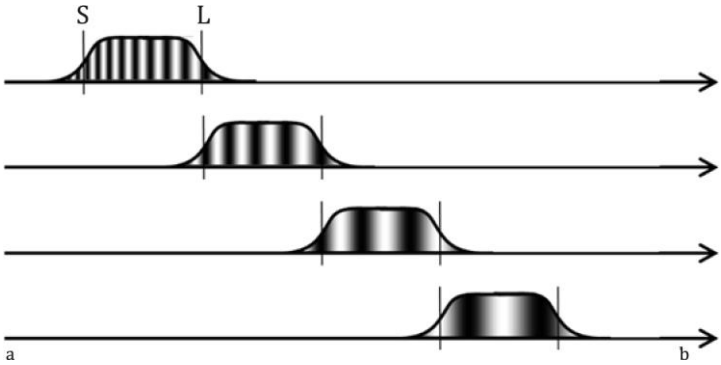
NOTA 2 Si el índice de anidamiento  $N_{is}$  del filtro S se elige para eliminar las longitudes de onda más cortas de la superficie y el índice de anidamiento  $N_{ic}$  del filtro L se elige para separar las longitudes de onda más largas de las más cortas, la superficie equivale a una "superficie de rugosidad". Véase la referencia 6 en la leyenda de la figura 2 y el anexo G.

NOTA 3 Se puede generar una serie de superficies S-L con un ancho de banda estrecho utilizando un filtro S y un filtro L de índices de anidamiento cercanos (o iguales), con el fin de lograr una exploración multiescalar de la superficie. Véase la figura 3.



- Leyenda
- 1 Filtro S
  - 2 Filtro L
  - 3 Operación F
  - 4 Superficie S-F
  - 5 Superficie S-F
  - 6 Superficie S-L
  - A Pequeña escala
  - B Gran escala

**Figura 2 – Relación entre el filtro S, el filtro L, la operación F y las superficies S-F y S-L**



- Leyenda
- S Filtro S
  - L Filtro L
  - A Pequeña escala
  - B Gran escala

**Figura 3 – Ejemplo de filtros pasabanda empleados para generar un conjunto de superficies S-L**

### 3.1.9 superficie de escala limitada:

*Superficie S-F* (3.1.7) o *superficie S-L* (3.1.8).

### 3.1.10 superficie de referencia:

<calidad superficial> Superficie asociada a la *superficie de escala limitada* (3.1.9) según un criterio.

NOTA 1 Esta superficie de referencia se utiliza como origen de alturas para los parámetros de calidad superficial.

EJEMPLOS Plano, cilindro y esfera.

### 3.1.11 área de evaluación, $A$ , $\tilde{A}$ :

Porción de la *superficie de escala limitada* (3.1.9) para especificar el área bajo evaluación.

NOTA 1 Véase la Norma ISO 25178-3 para más información.

NOTA 2 A lo largo de este documento, se utiliza el símbolo  $A$  para el valor numérico del área de evaluación y el símbolo  $\tilde{A}$  para el dominio (de integración o definición).

## 3.2 Términos de los parámetros geométricos

### 3.2.1 parámetro de campo:

Parámetro definido a partir de todos los puntos de una *superficie de escala limitada* (3.1.9).

NOTA 1 Los parámetros de campo se definen en el capítulo 4.

### 3.2.2 parámetro de elemento:

Parámetro definido a partir de un subconjunto de elementos topográficos predefinidos de la *superficie de escala limitada* (3.1.9).

NOTA 1 Los parámetros de elementos se definen en el capítulo 5.

### 3.2.3 parámetro V:

*Parámetro de campo* (3.2.1) del volumen de material o del volumen de vacío.

### 3.2.4 parámetro S:

*Parámetro de campo* (3.2.1) o *parámetro de elemento* (3.2.2) que no es un *parámetro V* (3.2.3).

### 3.2.5 altura; valor de la ordenada, $z(x,y)$ :

Distancia normal con signo desde la *superficie de referencia* (3.1.10) a la *superficie de escala limitada* (3.1.9).

NOTA 1 A lo largo de este documento, el término "altura" se utiliza tanto para una distancia o para una coordenada absoluta. Por ejemplo,  $S_z$ , altura máxima, es una distancia, y  $S_p$ , altura máxima del pico, es una altura absoluta.

### 3.2.5.1 profundidad:

Valor opuesto a la *altura* (3.2.5).

**3.2.6 vector gradiente local:**

$$\left( \frac{\partial z(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial z(x, y)}{\partial y} \right)$$

Primera derivada a lo largo de  $x$  e  $y$  de la *superficie de escala limitada* (3.1.9) en la posición  $(x, y)$ .

NOTA 1 Véase el anexo D para los detalles de implementación.

**3.2.7 curvatura media local:**

Media aritmética de las curvaturas principales en la posición  $(x, y)$ .

NOTA 1 Las curvaturas principales son dos números,  $k_1$  y  $k_2$ , que representan las curvaturas máxima y mínima en un punto.

La curvatura media local es, por tanto,  $\frac{k_1 + k_2}{2}$ .

NOTA 2 Véase el anexo D para los detalles de implementación.

**3.2.8 tasa portante,  $M_r(c)$ :**

Relación entre el área  $A_c$  de la porción de superficie intersecada por un plano en el nivel  $c$  y el *área de evaluación* (3.1.11),  $A$ .

NOTA 1 La curva que representa la tasa portante en función del nivel se llama también curva de Abbott Firestone.

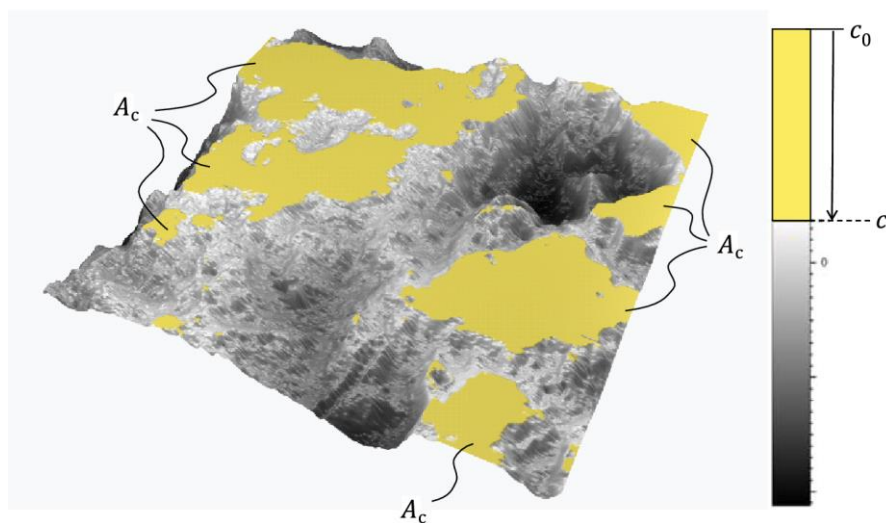
NOTA 2 El nivel  $c$  suele definirse como una altura tomada con respecto a una referencia  $c_0$ . Por defecto, la referencia está en el punto más alto de la superficie. En la primera edición de este documento, la altura de referencia se fijaba en la *superficie de referencia* (3.1.10).

NOTA 3 La tasa portante puede indicarse como un porcentaje o como un valor entre 0 y 1.

NOTA 4 Véanse la figura 4 y la fórmula (1).

NOTA 5 Véase el anexo D para la determinación de la curva de tasa portante.

$$M_r(c) = \frac{A_c(c)}{A} \cdot 100 \% \quad (1)$$



**Leyenda**

$c$  Nivel de intersección

$c_0$  Altura de referencia

$A_c$  Porciones de área intersecadas por el plano a una altura  $c$

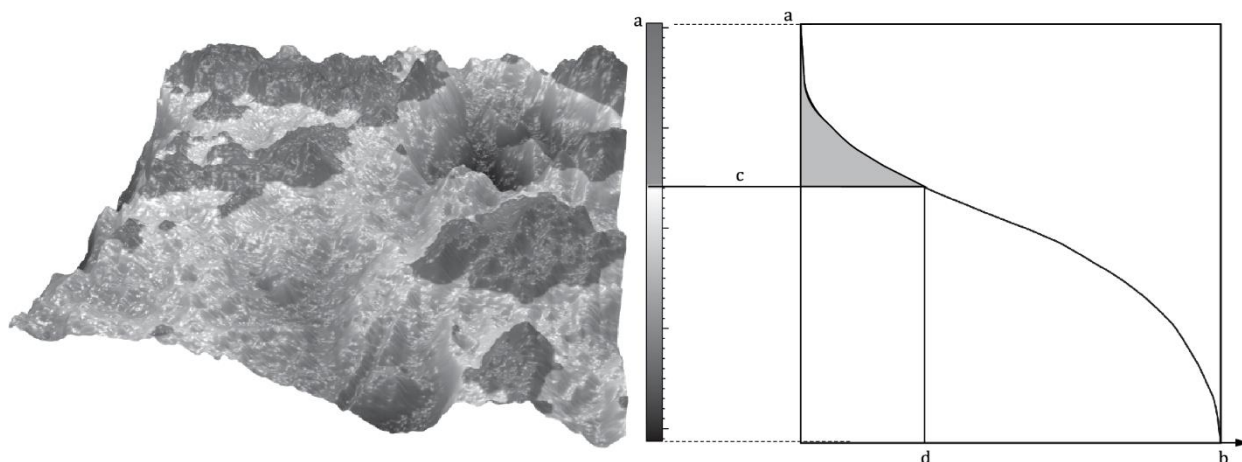
**Figura 4 – Área de la porción de superficie intersecada por un plano al nivel  $c$**

**3.2.9 curva de tasa portante de área; función de tasa portante:**

Función que representa la *tasa portante* (3.2.8) de área de la *superficie de escala limitada* (3.1.9) en función de un nivel  $c$ .

NOTA 1 Esta función puede interpretarse como la función de probabilidad acumulada de las ordenadas  $z(x,y)$  dentro de la zona de evaluación. Véase el anexo D.

NOTA 2 Véase la figura 5.



#### Leyenda

- A Altura
- B Tasa portante de área
- C Nivel de intersección  $c$
- D Tasa portante al nivel  $c$

**Figura 5 – Curva de tasa portante**

#### 3.2.10 altura de tasa de longitud portante; $C(p)$ :

Nivel de intersección en el que se satisface una determinada *tasa portante* de área (3.2.8)  $p$ .

NOTA 1 Véase la fórmula (2).

$$C(p) = M_r^{-1}(p) \quad (2)$$

#### 3.2.11 curva de densidad de altura; altura de densidad de altura, $h(c)$ :

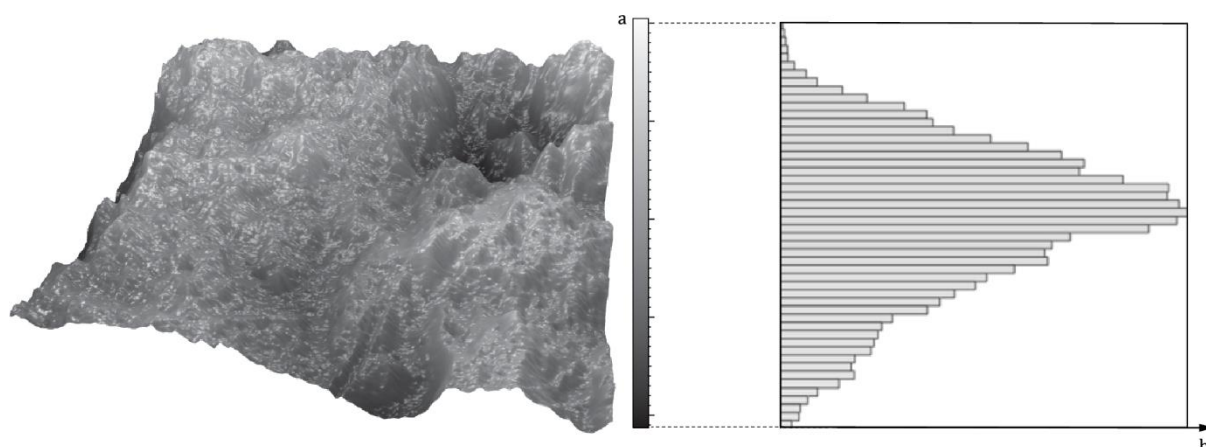
Curva que representa la densidad de los puntos situados en el nivel  $c$  de la *superficie de escala limitada* (3.1.9).

NOTA 1 Cuando se representa como un histograma de barras, el porcentaje por barra depende de su anchura.

NOTA 2 Véanse la figura 6 y la fórmula (3).

$$h(c) = - \frac{dM_r(c)}{dc} \quad (3)$$





Leyenda

A Altura

B Densidad

**Figura 6 – Curva de densidad de altura**

### 3.2.12 superficie del núcleo:

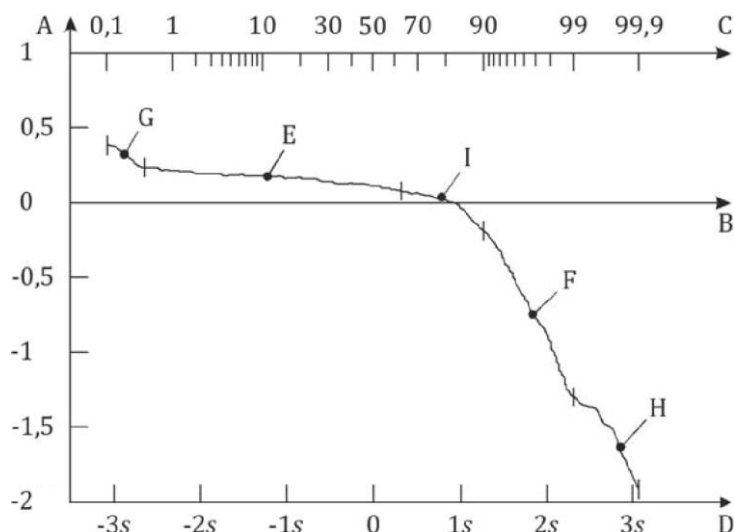
*Superficie de escala limitada* (3.1.9) excluyendo las colinas y valles que sobresalen del núcleo.

NOTA 1 Los términos colinas y valles en esta definición se refieren a los apartados 3.3.1.2 y 3.3.2.2, pero se definen por construcción gráfica. Véanse la figura 14 y el capítulo B.3.

### 3.2.13 curva de probabilidad de tasa portante de área:

Representación de la *curva de tasa de portante de área* (3.2.9) en la que la tasa portante de área se expresa como una probabilidad gaussiana en valores de desviación estándar, trazada linealmente en el eje horizontal.

NOTA 1 Esta escala se expresa linealmente en desviaciones estándar según la distribución gaussiana. En esta escala, la curva de tasa portante de una distribución gaussiana se convierte en una línea recta. En el caso de las superficies estratificadas compuestas por dos distribuciones gaussianas, la curva de probabilidad de tasa portante de área presentará dos regiones lineales (véanse E y F en la figura 7).



#### Leyenda

- A Amplitud
- B Línea de referencia
- C Tasa portante expresada como probabilidad gaussiana en porcentaje
- D Tasa portante expresada como probabilidad gaussiana en desviación estándar
- E Región de meseta
- F Región de valles
- G Colinas periféricas (posiblemente con restos o partículas de suciedad)
- H Región de valles periféricos (posiblemente arañazos profundos)
- I Región inestable (curvatura) introducida en el punto de transición de la meseta al valle basada en la combinación de dos distribuciones del eje horizontal  $s$  es la desviación estándar

**Figura 7 – Curva de probabilidad de tasa portante de área**

#### 3.2.14 función de autocorrelación, $f_{ACF}(t_x, t_y)$ :

Función que describe la correlación entre una superficie y la misma superficie trasladada por  $(t_x, t_y)$ .

NOTA 1 La autocorrelación utilizada aquí está normalizada entre -1 y 1. El valor máximo se cumple siempre, pero el mínimo puede no estar siempre en -1, depende de la superficie (puede ser -0,76).

NOTA 2 Véase la fórmula (4).

$$f_{ACF}(t_x, t_y) = \frac{\frac{1}{B} \iint_{\tilde{B}} z(x, y) z(x + t_x, y + t_y) dx dy}{\frac{1}{A} \iint_{\tilde{A}} z^2(x, y) dx dy} \quad (4)$$

donde  $\tilde{B}$  es el área de intersección de las dos superficies en los desplazamientos  $t_x$  y  $t_y$ .

#### 3.2.15 transformación de Fourier, $F(p, q)$ :

Operador que transforma los valores de las ordenadas (3.2.5) de la superficie de escala limitada (3.1.9) en el espacio de Fourier.

NOTA 1 La transformación de Fourier definida aquí está utilizando un soporte limitado, por lo tanto, se aproxima a la función matemática llamada transformación de Fourier que tiene un soporte infinito.

NOTA 2 Véase la fórmula (5).

$$F(p, q) = \iint_A z(x, y) e^{-2i\pi(px+qy)} dx dy \quad (5)$$

donde

$p$  y  $q$  son las frecuencias espaciales en la dirección  $x$  e  $y$ , respectivamente;

$i$  es la unidad imaginaria.

### 3.2.15.1 espectro angular, $F_{AS}(r, \theta)$ :

*Transformación de Fourier* (3.2.15) expresada en coordenadas polares, con respecto a una dirección de referencia  $\theta_{ref}$  en el plano del *área de evaluación* (3.1.11).

NOTA 1 El eje  $x$  positivo se define como el ángulo cero.

NOTA 2 El ángulo es positivo en dirección antihoraria al eje  $x$ .

NOTA 3 Véase la fórmula (6).

$$F_{AS}(r, \theta) = F(r \cos(\theta - \theta_{ref}), r \sin(\theta - \theta_{ref})) \quad (6)$$

donde

$r$  es la frecuencia espacial;

$\theta$  es la dirección especificada;

$F$  es la transformación de Fourier.

### 3.2.15.2 densidad de amplitud angular; distribución de amplitud angular, $f_{AAD}(\theta)$ :

Amplitud integrada del *espectro angular* (3.2.15.1) para una dirección determinada  $\theta$ .

NOTA 1 El término "densidad" se refiere al valor en un ángulo determinado y el término "distribución" se refiere al gráfico que representa los valores para todos los ángulos.

NOTA 2 Véase la fórmula (7).

$$f_{AAD}(\theta) = \int_{R_1}^{R_2} |F_{AS}(r, \theta)| r dr \quad (7)$$

donde

$r$  es la frecuencia espacial;

$R_1$  a  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) es el rango de integración de las frecuencias en la dirección radial;

$\theta$  es la dirección especificada;

$F_{AS}$  es la función del espectro angular.

### 3.2.15.3 densidad de potencia angular; distribución de la potencia angular, $f_{APD}(\theta)$ :

Amplitud cuadrática integrada del *espectro angular* (3.2.15.1) para una dirección determinada  $\theta$ .

NOTA 1 El término "densidad" se refiere al valor en un ángulo determinado y el término "distribución" se refiere al gráfico que representa los valores para todos los ángulos.

NOTA 2 Véase la fórmula (8).

$$f_{APD}(\theta) = \int_{R_1}^{R_2} F_{AS}^2(r, \theta) r \, dr \quad (8)$$

donde

$r$  es una frecuencia espacial;

$R_1$  a  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) es el rango de integración de las frecuencias en la dirección radial;

$\theta$  es la dirección especificada;

$F_{AS}$  es la función del espectro angular.

### 3.2.16 densidad espectral de potencia de área, $f_{APSD}$ :

Magnitud al cuadrado de la *transformación de Fourier* (3.2.15) utilizando una función de ponderación adecuada.

NOTA 1 La densidad espectral de potencia de área describe la calidad superficial en un contexto de frecuencia espacial que permite describir y controlar las ondulaciones de la superficie.

NOTA 2 Véase la fórmula (9).

