

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

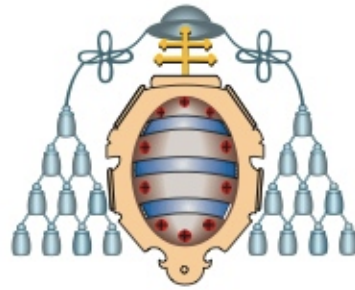
Oviedo, 2014

TESIS DOCTORAL

*Reconstrucción 3D y análisis de  
rugosidades mediante esteromicroscopía  
en brackets dentales*

Programa Oficial de **Doctorado** en Investigación en Cirugía y  
**Especialidades Médico-Quirúrgicas**

**Autora: Cristina Vicente Gijón**



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Oviedo, 2014

TESIS DOCTORAL

*Reconstrucción 3D y análisis de  
rugosidades mediante esteromicroscopía  
en brackets dentales*

Programa Oficial de **Doctorado** en Investigación en Cirugía y  
**Especialidades Médico-Quirúrgicas**

**Autora: Cristina Vicente Gijón**



## RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

| 1.- Título de la Tesis   |  |
|--|--|
| Español:<br><br>Reconstrucción 3D y análisis de rugosidades mediante estereomicroscopía en aparatología fija | Inglés:<br><br>3D reconstruction and analysis of roughness by stereomicroscopy in fixed orthodontic appliances |

| 2.- Autor  |                 |
|--|-----------------|
| Nombre: Cristina Vicente Gijón                                     | DNI: 03123954-W |
| Programa de Doctorado: Cirugía y especialidades Médico Quirúrgicas |                 |
| Órgano responsable: Universidad de Oviedo                          |                 |



---

## **RESUMEN (en español)**

Introducción: En las relaciones arco-bracket resultan esenciales tanto las propiedades de los materiales de ambos como el diseño de los mismos. Tradicionalmente los estudios de superficie se han centrado en el análisis del slot de la bracket, olvidando quizá una de las zonas más importantes y de gran superficie de contacto arco-bracket, como son las zonas de apoyo del arco en las aletas de las brackets.

En la mayoría de estudios publicados hasta el momento (12-15), las líneas principales de investigación se basan en el comportamiento del binomio arco - slot y los factores que afectan este comportamiento, como son las rugosidades que presentan el slot y/o especialmente el arco. Sin embargo la superficie de las aletas de las brackets, aunque son una de las superficie de contacto más importantes en este sistema, hasta donde nosotros conocemos, no han sido estudiadas por el momento. Quizás en parte sea debido a su difícil accesibilidad. Por este motivo hemos centrado nuestro estudio en el análisis de estas superficies, en concreto, las superficies de las aletas incisales, tomando como muestra la bracket del incisivo central superior derecho y la bracket del canino superior derecho.





Utilizando un estereomicroscopio Leica M205FA analizamos la rugosidad de las aletas de las brackets de diferentes casas comerciales.

Resultados: Se han encontrado grupos con rugosidades muy dispares entre sí ( $p$ -valor=0.000) en la zona estudiada, y otros grupos en el que apenas presentan diferencias, con valores comprendidos entre ( $p$ -valor=0.89) y ( $p$ -valor=0.99).

Conclusiones: Las aletas de las brackets forman parte del área real de contacto. Para obtener resultados concluyentes, este parámetro debe tomarse en consideración en los estudios de fricción y en todos aquellos que analicen las relaciones entre arco-bracket.



---

## **RESUMEN (en Inglés)**

Introduction: The materials and the design employed are key properties of the interaction between the archwire and the bracket. Surface studies have traditionally focused on analysis of the bracket slot, possibly ignoring one of the most important large contact surface areas of the archwire-bracket combination, namely the archwire support areas on the bracket tie wings.

In most studies published to date (12-15), the main lines of research are based on the behavior of the archwire-slot relationship and the factors affecting this behavior, such as the roughness of the slot and/or especially of the archwire. To the best of our knowledge, however, the surface of the bracket tie wings have yet to be studied, despite constituting one of the most important contact surfaces in this system. This may be due in part to its difficult accessibility. For this reason, we have focused our study on the analysis of these surfaces; in particular, the surfaces of the incisal tie wings, taking as an example the bracket for the upper right maxillary central incisor and the bracket used on the upper right canine.

Using a stereomicroscope Leica M205FA, we analyze the roughness of the tie wings of brackets manufactured by different companies.



Results: Groups presenting very different roughness values between one another were found ( $p$ -value=0.000) in the area under study, as well as other groups which hardly differ, presenting values ranging between ( $p$ -value=0.89) and ( $p$ -value=0.99).

Conclusions: Bracket tie wings form part of the actual contact area. To obtain conclusive results, this parameter should be taken into consideration in friction studies and in those analyzing the interaction between the archwire and the bracket.

SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE \_\_\_\_\_ /

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN \_\_\_\_\_

Tras haber finalizado la presente Tesis Doctoral, he de expresar en unas pocas líneas mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de un modo u otro, me han ayudado y sin las cuales este proyecto que alberga tanto esfuerzo e ilusión nunca hubiese visto la luz.

En primer lugar quiero destacar mi más profunda gratitud a los directores de esta tesis:

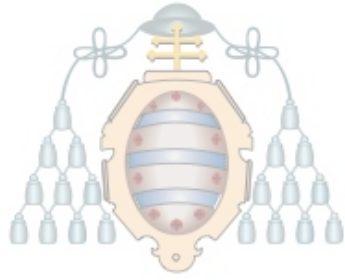
Al **Dr. Felix de Carlos y al Dr. Juan Cobo**, me ha brindado el apoyo logístico y académico que ha sido necesario para la elaboración de esta Tesis, además de guiarme con sus conocimientos, orientaciones y consejos hacia la consecución de esta meta.

Mi sincera gratitud a la **Dra. Marta Alonso**, investigadora del Departamento Científico Técnico, sin su paciencia, apoyo y pasión por su trabajo, nunca hubiese podido llevar a fin este trabajo.

Agradecer, a la **Dra. Tania Iglesias** por su total colaboración en el enfoque estadístico de este proyecto.

Por último dar las gracias y dedicar esta tesis a mi **familia**, mi marido por estar a mi lado cada día, apoyarme en los momentos más duros y estar ahí para levantarme cuando más lo necesitaba, mis padres por darme la oportunidad de poder vivir de mi pasión, la Ortodoncia, y haber confiado en mi desde el primer día de mi carrera. Sin olvidar a mi hijo, que empecé la tesis sin él y la terminé con el regalo más maravilloso del mundo.

Muchas gracias a todos.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

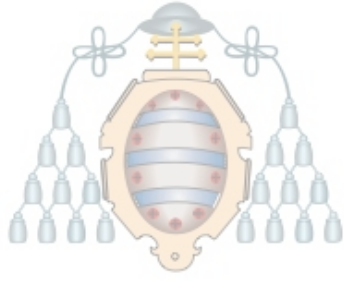
# ÍNDICE

---



|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción.....   | 1  |
| 2. Hipótesis de trabajo.....   | 3  |
| 3. Objetivos.....  | 4  |
| 4. Material y métodos.....   | 5  |
| 4.1. Material.....   | 5  |
| 4.2. Métodos.....  | 6  |
| 4.2.1. Estereomicroscopía.....   | 6  |
| 4.2.2. Parámetros analizados.....  | 9  |
| 4.2.3 Método estadístico.....  | 46 |
| 5. Resultados.....   | 47 |
| 5.1 Análisis univariante.....  | 47 |
| 5.1.1. Descripción de las variables.....   | 47 |
| 5.1.2. Rugosidad Sq.....   | 47 |
| 5.1.3. Marca.....  | 48 |
| 5.1.4. Muestra .....   | 49 |
| 5.1.5 Aleta.....   | 49 |
| 5.1.6. Pieza .....   | 49 |
| 5.2. Análisis de diferencias entre Rugosidad Sq y Marca.....                     | 50 |
| 5.2.1. Relación entre Rugosidad Sq y Marca.....                                  | 50 |
| 5.3 Análisis de diferencias entre Rugosidad Sq y marca (por casa comercial)..... | 56 |
| 5.3.1 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (3M).....                              | 56 |
| 5.3.2. Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (AO).....                             | 57 |
| 5.5.3 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (GAC).....                             | 59 |

|   |    |
|---|----|
| 5.3.4 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (MASEL).....        | 60 |
| 5.3.5 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (ORTHOCLASSIC)..... | 62 |
| 5.3.6 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (RMO).....          | 63 |
| 6. Discusión.....   | 67 |
| 7. Conclusiones.....  | 70 |
| 8. Bibliografía.....  | 71 |



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

# 1.INTRODUCCIÓN

---





# Reconstrucción 3D y análisis de rugosidades mediante estereomicroscopía en aparatología fija

## I. Introducción

Uno de los elementos de especial interés cuando se utiliza la mecánica de deslizamiento son las interacciones entre el arco y la bracket. En esta relación resulta esencial tanto las propiedades de los materiales como el diseño de los mismos (1,2). Existe un área de contacto en el sistema bracket-arco definida como área real de contacto, que es aquella donde realmente contactan las superficies de estos, calculándose como la sumatoria de todas las superficies de las irregularidades que están en contacto. Esta zona es la que en realidad soporta la carga. Además parece un hecho probado que, a mayor área de contacto mayor fricción aparece entre ambas estructuras (1).

Las aleaciones metálicas empleadas tienen gran importancia, ya que se ven sometidas en el medio oral a un estrés mecánico, térmico y químico que las obliga a reunir ciertos requisitos de biocompatibilidad. Por ello, el proceso de fabricación de estos materiales debe seguir una rigurosa secuencia de pulido y acabado, puesto que el resultado e incluso la duración de los tratamientos de ortodoncia estará supeditado, en parte, a las interacciones entre estas estructuras. La normativa y los requerimientos precisos respecto a composición, empaquetado, etiquetado y los aspectos relacionados con salud y seguridad de los productos dentales son establecidos por The American National Standard, en cooperación con la American Dental Association (ADA). Esta última ha publicado dos normas aplicables a los productos ortodóncicos: ANSI/ADA n°32 sobre alambres ortodóncicos y la ANSI/ADA n°100 sobre las brackets y tubos (3).

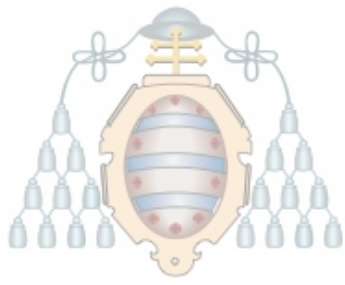
Por otro lado, el sistema que regula la calidad de los materiales dentales, instrumentos y equipación es la *International Standard Organization* (ISO) y más concretamente su Comité Técnico. La adaptación a las directivas europeas las lleva a cabo el “Comité Europeo de Normalización” y cada país europeo realiza además algunas adaptaciones a nivel nacional

(4). Por todo ello, la caracterización de las aleaciones tanto de los del arcos como de las brackets se puede considerar como el paso inicial para la comprensión del comportamiento clínico de ciertos materiales dentales (5). Existen además determinados factores que cobran especial importancia en la clínica: estética, bioestabilidad, fricción, conformabilidad, soldabilidad, y resistencia (6).

Quizá, de entre las propiedades de las aleaciones que definen el comportamiento entre el sistema arco y bracket, la rugosidad de superficie sea una de las que desempeña un papel más destacado. Distintos estudios (3,6,7) han demostrado cómo las características de la superficie influyen tanto en el rendimiento como en la biocompatibilidad de los arcos y las brackets (7). Además la topografía de la superficie resulta crítica, pudiendo modificar tanto la corrosión como la eficiencia de los componentes ortodóncicos (8). Por encima de todo, la rugosidad superficial puede modificar uno de los elementos que más estudios y controversia ha suscitado en los últimos años, como es el coeficiente de fricción (9-11). El arco empleado dispuesto en la ranura está delimitado por las superficies de contacto con la bracket. Hay que tener en cuenta que la fricción producida en este sistema se desarrolla en un campo tridimensional, siendo precisamente las superficies de contacto de la propia bracket las que mantienen el contacto con el arco.

En la mayoría de estudios publicados hasta el momento (12-15), las líneas principales de investigación se basan en el comportamiento del binomio arco - slot y los factores que afectan este comportamiento, como son las rugosidades que presentan el slot y/o especialmente el arco. Sin embargo la superficie de las aletas de las brackets, aunque son una de las superficie de contacto más importantes en este sistema, hasta donde nosotros conocemos, no han sido estudiadas por el momento. Quizás en parte sea debido a su difícil accesibilidad. Por este motivo hemos centrado nuestro estudio en el análisis de estas superficies, en concreto, las superficies de las aletas incisales, tomando como muestra la bracket del incisivo central superior derecho y la bracket del canino superior derecho.

El objetivo de este estudio es poder comprobar si existe una variación de rugosidad en estas superficies, dependiendo del tipo de bracket que estemos estudiando. Pretendemos comprobar además, si existe variación entre muestras de distintas casas comerciales.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## **2.HIPÓTESIS DE TRABAJO**



## 2. HIPÓTESIS

La fricción en ortodoncia es un parámetro muy considerado cuando hablamos de aparatología fija. Esta fricción determinada principalmente por la rugosidad de los componentes de la bracket, hace necesario que sea conocida.

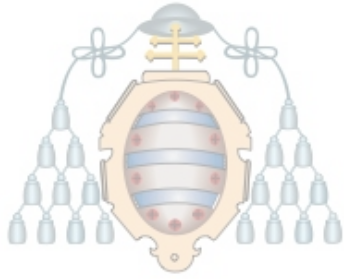
Necesitamos cuantificar y conocer las rugosidades que existen en los materiales ortodóncicos que manejamos, para así poder determinar y estimar qué tipo de movimiento o resultado podemos esperar durante el tratamiento.

Hasta el momento sólo se ha analizado como componente de fricción, el conjunto slot-arco, ¿pero y las aletas de las brackets? es un componente que supone mucho contacto con el arco durante el tratamiento ortodóncico, por tanto....

En base a lo expuesto, la presente investigación pretende dar respuesta a las siguientes cuestiones:

¿podríamos hallar una serie de mediciones capaces de objetivar la rugosidad de las aletas?  
¿Existen diferencias de rugosidades entre las distintas brackets de las diferentes casas comerciales? ¿Este análisis coincidiría con una relación rugosidad/coste de la bracket? y a su vez, ¿existirá una diferencia de rugosidad entre las propias aletas de las brackets dentro de la propia casa comercial?

Para dar respuesta a todo ello nos planteamos las siguientes hipótesis de trabajo: “Si somos capaces de determinar y demostrar que efectivamente existe una rugosidad significativa en las aletas de las brackets, en los futuros estudios de rugosidad, se deberá hallar este parámetro y no solo únicamente la del slot de la bracket, como hasta actualmente se venía realizando”



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## **3.OBJETIVOS**

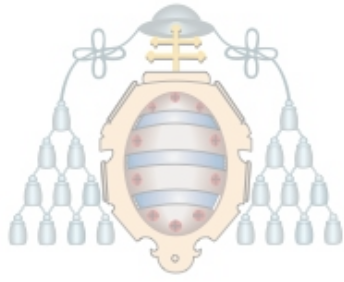
---



### **3. OBJETIVOS**

En el presente estudio pretendemos determinar y analizar:

- 1- Si existe rugosidad en las aletas de las brackets.
- 2- Si así fuese, determinar la rugosidad de las aletas de las brackets de los incisivos superiores derechos y de los caninos superiores derechos de las seis casas comerciales.
- 3- Determinar si la rugosidad de las aletas de las brackets de las distintas casas comerciales presentan diferencias significativas
- 4- Conocer si existen diferencias significativas de rugosidad entre las propias aletas de las brackets dentro de una misma casa comercial.
- 5- Determinar si con la aparatología escogida para el análisis y manipulación de las brackets conseguimos<sup>44</sup> resultados objetivos y válidos.
- 5- Objetivizar y establecer unos parámetros a tener en cuenta en futuros estudios de rugosidad de la bracket.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## 4.MATERIAL Y MÉTODOS





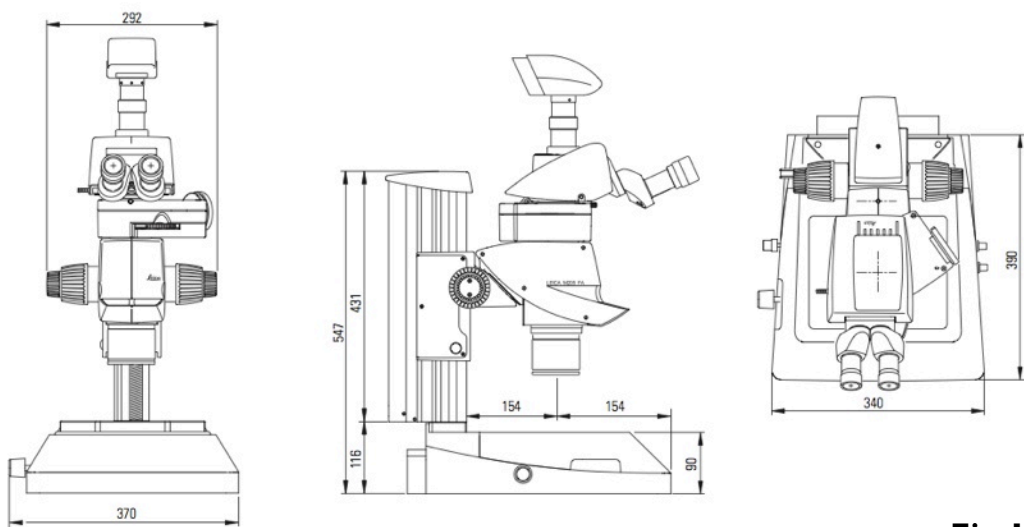
## 4. Material y Métodos

### 4.1 Material.

Para realizar nuestro estudio hemos tomado como muestra la bracket del incisivo central superior derecho y la bracket del canino superior derecho, de seis diferentes casas comerciales especializadas en productos ortodóncicos, todos ellos de slot 022 pulgadas y preinscripción MBT. Estas brackets fueron: 3M (bracket Victory) , GAC (bracket Omniarch), Masel (bracket Bravo), Roucky Mountain (bracket Fli twin), American Orthodontic (bracket Master ) y Ortoclassic (bracket Biomim). De cada casa comercial se analizaron dos brackets: dos del incisivo central superior derecho y dos del canino superior derecho. De cada una las brackets seleccionadas se estudiaron las aletas mesial y distal incisales.

El estudio de las rugosidades de las superficies de las aletas incisales se ha llevado a cabo mediante la visualización, adquisición y análisis de imágenes utilizando el estereomicroscopio Leica M205FA y el programa adquisición y procesamiento de imágenes Leica LAS Core 4.0 (Leica Microsystems, Switzerland Ltd.) También se empleó el programa de procesamiento y análisis de imágenes de superficies y metrología Leica Map Start (Leica Microsystems, Switzerland Ltd. Versión 6.1.6001.2011/06/07). **(Fig. 1)**. Este sistema combina la adquisición de imágenes en fluorescencia, reflexión y/o luz transmitida. De esta manera el contraste, la nitidez, la riqueza de detalles, la resolución, y la adquisición de imágenes a lo largo del eje Z resultan de gran calidad. A su vez gracias a su frecuencia de barrido, permite documentar eficientemente los objetos en 3D en alta calidad. Empleamos también un equipo de Estereomicroscopia Leica M205 FA (Unidad de Microscopía Fotónica y Proceso de Imágenes, Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo, Asturias España). Gracias a su frecuencia de barrido, nos ha permitido documentar los objetos en 3D.





**Fig.1**

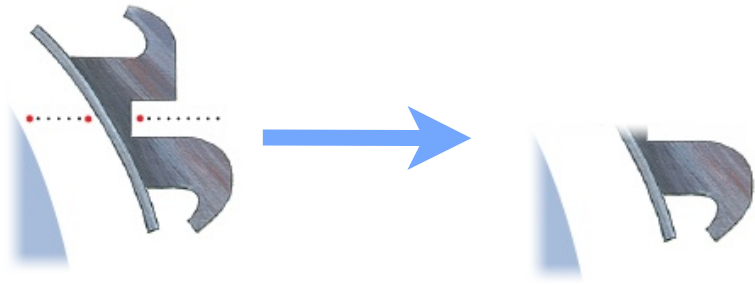
## 4.2 Método

### *4.2.1 Estereomicroscopía*

Para poder evaluar la superficie de las aletas de las brackets, fue necesario obtener una imagen perpendicular desde el estereomicroscopio a dichas superficies. Para ello se realizó un corte por la mitad del slot de las brackets asegurándonos que las aletas incisales permanecían intactas. De este modo, las aletas gingivales no nos impedirían la visión de las superficies para su posterior análisis (**Fig. 2**).

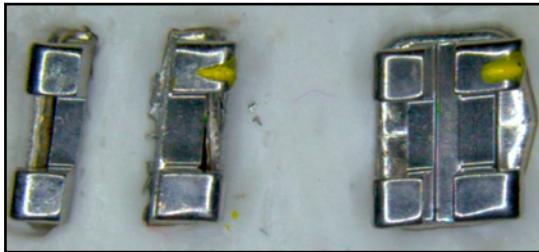


Recortadora Struers



Vista sagital de una

Aleta incisal tras el corte de la  
bracket a través de su slot



1. Bracket GAC Incisivo central superior derecho



2. Bracket GAC Incisivo central superior derecho



3. Bracket GAC Canino superior derecho tras corte



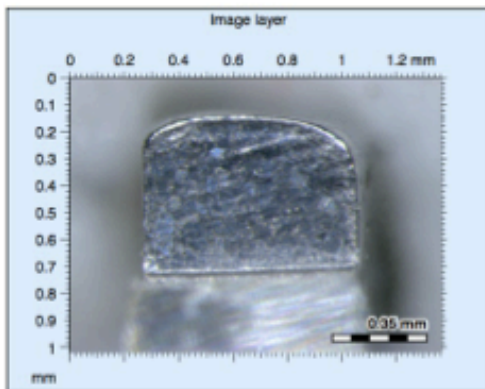
4. Bracket GAC Canino derecho con aletas a estudiar

**Fig.2**

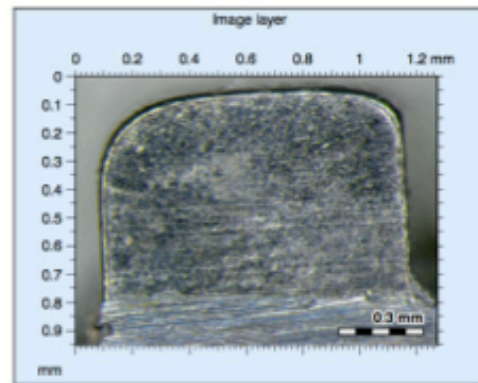
El corte de las brackets se realizó mediante una cortadora de precisión Struers Minitom (Pederstrupvej 84, DK-2750 Ballerup, Denmark) con disco de diamante. Nos aseguramos que en la manipulación de las muestras preparadas para analizar no existía ningún defecto.

Se desecharon aquellas muestras defectuosas por el corte y/o deformadas por la presión al someterlas al proceso de fijación para realizar el corte propiamente dicho. Una vez obtenidas dos muestras en perfecto estado de cada casa comercial, se procedió a la adquisición de imágenes y su análisis para medir los parámetros de rugosidad superficial.

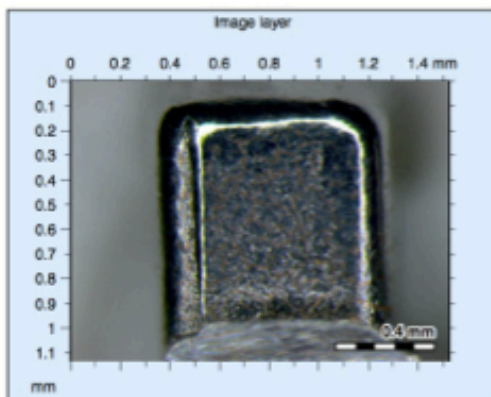
**(Fig.3)**



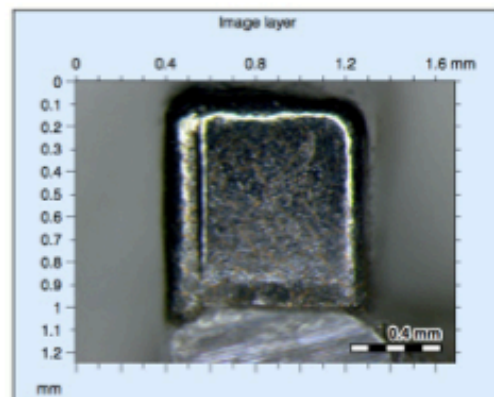
a) 3m aleta incisivo



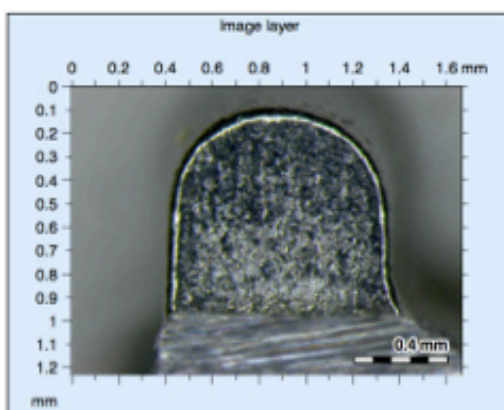
b) GAC aleta incisivo central



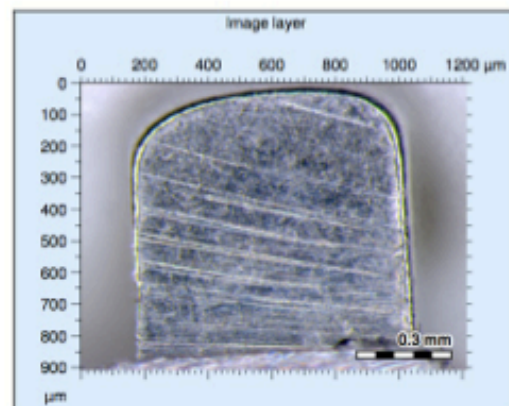
c) Masel aleta incisivo central



d) Ortoclassic aleta incisivo



e) RMO aleta incisivo central



f) AO aleta incisivo central

#### 4.2.2 Parámetros analizados

Lo siguiente fue obtener esta misma imagen representada topográficamente mediante una escala de pseudocolores que muestran de un modo visual las diferentes profundidades dentro de la muestra, empleando un zoom para las fotos completas de 30x (equivale a una magnificación de 3.0) y para las aletas un zoom variable según el tamaño: zoom entre 80 y 120 x (equivale a una magnificación de 8.0 y 12.0) **(Fig. 3)**.

A partir de esta serie de imágenes obtenemos los datos resultantes originales de las rugosidades de la aleta utilizando el programa Leica Map Start. **(Fig.4,10,16,22,28,34)**. Para corregir en la mayor medida de lo posible cualquier margen de error y no confundir la rugosidad de la propia aleta con la inclinación producida al colocar la bracket, procesamos nuevamente la serie de imágenes aplicando una rectificación por sustracción.**(Fig. 5,11,17,23,29,35)** Debido a que todavía podía existir un pequeño margen de error, volvimos a analizar las imágenes realizando una rectificación por rotación. **(Fig. 6,12,18,24,30,36)**. Los valores que obtenemos finalmente son medidas específicas de rugosidad superficial según la normativa ISO 25178 . Estos parámetros son Sa, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv y Sz. Según la normativa ISO, Sa y Sq son los parámetros más utilizados para definir la rugosidad superficial (**Sa**: Media aritmética de la altura de la superficie; **Sq**: Media de la raíz cuadrada de la altura de la superficie; **Ssk**, Asimetría de la distribución de la altura; **Sku**: Distribución de la altura; **Sv**: Profundidad máxima de la rugosidad; **Sp**: Altura máxima de la rugosidad; **Sz**: Altura máxima de la superficie.)

Posteriormente, se analizará la superficie completa de la aleta mediante secciones de 0,25 mm que, junto con el filtro de selección aplicado permitirá abstraer la ondulación de la superficie para dejar únicamente los datos la rugosidad de la aleta y definir mejor los distintos parámetros de rugosidad superficial. Con ello, disminuimos el margen-error que nos podría producir cualquier ondulación. El siguiente paso será escoger secciones de 0,08 mm que, al ser más pequeñas, nos aportarán todavía más precisión eliminando los errores de inclinación y ondulación **(Fig.7,8,13,14,19,20,25,26,31,32,37,38)**.