NOTA 3 La densidad espectral de potencia de área también puede calcularse a partir de un espectro polar. Suele ser el caso cuando se exploran superficies ópticas (véase la Norma ISO 10110-8).

$$f_{APSD}(p, q) = \frac{1}{A} \left| F(p, q) \right|^2 \quad (9)$$

## 3.3 Términos de elementos geométricos

### 3.3.1 pico:

Punto de la superficie que es más alto que todos los demás puntos dentro de una vecindad de ese punto.

NOTA 1 Existe la posibilidad teórica de que se produzca una meseta. En la práctica, esto puede evitarse mediante el uso de una inclinación infinitesimal.

NOTA 2 Véase la figura 8.

#### **3.3.1.1 colina:**

<segmentación por vertientes> Región alrededor de un *pico* (3.3.1) tal que todas las trayectorias ascendentes máximas terminan en el pico.

NOTA 1 Esta definición se utiliza para los parámetros de elementos.

NOTA 2 Véase la figura 8.

#### **3.3.1.2 colina:**

<plano de referencia> Porción dirigida hacia el exterior (del material al medio circundante), contigua de la *superficie de escala limitada* (3.1.9) por encima de la *superficie de referencia* (3.1.10).

NOTA 1 Esta definición se utiliza para los parámetros de campo.

NOTA 2 La superficie de referencia suele ser el plano medio de la superficie de escala limitada.

#### **3.3.1.3 línea de rumbo:**

Curva que separa *colinas* adyacentes (3.3.1.1).

NOTA 1 Véase la figura 8.

#### **3.3.2 hoyo:**

Punto de la superficie que es más bajo que todos los demás puntos situados en una zona próxima a ese punto.

NOTA 1 Existe la posibilidad teórica de que se produzca una meseta. En la práctica, esto puede evitarse mediante el uso de una inclinación infinitesimal.

NOTA 2 Véase la figura 9.

#### **3.3.2.1 valle:**

<segmentación por vertientes> Región alrededor de un *hoyo* (3.3.2) tal que todas las trayectorias descendentes máximas terminan en el hoyo.

NOTA 1 Esta definición se utiliza para los parámetros de elementos.

NOTA 2 Véase la figura 9.

#### **3.3.2.2 valle:**

<plano de referencia> Porción dirigida hacia adentro (del medio circundante al material), contigua a la *superficie de escala limitada* (3.1.9) por debajo de la *superficie de referencia* (3.1.10).

NOTA 1 Esta definición se utiliza para los parámetros de campo.

NOTA 2 La superficie de referencia suele ser el plano medio de la superficie de escala limitada.

**3.3.2.3 línea de cresta:**

Curva que separa *valles* (3.3.2.1) adyacentes.

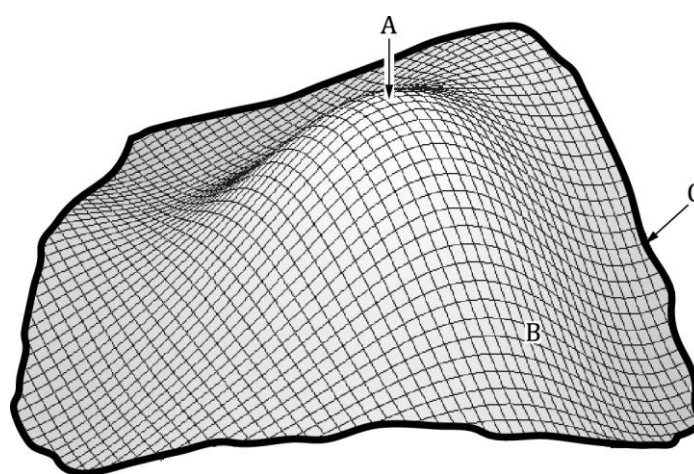
NOTA 1 Véase la figura 9.

**3.3.3 silla de montar:**

Punto o conjunto de puntos de la *superficie de escala limitada* (3.1.9) donde se cruzan las *líneas de cresta* (3.3.2.3) y las *líneas de rumbo* (3.3.1.3).

**3.3.3.1 punto de silla de montar:**

*Silla de montar* (3.3.3) que consiste en un punto.



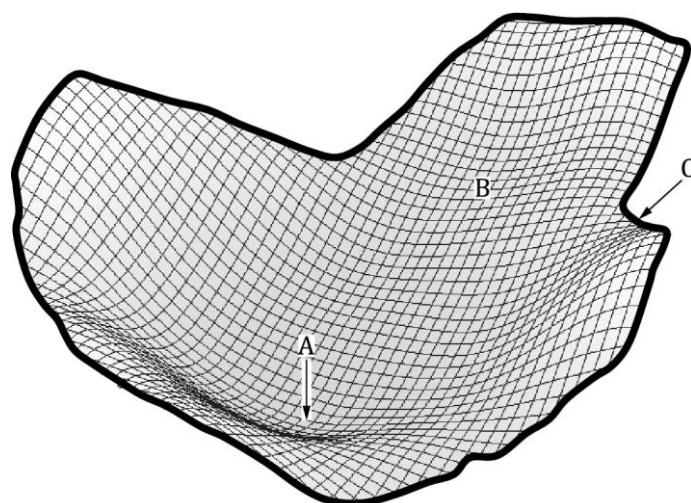
Leyenda

A Pico

B Colina

C Línea de rumbo

**Figura 8 – Representación de una colina en el contexto de la segmentación por vertientes con el pico y la línea de rumbo**



Leyenda

- A Hoyo
- B Valle
- C Línea de cresta

**Figura 9 – Representación de un valle en el contexto de la segmentación de por vertientes con el hoyo y la línea de cresta**

### 3.3.4 motivo; detalle:

*Colina* (3.3.1.1) o *valle* (3.3.2.1) definido con la segmentación por vertientes.

NOTA 1 El término motivo se utiliza para designar una característica de área obtenida por segmentación.

NOTA 2 El término detalle, tal como se define en un perfil en la Norma ISO 12085, es una sección transversal de un valle.

### 3.3.5 elemento topográfico:

Elemento de área, elemento tipo línea o elemento tipo punto en una *superficie de escala limitada* (3.1.9).

#### 3.3.5.1 elemento de área:

*Colina* (3.3.1.1) o *valle* (3.3.2.1).

#### 3.3.5.2 elemento tipo línea:

Línea de rumbo (3.3.1.3) o línea de cresta (3.3.2.3).

#### 3.3.5.3 elemento tipo punto:

*Pico* (3.3.1), *hoyo* (3.3.2) o *punto de silla de montar* (3.3.3.1).

### 3.3.6 línea de contorno:

Línea en la superficie formada por puntos adyacentes de igual altura.

### 3.3.7 segmentación:

Método que divide una *superficie de escala limitada* (3.1.9) en elementos distintos.

### 3.3.7.1 función de segmentación:

Función que divide un conjunto de "sucesos" en dos conjuntos distintos, denominados sucesos significativos y sucesos insignificantes, y que satisface las tres propiedades de segmentación.

NOTA 1 Los ejemplos de eventos incluyen valores de ordenadas y elementos tipo punto.

NOTA 2 Una descripción matemática completa de la función de segmentación y de las tres propiedades de segmentación puede encontrarse en la referencia [26] y en la Norma ISO 16610-85.

### 3.3.8 árbol de cambio:

Gráfico en el que cada *línea de contorno* (3.3.6) se traza como un punto frente a la altura, de manera que las líneas de contorno adyacentes son puntos adyacentes en el gráfico.

NOTA 1 Los picos y los hoyos se representan en un árbol de cambio mediante el final de las líneas. Los puntos de silla de montar se representan en un árbol de cambio mediante líneas de unión. Véanse la Norma ISO 16610-85 y el anexo A para más detalles sobre los árboles de cambio.

#### 3.3.8.1 poda:

Método para simplificar un *árbol de cambio* (3.3.8) en el que se eliminan las líneas que van desde los *picos* (3.3.1) [o los *hoyos* (3.3.2)] hasta sus puntos de *silla de montar* (3.3.3.1) más cercanos conectados.

#### 3.3.8.2 altura local de colina:

Diferencia entre la altura de un *pico* (3.3.1) y la altura del punto de silla de montar (3.3.3.1) conectado más cercano en el *árbol de cambio* (3.3.8).

#### 3.3.8.3 profundidad local de valle:

Diferencia entre la altura del *punto de silla de montar* (3.3.3.1) conectado más cercano en el *árbol de cambio* (3.3.8) y la altura de un *hoyo* (3.3.2).

#### 3.3.8.4 poda de Wolf:

Poda en la que se eliminan las líneas del *árbol de cambio* (3.3.8), empezando por el *pico* (3.3.1) [*hoyo* (3.3.2)] con la menor *altura local de colina* (3.3.8.2) [*profundidad local de valle* (3.3.8.3)] hasta la cima (hoyo) con una *altura local de colina* (3.3.8.2) [*profundidad local de valle* (3.3.8.3)] especificada.

NOTA 1 Las alturas locales de pico y las profundidades locales de hoyo cambian durante la poda de Wolf, ya que al eliminar líneas de un árbol de cambio también se elimina el punto de silla de montar asociado.

### 3.3.9 discriminación de altura:

*Altura local de la colina* (3.3.8.2) mínima o *profundidad local de valle* (3.3.8.3) de la *superficie con escala limitada* (3.1.9) que debe considerarse durante la poda de Wolf (3.3.8.4).

NOTA 1 La discriminación de la altura se especifica por defecto como un porcentaje de Sz (4.2.7).

## 4 Parámetros de campo

### 4.1 Generalidades

El símbolo  $\tilde{A}$  representa el dominio (de integración o de definición de los parámetros), y el símbolo  $A$  representa el valor del área de evaluación, en micrómetros cuadrados ( $\mu\text{m}^2$ ) o milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).



En el anexo F figura un resumen de todos los parámetros S y V.

## 4.2 Parámetros de altura

### 4.2.1 Generalidades

Todos los parámetros de altura se definen sobre la zona de evaluación  $\tilde{A}$ .

### 4.2.2 Altura media cuadrática

$S_q$

El parámetro de altura media cuadrática es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores de las ordenadas de la superficie de escala limitada. A veces se denomina altura RMS. Se calcula según la fórmula (10).

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_{\tilde{A}} z^2(x, y) dx dy} \quad (10)$$

### 4.2.3 Asimetría

$S_{sk}$

El parámetro de asimetría es el cociente entre el valor cúbico medio de los valores de las ordenadas de la superficie de escala limitada y el cubo de  $S_q$ . Se calcula según la fórmula (11).

$$S_{sk} = \frac{1}{AS_q^3} \iint_{\tilde{A}} z^3(x, y) dx dy \quad (11)$$

### 4.2.4 Aplastamiento

$S_{ku}$

El parámetro de aplastamiento es el cociente entre el valor cuadrático medio de los valores de las ordenadas de la superficie de escala limitada y la cuarta potencia de  $S_q$ . Se calcula según la fórmula (12).

$$S_{ku} = \frac{1}{AS_q^4} \iint_{\tilde{A}} z^4(x, y) dx dy \quad (12)$$

### 4.2.5 Altura máxima de pico

$S_p$

El parámetro de altura de pico máxima es el mayor valor de altura de pico de la superficie de escala limitada.

#### 4.2.6 Profundidad máxima de hoyo

$S_v$

El parámetro de profundidad máxima de hoyo es el mayor valor de profundidad de hoyo de la superficie de escala limitada.  $S_v$  es siempre una cantidad positiva, ya que la superficie de referencia es siempre superior a al hoyo más profundo.

#### 4.2.7 Altura máxima

$S_z$

El parámetro de altura máxima es la suma del valor de la altura máxima de pico y del valor de profundidad máxima de hoyo de la superficie de escala limitada.

#### 4.2.8 Altura media aritmética

$S_a$

El parámetro de altura media aritmética es la media de los valores absolutos de las ordenadas de la superficie de escala limitada. Se calcula según la fórmula (13).

$$S_a = \frac{1}{A} \iint_{\tilde{A}} |z(x, y)| dx dy \quad (13)$$

### 4.3 Parámetros de espaciamiento

#### 4.3.1 Generalidades

Todos los parámetros de espaciamiento se definen sobre el área de evaluación  $\tilde{A}$ .

#### 4.3.2 Longitud de autocorrelación

$S_{al}$

El parámetro de longitud de autocorrelación es la distancia horizontal de  $f_{ACF}(t_x, t_y)$  que tiene el decaimiento más rápido hasta un valor especificado  $s$ , con  $0 \leq s < 1$ . Se calcula según la fórmula (14) o (15).

$$S_{al} = \min_{t_x, t_y \in R} \sqrt{t_x^2 + t_y^2} \quad (14)$$

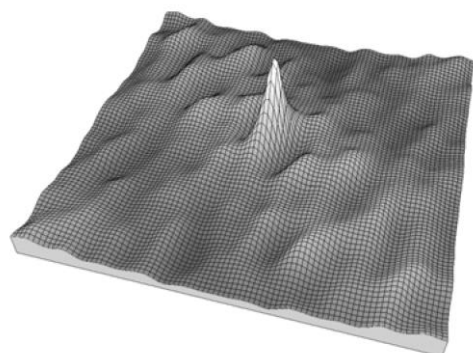
donde

$$R = \left\{ (t_x, t_y) : f_{ACF}(t_x, t_y) \leq s \right\}$$

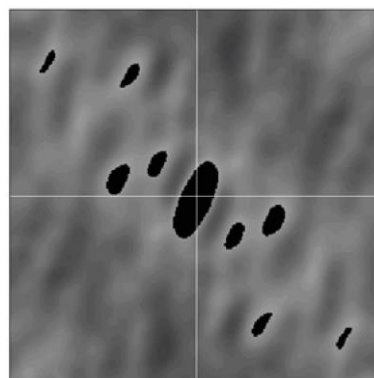
NOTA 1 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de  $s$  se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

NOTA 2 En la figura 10 se ofrece una representación gráfica del procedimiento para calcular  $S_{al}$ .

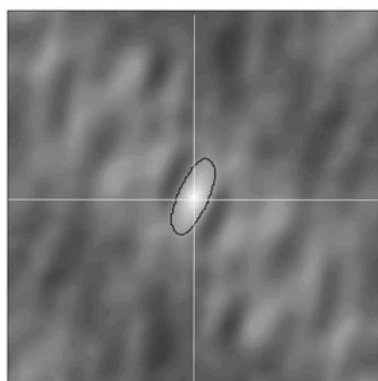
$$S_{al} = R_{\text{mín.}} \quad (15)$$



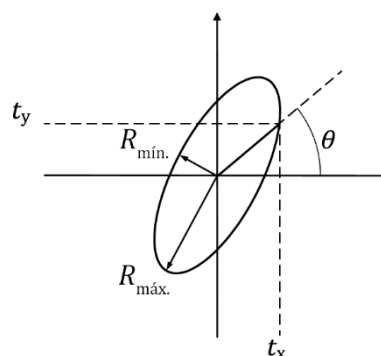
a) Función de autocorrelación de una superficie



b) Autocorrelación con umbral en  $s$  (los puntos negros están por encima del umbral)



c) Límite umbral de la porción umbral central



d) Coordenadas polares que conducen a las longitudes de autocorrelación en diferentes direcciones

NOTA El lóbulo central de la autocorrelación con umbral puede tener cualquier forma y no siempre es una elipse.

**Figura 10 – Procedimiento para calcular  $S_{al}$  y  $S_{tr}$**

#### 4.3.3 Proporción de aspecto de la calidad superficial

$S_{tr}$

El parámetro de proporción de aspecto de la calidad superficial es la relación entre la distancia horizontal de  $f_{ACF}(t_x, t_y)$  que tiene el decaimiento más rápido hasta un valor especificado  $s$  y la distancia horizontal de la  $f_{ACF}(t_x, t_y)$  que tiene el decaimiento más lento hasta  $s$ , con  $0 \leq s < 1$ . Se calcula según la fórmula (16) o (17).

$$S_{tr} = \frac{R_{\text{mín.}}}{R_{\text{máx.}}} \quad (16)$$

$$S_{tr} = \frac{\min_{t_x, t_y \in R} \sqrt{t_x^2 + t_y^2}}{\max_{t_x, t_y \in Q} \sqrt{t_x^2 + t_y^2}} \quad (17)$$

donde

$$R = \{(t_x, t_y): f_{ACF}(t_x, t_y) \leq s\}$$

$$Q = \{(t_x, t_y): f_{ACF}(t_x, t_y) \geq s\}$$

NOTA 1 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de  $s$  se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

NOTA 2 En la figura 10 se ofrece una representación gráfica del procedimiento para calcular  $S_{tr}$ .

#### 4.3.4 Dirección de la calidad superficial

Std

El parámetro de dirección de la calidad superficial es el ángulo del valor máximo absoluto de la densidad de amplitud angular, con respecto a una dirección de referencia  $\theta_{ref}$ .

NOTA Al establecer  $\theta = S_{td}$  se maximiza el valor absoluto de la función  $f_{AAD}(\theta)$ .

#### 4.3.5 Longitud de onda espacial dominante

Ssw

El parámetro de longitud de onda espacial dominante es la longitud de onda que corresponde al mayor valor absoluto de la transformación de Fourier de los valores de las ordenadas.

NOTA 1 Este parámetro podría no ser aplicable a las superficies que carecen de una periodicidad significativa.

NOTA 2 También es posible utilizar la densidad espectral de potencia de área para encontrar la longitud de onda espacial dominante.

NOTA 3 Este parámetro se adapta de la Norma ISO 21920-2.

### 4.4 Parámetros híbridos

#### 4.4.1 Generalidades

Todos los parámetros híbridos se definen sobre el área de evaluación  $\tilde{A}$ .

#### 4.4.2 Gradiente cuadrático medio

Sdq

El parámetro del gradiente cuadrático medio es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados del gradiente de la superficie de escala limitada. Se calcula según la fórmula (18).

$$S_{dq} = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_{\tilde{A}} \left[ \left( \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right] dx dy} \quad (18)$$

NOTA Véase el anexo D para los detalles de implementación.

#### 4.4.3 Proporción de área interfacial desarrollada

S<sub>dr</sub>

El parámetro de la proporción de área interfacial desarrollada es la relación del incremento del área interfacial de la superficie de escala limitada sobre el área de evaluación. Se calcula según la fórmula (19).

$$S_{dr} = \frac{1}{A} \iint_{\tilde{A}} \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial z(x, y)}{\partial y} \right)^2} - 1 \right) dx dy \quad (19)$$

NOTA Véase el anexo D para los detalles de implementación.

### 4.5 Funciones de tasa portante y parámetros relacionados

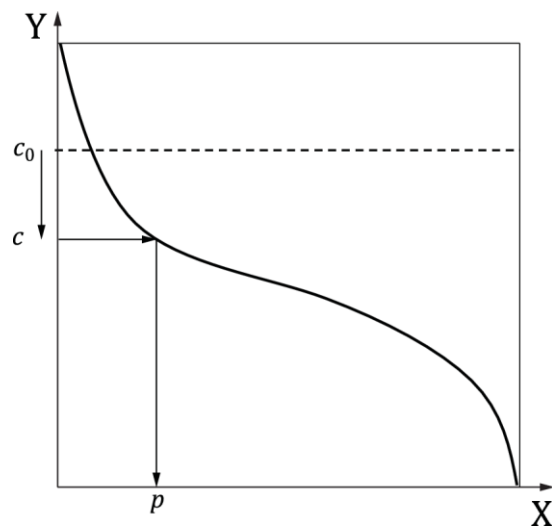
#### 4.5.1 Tasa portante de área

S<sub>mr</sub>(c)

El parámetro de tasa portante de área es la relación  $p$  de tasa portante de área a una altura especificada  $c$  con respecto al área de evaluación. La altura  $c$  se toma de la altura de referencia  $c_0$ . Véase la figura 11. La altura de referencia se define por defecto en el punto más alto, pero puede establecerse en otras alturas indicándolo explícitamente (véase la Norma ISO 25178-1).

NOTA 1 S<sub>mr</sub> suele expresarse en porcentaje.

NOTA 2 La altura de referencia  $c_0$  se especifica en altura o mediante una tasa portante  $q$  (en ese caso,  $c_0 = S_{mc}(q)$ ).



#### Leyenda

X	Tasa portante de área
Y	Altura
$c$	Altura de corte
$p$	Tasa portante a la altura de corte $c$
$c_0$	Altura de referencia

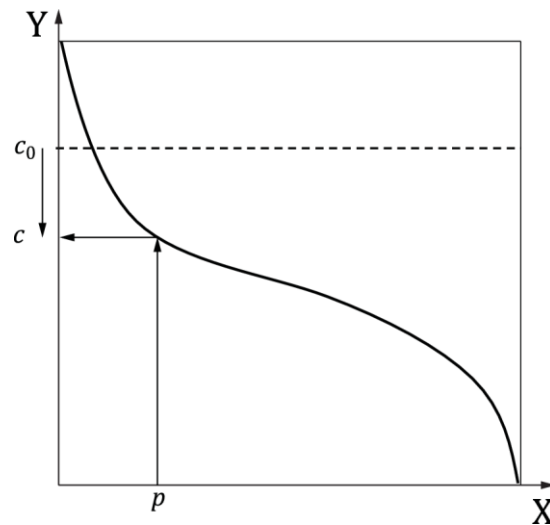
**Figura 11 – Tasa portante de área**

#### 4.5.2 Altura de tasa de longitud portante de área

$S_{mc}(p)$

El parámetro de altura de tasa de longitud portante de área es la altura  $c$  a la que se satisface una tasa portante de área  $p$  dada.

NOTA La altura  $c$  se toma de la altura de referencia  $c_0$ . Véase la figura 12.



**Leyenda**

X	Tasa portante de área
Y	Altura
c	Altura de corte a tasa portante p
p	Tasa portante
c <sub>0</sub>	Altura de referencia

**Figura 12 – Altura de tasa de longitud portante**

### 4.5.3 Diferencia de altura de la tasa de longitud portante

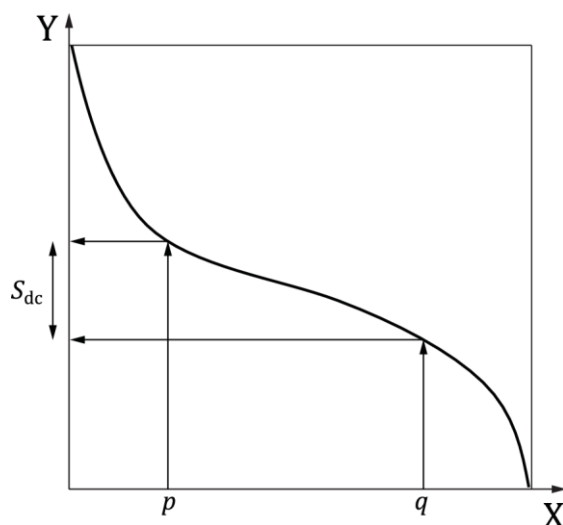
S<sub>dc</sub>

El parámetro de diferencia de altura de la tasa longitud portante es la diferencia de altura entre las tasas portantes  $p$  y  $q$ . Se calcula según la fórmula (20).

$$S_{dc} = S_{mc}(p) - S_{mc}(q) \quad (20)$$

donde  $p < q$ .

NOTA Los valores por defecto de  $p$  y  $q$  se encuentran en la Norma ISO 25178-3. Véase la figura 13.



#### Leyenda

X Tasa portante de área

Y Altura

$p$  Tasa portante

$q$  Tasa portante

$S_{dc}$  Diferencia de altura de la tasa de longitud portante

**Figura 13 – Diferencia de altura de la tasa de longitud portante**

### 4.5.4 Parámetros de área para superficies estratificadas

#### 4.5.4.1 Generalidades

Los siguientes parámetros se calculan en superficies funcionales estratificadas de escala limitada. Véase el anexo B para los detalles sobre el cálculo gráfico en la curva de Abbott.

NOTA Véase la referencia [48] para la definición de superficie estratificada.

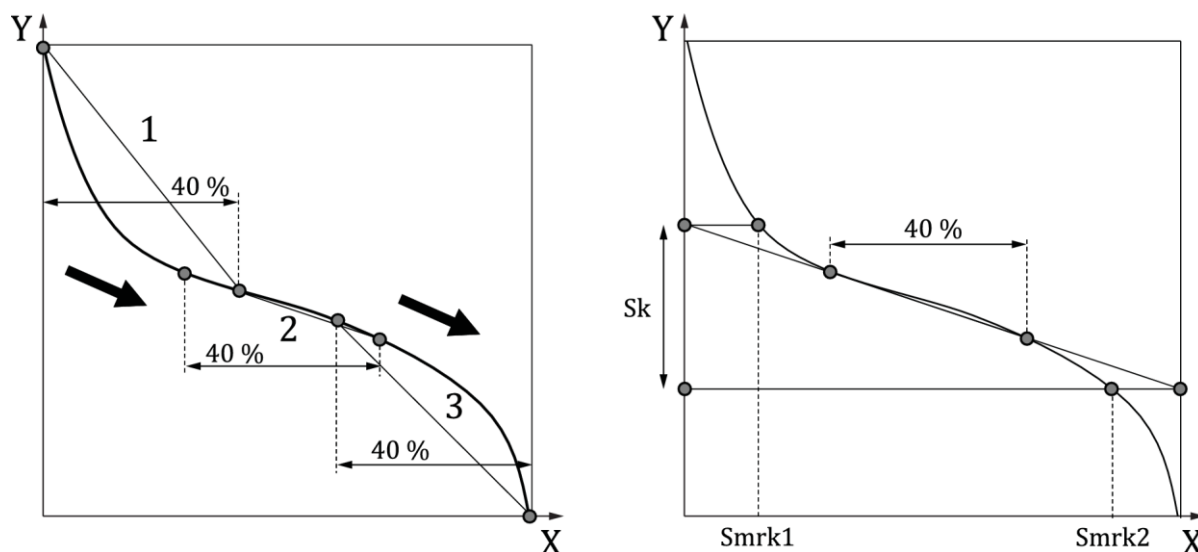
#### 4.5.4.2 Altura del núcleo

$S_k$

El parámetro de altura del núcleo es la distancia entre el nivel más alto y el más bajo de la superficie del núcleo.

NOTA Véanse en la figura 14 y el capítulo B.1 las explicaciones sobre el procedimiento de definición de la posición de la línea recta equivalente.





Leyenda

X	Tasa portante de área
Y	Posición de la línea de intersección
1, 3	Secantes
2	Secante con el menor gradiente
Sk	Altura del núcleo
Smrk1, Smrk2	Tasas portantes

**Figura 14 – Cálculo de Sk, Smrk1 y Smrk2**

#### 4.5.4.3 Altura de pico reducida

Spk

El parámetro de altura de pico reducida es la altura de los picos que sobresalen por encima de la superficie del núcleo después del proceso de reducción.

NOTA El proceso de reducción descrito en el anexo B reduce el efecto de los valores atípicos en este parámetro.

#### 4.5.4.4 Altura de pico máxima

Spkx

El parámetro de altura máxima de los picos es la altura de los picos que sobresalen por encima de la superficie del núcleo antes del proceso de reducción.

#### 4.5.4.5 Profundidad de hoyo reducida

Svk

El parámetro de profundidad de hoyo reducida es la profundidad de los hoyos que sobresalen por debajo de la superficie del núcleo después del proceso de reducción.

NOTA El proceso de reducción descrito en el anexo B reduce el efecto de los valores atípicos en este parámetro.

#### **4.5.4.6 Profundidad máxima de hoyo**

Svkx

El parámetro de profundidad máxima de hoyo es la profundidad de los hoyos que sobresalen por debajo de la superficie del núcleo antes del proceso de reducción.

#### **4.5.4.7 Tasa portante de las colinas**

Smrk1

El parámetro tasa portante de las colinas es la tasa portante en la línea de intersección que separa las colinas salientes de la superficie del núcleo.

NOTA La proporción se expresa en porcentaje.

#### **4.5.4.8 Tasa portante de los valles**

Smrk2

El parámetro tasa portante de los valles es la tasa portante en la línea de intersección que separa los valles que sobresalen de la superficie del núcleo.

NOTA La proporción se expresa en porcentaje.

#### **4.5.4.9 Área de las colinas**

Sak1

El parámetro área de las colinas es el área del triángulo obtenido durante el proceso de reducción de las colinas salientes. La altura del triángulo es Spk y su base es Smrk1.

#### **4.5.4.10 Área de los valles**

Sak2

El parámetro área de los valles es el área del triángulo obtenido durante el proceso de reducción de los valles salientes. La profundidad del triángulo es Svk y su base es  $100\% - \text{Smrk2}$ .

### **4.5.5 Parámetros de probabilidad de tasa portante de área**

#### **4.5.5.1 Desviación cuadrática media de valle**

Svq

El parámetro de la desviación cuadrática media de valle es la pendiente de una regresión lineal realizada a través de la región del valle.

NOTA Svq puede interpretarse como el valor Sq, en micrómetros, del proceso aleatorio que ha generado el componente valle de la superficie. Véase H en la figura 15.



#### 4.5.6 Volumen de vacío

##### 4.5.6.1 Parámetro de volumen de vacío

$V_v(p)$

El parámetro de volumen de vacío es el volumen de los vacíos por unidad de superficie con una tasa portante  $p$  dada, calculada a partir de la curva de tasa portante de área. Se calcula según la fórmula (21). Véase la figura 16.

$$V_v(p) = \frac{K}{100\%} \int_p^{100\%} (S_{mc}(p) - S_{mc}(q)) dq \quad (21)$$

donde

$p < q$

$K$  es una constante para convertir a mililitros por metro cuadrado o a micrómetros cúbicos por milímetro cuadrado o equivalente.

##### 4.5.6.2 Volumen de vacío de valle

$V_{vv}$

El parámetro de volumen de vacío de valle es el volumen de valle con una tasa portante  $p$ . Se calcula según la fórmula (22). Véase la figura 16.

$$V_{vv} = V_v(p) \quad (22)$$

NOTA Los valores por defecto de  $p$  pueden encontrarse en la Norma ISO 25178-3.

##### 4.5.6.3 Volumen de vacío del núcleo

$V_{vc}$

El parámetro de volumen de vacío del núcleo es la diferencia de volumen de vacío entre las tasas portantes  $p$  y  $q$ . Se calcula según la fórmula (23). Véase la figura 16.

$$V_{vc} = V_v(p) - V_v(q) \quad (23)$$

donde  $p < q$ .

NOTA Los valores por defecto de  $p$  y  $q$  se encuentran en la Norma ISO 25178-3.

#### 4.5.7 Volumen de material

##### 4.5.7.1 Parámetro de volumen de material

$V_m(p)$

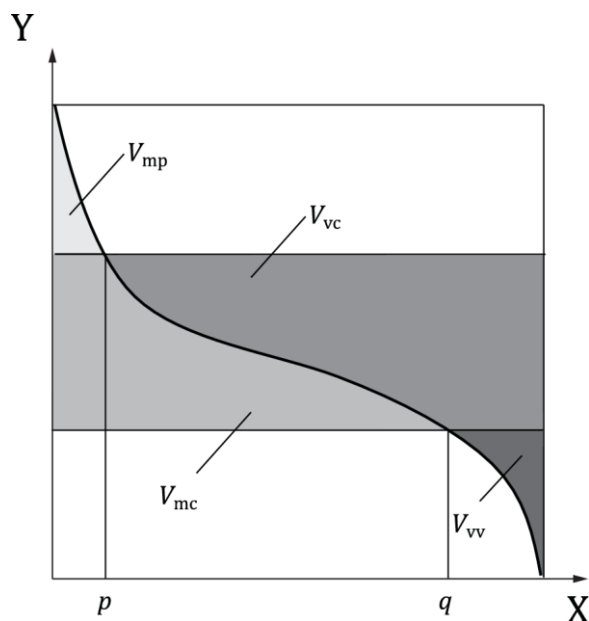
El parámetro de volumen de material es el volumen del material por unidad de superficie con una tasa portante  $p$  dada, calculada a partir de la curva de tasa portante de área. Se calcula según la fórmula (24). Véase la figura 16.

$$V_m(p) = \frac{K}{100 \%} \int_0^p [S_{mc}(q) - S_{mc}(p)] dq \quad (24)$$

donde

$p < q$

$K$  es una constante para convertir a mililitros por metro cuadrado o a micrómetros cúbicos por milímetro cuadrado o equivalente.



Leyenda

X Tasa portante de área

Y Altura

**Figura 16 – Parámetros de volumen de vacío y volumen de material**

##### 4.5.7.2 Volumen de material de pico

$V_{mp}$

El parámetro de volumen de material de pico es el volumen de material a la tasa portante  $p$ . Se calcula según la fórmula (25). Véase la figura 16.

$$V_{mp} = V_m(p) \quad (25)$$

NOTA El valor por defecto de  $p$  se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

#### 4.5.7.3 Volumen de material del núcleo

$V_{mc}$

El parámetro de volumen de material del núcleo es la diferencia de volumen de material entre las tasas portantes  $p$  y  $q$ . Se calcula según la fórmula (26). Véase la figura 16.

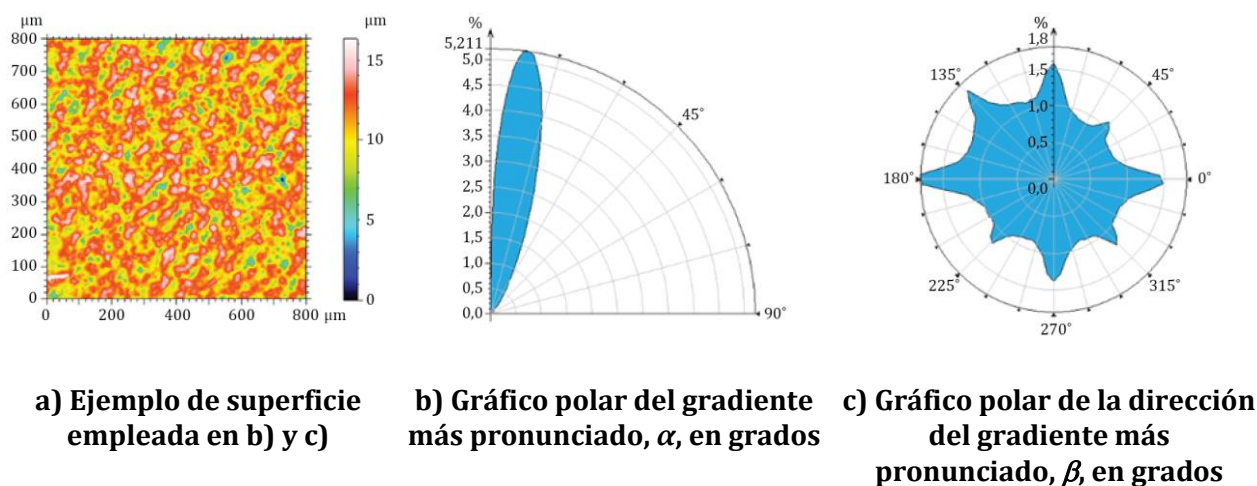
$$V_{mc} = V_m(q) - V_m(p) \quad (26)$$

donde  $p < q$ .

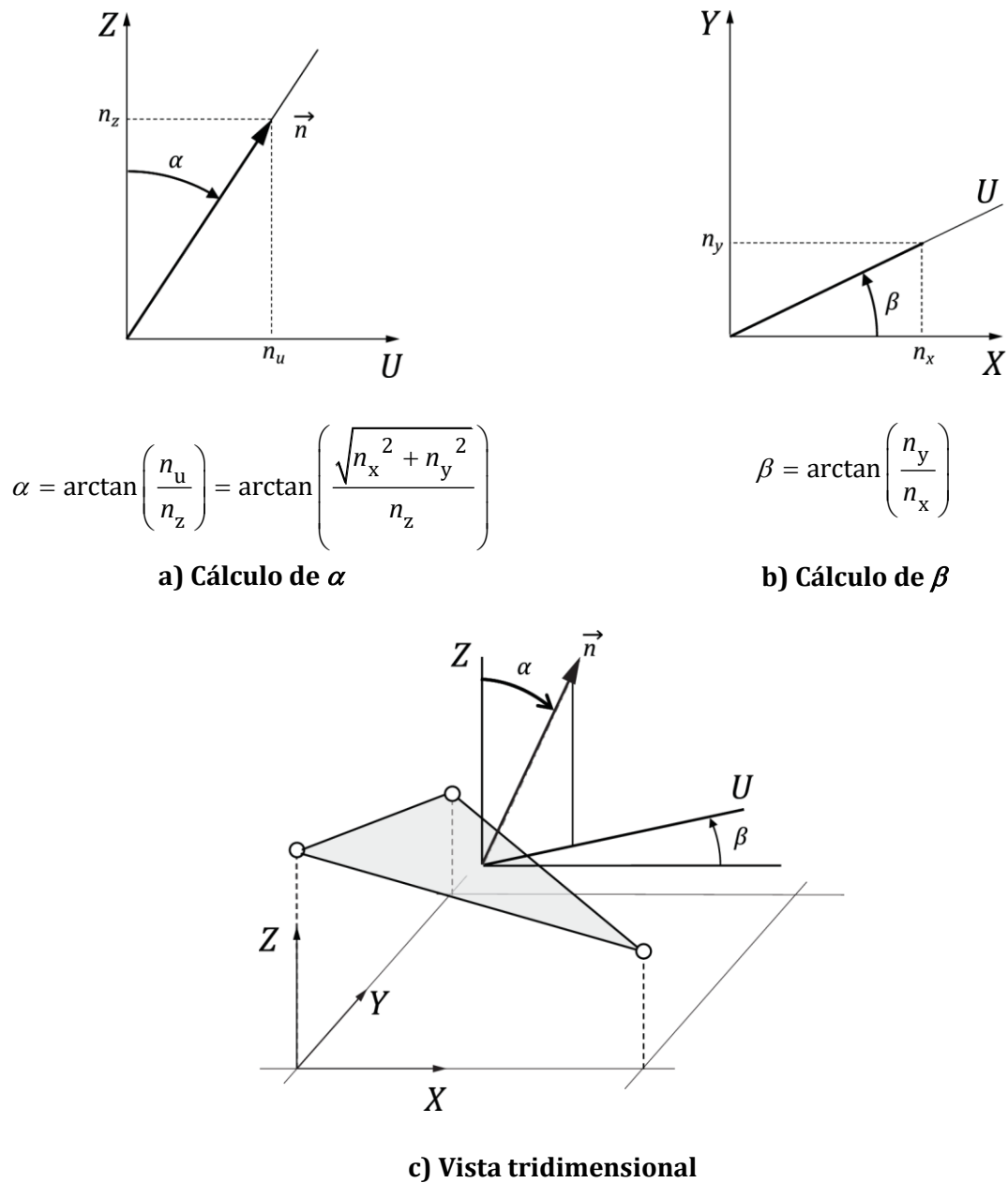
NOTA Los valores por defecto de  $p$  y  $q$  se encuentran en la Norma ISO 25178-3.

#### 4.6 Distribución del gradiente

La distribución del gradiente es la función de densidad calculada a partir de la superficie de escala limitada que muestra las frecuencias relativas frente al ángulo del gradiente más pronunciado  $\alpha(x, y)$  con respecto al eje  $z$  y la dirección del gradiente más pronunciado  $\beta(x, y)$  en sentido antihorario con respecto al eje  $x$ . A veces se denomina distribución de la pendiente. Véase en la figura 17 un ejemplo de la distribución de gradientes. Véase la figura 18 para el cálculo del gradiente más pronunciado  $\alpha$ , y la dirección del gradiente más pronunciado  $\beta$ .