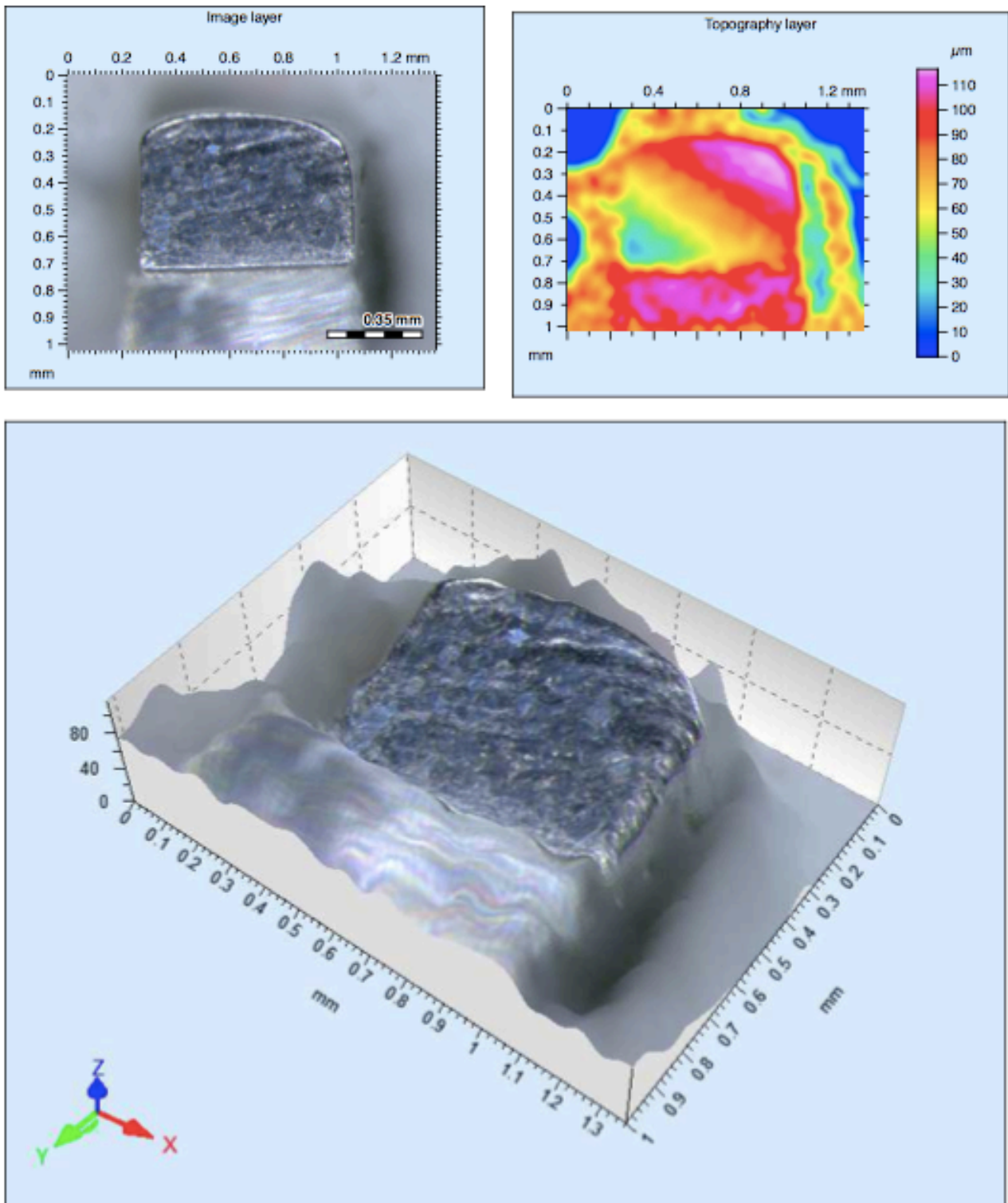
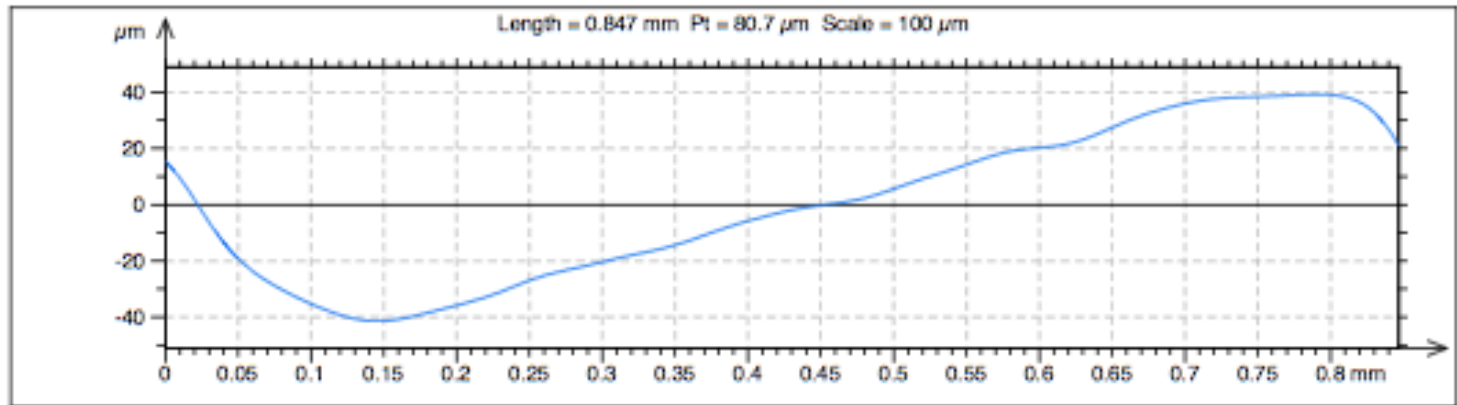
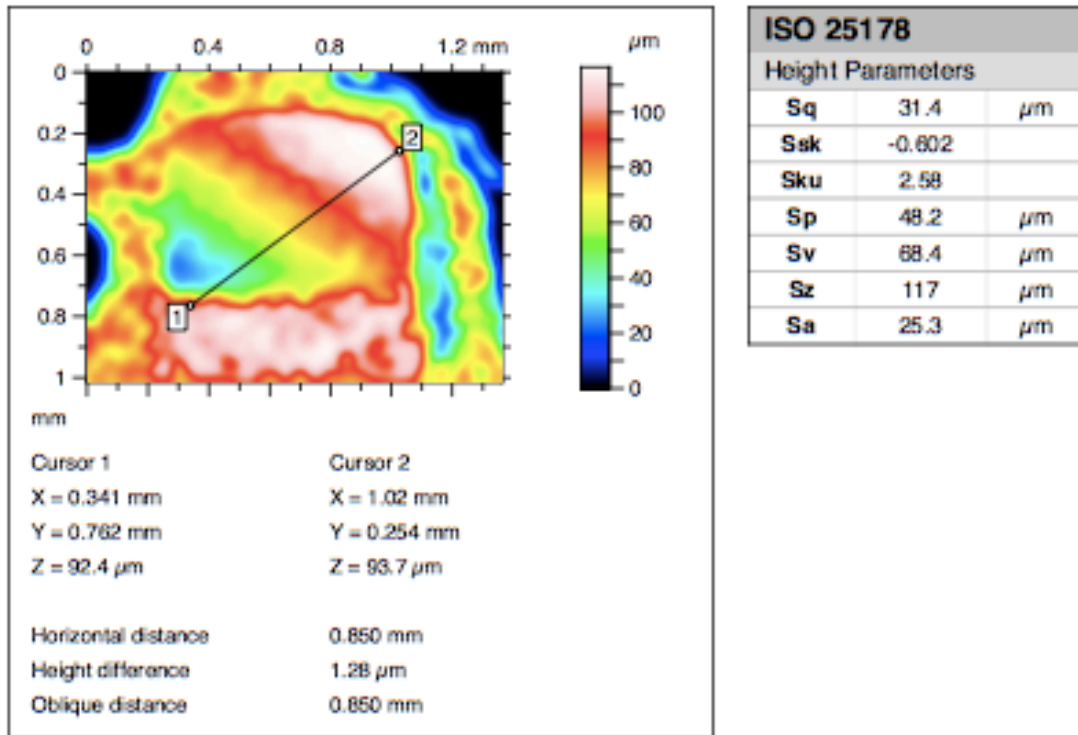


Imagen original de la aleta de la bracekt de 3M del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia, Se puede observar la gama de colores donde nos indca en micras las rugosidades presentes. **Fig.4**



# 3M

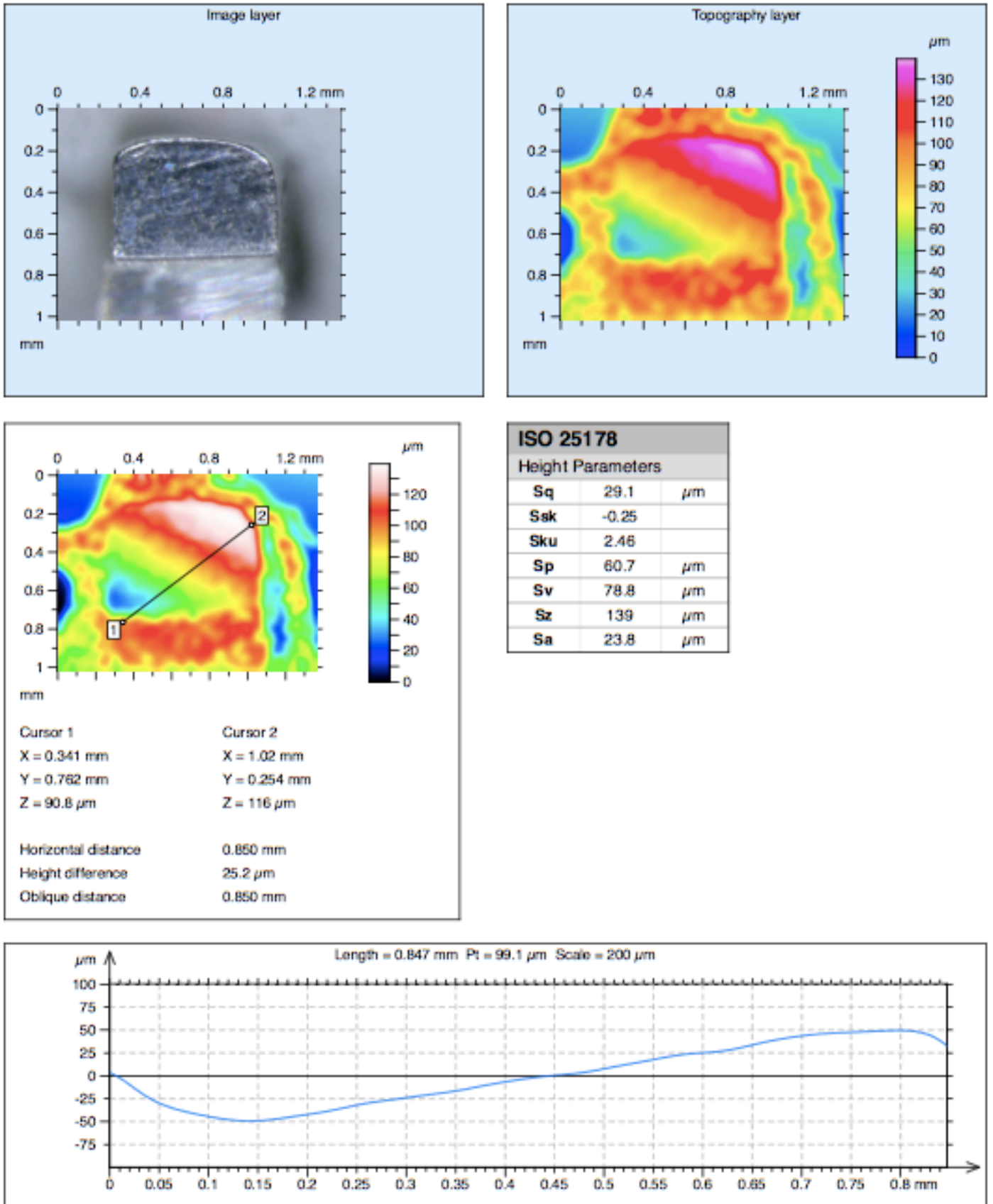
## ANALISIS DE LA IMAGEN ORIGINAL.



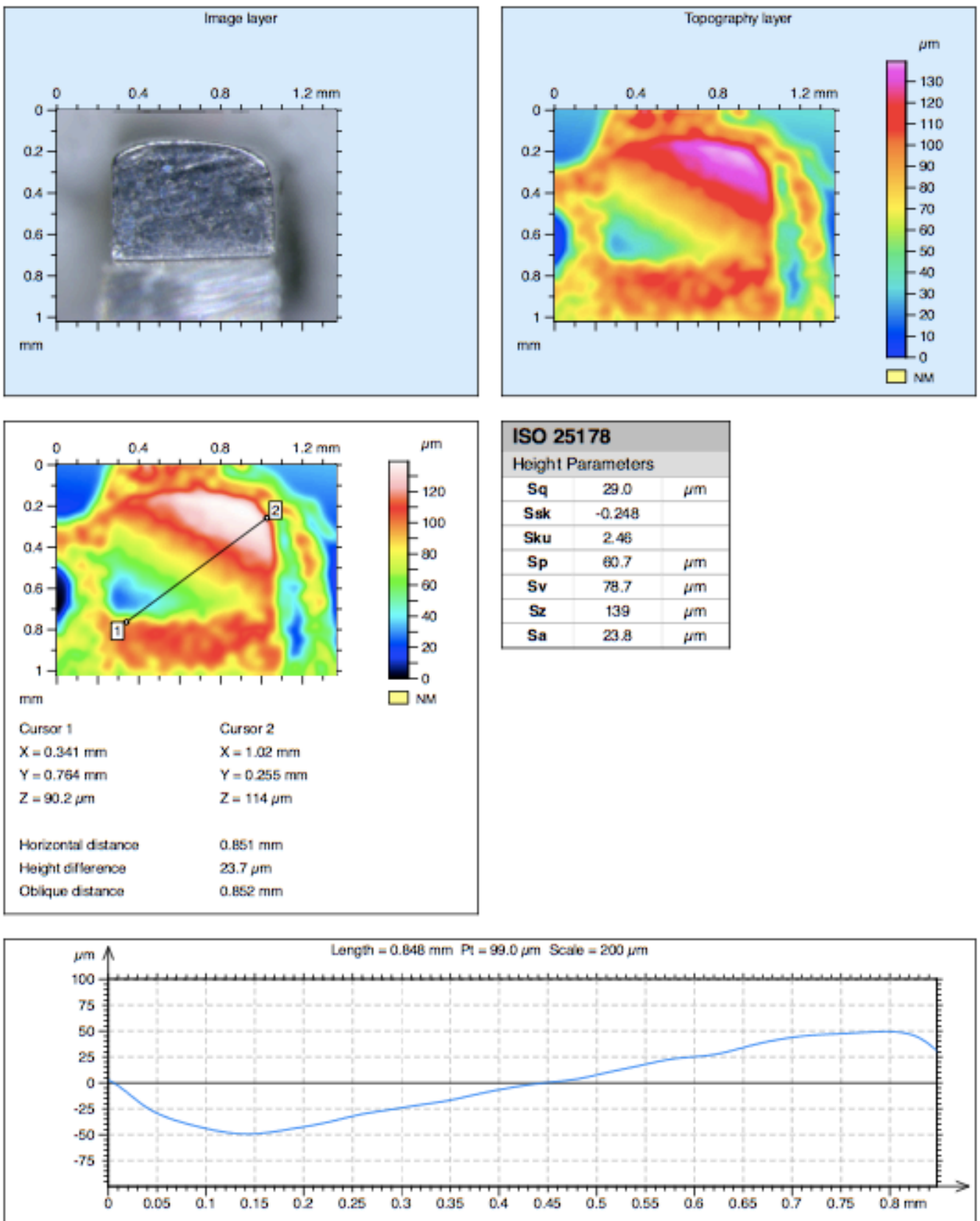
Mediciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de 3M, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig.5**

# 3M

## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR SUSTRACCION.



Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.6**

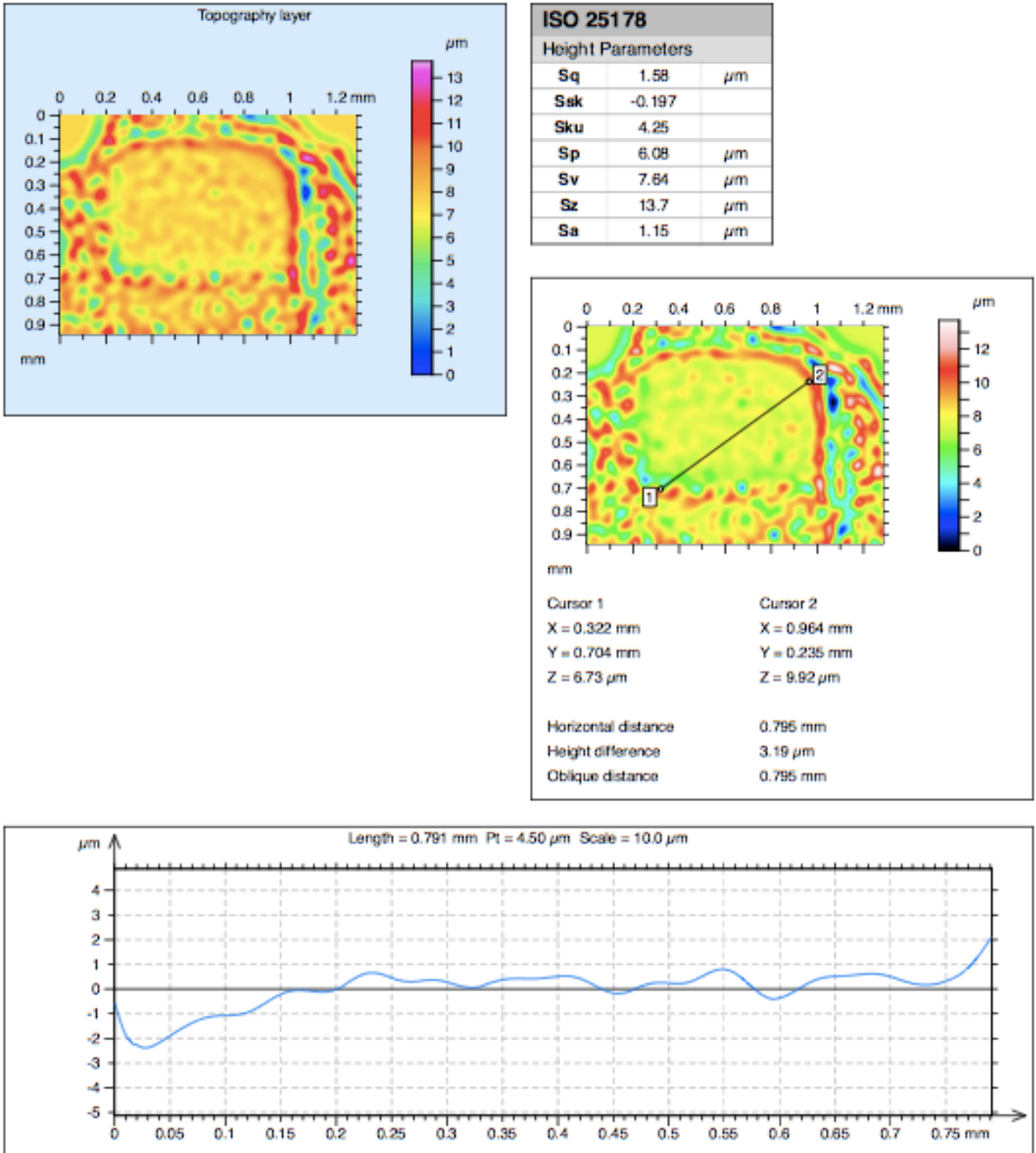


Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de 3M otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.7**



# 3M

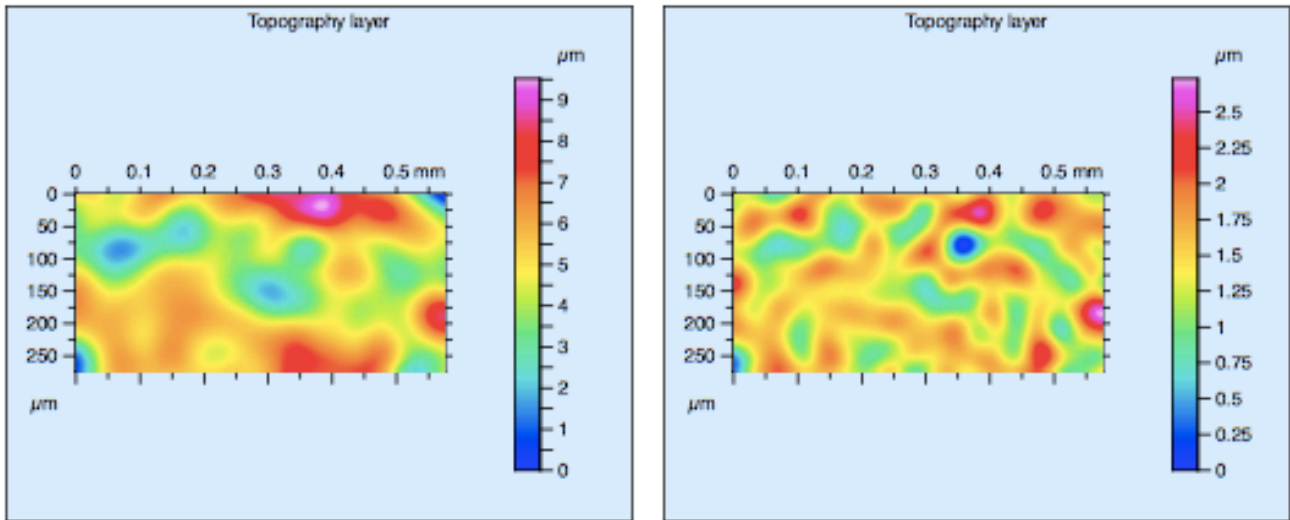
FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD. CUT-OFF 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD



Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de 3M y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos resultantes. **Fig.8**

# 3M

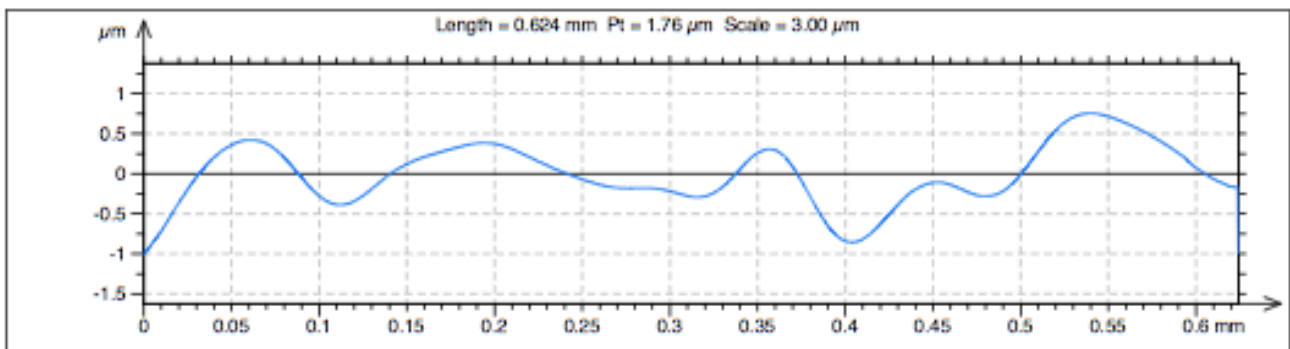
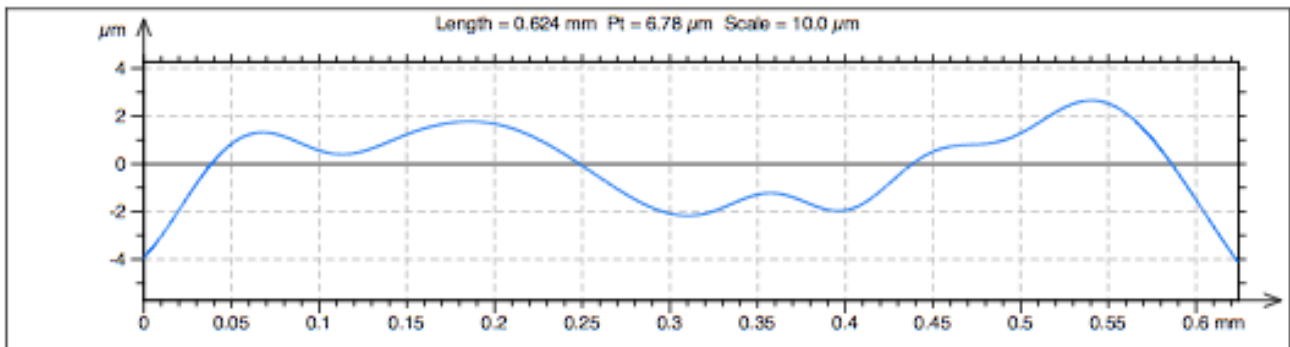
CUT-OFF DE 0,08



| ISO 25178         |       |               |
|-------------------|-------|---------------|
| Height Parameters |       |               |
| Sq                | 1.46  | $\mu\text{m}$ |
| Ssk               | 0.155 |               |
| Sku               | 3.03  |               |
| Sp                | 4.58  | $\mu\text{m}$ |
| Sv                | 4.95  | $\mu\text{m}$ |
| Sz                | 9.52  | $\mu\text{m}$ |
| Sa                | 1.16  | $\mu\text{m}$ |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |         |               |
|-------------------|---------|---------------|
| Height Parameters |         |               |
| Sq                | 0.351   | $\mu\text{m}$ |
| Ssk               | -0.0729 |               |
| Sku               | 3.52    |               |
| Sp                | 1.31    | $\mu\text{m}$ |
| Sv                | 1.43    | $\mu\text{m}$ |
| Sz                | 2.73    | $\mu\text{m}$ |
| Sa                | 0.277   | $\mu\text{m}$ |



Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de 3M. **Fig.9**

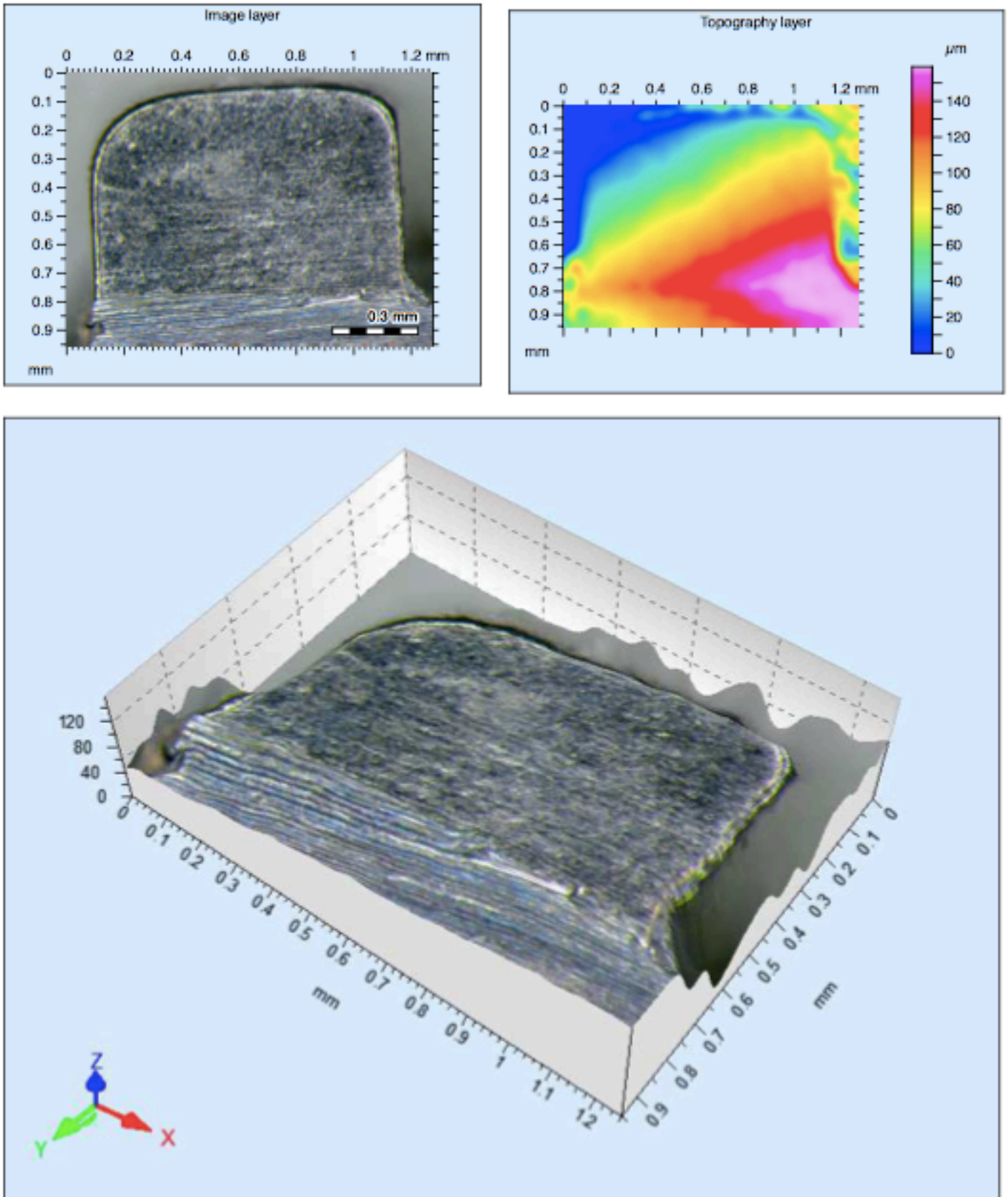
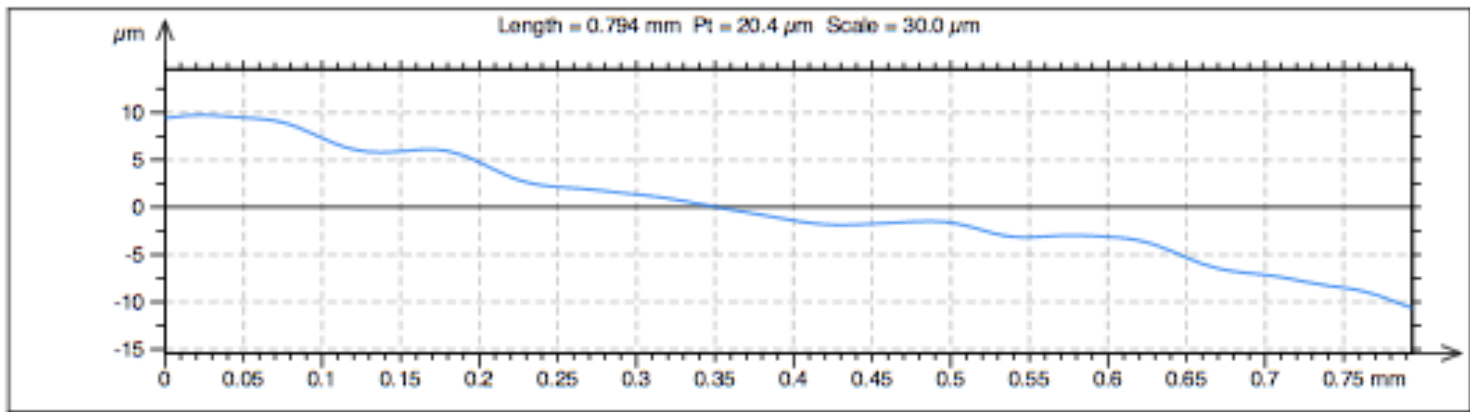
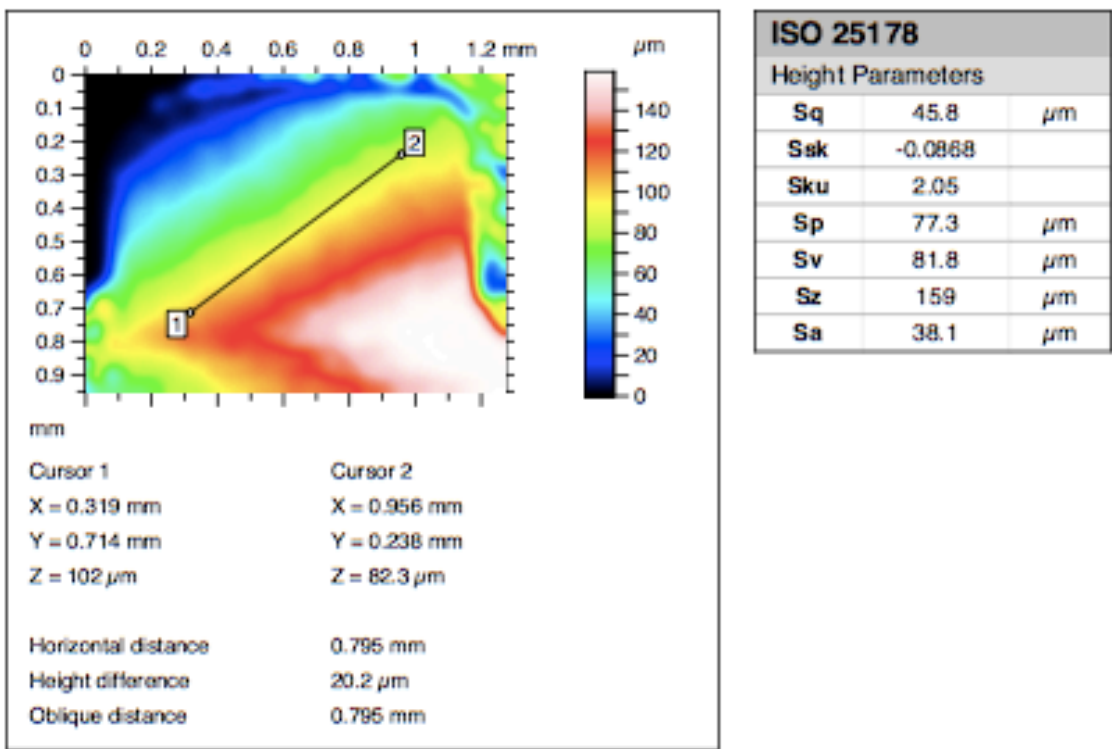
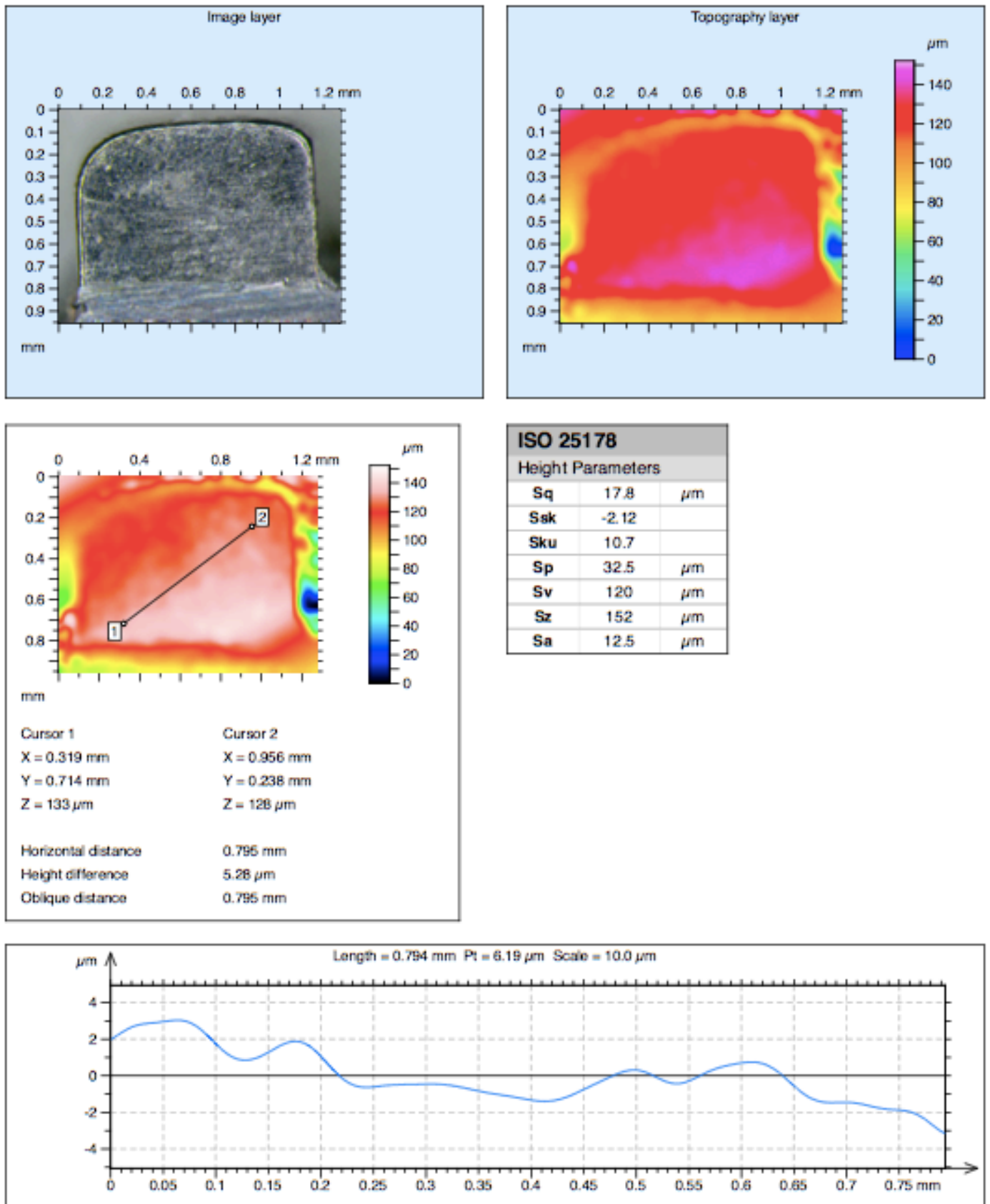