**Figura 17 – Ejemplo de distribución de gradiente**



Leyenda

$\vec{n}$  Vector normal a la superficie

U Proyección de  $\vec{n}$  en el plano horizontal

**Figura 18 – Gradiente  $\alpha$  calculado verticalmente con respecto al eje z y gradiente  $\beta$  calculado horizontalmente con respecto al eje x**

## 4.7 Métodos geométricos multiescala (fractales)

### 4.7.1 Función morfológica de volumen-escala

$S_{mvs}(c)$

Esta función traza el volumen entre una envolvente morfológica superior (cierre) y una envolvente inferior (abertura) utilizando un plano horizontal cuadrado como elemento estructurante, en función de las escalas  $c$  que representan el tamaño del elemento estructurante. La función volumen-escala suele representarse como  $\log(\text{volumen})$  en función de  $\log(\text{escala})$ . El volumen puede multiplicarse por una constante  $K$  para convertirlo en micrómetros cúbicos por milímetro cuadrado. Véase el capítulo A.3 para más explicaciones.

### 4.7.2 Área relativa

#### 4.7.2.1 Generalidades

El área relativa es la relación entre el área calculada mediante un mosaico triangular de área fija  $c$  y el área de evaluación. Véase el capítulo A.4 para los detalles del método de teselado a escala de área.

#### 4.7.2.2 Función área-escala

$S_a(c)$

Esta función traza el área relativa en función de la escala  $c$ . Normalmente se traza como  $\log(\text{área relativa})$  en función de  $\log(\text{escala})$ . La escala  $c$  representa el área de las teselas triangulares y se expresa en unidades de longitud lateral al cuadrado.

### 4.7.3 Longitud relativa

#### 4.7.3.1 Generalidades

El área relativa es la relación entre la longitud calculada por el teselado de segmentos de línea de longitud  $c$  y la longitud proyectada  $L$ . La longitud proyectada  $L$  suele ser menor que el lado de la superficie. La escala de longitud puede calcularse en cada línea o en cada columna de una superficie. Se proporciona entonces como la media de los valores calculados en las líneas o columnas. Véase el capítulo A.5 para conocer los detalles del método de teselado de la escala de longitud.

#### 4.7.3.2 Función longitud-escala

$S_l(c)$

Esta función traza la escala de longitud en función de las escalas  $c$ . La función de escala de longitud se suele trazar como  $\log(\text{longitud relativa})$  en función de  $\log(\text{escala})$ . La escala  $c$  representa la longitud del segmento de línea y se expresa en unidades de longitud lateral.

### 4.7.4 Escala de observación

La escala de observación es el tamaño del elemento estructurante de la función volumen-escala o el área de las teselas triangulares de la función área-escala o la longitud del segmento de línea de la función longitud-escala.



#### 4.7.5 Complejidad fractal volumen-escala

Svsfc

El parámetro de complejidad fractal volumen-escala se calcula multiplicando por 1 000 veces la pendiente de la función volumen-escala, dentro de un dominio definido de escala de observación. El factor 1 000 se introduce para evitar demasiados ceros en el valor decimal.

#### 4.7.6 Complejidad fractal área-escala

Sasfc

El parámetro de complejidad área-escala se calcula multiplicando por – 1 000 veces la pendiente de la función área-escala, dentro de un dominio definido de la escala de observación. El factor 1 000 se introduce para evitar demasiados ceros en el valor decimal.

#### 4.7.7 Complejidad fractal longitud-escala

Slsfc

El parámetro de complejidad fractal longitud-escala se calcula multiplicando por – 1 000 veces la pendiente de la función longitud-escala, dentro de un dominio definido de la escala de observación. El factor 1 000 se introduce para evitar demasiados ceros en el valor decimal.

#### 4.7.8 Escala de cruce

##### 4.7.8.1 Generalidades

La escala de cruce es la escala de observación en la que se produce un cambio en la pendiente de las funciones área-escala o volumen-escala. Dado que el cambio de pendiente no es necesariamente brusco con respecto a la escala, es necesario un procedimiento para determinar la escala a la que se produce el cambio.

NOTA Como escala, se da en unidad de escala.

##### 4.7.8.2 Escala de cruce suave-rugoso. Área-escala, longitud-escala

Ssrc(t)

El parámetro de escala de cruce suave-rugoso es la primera escala de cruce que se encuentra yendo desde escalas relativamente grandes donde la superficie parece ser suave a escalas más finas donde la superficie parece ser rugosa.

Empezando por las escalas más grandes avanzando hacia las más pequeñas, la primera área o longitud relativa que supere el umbral  $t$  se utiliza para determinar el valor de Ssrc. Ssrc es la escala por encima de la cual la dimensión fractal es aproximadamente igual a la dimensión euclidiana, y por debajo de la cual es significativamente mayor que la dimensión euclidiana. Para determinar el cruce en los análisis a escala de área se utiliza un umbral en área relativa (véase el anexo A).

El umbral  $t$  puede seleccionarse como un porcentaje  $p$  del valor máximo  $m$  de la función área-escala o volumen-escala, como se describe en la fórmula (27).

$$t = 1 + p(m - 1) \quad (27)$$

NOTA El valor por defecto del umbral se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

#### 4.7.8.3 Escala de cruce suave-rugoso. Volumen-escala morfológico

Ssrc(t)

El parámetro de escala de cruce suave-rugoso es la primera escala de cruce que se encuentra yendo de escalas relativamente pequeñas en las que la superficie parece ser rugosa a escalas más grandes en las que la superficie parece ser suave.

## 5 Parámetros de elementos

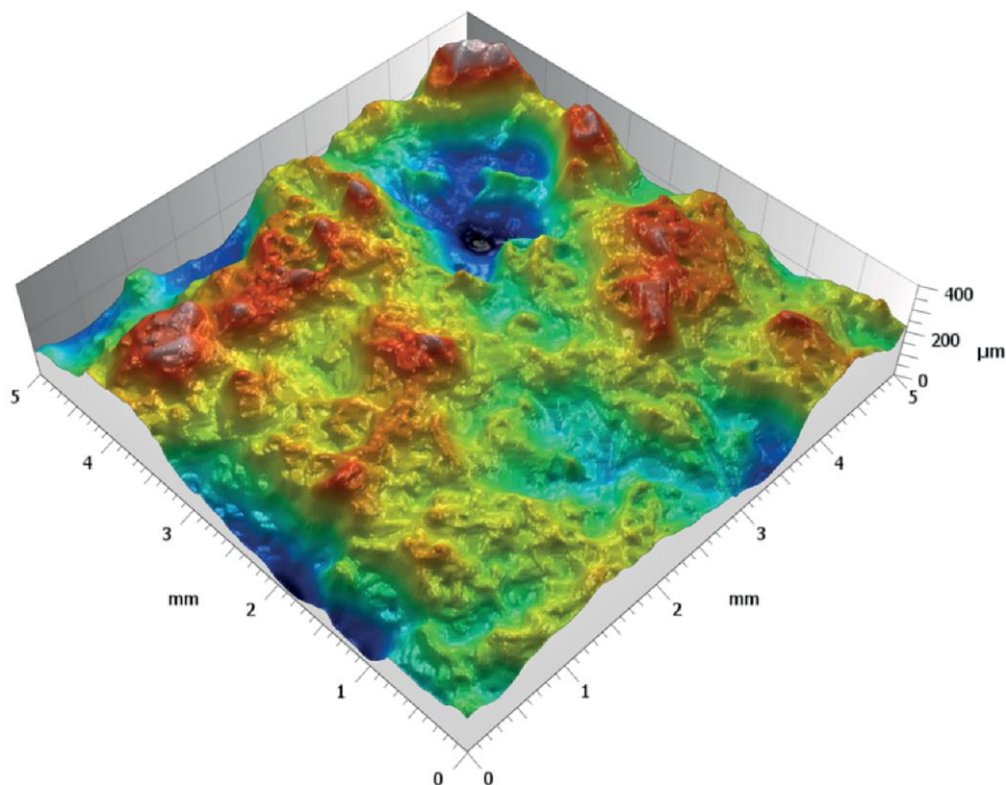
### 5.1 Generalidades

La caracterización de elementos no tiene definidos parámetros específicos de elementos, sino que dispone de una caja de herramientas de técnicas de reconocimiento de patrones que pueden utilizarse para caracterizar elementos específicos en una superficie de escala limitada.

El proceso de caracterización de rasgos consta de cinco etapas:

- selección del tipo de elemento de calidad superficial (véase la tabla 1);
- segmentación (véase la tabla 2 para la selección de los criterios de tamaño);
- determinación de los elementos significativos (véase la tabla 3);
- selección de los atributos de los elementos (véase la tabla 4);
- cuantificación de las estadísticas de los atributos de los elementos (véase el cuadro 5).

La superficie representada en la figura 19 se utiliza como ejemplo ilustrativo a lo largo de este apartado.



**Figura 19 – Ejemplo de superficie ilustrativa**

## 5.2 Tipos de elementos de calidad superficial

Los tres tipos principales de elementos de calidad superficial son los elementos de área (colinas y valles), los elementos tipo línea (líneas de rumbo y de cresta) y los elementos tipo punto (picos, hoyos y puntos de silla de montar); véase la tabla 1. Es importante seleccionar el tipo de elemento de calidad superficial apropiado para la función de la superficie inspeccionada.

**Tabla 1 – Tipos de elemento de calidad superficial**

Clase de elemento	Tipo de elemento de calidad superficial	Denominación
Área	Colina	H
	Valle	D
Línea	Línea de rumbo	C
	Línea de cresta	R
Punto	Pico	P
	Hoyo	V
	Silla de montar	S

### 5.3 Segmentación

La segmentación se utiliza para determinar las regiones de la superficie de escala limitada que definen los elementos. El proceso de segmentación consiste en encontrar primero todas las colinas y valles de la superficie de escala limitada. Esto suele dar lugar a una segmentación excesiva de la superficie, por lo que los segmentos "más pequeños" se eliminan para obtener una segmentación adecuada de la superficie de escala limitada. En la tabla 2 se indican algunos criterios de tamaño que pueden utilizarse para definir un umbral que defina los segmentos "pequeños" que deben eliminarse.

En la figura 20 se presenta un ejemplo de colinas definidas a partir de la poda de Wolf utilizando el 1 % o el 5 % de Sz, utilizando la superficie ilustrada en la figura 19.

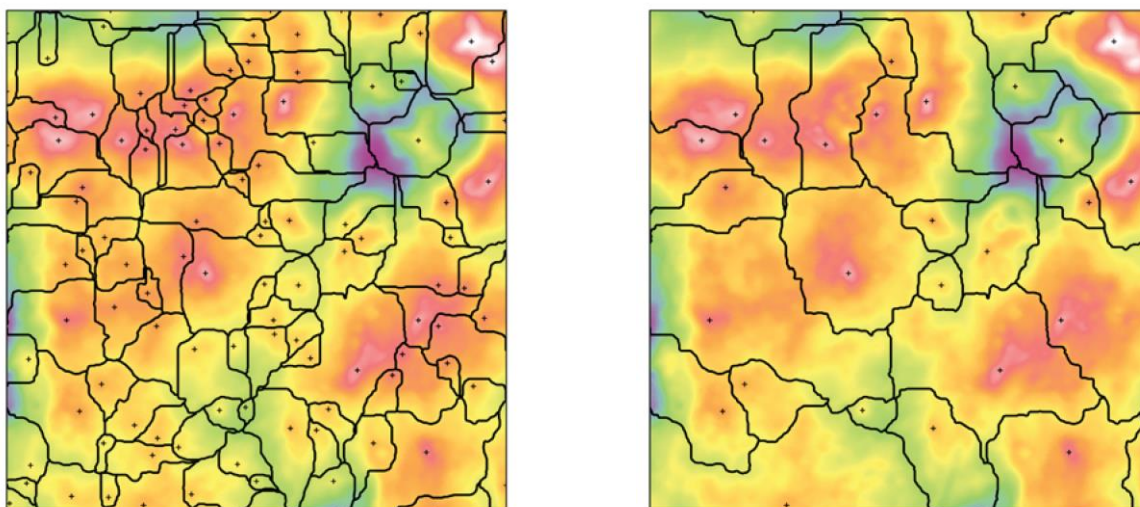
**Tabla 2 – Criterios de tamaño para la segmentación**

Criterios de tamaño	Designación	Umbral
Altura local de la colina/profundidad local de valle (poda de Wolf)	Wolfprune	Altura/profundidad especificada o % de Sz
Volumen de la colina/del valle	VolS	Volumen especificado
Área de la colina/del valle	AreaS	Área especificada o % del área de evaluación
Perímetro de la colina/valle	PerS	Longitud especificada

Por defecto, se aplica una discriminación por altura, pero también pueden utilizarse otros criterios de poda, como el volumen, el área o incluso el factor de forma o la orientación.

### 5.4 Determinación de elementos significativos

La "función" no interactúa con todos los elementos de la misma manera; los distintos elementos interactúan de forma diferente. Por lo tanto, es esencial distinguir los elementos que son funcionalmente significativos de los que son funcionalmente insignificantes. Para cada función de superficie concreta, es necesario definir una función de segmentación definida que identifique los elementos significativos e insignificantes definidos por la segmentación. El conjunto de elementos significativos es el que se utiliza para la caracterización. Los métodos para determinar los elementos significativos se indican en la tabla 3. Todos ellos son funciones de segmentación.



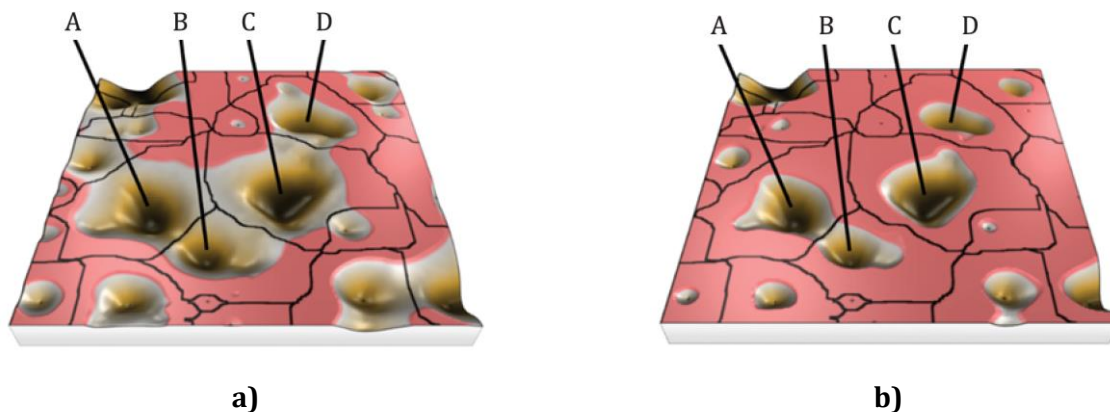
a) 1 % de Sz

b) 5 % de Sz

**Figura 20 – Colinas definidas a partir de la poda de Wolf**

**Tabla 3 – Métodos de determinación de los elementos significativos**

Clase de elemento	Método de determinación de elementos significativos	Designación	Unidades de parámetros
Área	La colina es significativa si su línea de rumbo está totalmente por debajo de un plano horizontal a una altura dada, como si fuera una isla rodeada por el nivel del agua <sup>a</sup>	Closed c	La altura se define a partir de una tasa portante o de una altura absoluta
	El valle es significativo si su línea de rumbo está totalmente por encima de un plano horizontal a una altura dada, de modo que el fluido dentro del valle no puede escapar a un valle adyacente <sup>a</sup> . [véase la figura 21 b), elemento C y D]	Closed c	La altura se define a partir de una tasa portante o de una altura absoluta
	La colina es significativa si su punto de silla de montar más alto está por encima de un plano horizontal a una altura dada, como si dos colinas adyacentes estuvieran conectadas por encima del nivel del agua <sup>a</sup> .	Open c	La altura se define a partir de una tasa portante o de una altura absoluta
	El valle es significativo si su punto de silla de montar más bajo está por debajo de un plano horizontal a una altura dada, de modo que el fluido dentro del valle puede circular hacia un valle adyacente <sup>a</sup> . [véase la figura 21 a), características A y B]	Open c	La altura se define a partir de una tasa portante o de una altura absoluta
Punto	Un pico es significativo si es una de las mayores alturas N de pico	Top	N es un número entero
	Un hoyo es significativo si es una de las mayores profundidades N de hoyo	Bot	N es un número entero
Área, línea, punto	Se utilizan todos los elementos	All	–
a Véanse la referencia [47] y la figura 21.			



NOTA 1 El plano de umbral se representa en color rosa. Su altura se define a partir de una tasa portante. Las figuras 21 a) y b) utilizan un valor de umbral diferente.

NOTA 2 En la figura 21 a), A, B, C y D son valles abiertos, ya que están conectados por puntos de silla de montar que están por debajo del umbral.

NOTA 3 En la figura 21 b), A y B siguen siendo abiertos, pero C y D son valles cerrados.

**Figura 21 – Valles abiertos y cerrados**

## 5.5 Sección de atributos de elementos

Una vez determinado el conjunto de elementos significativos, es necesario determinar los atributos de elementos adecuados para su caracterización. La mayoría de los atributos son una medida del tamaño del elemento, por ejemplo, la longitud, el área o el volumen de un elemento. En la tabla 4 se indican algunos atributos de elementos geométricos.

**Tabla 4 – Atributos de elementos**

Clase de elemento	Atributos de elementos	Designación
Área	Altura de la colina local/profundidad del valle local	Hh/Dd
	Área de la colina o del valle	Ah/Ad
	Volumen de la colina o del valle	Vh/Vd
	Volumen de vacío local abierto/cerrado de los valles en el umbral de penetración <sup>a</sup>	Vlvv
	Volumen de material local abierto/cerrado de colinas en el umbral de penetración <sup>a</sup>	Vlmv
	Redondez de la colina o del valle <sup>b</sup>	Mrn
	Factor de forma de la colina o valle <sup>b</sup>	Mff
	Diámetro equivalente de la colina o valle <sup>b</sup>	Med
	Proporción de aspecto de la colina o valle <sup>b</sup>	Mar
Línea	Longitud de la línea de rumbo o cresta	Lcr
Punto	Altura del pico	Hp
	Profundidad de hoyo	Hv
	Altura del punto de silla de montar	Hs
	Curvatura media local en el punto crítico	Curvature
Área, línea, punto	El atributo toma el valor de uno	Count
<p>a Véase la referencia [31].</p> <p>b Estas características morfológicas se explican en la referencia [22]. Pueden utilizarse en superficies estructuradas o texturizadas para caracterizar la forma de los motivos impresos.</p>		

## 5.6 Estadística de atributos

El cálculo de un estadístico adecuado de los atributos de los elementos, un parámetro de elemento o, alternativamente, un histograma de valores de atributos es la parte final de la caracterización de las características. En la tabla 5 se presentan algunos estadísticos de atributos.

**Tabla 5 – Estadísticas de atributos**

<b>Estadísticas de atributos</b>	<b>Designación</b>	<b>Umbral</b>
Media aritmética de los valores de los atributos	Mean	–
Valor del atributo máximo	Max	–
Valor del atributo mínimo	Min	–
Desviación estándar de los valores del atributo	StdDev	
Porcentaje por encima de un valor especificado	Perc	Valor del umbral en unidades de atributo
Histograma	Hist	–
Suma de los valores de los atributos	Sum	–
Suma de todos los valores de atributos dividida por el área de evaluación	Density	–
NOTA En futuras ediciones de este documento, se prevé dar métodos normalizados para denominar determinadas estadísticas de atributos.		

## 5.7 Convención para la caracterización de elementos

Para registrar la caracterización de los elementos, es necesario indicar las herramientas concretas utilizadas en cada uno de los cinco pasos. Para ello se puede utilizar la siguiente convención:

- Se comienza con las letras FC (*feature characterization*) para indicar que se trata de una caracterización de elementos.
- Para cada etapa, a su vez, se utiliza la designación de la tabla correspondiente para indicar la herramienta necesaria.
- Algunas herramientas de la etapa requieren otros valores para completarla. Se utiliza el símbolo ";" para delimitar entre cada etapa y un espacio para delimitar dentro de una etapa.
- Si una herramienta no se especifica en este documento, se puede utilizar en su lugar una referencia a la definición de la herramienta.

EJEMPLO FC; D; Wolfprune 5 %; Open c 60 %; Ad; Hist.