Imagen original de la aleta de la bracekt de GAC del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia,  
Se puede observar la gama de colores donde nos indica en micras las rugosidades presentes. **Fig.10**

# GAC

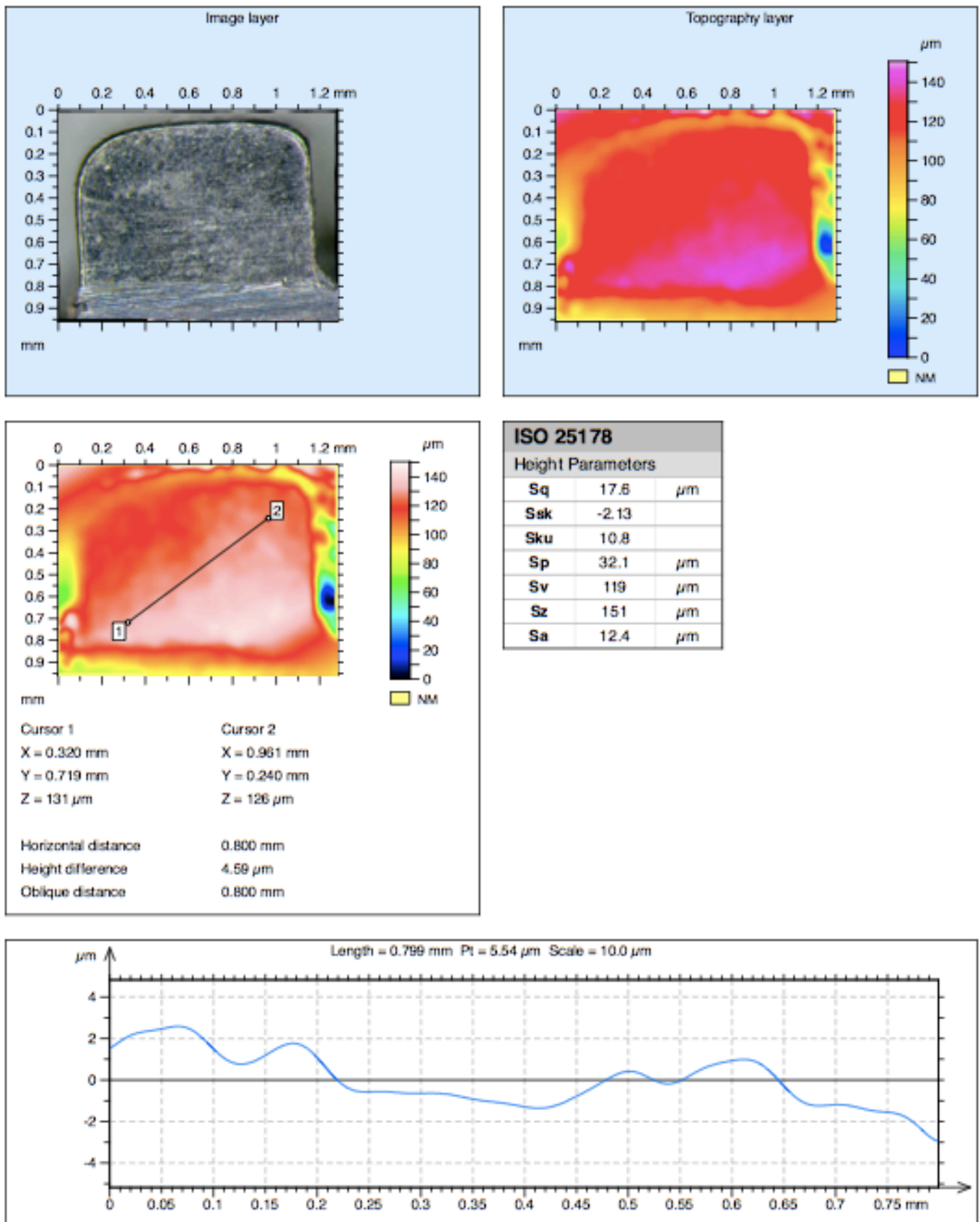


Mediciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de GAC, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig. I I**



Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.12**

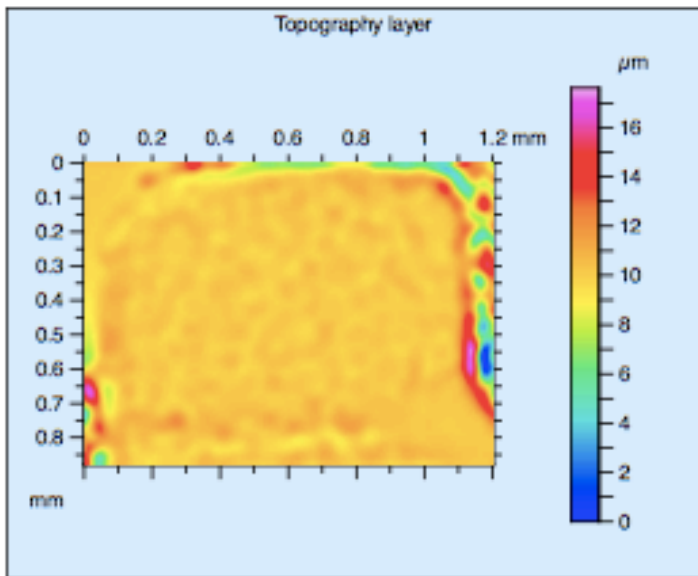




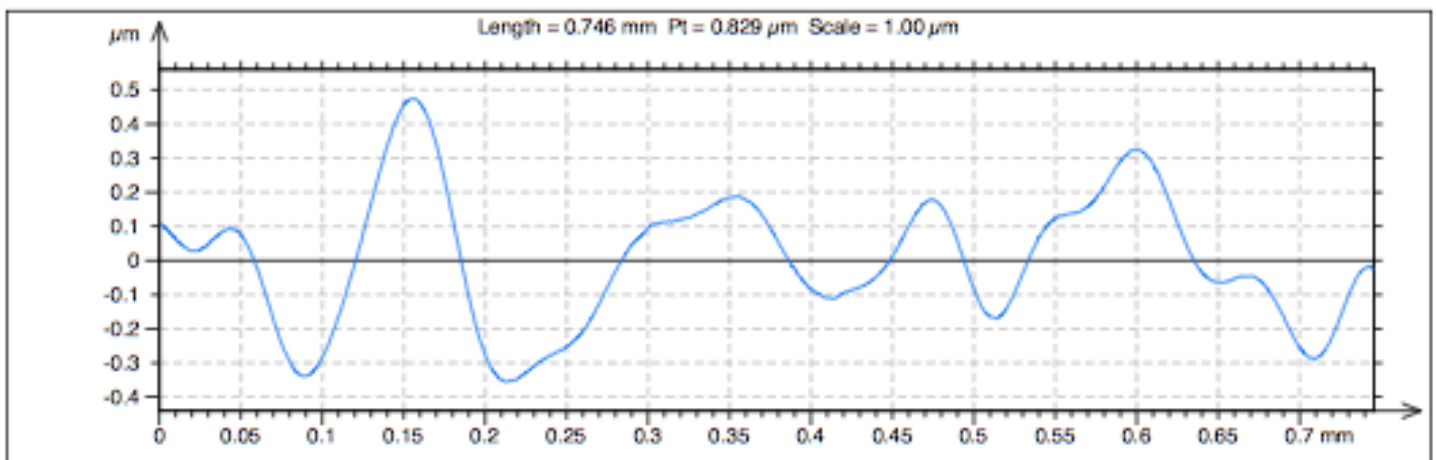
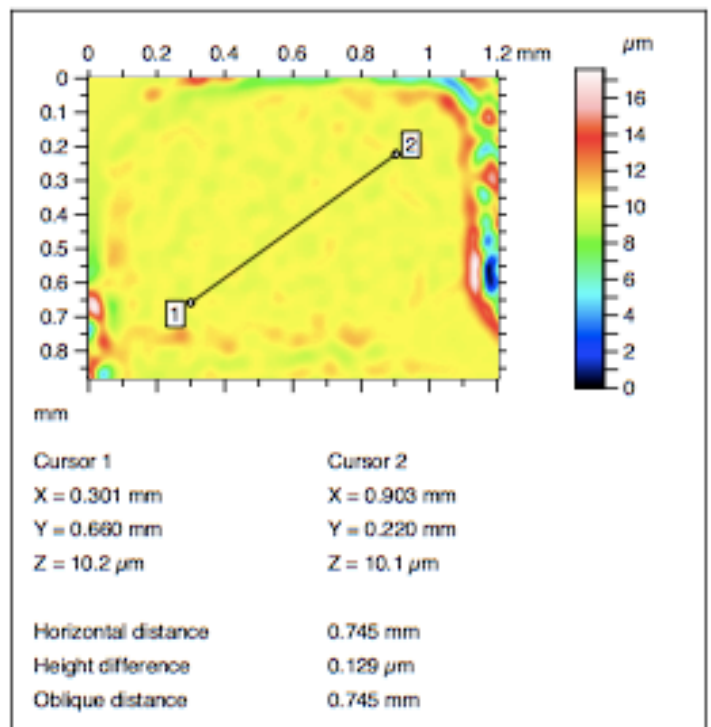
Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de GAC otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.13**

# GAC

FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD CUT OFF DE 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD



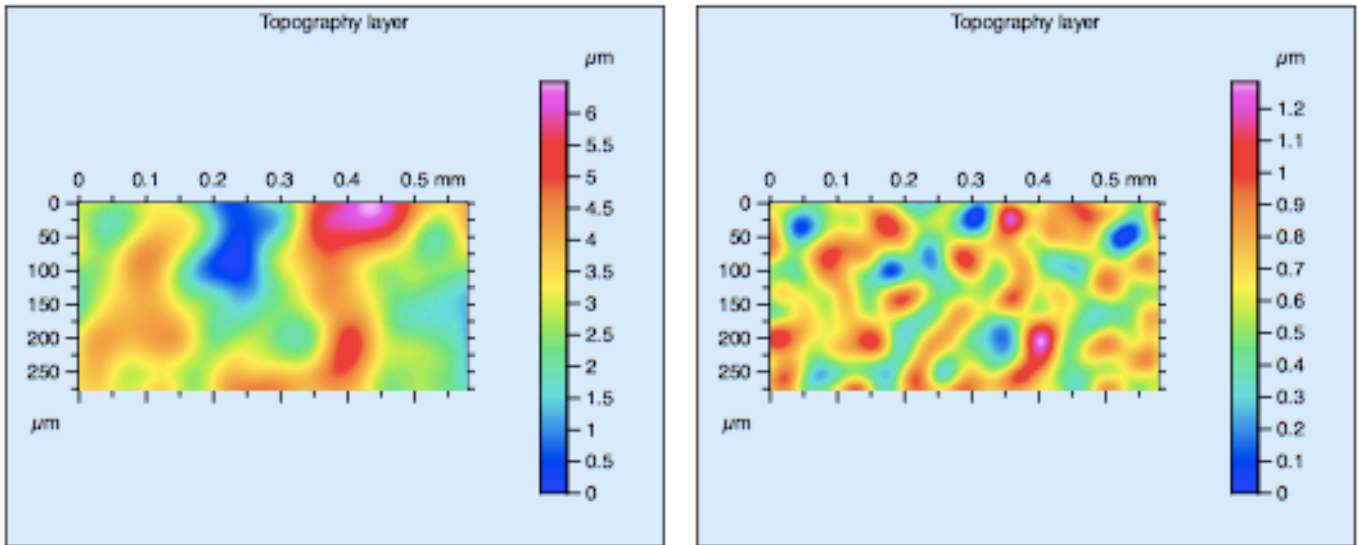
| ISO 25178         |       |    |
|-------------------|-------|----|
| Height Parameters |       |    |
| Sq                | 1.12  | µm |
| Sak               | -1.21 |    |
| Sku               | 21.3  |    |
| Sp                | 7.43  | µm |
| Sv                | 10.2  | µm |
| Sz                | 17.6  | µm |
| Sa                | 0.529 | µm |



Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de GAC y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos resultantes. **Fig.14**

# GAC

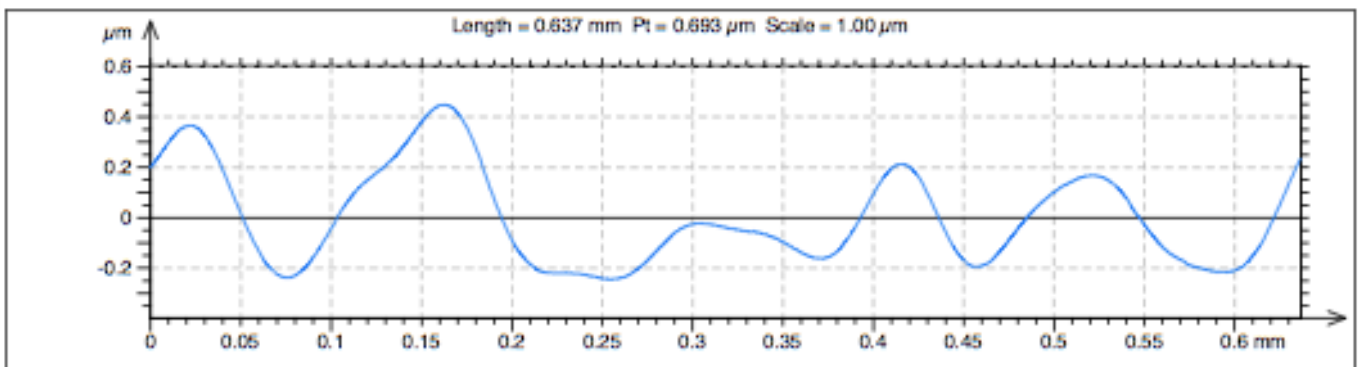
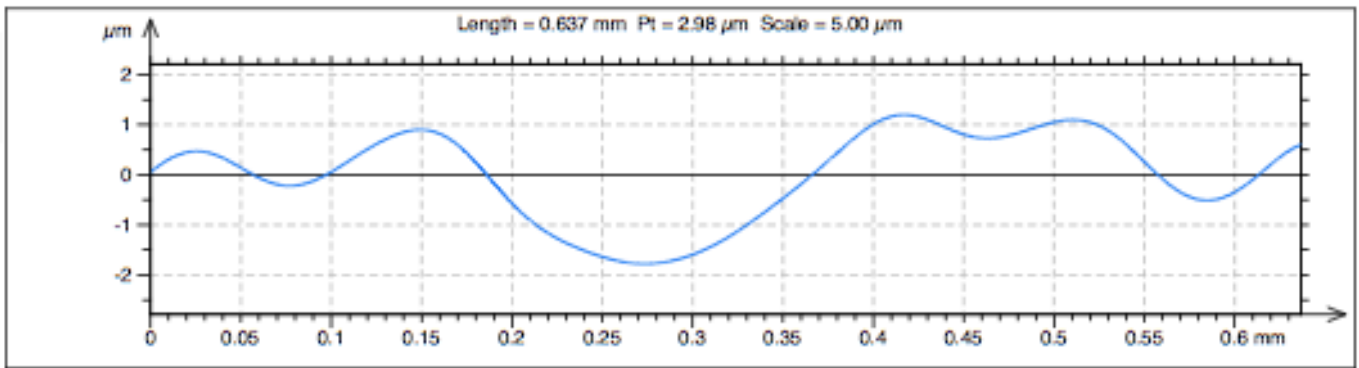
CUT-OFF de 0,08 mm



| ISO 25178         |        |    |
|-------------------|--------|----|
| Height Parameters |        |    |
| Sq                | 1.19   | μm |
| Ssk               | 0.0771 |    |
| Sku               | 3.09   |    |
| Sp                | 3.43   | μm |
| Sv                | 3.07   | μm |
| Sz                | 6.49   | μm |
| Sa                | 0.949  | μm |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |         |    |
|-------------------|---------|----|
| Height Parameters |         |    |
| Sq                | 0.207   | μm |
| Ssk               | -0.0697 |    |
| Sku               | 2.89    |    |
| Sp                | 0.659   | μm |
| Sv                | 0.624   | μm |
| Sz                | 1.28    | μm |
| Sa                | 0.166   | μm |



Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de GAC. **Fig.15**



# MASEL

## ANALISIS BRACKET MASEL

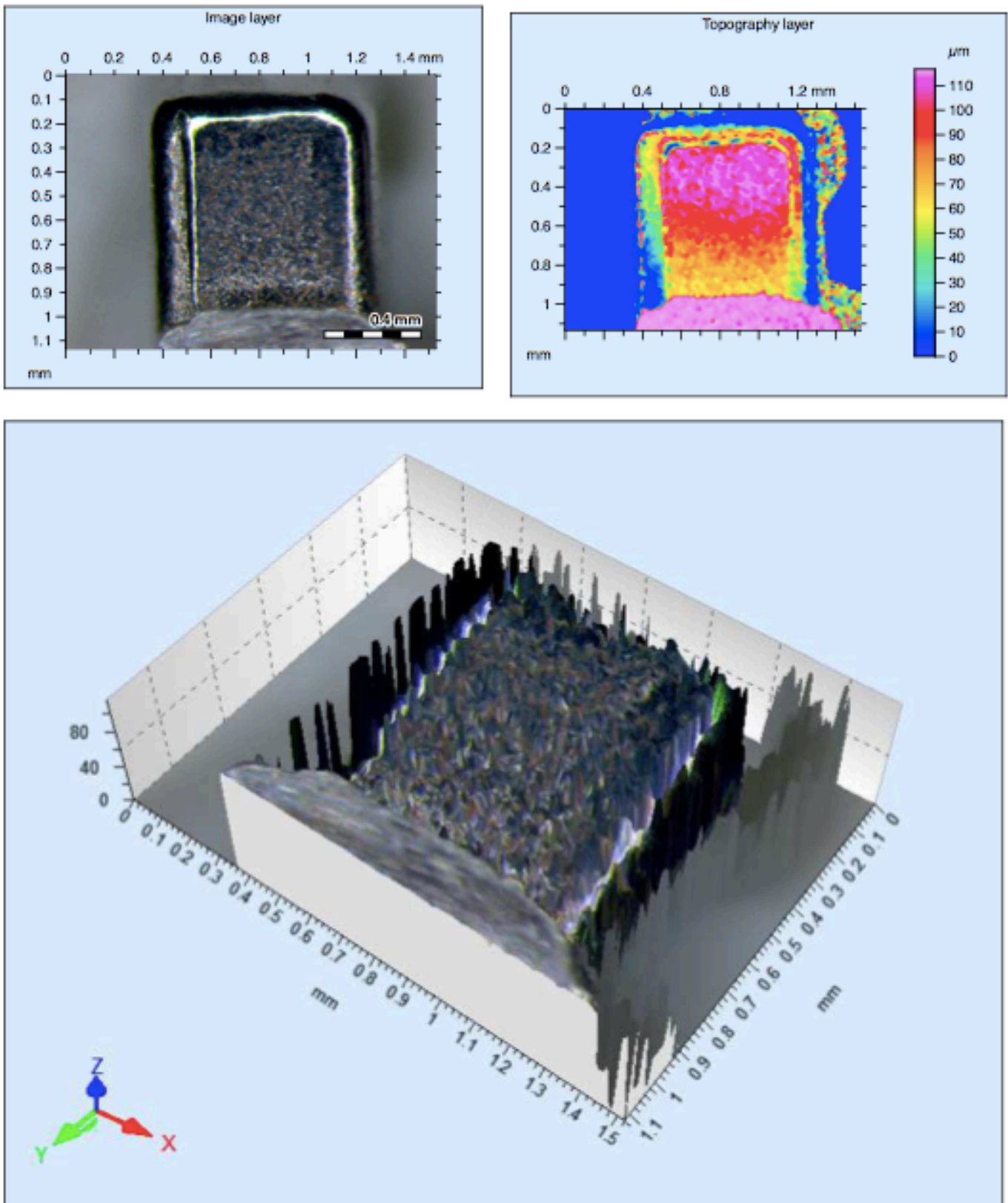
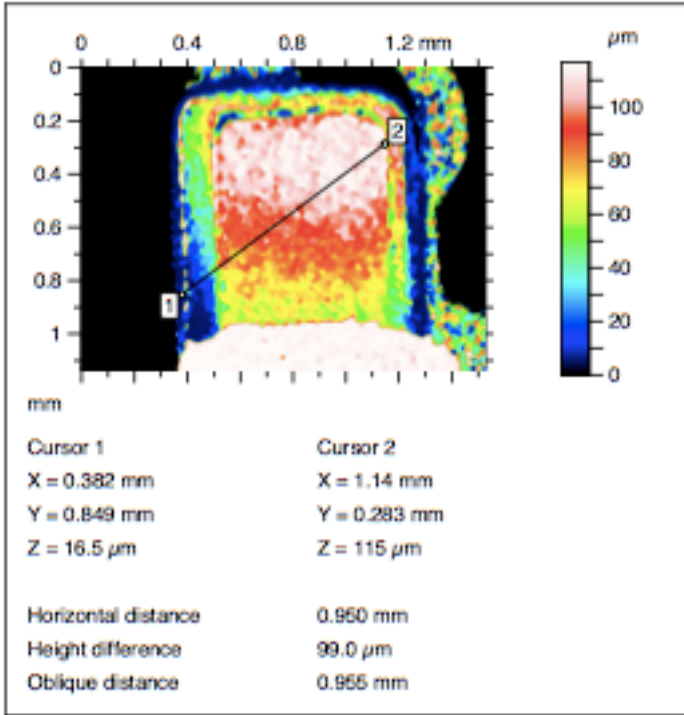
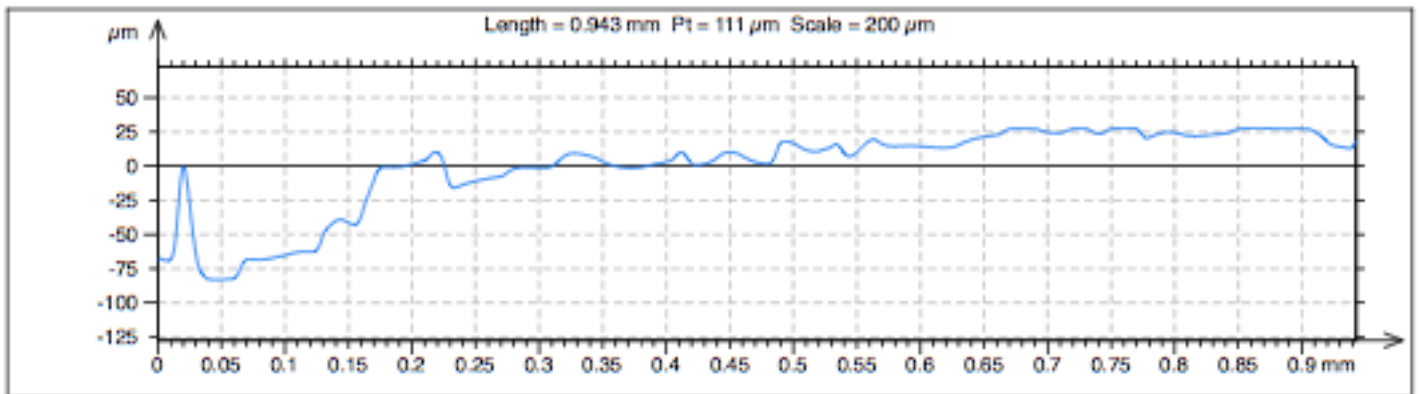


Imagen original de la aleta de la bracekt de MASEL del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia, Se puede observar la gama de colores donde nos indica en micras las rugosidades presentes. **Fig.16**

# MASEL



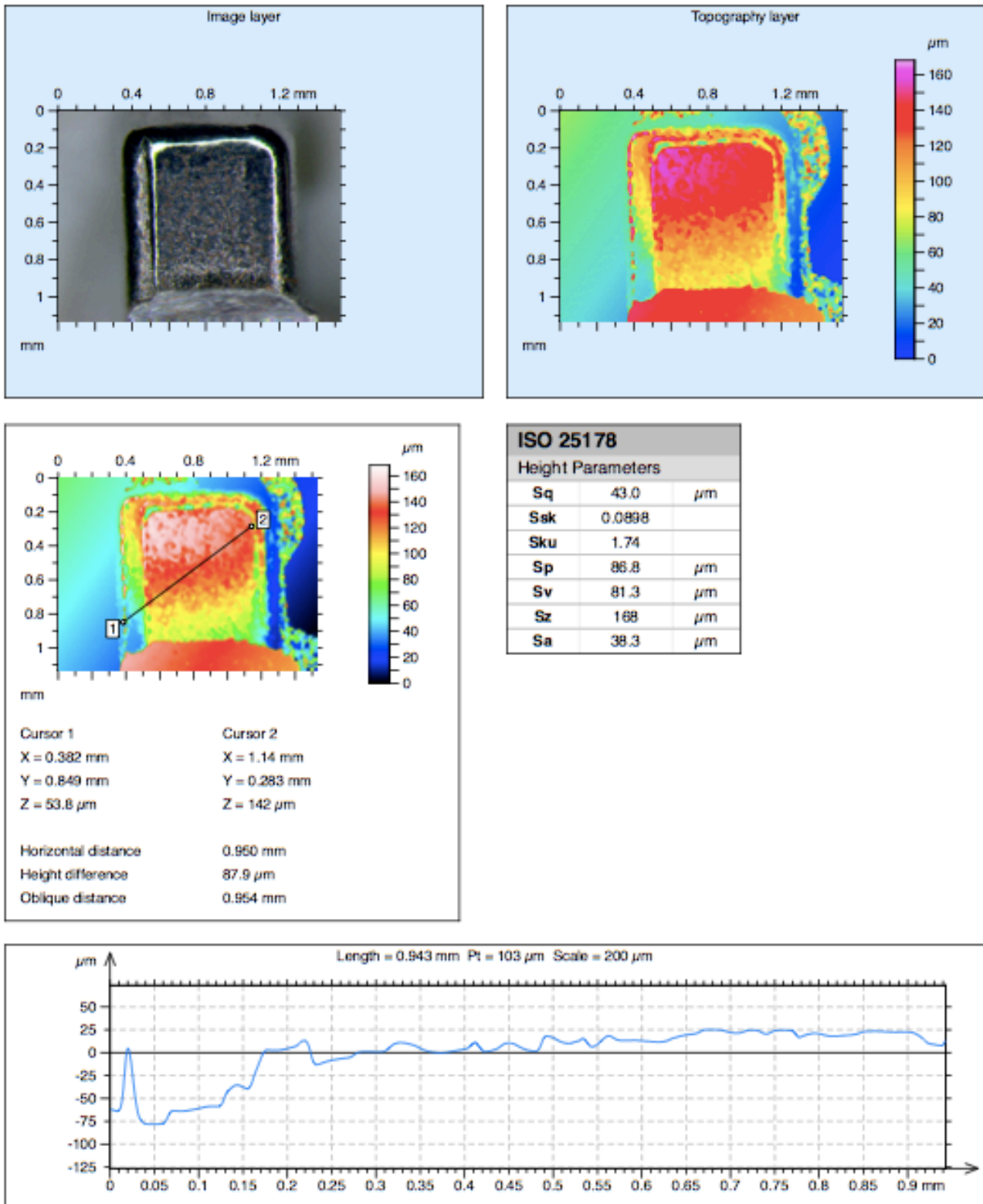
| ISO 25178         |       |    |
|-------------------|-------|----|
| Height Parameters |       |    |
| Sq                | 45.7  | μm |
| Ssk               | 0.170 |    |
| Sku               | 1.38  |    |
| Sp                | 67.1  | μm |
| Sv                | 49.5  | μm |
| Sz                | 117   | μm |
| Sa                | 42.2  | μm |



Medciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de MASEL, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig.17**

# MASEL

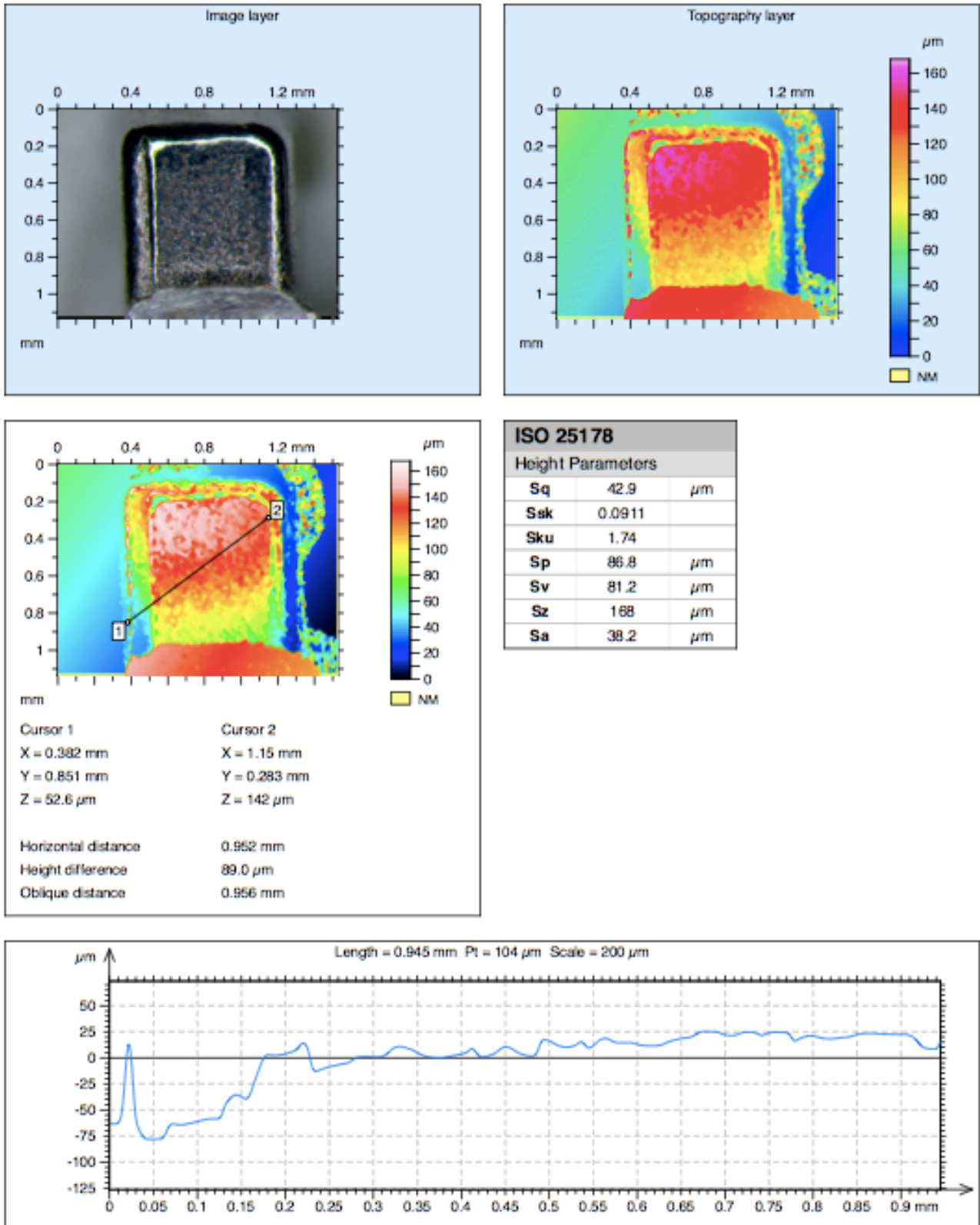
## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR SUSTRACCION



Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.18**

# MASEL

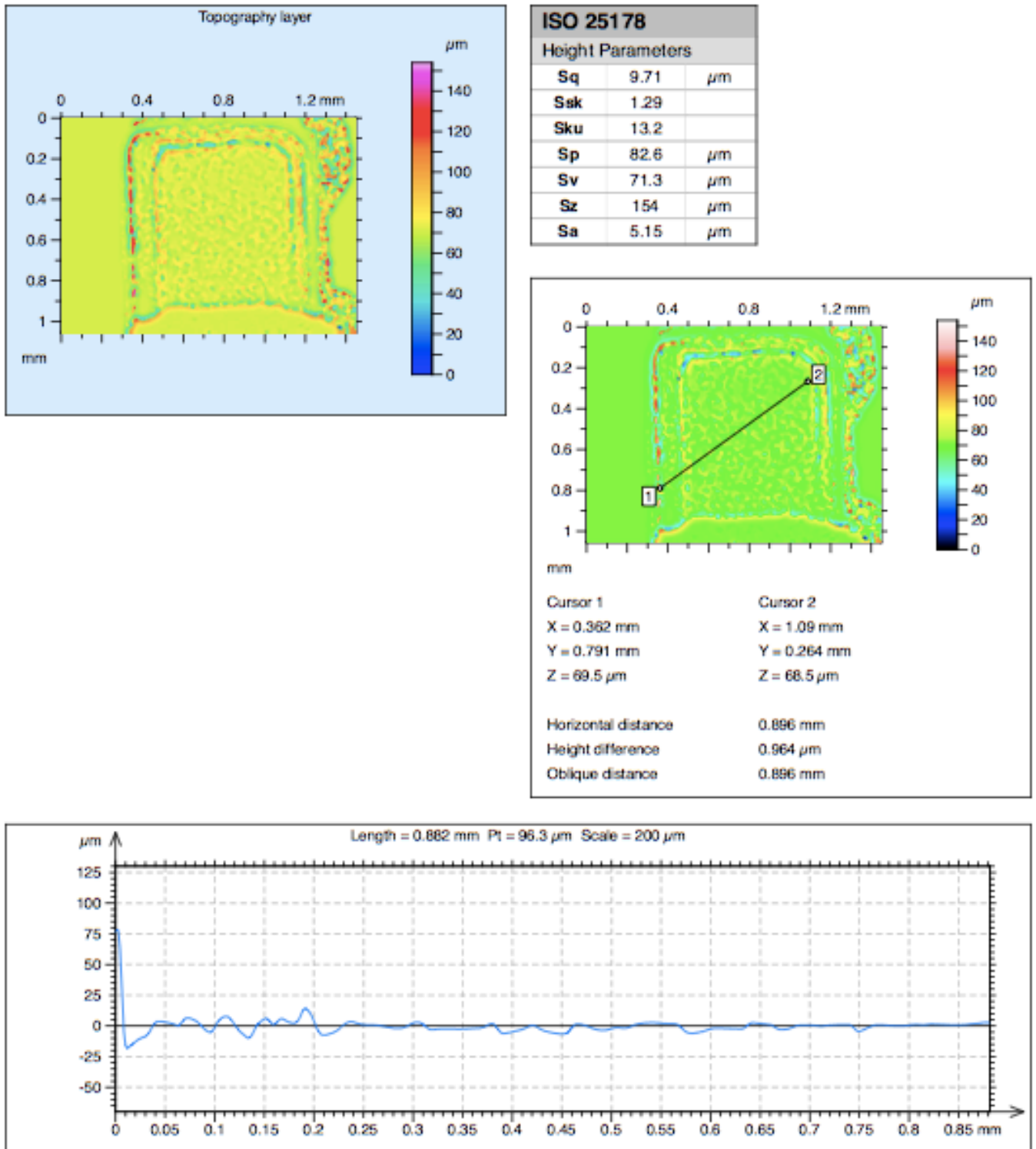
## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR ROTACION



Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de MASEL otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.19**

# MASEL

FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD CUT OFF DE 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD

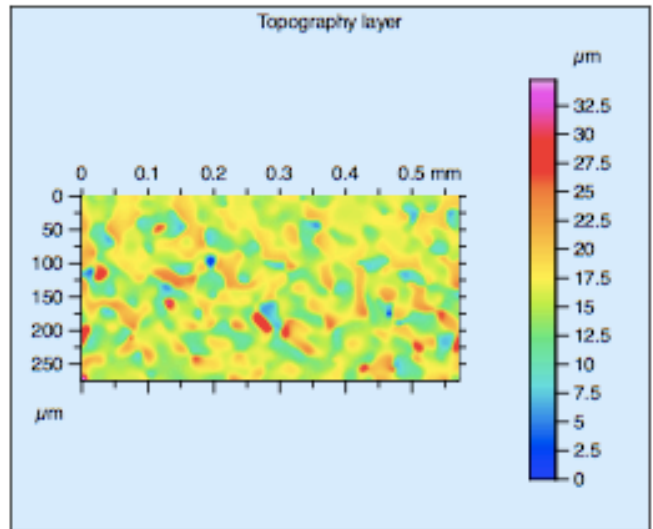
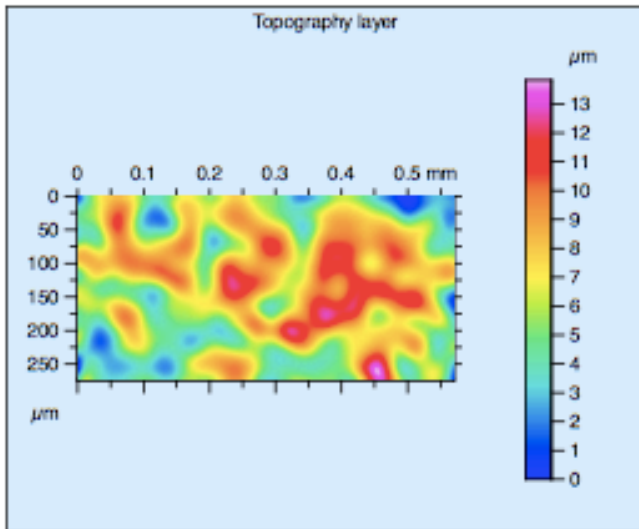


Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de MASEL y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos resultantes. **Fig.20**



# MASEL

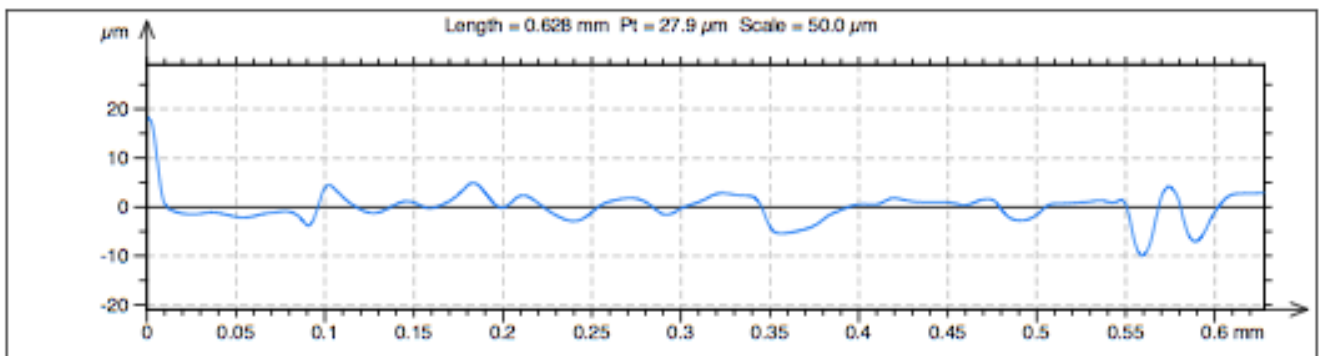
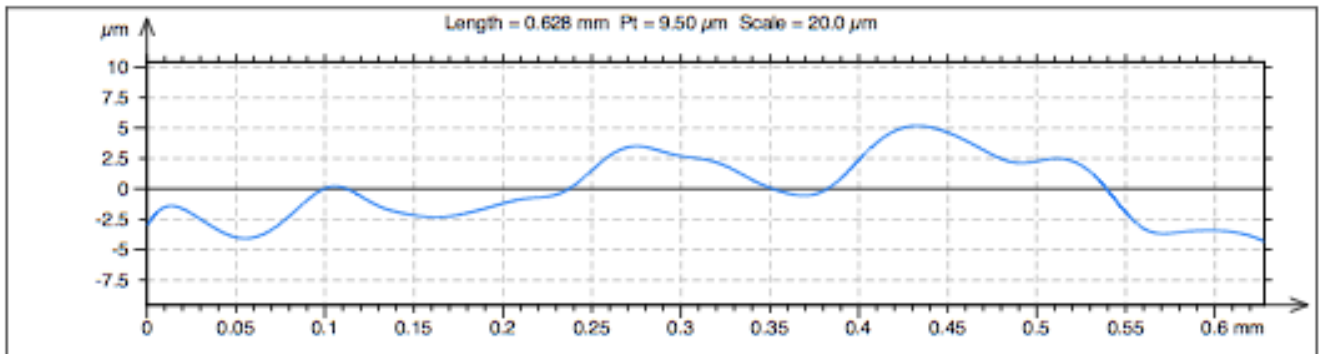
CUT-OFF de 0,08 mm



| ISO 25178         |         |    |
|-------------------|---------|----|
| Height Parameters |         |    |
| Sq                | 2.52    | μm |
| Ssk               | 0.00463 |    |
| Sku               | 2.27    |    |
| Sp                | 6.89    | μm |
| Sv                | 6.94    | μm |
| Sz                | 13.8    | μm |
| Sa                | 2.11    | μm |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |       |    |
|-------------------|-------|----|
| Height Parameters |       |    |
| Sq                | 3.47  | μm |
| Ssk               | 0.120 |    |
| Sku               | 4.07  |    |
| Sp                | 18.7  | μm |
| Sv                | 16.0  | μm |
| Sz                | 34.7  | μm |
| Sa                | 2.64  | μm |



Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de MASEL. **Fig.21**

# ORTHOCLASSIC

## ANALISIS BRACKET ORTHOCLASSIC

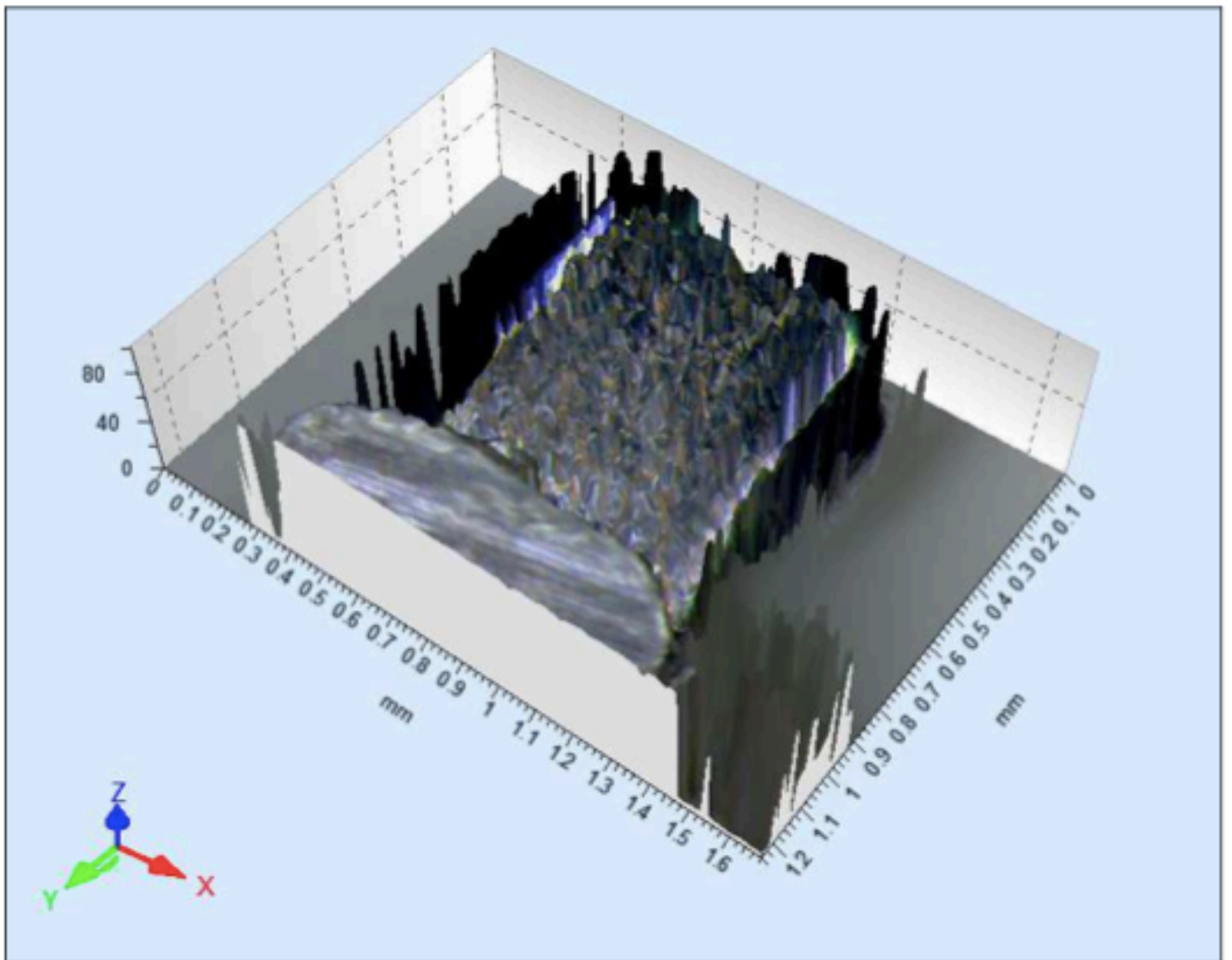
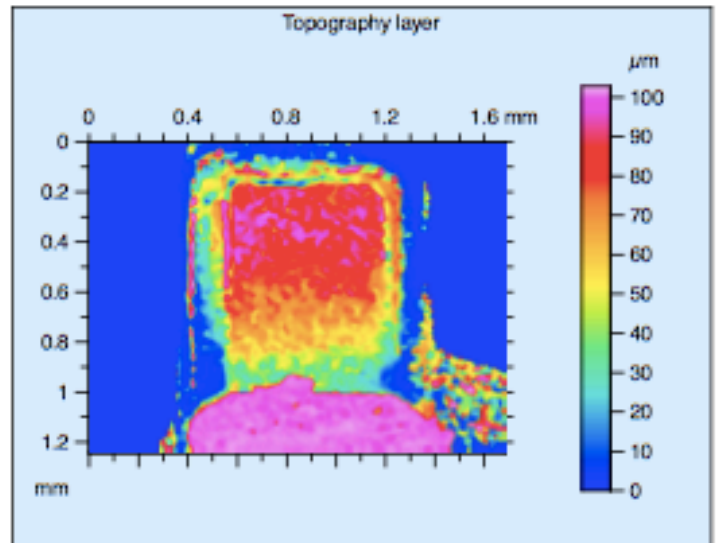
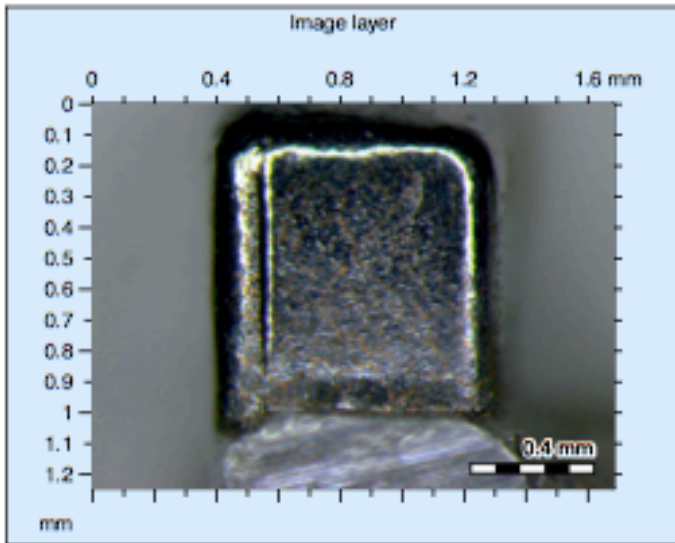
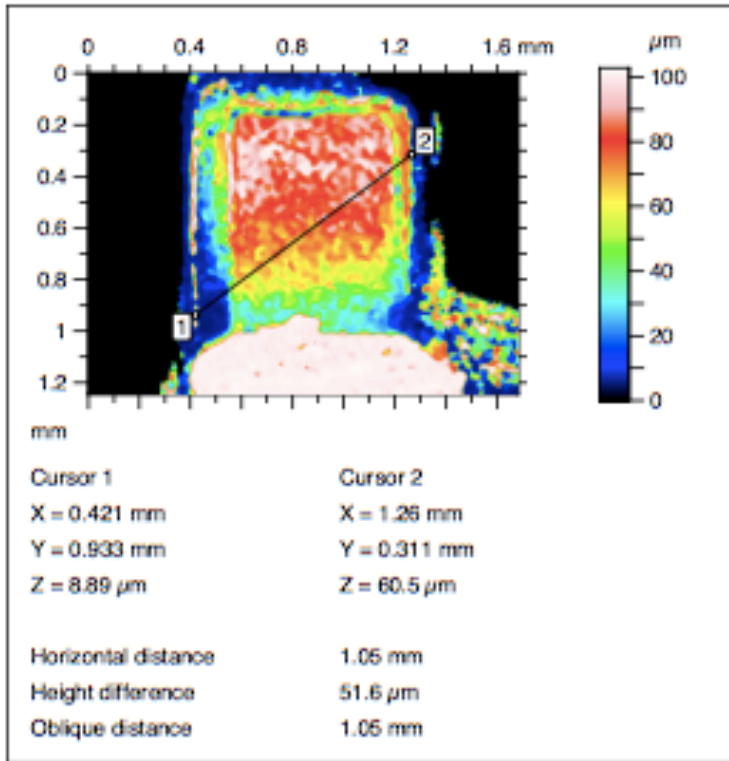


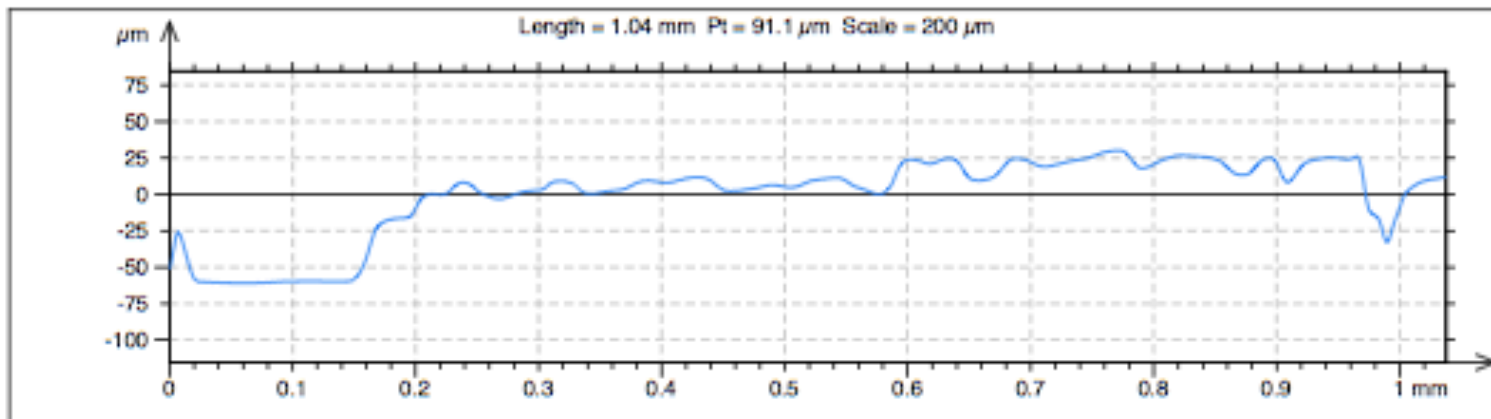
Imagen original de la aleta de la bracekt de ORTHOCLASSIC del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia,  
Se puede observar la gama de colores donde nos indica en micras las rugosidades presentes. **Fig.22**



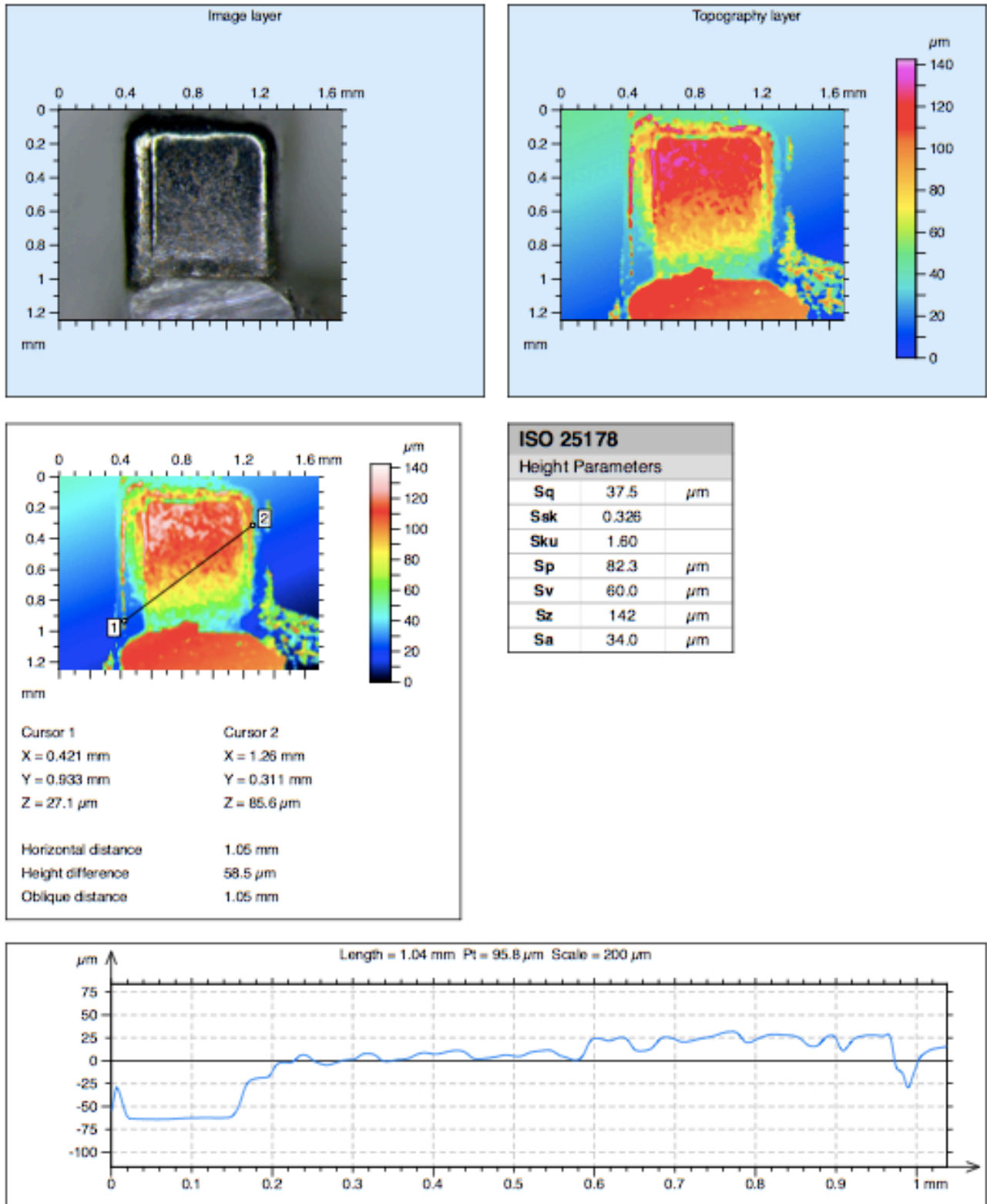
# ORTHOCLASIC



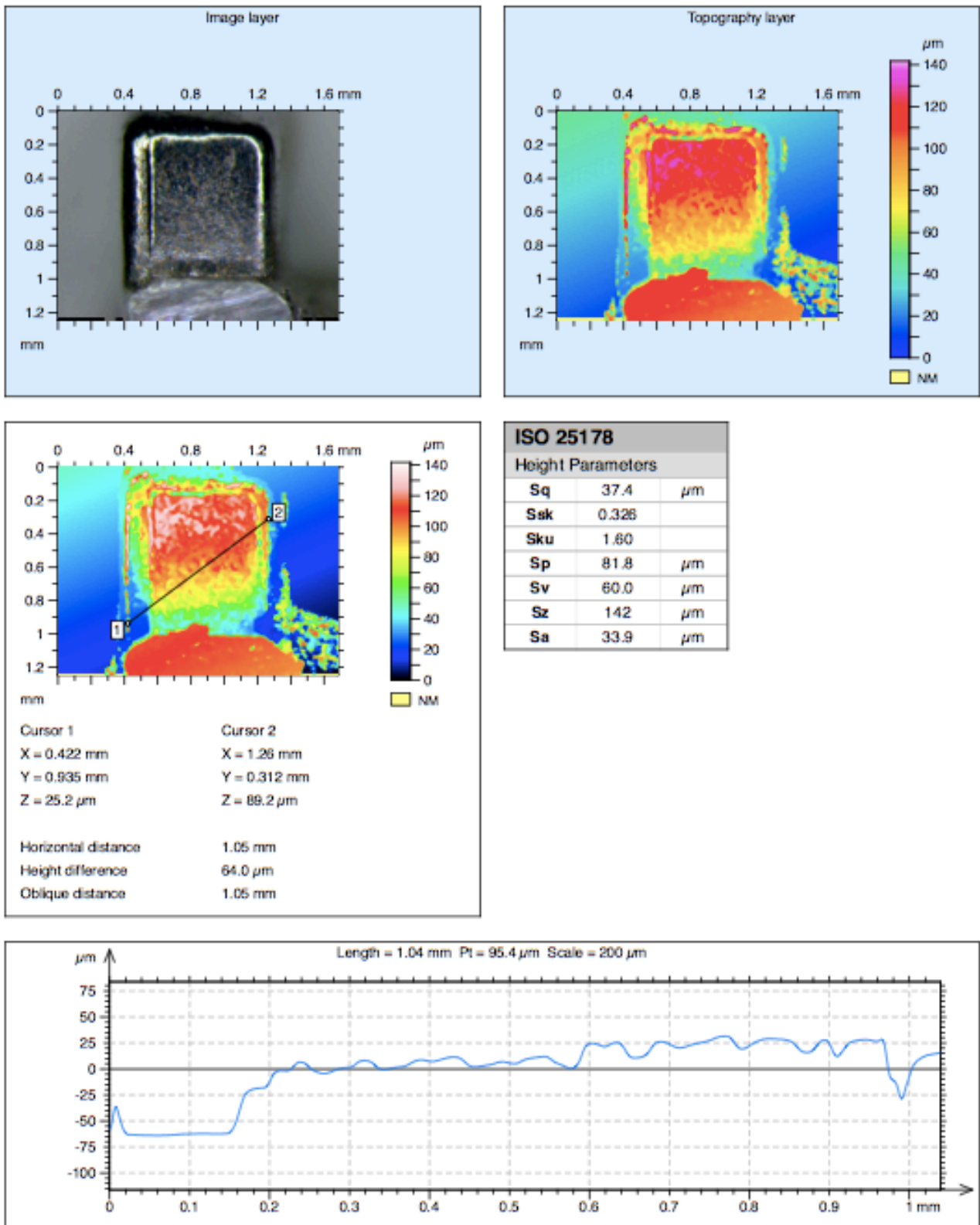
| ISO 25178         |       |               |
|-------------------|-------|---------------|
| Height Parameters |       |               |
| Sq                | 39.0  | $\mu\text{m}$ |
| Ssk               | 0.388 |               |
| Sku               | 1.51  |               |
| Sp                | 64.4  | $\mu\text{m}$ |
| Sv                | 38.4  | $\mu\text{m}$ |
| Sz                | 103   | $\mu\text{m}$ |
| Sa                | 35.9  | $\mu\text{m}$ |



Mediciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de ORTHOCLASIC, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig.23**



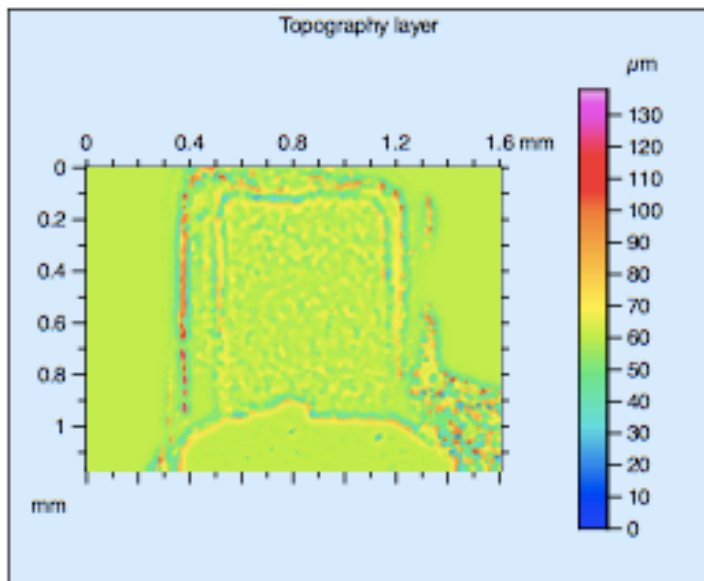
Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.24**



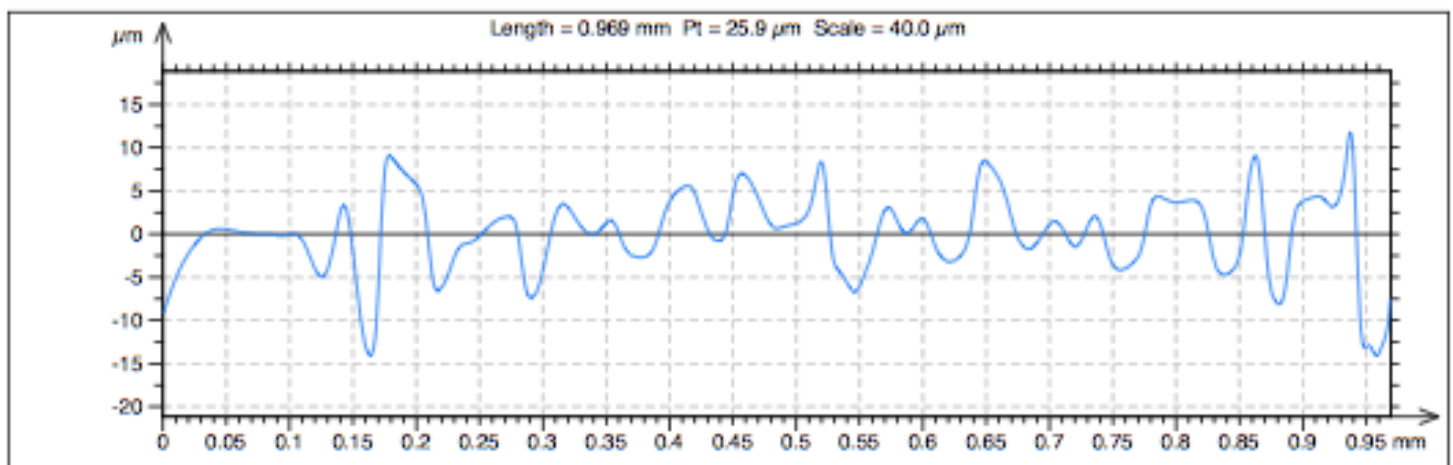
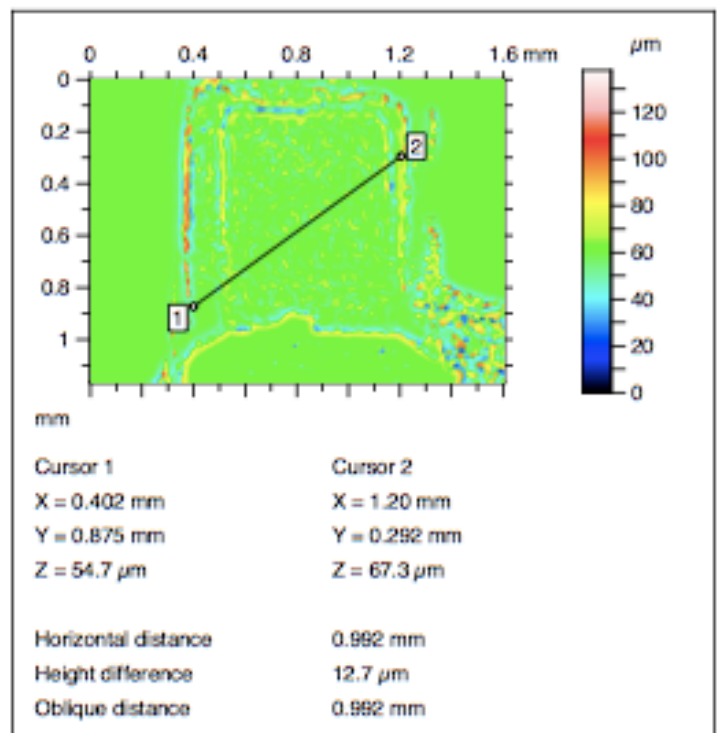
Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de ORTHOCLASSIC otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.25**

# ORTHOCLASSIC

FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD CUT OFF DE 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD



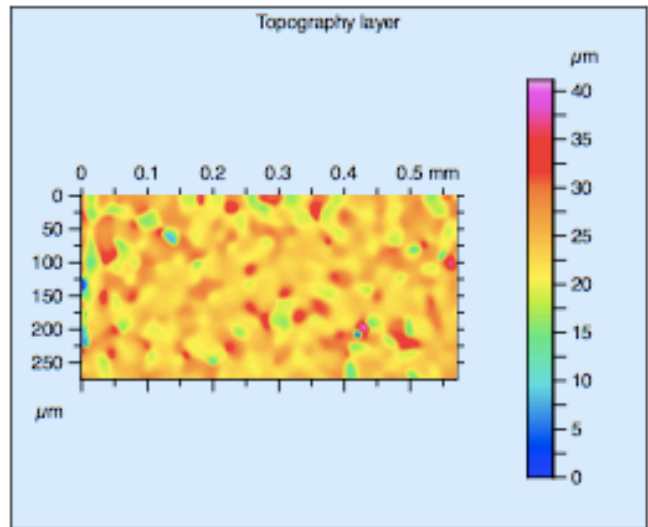
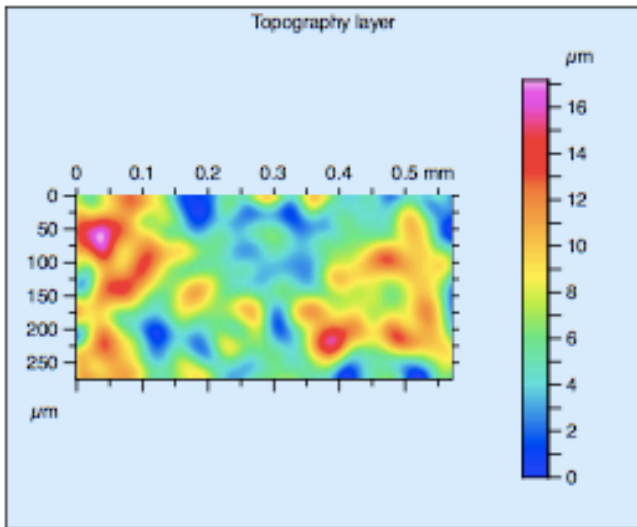
| ISO 25178         |      |    |
|-------------------|------|----|
| Height Parameters |      |    |
| Sq                | 8.17 | µm |
| Ssk               | 1.15 |    |
| Sku               | 13.0 |    |
| Sp                | 77.3 | µm |
| Sv                | 60.6 | µm |
| Sz                | 138  | µm |
| Sa                | 4.17 | µm |



Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de ORTHOCLASSIC y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos<sub>32</sub>resultantes. **Fig.26**

# ORTHOCLASSIC

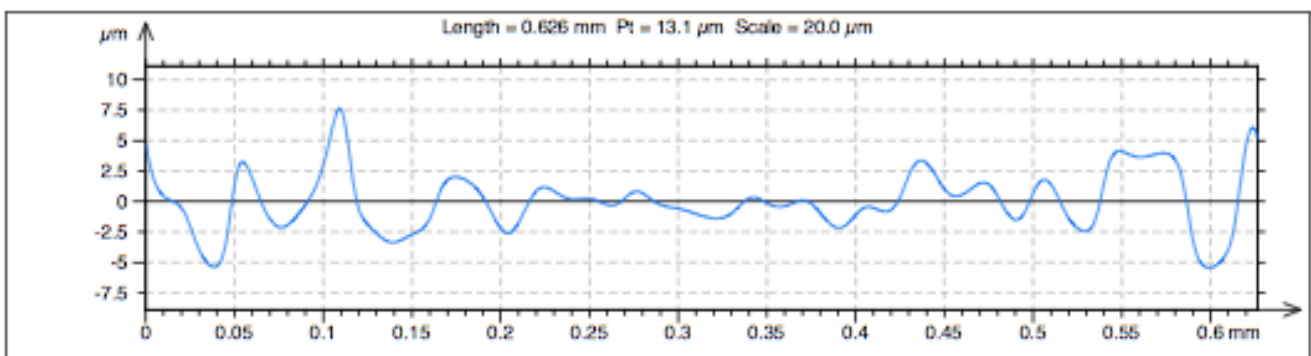
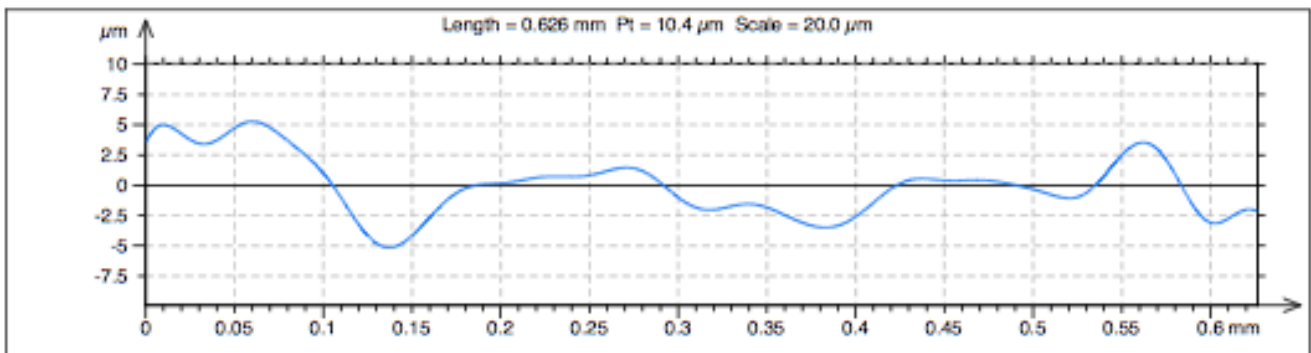
CUT-OFF de 0,08 mm



| ISO 25178         |       |               |
|-------------------|-------|---------------|
| Height Parameters |       |               |
| Sq                | 3.10  | $\mu\text{m}$ |
| Ssk               | 0.343 |               |
| Sku               | 2.58  |               |
| Sp                | 10.0  | $\mu\text{m}$ |
| Sv                | 7.12  | $\mu\text{m}$ |
| Sz                | 17.2  | $\mu\text{m}$ |
| Sa                | 2.58  | $\mu\text{m}$ |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |       |               |
|-------------------|-------|---------------|
| Height Parameters |       |               |
| Sq                | 3.43  | $\mu\text{m}$ |
| Ssk               | 0.053 |               |
| Sku               | 5.23  |               |
| Sp                | 17.4  | $\mu\text{m}$ |
| Sv                | 23.7  | $\mu\text{m}$ |
| Sz                | 41.1  | $\mu\text{m}$ |
| Sa                | 2.58  | $\mu\text{m}$ |



Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de ORTHOCLASSIC. **Fig.27**



# ROCKY MOUNTAIN

## ANALISIS BRACKET ROCKY MOUNTAIN

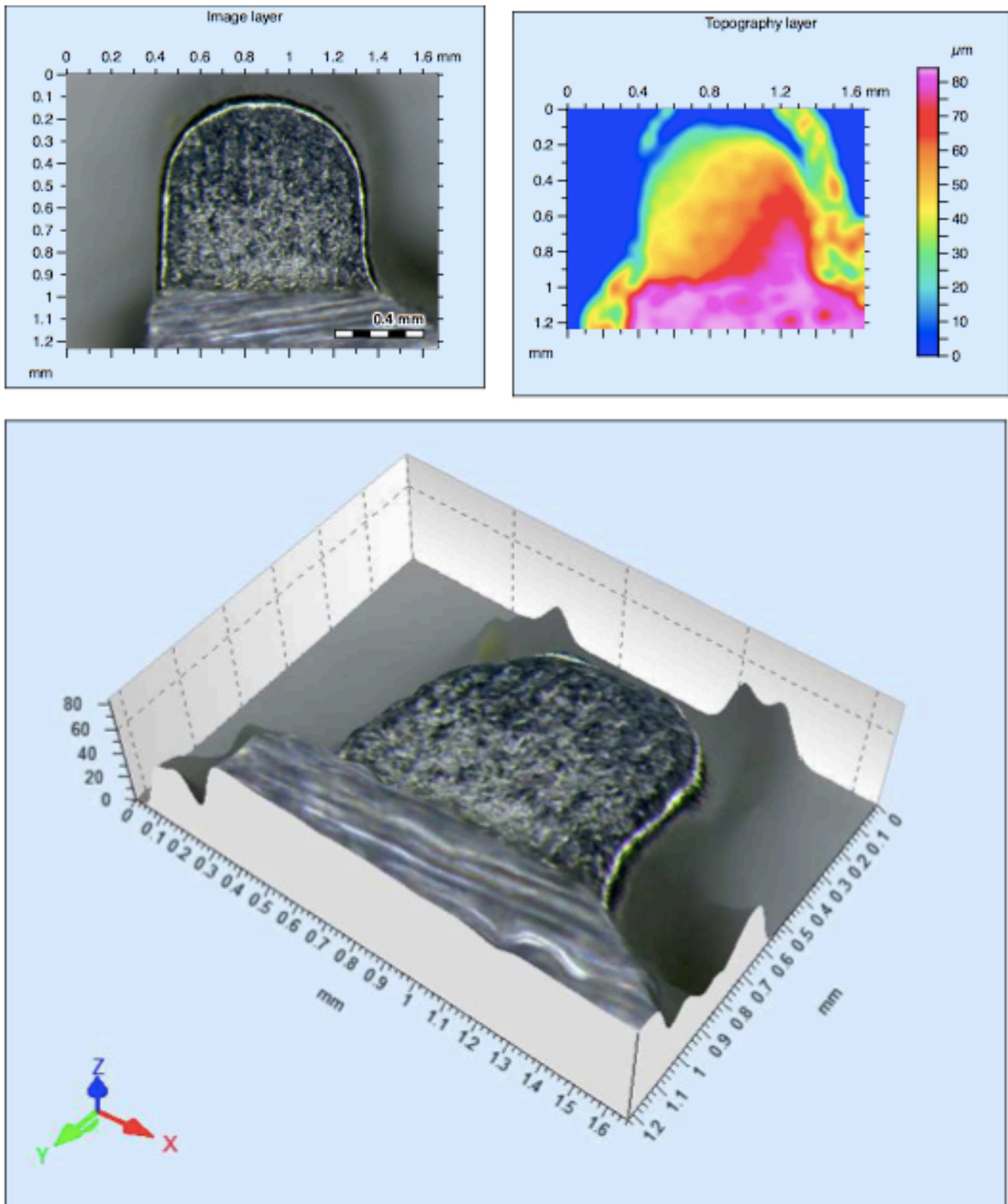
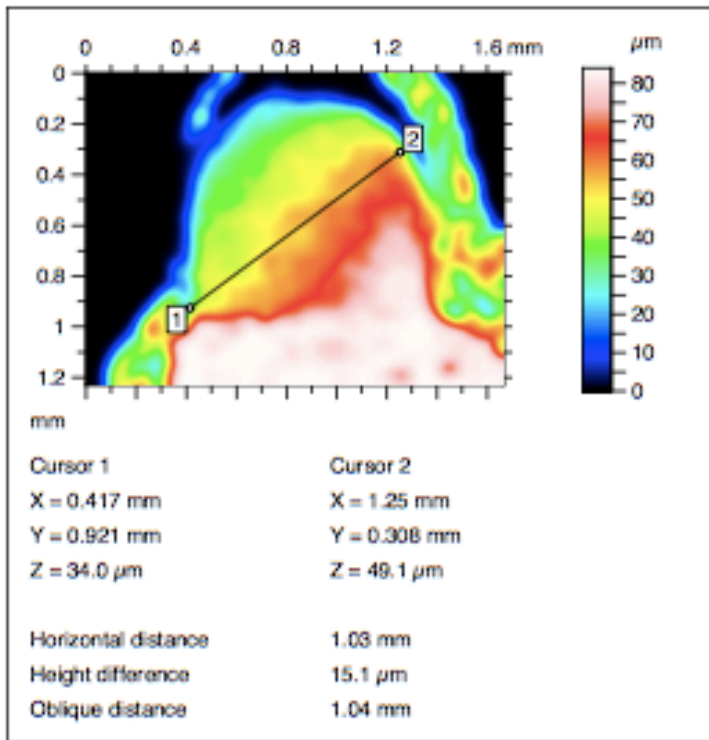
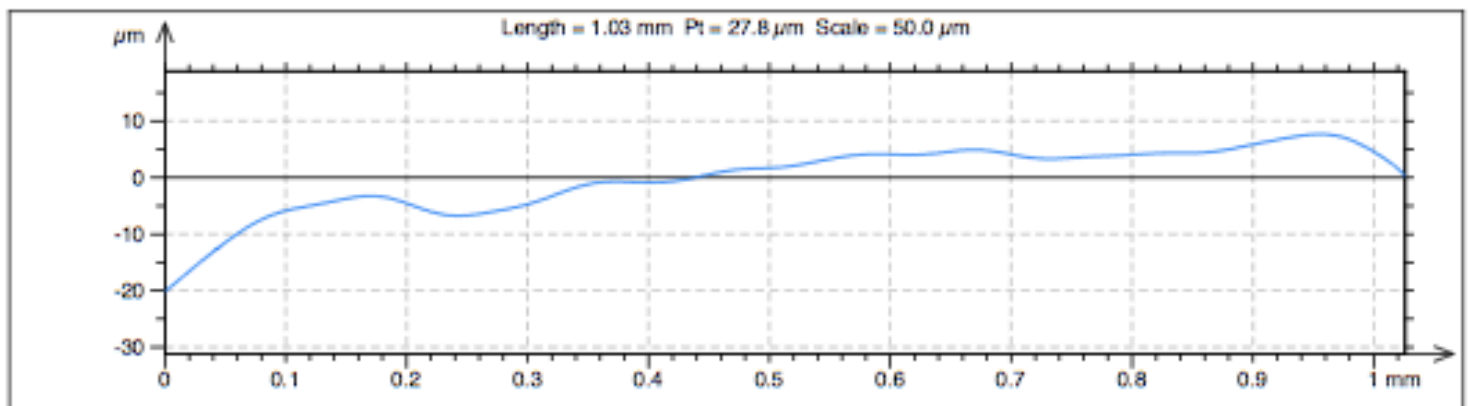


Imagen original de la aleta de la bracekt de RMO del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia, Se puede observar la gama de colores donde nos indica en micras las rugosidades presentes. **Fig.28**



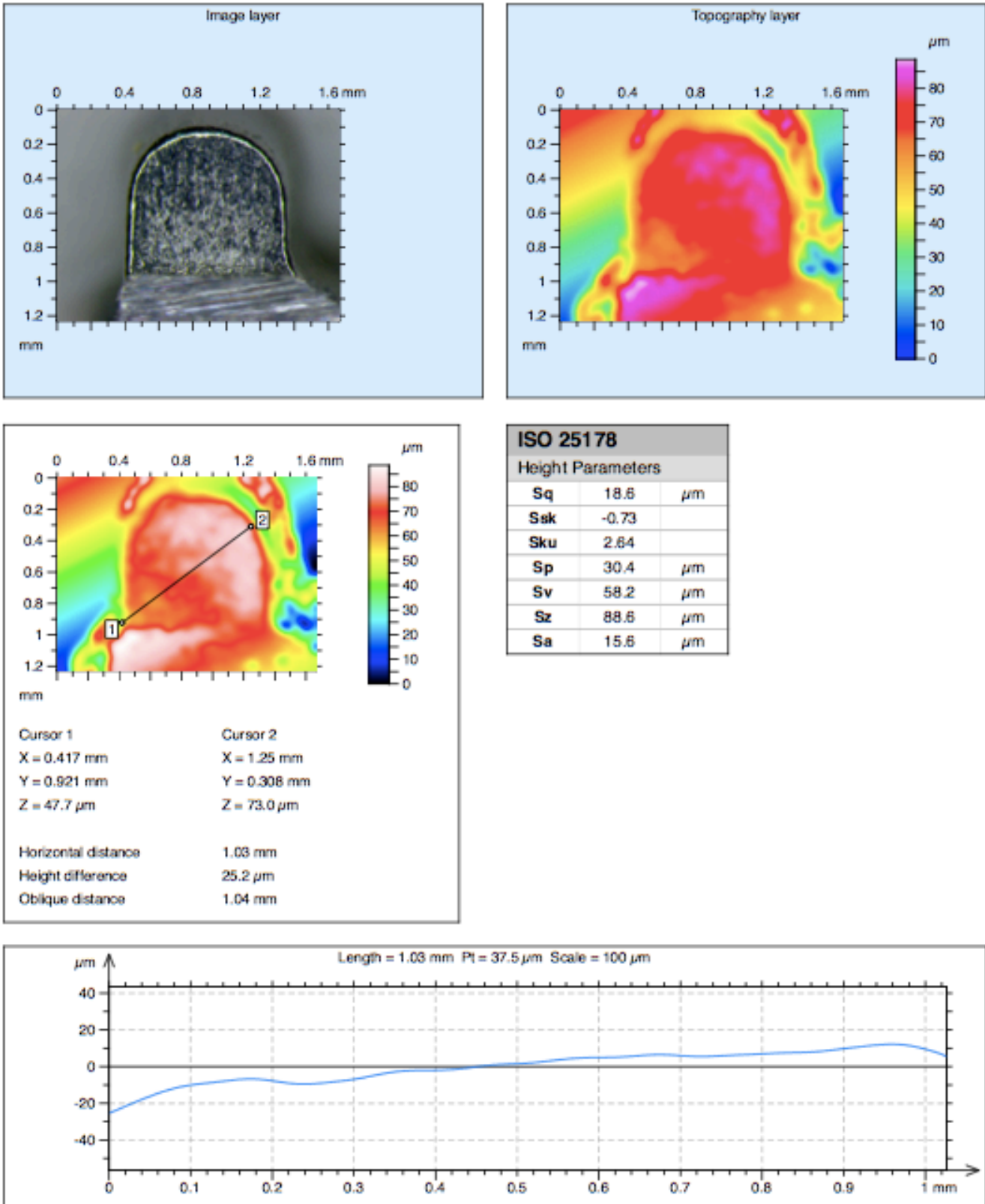
| ISO 25178         |        |               |
|-------------------|--------|---------------|
| Height Parameters |        |               |
| <b>Sq</b>         | 29.7   | $\mu\text{m}$ |
| <b>Ssk</b>        | -0.017 |               |
| <b>Sku</b>        | 1.63   |               |
| <b>Sp</b>         | 44.6   | $\mu\text{m}$ |
| <b>Sv</b>         | 39.4   | $\mu\text{m}$ |
| <b>Sz</b>         | 84.0   | $\mu\text{m}$ |
| <b>Sa</b>         | 25.7   | $\mu\text{m}$ |



Mediciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de RMO, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig.29**



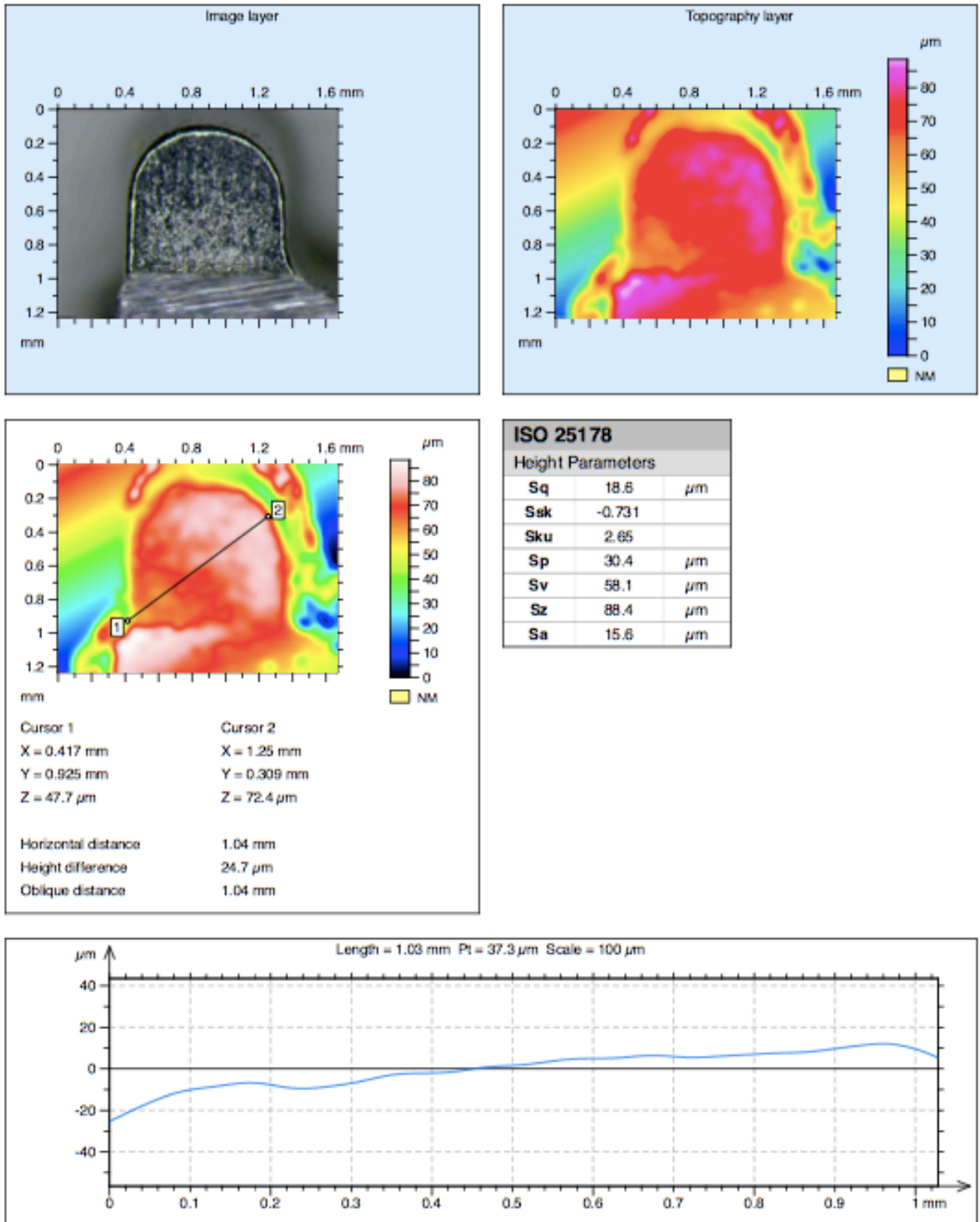
# ROCKY MUNTAIN



Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.30** <sup>36</sup>

# ROCKY MOUNTAIN

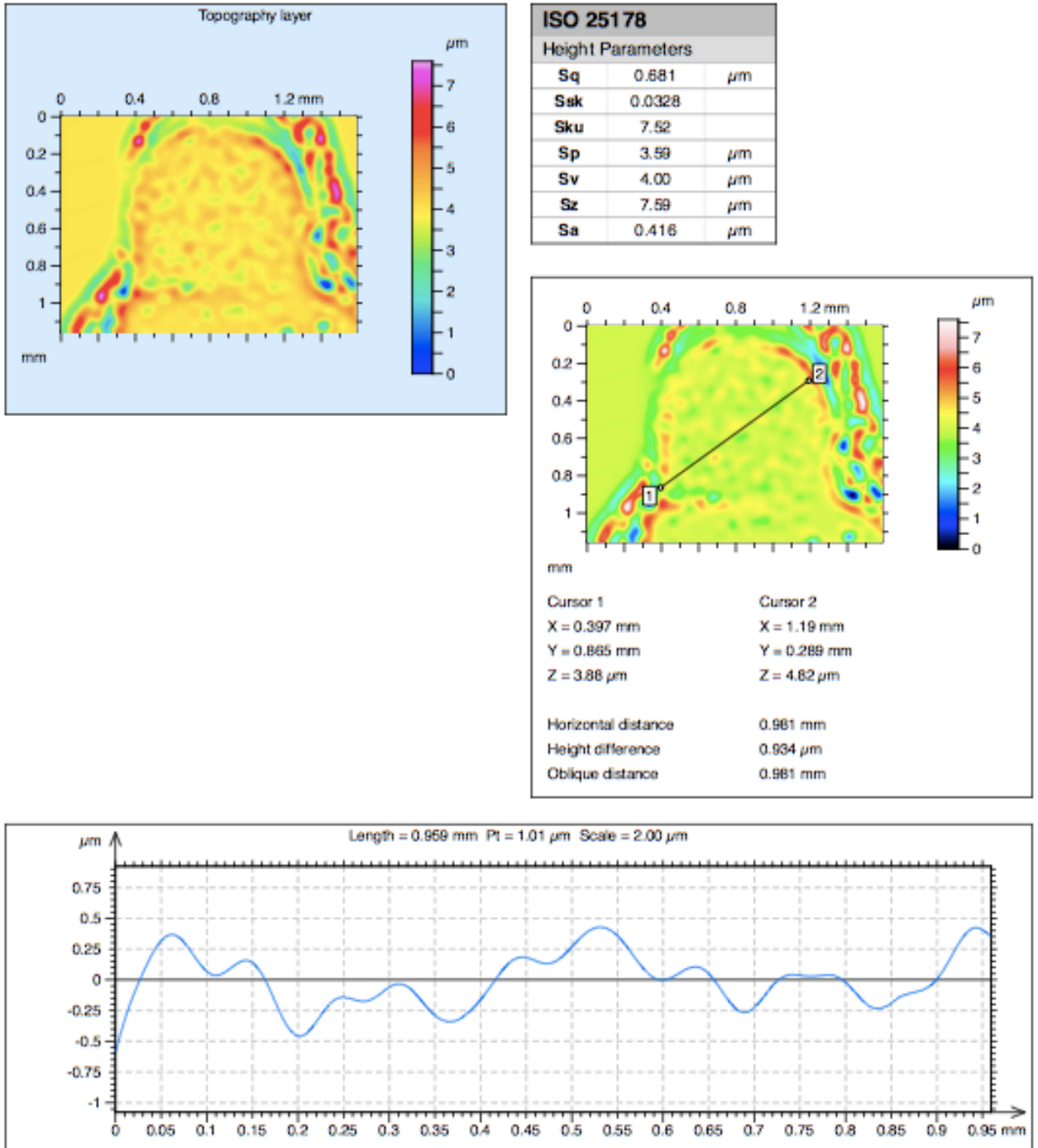
## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR ROTACION



Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de RMO otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.3 I**

# ROCKY MOUNTAIN

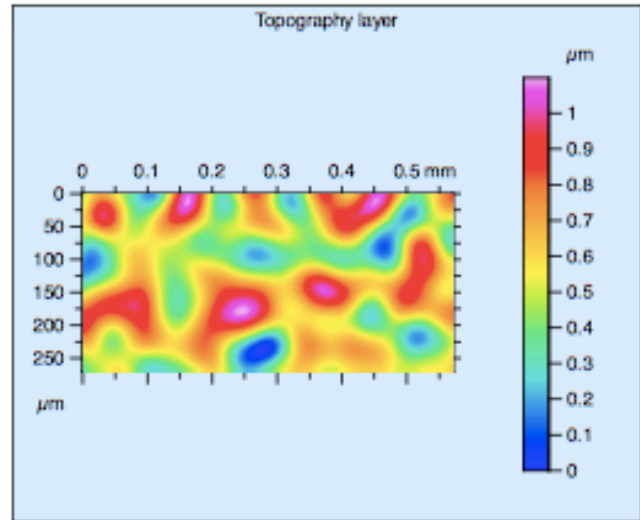
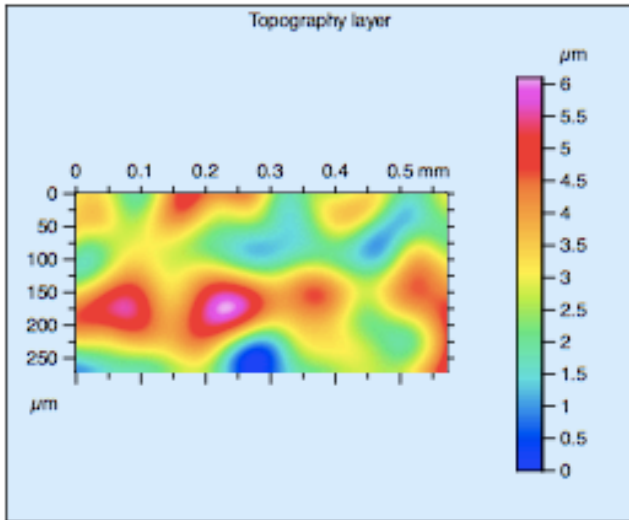
FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD CUT OFF DE 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD



Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de RMO y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos resultantes. **Fig.32**

# ROCKY MOUNTAIN

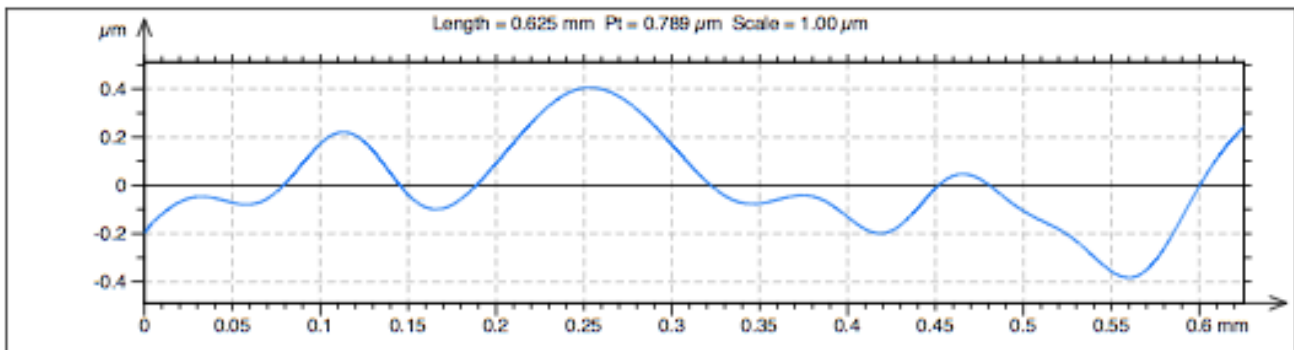
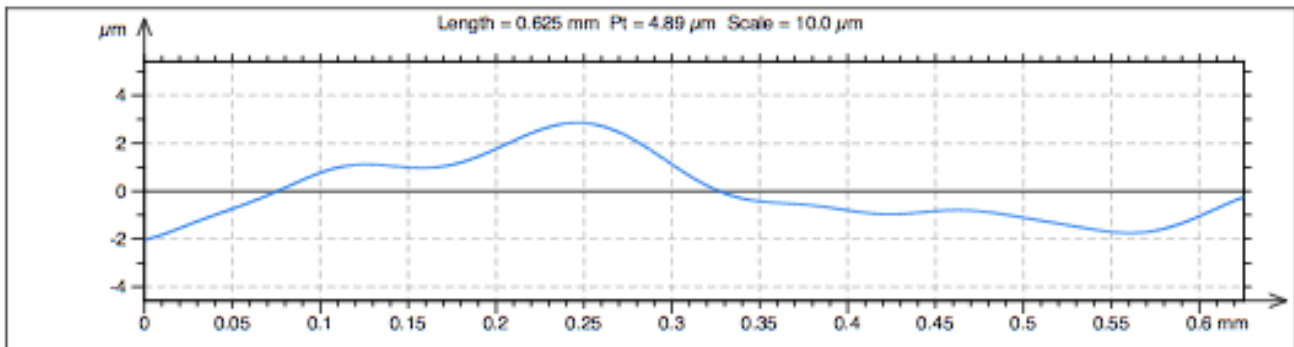
CUT-OFF de 0,08 mm



| ISO 25178         |       |    |
|-------------------|-------|----|
| Height Parameters |       |    |
| Sq                | 1.10  | μm |
| Sak               | 0.158 |    |
| Sku               | 2.69  |    |
| Sp                | 3.02  | μm |
| Sv                | 3.08  | μm |
| Sz                | 6.10  | μm |
| Sa                | 0.893 | μm |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |        |    |
|-------------------|--------|----|
| Height Parameters |        |    |
| Sq                | 0.205  | μm |
| Sak               | 0.0599 |    |
| Sku               | 2.62   |    |
| Sp                | 0.521  | μm |
| Sv                | 0.577  | μm |
| Sz                | 1.10   | μm |
| Sa                | 0.166  | μm |



Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de RMO. **Fig.33**

# AMERICAN ORTHODONTIC

## ANALISIS BRACKET AMERICAN ORHODONTIC

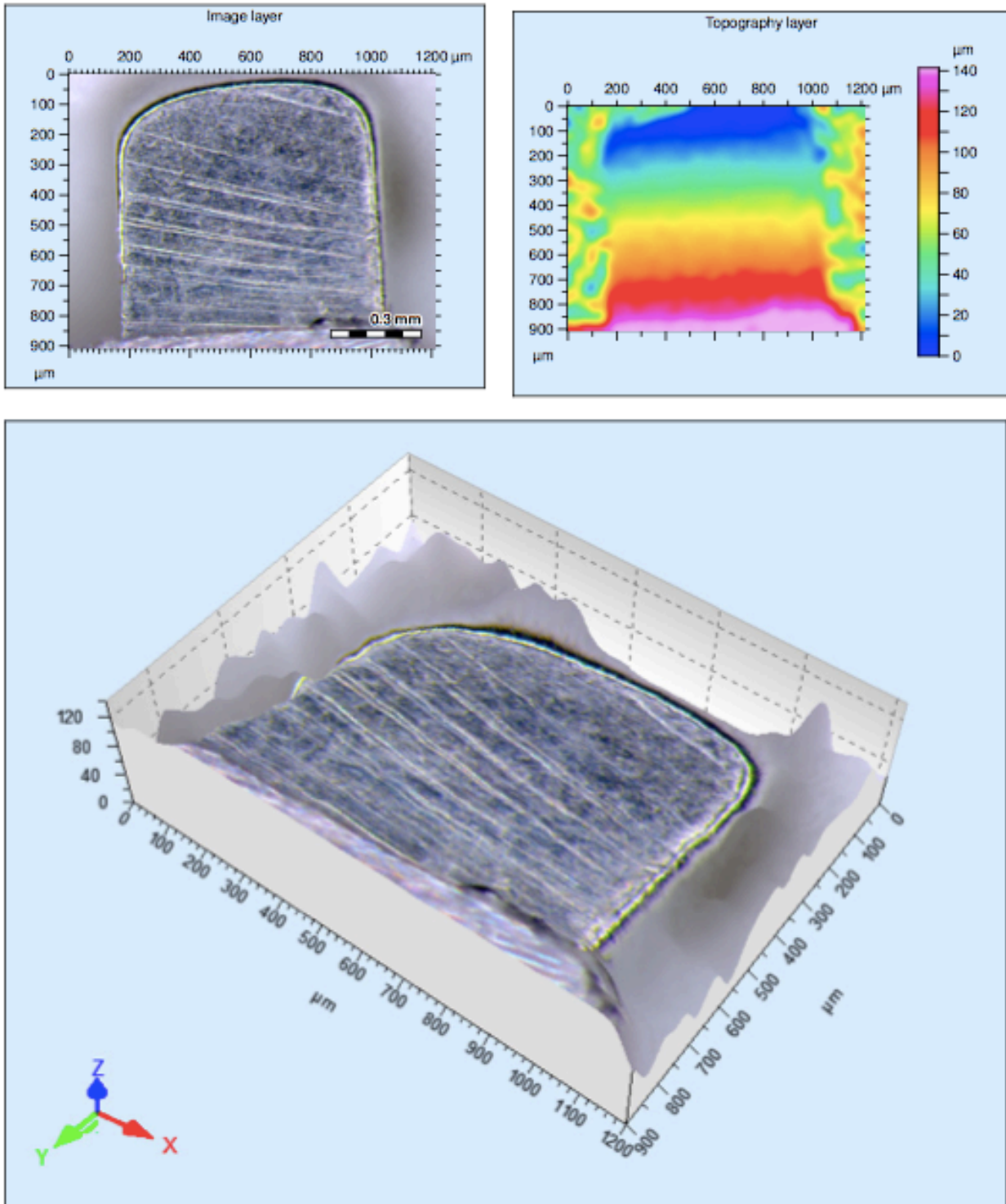
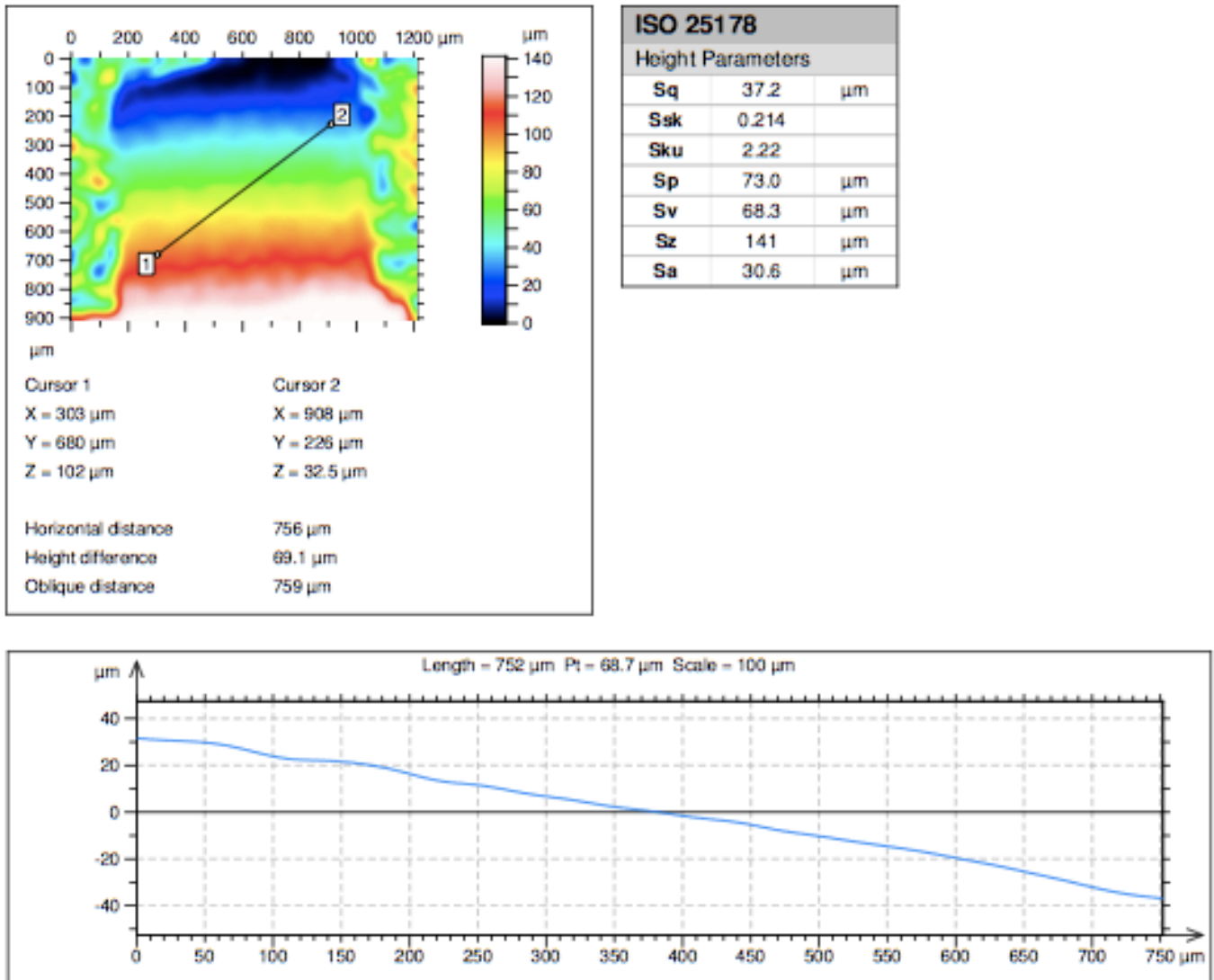


Imagen original de la aleta de la bracekt de AO del incisivo derecho superior, capturada por estereomicroscopia, Se puede observar la gama de colores donde nos indca en micras las rugosidades presentes. **Fig.34**



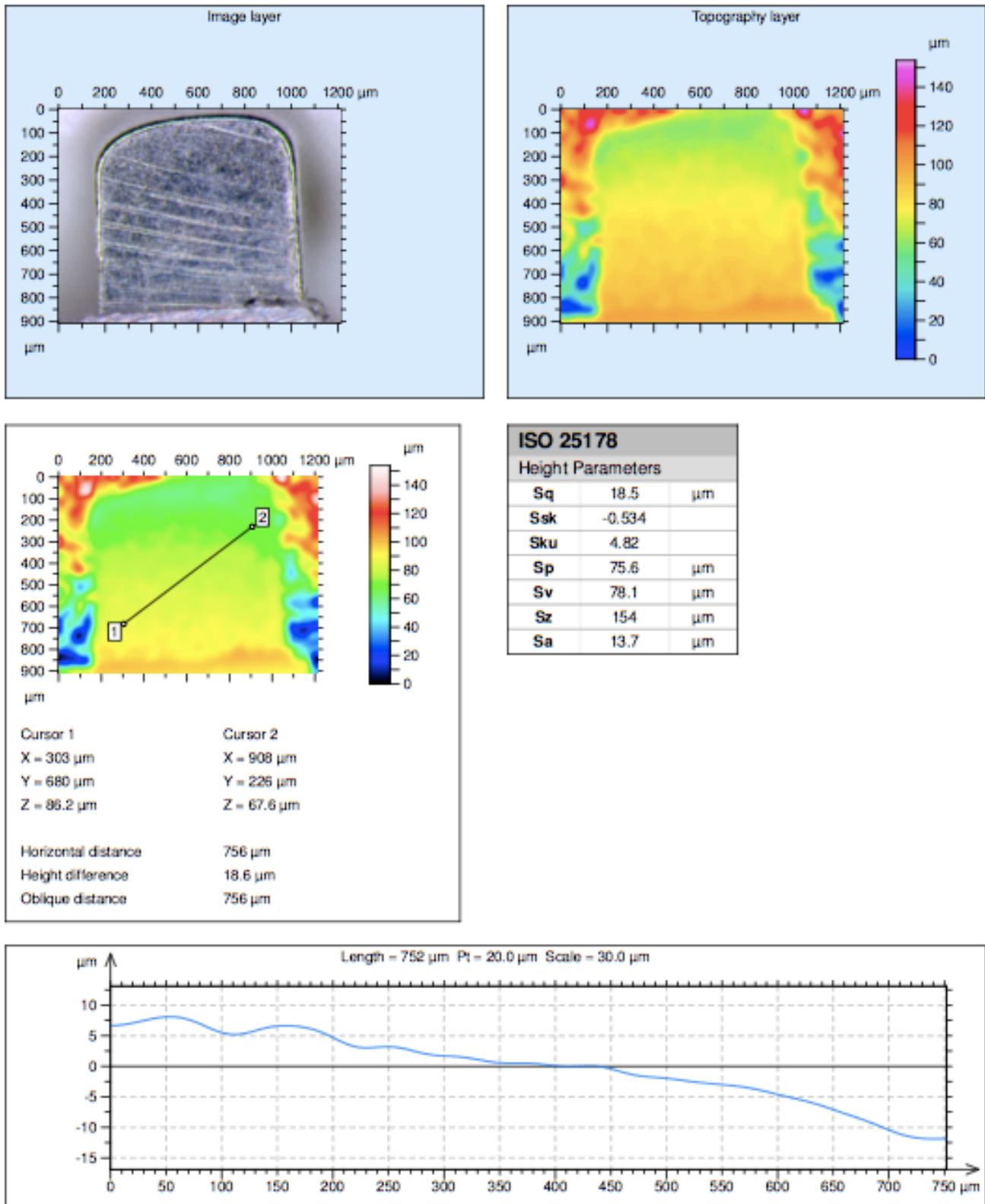
# AMERICAN ORTHODONTIC



Mediciones de los distintos valores de rugosidades de la aleta de la bracket de AO, Sq, Ssk, Sku, Sp, Sv, Sz y Sa. **Fig.35**

# AMERICAN ORTHODONTIC

## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR SUSTRACCION

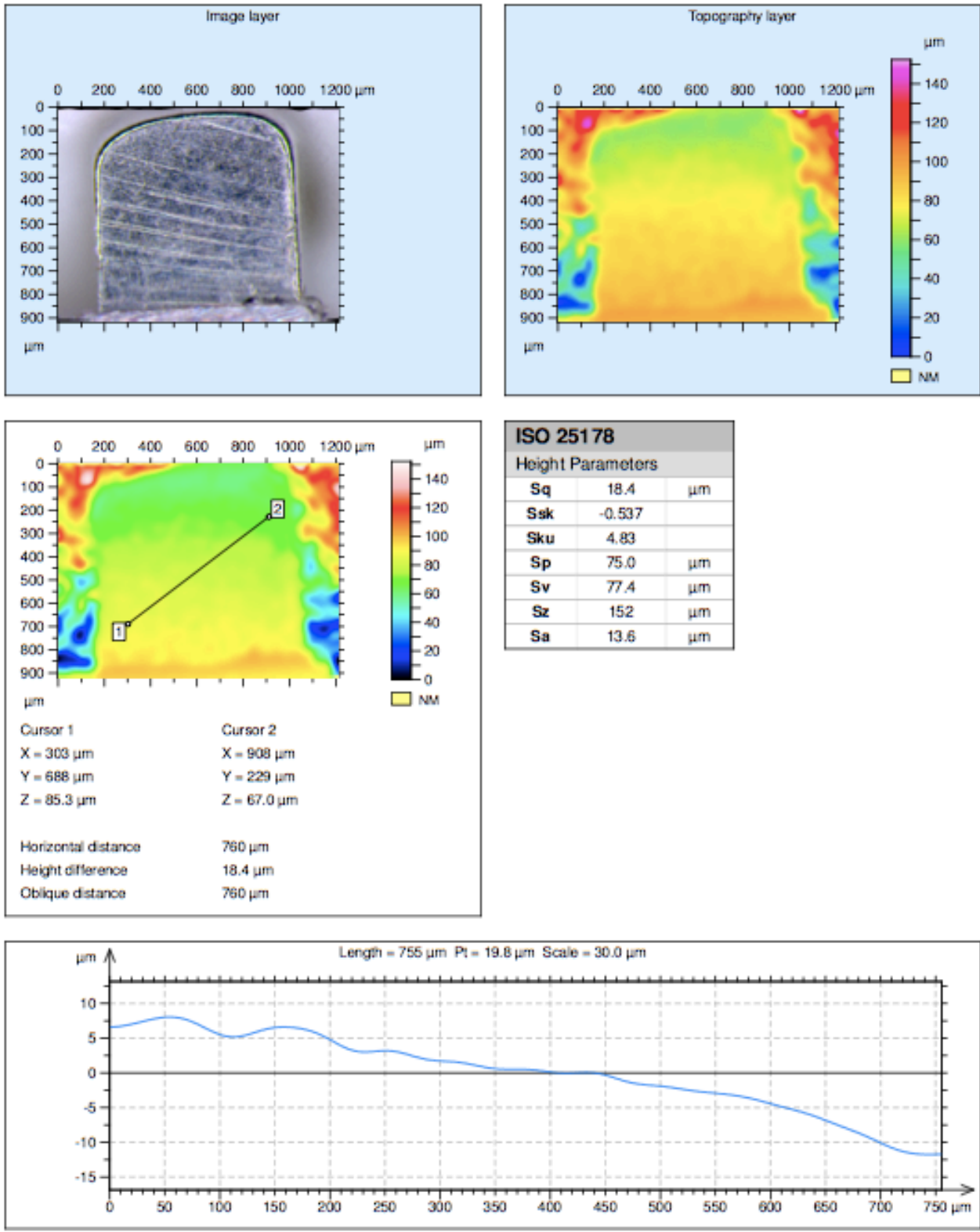


Aplicamos un filtro de sustracción corrigiendo los posibles errores causados por la colocación de la bracket sobre la base. **Fig.36**



# AMERICAN ORTHODONTIC

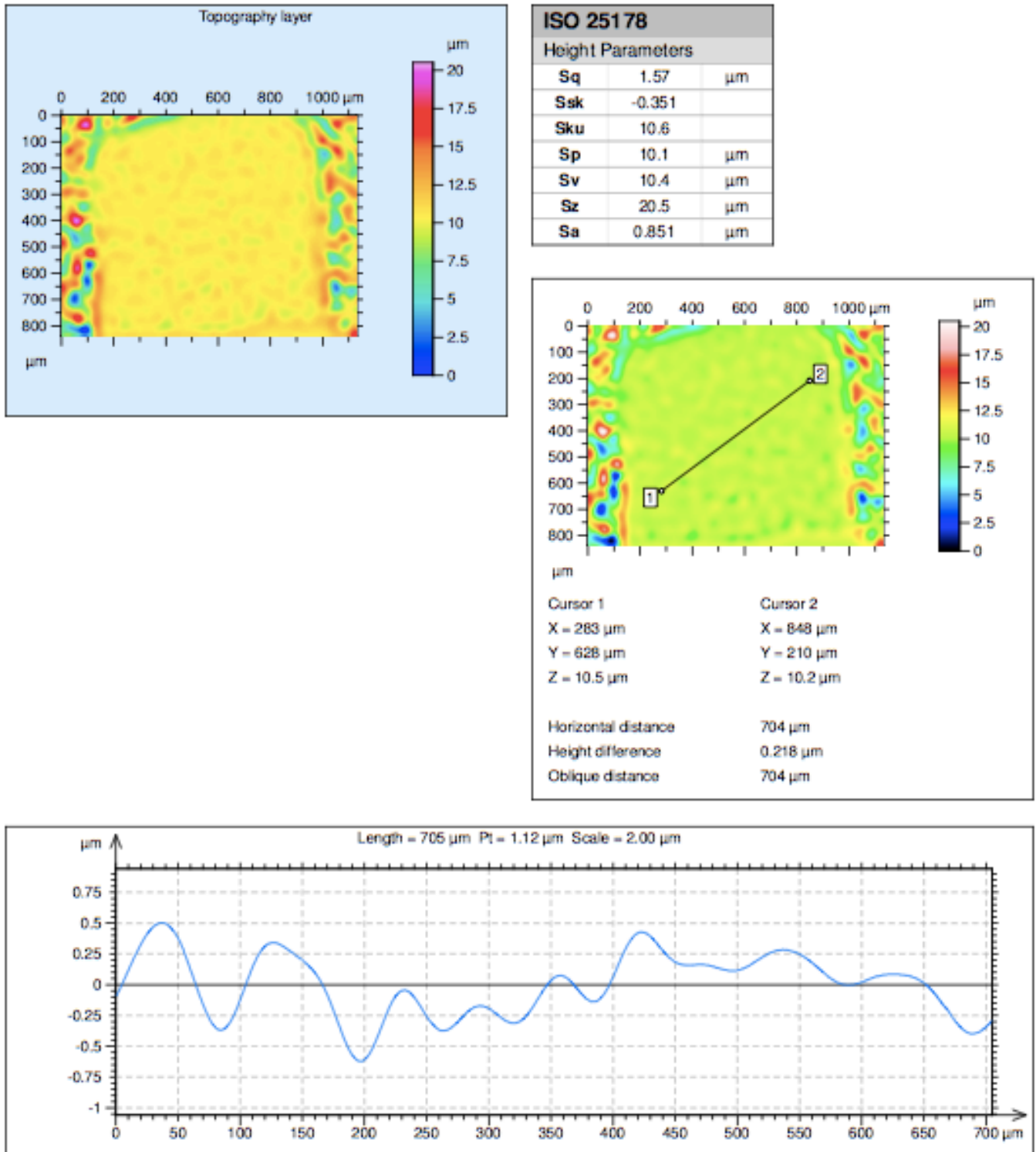
## RECTIFICACION DE LA IMAGEN POR ROTACION



Tras el filtro de sustracción, aplicamos a la bracket de AO otro de rotación, corrigiendo posibles inclinaciones no deseadas y de este modo pudiendo alterar los datos correctos. **Fig.37**

# AMERICAN ORTHODONTIC

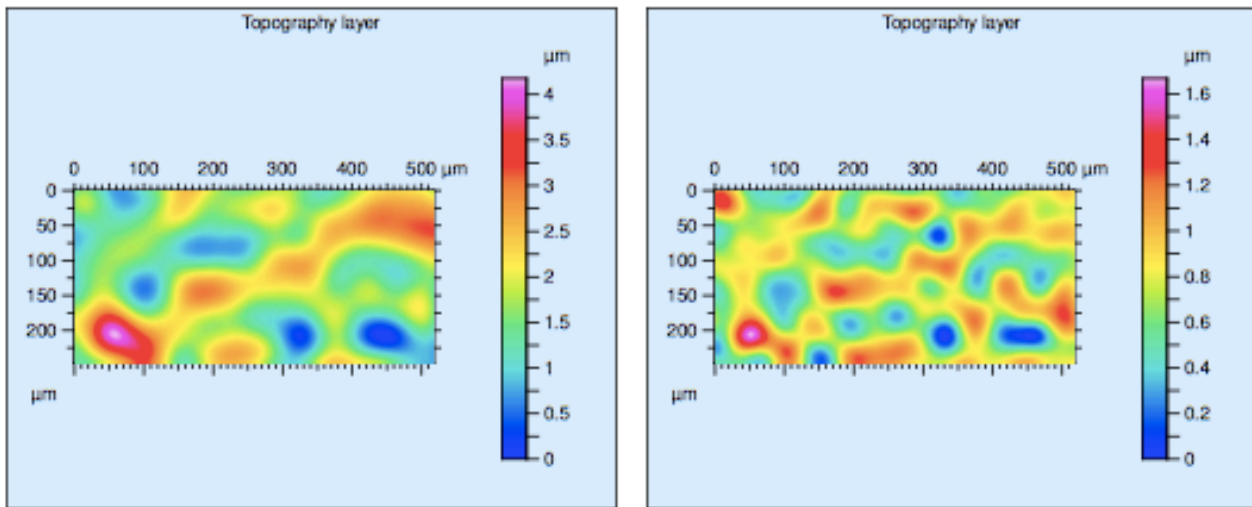
FILTRO DE ONDULACION Y RUGOSIDAD CUT OFF DE 0,08 mm. DATOS DE RUGOSIDAD



Tras aplicar el filtro de rotación y comprobar que los datos son más exactos, aplicamos un filtro de ondulación a la aleta de AO y así conseguir el análisis lo más paralelo al plano del suelo y sin distorsionar los datos resultantes. **Fig.38**

# AMERICAN ORTHODONTIC

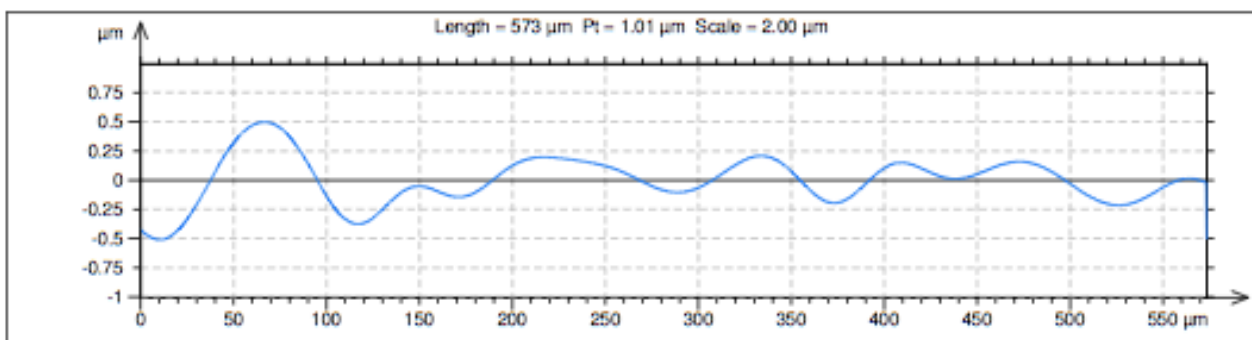
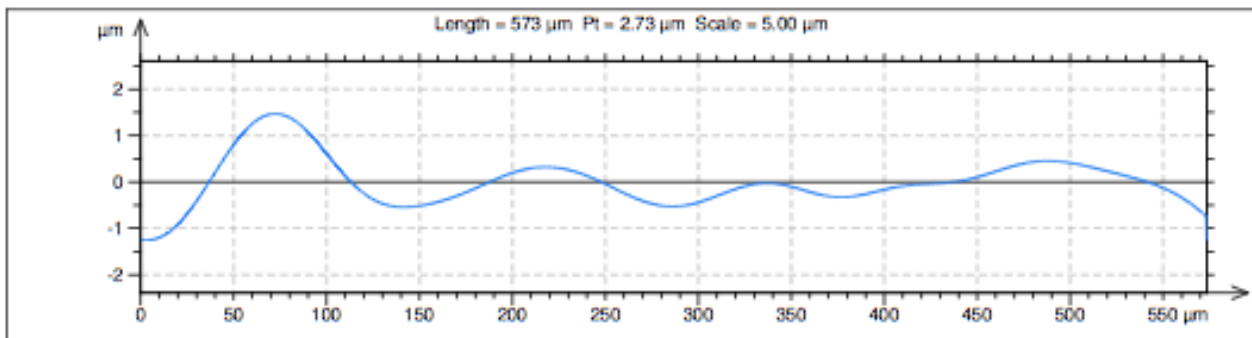
CUT-OFF de 0,08 mm



| ISO 25178         |       |    |
|-------------------|-------|----|
| Height Parameters |       |    |
| Sq                | 0.690 | μm |
| Ssk               | 0.446 |    |
| Sku               | 3.33  |    |
| Sp                | 2.40  | μm |
| Sv                | 1.78  | μm |
| Sz                | 4.18  | μm |
| Sa                | 0.537 | μm |

Perfil oblicuo de esquina inf. izq a esquina sup. drch.  
**Ondulacion**  
**Rugosidad**

| ISO 25178         |        |    |
|-------------------|--------|----|
| Height Parameters |        |    |
| Sq                | 0.253  | μm |
| Ssk               | 0.0213 |    |
| Sku               | 3.00   |    |
| Sp                | 0.918  | μm |
| Sv                | 0.751  | μm |
| Sz                | 1.67   | μm |
| Sa                | 0.202  | μm |



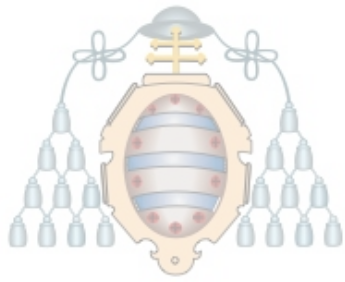
Tras aplicar la corrección por rotación y sustracción, aplicamos un cut-off de 0,08 mm, para poder analizar en secciones más pequeñas y así obtener mayor precisión de las rugosidades presentes en la aleta de AO. **Fig.39**

### 4.2.3 Método estadístico

Para poder realizar la comparativa y analizar que aletas presentan mayor rugosidad se ha realizado un análisis descriptivo de cada variable y un análisis bivalente, utilizando bien el test t de Student o el de Wilcoxon para la comparación de dos promedios.