NOTA Para la explicación de las denominaciones, véanse las tablas 1 a 5.

## 5.8 Parámetros de elementos designados

### 5.8.1 Generalidades

Cada uno de los siguientes apartados contiene un parámetro (término abreviado) y un símbolo. Mientras que los términos abreviados pueden contener varias letras, los símbolos constan de una sola letra con los subíndices necesarios. Los símbolos se utilizan en las fórmulas que se muestran en este documento. La razón de esta diferenciación es evitar que las letras compuestas se interpreten erróneamente como una indicación de multiplicación entre cantidades en las fórmulas. Los parámetros (términos abreviados) se utilizan en la documentación del producto, los dibujos y las fichas técnicas.



### 5.8.2 Densidad de picos

Spd

El parámetro de densidad de picos es el número de picos por unidad de superficie. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

Spd = FC; P; Wolfprune X%; All; Count; Density

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las designaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

### 5.8.3 Densidad de hoyos

Svd

El parámetro de densidad de hoyos es el número de hoyos por unidad de superficie. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

Svd = FC; V; Wolfprune X%; All; Count; Density

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las denominaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

### 5.8.4 Curvatura media de los picos

Spc

El parámetro de curvatura media de los picos es la media de la curvatura media local de los picos. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

Spc = FC; P; Wolfprune X%; All; Curvature; Mean

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las designaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

### 5.8.5 Curvatura media de los hoyos

Svc

La curvatura media aritmética de los hoyos es la media de la curvatura media local de los hoyos. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

Svc = FC; V; Wolfprune X%; All; Curvature; Mean

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las denominaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

### 5.8.6 Altura sobre cinco picos

S5p

El parámetro de altura sobre cinco picos es la media de las cinco mayores alturas de pico. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

S5p = FC; P; Wolfprune X%; Top 5; Hp; Mean

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las designaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

NOTA 3 Si se encuentran menos de cinco picos significativos, el promedio se realiza sobre los picos significativos disponibles.

### 5.8.7 Profundidad sobre cinco hoyos

S5v

El parámetro de profundidad sobre cinco hoyos es la media de las cinco mayores profundidades de hoyo. Corresponde a la siguiente especificación de elementos:

S5v = FC; V; Wolfprune X%; Bot 5; Hv; Mean

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las denominaciones en las tablas 1 a 5.

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X % se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

NOTA 3 Si se encuentran menos de cinco hoyos significativos, el promedio se realiza sobre los hoyos significativos disponibles.

### 5.8.8 Altura sobre diez puntos

S10z

El parámetro de la altura sobre diez puntos es la suma de la altura sobre cinco picos y la profundidad sobre cinco hoyos, como se muestra en la fórmula (28).

$$S_{10z} = S_{5p} + S_{5v} \quad (28)$$

## 5.9 Parámetros de elementos adicionales

### 5.9.1 Generalidades

La tabla 4 define muchas características que pueden combinarse con los atributos estadísticos definidos en la tabla 5. Esto da lugar a muchos parámetros que pueden especificarse mediante la línea de especificación FC. Sin embargo, para simplificar, la tabla 6 proporciona un conjunto de parámetros que pueden utilizarse directamente en la especificación.

**Tabla 6 – Parámetros de los elementos designados**

Tipo de elementos de calidad superficial	Estadísticas de atributos	Altura local/profundidad local (Hh/Hd)	Área (Ah/Ad)	Volumen (Vh/Vd)	Recuento
Colina	mean	Shh	<b>Sha</b>	<b>Shv</b>	Shn
	max	Shhx	Shax	Shvx	
	StdDev	Shhq	Shaq	Shvq	
Valle	mean	Sdd	<b>Sda</b>	<b>Sdv</b>	Sdn
	max	Sddx	Sdax	Sdvx	
	StdDev	Sddq	Sdaq	Sdvq	

Reglas de denominación: los parámetros comienzan con una S mayúscula, seguida de *h* para colinas o *d* para valles, seguida de *h* para altura, *d* para profundidad, *a* para área, *v* para volumen o *n* para recuento.

Los parámetros que aparecen en negrita en la tabla 6 corresponden a los nombres de los parámetros de la versión anterior de este documento (Norma ISO 25178-2:2012).

Shn y Sdn indican el número de colinas o valles. Los demás parámetros se calculan como medias aritméticas de la característica en todos los motivos, excepto cuando el nombre termina con una *x*, que significa "max" (máximo de la característica), o con una *q*, que significa desviación estándar. Por ejemplo, Sda es el área media de los valles y corresponde a la siguiente línea de especificación de elementos:

Sda(c) = FC; D; Wolfprune X%; Open c/Closed c; Ad; Mean

Shhx es la altura local máxima de todas las colinas y corresponde a la siguiente línea de especificación de elementos:

Shhx(c) = FC; H; Wolfprune X%; Open c/Closed c; Hh; Max

NOTA 1 Véanse las explicaciones de las designaciones en las tablas 1 a 5. "Open c/Closed c" permite al usuario elegir entre "abierto a la altura c" o "cerrado a la altura c".

NOTA 2 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de X% se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

NOTA 3 Si no se especifica lo contrario, el valor por defecto de Open/Closed se encuentra en la Norma ISO 25178-3.

## 5.9.2 Parámetros de forma

**5.9.2.1** Pueden calcularse parámetros adicionales en el plano horizontal para caracterizar la forma del motivo de calidad superficial (véase la tabla 7).

**Tabla 7 – Parámetros de la forma designados**

Tipo de elementos de calidad superficial	Estadísticas de atributo	Redondez	Factor de forma	Diámetro equivalente	Relación de aspecto
<b>Colina</b>	mean	Shrn	Shff	Shed	Shar
	max	Shrn <sub>x</sub>	Shff <sub>x</sub>	Shed <sub>x</sub>	Shar <sub>x</sub>
	StdDev	Shrn <sub>q</sub>	Shff <sub>q</sub>	Shed <sub>q</sub>	Shar <sub>q</sub>
<b>Valle</b>	mean	Sdrn	Sdff	Sded	Sdar
	max	Sdrn <sub>x</sub>	Sdff <sub>x</sub>	Sded <sub>x</sub>	Sdar <sub>x</sub>
	StdDev	Sdrn <sub>q</sub>	Sdff <sub>q</sub>	Sded <sub>q</sub>	Sdar <sub>q</sub>

**5.9.2.2 Redondez del motivo**

El parámetro de redondez se calcula mediante la relación entre el área horizontal del motivo  $A_m$  y el área de un círculo con un diámetro igual al diámetro máximo. Un objeto redondo dará un valor de 1 y un objeto oblongo dará un valor inferior a 1. El parámetro de redondez  $M_{RN}$  viene dado por la fórmula (29).

$$M_{RN} = \frac{4A_m}{\pi D_{m\acute{a}x.}^2} \quad (29)$$

donde

$A_m$  es el área horizontal del motivo;

$D_{m\acute{a}x.}$  es el diámetro máximo.

NOTA  $M_{RN}$  no tiene unidades.

**5.9.2.3 Factor de forma del motivo**

El factor de forma  $M_{FF}$  evalúa la compacidad de la forma (la fracción de volumen lleno). Un objeto alargado dará un valor cercano a cero, mientras que un objeto compacto dará un valor cercano a 1. El parámetro  $M_{FF}$  viene dado por la fórmula (30).

$$M_{FF} = \frac{4\pi A_m}{\Pi^2} \quad (30)$$

donde

$A_m$  es el área horizontal del motivo;

$\Pi$  es el perímetro.

NOTA  $M_{FF}$  no tiene unidades.

#### 5.9.2.4 Diámetro equivalente del motivo

El diámetro equivalente  $M_{ED}$  es el diámetro del círculo de la misma área que el motivo, dado por la fórmula (31).

$$M_{ED} = \sqrt{\frac{4A_m}{\pi}} \quad (31)$$

donde

$A_m$  es el área horizontal del motivo.

NOTA  $M_{ED}$  se da en unidades de longitud (mm o  $\mu\text{m}$ ).

#### 5.9.2.5 Proporción de aspecto del motivo

La proporción de aspecto  $M_{AR}$  es la relación entre el diámetro máximo y el diámetro mínimo, según la fórmula (32). Discrimina entre motivos compactos y oblongos. Por ejemplo, en el caso de un disco,  $M_{AR} = 1$ . En el caso de un motivo oblongo, su valor es mayor que 1.

$$M_{AR} = \frac{D_{\text{máx.}}}{D_{\text{mín.}}} \quad (32)$$

donde

$D_{\text{máx.}}$  es el diámetro máximo;

$D_{\text{mín.}}$  es el diámetro mínimo.

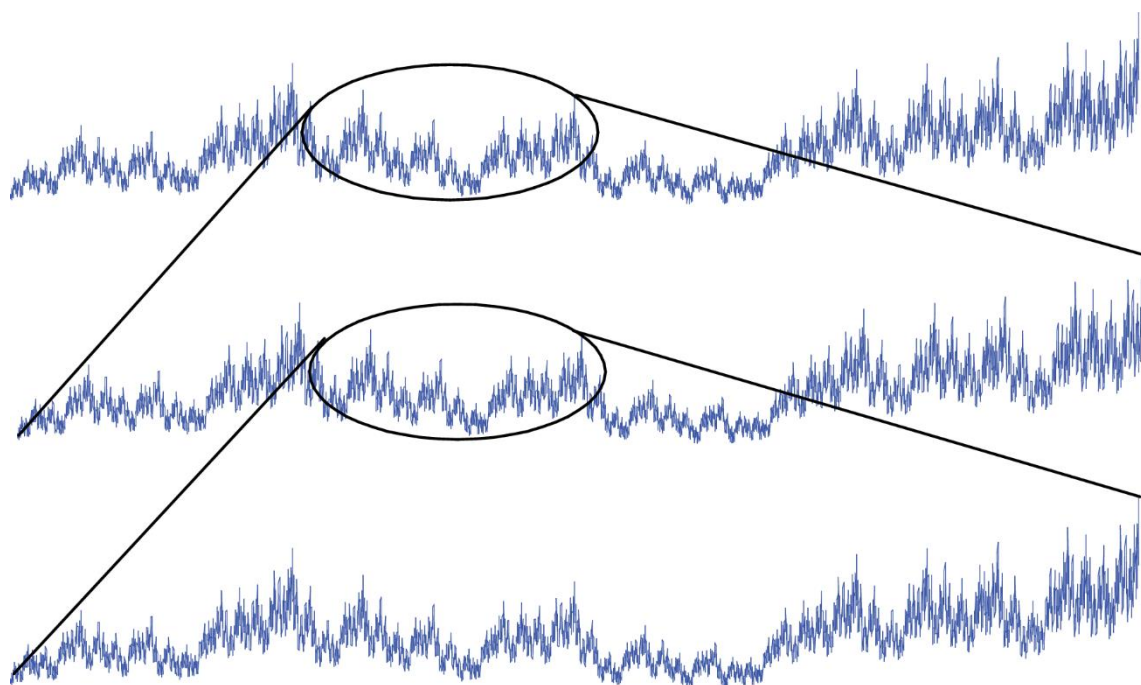
NOTA  $M_{AR}$  no tiene unidades.

## Anexo A (Informativo)

### Métodos geométricos multiescala (fractales)

#### A.1 ¿Qué es un fractal?

Un fractal es un objeto que tiene aproximadamente el mismo aspecto a lo largo de un rango de escalas o aumentos, es decir, el objeto debería ser estadísticamente similar a sí mismo, véase la figura A.1. No es necesario que el objeto muestre exactamente la misma estructura en todas las escalas, sino que el mismo "tipo" de estructuras aparezca a lo largo de un rango de escalas.



**Figura A.1 – Perfil fractal que muestra las mismas estructuras en todas las escalas**

En general, se puede calcular una "dimensión fractal" a partir de una superficie fractal utilizando varios métodos<sup>[32][33]</sup>, entre ellos el método de la variación<sup>[34]</sup> y el análisis del área relativa<sup>[35]</sup>. Este último ha demostrado ser capaz de proporcionar parámetros que apoyan fuertes correlaciones funcionales con la adhesión<sup>[36]</sup>, la impedancia electroquímica<sup>[37]</sup>, la fricción<sup>[38]</sup>, el brillo<sup>[39]</sup>, una buena diferenciación del microdesgaste dental<sup>[40]</sup>, las condiciones de rectificado<sup>[41]</sup>, la transferencia de masa durante el tratamiento térmico<sup>[42]</sup> y el compactado de polvo<sup>[43]</sup>.

La dimensión fractal es una medida de la complejidad geométrica o de las componentes intrincados de una superficie fractal o parcialmente fractal. La dimensión fractal aumenta con el incremento de la complejidad. La dimensión fractal es mayor o igual que la dimensión euclidiana, es decir, mayor o igual que uno y menor que dos para un perfil, y mayor o igual que dos y menor que tres para una superficie.

Las superficies reales son parcialmente fractales, en el sentido de que pueden caracterizarse, aproximarse o modelarse como si tuvieran componentes geométricos irregulares en un rango de escalas de observación. Las superficies fractales ideales son modelos matemáticos que tienen componentes irregulares en todas las escalas de observación.

Las componentes geométricas periódicas y cuasiperiódicas de una superficie no excluyen que dicha superficie tenga componentes fractales o que se caracterice ventajosamente por el análisis fractal.

## A.2 Métodos de variación

Sea  $F(c)$ , por ejemplo, el volumen entre una envolvente de cierre morfológico y una envolvente de apertura morfológica de la superficie fractal por un elemento estructurante plano horizontal cuadrado con escala  $c$  ( $c$  por  $c$ ).

Entonces, siempre que exista el límite, la dimensión fractal  $D_v$  puede definirse para el método de volumen-escala morfológico como en la fórmula (A.1):

$$D_v = \lim_{c \rightarrow +0} \left\{ 3 - \frac{d \left[ \log_e (F(c)) \right]}{d \left[ \log_e (c) \right]} \right\} \quad (\text{A.1})$$

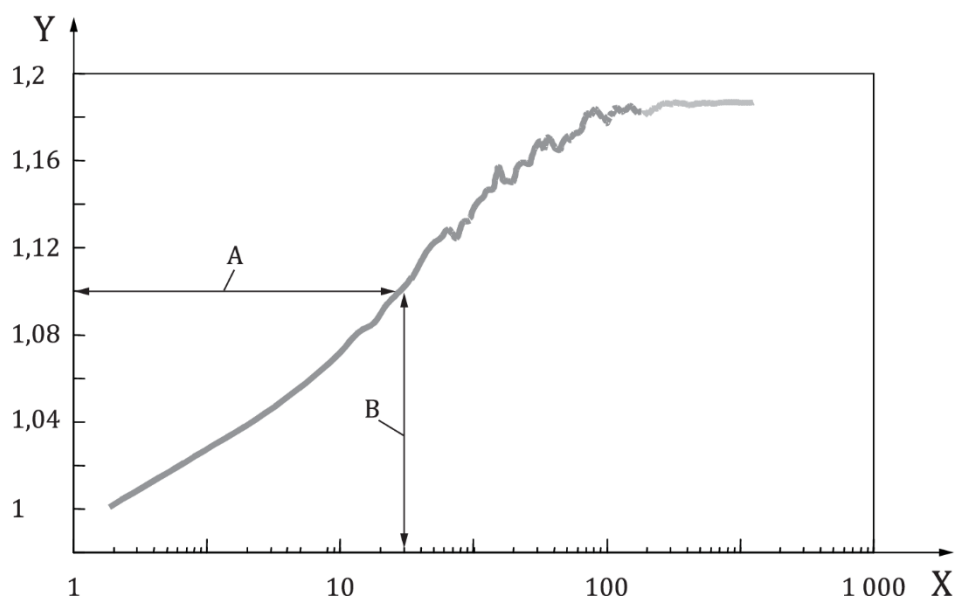
La dimensión fractal calculada mediante el método de la variación es equivalente a la dimensión de Minkowski-Bouligand. Se ha demostrado<sup>[34]</sup> que el método de variación tiene la menor incertidumbre de todos los métodos actuales para calcular una dimensión fractal. La dimensión fractal de una superficie es mayor o igual a dos y es una indicación de lo compleja que es una superficie fractal. Cuanto mayor es la dimensión fractal, más complicada o irregular es la superficie fractal.

Se puede aplicar un razonamiento similar con otros métodos y cantidades calculadas en función de la escala.

## A.3 Método variacional aplicado a superficies de escala limitada

En un sentido estrictamente matemático, las superficies de escala limitada no son verdaderas superficies fractales, ya que se han suavizado deliberadamente a una escala definida y, por tanto, no contienen "el mismo tipo de estructuras a todas las escalas". Sin embargo, las superficies de escala limitada pueden mostrar "comportamientos de tipo fractal" en una serie de escalas. El gráfico de volumen-escala, véase la figura A.2, es muy útil para captar algunos de estos comportamientos en el rango observable de escalas.

Se establece un gráfico que representa el logaritmo de la cantidad calculada, en función del logaritmo de la escala. La figura A.2 muestra un ejemplo con el gráfico de volumen morfológico-escala  $Smvs(c)$ , que es un gráfico del logaritmo del volumen entre una envolvente de cierre morfológico y una envolvente de apertura morfológica de la superficie de escala limitada utilizando un plano horizontal cuadrado como elemento estructural frente al logaritmo de la escala del elemento estructural.



Leyenda

X log(escala)  
Y log(volumen)  
A Escala  
B Volumen

**Figura A.2 – Gráfico volumen- morfológico escala de una superficie de escala limitada**

La mayoría de los gráficos de superficies de escala limitada mostrarán varias regiones en las que la curva es aproximadamente una línea recta. En cada una de estas regiones particulares, la relación entre la escala  $c$  y la cantidad calculada toma la forma de una ley de potencia.

Por ejemplo, para la función volumen-escala morfológica,  $S_{mvs}$  se calcula a escala  $c$  según la fórmula (A.2):

$$S_{mvs}(c) = k \cdot c^d \quad (A.2)$$

Se trata de una ley de potencia porque el volumen  $S_{mvs}(c)$  cambia como si fuera una potencia de la escala  $c$ . La pendiente de la línea recta, en el gráfico de volumen-escala, es solo el exponente  $d$  y su intersección de volumen es  $\log(k)$ .

Para otro ejemplo, el área -escala relativa  $S_{as}$  se calcula a escala  $c$  según la fórmula (A.3):

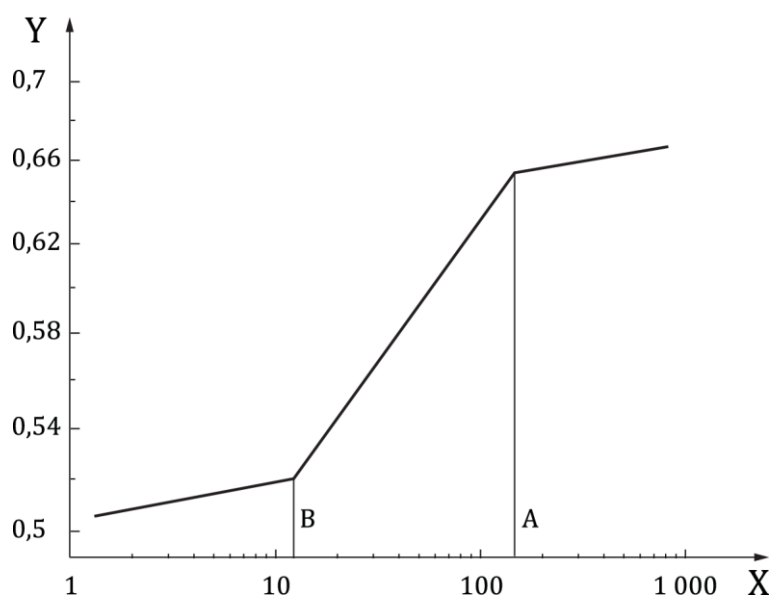
$$S_{as}(c) = k' \cdot c^{-d'} \quad (A.3)$$

que muestra una pendiente negativa, lo que significa que el gráfico es decreciente en función de la escala.