Empleamos también el test de Kruskal-Wallis para la comparación de más de dos promedios, así como el test post Hoc de Tukey de comparaciones múltiples, para comprobar entre qué pares de marcas comerciales existen diferencias.

Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas que arrojaron p valores inferiores a 0,05. El análisis estadístico se efectuó mediante el programa R versión 2.15. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Disponible en <http://www.r-project.org/> (ISBN 3-900051-07-0)



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## **5.RESULTADOS**

---



## 5. Resultados

### 5.1 Análisis univariante

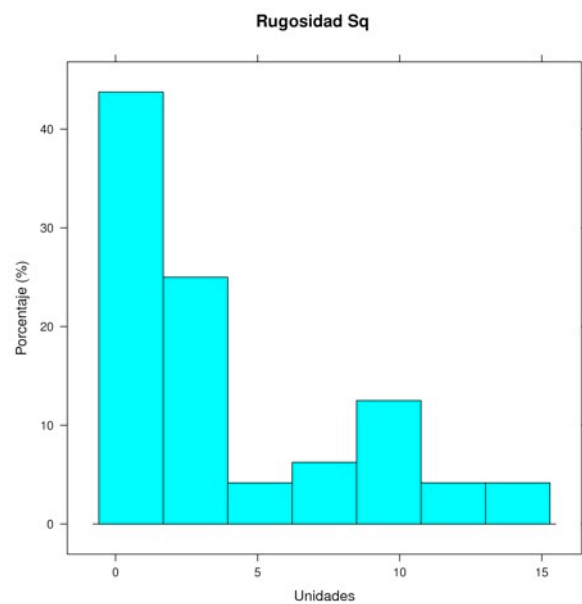
#### 5.1.1 Descripción de las variables. (Tabla I)

| Variable | Descripción  |
|----------|--------------|
| Marca    | Marca        |
| Muestra  | Muestra      |
| Aleta    | Aleta        |
| Pieza    | Pieza        |
| Sq       | Rugosidad Sq |

**Tabla. I**

#### 5.1.2 Rugosidad Sq

|             | Frec. | %     | Acum. % |
|-------------|-------|-------|---------|
| [0,1.47)    | 16    | 33.3  | 33.3    |
| [1.47,2.94) | 17    | 35.4  | 68.8    |
| [2.94,4.41) | 0     | 0.0   | 68.8    |
| [4.41,5.88) | 1     | 2.1   | 70.8    |
| [5.88,7.35) | 3     | 6.2   | 77.1    |
| [7.35,8.82) | 1     | 2.1   | 79.2    |
| [8.82,10.3) | 5     | 10.4  | 89.6    |
| [10.3,11.8) | 2     | 4.2   | 93.8    |
| [11.8,13.2) | 1     | 2.1   | 95.8    |
| [13.2,14.7] | 2     | 4.2   | 100.0   |
| Total       | 48    | 100.0 | 100.0   |



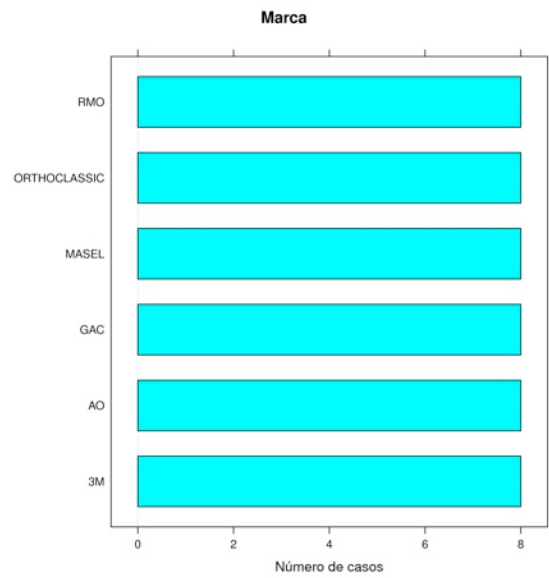
**Tabla.2**

**Gráfica. I**

Respecto a la variable *Rugosidad Sq*, se disponen de 48 casos válidos. Dado que sólo aparecen 46 casos distintos, esta variable se puede considerar como discreta. El valor medio se alcanza en 3.96 unidades, con una desviación típica de 4.15, mientras que la mediana disminuye hasta 1.85 unidades. **(tabla 2 y gráfica 1)**

|              | Frec. | %     | Acum. % |
|--------------|-------|-------|---------|
| 3M           | 8     | 16.7  | 16.7    |
| AO           | 8     | 16.7  | 33.3    |
| GAC          | 8     | 16.7  | 50.0    |
| MASEL        | 8     | 16.7  | 66.7    |
| ORTHOCLASSIC | 8     | 16.7  | 83.3    |
| RMO          | 8     | 16.7  | 100.0   |
| Total        | 48    | 100.0 | 100.0   |

**Tabla.3**



**Gráfica.2**

### 5.1.3 Marca

Respecto a la variable *Marca*, se disponen de 48 casos válidos. Los diferentes niveles no presentan un orden aparente, y ordenados de mayor a menor presencia, resulta la siguiente prelación: 3M (16.67%), AO (16.67%), GAC (16.67%), MASEL (16.67 %), ORTHOCLASSIC (16.67 %) y RMO (16.67 %). **(tabla.3, gráfica 2)**



#### 5.1.4 Muestra

Respecto a la variable *Muestra*, se disponen de

48 casos válidos. Los diferentes niveles no

presentan un orden aparente, y ordenados de mayor a menor presencia, resulta

la siguiente prelación: 1 (50 %) y 2 (50 %). **(tabla.4)**

|       | Frec. | %     | Acum. % |
|-------|-------|-------|---------|
| 1     | 24    | 50.0  | 50.0    |
| 2     | 24    | 50.0  | 100.0   |
| Total | 48    | 100.0 | 100.0   |

**Tabla.4**

#### 5.1.5 Aleta

Respecto a la variable *Aleta*, se disponen de 48

casos válidos. Los diferentes niveles no presentan

un orden aparente, y ordenados de mayor a menor

presencia, resulta la siguiente prelación: D (50%) y M (50%). **Tabla.5**

|       | Frec. | %     | Acum. % |
|-------|-------|-------|---------|
| D     | 24    | 50.0  | 50.0    |
| M     | 24    | 50.0  | 100.0   |
| Total | 48    | 100.0 | 100.0   |

**Tabla.5**

#### 5.1.6 Pieza

Respecto a la variable *Pieza*, se disponen de 48

casos válidos. Los diferentes niveles no pre-

sentan un orden aparente, y ordenados de mayor a menor

presencia, resulta la siguiente prelación: 11 (50%) y

13 (50%). **Tabla.5**

|       | Frec. | %     | Acum. % |
|-------|-------|-------|---------|
| 11    | 24    | 50.0  | 50.0    |
| 13    | 24    | 50.0  | 100.0   |
| Total | 48    | 100.0 | 100.0   |

**Tabla.6**

## 5.2 Análisis de diferencias entre Rugosidad Sq y Marca

### 5.2.1 Relación entre rugosidad Sq y marca

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Marca* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados. **(Tabla 7 y 8)**

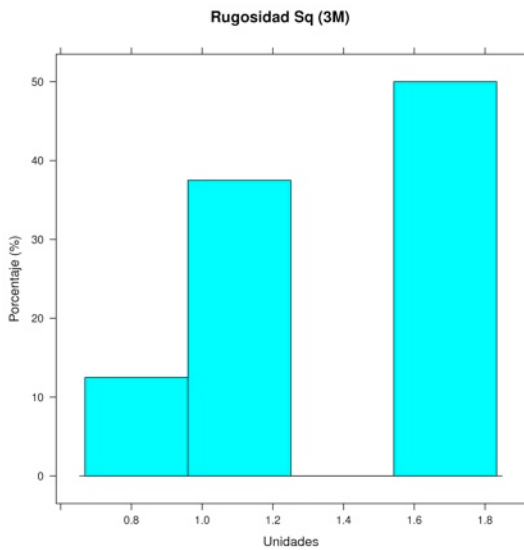
|              | n | Media | Mediana | D.t. |
|--------------|---|-------|---------|------|
| 3M           | 8 | 1.35  | 1.38    | 0.37 |
| AO           | 8 | 2.02  | 1.97    | 0.33 |
| GAC          | 8 | 1.17  | 1.04    | 0.63 |
| MASEL        | 8 | 9.62  | 9.70    | 2.48 |
| ORTHOCLASSIC | 8 | 8.53  | 8.54    | 4.15 |
| RMO          | 8 | 1.03  | 0.97    | 0.63 |

**Tabla.7**

|       | Frec. | %     | Acum. % |
|-------|-------|-------|---------|
| 0.712 | 1     | 12.5  | 12.5    |
| 1.11  | 1     | 12.5  | 25.0    |
| 1.12  | 1     | 12.5  | 37.5    |
| 1.19  | 1     | 12.5  | 50.0    |
| 1.58  | 1     | 12.5  | 62.5    |
| 1.62  | 1     | 12.5  | 75.0    |
| 1.67  | 1     | 12.5  | 87.5    |
| 1.79  | 1     | 12.5  | 100.0   |
| Total | 8     | 100.0 | 100.0   |

**Tabla.8**

**3M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq* (3M), se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.35 Unidades, con una desviación típica de 0.37, mientras que la mediana aumenta hasta 1.38 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.71 y el máximo asciende a 1.79. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.12 y 1.63, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.51 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.41 y el 25% de los valores más grandes se ubican en una distancia de 0.16 Unidades. No se detectan valores atípicos. **(tabla 9 y gráfica 3)**

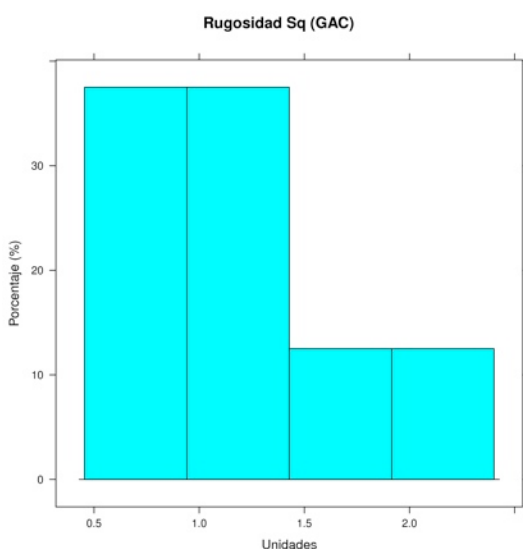


**Gráfica.3**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 1.57         | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 1.8          | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 1.92         | 2        | 25.0         | 50.0         |
| 2.03         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 2.07         | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 2.19         | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 2.7          | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla.9**

**GAC.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (GAC)*, se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.17 Unidades, con una desviación típica de 0.63, mientras que la mediana disminuye hasta 1.04 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.53 y el máximo asciende a 2.33. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 0.77 y 1.31, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.55 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.24 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 1.02 Unidades. No se detectan valores atípicos **(Gráfica 4 y Tabla 10)**

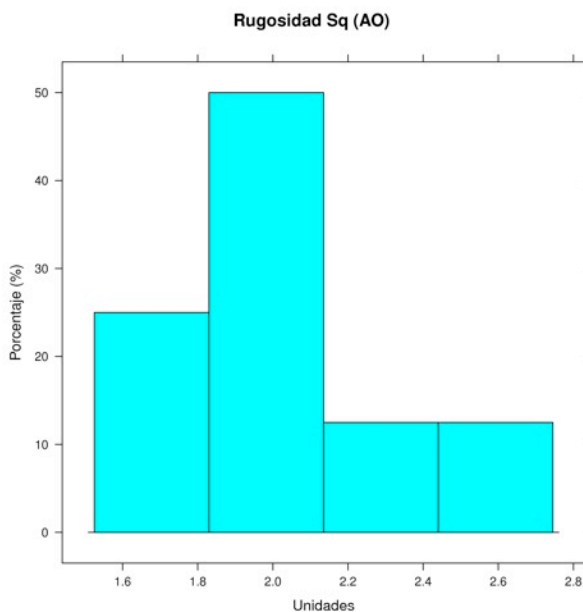


**Gráfica.4**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 0.527        | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 0.614        | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 0.819        | 1        | 12.5         | 37.5         |
| 0.987        | 1        | 12.5         | 50.0         |
| 1.09         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 1.12         | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 1.9          | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 2.33         | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla.10**

**AO.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (AO)*, se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 2.02 Unidades, con una desviación típica de 0.33, mientras que la mediana disminuye hasta 1.97 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.57 y el máximo asciende a 2.7. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.89 y 2.1, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.21 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.32 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.6 Unidades. La amplitud tan grande que se obtiene en el último cuartil se debe a que el valor máximo se puede considerar como un valor atípico. La presencia de estas observaciones atípicas no influye significativamente en los estadísticos calculados. **(gráfica 5 y Tabla I I)**



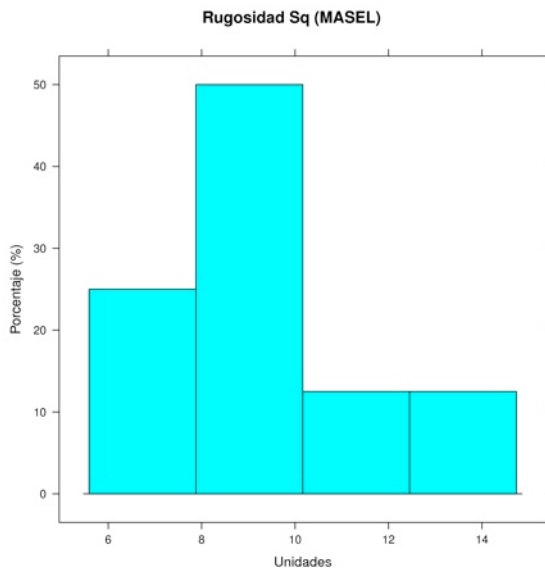
**Gráfica.5**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 1.57         | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 1.8          | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 1.92         | 2        | 25.0         | 50.0         |
| 2.03         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 2.07         | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 2.19         | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 2.7          | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla. I I**

**MASEL.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (MASEL)*, se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 9.62 Unidades, con una desviación típica de 2.48, mientras que la media- na aumenta hasta 9.7 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 5.93 y el máximo asciende a 14.4. El 50% de las observaciones centrales se encuentran entre 9.02 y 10.1, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 1.08 Unidades, si bien el 25 %

de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 3.09 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 4.3 Unidades. La amplitud tan grande que se obtiene en el último cuartil se debe a que el valor máximo se puede considerar como un valor atípico. La presencia de estas observaciones atípicas no influye significativamente en los estadísticos calculados. **(gráfica.6 y Tabla I2)**

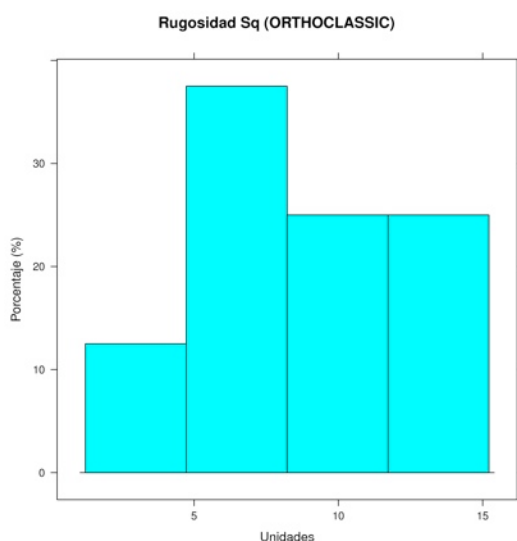


**Gráfica.6**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 5.93         | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 7.23         | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 9.61         | 1        | 12.5         | 37.5         |
| 9.7          | 1        | 12.5         | 50.0         |
| 9.71         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 10           | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 10.4         | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 14.4         | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla.I2**

**ORTHOCLASSIC.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (ORTHOCLASSIC)*, se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 8.53 Unidades, con una desviación típica de 4.15, mientras que la mediana aumenta hasta 8.54 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.75 y el máximo asciende a 14.7. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran



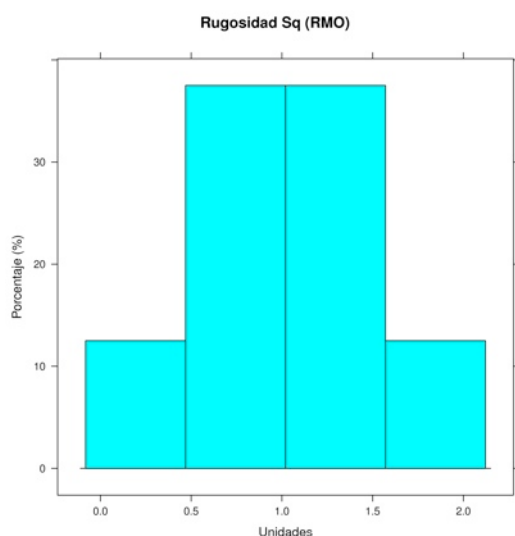
**Gráfica.7**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 1.75         | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 4.74         | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 6.87         | 1        | 12.5         | 37.5         |
| 8.17         | 1        | 12.5         | 50.0         |
| 8.91         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 10.9         | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 12.2         | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 14.7         | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla.I3**

entre 6.34 y 11.23, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 4.89 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 4.59 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 3.47 Unidades. No se detectan valores atípicos. **(gráfica 7 y tabla 13)**

**RMO.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (RMO)*, se disponen de 8 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.03 Unidades, con una desviación típica de 0.63, mientras que la mediana disminuye hasta 0.97 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0 y el máximo asciende a 2.04. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 0.68 y 1.45, estando estos da- tos agrupados en un intervalo de amplitud 0.78 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.68 y el 25 % de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.59 Unidades. No se detectan valores atípicos. **(gráfica 8 y tabla 14)**



**Gráfica.8**

|              | Frec.    | %            | Acum. %      |
|--------------|----------|--------------|--------------|
| 0            | 1        | 12.5         | 12.5         |
| 0.659        | 1        | 12.5         | 25.0         |
| 0.681        | 1        | 12.5         | 37.5         |
| 0.802        | 1        | 12.5         | 50.0         |
| 1.14         | 1        | 12.5         | 62.5         |
| 1.45         | 1        | 12.5         | 75.0         |
| 1.47         | 1        | 12.5         | 87.5         |
| 2.04         | 1        | 12.5         | 100.0        |
| <b>Total</b> | <b>8</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |

**Tabla.14**

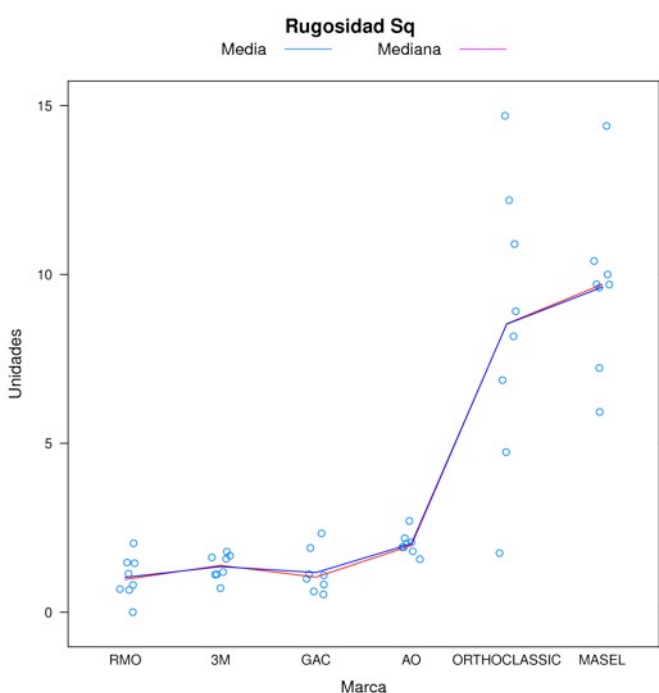
Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, 3M, p-valor=0.38, AO, p- valor=0.45, GAC, p-valor=0.17, MASEL, p- valor=0.26, ORTHOCLASSIC, p-valor=1 y RMO, p-valor=0.93) y que se rechaza la hipótesis de homogeneidad de varianzas (test de Bartlett, p- valor=0.000), se rechaza la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test de Kruskal-Wallis, p-valor=0.000).



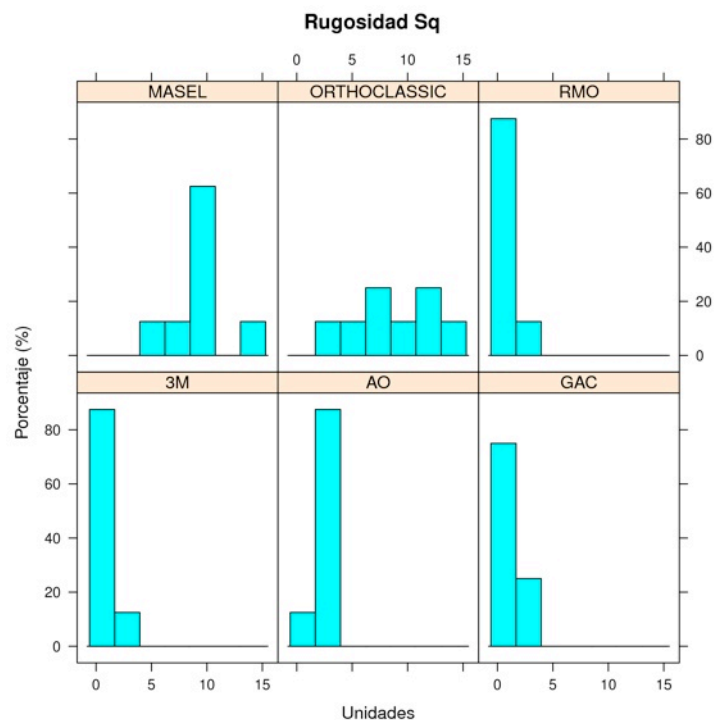
Teniendo en cuenta que los valores inferiores a  $p < 0,05$  indican que existen diferencias significativas y valores mayores de 0.05 la no existencia de diferencias significativas, podemos resumir los resultados diciendo que:

A continuación aplicamos el test de Tukey es un test post hoc de comparaciones múltiples muy utilizado y se realiza para, una vez confirmado el test de Kruskal-Wallis que existen diferencias entre las marcas comerciales y comprobar entre qué pares de marcas existen diferencias.

De este modo podemos afirmar que en ciertos pares de niveles se producen diferencias significativas entre sí. Si los ordenados por orden de significatividad, resulta la siguiente prelación: RMO y MASEL ( $p$ -valor=0.000), MASEL y GAC ( $p$ -valor=0.000), MASEL y 3M ( $p$ -valor=0.000), MASEL y AO ( $p$ -valor=0.000), RMO y ORTHO-CLASSIC ( $p$ -valor=0.000), ORTHOCLASSIC y GAC ( $p$ -valor=0.000), ORTHOCLASSIC y 3M ( $p$ -valor=0.000) y ORTHOCLASSIC y AO ( $p$ -valor=0.000), respectivamente. Por el contrario, no se producen diferencias entre los siguientes niveles: ORTHOCLASSIC y MASEL ( $p$ -valor=0.89), RMO y AO ( $p$ -valor=0.92), GAC y AO ( $p$ -valor=0.96), AO y 3M ( $p$ -valor=0.98), RMO y 3M ( $p$ -valor=0.99), GAC y 3M ( $p$ -valor=0.99) y RMO y GAC ( $p$ -valor=0.99), respectivamente. **(Gráfica 9 y 10)**



**Gráfica.9**



**Gráfica 10**

### 5.3 Análisis de diferencias entre Rugosidad Sq y marca (por casa comercial)

#### 5.3.1 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (3M)

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados. **(tabla 15)**

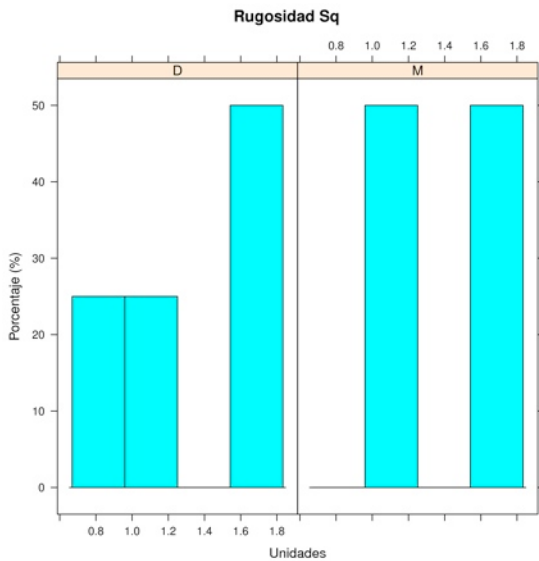
|   | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|---|----------|--------------|----------------|-------------|
| D | 4        | 1.27         | 1.35           | 0.44        |
| M | 4        | 1.43         | 1.40           | 0.33        |

**Tabla.15**

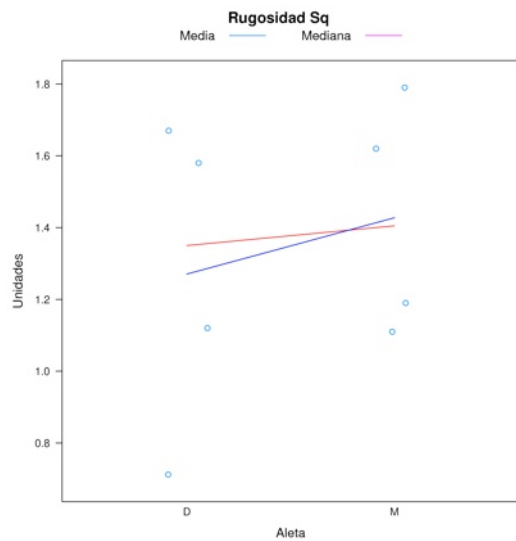
**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.27 Unidades, con una desviación típica de 0.44, mientras que la mediana aumenta hasta 1.35 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.71 y el máximo asciende a 1.67. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.02 y 1.6, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.58 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.31 y el 25% de los valores más grandes se ubican en una distancia de 0.07 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.43 Unidades, con una desviación típica de 0.33, mientras que la mediana disminuye hasta 1.4 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.11 y el máximo asciende a 1.79. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.17 y 1.66, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.49 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.06 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.13 Unidades. No se detectan valores atípicos.

Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, *D*, p-valor=0.51 y *M*, p-valor=0.39) y que no se rechaza la hipótesis de igualdad de las dos varianzas poblacionales (test F de varianzas, p-valor=0.64), no se rechaza la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test t de Student, p-valor=0.59), podemos valorar que los grupos no presentan diferencias significativas



**Gráfica I**



**Gráfica I2**

### 5.3.2. Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (AO)

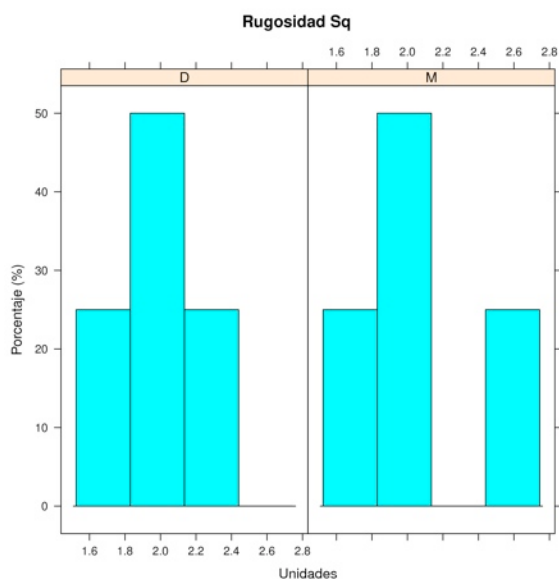
Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados. **(tabla I6)**

|   | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|---|----------|--------------|----------------|-------------|
| D | 4        | 1.94         | 1.99           | 0.27        |
| M | 4        | 2.11         | 1.97           | 0.40        |

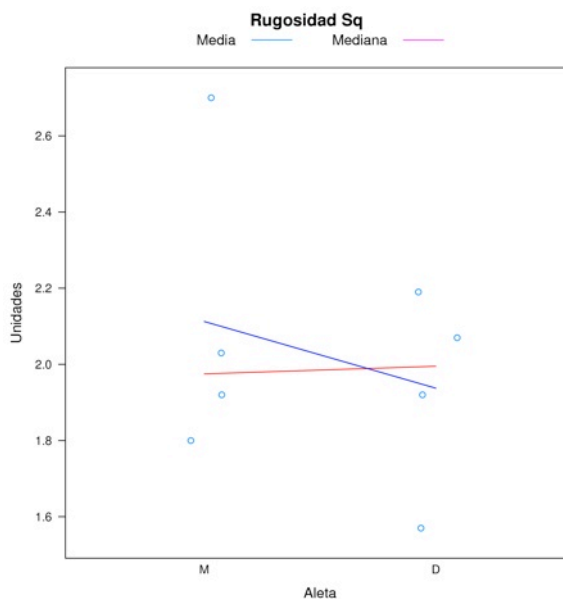
**Tabla. I6**

**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.94 Unidades, con una desviación típica de 0.27, mientras que la mediana aumenta hasta 1.99 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.57 y el máximo asciende a 2.19. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.83 y 2.1, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.27 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.26 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.09 Unidades. No se detectan valores atípico

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 2.11 Unidades, con una desviación típica de 0.4, mientras que la mediana disminuye hasta 1.97 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.8 y el máximo asciende a 2.7. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.89 y 2.2, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.31 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.09 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.5 Unidades. No se detectan valores atípicos.