En aquellos rangos de escala en los que es válida una ley de potencia determinada (es decir, en la región correspondiente del gráfico en la que la curva es aproximadamente una línea recta), la superficie de escala limitada mostrará similitud consigo misma (es decir, partes de la superficie, cuando se amplían en una cantidad adecuada, se parecerán a la superficie original). Por lo tanto, la superficie de escala limitada, en estos rangos concretos de escalas, es aproximadamente una superficie fractal con una dimensión fractal asociada. Así, cuanto más pronunciada sea la pendiente del gráfico, más complicada será la superficie para ese rango concreto de escalas.

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los gráficos mostrarán varias regiones en las que la curva que son aproximadamente una línea recta. La escala en la que se produce un cambio de pendiente de una región aproximada por una línea recta a otra se denomina "escala de cruce". En la práctica, este cambio puede ser gradual, por lo que es necesario un procedimiento para determinar la escala a la que se produce este cambio. La identificación de las escalas de cruce es importante porque indican un cambio en el mecanismo dominante que afecta a la superficie de escala limitada y/o al procedimiento de medición. En la figura A.3 se muestra un ejemplo. Al pasar de escalas relativamente más grandes, en las que la pendiente es cercana a cero, a escalas más pequeñas, en las que la pendiente es más pronunciada, la primera escala de cruce indica un cambio de una superficie relativamente suave a escalas más grandes a una superficie más rugosa a escalas más pequeñas. Por lo tanto, por encima de esta primera escala de cruce, esta superficie particular de escala limitada puede considerarse suave.



Leyenda

X log(escala)

Y log(volumen)

A Escala de cruce suave-rugoso

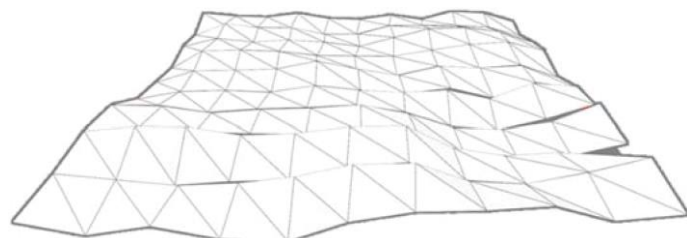
B Segunda escala de cruce

**Figura A.3 – Gráfico de volumen-escala idealizado morfológico que muestra las escalas de cruce**

## A.4 Análisis área-escala

El análisis área-escala consiste en cubrir la superficie con teselas de una escala determinada (su área) y calcular la relación entre el área total de las teselas y su área proyectada.

El área observada de una superficie medida se calcula en función de la escala mediante una serie de ejercicios de teselado virtual que cubren la superficie medida a modo de parches<sup>[35][45]</sup>. Las áreas de las teselas, o parches, representan las escalas de área de observación. Los ejercicios de teselado se repiten con teselas de áreas progresivamente más pequeñas para determinar las áreas observadas en función de las escalas de área de observación (figura A.4)<sup>[45]</sup>.

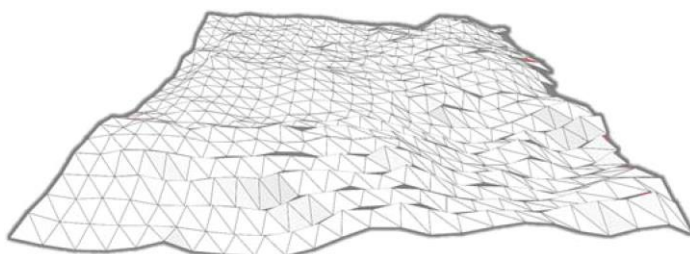


Escala = 5000  $\mu\text{m}^2$

Número de teselas = 180

Área observada= 899 995  $\mu\text{m}^2$

Área relativa Sas= 1,034 9

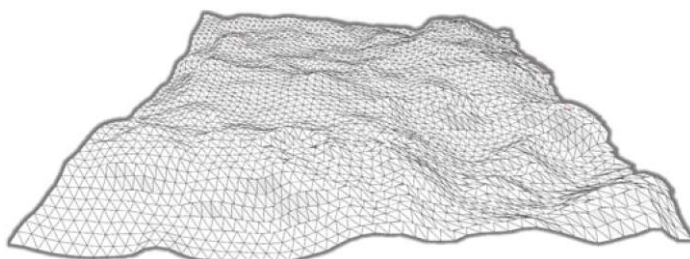


Escala = 1000  $\mu\text{m}^2$

Número de teselas = 1 002

Área observada= 1 001 991  $\mu\text{m}^2$

Área relativa Sas= 1,061 4

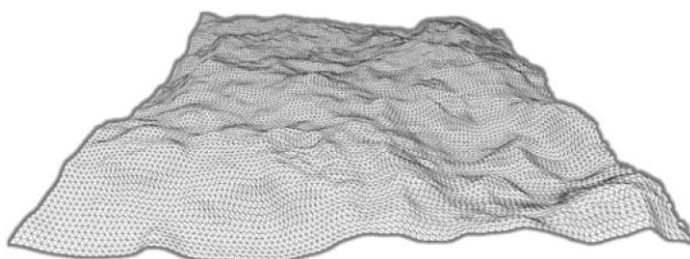


Escala = 200  $\mu\text{m}^2$

Número de teselas = 5 257

Área observada= 1 051 477  $\mu\text{m}^2$

Área relativa Sas= 1,085 3

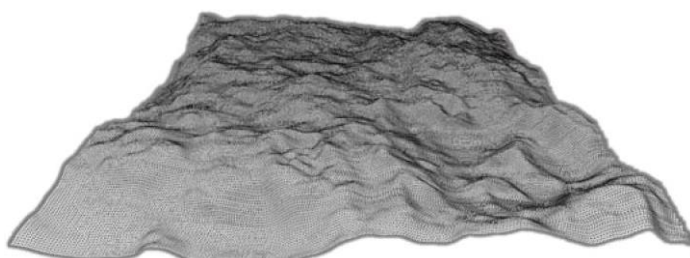


Escala = 50  $\mu\text{m}^2$

Número de teselas = 21 504

Área observada= 1 076 329  $\mu\text{m}^2$

Área relativa Sas= 1,094 4



Escala = 10  $\mu\text{m}^2$

Número de teselas = 107 424

Área observada= 1 088 197  $\mu\text{m}^2$

Área relativa Sas= 1,097 1

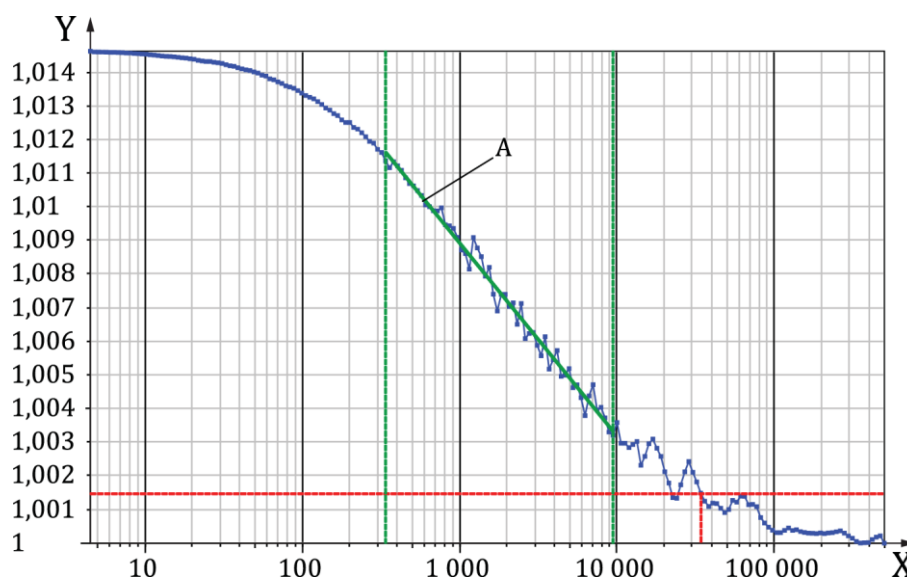
**Figura A.4 – Cinco ejercicios de teselado de un análisis de área relativa**

El área observada es el número de teselas, o parches, de un ejercicio de teselado virtual multiplicado por el área de la baldosa o del parche (escala de observación). Por ejemplo, a escala de 5 000  $\mu\text{m}^2$ , el área observada es de 180 teselas  $\times$  5 000  $\mu\text{m}^2$  = 900 000  $\mu\text{m}^2$  (en realidad aquí 899 995 debido a errores de redondeo). El área observada es el área aparente a una escala de observación determinada y está referida a esa escala, ya que el área observada cambia con la escala de observación. El área nominal es el área de un ejercicio de teselado individual proyectado sobre la superficie nominal, es decir, el área de la superficie nominal cubierta por el ejercicio de teselado. Para la superficie nominal se puede utilizar el plano de mínimos cuadrados o el punto de referencia de la medición. El área nominal suele ser inferior al área horizontal de la superficie completa, ya que falta espacio al final de cada línea, cuando no hay espacio suficiente para una tesela. El área relativa  $S_{as}$  es el área observada a una escala determinada dividida por el área nominal<sup>[36][45]</sup>. Por consiguiente, el área relativa mínima es 1,0.

Un gráfico de área-escala  $S_{as}(c)$  es un gráfico logarítmico del área relativa en función de las escalas de área de observación (figura A.5). La dimensión fractal,  $D_v$ , sobre un cierto rango de escala puede calcularse a partir de la pendiente,  $a$ , del gráfico de área relativa como:

$$D_v = 2 - 2a \quad (\text{A.4})$$

que puede demostrarse que se deriva de la fórmula (A.4).



#### Leyenda

- X Escala  $c$  de observación en una escala logarítmica
- Y Área relativa  $S_{as}(c)$  (en una escala logarítmica)
- A Pendiente

NOTA En el ejemplo anterior, la dimensión fractal  $D_v$  es 2,005 y la pendiente  $a$  es -0,002 48.

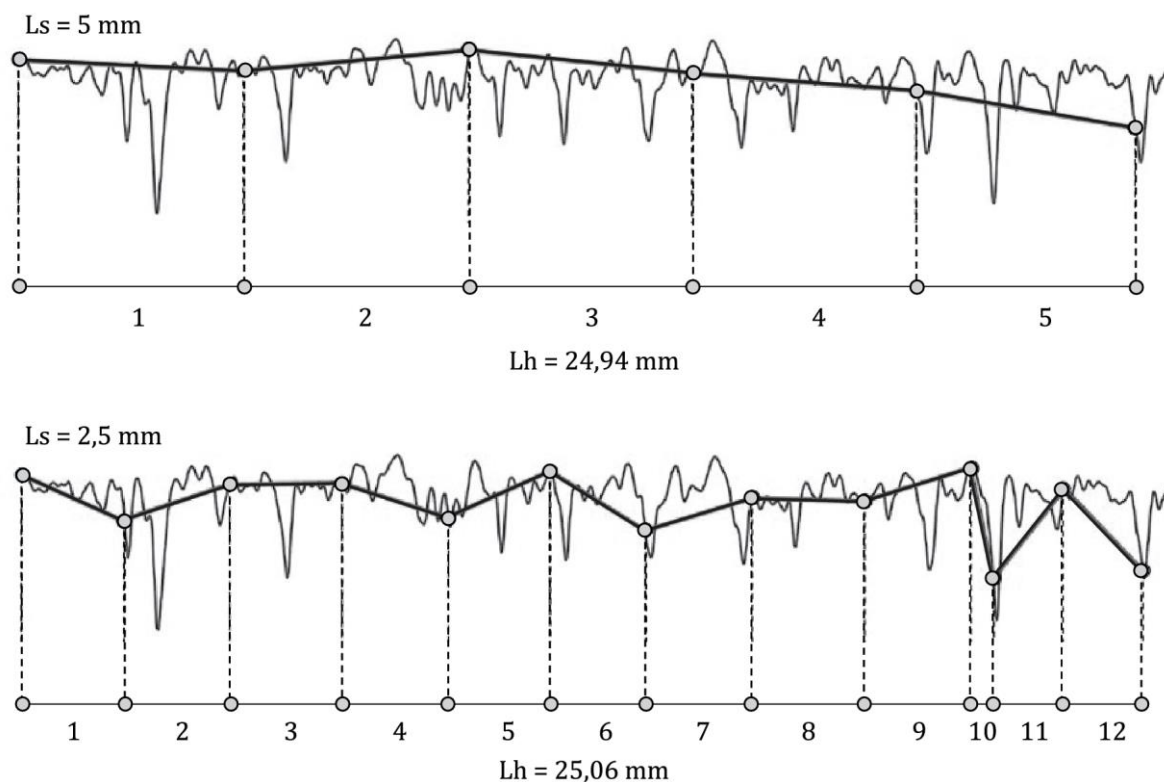
**Figura A.5 – Gráfico de área relativa que incluye los resultados de la serie de teselas de la figura A.4**

## A.5 Análisis longitud-escala

Cuando se mide la longitud curvilínea de un perfil (o línea de superficie) con un segmento de línea, esta longitud depende del tamaño del segmento de línea. Cuanto más corto sea el segmento de línea, mayor es la longitud. Si la longitud se divide por la longitud horizontal, se obtiene la longitud relativa del perfil a una escala dada (el tamaño del segmento de línea).

En una superficie, el análisis longitud-escala se aplica en todas las líneas o en todas las columnas. A continuación, se proporciona como la media de los valores de longitud relativa calculados en las líneas o en las columnas.

En la figura A.6, se realiza una primera medición con un segmento de línea de tamaño 5 mm. Se utilizan cinco segmentos en una longitud horizontal de 24,94 mm, lo que conduce a una longitud relativa de 1,002 4. Una segunda medida con un segmento de línea de tamaño 2,5 mm permite 12 segmentos sobre una longitud horizontal de 25,06 mm, lo que lleva a una longitud relativa de 1,197 1.



**Figura A.6 – Cálculo de la longitud relativa en un perfil para dos longitudes de segmento**

Se dibuja un gráfico del logaritmo de la longitud relativa  $Sls(c)$  en función del logaritmo de la escala  $c$ , y se calculan parámetros similares a los del caso área-escala.

## Anexo B (Informativo)

### Determinación de los parámetros de área para las superficies funcionales estratificadas

#### B.1 Cálculo de la recta equivalente

La recta equivalente se calcula para la región central de la curva de tasa portante de área que incluye el 40 % de los puntos de superficie medidos. Esta "región central" se encuentra donde la secante de la curva de tasa portante de área sobre el 40 % de la tasa portante de área muestra el menor gradiente (véase la figura 14). Esto se determina moviendo la línea secante para  $\Delta M_r = 40 \%$  a lo largo de la curva de tasa portante de área, comenzando en la posición de tasa portante  $p = 0 \%$ , como en la figura 14. La línea secante para  $\Delta M_r = 40 \%$  que tiene el menor gradiente establece la "región central" de la curva de tasa portante de área para el cálculo de equivalencia. Si hay varias regiones que tienen gradientes mínimos equivalentes, la región que se encuentra primero es la región de elección. A continuación, se calcula una línea recta para esta "región central" que da la menor desviación cuadrática en la dirección de las ordenadas de la superficie.

Para garantizar la validez de la curva de tasa portante de área, las anchuras de clase de las ordenadas de la superficie de escala limitada deberían seleccionarse de forma que sean lo suficientemente pequeñas como para que al menos 10 clases queden dentro de la "región central". En el caso de las superficies con una meseta geométrica casi ideal, una clasificación tan fina puede dejar de tener sentido, debido a la resolución limitada del sistema de medición. En este caso, el número de clases utilizadas en el cálculo de la recta equivalente debería indicarse en los resultados del ensayo.

#### B.2 Cálculo de los parámetros $S_k$ , $S_{mrk1}$ y $S_{mrk2}$

La recta equivalente cruza las líneas del 0 % y del 100 % en el eje  $S_{mr}$  (véase la figura 14). A partir de estos puntos, se trazan dos líneas paralelas al eje  $x$ ; estas determinan la superficie del núcleo separando las colinas y los valles que sobresalen.

La distancia vertical entre estas líneas de intersección es la altura del núcleo  $S_k$ . Sus intersecciones con la curva de tasa portante del área definen las tasas portantes  $S_{mrk1}$  y  $S_{mrk2}$ .

#### B.3 Cálculo de los parámetros $S_{pk}$ y $S_{vk}$

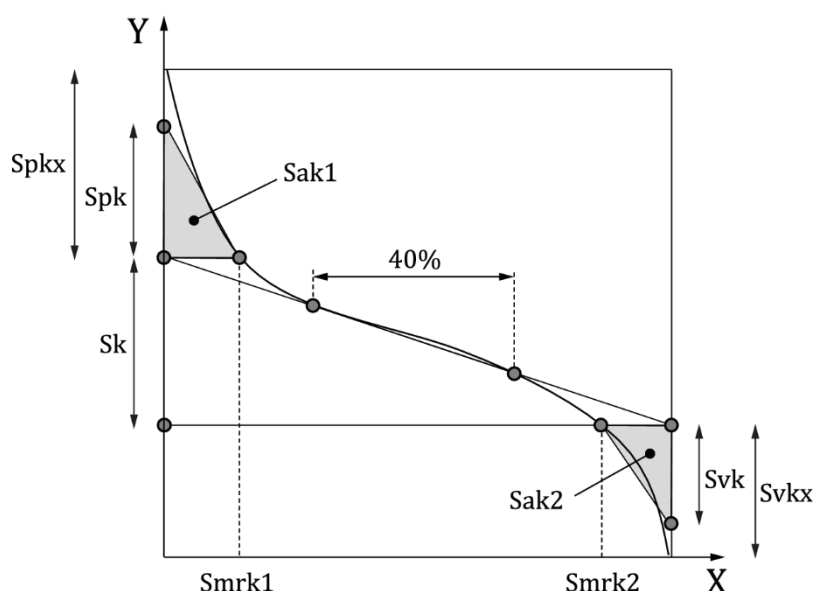
Las áreas por encima y por debajo de la región central que delimita la altura del núcleo  $S_k$  se muestran sombreadas en la figura B.1. Estas corresponden a la sección transversal de las colinas y valles superficiales que sobresalen de la superficie del núcleo.

La zona comprendida entre la curva de tasa portante y el eje de ordenadas de la izquierda, por encima del punto de intersección izquierdo, se denomina  $S_{ak1}$ . Se construye un triángulo rectángulo de forma que su área sea igual a la de la colina  $S_{ak1}$ . Su base horizontal corresponde a  $S_{mrk1}$  y su altura a  $S_{pk}$ . La distancia entre el punto más alto y el punto de intersección de la izquierda se llama  $S_{pkx}$ .

Simétricamente, el área comprendida entre la curva de tasa portante y el eje de ordenadas de la derecha, por debajo del punto de intersección derecho, se llama Sak2. Se construye un triángulo rectángulo de forma que su área sea igual al área de la colina Sak2. Su base horizontal corresponde al 100 % - Smrk2 y su altura corresponde a Svk. La distancia entre el punto más alto y el punto de intersección de la izquierda se llama Svkx.

El proceso de creación de un triángulo rectángulo para definir Spk y Svk no es un proceso de promediación, sino de reducción de altura (véase la referencia [48]).

Estos parámetros (Sk, Spk, Svk, Smrk1, Smrk2, Sak1, Sak2, Spkx, Svkx) solo deberían calcularse si la curva de tasa portante de la zona tiene forma de "S", como se muestra en la figura B.1, y, por tanto, solo tiene un único punto de inflexión. La experiencia ha demostrado que este es siempre el caso de las superficies lapeadas, rectificadas o bruñidas.



#### Leyenda

X	Tasa portante
Y	Posición de la línea de intersección
Smrk1, Smrk2	Tasas portantes
Sak1, Sak2	Áreas
Sk	Altura del núcleo
Spk	Altura de pico reducida
Svk	Profundidad de hoyo reducida
Spkx	Altura máxima del pico
Svkx	Profundidad máxima de hoyo

**Figura B.1 – Cálculo de los parámetros**

## B.4 Cálculo de los parámetros $Spq$ , $Svq$ y $Smq$

Tres efectos no lineales pueden estar presentes en la curva de probabilidad de tasa portante de área mostrada en la figura 7 para los datos de superficie medidos de una superficie estratificada. Estos efectos se deben eliminar limitando las porciones ajustadas de la curva de probabilidad de tasa portante de área, utilizando solo las porciones estadísticamente sólidas y gaussianas de la curva de probabilidad de tasa portante de área, excluyendo una serie de influencias.

En la figura 7, los efectos no lineales tienen su origen en:

- las colinas periféricas, por ejemplo, los restos o las partículas de suciedad (leyenda G);
- los valles periféricos, por ejemplo, los arañazos profundos (leyenda H);
- una región inestable (curvatura) introducida en el punto de transición de la meseta al valle basada en la combinación de dos distribuciones (leyenda I).

Estas exclusiones tienen por objeto mantener los parámetros más estables para mediciones repetidas de una superficie determinada.

La figura 15 muestra un perfil con su correspondiente curva de probabilidad de tasa portante de área y sus regiones de meseta y valle y las partes de la superficie que definen las dos regiones. El perfil tiene una colina periférica y la figura muestra cómo no influye en los parámetros. La figura 15 también muestra cómo las partes inferiores de los valles más profundos, que variarán significativamente según el lugar de la superficie donde se realicen las mediciones, no se tienen en cuenta a la hora de determinar los parámetros.

El proceso para determinar los límites de las regiones lineales se indica en el anexo A la Norma ISO 13565-3:1998.

## Anexo C (Informativo)

### Bases para las normas de calidad superficial de áreas. Calendario de eventos

El calendario de eventos que ha conducido a la publicación de la serie de Normas ISO 25178 sobre calidad superficial de área es el siguiente:

Abril 1990 a abril 1993	Proyecto financiado por la UE titulado <i>Development of Methods for the Characterization of Roughness in Three Dimensions</i> bajo la dirección de la Universidad de Birmingham. Desarrolló los fundamentos básicos para la caracterización de la calidad superficial de área. El informe del proyecto <sup>[17]</sup> introdujo los parámetros de calidad superficial de área "Birmingham 14" e investigó los protocolos de comunicación que incluían formatos de archivos de datos.
Septiembre de 1993	Publicación del " <i>Blue book</i> " <sup>[17]</sup> con los resultados detallados del proyecto de la UE mencionado anteriormente. Este libro se convirtió en un estándar de facto para la caracterización de la calidad superficial de área.
Abril 1998 a abril 2001	Proyecto AUTOSURF bajo la dirección de la Universidad Rover/Brunel. Este proyecto financiado por la UE desarrolló métodos de caracterización de calidad superficial de chapa para aplicaciones de automoción. Esto incluye la caracterización para la retención de aceite durante el almacenamiento de las bobinas, el rendimiento del prensado y el rendimiento de la pintura. Utilizó la caja de herramientas de elementos para resolver problemas reales de calidad superficial.
Mayo 1998 a mayo 2001	Proyecto SURFSTAND bajo la dirección de la Universidad de Huddersfield. Este proyecto financiado por la UE sentó las bases para la normalización del análisis de la calidad superficial. Se evaluó la utilidad funcional de los parámetros "Birmingham 14" mediante una serie de estudios de casos. Se revisaron las definiciones de calidad superficial de área, lo que dio lugar a definiciones más restrictivas de los parámetros de "Campo" y a la introducción de una caja de herramientas "elemento". Desarrollo de tecnologías de filtros robustos y <i>wavelet</i> . Por último, se investigaron cuestiones relacionadas con la calibración de los instrumentos de área.
Enero de 2002	Presentaciones de los proyectos SURFSTAND y AUTOSURF al ISO/TC 213 en Madrid, España.
Junio de 2002	El ISO/TC 213 crea un grupo de trabajo sobre la calidad superficial para determinar los requisitos de normalización de la calidad superficial de área.
Enero de 2003	El ISO/TC 213 crea el WG 16 para desarrollar un nuevo sistema de calidad superficial como parte de la próxima generación de GPS.
Mayo de 2003	Publicación del " <i>Green book</i> " <sup>[18]</sup> con los resultados detallados del proyecto SURFSTAND.
Junio de 2003	Publicación de la Norma ASME B46.1. Contiene la base de los métodos fractales de calidad superficial de área y la clasificación de los instrumentos de calidad superficial.
Marzo de 2012	Publicación original de la Norma ISO 25178-2.
2021	Publicación de la primera revisión de la Norma ISO 25178-2 con numerosas correcciones (véase el anexo E).



## Anexo D (Informativo)

### Detalles de implementación

#### D.1 Vector gradiente local

El gradiente local se suele aproximar para el punto  $i$  mediante la fórmula (D.1):

$$\frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (z_{i+3} - 9z_{i+2} + 45z_{i+1} - 45z_{i-1} + 9z_{i-2} - z_{i-3}) \quad (\text{D.1})$$

con  $3 \leq i \leq N-4$  (siendo  $N$  el número de puntos en  $X$ ) y  $\Delta x$  el espaciado en  $X$  ( $xi = i\Delta x$ ).

El gradiente en  $Y$  se calcula de la misma manera, utilizando  $\Delta y$  en su lugar.

La fórmula (D.1) se adapta en los bordes del perfil (línea o columna de la superficie) con las fórmulas (D.2) a (D.7).

Derivadas para el límite izquierdo del perfil:

$$i = 0$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=0} \approx \frac{1}{60\Delta x} (-147 z_0 + 360 z_1 - 450 z_2 + 400 z_3 - 225 z_4 + 72 z_5 - 10 z_6) \quad (\text{D.2})$$

$$i = 1$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=\Delta x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (-10 z_0 - 77 z_1 + 150 z_2 - 100 z_3 + 50 z_4 - 15 z_5 + 2 z_6) \quad (\text{D.3})$$

$$i = 2$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=2\Delta x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (2 z_0 - 24 z_1 - 35 z_2 + 80 z_3 - 30 z_4 + 8 z_5 - z_6) \quad (\text{D.4})$$

Derivadas para el límite derecho del perfil:

$$i = N - 3$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=(N-3)\Delta x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (z_{N-7} - 8z_{N-6} + 30z_{N-5} - 80z_{N-4} + 35z_{N-3} + 24z_{N-2} - 2z_{N-1}) \quad (D.5)$$

$$i = N - 2$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=(N-2)\Delta x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (-2z_{N-7} + 15z_{N-6} - 50z_{N-5} + 100z_{N-4} - 150z_{N-3} + 77z_{N-2} + 10z_{N-1}) \quad (D.6)$$

$$i = N - 1$$

$$\left. \frac{\partial z(x, y)}{\partial x} \right|_{x=(N-1)\Delta x} \approx \frac{1}{60\Delta x} (10z_{N-7} - 72z_{N-6} + 225z_{N-5} - 400z_{N-4} + 450z_{N-3} - 360z_{N-2} + 147z_{N-1}) \quad (D.7)$$

NOTA 1 Esta definición del gradiente local se define en la Norma ISO 4287 y se utiliza en la mayoría de los paquetes de software comerciales.

NOTA 2 La notación  $z_i$  corresponde a  $z_{i,y}$  en una iteración sobre todo  $y$ .

## D.2 Curvatura media local

La curvatura local se suele aproximar para el punto  $i$  mediante la fórmula (D.8):

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} (2z_{i+3} - 27z_{i+2} + 270z_{i+1} - 490z_i + 270z_{i-1} - 27z_{i-2} + 2z_{i-3}) \quad (D.8)$$

con  $3 \leq i \leq N-4$  (siendo  $N$  el número de puntos en  $X$ ), y  $\Delta x$  el espaciado en  $X$  ( $x_i = i\Delta x$ ).

La curvatura en  $Y$  se calcula de la misma manera, utilizando  $\Delta y$  en su lugar.

La fórmula (D.8) se adapta en los bordes del perfil (línea o columna de la superficie) con las fórmulas (D.9) a (D.14).

Segundas derivadas para el límite izquierdo del perfil:

$$i = 0$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=0} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} (812z_0 - 3132z_1 + 5265z_2 - 5080z_3 + 2970z_4 - 972z_5 + 137z_6) \quad (D.9)$$

$$i = 1$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=\Delta x} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} (137 z_0 - 147 z_1 - 255 z_2 + 470 z_3 - 285 z_4 + 93 z_5 - 13 z_6) \quad (D.10)$$

$$i = 2$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=2\Delta x} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} (-13 z_0 + 228 z_1 - 420 z_2 + 200 z_3 + 15 z_4 - 12 z_5 + 2 z_6) \quad (D.11)$$

Segundas derivadas para el límite derecho del perfil:

$$i = N - 3$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=(N-3)\Delta x} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} \begin{pmatrix} 2 z_{N-7} - 12 z_{N-6} + 15 z_{N-5} + 200 z_{N-4} - 420 z_{N-3} \\ + 228 z_{N-2} - 13 z_{N-1} \end{pmatrix} \quad (D.12)$$

$$i = N - 2$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=(N-2)\Delta x} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} \begin{pmatrix} -13 z_{N-7} + 93 z_{N-6} - 285 z_{N-5} + 470 z_{N-4} - 255 z_{N-3} \\ -147 z_{N-2} + 137 z_{N-1} \end{pmatrix} \quad (D.13)$$

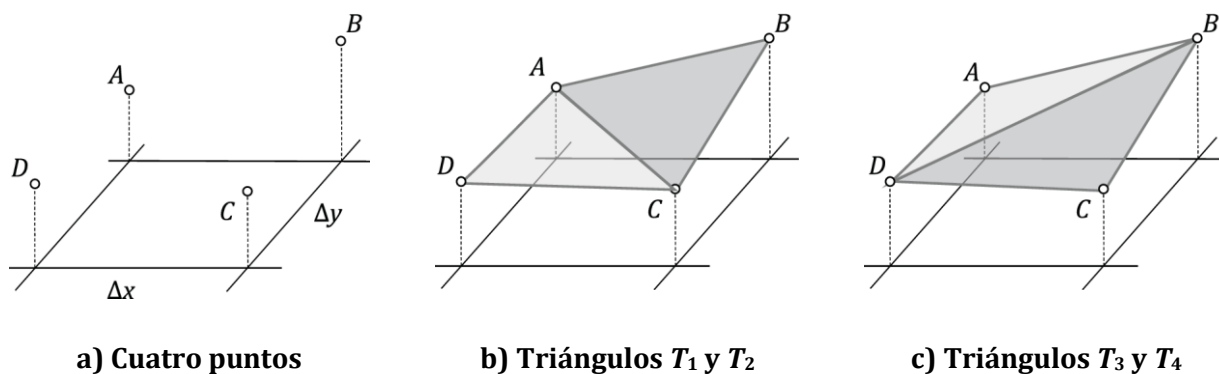
$$i = N - 1$$

$$\left. \frac{\partial^2 z(x, y)}{\partial x^2} \right|_{x=(N-1)\Delta x} \approx \frac{1}{180\Delta x^2} \begin{pmatrix} 137 z_{N-7} - 972 z_{N-6} + 2970 z_{N-5} - 5080 z_{N-4} + 5265 z_{N-3} \\ -3132 z_{N-2} + 812 z_{N-1} \end{pmatrix} \quad (D.14)$$

NOTA La notación  $z_i$  corresponde a  $z_{i,y}$  en una iteración sobre todo  $y$ .

### D.3 Relación del área interfacial desarrollada

En una superficie muestreada, el área curvilínea local entre cuatro puntos adyacentes ABCD puede calcularse sumando el área de dos triángulos (véanse las referencias [18] y [19]). El cuadrilátero ABCD puede triangularse como ADC + ABC o ABD + BCD, dependiendo de si la diagonal se toma de A a C o de B a D (véase la figura D.1). Por lo tanto, el área local se calcula como la media de las dos variantes, cada una de las cuales se calcula como la suma de las áreas de dos triángulos.



a) Cuatro puntos

b) Triángulos  $T_1$  y  $T_2$ c) Triángulos  $T_3$  y  $T_4$ **Figura D.1 – Descomposición en triángulos de un cuadrilátero de puntos**

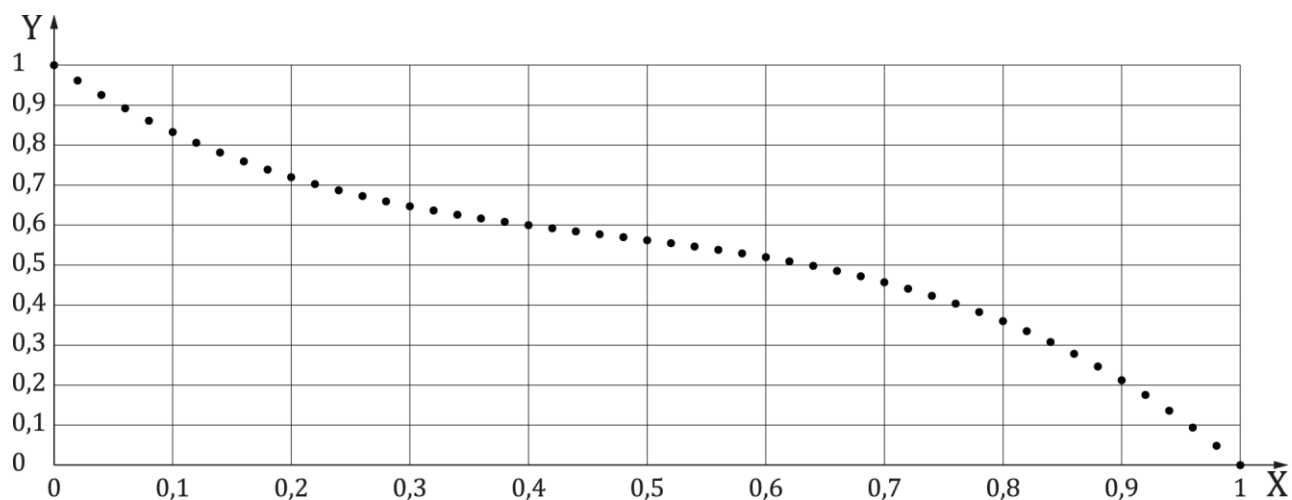
El área de un paralelepípedo se puede calcular mediante el producto cruzado de dos vectores y el área del triángulo es la mitad de esta área. Podemos entonces escribir la fórmula (D.15) para el área  $a_{ij}$  del cuadrilátero:

$$a_{i,j} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{1}{2} |\overrightarrow{BA} \times \overrightarrow{BC}| + \frac{1}{2} |\overrightarrow{DA} \times \overrightarrow{DC}| \right) + \left( \frac{1}{2} |\overrightarrow{AB} \times \overrightarrow{AD}| + \frac{1}{2} |\overrightarrow{CB} \times \overrightarrow{CD}| \right) \right] \quad (\text{D.15})$$

La expresión simplificada que se da en la referencia [18] podría no ser apropiada a menos que la superficie sea realmente plana, de modo que los triángulos puedan verse como triángulos rectangulares (véase la referencia [47]).

#### D.4 Determinación de la curva de tasa portante

Si no se especifica lo contrario, la curva local de tasa portante puede estimarse clasificando todas las alturas de la superficie en orden descendente de altura (véase la figura D.2).



Leyenda

X Tasa portante normalizada

Y Altura normalizada

**Figura D.2 – Curva de tasa portante obtenida por ordenación de puntos**

En la figura D.2, el eje vertical representa las alturas normalizadas, siendo 0,0 el punto más bajo y 1,0 el más alto. Estos valores deben multiplicarse por el rango vertical en  $\mu\text{m}$ . El eje horizontal representa la tasa portante normalizada que hay que multiplicar por el 100 %.

Cualquier valor intermedio puede interpolarse a partir de dos puntos consecutivos.

## Anexo E (Informativo)

### Cambios realizados en la edición de 2012 de este documento

La primera edición de este documento (ISO 25178-2:2012) contenía varios errores de redacción y técnicos (especialmente en el capítulo 6<sup>[47]</sup>) que debían corregirse. Mientras tanto, el desarrollo de una nueva serie de normas de perfil, la serie de Normas ISO 21920, subrayó la necesidad de coherencia entre estas normas internacionales. La tabla E.1 muestra un resumen de las modificaciones aplicadas desde la primera edición.

**Tabla E.1 – Lista de modificaciones**

Capítulo	Modificación
3	<p>Se han añadido las siguientes definiciones nuevas: 3.1.2 calidad superficial, 3.1.3.2 superficie auxiliar, 3.1.6.4 índice de anidamiento, 3.2.5.1 profundidad, 3.2.7 curvatura media local, 3.2.9 curva de tasa portante de área, 3.2.10 altura de tasa de longitud portante, 3.2.11 curva de densidad de altura, 3.2.15.2 densidad de amplitud angular, 3.2.16 densidad espectral de potencia de área, 3.3.4 motivo; detalle.</p> <p>Se han corregido las siguientes definiciones: 3.2.3 Parámetro V, 3.2.15.1 espectro angular, 3.2.15.3 densidad de potencia angular, 3.3.1.2 colina, 3.3.2.2 valle, 3.3.8.2 altura local de colina, 3.3.8.3 profundidad local de valle.</p> <p>La altura de referencia para la tasa portante de área se define ahora por defecto desde el punto más alto en lugar de desde la superficie de referencia (3.2.8).</p> <p>Se han suprimido las siguientes definiciones: 3.3.6.2 primera propiedad de segmentación, 3.3.6.3 segunda propiedad de segmentación, 3.3.6.4 tercera propiedad de segmentación.</p> <p>La figura 3 introduce el concepto de filtro de paso de banda estrecho.</p>
4	<p>El capítulo 4 ha tenido que ser reformulada de acuerdo con las Directivas ISO/IEC, parte 2.</p> <p>Se han añadido los siguientes parámetros de campo: 4.5.3 Sdc, 4.5.4.4 Spkx, 4.5.4.6 Svqx, 4.5.4.9 Sak1, 4.5.4.10 Sak2.</p> <p>Se ha cambiado el nombre de los siguientes parámetros: 4.5.4.7 Smrk1 (era Smr1), 4.5.4.8 Smrk2 (era Smr2).</p> <p>Se han corregido las descripciones de los siguientes parámetros: 4.5.4.3 altura de pico reducida, 4.5.4.5 profundidad de hoyo reducida, 4.5.7 volumen de material.</p> <p>En el apartado 4.3.4 se ha trasladado Std del anterior apartado 4.5.1.</p> <p>En el apartado 4.3.5 se ha añadido Ssw (adaptado de la Norma ISO 21920-2)</p> <p>Se han corregido las fórmulas de los siguientes parámetros: 4.5.7.1 Vm(p), 4.6 <math>\alpha(x,y)</math> y <math>\beta(x,y)</math>.</p> <p>Se ha reescrito y completado el apartado 4.7 sobre los parámetros geométricos multiescala (antes llamados parámetros fractales). Se ha cambiado el nombre de algunos parámetros de acuerdo con las normas de denominación de la ISO.</p>

Capítulo	Modificación
5	<p>El anterior capítulo 5 se ha trasladado al anexo B.</p> <p>El anterior capítulo 6 es ahora el capítulo 5 sobre parámetros de elementos.</p> <p>Las denominaciones AreaS y PerS de la tabla 2 sustituyen a las anteriores.</p> <p>Se ha corregido la tabla 3, ya que las anteriores definiciones de motivos abiertos y cerrados eran incorrectas.</p> <p>Los atributos definidos en la tabla 4 han cambiado de nombre por coherencia.</p> <p>Las líneas de especificación FC se han corregido para todos los parámetros.</p> <p>En el apartado 5.8.3 se ha añadido el parámetro Svd definido como Spd para los hoyos.</p> <p>En el apartado 5.8.5 se ha añadido el parámetro Svc definido como Spc para los hoyos.</p> <p>En el apartado 5.9 se introduce una matriz en la que los atributos de motivo (altura, área, volumen) pueden calcularse como media, máx. o desviación estándar, en colinas o valles. Los parámetros Sda, Sha, Sdv, Shv se definen ahora en la tabla 6.</p> <p>En el apartado 5.9.1 se introduce una matriz de parámetros de forma que puede calcularse sobre los motivos.</p>
Anexo A	<p>Se ha eliminado el anterior anexo A sobre segmentación y se ha transferido a la Norma ISO 16610-85.</p> <p>El anexo A se refiere ahora a los métodos geométricos multiescala (era el anexo B).</p>
Anexo B	Se describe el método para la determinación de los parámetros Sk (era el capítulo 5).
Anexo D	<p>Se ha eliminado el anterior anexo D sobre los diagramas conceptuales.</p> <p>Nuevo anexo D sobre los detalles de implementación del gradiente, la curvatura, la proporción desarrollada y la tasa portante.</p>
Anexo E	Histórico de las modificaciones desde la primera edición (ISO 25178-2:2012).
Anexo F	Proporciona un resumen de todos los parámetros en tablas.
Anexo G	Muestra el flujo de trabajo de análisis utilizado en la especificación.
Anexo I	Es ahora el nuevo modelo de matriz GPS.
Bibliografía	Se ha actualizado.