**Gráfica 13**



**Gráfica 14**

Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, *D*, p-valor=0.65 y *M*, p-valor=0.18) y que no se rechaza la hipótesis de igualdad de las dos varianzas poblacionales (test F de varianzas, p-valor=0.52), no se rechaza

la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test t de Student, p-valor=0.5), podemos valorar que los grupos no presentan diferencias significativas

### 5.5.3 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (GAC)

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados. **(tabla 17)**

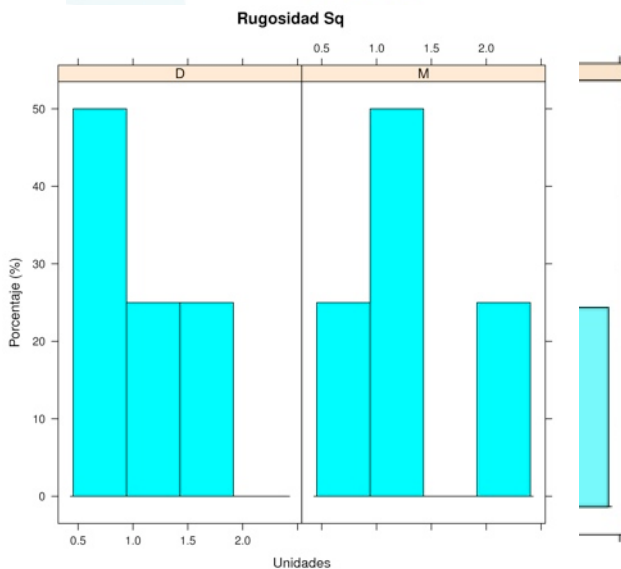
|          | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|----------|----------|--------------|----------------|-------------|
| <b>D</b> | 4        | 1.11         | 0.95           | 0.56        |
| <b>M</b> | 4        | 1.24         | 1.05           | 0.77        |

**Tabla.17**

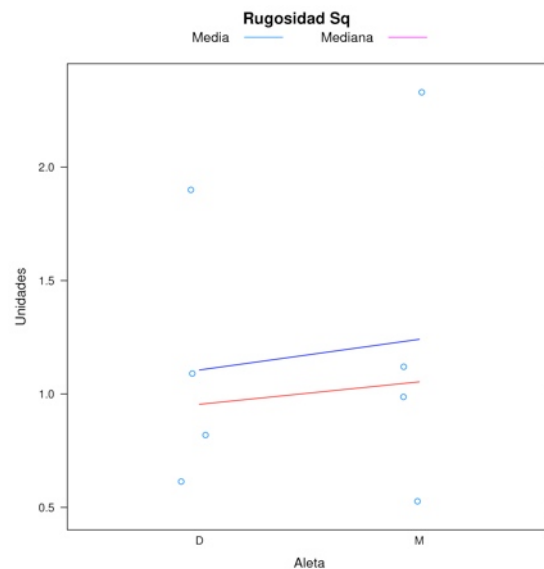
**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.11 Unidades, con una desviación típica de 0.56, mientras que la mediana disminuye hasta 0.95 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.61 y el máximo asciende a 1.9. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 0.77 y 1.29, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.52 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.15 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.61 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.24 Unidades, con una desviación típica de 0.77, mientras que la mediana disminuye hasta 1.05 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.53 y el máximo asciende a 2.33. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 0.87 y 1.42, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.55 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.34 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.91 Unidades. No se detectan valores atípicos.

Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, *D*, p-valor=0.45 y *M*, p-valor=0.41) y que no se rechaza la hipótesis de igualdad de as dos varianzas poblacionales (test F de varian- zas, p-valor=0.62), no se rechaza la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test t de Stu- dent, p-valor=0.79), podemos valorar que los grupos no presentan diferencias significativas.



**Gráfica 15**



**Gráfica 16**

#### 5.3.4 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (MASEL)

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los resumida los principales valores estudiados. distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma. **(tabla 18)**

|   | n | Media | Mediana | D.t. |
|---|---|-------|---------|------|
| D | 4 | 10.09 | 10.00   | 3.47 |
| M | 4 | 9.16  | 9.70    | 1.29 |

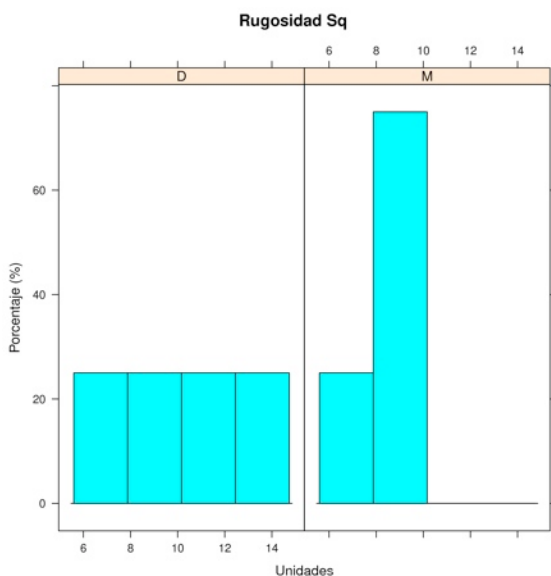
**Tabla.18**



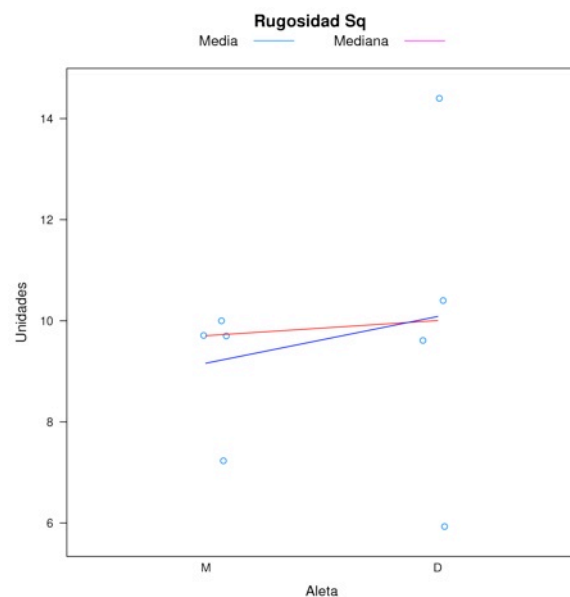
**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 10.09 Unidades, con una desviación típica de 3.47, mientras que la mediana disminuye hasta 10 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 5.93 y el máximo asciende a 14.4. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 8.69 y 11.4, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 2.71 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 2.76 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 3 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 9.16 Unidades, con una desviación típica de 1.29, mientras que la mediana aumenta hasta 9.7 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 7.23 y el máximo asciende a 10. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 9.08 y 9.78, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.7 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 1.85 y el 25% de los valores más grandes se ubican en una distancia de 0.22 Unidades. No se detectan valores atípicos.

No se rechaza la hipótesis de que las medias sean iguales (test de Wilcoxon, p-valor=0.89), por tanto no se detectan diferencias significativas entre los grupos considerados. **(gráfica 17y 18)**



**Gráfica 17**



**Gráfica 18**

### 5.3.5 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (ORTHOCLASSIC)

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados. **(tabla 19)**

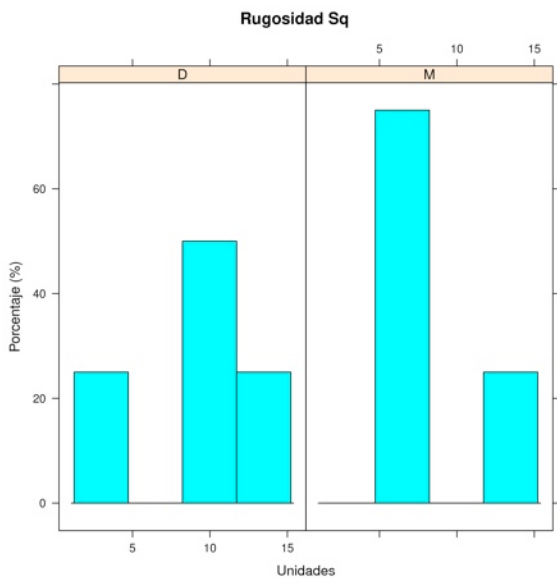
|          | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|----------|----------|--------------|----------------|-------------|
| <b>D</b> | 4        | 9.06         | 9.91           | 5.44        |
| <b>M</b> | 4        | 8.00         | 7.52           | 3.14        |

**Tabla.19**

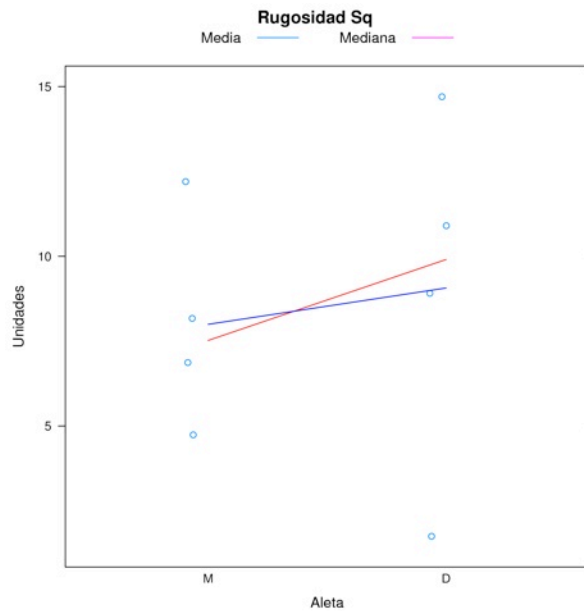
**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 9.06 Unidades, con una desviación típica de 5.44, mientras que la mediana aumenta hasta 9.91 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 1.75 y el máximo asciende a 14.7. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 7.12 y 11.85, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 4.73 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 5.37 y el 25% de los valores más grandes se ubican en una distancia de 2.85 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 8 Unidades, con una desviación típica de 3.14, mientras que la mediana disminuye hasta 7.52 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 4.74 y el máximo asciende a 12.2. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 6.34 y 9.18, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 2.84 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 1.6 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 3.02 Unidades. No se detectan valores atípicos.

Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, *D*, p-valor=0.79 y *M*, p-valor=0.81) y que no se rechaza la hipótesis de igualdad de las dos varianzas poblacionales (test F de varianzas, p-valor=0.39), no se rechaza la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test t de Student, p-valor=0.74), podemos afirmar que los grupos no presentan diferencias significativas. **(Gráficas 19 y 20)**



**Gráfica 19**



**Gráfica 20**

### 5.3.6 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta (RMO)

Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados.

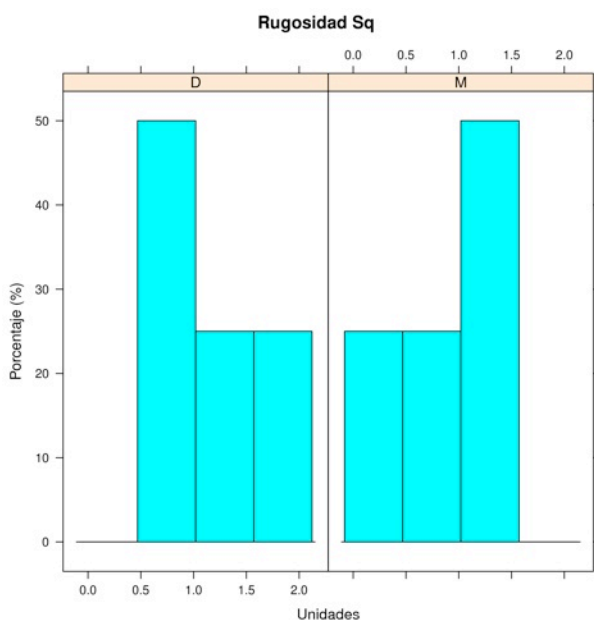
|          | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|----------|----------|--------------|----------------|-------------|
| <b>D</b> | 4        | 1.24         | 1.14           | 0.64        |
| <b>M</b> | 4        | 0.82         | 0.91           | 0.63        |

**Tabla.20**

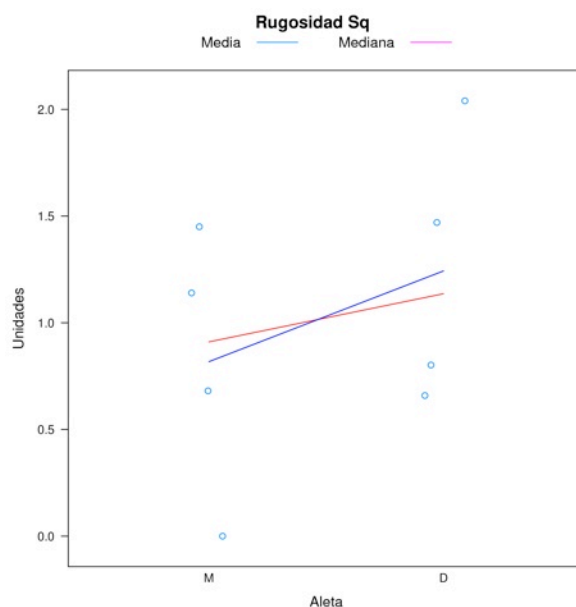
**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq* (*D*), se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 1.24 Unidades, con una desviación típica de 0.64, mientras que la mediana disminuye hasta 1.14 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.66 y el máximo asciende a 2.04. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 0.77 y 1.61, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.85 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.11 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.43 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 4 casos válidos. El valor medio se alcanza en 0.82 Unidades, con una desviación típica de 0.63, mientras que la mediana aumenta hasta 0.91 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0 y el máximo asciende a 1.45. El 50% de las observaciones centrales se encuentran entre 0.51 y 1.22, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 0.71 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.51 y el 25% de las valores más grandes se ubican en una distancia de 0.23 Unidades. No se detectan valores atípicos.

Dado que no se rechaza la hipótesis de normalidad en todas las modalidades (test de Shapiro-Wilk, *D*, p-valor=0.54 y *M*, p-valor=0.82) y que no se rechaza la hipótesis de igualdad de las dos varianzas poblacionales (test F de varianzas, p-valor=0.98), no se rechaza la hipótesis de igualdad de medias poblacionales (test t de Student, p-valor=0.38), por tanto podemos valorar que los grupos no presentan diferencias significativas entre si. **(gráfica 21 y 22)**



**Gráfica 21**



**Gráfica 22**

### 5.3 Análisis de diferencias entre Rugosidad Sq y Marca (global)

#### 5.3.1 Relación entre Rugosidad Sq y Aleta

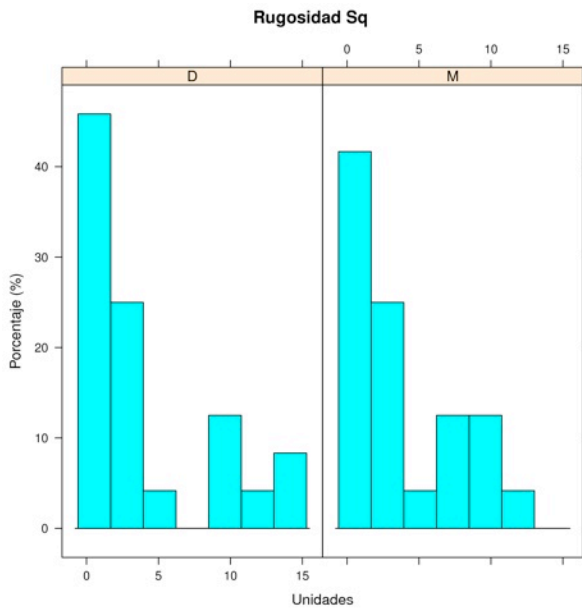
Con el fin de determinar si el comportamiento de la variable *Rugosidad Sq* difiere según los distintos niveles de la variable *Aleta* se han realizado diversos contrastes que a continuación detallamos. En la siguiente tabla aparecen de forma resumida los principales valores estudiados

|   | <b>n</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>D.t.</b> |
|---|----------|--------------|----------------|-------------|
| D | 24       | 4.12         | 1.82           | 4.61        |
| M | 24       | 3.79         | 1.86           | 3.73        |

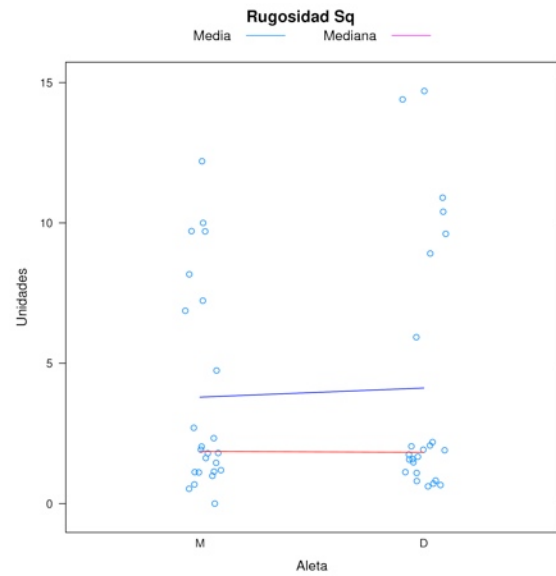
**Tabla.21**

**D.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (D)*, se disponen de 24 casos válidos. Dado que sólo aparecen 24 casos distintos, esta variable se puede considerar como discreta. El valor medio se alcanza en 4.12 Unidades, con una desviación típica de 4.61, mientras que la mediana disminuye hasta 1.82 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0.61 y el máximo asciende a 14.7. El 50% de las observaciones centrales se encuentran entre 1.11 y 6.67, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 5.56 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 0.5 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 8.02 Unidades. No se detectan valores atípicos.

**M.** Respecto a la variable *Rugosidad Sq (M)*, se disponen de 24 casos válidos. Dado que sólo aparecen 24 casos distintos, esta variable se puede considerar como discreta. El valor medio se alcanza en 3.79 Unidades, con una desviación típica de 3.73, mientras que la mediana disminuye hasta 1.86 Unidades. El valor mínimo se alcanza en 0 y el máximo asciende a 12.2. El 50 % de las observaciones centrales se encuentran entre 1.14 y 6.96, estando estos datos agrupados en un intervalo de amplitud 5.83 Unidades, si bien el 25 % de los datos inferiores se encuentran en una amplitud de 1.14 y el 25 % de los valores más grandes se ubican en una distancia de 5.24 Unidades. No se detectan valores atípicos.



**Gráfica23**



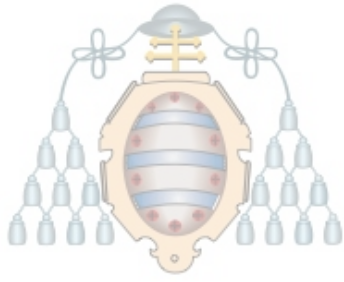
**Gráfica 24**

No se rechaza la hipótesis de que las medias sean iguales (test de Wilcoxon, p-valor=0.99), por tanto no se detectan diferencias significativas entre los grupos considerados. **(gráfica 25)**

|              | <b>Frec.</b> | <b>%</b>     | <b>Acum. %</b> |
|--------------|--------------|--------------|----------------|
| [0,1.22)     | 8            | 33.3         | 33.3           |
| [1.22,2.44)  | 7            | 29.2         | 62.5           |
| [2.44,3.66)  | 1            | 4.2          | 66.7           |
| [3.66,4.88)  | 1            | 4.2          | 70.8           |
| [4.88,6.1)   | 0            | 0.0          | 70.8           |
| [6.1,7.32)   | 2            | 8.3          | 79.2           |
| [7.32,8.54)  | 1            | 4.2          | 83.3           |
| [8.54,9.76)  | 2            | 8.3          | 91.7           |
| [9.76,11)    | 1            | 4.2          | 95.8           |
| [11,12.2]    | 1            | 4.2          | 100.0          |
| <b>Total</b> | <b>24</b>    | <b>100.0</b> | <b>100.0</b>   |

**Gráfica 25**





UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## 6.DISCUSIÓN

---



## 6. Discusión

En ortodoncia, la fricción depende principalmente de la geometría de la ranura y del contacto alambre-bracket, además de las condiciones de la fuerza normal y los materiales de contacto (12). Debemos considerar que analizar las brackets, y en este caso las superficies que componen la bracket debería ser uno de nuestros grandes objetivos, ya que los arcos se van cambiando a lo largo del tratamiento.

Dependiendo del caso nos decantamos por unos arcos u otros de un material u otro, pero en cambio la bracket, permanece durante la mayor parte del tiempo de tratamiento (16)

Actualmente la mayoría de los estudios publicados, ( 12-15, 17-22) analizan la fricción que se produce en el slot de la bracket o en los arcos ortodóncicos, pero hasta donde nosotros conocemos, no se han realizado estudios que analicen las superficies de las aletas de las brackets.

Las aletas son una de las zonas de mayor superficie de contacto entre el arco y la bracket. Por ello consideramos importante estudiar esta superficie a la hora de comprender y explicar la fricción existente en los tratamientos ortodóncicos. Quizá, uno de los motivos por lo que no se registran estudios de las superficies de las aletas es debido a su difícil acceso. Nosotros lo hemos realizado mediante una cortadora de precisión con disco de diamante y fijación con pinzas de precisión. Kusy y cols., en su artículo: Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy, (8) analizan los arcos de ortodoncia describiendo diferencias importantes en los índices de rugosidad. Al igual que en nuestro trabajo, también encontraron diferencias significativas entre los distintos fabricantes. El proceso de fabricación de las brackets, puede ser determinante para establecer su estructura superficial a pesar que las composiciones químicas en las brackets son prácticamente las mismas.

Las imágenes tridimensionales **(Fig.3,9,15,21,27,33)** reflejan las diferencias entre las distintas superficies incluso siendo el proceso de fabricación de las brackets el mismo, inyección del metal (metal Injected Model, MIM)

En la literatura, se han analizado las superficies del slot del bracket, incluso de los arcos ortodóncicos con diferentes técnicas: microscopio de fuerzas atómicas (23),

espectroscopía láser (8) microscopía electrónica o confocal (13,22,24). Hasta donde nosotros conocemos no aparece ningún estudio que haya realizado el análisis de las aletas de las brackets. Tampoco hemos encontrado ningún trabajo que utilice la estereomicroscopía)

Esta técnica nos ha permitido analizar las superficies de un modo tridimensional, además de corregir los posibles errores en el momento de la captura de la imagen, hecho que no suele mencionarse en los estudios revisados (8,13,23-25). En el momento de interpretar los valores de rugosidad, debemos tener en cuenta también la imagen estructural de la muestra. El valor de la rugosidad es el resultado de dos componentes: por un lado la propia estructura atómica y por otro la resultante del proceso de fabricación de la muestra. Para Fries et al, (26) la topografía de los arcos depende del grado de rugosidad de las superficies, de la geometría de las rugosidades y de la orientación de éstas rugosidades. Por esto consideramos de gran importancia analizar estas superficies. En nuestras muestras apreciamos, tal y como señala Fries, estas tres características para obtener el valor de la rugosidad. En nuestro estudio, gracias a la escala con pseudocolores, podemos mostrar de un modo visual las diferentes profundidades dentro de la muestra original. En la escala varían los colores desde un azul intenso, donde este representa zonas de menos rugosidad, o donde se refleja una mayor concavidad dentro de la aleta, ascendiendo hasta un color rosa, llegando incluso al blanco, que significará el punto más alto detectado en la aleta **(Fig. 5,11,17,23,29,35)** Todo ello está representado en micras. En las brackets analizadas, podemos observar mediante una representación lineal las rugosidades en el plano de la aleta. **(Fig.8,14,20,26,32,38)**

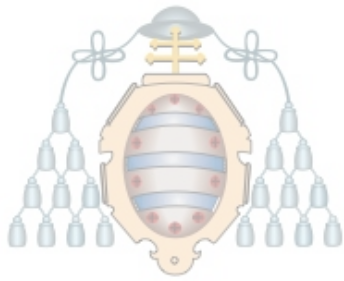
El hecho de que se aprecien grandes diferencias en la escala de colores, representa diferencias en las profundidades y por lo tanto, diferencias en los valores de la rugosidad de superficie. El cálculo de las rugosidades de las superficie ayuda a comprender la fricción que aparecerá en el sistema de fuerzas utilizado. Cash et al. (27) consideran que el conocimiento del grado de fricción presente en el material ortodóncico es de suma importancia, ya que este puede bloquear el movimiento de los dientes y causar daños a la superficie del aparato ortodóncico. Cuando interpretamos los valores de

rugosidad, debemos tener en cuenta la imagen estructural de las muestras. La rugosidad es el resultado de dos componentes distintos, la estructura atómica y el resultado de fabricación de la propia muestra. Estamos tratando con superficies aparentemente suaves, pero al estudiarlas macroestructuralmente aparecen grandes poros o incluso microrrugosidades que pueden registrar mayores valores de fricción. La topografía dependerá no sólo de las rugosidades sino también de la geometría y orientación de las mismas. Grandes variaciones en los valores de rugosidad pueden poner de manifiesto diferencias de comportamiento en el análisis de las superficies. (26).

En nuestro estudio encontramos que las aletas de las brackets de un mismo fabricante presentan un proceso de acabado similar, mientras que entre las distintas casas comerciales se aprecian diferencia significativas.

En nuestro estudio encontramos que las aletas de las brackets de un mismo fabricante presentan un proceso de acabado similar, mientras que entre las distintas marcas comerciales se aprecian diferencias significativas: 3M, GAC, RMO y AO, presentan resultados más similares, siendo RMO la que presenta menor rugosidad y AO la de mayor rugosidad. Comparando estas cuatro con MASEL Y ORTHOCLASSIC, podemos observar como en estas dos últimas, aumenta en gran medida la rugosidad. **(Gráfica 9)**

A la vista de los resultados de nuestro estudio, teniendo en cuenta que el sistema de procesado es igual en todos los brackets, metal inyectado (metal injected mold, [MIM]) podemos determinar que el acabado y pulido de superficies de las aletas de las brackets, se encuentran directamente relacionado con el coste y tipo de fabricación de éstos.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## **7.CONCLUSIONES**

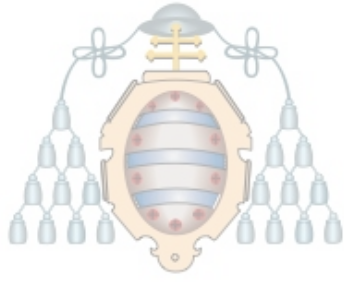
---



## **7. Conclusiones**

La superficie de contacto slot-arco comprende además del fondo del slot la zona de apoyo de las aletas de las brackets. Todo ello constituye el área real de contacto. A la vista de los resultados de este trabajo pensamos que este parámetro debería tenerse en cuenta en los estudios de fricción, siendo necesario cuantificar en los mismos el sumatorio de las rugosidades presentes entre el slot y las aletas. Comparando brackets de diferentes casas comerciales que han sido fabricadas con el mismo sistema de procesado, hemos encontrado diferencias significativas entre las rugosidades de las superficies de sus aletas. Todo ello necesariamente, tiene que producir variaciones en la fricción. A igual método de fabricación las diferencias pueden aparecer por variaciones en los materiales de construcción o durante el procesado del producto. Existe una relación entre rugosidad y rangos de precios entre las brackets de las distintas marcas comerciales. Quizá el procesado final o sistema de pulido de las superficies puede tener especial importancia.





UNIVERSIDAD DE OVIEDO

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---



## 8. Bibliografía

- 1- Drescher D, Bouraruel C, Schumacher HA. Frictional forces between bracket and archwire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96(5):397-404.
- 2- Michelberger DJ, Eadie RL, Faulkner MG, et al. The friction wear patterns of orthodontic brackets and archwires in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118(6):662-74.
- 3- Harrel WE Jr, Stanford S, Bralower. P. ADA initiates development of orthodontic informatics standards. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(2):153-6.
- 4- Verstryngge A, Van Humbeeck J, Willems G. In-vitro evaluation of the material characteristics of stainless steel and beta-titanium orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130(4):460-70.
- 5- Krishnan V, Kumar KJ. Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. *Angle Orthod* 2004;74(6):825-31.
- 6- Kusy RP, Whitley JQ. Friction between different wire- bracket configurations and materials. *Semin Orthod* 1997;3(3):166-77.
- 7- Wichelhaus A, Geserick M, Hibst R, et al. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. *Dent Mater* 2005;21(10):938-45.
- 8- Kusy RP, Whitley JQ, Mayhew MJ, et al. Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. *Angle Orthod* 1988;58(1):33-45.
- 9- Tselepis M, Brockhurst P, West VC. Frictional resistance between brackets and archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106(2):131-8.

- 10- Bazakidou E, Nanda RS, Duncanson MG Jr, et al. Valuation of frictional resistance in esthetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(2):138-44.
- 11- D'Anto V, Rongo R, Amertrano G, et al. Evaluation surface roughness of orthodontic wires by means of atomic force microscopy. *Angle Orthod* 2012;82(5): 922-8.
- 12- Peterson L, Spencer R, Andreasen G. A comparison of friction resistance for nitinol and stainless steel wire in edgewise brackets. *Quintessence Int Dent Dig* 1982;13(5):563-71.
- 13- Kusy, RP; O'Grady P.W. Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment: part II - the active configuration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118(6): 675-84.
- 14- Budd S, Daskalogiannakis J, Tompson BD. A study of the frictional characteristics of four commercially available self-ligating brackets systems. *Eur J Orthod* 2008;30(6):654-53.
- 15- Miles PG, Weyant RJ., Rustveld L. A clinical trial of Damon2 vs conventional twin brackets during initial alignment. *Angle Orthod* 2006;76(3):480-5.
- 16- Kusy RP, Whitley JQ, Prewitt MJ. Comparison of the frictional coefficient for selected archwire-bracket slot combinations in the dry and wet states. *Angle Orthod* 1991;61(4): 293-302.
- 17- Tecco S, Di Iorio D, Nucera R, et al. Evaluation of the friction of Self- Ligating and Conventional Bracket Systems. *Eur J Orthod* 2011;33(3):310-7.
- 18- D'Antò a V, Rongo R, Ametrano G, et al. Evaluation of surface roughness of orthodontic wires by means of atomic force microscopy. *Angle Orthod* 2012;82(5):922-8.
- 19- Nishio C, da Motta AF, Elias CN, et al. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(1):56-64.

- 20- Tecco S, Di Liorio D, Nucera R, et al. Evaluation of the friction of Self-Ligating and Conventional Bracket Systems. *Eur J Dent* 2011;5(3):310-7
- 21- Kapur R, Kwon HK, Close JM. Frictional resistances of different bracket-wire combinations. *Aust Orthod J* 2004;20(1):25-30.
- 22- Doshi UH, Bhad-Patil WA. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(1):74-9.
- 23- Bourauel C, Fries T, Drescher D, et al. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance and profilometry. *Eur J Orthod* 1998;20(1):79-92.
- 24- Wichelhaus A, Geserick M, Hibst R, et al. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. *Dent Mater* 2005;21(10):938-45.
- 25- Hunt NP, Cunningham SJ, Golden CG, et al. An investigation into the effects of polishing on surface hardness and corrosion of orthodontic archwires. *Angle Orthod* 1999;69(5):433-40.
- 26- Fries T, Bourauel C, Drescher D, et al. Surface structure and roughness of nickel-titanium wires. *Fresen J Anal Chem* 1995;353(3-4):427-32.
- 27- Cash A, Curtis R, Garrigia-Majo D, et al. A comparative study of the static and kinetic frictional resistance of titanium molybdenum alloy archwires in stainless steel brackets. *Eur J Orthod* 2004;26(1):105-11.