## Anexo F (Informativo)

### Resumen de los parámetros de la calidad superficial de área

Para mayor claridad, en las tablas F.1 y F.2 se muestra un resumen de todos los parámetros definidos en este documento.

**Tabla F.1 – Lista de parámetros de campo**

<b>Parámetros de altura</b>		
Sq	Altura media cuadrática	4.2.2
Ssk	Asimetría	4.2.3
Sku	Aplastamiento	4.2.4
Sp	Altura máxima de pico	4.2.5
Sv	Profundidad máxima de hoyo	4.2.6
Sz	Altura máxima	4.2.7
Sa	Altura media aritmética	4.2.8
<b>Parámetros de espaciamiento</b>		
Sal	Longitud de autocorrelación	4.3.2
Str	Proporción de aspecto de calidad superficial	4.3.3
Std	Dirección de la calidad superficial	4.3.4
Ssw	Longitud de onda espacial dominante	4.3.5
<b>Parámetros híbridos</b>		
Sdq	Gradiente cuadrático medio	4.4.2
Sdr	Proporción de área interfacial desarrollada	4.4.3
<b>Parámetros de tasa portante</b>		
Smr(c)	Tasa portante de área	4.5.1
Smc(p)	Altura de tasa de longitud portante de área	4.5.2
Sdc	Diferencia de altura de la tasa de longitud portante	4.5.3
<b>Parámetros de área para superficies estratificadas</b>		
Sk	Altura del núcleo	4.5.4.2
Spk	Altura de pico reducida	4.5.4.3
Spkx	Altura máxima de pico	4.5.4.4
Svk	Profundidad de hoyo reducida	4.5.4.5
Svkx	Profundidad máxima de hoyo	4.5.4.6
Smrk1	Tasa portante de las colinas	4.5.4.7
Smrk2	Tasa portante de los valles	4.5.4.8
Sak1	Área de las colinas	4.5.4.9
Sak2	Área de los valles	4.5.4.10



<b>Parámetros de probabilidad de tasa portante de área</b>		
Svq	Desviación cuadrática media de valle	4.5.5.1
Spq	Desviación cuadrática media de meseta	4.5.5.2
Smq	Tasa portante meseta-valle	4.5.5.3
<b>Volumen del vacío</b>		
Vv	Volumen de vacío	4.5.6.1
Vvv	Volumen de vacío de valle	4.5.6.2
Vvc	Volumen de vacío del núcleo	4.5.6.3
Vm( <i>p</i> )	Volumen de material	4.5.7.1
Vmp	Volumen de material de pico	4.5.7.2
Vmc	Volumen de material del núcleo	4.5.7.3
<b>Parámetros y funciones geométricos multiescala</b>		
Smvs	Función morfológica de volumen-escala	4.7.1
Sas( <i>c</i> )	Función área-escala	4.7.2.2
Sls( <i>c</i> )	Función longitud-escala	4.7.3.2
Svsfc	Complejidad fractal volumen-escala	4.7.5
Sasfc	Complejidad fractal área-escala	4.7.6
Slsfc	Complejidad fractal longitud-escala	4.7.7
Ssrc( <i>t</i> )	Escala de cruce suave-rugoso	4.7.8.2 4.7.8.3

**Tabla F.2 – Lista de parámetros de elementos**

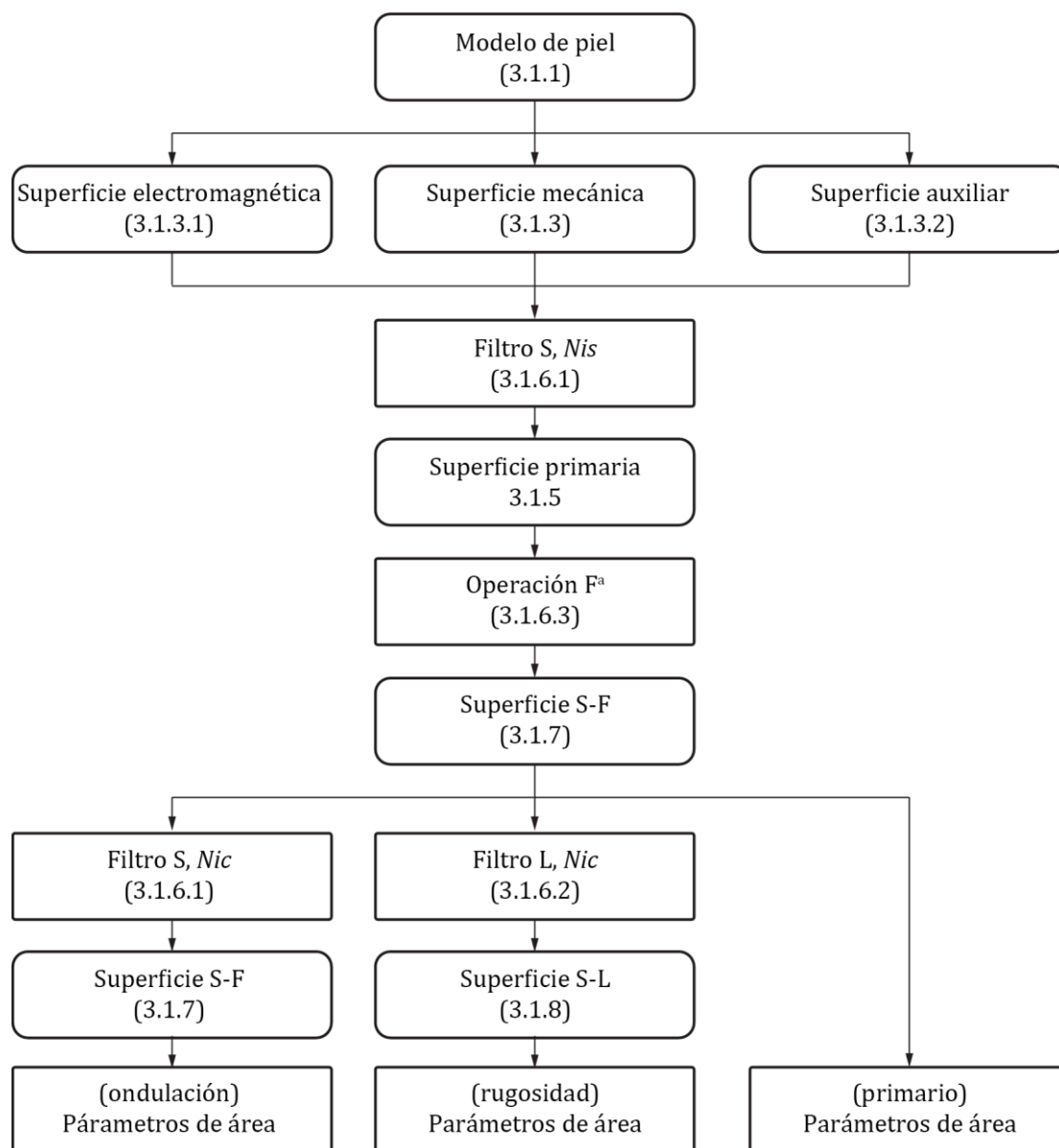
Spd	Densidad de picos	5.8.2
Svd	Densidad de hoyos	5.8.3
Spc	Curvatura media de los picos	5.8.4
Svc	Curvatura media de los hoyos	5.8.5
S5p	Altura sobre cinco picos	5.8.6
S5v	Profundidad sobre cinco hoyos	5.8.7
S10z	Altura sobre diez puntos	5.8.8

Véanse también los parámetros adicionales en las tablas 6 y 7.

## Anexo G (Informativo)

### Flujo de trabajo del análisis de especificaciones

Para mayor claridad, el flujo de trabajo del análisis para el cálculo de los parámetros se presenta en la figura G.1.



<sup>a</sup> La operación F es una asociación o un filtro con índice de anidamiento *Nif*.

**Figura G.1 – Flujo de trabajo del análisis de especificaciones**

## Anexo H (Informativo)

### Resumen de las normas sobre perfiles y superficies en el modelo de matriz GPS

En la tabla H.1 se ofrece una visión general de las normas calidad superficial de perfiles y calidad superficial de áreas.

**Tabla H.1 – Normas de calidad superficial**

	Eslabones de la cadena						
	A	B	C	D	E	F	G
	Símbolos e indicaciones	Requisitos de elementos	Propiedades de elementos	Conformidad o no conformidad	Medición	Equipo de medición	Calibración
Calidad superficial de perfil	ISO 21920-1	ISO 21920-2	ISO 21920-3 ISO 16610-2x ISO 16610-3x ISO 16610-4x	ISO 14253-xx		ISO 25178-6 <sup>a</sup> ISO 25178-6xx <sup>a</sup>	ISO 25178-7x <sup>a</sup> ISO 25178-7xx <sup>a</sup> ISO 12179
Calidad superficial de área	ISO 25178-1	ISO 25178-2	ISO 25178-3 ISO 16610-6x ISO 16610-7x ISO 16610-8x	ISO 14253-xx		ISO 25178-6 ISO 25178-6xx	ISO 25178-7x ISO 25178-7xx
a Se mencionan algunas normas de área por ser relevantes para los instrumentos de medición de perfiles.							

Anexo I (Informativo)

Relación con la matriz GPS

I.1 Generalidades

El modelo de matriz ISO GPS que figura en la Norma ISO 14638 ofrece una visión general del sistema ISO GPS del que forma parte este documento.

Las reglas fundamentales de ISO GPS dadas en la Norma ISO 8015 se aplican a este documento y las reglas de decisión por defecto dadas en la Norma ISO 14253-1 se aplican a las especificaciones hechas de acuerdo con este documento, a menos que se indique lo contrario.

I.2 Información sobre este documento y su uso

Este documento especifica los términos, las definiciones y los parámetros para la determinación de la calidad superficial (rugosidad, ondulación y superficie primaria) por métodos de área.

I.3 Posición en el modelo de matriz GPS

Este documento es una norma general ISO GPS que influye en el eslabón B de las cadenas de normas sobre calidad superficial de área en el modelo matricial GPS. Las normas y los principios indicados en este documento se aplican a todos los segmentos de la matriz ISO GPS que se indican con un punto relleno (•).

Tabla I.1 – GPS matrix

	Eslabones de la cadena						
	A	B	C	D	E	F	G
	Símbolos e indicaciones	Requisitos del elemento	Propiedades del elemento	Conformidad o no conformidad	Medición	Equipo de medición	Calibración
Tamaño							
Distancia							
Forma							
Orientación							
Posición							
Alabeo							
Calidad superficial de perfil							
Calidad superficial de área		•					
Imperfecciones superficiales							

I.4 Normas internacionales relacionadas

Las normas internacionales relacionadas son las de las cadenas de normas indicadas en la tabla I.1.

## Bibliografía

- [1] ISO 4287, *Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters.*
- [2] ISO 8015, *Geometrical product specifications (GPS). Fundamentals. Concepts, principles and rules.*
- [3] ISO 12085, *Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Motif parameters.*
- [4] ISO 12179, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Calibration of contact (stylus) instruments.*
- [5] ISO 13565-2, *Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method; Surfaces having stratified functional properties. Part 2: Height characterization using the linear material ratio curve.*
- [6] ISO 13565-3:1998, *Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method; Surfaces having stratified functional properties. Part 3: Height characterization using the material probability curve.*
- [7] ISO 14253-1, *Geometrical product specifications (GPS). Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment. Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications.*
- [8] ISO 14406:2010, *Geometrical product specifications (GPS). Extraction.*
- [9] ISO 14638, *Geometrical product specifications (GPS). Matrix model.*
- [10] ISO 16610-20, *Geometrical product specifications (GPS). Filtration. Part 20: Linear profile filters: Basic concepts.*
- [11] ISO 16610-61, *Geometrical product specification (GPS). Filtration. Part 61: Linear areal filters. Gaussian filters.*
- [12] ISO 16610-85, *Geometrical product specifications (GPS). Filtration. Part 85: Morphological areal filters: Segmentation.*
- [13] ISO 21920-1, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Profile. Part 1: Indication of surface texture.*
- [14] ISO 21920-2, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Profile. Part 2: Term, definitions and surface texture parameters.*
- [15] ISO 21920-3, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Profile. Part 3: Specification operators.*
- [16] ISO 25178-3, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Areal. Part 3: Specification operators.*

**Referencias fundamentales**

- [17] STOUT K.J. et al. *The development of methods for the characterisation of roughness in three dimensions*. European Report EUR 15178 EN.
- [18] BLUNT L., JIANG X. (2003) *Advanced techniques for assessment surface topography. Development of a basis for the 3D Surface Texture Standards "SURFSTAND"*, Kogan Page Science.

**Referencias relacionadas con los parámetros de campo**

- [19] LEACH R. (2013) *Characterisation of areal surface texture*, Springer, Berlin
- [20] BLATEYRON F. (2013) 'The areal field parameters', In Leach, R., *Characterisation of areal surface texture*, Springer, Berlin.

**Referencias relacionadas con los parámetros de elementos**

- [21] BLATEYRON F. (2013) 'The areal feature parameters', In Leach R., *Characterisation of areal surface texture*, Springer, Berlin.
- [22] MAXWELL J.C. (1870) On hills and dales. *The London, Edinburgh, and Dublin Phil. Mag. and J. Sci.*, Series 4, 40, pp. 421-425.
- [23] TAKAHASHI S. et al. (1995) Algorithms for extracting correct critical points and constructing topological graphs from discrete geographical elevation data. *Computer Graphics Forum*, 14 (3), pp. C181-C192.
- [24] KWEON I.S., KANADE, T. (1994) Extracting topographic terrain features from elevation maps, *CVGIP: image understanding*, 59 (2), pp. 171-182.
- [25] SCOTT P.J. (1992) The Mathematics of motif combination and their use for functional simulation. *Int. J. Mech. Tools Manufact.*, 32 (1-2), pp. 69-73.
- [26] SCOTT P.J. (2004) Pattern Analysis and Metrology: The extraction of stable features from observable measurements. *Proc. R. Soc. Lond. A*, 460, pp. 2845-2864.
- [27] SERRA J., VINCENT L. (1992) An Overview of Morphological Filtering. *Circuits, Systems, and Signal Processing*, 11 (1), pp. 47-108.
- [28] WOLF G.W. (1991) A Fortran subroutine for cartographic generalization. *Computers and Geoscience*, 17 (10), pp. 1359-1381.
- [29] BLEAU A., LEON L.J. (2000) Watershed-based segmentation and region merging. *Computer Vision and Image understanding*, 77, pp. 317-370.
- [30] BARRÉ F., LOPEZ, J. (2000) Watershed lines and catchment basins: a new 3D-motif method. *Int. J. Mech. Tools Manufact.*, 40, pp. 1171-1184.
- [31] BATALHA G F, STIPKOVIC FILHO M (2001) Quantitative characterization of the surface topography of cold rolled sheets – new approaches and possibilities, *J Materials Processing Tech*, 113, 732-738.

## Referencias relacionadas con los métodos fractales

- [32] DECHIFFRE, L., LONARDO P. et al. (2000) Quantitative Characterisation of Surface Texture. *Annals of the CIRP*, 49 (2), pp. 635-652
- [33] JOHNSEN W.A., BROWN C.A. (1994) Comparison of Several Methods for Calculating Fractal-Based Topographic Characterization Parameters. *Fractals*, 2/3, pp. 437-440.
- [34] DUBUC B., ZUCKER S.W. et al. (1989) Evaluating the Fractal Dimension of Surfaces. *Proc. R. Soc. Lond. A*, 425, pp. 113-127.
- [35] BROWN C.A., CHARLES P.D. et al. (1993) Fractal Analysis of Topographic Data by the Patchwork Method. *Wear*, 161, pp. 61-67.
- [36] BROWN C.A., SIEGMANN S. (2001) Fundamental scales of adhesion and area-scale fractal analysis. *Int. J. Mech. Tools Manufact.*, 41, pp. 1927-1933
- [37] MCRAE G.A. et al. (2002) Atomic Force Microscopy of Fractal Anodic Oxides on Zr-2.5Nb. *J. of Applied Surface Science*, 191 (1-4), pp. 94-105.
- [38] JOHNSEN W.A. (1997) *Advances in the design of pavement surfaces*. PhD dissertation, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts, USA.
- [39] BRIONES V. et al. (2006) Scale-sensitive fractal analysis of the surface roughness of bloomed Chocolate. *J. American Oil Chemists Society*, 83 (3), pp. 193-199.
- [40] SCOTT R.S., UNGAR P.S. et al. (2005) Dental microwear texture analysis within-species diet variability in fossil hominins. *Nature*, 436 (4), pp. 693-695.
- [41] JORDAN S.E., BROWN C.A. (2006) Comparing texture characterization parameters on their ability to differentiate ground polyethylene ski bases. *Wear*, 261 (3-4), pp. 398-409.
- [42] KARABELCHTCHIKOVA, O., BROWN, C.A. et al. (2007) Effect of surface roughness on kinetics of mass transfer during gas carburizing. *International Heat Treatment and Surface Engineering*, 1/4.
- [43] NARAYAN, P., HANCOCK B. (2006) Using fractal analysis to differentiate the surface topography of various pharmaceutical excipient compacts. *Materials Science and Engineering, A: Structural Materials: Properties, Microstructure and Processing*, 430(1-2), pp. 79-89.
- [44] MANDELBROT B.B. (1977) *Fractals: Form, Chance and Dimension*. W. H. Freeman and Co., New York.
- [45] ASME B46.1-2003, *Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay*.

## Otras referencias

- [46] BURROWS, J.M. and GRIFFITHS, B.J. (1998) A vector modelling technique for the representation of 3-dimensional surface topography. *Int. J. Mech. Tools Manufact.*, 38, pp. 537-542.
- [47] BLATEYRON F *Maintenance of ISO 25178*, ISO TC213/WG16 N584.

- [48] FRANCO L A, SINATORA A, (2014) *3D Surface parameters (ISO 25178 2): actual meaning of Spk and its relationship to Vmp*, Prec Eng
- [49] BLATEYRON F (2018) 'Stratified Surface'. In: Chatti S, Laperrière, L., Reinhart, G., Tolio T., (ed). *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; p. 1-7. ISBN: 978-3-642-35950-7.
- [50] ISO 10110-8, *Optics and photonics. Preparation of drawings for optical elements and systems. Part 8: Surface texture*.
- [51] ISO 25178-1, *Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Areal. Part 1: Indication of surface texture*.



Para información relacionada con el desarrollo de las normas contacte con:

Asociación Española de Normalización

Génova, 6

28004 MADRID-España

Tel.: 915 294 900

[info@une.org](mailto:info@une.org)

[www.une.org](http://www.une.org)

Para información relacionada con la venta y distribución de las normas contacte con:

AENOR INTERNACIONAL S.A.U.

Tel.: 914 326 000

[normas@aenor.com](mailto:normas@aenor.com)

[www.aenor.com](http://www.aenor.com)



organismo de normalización español en:

