



**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE MEDICINA**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ODONTOLOGÍA

TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN DE LOS REMANENTES DE CEMENTO TRAS EL
DESCEMENTADO DE BRACKETS LINGUALES CUSTOMIZADOS Y EL
POSTERIOR PULIDO CON DIFERENTES TIPOS DE FRESAS Y
SISTEMAS ROTATORIOS: UN ESTUDIO IN VITRO**

Autora

D^a. Alba Belanche Monterde

Directores

Dr. D. Alberto Francisco Albaladejo Martínez

Dr. D. Álvaro Zubizarreta Macho

Dr. D. Adrián Curto

AGRADECIMIENTOS

A los Profesores Alberto Francisco Albaladejo Martínez, Álvaro Zubizarreta Macho y Adrián Curto Aguilera por todas sus enseñanzas, apoyo y ayuda hasta la presentación de esta tesis doctoral.

A todos los miembros de la Universidad de Salamanca que han participado en este proyecto, en especial a los profesores del Master Clínico de Ortodoncia.

A mi familia, por hacer posible que cumpla mis sueños y formarme tanto personal como profesionalmente.

D. Javier Montero, Director del Departamento de Cirugía y Odontoestomatología de la Universidad de Salamanca

CERTIFICA:

Que el Trabajo Doctoral titulado "EVALUACIÓN DE LOS REMANENTES DE CEMENTO TRAS EL DESEMENTADO DE BRACKETS LINGUALES CUSTOMIZADOS Y EL POSTERIOR PULIDO CON DIFERENTES TIPOS DE FRESAS Y SISTEMAS ROTATORIOS: UN ESTUDIO IN VITRO" de la que es autora D^a Alba Belanche Monterde reúne los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador para optar al **Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca**

Y para que así conste a los efectos oportunos, firman el presente Certificado en Salamanca a 11 de Julio. dos mil veintitrés.

Fdo.: Prof. Javier Montero

INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS DOCTORAL

Dr. D. Alberto Albaladejo Martínez, Doctor en Odontología. Catedrático de Ortodoncia de la Universidad de Salamanca.

Dr. D. Álvaro Zubizarreta Macho, Doctor en Odontología. Profesor Asociado al Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Salamanca.

Dr. D. Adrián Curto Aguilera, Doctor en Odontología. Profesor Contratado Doctor de Ortodoncia de la Universidad de Salamanca.

Hacen constar que el trabajo de investigación realizado por la D^a Alba Belanche Monterde, que lleva por título “EVALUACIÓN DE LOS REMANENTES DE CEMENTO TRAS EL DESCEMENTADO DE BRACKETS LINGUALES CUSTOMIZADOS Y EL POSTERIOR PULIDO CON DIFERENTES TIPOS DE FRESASY SISTEMAS ROTATORIOS: UN ESTUDIO IN VITRO”, ha sido realizado bajo su dirección, siguiendo una rigurosa metodología, presentando unos resultados de interés y unas conclusiones derivadas de los anteriores, que hacen que dicho trabajo de investigación pueda ser defendido para optar al Grado de Odontología.

Salamanca, a 3 Julio de 2023.

Fdo.: Dr. D. Alberto Albaladejo Martínez

ALBALADEJO
MARTINEZ
ALBERTO
FRANCISCO -
74677002G

Firmado digitalmente
por ALBALADEJO
MARTINEZ ALBERTO
FRANCISCO - 74677002G
Fecha: 2023.07.19
15:15:59 +02'00'

Fdo.: Dr. D. Álvaro Zubizarreta Macho



Fdo.: Dr. D. Adrián Curto

CURTO
AGUILERA
ADRIAN -
70937983A

Firmado
digitalmente por
CURTO AGUILERA
ADRIAN -
70937983A
Fecha: 2023.07.07
17:13:24 +02'00'

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	12
<i>ANTECEDENTES</i>	13
<i>CARACTERÍSTICAS DE LA ORTODONCIA LINGUAL</i>	16
<i>METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE LOS REMANENTES DE CEMENTO TRAS EL DESCEMENTADO DE BRACKETS Y EL DAÑO PRODUCIDO EN EL ESMALTE TRAS EL PULIDO DE LA SUPERFICIE</i>	31
JUSTIFICACIÓN.....	35
OBJETIVOS	37
<i>PRINCIPAL</i>	38
<i>SECUNDARIOS</i>	38
MATERIAL Y MÉTODOS	40
<i>DISEÑO DEL ESTUDIO</i>	41
<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</i>	51
RESULTADOS	54
<i>ANÁLISIS DESCRIPTIVO</i>	55
<i>ANÁLISIS COMPARATIVO</i>	64
DISCUSIÓN	155
CONCLUSIONES	178
BIBLIOGRAFÍA.....	181
ANEXOS	200

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La ortodoncia lingual es un tipo de aparatología ortodóncica en la cual los aditamentos son colocados en la zona lingual o palatina de los dientes superiores y/o inferiores. Actualmente y de forma común la ortodoncia lingual es referida a aparatologías multibrackets cuyos brackets son adheridos en la superficie lingual del esmalte (1).

En 1726 Fauchard P. fue el primer autor que diseñó aparatología que podía colocarse en la zona lingual. Este autor presentó un aparato llamado “*bandalette*” que podía adherirse tanto en vestibular como en lingual de las superficies dentales . Más tarde, en 1841, Lefoulon PJ. diseñó el primer arco lingual cuyo objetivo era principalmente realizar movimientos de expansión. Posteriormente un mayor número de doctores comenzaron a colocar aditamentos en la zona interna de la cavidad oral con diferentes objetivos terapéuticos (2). Sin embargo, la aparatología multibrackets lingual fue diseñada durante la década de 1970 y fue popularizada inicialmente en Asia y América (3). Los brackets linguales permiten realizar movimientos dentales tridimensionales mediante la aplicación de fuerzas ortodóncicas en la cara lingual. Esta técnica de ortodoncia tiene algunas consideraciones especiales que la hacen diferir de la técnica multibrackets vestibular (1,3).

En 1975, el estadounidense Kurz C utilizó por primera vez brackets vestibulares estéticos fabricados en plástico en la cara lingual. Su objetivo fue tratar a una actriz con apiñamiento con alta demanda estética. Sin embargo, estos brackets mostraron problemas de adhesión y poca comodidad (3,4). Los brackets linguales se han ido desarrollando y mejorando progresivamente. En 1978 Kurz C. colaboró con la

empresa de material ortodóntico ORMCO para diseñar en conjunto un arco de canto lingual. Esta empresa financió el estudio y el diseño de la técnica de brackets linguales y la divulgó por Europa, inicialmente en Ginebra (Alemania). En este proyecto participaron diversos ortodoncistas como Cortney Gorman J., Smith B, Alexander RG., Hilgers JJ. y Kurz C. (4). Al mismo tiempo, durante la década de los 70 otro autor presentó y diseñó un bracket adherido en la superficie lingual y, además, un arco específico para esta técnica de ortodoncia. Este autor fue Fujita K. y manufacturó su primer diseño de bracket lingual en el año 1975.

En 1979 Fujita K. publicó un artículo mostrando a la comunidad científica diversos casos clínicos tratados con su diseño de brackets linguales y arcos, obteniendo resultados ortodónticos satisfactorios. Este autor recomendó su bracket para pacientes con alta demanda estética y que practicaran deportes de contacto. El bracket diseñado por Fujita K. tiene un slot con diferentes inserciones. En la arcada superior la inserción es vertical y en inferior es horizontal buscando permitir una inserción y ligado del arco más rápida y simple. Los arcos utilizados en la técnica lingual de Fujita K. y que siguen siendo utilizados por algunos clínicos actualmente y son denominados arcos con “forma de seta”. Su denominación proviene de las dobleces que se presenta este arco simulando la forma de un hongo. El objetivo de estas dobleces es adaptarlo a la arcada dental en visión lingual (1). En 1982 el doctor Kelly V. colaboró con la empresa Unitek para diseñar otro bracket lingual y lo presentó en más de 50 casos tratados. Este autor consideraba el arco en “forma de seta” como el ideal para ortodoncia lingual y para su conformación utilizaba una plantilla (5).

Al mismo tiempo, el autor Paige S. publicó otra técnica de ortodoncia lingual que utilizaba brackets de la Técnica de Begg pero modificada. Sin embargo, esta técnica ha tenido poca popularidad. El laboratorio Forestadent presentó una técnica desarrollada a partir de la de Begg con un sistema de cierre que mantiene el arco dentro del slot. A partir de la década de 1980 surgieron numerosas variaciones de la técnica de ortodoncia lingual. Pese a todo esto, el grupo de ortodoncistas que conformó ORMCO en 1982 supuso un mayor desarrollo en la ortodoncia lingual ya que buscaron eliminar la dificultad de la conformación de los arcos en seta de Fujita K. Ellos transfirieron la información al bracket lingual y esto ha permitido que se desarrolle una filosofía lingual de arco recto (5).

En 1995 los doctores Takemoto K. y Scuzzo G. presentaron a la comunidad científica la técnica de arco recto lingual (“Lingual Straight Wire” (LSW)). Con esta técnica se evita realizar dobleces verticales e insets en el arco. La técnica LSW permite mecánicas de deslizamiento y facilita la coordinación entre la arcada superior e inferior. Si bien, la distancia entre los brackets se ve disminuida de forma considerable y los brackets deben ser cementados más cerca de los márgenes gingivales. El primer bracket presentado por Takemoto K. y Scuzzo G. en 2003 fue denominado STb*. En 2009 desarrollaron un nuevo bracket, STb Light, con el objetivo de ser cementado de forma óptima y disminuir su tamaño mesiodistal. Este bracket fue fabricado en acero inoxidable, tiene un slot de .18” x .025” y una distancia interbracket mayor en comparación con STb*. Tanto STb Light como STb* son brackets de autoligado pasivo por lo que se disminuye el binding en arcos iniciales de .012 y .013 de Niquel-Titanio.

Los arcos utilizados en la LSW están conformados a partir de un plano denominado Plano Recto Lingual. Este plano permite posicionar los slots simulando una conexión entre los centros de las superficies linguales de todos los dientes de forma que el arco no necesite doblarse. En la arcada superior este plano se encuentra aproximadamente en el tercio gingival de los dientes anteriores. Sin embargo, en la arcada mandibular pasa por la mitad de la corona clínica. Además, la técnica de Takemoto K. y Scuzzo G. customiza los brackets de forma que se optimiza su posición, angulación, tamaño y torque. La customización se realiza mediante una extensión de la base con resina compuesta. Este método de cementado indirecto fue presentado por Komori en 2008 (6).

CARACTERÍSTICAS DE LA ORTODONCIA LINGUAL

En el siguiente apartado se describen las características estéticas, anatómicas, biomecánicas y técnicas que diferencian a la ortodoncia lingual de la vestibular.

ESTÉTICAS

La estética ha marcado la evolución de la ortodoncia desde finales del siglo XIX cuando Norman Kingsley introdujo la estética facial como objetivo principal del tratamiento ortodóntico (7). Este pensamiento tuvo tal aceptación que sigue vigente actualmente (8). Durante las relaciones interpersonales, la atención se centra en la cara principalmente en las áreas de la boca y de los ojos (9). La visualización del rostro crea una percepción subjetiva de la persona, de su personalidad, inteligencia y sociabilidad (9,10). Esto puede tener un efecto negativo en la persona desde la infancia y afectar a su desarrollo (11). Por

ello, el tratamiento de ortodoncia debe tener como objetivo mejorar la estética facial y de la sonrisa (12).

La estética facial se ha desarrollado con el estudio de las variaciones individuales de la apariencia del rostro (13). Simon P. desarrolló el método el fotográfico estático, que se utiliza actualmente, para valorar la estética del rostro. En las fotografías se valora el perfil, la posición del mentón y la morfología mandibular (13, 14). En la actualidad, para el diagnóstico en ortodoncia se realizan registros estáticos de la cara completa en tres visiones, en visión frontal, lateral y tres-cuartos. El registro en tres-cuartos constituye un registro estático en una visión intermedia entre la visión lateral del rostro y la frontal y en la cual se observan ambos ojos. En visión lateral se realiza el análisis del perfil, lo que es considerado como la línea que sigue el contorno externo del tejido blando del rostro en visión lateral (14).

En los inicios de la ortodoncia, la estética del rostro era considerada por Edward H. Angle como una consecuencia de una dentición completa y armoniosa. Sin embargo, con el surgimiento posterior de la cefalometría se hizo posible estudiar el crecimiento y el desarrollo de las estructuras maxilares y, por lo tanto, afectar a la estética del rostro. Han sido estudiados los cambios en los tejidos blandos y duros como consecuencia del paso de los años. Actualmente, es posible predecir el crecimiento, lo que permite al clínico actuar ortopédicamente y afectar así a la estética facial. En la cefalometría se evalúan las zonas del perfil que más pueden ser afectadas estéticamente por el tratamiento de ortodoncia (15).

Downs W.B. hizo hincapié en la importancia del mentón en la apariencia facial y su relación con el patrón de crecimiento del individuo (13). También se ha estudiado la relación entre la posición de los incisivos maxilares y mandibulares con la retracción de los labios (15). Un metaanálisis realizado en 2018 obtiene como resultado que, con el tratamiento ortodóntico con extracciones terapéuticas, se produce de media una retracción del labio inferior de 1.9 mm respecto del plano E. El tejido blando se ve pues afectado por la retracción incisiva (16). Por este hecho, se ha ido adoptando una filosofía de ortodoncia menos dirigida a las extracciones dentales, liderada en sus inicios por Charles Tweed (15, 17). Sin embargo, otros autores han obtenido resultados totalmente contradictorios y afirman que el tratamiento con extracciones no modifica de forma significativa la posición de los labios (18). Por lo tanto, la importancia de la estética ha demandado en los ortodoncistas evaluar más detenidamente la posición de labios en relación con la nariz y con el mentón (14). Hoy, resulta necesario realizar un estudio completo del perfil, de los labios y del mentón con cefalometría y con los registros estáticos fotográficos anteriormente mencionados (13, 15).

Resulta de especial importancia el estudio del tercio inferior facial (19) El labio superior puede analizarse por su grosor y longitud y con medidas angulares como el ángulo nasolabial o la angulación del labio superior respecto a la base nasal. También debe tenerse en cuenta la cantidad de exposición del incisivo superior cuando los labios están en reposo (15, 19). Además, es importante estudiar la armonía facial en visión frontal. El análisis frontal incluye la valoración de los tercios faciales. Esto se realiza mediante el trazado de tres líneas horizontales que pasen por los puntos menton, subnasal y trichion. La distancia entre estas tres líneas debe ser la misma (14).

La ortodoncia lingual puede utilizarse para mejorar la estética facial alineando los dientes, intentando modificar el tejido blando u aumentando el ancho mesiodistal de algún diente con el objetivo de restaurarlo estéticamente. Algunas características importantes en el diseño de la sonrisa son la relación entre la anchura y altura dental, la altura de los bordes incisales y de los márgenes gingivales, las troneras incisales y la simetría, entre otros (20). En el análisis de la sonrisa, se debe tener en consideración que los anchos mesiodistales de los dientes anteriores deben ser proporcionales siguiendo la denominada “proporción áurea” (21). La proporción áurea es una constante matemática irracional cuyo valor es 1,618. Esta constante debe cumplirse en odontología estética de manera que, desde una visión frontal, el ancho del incisivo central sea 1.6 veces más ancho que el incisivo lateral y el canino sea 0.62 veces menos que este último (22). Estas anchuras deben ser simétricas respecto de la línea media dental (21). En el plano vertical, la altura de ambos incisivos centrales debe ser la misma y los incisivos laterales más pequeños que estos. El margen gingival del incisivo central debe encontrarse más apical que el del lateral y a la misma altura que el margen de los caninos. Los bordes incisales de los incisivos laterales deben situarse más apicales a los de los incisivos centrales y caninos (23).

Para cumplir con los parámetros estéticos de la sonrisa pueden realizarse procedimientos como la extrusión ortodóncica lenta (24), un recontorneado de la encía y/o realizar restauraciones estéticas en los bordes incisales (23, 25). Otro factor que afecta a la estética de la sonrisa es la morfología dental. Antiguamente la forma dental difería entre sexos. Eran preferibles formas más suaves, como ovoides o redondeadas para las mujeres, mientras que para los hombres eran aceptadas formas más angulares o cuadradas. También algunos autores han sugerido que la forma de los dientes debe de ser acorde a la forma del rostro (26).

Visibilidad

A su vez, la estética también es considerada en el diseño de los aparatos y aditamentos utilizados en ortodoncia. Cada vez un mayor número de pacientes solicitan aparatologías que pasen desapercibidas. Así pues, para la mayoría de los adultos la discreción es considerada una de las razones principales para aceptar el tratamiento de ortodoncia (27). Esto es debido al miedo o vergüenza que sienten de ser juzgados y a la autopercepción negativa que sienten algunos pacientes al ser tratados con ortodoncia visible (10). Por esta razón, el diseño de los aparatos se ha ido modificando y se comenzó a colocar aparatologías en la zona lingual y en el paladar.

También, se incorporaron nuevos materiales más estéticos como la cerámica y los plásticos. En 1970 se diseñó el primer bracket colocado por lingual. En esta técnica de ortodoncia los brackets son colocados en la cara lingual del esmalte por lo que pasan totalmente desapercibidos (9). Esta técnica se popularizó rápidamente (28) y ha mostrado resultados satisfactorios (29). Otros brackets estéticos disponible son brackets vestibulares hechos de materiales plásticos o cerámicos. Sin embargo, estos brackets pueden decolorarse con el consumo de algunas bebidas y son más visibles (30). Más recientemente, se ha sido popularizado un tercer tipo de ortodoncia estética que se realiza con férulas termoplásticas o alineadores. Esta técnica está basada en un aparato ortodóncico removible y flexible diseñado por Kingsley en 1945. Este aparato permite realizar pequeños movimientos ortodóncicos y su predictibilidad está limitada a algunos movimientos (31). Los estudios de estética que comparan el atractivo entre aparatologías

de ortodoncia son realizados con medición digital de oculometría. Esta tecnología permite recoger los movimientos del ojo durante la visualización de imágenes o rostros permitiendo un análisis cuantitativo de la percepción del rostro (32). La ortodoncia lingual obtiene mejores resultados estéticos frente a los brackets metálicos vestibulares y los cerámicos. Si bien, los resultados estadísticos son similares cuando se comparan brackets linguales y alineadores termoplásticos (9). Si bien, los aditamentos o “attachments”, utilizados con la técnica de alineadores para favorecer el movimiento dental, resultan poco estéticos para los pacientes. Se ha observado que los “attachments” pueden ser resultar más llamativos que los brackets estéticos colocados en la zona anterior (27). Sin embargo, la ortodoncia lingual no afecta de ningún modo a la percepción estética del rostro (32).

Lesiones de esmalte

Por otro lado, se ha sugerido como otro beneficio estético de la ortodoncia multibrackets lingual, la menor producción de lesiones de mancha blanca, las cuales son considerablemente prevalentes cuando utilizamos brackets vestibulares (33). Las lesiones de mancha blanca se encuentran en un 46% de los pacientes tratados con ortodoncia (34). La mancha blanca es el signo inicial de la caries y está causada por la desmineralización de la cara superficial y subsuperficial del esmalte sin llegar a producirse la cavitación de su superficie. Es una lesión consecuente del acúmulo de placa y la falta de higiene oral. Si el proceso de desmineralización no cesa puede producirse el colapso del esmalte y su consecuente cavitación (35). En un estudio realizado por Van der Veen et al. , se reportó que las lesiones de mancha blanca eran 4.8 veces más frecuentes con brackets vestibulares

que con brackets linguales. También se produjo una pérdida 10.6 veces mayor de la fluorescencia del esmalte con brackets vestibulares. Las manchas blancas que se produjeron utilizando brackets linguales se localizaron en dientes con afectación previa por mancha blanca (en el 56.6% de los casos) o con caries previas (en un 60.9% de los mismos) (36). Por otro lado, Wiechmann et al. realizaron un estudio sobre la mancha blanca en brackets linguales. Utilizaron brackets customizados y obtuvieron una incidencia de mancha blanca del 10.59% en incisivos maxilares, en comparación con Enaia et al. que obtuvieron en brackets vestibulares una incidencia del 60.9% en estos mismos dientes (37). Se han descrito diversos tratamientos para la mancha blanca. La microabrasión, por ejemplo, elimina la capa superficial del esmalte con ácido hidrociorhídrico al 6.6% y macropartículas de carburo de silicio. Este tratamiento es más invasivo que otros tratamientos conservadores como la remineralización. En los estadios iniciales de la mancha blanca se realizan tratamientos menos invasivos basados en la aplicación de agentes remineralizantes utilizando el fosfopéptido de caseína fosfato de calcio amorfo (CPP-ACP) o agentes fluorados. Los remineralizantes, si bien evitan que la lesión avance, no solucionan el problema estético. Para mejorar la estética se pueden realizar infiltraciones de resina ICON en el esmalte. Para ello, debe realizarse un grabado previo del esmalte con ácido hidrociorhídrico al 15% y posteriormente infiltrar una resina de alta penetración y viscosidad en la lesión. La infiltración de resina ha obtenido resultados más predecibles y satisfactorios estéticamente que las terapias de microabrasión y la remineralización en el tratamiento de las manchas blancas (34).

ANATÓMICAS

Existen diferencias anatómicas entre las caras linguales y las vestibulares. Estas diferencias, unidas a un difícil acceso y visibilidad de la cara lingual, han hecho variar la técnica tanto de cementado como de fabricación de estos brackets (38).

Macroscópicamente, la morfología de las caras linguales de los dientes, en especial los dientes anteriores, difiere considerablemente de la cara vestibular y tienen una alta variabilidad interindividual. La mayor variabilidad morfológica interindividual se encuentra en la cara lingual de los incisivos laterales, sobretodo en los cíngulos. También son superficies morfológicamente diferentes a las de los incisivos centrales y no solo difieren en tamaño (39).

Por otro lado, la morfología de la cara lingual es más acusada y menos lisa que la cara vestibular y esto puede afectar a la adhesión del bracket. El contacto entre la malla y el esmalte es más difícil de obtener (40). Por esta razón, han surgido brackets adaptados a las caras linguales y el cementado suele ser indirecto (41). Microscópicamente, se deben tener en cuenta las posibles diferencias en la rugosidad del esmalte entre la cara lingual y la bucal. Un estudio, realizado con premolares extraídos y escáner de microscopía electrónica (SEM), muestra una mayor rugosidad del esmalte sin acondicionar de la superficie vestibular en comparación con el de la cara lingual. En el esmalte vestibular se observan unas crestas horizontales acusadas denominadas “perikymata” alrededor de su superficie, sin embargo, en la superficie lingual prácticamente no las hay. Este hecho ha sido relacionado con el continuo contacto de la lengua sobre la cara lingual y la presencia de glándulas salivales cercanas. A su vez, tras el grabado ácido se observa una mayor disolución de los prismas de esmalte de las caras vestibulares que de las linguales. Si

bien, en las superficie lingual también se crean numerosas microporosidades, estas son de un diámetro mucho menor que en la cara bucal tras el grabado. Esto podría afectar a la adhesión del bracket con el esmalte, aunque no ha sido ampliamente estudiado (42).

BIOMECÁNICAS

Los tratamientos realizados con ortodoncia lingual han obtenido resultados cefalométricos favorables. Se ha observado un aumento de la altura ósea en el 57.6% de los pacientes tras el tratamiento. También se han realizado estudios cefalométricos in vitro y series de casos para valorar las diferencias biomecánicas de la técnica de ortodoncia lingual respecto a la vestibular. Se han encontrado diferencias en algunos movimientos como los de expansión, retracción en masa y rotación, entre otros. En los estudios cefalométricos que comparan la ortodoncia lingual y la vestibular se obtienen resultados estadísticamente similares en la posición mandibular post tratamiento con ambas técnicas.

Si bien, se ha observado una tendencia a producirse extrusión en los molares superiores e intrusión en incisivos con ortodoncia lingual. Esto podría resultar en una rotación horaria del plano mandibular y debe tenerse en consideración (43). Otra de las diferencias biomecánicas de esta técnica se da en la expansión de las arcadas o corrección de problemas transversales. El arco que se coloca por lingual es aproximadamente un 30% más estrecho y corto que el que se usa en la técnica multibrackets vestibular. El arco es ligado a los brackets en la cara lingual, por lo que se tiende a producir la compresión de

la arcada y el movimiento de vestibularización o expansión es limitado (38). Existe una tendencia a disminuir el ángulo interincisal y el ángulo del incisivo respecto al plano Sella-Nasion. Se observa una mayor retracción del frente anterior con ortodoncia lingual respecto a la vestibular lo cual beneficiaría a los pacientes con biprotrusión. También, se ha obtenido un mayor tipping coronal con brackets linguales que con vestibulares. (43). Esto puede deberse a que la distancia de arco existente entre los brackets (distancia interbracket) es menor y las fuerzas aplicadas son más eficientes. Esto también afecta al torque, el cambio de torque causado por una incorrecta colocación del bracket en la ortodoncia lingual será más acusado. Se ha calculado que una variación de 1.2 mm de media en la altura del bracket lingual hacia incisal produce en una pérdida de torque de hasta 10°.

El torque en ortodoncia se refiere al tipping radicular en sentido vestibulolingual con un movimiento coronal mínimo. Al introducir el arco redondo en la ranura se genera un momento rotacional que depende de la distancia interbracket y de la magnitud de la fuerza aplicada. Al introducir un arco rectangular en una arcada nivelada y alineada, se genera otro momento que se manifiesta como la expresión del torque. La expresión de torque va a variar en función de las características de los materiales involucrados, el ángulo de torsión del arco en el slot, el sistema de ligadura y la posición del bracket. En la técnica de ortodoncia lingual, dadas las características de esta técnica como una menor distancia interbracket y una distancia diferente al centro de resistencia, la expresión de torque puede ser difícil de predecir (44). La sobredimensión de la ranura también afectará en mayor grado a la expresión del torque. Por esto, la fase de acabado en ortodoncia lingual puede resultar más compleja si estos brackets no se individualizan (38).

TÉCNICAS

Preparación de la superficie y adhesión

La preparación y acondicionamiento de la superficie del esmalte consiste en la utilización de materiales que favorezcan la adhesión del material de cementación al esmalte (45). Los acondicionamientos pueden ser mecánicos, físicos o una combinación de ambos (46). El primer acondicionamiento de la superficie del esmalte fue realizado por Buoncore en 1955. Para ello, Buoncore utilizó un material ácido, en particular ácido ortofosfórico al 80%, para mejorar la adhesión. Lo aplicó y esperó durante 30 segundos. Posteriormente, utilizó resina acrílica como material de cementación (45). Con este acondicionamiento Buoncore obtuvo una mayor fuerza de adhesión del material resinoso al esmalte. Este descubrimiento fue aplicado a la ortodoncia en 1965 por Newman y en 1977 se detalló el primer caso de ortodoncia de cementado directo. Ha sido mundialmente aceptado el grabado ácido con soluciones de ácido ortofosfórico (47); aunque otros ácidos, como el ácido maleíco al 10% aplicado durante 15 segundos, también han sido utilizados (48).

El grabado ácido produce la disolución o descalcificación de los prismas del esmalte y, por lo tanto, aumenta la retención micromecánica y la rugosidad de este (49). Tras el grabado ácido suele añadirse un material hidrofílico sobre la superficie de esmalte descalcificada (47). Este material es denominado “primer”. Se utiliza con el objetivo de aumentar el contacto entre la superficie grabada del esmalte y el material de resina aumentando la humectabilidad del esmalte (50). Este sistema de adhesión es denominado sistema “etch-and-rinse” (51). También existen sistemas adhesivos que permiten realizar la cementación de aparatologías de ortodoncia sin realizar un acondicionamiento previo

de la superficie (45,51). Este sistema adhesivo es denominado “self-etch” (51) y utilizan adhesivos con “primers” autograbantes (49, 51). El “primer” contiene monómeros ácidos, por lo que realiza el grabado mientras que aumenta la humectabilidad del esmalte permitiendo la adhesión (50, 51). Sin embargo, su efectividad es controversial (41, 45, 49). Pese a que existen estudios que obtienen mayores tasas de descementado utilizando sistemas adhesivos “self-etch” que con “etch-and-rinse” (41), otros estudios publicados no encuentran diferencias (41, 45, 49). Dos metaanálisis, uno publicado en 2021 en *J Appl Oral Sci* y otro publicado en *Eur J Orthod* en 2022, apoyan que no existen diferencias en la tasa de descementado entre los adhesivos autograbantes y los sistemas adhesivos que utilizan ácido ortofosfórico y “primer” (45,49). Sin embargo, los sistemas autograbantes disminuyen considerablemente el tiempo de sillón (45) por lo que resultan prometedores. El tipo de acondicionamiento deberá variarse en casos en los que la adhesión se realice en superficies diferentes al esmalte, generalmente materiales restauradores como la porcelana o la cerámica (46). El grabado ácido también es utilizado para el acondicionamiento de materiales cerámicos utilizando ácido fluorhídrico el cual aumenta la retención mecánica (52). A su vez han sido utilizados “primers” metálicos y coberturas de silano para permitir la adhesión del bracket con la amalgama y las coronas (53).

El proceso de adhesión suele requerir el grabado, lavado, secado, aplicación del “primer” y colocación del adhesivo a la vez que se posiciona el bracket (54). El ácido ortofosfórico ha sido utilizado como agente grabante a diferentes concentraciones como un 85% (47), 50% (55) y al 37% (54).

También, ha sido controvertido el tiempo de actuación del grabado ácido (54). Inicialmente se recomendaban tiempos de grabado de 60 segundos para dientes permanentes (55). Pero se ha demostrado que los tiempos de grabado iguales o superiores a 60 segundos afectan a la integridad de los prismas de esmalte. Con tiempos de grabado de 10 segundos se ha obtenido la misma fuerza de cementado que utilizando 30 y 60 segundos de grabado. El grabado con ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 10 segundos obtiene correcta fuerza de cementado (SBS) (54). Pese a esto, generalmente los estudios realizados sobre grabado en esmalte lingual utilizan ácido ortofosfórico al 37% o 36% aplicado durante 15 segundos. Como se ha explicado previamente, el grabado ácido en el esmalte lingual parece producir un patrón diferente de disolución de los prismas del esmalte en comparación con el grabado en la superficie vestibular. En la cara lingual se observan numerosas microporosidades, pero de un diámetro mucho menor que en la cara vestibular. Sin embargo, más evidencia sobre la adhesión en ortodoncia multibrackets lingual es necesaria ya que la adhesión en ortodoncia es un factor responsable de la tasa de éxito del tratamiento (39,42).

Además de las diferencias en la preparación del esmalte (42), el proceso de adhesión es más complejo por el difícil acceso y visibilidad y la dificultad en el aislamiento (41). Se han estudiado los diversos sistemas adhesivos con el objetivo de encontrar uno preferente para el cementado de brackets linguales (41). Los adhesivos más utilizados en ortodoncia son las resinas (56), tanto con relleno como sin él, el metil metracilato y la resina bis-GMA (41). Los composites de resina han mostrado una adhesión más efectiva que otros materiales como el cemento de ionómero de vidrio o los compómeros (47). La unión del esmalte con el bracket debe de tener la suficiente fuerza de adhesión para que se mantenga unido al esmalte, pero evitando dañarlo en el descementado, esto es medido calculando

la Fuerza de Descementado (SBS) (42). Brosh et al. realizan un estudio en el cual cementan brackets vestibulares y linguales con resina tras realizar acondicionamiento con ácido ortofosfórico en un grupo de estudio y con sandblasting acompañado de grabado ácido en un segundo grupo de estudio. En este artículo obtienen SBSs un 15% mayores en brackets adheridos en la superficie vestibular con respecto a la lingual, con significancia estadística. Sin embargo, no observaron diferencias estadísticas entre los grupos con diferentes tipos de acondicionamiento de la superficie (42).

Descementado

El descementado no intencionado de brackets durante el tratamiento es algo común y sucede por una insuficiente SBS o por fuerzas mecánicas externas. Las tasas de descementado reportadas en aparatología multibrackets varían de entre un 1.8% y un 20.1%. Cuando el descementado no intencionado sucede, se deben retirar los restos del material adhesivo que quedan sobre la base del bracket. Para ello, se ha utilizado diferentes métodos como el arenado de la superficie, pulido con diferentes fresas y el láser. El arenado es también utilizado para retirar el remanente de cemento retenido en la malla aunque puede producir daños irreversibles en la malla o no eliminar todo el material obteniendo menores fuerzas de adhesión (57).

Pulido

Tras la retirada de aparatología multibrackets es importante que el esmalte tratado vuelva a su estado original. No existe un único método de pulido para remover los restos de

composite tras el descementado de brackets. Las fresas de carburo de tungsteno han sido muy utilizadas y constituyen un método rápido y efectivo de pulido, pero afectan a la superficie del esmalte aumentando su rugosidad. Si bien, la remoción completa del material de adhesión sin afectar de ninguna forma esmalte no puede lograrse. Por ello, resulta clínicamente de interés encontrar una metodología de pulido que sea eficiente y segura en la superficie lingual. Generalmente se realizan pulidos leves o cortos en citas consecutivas buscando no afectar la superficie del esmalte. Han sido utilizadas fresas de carburo de tungsteno montadas en contraángulo y pulidores de silicona tipo Brownie y Greenie. También han sido utilizadas fresas de diamante de pulido o puntas de Arkansas y discos de pulido Sof-Lex (56, 57, 58).

El pulido puede verse influenciado por la habilidad del operador y dado que los brackets linguales son menos utilizados por los ortodoncistas y la anatomía dental lingual es más acusada y variable que la vestibular, el pulido puede resultar complejo. La fluorescencia también ha sido utilizada para mejorar la técnica de pulido lingual, pero se ha observado que conlleva un pulido excesivo produciendo mayor daño en el esmalte (58).

METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE LOS REMANENTES DE CEMENTO TRAS EL DESCEMENTADO DE BRACKETS Y EL DAÑO PRODUCIDO EN EL ESMALTE TRAS EL PULIDO DE LA SUPERFICIE

La cantidad de cemento remanente tras el descementado de aparatología multibrackets es comúnmente analizado por los ortodoncistas mediante inspección visual directa. En artículos científicos publicados que evalúan la cantidad de cemento mediante inspección visual se utiliza el Índice de Adhesivos Remanentes (ARI) y el Índice de Remanentes de Calcio (CRI). El ARI evalúa los remanentes de cemento sobre la superficie del esmalte, mientras que CRI evalúa los mismos sobre la superficie de la malla del bracket tras el descementado (59, 60). En algunas ocasiones ha sido evaluado el ARI tras el descementado de aparatología multibrackets bajo la observación con microscopía óptica (57).

Recientemente, han sido presentados en artículos científicos softwares informáticos útiles para cuantificar volumétricamente la cantidad de cemento remanente tras el descementado de brackets. Estos softwares son más precisos que la valoración visual directa ya que permiten realizar una cuantificación objetiva de la cantidad de remanentes en escáneres 3D de las superficies dentales. La mayoría de los artículos que cuantifican el cemento remanente tras la descementación de aparatologías multibrackets tienen como

objetivo la comparación entre fresas de diferentes materiales, como, por ejemplo, fresas de carburo de tungsteno y fresas de fibra de vidrio (61).

Por otro lado, el proceso de pulido está asociado generalmente a un aumento de la rugosidad del esmalte. El esmalte sin tratar tiene una microrrugosidad característica que es debida a su estructura microscópica fisiológica. La rugosidad superficial (S_a) es analizada por una serie de parámetros y es posible medirla con la tecnología actual. La rugosidad ha sido evaluada mediante una serie de parámetros microscópicos cuantificables. La variación de S_a es el parámetro que más usualmente se mide y supone la variación absoluta del perfil de la superficie con el promedio analizado en 3D. Otros parámetros son el S_z , que representa la diferencia medida de forma lineal entre los 5 picos más elevados de la superficie y los más bajos, y el S_{dr} , que compara de forma porcentual la variación de la superficie en comparación con un plano considerado ideal (62).

En general, los procedimientos de pulido tras el descementado de aparatología multibrackets están asociados con un aumento de la rugosidad del esmalte. Esto hace que sea más probable que se produzcan tinciones del esmalte y retención de placa bacteriana. La adhesión bacteriana se produce si la rugosidad del esmalte es igual o mayor a 0.2 micras. Por ello, resulta de interés clínico afectar en menor medida a la rugosidad del esmalte durante el pulido del cemento remanente. La microscopía láser confocal es un método que ha sido utilizado para analizar superficialmente el esmalte en tres dimensiones y con mediciones más precisas y menos distorsionadas. En el estudio de Janiszewska-Olszowska et al. utilizan un microscopio de láser confocal con una magnificación de 1080x y un área de observación de 256x256 micras. Este método permite realizar mediciones y obtener imágenes de las superficies del esmalte. Otros

métodos utilizados para este fin son la perfilometría de contacto, el microscopio de fuerzas atómicas, la rugosimetría y la perfilometría 3D sin contacto (59). A su vez, existe tecnología especializada en la medición de la rugosidad de las superficies denominada Tester de Rugosidad de Superficie que también ha sido utilizado en superficies de esmalte dental.

El perfilómetro de contacto es la metodología de medición más utilizada para evaluar la rugosidad de la superficie del esmalte realizando un mapeo de la superficie y permite obtener mediciones en micrómetros (58, 63). Para ello, deben colocarse las muestras en diferentes posiciones permitiendo que las microagujas del perfilómetro varíen 45° entre las mismas. Por otro lado, el escáner de microscopía electrónica permite visualizar microscópicamente el esmalte, pero solo permite una evaluación subjetiva de su rugosidad por lo que algunos autores han invalidado esta prueba de valoración de la rugosidad (63). Además, este tipo de pruebas solo pueden ser realizadas en dientes extraídos, por lo que clínicamente no es posible valorar la rugosidad a simple vista y los estudios realizados son generalmente *in vitro* (61).

Una forma de evaluar el daño que se produce en el esmalte tras el pulido y de la cantidad de remanentes de cemento tras el descementado de aparatologías multibrackets, que puede realizarse en clínica, consiste en la comparación de registros tridimensionales iniciales y finales como escáneres intraorales o CBCT. Actualmente, tenemos a nuestra disposición softwares informáticos que nos permiten analizar los cambios geométricos y volumétricos que se producen en la superficie de los registros. Con ellos, podemos medir la reducción lineal que se ha producido entre las imágenes digitales 3D e incluso, en algunos de ellos, cuantificar el volumen total de esmalte eliminado durante el pulido y el

cemento remanente. Para ello, resulta necesario realizar una superposición de los registros iniciales y de los registros finales de las superficies dentales. Estos softwares disponen de una herramienta llamada “Color-map” que detecta cambios volumétricos mínimos entre las superposiciones y los representan con cambios de color. Los registros necesarios deben ser tomados con un escáner intraoral que permita obtener imágenes en lenguaje de tessellas (STL). Los STLs son una imagen tridimensional del objeto escaneado y pueden ser superpuestos unos con otros con el objetivo de analizar los cambios entre ellos (58). Algunos softwares que han sido utilizados con este fin son VRMesh Studio (VirtualGrid) y 3D Geomagic Wrap (58, 61, 64). Estos programas informáticos nos permiten realizar mediciones volumétricas mientras que otros softwares solo permiten tomar medidas lineales. En un estudio publicado recientemente se ha validado la precisión, repetitividad y reproductibilidad del software 3D Geomagic Wrap para realizar mediciones volumétricas y lineales de remanentes de cemento tras el descementado y de esmalte pulido tras la utilización de aparatología multibrackets lingual. Para ello, se superpusieron los STLs iniciales, STLs tras el descementado y STLs tras el pulido con un espectro de $\pm 100 \mu\text{m}$ y una tolerancia de $\pm 10 \mu\text{m}$. Se obtuvieron con este software medidas volumétricas y lineales de los remanentes de cemento y de esmalte removido (61, 64, 65).

JUSTIFICACIÓN

La aparatología multibrackets lingual tiene características diferenciativas respecto a la aparatología multibrackets vestibular tanto en sentido biomecánico como el proceso de adhesión. El pulido tras la descementación de ortodoncia multibrackets lingual ha sido poco estudiado y existen escasas metodologías repetibles y reproducibles que sirvan para medir los remanentes de cemento. Además, el pulido de las superficies del esmalte tras el descementado de los brackets linguales es más complejo por el difícil acceso y visibilidad y por la irregularidad topológica de las superficies linguales por lo resulta importante protocolizar el procedimiento para el pulido de las superficies. Por otro lado, la anatomía del esmalte vestibular y lingual antes y tras el grabado ácido parece ser diferente lo que puede afectar a la adhesión y ha sido escasamente estudiado. Han sido utilizadas diferentes fresas y diferentes sistemas rotatorios para el pulido tras la descementación y la mayoría de la evidencia valora la rugosidad del esmalte tras el procedimiento, pero no suele valorar la cantidad de cemento retirado. Se ha valorado previamente la cantidad de cemento remanente con índices de medición visual por lo que resultan dependientes de la subjetividad del operador. Además, como se ha explicado previamente existen diferentes brackets linguales y algunos incorporan bases customizadas de composite. Por todo lo anterior, se estudia en la presente tesis doctoral utilizar una metodología repetible y reproducible para medir los remanentes de cemento tras el pulido de ortodoncia multibrackets lingual con diferentes tipos de fresas y diferentes sistemas rotatorios tras la descementación de brackets linguales customizados con base de composite (ALIAS).

OBJETIVOS

PRINCIPAL

Desarrollar una metodología de medición que sea repetible, reproducible y precisa para evaluar la cantidad de cemento remanente tras la descementación de aparatología multibrackets lingual y tras el pulido de la superficie.

SECUNDARIOS

Los objetivos secundarios de este estudio son:

1. Analizar las diferencias respecto al grosor y área de cemento remanente tras el descementado de brackets linguales customizados y el pulido de la superficie lingual con diferentes tipos de fresas: fresa de carburo de tungsteno, fresa de Arkansas y fresa de diamante.
2. Analizar las diferencias respecto al grosor y área estimada de cemento remanente tras el descementado de brackets linguales customizados y el pulido de la superficie lingual con diferentes tipos de sistemas rotatorios.
3. Analizar las diferencias respecto al grosor y área estimada de cemento remanente tras el descementado de brackets linguales y tras el pulido con diferentes fresas y sistemas rotatorios entre los dientes anteriores y posteriores.

4. Comparar el tiempo de pulido de distintos sistemas rotatorios y tipos de fresas necesari para remover el cemento remanente de la superficie lingual tras el descementado de brackets linguales.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se describe como un estudio experimental controlado e in vitro, realizado en el Máster de Ortodoncia Clínica de la Universidad de Salamanca durante los meses de noviembre de 2021 a mayo de 2023. En este estudio, se analizó el grosor y el área estimada de cemento remanente tras el descementado de aparatología multibrackets lingual customizada (ALIAS) en dientes extraídos con metodologías de medición informática basadas en superposición de escáneres 3D. Este estudio se realizó atendiendo a los criterios definidos en la normativa del Comité de Ética Alemán el uso de tejidos orgánicos en investigación médica (Zentrale Ethikkommission, 2003). Los pacientes cedieron los dientes extraídos de forma voluntaria tras firmar el Consentimiento Informado.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Los dientes fueron seleccionados atendiendo a los siguientes criterios de selección:

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Los criterios de inclusión para la selección de la muestra fueron:

1. Dientes extraídos por razones periodontales u ortodónticas.
2. Dientes con la corona anatómica intactas.
3. Dientes con superficie de esmalte integra.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Los criterios de exclusión de la muestra fueron:

1. Dientes extraídos por motivos conservadores.
2. Dientes con morfologías anómalas.
3. Dientes con restauraciones directas (resina compuesta o amalgama).
4. Dientes con esmalte lesionado o afectado.
5. Dientes restaurados protéticamente.
6. Dientes fracturados.

TAMAÑO MUESTRAL

En primer lugar, se realizó un estudio preliminar en el que se seleccionaron 13 dientes extraídos de todos los sectores. En base a los resultados obtenidos del estudio piloto, se determinó el tamaño muestral en 504 dientes; incluyendo incisivos, caninos, premolares y molares.

PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

A continuación, los dientes fueron aleatoriamente asignados (Epidat 4.1, Galicia, Spain) a los siguientes grupos de estudio:

- Grupo 1: pulido con fresa de tungsteno (TUGS) (H23VIP.204.016, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotatorio de contraángulo (CAA) (1.007.5541, Kavo, Biberach, Alemania).
- Grupo 2: pulido con punta de Arkansas (ARK) (07486K0, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotario de contraángulo (CAA) (1.007.5541, Kavo, Biberach, Alemania).

- Grupo 3: pulido con fresa de diamante con forma de balón de rugby y aro rojo (DIAM) (32189K2, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotatorio de contraángulo (CAA) (1.007.5541, Kavo, Biberach, Alemania).
- Grupo 4: pulido con fresa de tungsteno (TUGS) (H23VIP.314.016, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotatorio de turbina (TURB) (10081641, Kavo, Biberach, Alemania).
- Grupo 5: pulido con punta de arkansas (KM661420, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotatorio de turbina (TURB) (10081641, Kavo, Biberach, Alemania).
- Grupo 6: pulido con fresa de diamante con forma de balón de rugby y aro rojo (DIAM) (004966K2, Komet, Lemgo, Alemania) (n = 84) utilizando sistema rotatorio de turbina (TURB) (10081641, Kavo, Biberach, Alemania).

FABRICACIÓN DE LOS MODELOS DE ESTUDIO

Los dientes se embutieron en 36 modelos de resina epóxica (Ref. 20-8130-128, EpoxiCure®, Buehler, IL, USA) simulando una arcada dentaria. Los modelos de estudio estaban constituidos por 14 dientes (incisivos centrales, incisivos laterales, caninos, primer y segundo premolar y primer y segundo molar). A continuación, fueron sometidos a una impresión digital mediante un escaneado intraoral (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA), comenzando por las superficies vestibulares, continuando por las superficies oclusales-incisales y terminando por las linguales-palatinas. Este procedimiento permitió obtener el archivo digital “standard tessellation language” (STL) inicial (STL-1). Inicialmente, la superficie lingual-palatina de los dientes fue previamente

acondicionada con ácido ortofosfórico al 37% (Ortho Solo™, Ormco Corporation, CA, USA) durante 20 segundos. Tras el grabado ácido, se aspiraron y lavaron las superficies con abundante agua con el objetivo de retirar completamente el ácido.

Después, las superficies se secaron 20 segundos con jeringa de aire hasta observarse de un color blanco tiza consecuencia de la desmineralización de los prismas del esmalte. Posteriormente, se aplicó un “primer” adhesivo (Unitek Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) con un microbrush (Plus slim, Microbrush Inter., Grafton, MA, USA) y se polimerizó durante 12 segundos con una lámpara de polimerización (BluePhase G2™, Ivoclar Vivadent, Schaan, Principado de Liechtenstein). Tras ello, se cementaron los brackets linguales (ALIASTM, Ormco, California, EEUU) de forma directa en la superficie lingual de los dientes utilizando una pinza de cementado de brackets (IX850, Ixion Instruments™, DB Orthodontics, Keighley, Reino Unido). La cementación de los brackets linguales fue realizada de primer a primer molar superiores en el modelo de estudio utilizando un cemento de resina compuesta (Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA).

Después, los brackets fueron descementados con un alicate especializado en descementado de brackets (IX827, Ixion Instruments™, DB Orthodontics, Keighley, Reino Unido). Tras el descementado volvió a realizarse una impresión digital del modelo de estudio con escáner intraoral (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) siguiendo el mismo protocolo de escaneado. Esto nos permitió obtener otro STL del modelo de estudio postdescementado (STL2).

Finalmente se procedió al pulido de las superficies linguales utilizando el método visual de detección de remanentes de cemento. Los dientes fueron aleatoriamente asignados a los grupos de estudio difiriendo en el procedimiento de pulido (TUG, ARK, TUG+C, ARK+C) realizados con turbina o contraángulo e irrigación con agua. Una vez que el operador dio por concluido el pulido de las superficies se procedió a realizar otra impresión digital tras el pulido (STL3).

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Los STLs obtenidos fueron subidos al software 3D (Dolphin Imaging 64-bit, Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, California) en una nueva carpeta creada para el estudio. Todos los STLs de la arcada completa fueron segmentados diente por diente con una herramienta de sculpting disponible en el software 3D. Esto se realizó para disminuir el máximo error posible durante el proceso de superposición de los STL. Los STL segmentados fueron exportados al almacenaje de la computadora (Figura 1).

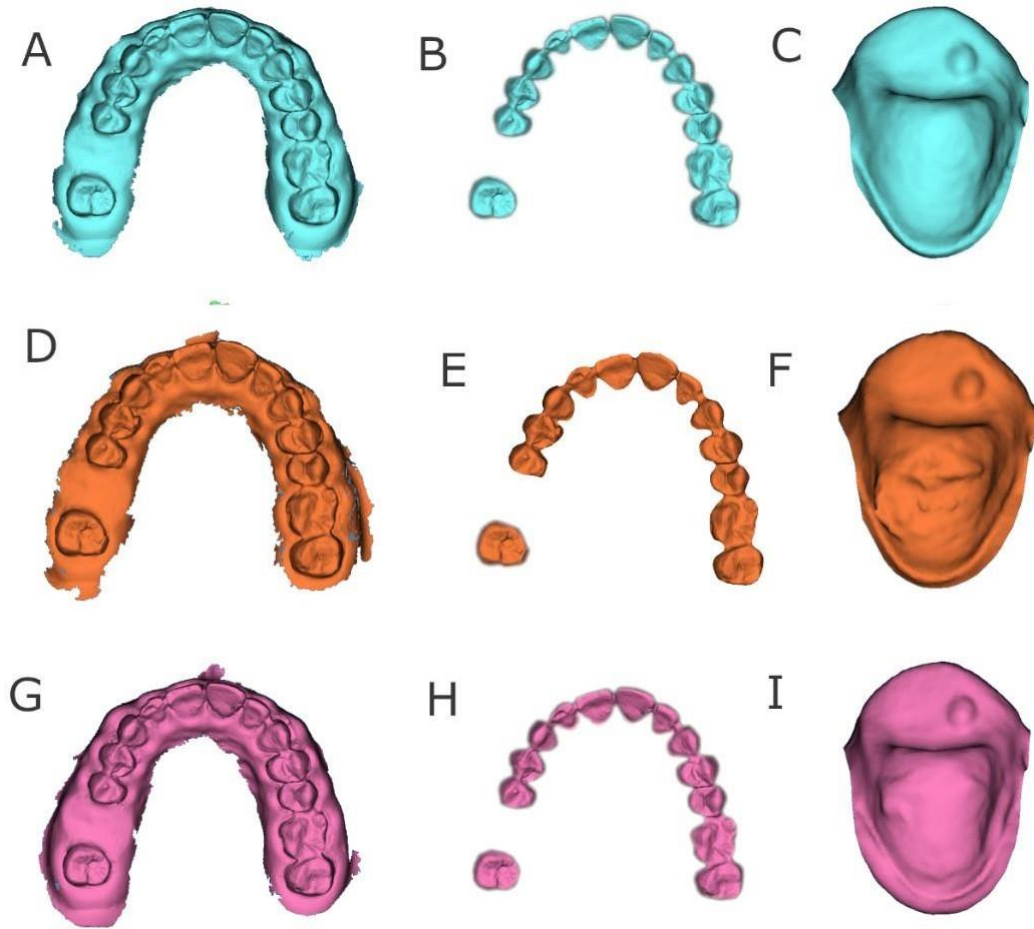


Figura 1: 1.A. Escaneado tridimensional inicial del modelo de estudio (STL1). 1.B. Segmentación de los dientes del escaneado inicial (STL1) . 1.C. Segmentación de diente 24 del escaneado inicial (STL1). 2.A. Escaneado tras la cementación y descementación de brackets linguales (STL2). 2.B. Segmentación de los dientes del escaneado intermedio tras la descementación de brackets (STL2). 2.C. Segmentación de diente 24 del escaneado intermedio (STL2). 3.1. Escaneado final tras el pulido de las superficies linguales con fresa de tungsteno y turbina (STL3). 3.2. Segmentación de los dientes del escaneado final tras el pulido (STL3). 3.3. Segmentación de diente 24 tras el pulido del cemento remanente (STL3).

Los STL 1-3 fueron alineados para realizar las mediciones correspondientes al estudio. Para ello, se realizó una superposición inicial por puntos. Esto se realizó colocando 3

puntos en la misma localización del espacio tridimensional. Tras ello, para aumentar la precisión de la superposición se utilizó otra herramienta disponible en Dolphing Imaging 3D (Dolphin Imaging 64-bit, Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, California) llamado ColorMap que permite detectar distancias mínimas entre las superposiciones y las muestran como cambios de color de rojo a azul (Figura 2 y Figura 3). ColorMap permite diferencias distancias mayores a 1mm mostrándolas de color rojo y mostrando en color azul las distancias cercanas a 1mm. Las superposiciones fueron ajustadas hasta que las superficies vestibulares fueron totalmente azules, sin embargo, las superficies linguales mostraban zonas rojas correspondientes a los cambios producidos durante el pulido. Las superposiciones fueron visualizadas en diferentes planos para evaluar posibles errores.

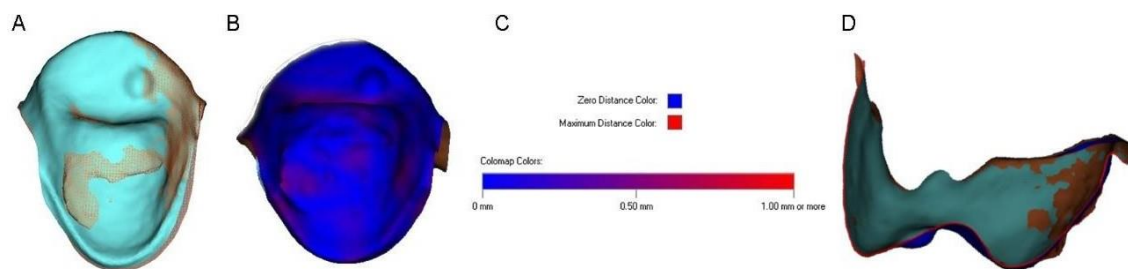


Figura 2: 2.A. Superposición del STL1 y STL2 del diente 24 observándose el grosor de cemento remanente en la superficie lingual. 2.B. Imagen de evaluación de la superposición con ColorMap. 2.C. Leyenda de Colormap observándose la correspondencia entre los cambios de color y la distancia existente entre los STL.2.C. Superposición de STL1-STL2 del diente 24 en visión lateral observándose la coincidencia entre STL mediante la unión de la línea roja de sus contornos.

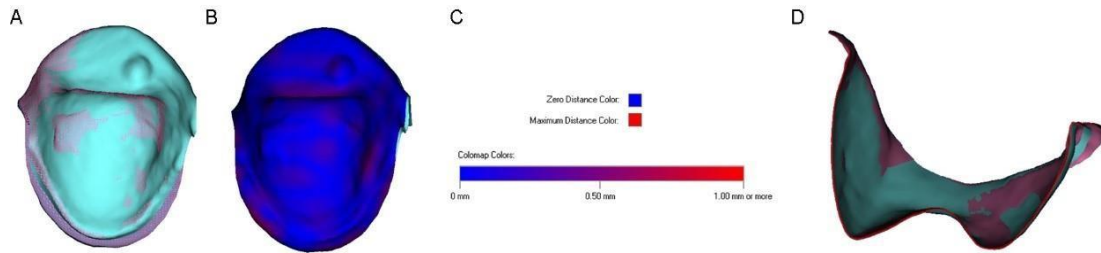


Figura 3: 3.A. Superposición del STL1 y STL3 del diente 24 observándose el grosor de cemento remanente tras el pulido de la superficie. 3.B. Imagen de evaluación de la superposición STL1-STL3 con ColorMap. 3.C. Leyenda de Colormap observándose la correspondencia entre los cambios de color y la distancia existente entre los STL. 3.C. Superposición de STL1-STL3 del diente 24 en visión lateral observándose la coincidencia entre STL mediante la unión de la línea roja de sus contornos.

Una vez que los STLs fueron superimpuestos correctamente, fueron modificados para ser observados en lenguaje de teselas para obtener una medición precisa. Las medidas lineales de cemento fueron evaluadas por una herramienta de medidas lineales en 2D que dispone Dolphing Imaging 3D (Dolphin Imaging 64-bit, Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, California). Con ella, se midieron las mayores distancias de anchura y altura en visión frontal y de grosor en visión sagital de cemento remanente en los diferentes grupos de estudio. Los resultados obtenidos de cemento remanente tras el pulido en los diferentes grupos de estudio fueron expresados en los 3 planos del espacio (X, Y y Z) siendo X la anchura máxima, Y el grosor máximo y Z la altura máxima de cemento remanente tras el pulido (Figura 4 y Figura5). Esta metodología de medición fue analizada previamente con el análisis estadístico Gage R&R para estudiar si era repetible y reproducible. La técnica de medición mediante superposición de escáneres con el software Dolphing Imaging 3D demostró ser una técnica repetible y reproducible (Figura 5 y Figura 6).

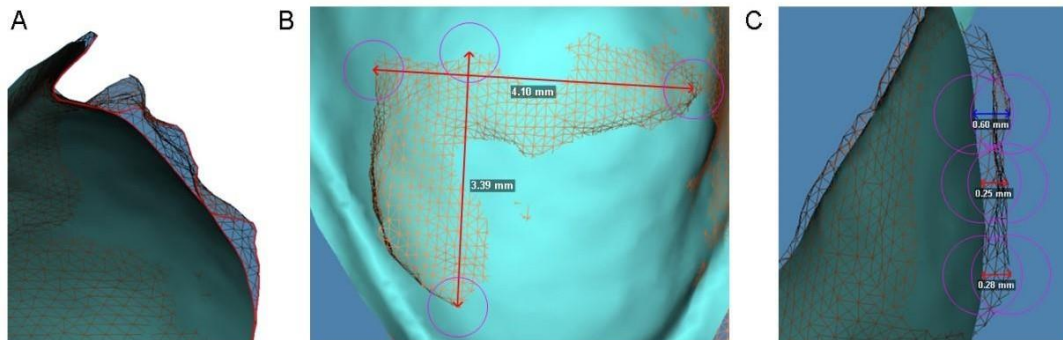


Figura 4: 4.A. Vista lateral del remanente de cemento tras la superposición STL1-STL2 del diente 24. 4.B. Mediciones lineales en dos planos del espacio de cemento remanente con el visor completamente frontal a la superficie lingual (STL1-STL2). 4.C. Mediciones lineales de grosor de cemento remanente en visión completamente lateral de la superposición STL1-STL2.

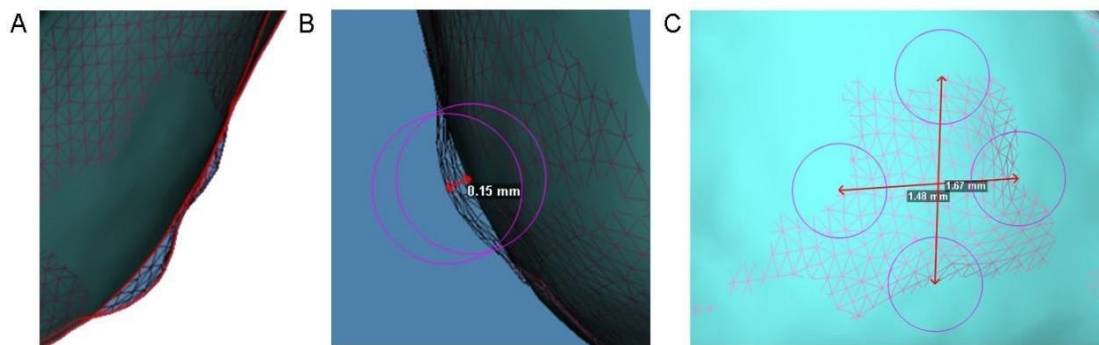


Figura 5: 5.A. Vista lateral del remanente de cemento tras la superposición STL1-STL3 del diente 24 mostrando el cemento remanente tras el pulido. 5.B. Medición lineal del grosor de cemento remanente tras el pulido en visión completamente lateral de la superposición STL1-STL3. 5.C. Mediciones lineales en dos planos del espacio de cemento remanente tras el pulido con el visor completamente frontal a la superficie lingual (STL1-STL3).

En el estudio preliminar, se utilizó un software 3D diferente (3D Geomagic Capture Wrap, 3D Systems, Rock Hill, SC, EE. UU). Este software, además de permitir valorar el área, permite calcular el volumen total de cemento remanente y el esmalte dañado o eliminado con el pulido. Esta técnica de medición morfométrica mostró con un análisis estadístico Gage R&R ser una técnica reproducible, repetible y precisa para cuantificar tanto el volumen como el área de cemento remanente y de esmalte dañado tras el pulido. Estos resultados fueron publicados en 2021 (Anexo 1 y Anexo 2).

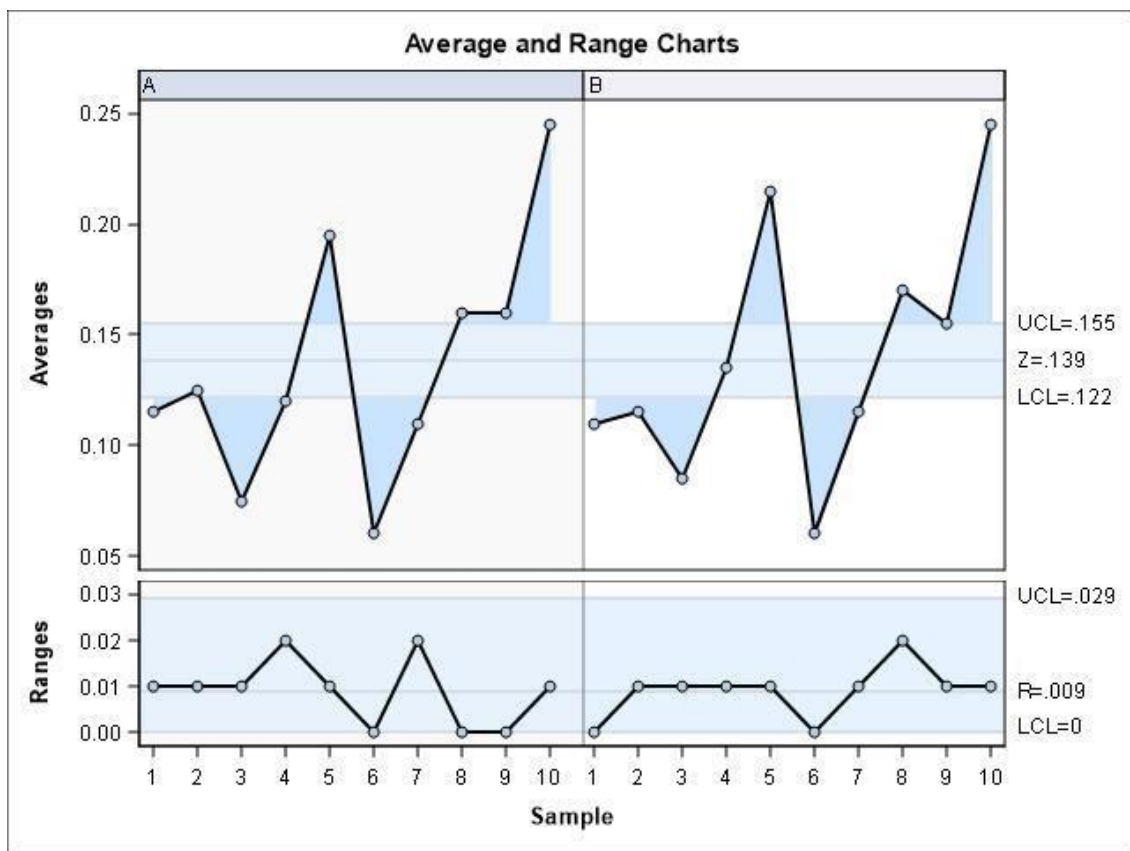


Figura 6: Gráfica que muestra la media de las dos medidas de cemento remanente en grosor para cada observador (A y B). Podemos observar que la variabilidad entre las medidas de los dos operadores es similar.

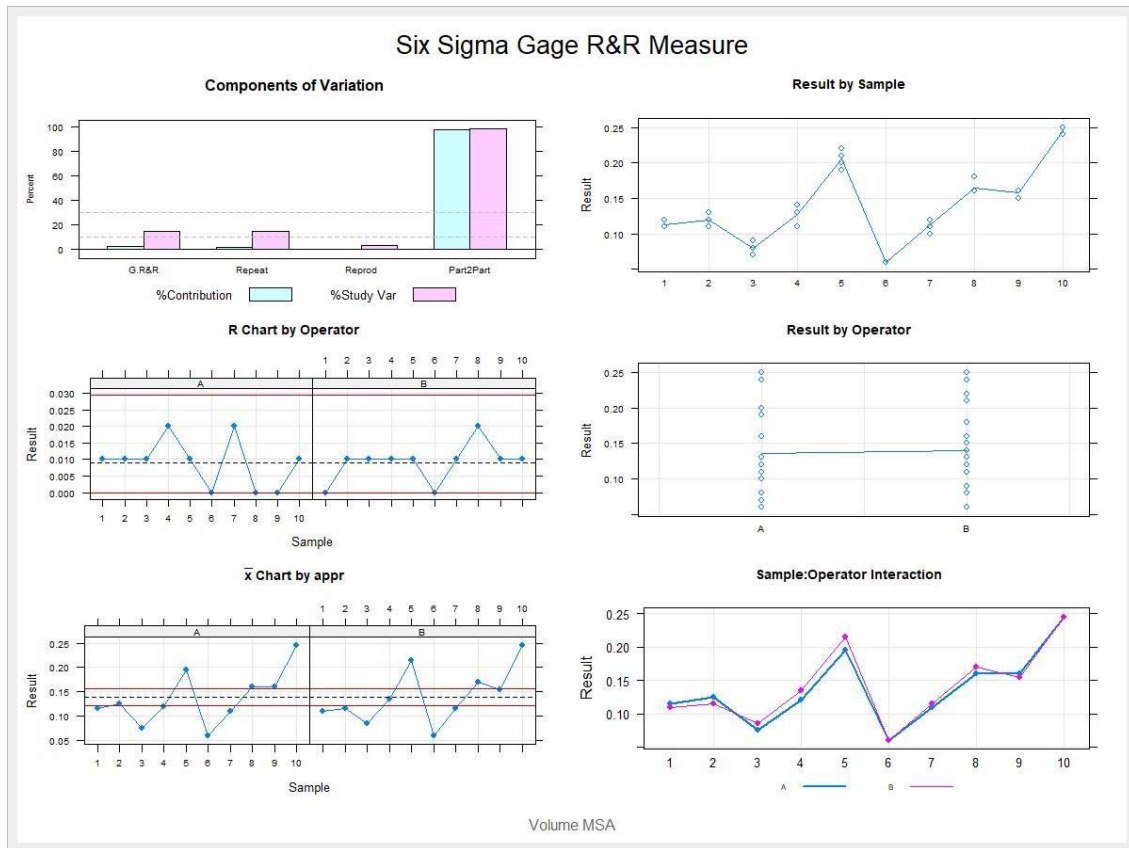


Figura 7: Gráfica de evaluación de las medidas de cemento indicando la diferencia entre las dos medidas de cada observador para evaluar la contribución de cada variable al total de variación obtenido (Componente de Variación) con una gráfica de control de medias y una gráfica de control de rangos (R Gráfico por operador y Gráfico X por aproximación), puntos de medición en el gráfico (Resultado por muestra y Resultado por operador) y las interacciones (Muestra: Interacciones de operación). Los valores están dentro de los límites de confianza.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se envían dos bases de datos 'Datos pulido' y 'Datos tiempo por arcada' en formato hoja de Excel Microsoft a un estadístico. El análisis estadístico ha sido realizado con el

software: SAS v9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Las decisiones estadísticas se han realizado tomando como nivel de significación el valor $p < 0.05$.

Se muestra a continuación el análisis descriptivo bivariado de Ancho, Altura, Grosor y Área del cemento en cada momento de tiempo preoperatorio (Pre) y postoperatorio (Post) según Rotatorio y Fresa. Se ha calculado el Área aproximada como: $\text{Área} = \text{Ancho} * \text{Altura}$ (en mm^2). Se presentan los diagramas de cajas y una tabla con los estadísticos descriptivos básicos (N, media, std, Mínimo, Q1, mediana, Q3, Máximo) según sistema rotatorio y tipo de fresa.

Posteriormente, se presenta el análisis bivariado de Área y Grosor en el momento preoperatorio (Pre) según Rotatorio y Fresa de homogeneidad basal. Se presenta un gráfico de cajas y una tabla con los estadísticos básicos de Área y Grosor según sistema rotatorio y tipo de fresa. Estos resultados se complementan con el contraste no paramétrico Mann-Whitney-Wilcoxon (2 grupos) o Kruskal-Wallis test (más de dos grupos) debido a la falta de normalidad de los datos (test Shapiro-Wilk). En este análisis también se presenta la estadística descriptiva de Área y Grosor según Grupo (sistema rotatorio y tipo de fresa conjuntamente) y el contraste Kruskal-Wallis global. Además, se presentan las diferencias dos a dos entre grupos, los p-valores han sido ajustados por la corrección de Bonferroni de multiplicidad de contrastes.

A continuación, se realizó el análisis bivariado de la diferencia Pre – Post de Área y Grosor según sistema rotatorio y tipo de fresa. Además, se presenta el contraste de la diferencia de Área y Grosor según sistema rotatorio y tipo de fresa conjuntamente. Debido a la falta de normalidad de los datos (Shapiro-Wilk test) se aplicaron los contrastes no

paramétricos de Mann-Whitney-Wilcoxon o de Kruskal-Wallis para Área y Grosor según el sistema rotatorio y tipo de fresa. En el caso del tipo de fresa, se presentan las tres comparaciones entre pares de fresa, donde se ha aplicado la corrección de Bonferroni por multiplicidad de contrastes.

Por último, se presentan los resultados del análisis según el grupo de dientes:

- Dientes posteriores: 14,15,16,17,24,25,26,27.
- Dientes anteriores: 11,12,13,21,22,23.

Se presenta el análisis bivariado según grupo de dientes en general, estratificado por grupo (6 grupos según el sistema rotatorio y tipo de fresa), estratificado por tipo de sistema rotatorio (2 tipos de sistema rotatorio).

Para cada una de las estratificaciones estudiadas se presenta el gráfico de cajas, una tabla con los estadísticos descriptivos básicos y el contraste de Mann-Whitney-Wilcoxon de Área o Grosor según el 'Grupo de dientes'. Además, en los casos en los que se encontró normalidad de datos (contrastado con el test de Shapiro-Wilk) se presenta el test paramétrico de contraste de dos grupos: t-test.

También se presentan los estadísticos descriptivos básicos del Tiempo de pulido de una arcada (minutos) según los grupos o según el tipo de sistema rotatorio.

RESULTADOS

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

ANCHO Y ALTURA

Se presenta el análisis descriptivo de las medidas de Ancho, Altura, Grosor y Área según Pulido y Fresa.

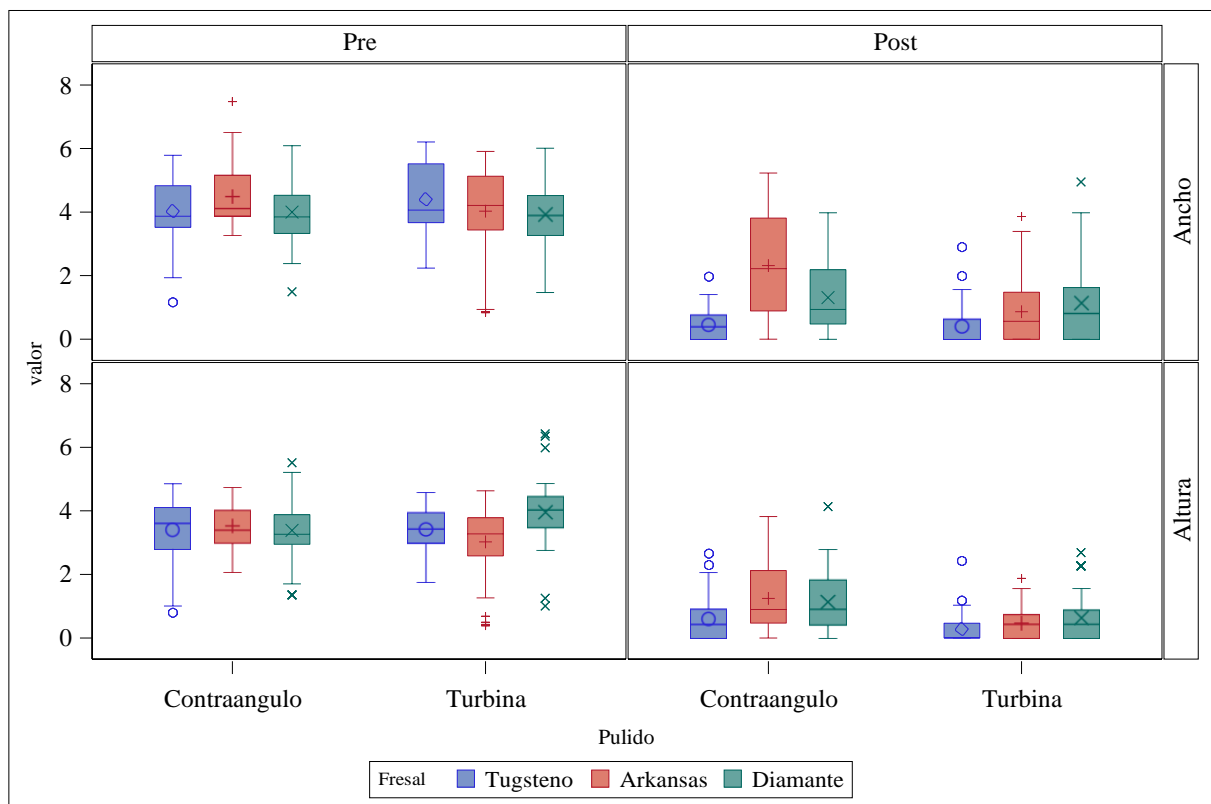


Figura 8: Análisis descriptivo de medidas pre y postoperatorias de Ancho y Altura de cemento según el sistema rotatorio y el fresa.

A continuación, se observan medias de ancho y altura superiores en los momentos pre que en los postoperatorios.

				Valor								
				N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
CONTRAA NGULO	Tungsten	Ancho	Pre	84	4.03	1.07	1.16	3.52	3.87	4.83	5.79	0
			Post	84	0.46	0.51	0.00	0.00	0.40	0.77	1.97	0
		Altura	Pre	84	3.41	0.92	0.79	2.80	3.61	4.10	4.85	0
			Post	84	0.61	0.74	0.00	0.00	0.44	0.91	2.65	0
	Arkansas	Ancho	Pre	84	4.49	0.97	3.27	3.88	4.12	5.16	7.48	0
			Post	84	2.32	1.53	0.00	0.89	2.22	3.81	5.23	0
		Altura	Pre	84	3.53	0.67	2.07	2.99	3.40	4.02	4.74	0
			Post	84	1.24	1.01	0.00	0.47	0.90	2.12	3.82	0
	Diamante	Ancho	Pre	84	4.00	1.00	1.49	3.33	3.85	4.53	6.09	0
			Post	84	1.31	1.13	0.00	0.48	0.94	2.19	3.98	0
		Altura	Pre	84	3.38	0.94	1.35	2.95	3.27	3.88	5.51	0
			Post	84	1.14	1.02	0.00	0.42	0.91	1.82	4.13	0

TURBINA	Tungsten o	Ancho	Pre	84	4.41	0.97	2.24	3.67	4.07	5.52	6.21	0
			Post	84	0.41	0.65	0.00	0.00	0.00	0.64	2.90	0
		Altura	Pre	84	3.41	0.61	1.76	2.98	3.42	3.93	4.56	0
			Post	84	0.28	0.47	0.00	0.00	0.00	0.46	2.42	0
	Arkansas	Ancho	Pre	84	4.03	1.38	0.84	3.44	4.22	5.13	5.91	0
			Post	84	0.86	0.98	0.00	0.00	0.57	1.48	3.86	0
		Altura	Pre	84	3.02	1.13	0.38	2.58	3.27	3.78	4.63	0
			Post	84	0.47	0.47	0.00	0.00	0.44	0.74	1.87	0
	Diamante	Ancho	Pre	84	3.92	1.01	1.47	3.27	3.89	4.50	6.01	0
			Post	84	1.13	1.25	0.00	0.00	0.81	1.62	4.95	0
		Altura	Pre	84	3.95	1.00	1.00	3.47	4.02	4.44	6.42	0
			Post	84	0.64	0.70	0.00	0.00	0.45	0.89	2.68	0

Tabla 1: Medidas descriptivas pre y postoperatorias de ancho y altura para el sistema rotatorio de contraángulo y turbina en los tres tipos de fresales expresados como media y desviación típica, mediana, cuartiles, mínimo y máximo y número de datos perdidos.

A continuación, se presenta una tabla resumen dónde se presentan las medias y desviaciones:

		Ancho						Altura					
		Pre			Post			Pre			Post		
		N	Mean	Std	N	Mean	Std	N	Mean	Std	N	Mean	Std
Contraangulo	Tungsteno	84	4.03	1.07	84	0.46	0.51	84	3.41	0.92	84	0.61	0.74
	Arkansas	84	4.49	0.97	84	2.32	1.53	84	3.53	0.67	84	1.24	1.01
	Diamante	84	4.00	1.00	84	1.31	1.13	84	3.38	0.94	84	1.14	1.02
Turbina	Tungsteno	84	4.41	0.97	84	0.41	0.65	84	3.41	0.61	84	0.28	0.47
	Arkansas	84	4.03	1.38	84	0.86	0.98	84	3.02	1.13	84	0.47	0.47
	Diamante	84	3.92	1.01	84	1.13	1.25	84	3.95	1.00	84	0.64	0.70

Tabla 2: Medidas descriptivas de ancho y altura expresadas como medias y desviación típica.

GROSOR

Se presenta el análisis descriptivo de las medidas de Ancho, Altura, Grosor y Área según Pulido y Fresa.

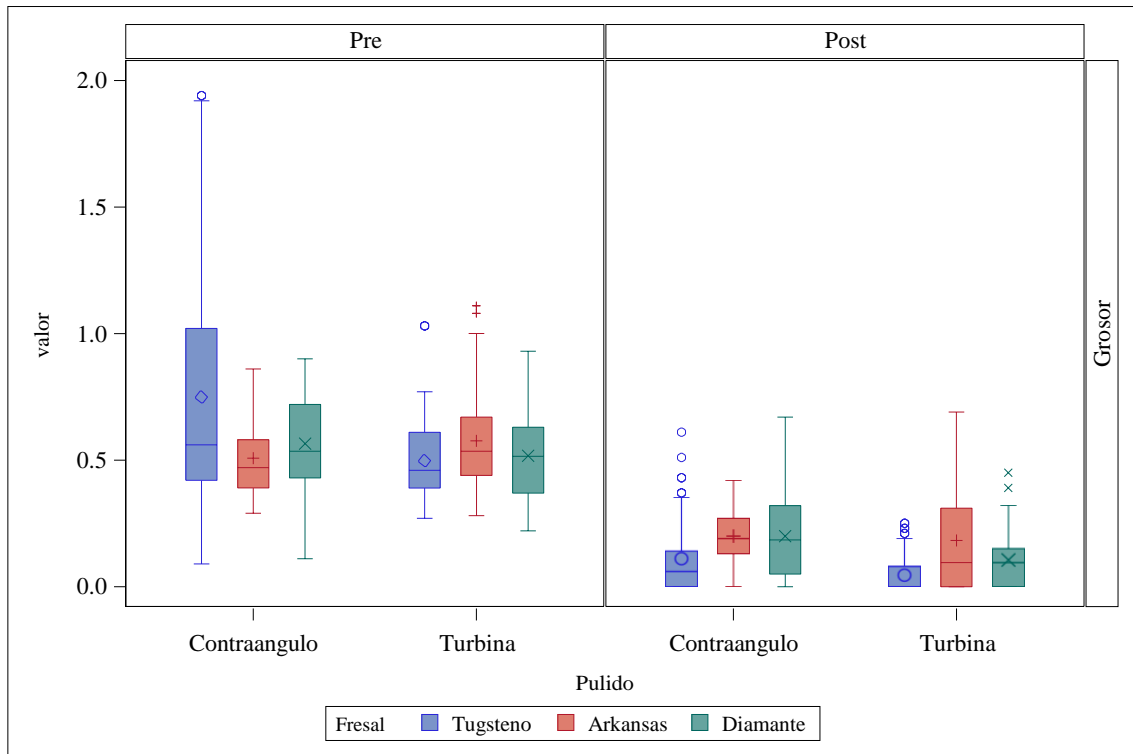


Figura 9: Análisis descriptivo de medidas pre y postoperatorias de Grosor de cemento según el sistema rotatorio y el fresa.

				valor								
				N	Me an	St d	Mi n	Q1	Medi an	Q3	Ma x	NMi ss
CONTRAÁ NGULO	Tungst eno	Grosor	Pr e	8 4	0.7 5	0.4 7	0.0 9	0.4 2	0.56	1.0 2	1.9 4	0
			Pos t	8 4	0.1 1	0.1 4	0.0 0	0.0 0	0.06	0.1 4	0.6 1	0
	Arkan sas	Grosor	Pr e	8 4	0.5 1	0.1 4	0.2 9	0.3 9	0.47	0.5 8	0.8 6	0
			Pos t	8 4	0.2 0	0.1 0	0.0 0	0.1 3	0.19	0.2 7	0.4 2	0
	Diaman te	Grosor	Pr e	8 4	0.5 6	0.2 1	0.1 1	0.4 3	0.54	0.7 2	0.9 0	0
			Pos t	8 4	0.2 0	0.1 6	0.0 0	0.0 5	0.19	0.3 2	0.6 7	0
TURBINA	Tungst eno	Grosor	Pr e	8 4	0.5 0	0.1 6	0.2 7	0.3 9	0.46	0.6 1	1.0 3	0
			Pos t	8 4	0.0 5	0.0 7	0.0 0	0.0 0	0.00	0.0 8	0.2 5	0
	Arkan sas	Grosor	Pr e	8 4	0.5 8	0.2 0	0.2 8	0.4 4	0.54	0.6 7	1.1 1	0
			Pos t	8 4	0.1 8	0.2 1	0.0 0	0.0 0	0.10	0.3 1	0.6 9	0
	Diaman te	Grosor	Pr e	8 4	0.5 2	0.1 7	0.2 2	0.3 7	0.52	0.6 3	0.9 3	0
			Pos t	8 4	0.1 1	0.1 0	0.0 0	0.0 0	0.10	0.1 5	0.4 5	0

Tabla 3: Medidas descriptivas pre y postoperatorias de Grosor para el sistema rotatorio de contraángulo y turbina en los tres tipos de fresales expresados como media y desviación típica, mediana, cuartiles, mínimo y máximo y número de datos perdidos.

A continuación, se presenta una tabla resumen dónde se presentan las medias y desviaciones:

		Grosor					
		Pre			Post		
		N	Mean	Std	N	Mean	Std
CONTRAÁNGULO	Tungsteno	84	0.75	0.47	84	0.11	0.14
	Arkansas	84	0.51	0.14	84	0.20	0.10
	Diamante	84	0.56	0.21	84	0.20	0.16
TURBINA	Tungsteno	84	0.50	0.16	84	0.05	0.07
	Arkansas	84	0.58	0.20	84	0.18	0.21
	Diamante	84	0.52	0.17	84	0.11	0.10

Tabla 4: Medidas descriptivas de ancho y altura expresadas como medias y desviación típica.

La media de Grosor en los 84 dientes con Contraángulo y Tungsteno: en Pre es 0.75 (std=0.47) y en Post es 0.11 (std=0.14).

ÁREA (Ancho x Altura)

Para cada momento de tiempo, se ha calculado el Área como el producto de Ancho y Altura:

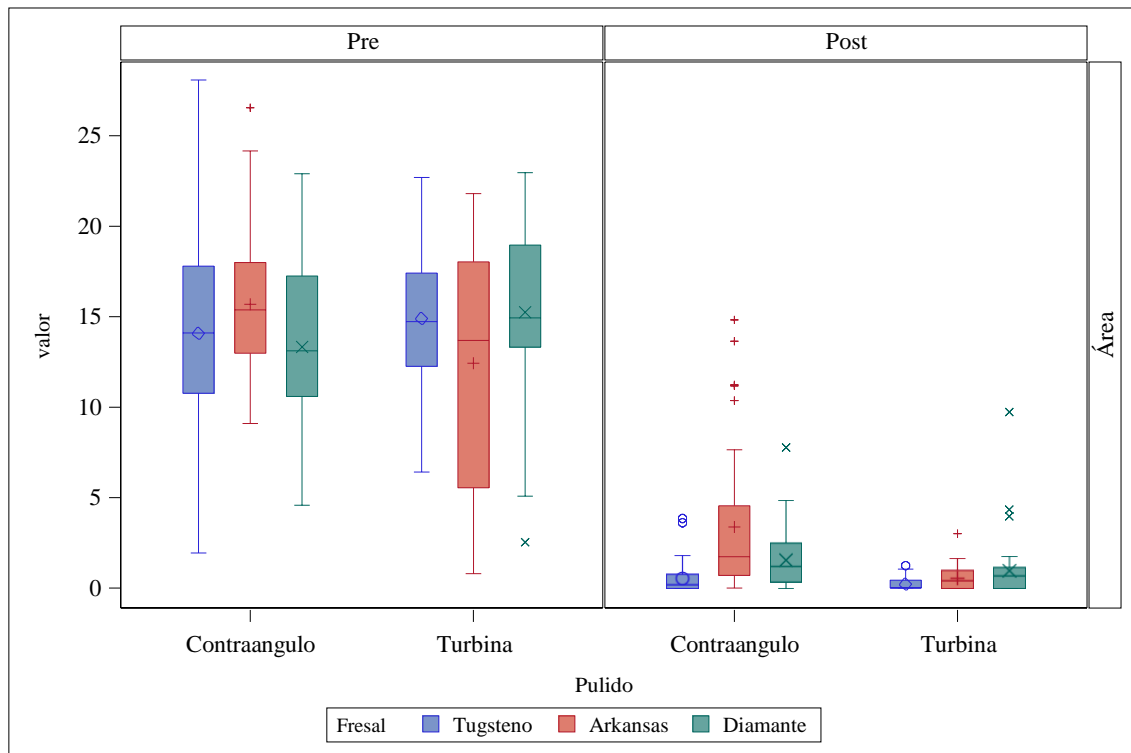


Figura 10: Análisis descriptivo del área estimada pre y postoperatorias de cemento según el sistema rotatorio y el fresa.

				valor					
				N	Mean	Std	Min	Q1	Median
CONTRAÁNGULO	Tungsteno	Área	Pre	84	14.08	5.71	1.94	10.77	14.10
			Post	84	0.55	0.88	0.00	0.00	0.21
	Arkansas	Área	Pre	84	15.68	3.78	9.10	12.98	15.37
			Post	84	3.37	3.93	0.00	0.70	1.73
	Diamante	Área	Pre	84	13.32	4.30	4.58	10.59	13.12
			Post	84	1.57	1.60	0.00	0.36	1.23

TURBINA	Tungsteno	Área	Pre	84	14.90	3.63	6.41	12.26	14.73
			Post	84	0.22	0.33	0.00	0.00	0.00
	Arkansas	Área	Pre	84	12.42	6.34	0.80	5.55	13.69
			Post	84	0.57	0.65	0.00	0.00	0.43
	Diamante	Área	Pre	84	15.24	4.51	2.54	13.32	14.94
			Post	84	0.97	1.66	0.00	0.00	0.69

Tabla 5: Medidas descriptivas pre y postoperatorias del área estimada para el sistema rotatorio de contraángulo y turbina en los tres tipos de fresales expresados como media y desviación típica, mediana, primer cuartil y mínimo.

A continuación, se presenta una tabla resumen dónde se presentan las medias y desviaciones:

		Área					
		Pre			Post		
		N	Mean	Std	N	Mean	Std
CONTRAÁNGULO	Tungsteno	84	14.08	5.71	84	0.55	0.88
	Arkansas	84	15.68	3.78	84	3.37	3.93
	Diamante	84	13.32	4.30	84	1.57	1.60
TURBINA	Tungsteno	84	14.90	3.63	84	0.22	0.33
	Arkansas	84	12.42	6.34	84	0.57	0.65
	Diamante	84	15.24	4.51	84	0.97	1.66

Tabla 6: Medidas descriptivas de área estimada expresadas como media y desviación típica.

La media de Área en los 84 dientes con Pulido=Contraangulo y Fresa=Tungsteno: en Pre es 14.08 (std=5.71) y en Post es 0.55 (std=0.88).

ANÁLISIS COMPARATIVO

ANÁLISIS BIVARIADO ÁREA Y GROSOR DEL MOMENTO PREOPERATORIO SEGÚN PULIDO Y FRESAL

Grosor preoperatorio según el tipo de sistema rotatorio

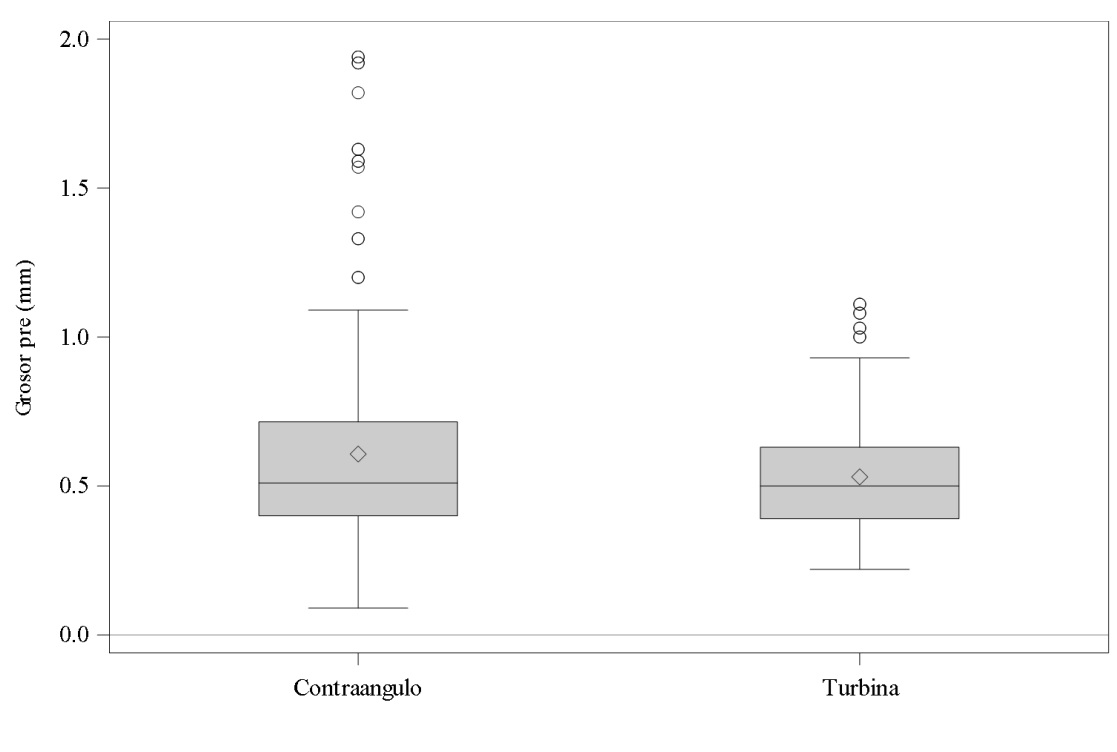


Figura 11: Diagrama de cajas donde se expresa el grosor preoperatorio en función del tipo de sistema rotatorio (contraángulo y turbina).

	Grosor pre (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraángulo	252	0.61	0.32	0.09	0.40	0.51	0.72	1.94	0
Turbina	252	0.53	0.18	0.22	0.39	0.50	0.63	1.11	0

Tabla 7: Grosor preoperatorio (mm) en el grupo de contraángulo y turbina expresado como media, desviación típica, primer y tercer cuartil, mínimo y máximo y n datos perdidos.

A continuación, se analiza si los datos siguen una distribución normal. Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Grosor pre			
	Test for normality		
Pulido	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraangulo	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
Turbina	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0001

Tabla 8: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos.

En el grupo de contraangulo, se detectan diferencia estadísticamente significativas ($W=0.82$, $p_valor = 0.0001$) entre la distribución observada y la distribución normal.

También en el grupo turbina, se detectan diferencia estadísticamente significativas ($W=0.94$, $p_valor = 0.0001$) entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar los valores en el momento Preoperatorio. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr > Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr > Z	Pr > Z
66725.00	1.8936	0.0291	0.0583	0.0294	0.0589
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 9: Análisis test-no paramétrico de Wilcoxon para comparar los datos preoperatorios entre los grupos de estudio.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de Grosor Pre entre tipos de Rotatorio (contraángulo y turbina).

Grosor preoperatorio según el tipo de fresa

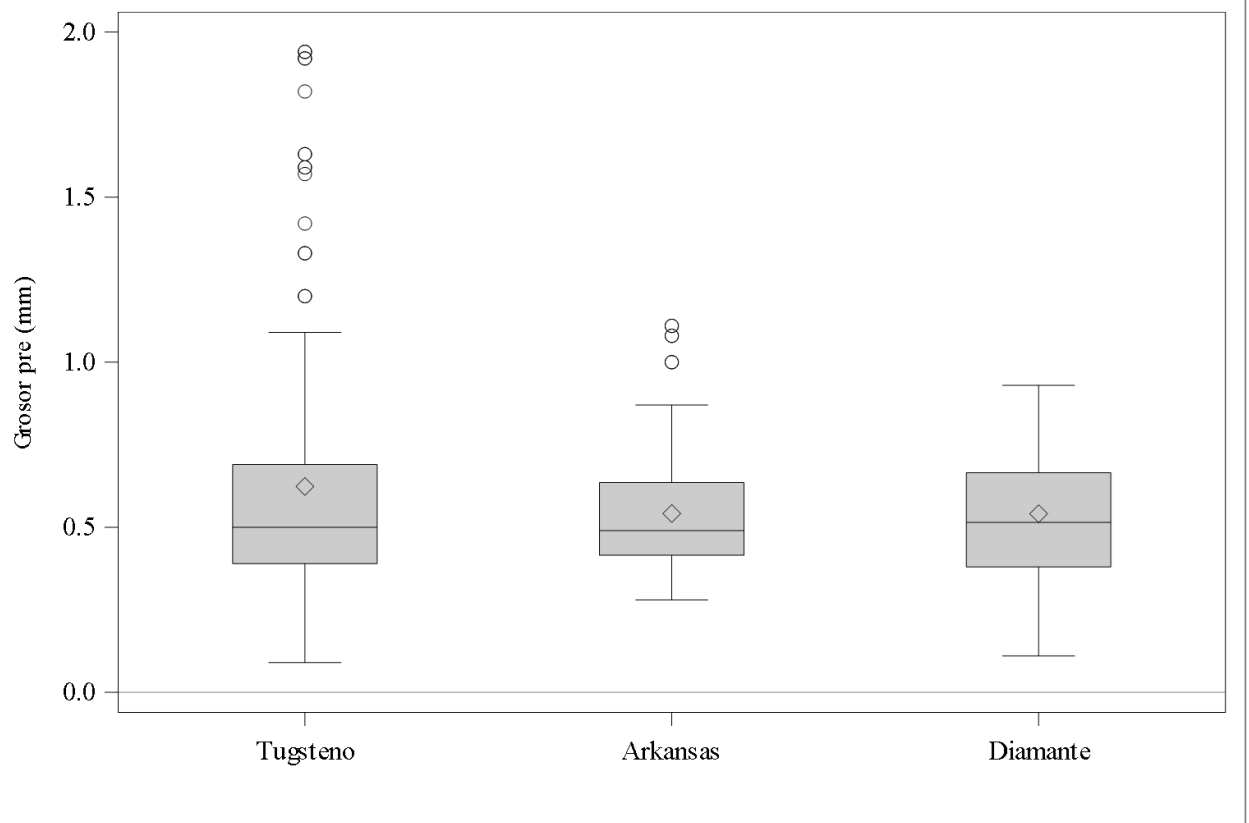


Figura 12: diagrama de cajas done se muestra los valore de grosor preoperatorio en función del tipo de fresa.

La media de grosor preoperatoria en el grupo de fresa de tungsteno es 0.62 (std=0.37).

La media de grosor en grupo Arkansas y Diamante es 0.54 (std=0.18, 0.19, respectivamente).

	Grosor pre (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Tungsteno	168	0.62	0.37	0.09	0.39	0.50	0.69	1.94	0
Arkansas	168	0.54	0.18	0.28	0.42	0.49	0.64	1.11	0
Diamante	168	0.54	0.19	0.11	0.38	0.52	0.67	0.93	0

Tabla 10: Grosor preoperatorio (mm) en los grupos tungsteno, diamante y arkansas expresado como media, desviación típica, primer y tercer cuartil, mínimo y máximo y n datos perdidos.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Grosor pre			
	Test for normality		
Fresal	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.78	0.0001
Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0001
Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0055

Tabla 11: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos.

En todos los tipos de fresa, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores en el momento Preoperatorio.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
0.0563	2	0.9723

Tabla 12: Análisis no-paramétrico Kruskal-Wallis para valorar las diferencias preoperatorias de grosor de cemento entre los grupos de estudio tipo de fresa.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de Grosor Preoperatorio entre tipos de Fresa (Tungsteno, Arkansas y Diamante).

Grosor preoperatorio según grupo de estudio (según tipo de fresa y sistema rotatorio)

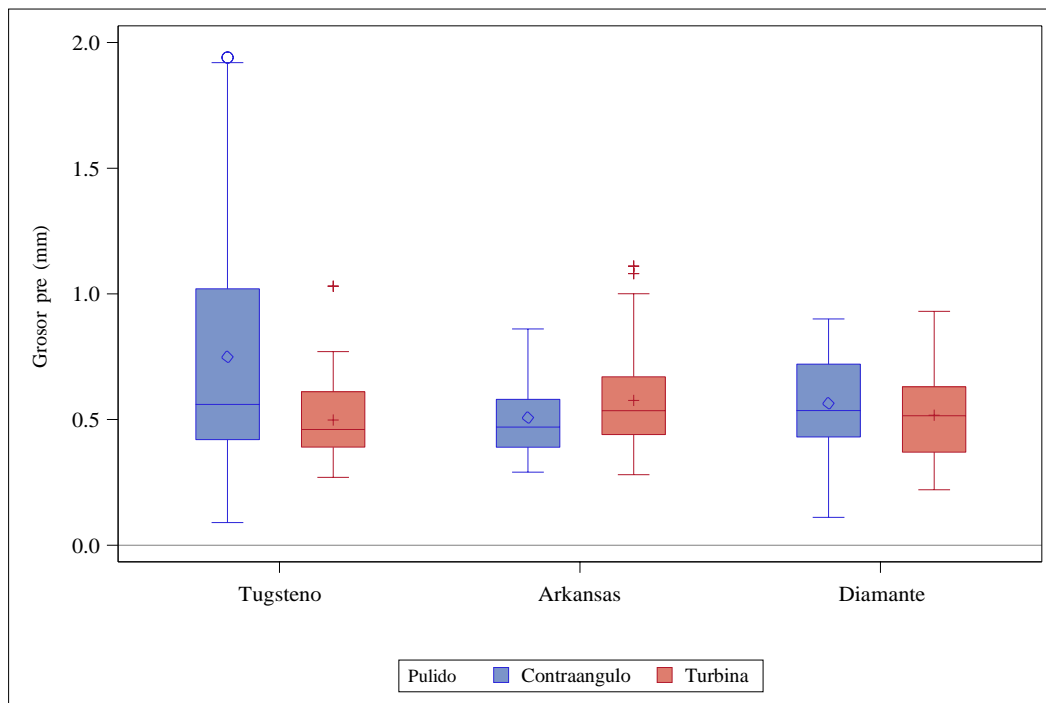


Figura 13: diagrama de cajas donde se expresa el grosor preoperatorio en función del grupo de estudio, teniendo en cuenta tanto el tipo de fresa y de sistema rotatorio.

La media de grosor pre en el grupo 1 es 0.75 (std=0.47). La media de grosor los otros grupos se sitúa entre 0.5 y 0.6.

	Grosor pre (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
G1: Contraangulo,Tungsteno	84	0.75	0.47	0.09	0.42	0.56	1.02	1.94	0
G2: Contraangulo,Arkansas	84	0.51	0.14	0.29	0.39	0.47	0.58	0.86	0
G3: Contraangulo,Diamante	84	0.56	0.21	0.11	0.43	0.54	0.72	0.90	0
G4: Turbina,Tungsteno	84	0.50	0.16	0.27	0.39	0.46	0.61	1.03	0
G5: Turbina,Arkansas	84	0.58	0.20	0.28	0.44	0.54	0.67	1.11	0
G6: Turbina,Diamante	84	0.52	0.17	0.22	0.37	0.52	0.63	0.93	0

Tabla 13: Grosor preoperatorio (mm) en los seis grupos de estudio teniendo en cuenta tanto el tipo de fresa como el sistema rotatorio expresado como media, desviación típica, primer y tercer cuartil, mínimo y máximo y n datos perdidos.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Grosor pre			
Grupo	Test for normality		
	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
G1: Contraangulo,Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.86	0.0001
G2: Contraangulo,Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.0023
G3: Contraangulo,Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.0224
G4: Turbina,Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.91	0.0001
G5: Turbina,Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0002
G6: Turbina,Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.0086

Tabla 14: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos.

En todos los grupos, se detectan diferencia estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores en el momento preoperatorio.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
18.5391	5	0.0023

Tabla 15: Análisis de Kruskal-Wallis para valorar las diferencias estadísticas entre los valores preoperatorios en los seis grupos de estudio.

Se detectan diferencias estadísticamente significativas de grosor preoperatorio entre grupos. A continuación, se presentan los contrastes dos a dos entre grupos, realizado con el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (p valor ajustado por multiplicidad de contrastes con corrección de Bonferroni):

Variable	Comparación	Statistic	Z	Pr > Z	p-value (Bonferroni correction)
grosor_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G2: Contraangulo,Arkansas	7932.0	2.65	0.0081	0.1221
grosor_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G3: Contraangulo,Diamante	7533.0	1.38	0.1679	1.0000
grosor_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G4: Turbina,Tungsteno	8094.0	3.16	0.0016	0.0237
grosor_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G5: Turbina,Arkansas	7466.0	1.17	0.2435	1.0000
grosor_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G6: Turbina,Diamante	7925.0	2.62	0.0087	0.1306
grosor_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G3: Contraangulo,Diamante	6478.0	-1.97	0.0492	0.7387
grosor_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G4: Turbina,Tungsteno	7368.0	0.86	0.3921	1.0000
grosor_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G5: Turbina,Arkansas	6410.0	-2.18	0.0291	0.4362
grosor_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G6: Turbina,Diamante	7062.0	-0.11	0.9103	1.0000
grosor_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G4: Turbina,Tungsteno	7866.0	2.44	0.0148	0.2226
grosor_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G5: Turbina,Arkansas	7184.0	0.27	0.7861	1.0000
grosor_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G6: Turbina,Diamante	7602.0	1.60	0.1100	1.0000
grosor_pre	G4: Turbina,Tungsteno vs G5: Turbina,Arkansas	6242.0	-2.72	0.0066	0.0993
grosor_pre	G4: Turbina,Tungsteno vs G6: Turbina,Diamante	6878.0	-0.70	0.4860	1.0000
grosor_pre	G5: Turbina,Arkansas vs G6: Turbina,Diamante	7650.0	1.75	0.0800	1.0000

Tabla 16: Análisis de Wilcoxon para valorar las diferencias estadísticas dos a dos entre los seis grupos de estudio.

Se detectan diferencias estadísticamente significativas (Stat = 8094, adj p =0.0237) de grosor entre grupo 1 y grupo 4.

Área preoperatoria según el tipo de sistema rotatorio

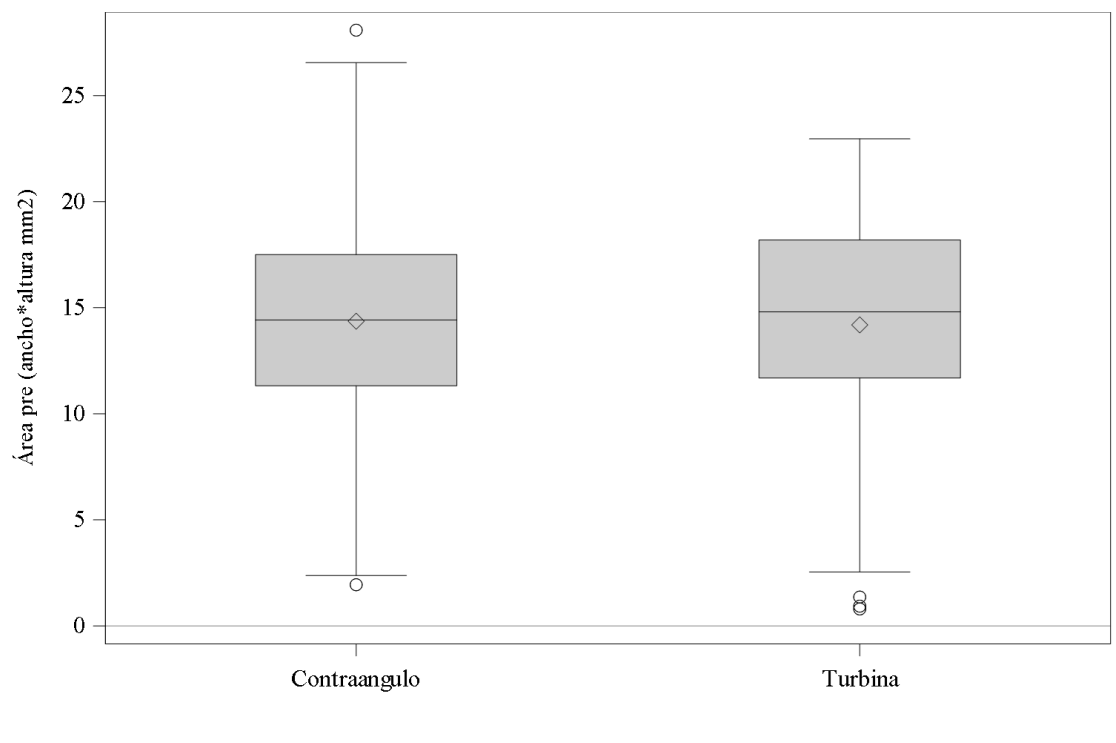


Figura 14: diagrama de cajas donde se expresa el área preoperatoria en función del tipo de sistema rotatorio.

	Área pre (ancho*altura mm2)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraangulo	252	14.36	4.75	1.94	11.32	14.41	17.50	28.08	0
Turbina	252	14.19	5.10	0.80	11.69	14.80	18.19	22.96	0

Tabla 17: Área preoperatoria (mm) según el tipo de sistema rotatorio expresado como media, desviación típica, primer y tercer cuartil, mínimo y máximo y n datos perdidos.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Área pre			
Test for normality			
Pulido	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraangulo	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.2033
Turbina	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0001

Tabla 18: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de área estimada preoperatoria según el tipo de sistema rotatorio.

En el grupo turbina, se detectan diferencia estadísticamente significativas ($W=0.94$, $p_valor = 0.0001$) entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar los valores en el momento preoperatoria. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr < Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr < Z	Pr > Z
62500.00	-0.6909	0.2448	0.4896	0.2450	0.4899
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 19: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de área estimada preoperatoria.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de área estimada preoperatoria entre tipos de sistema rotatorio (contraángulo y turbina).

Área estimada según el tipo de fresa

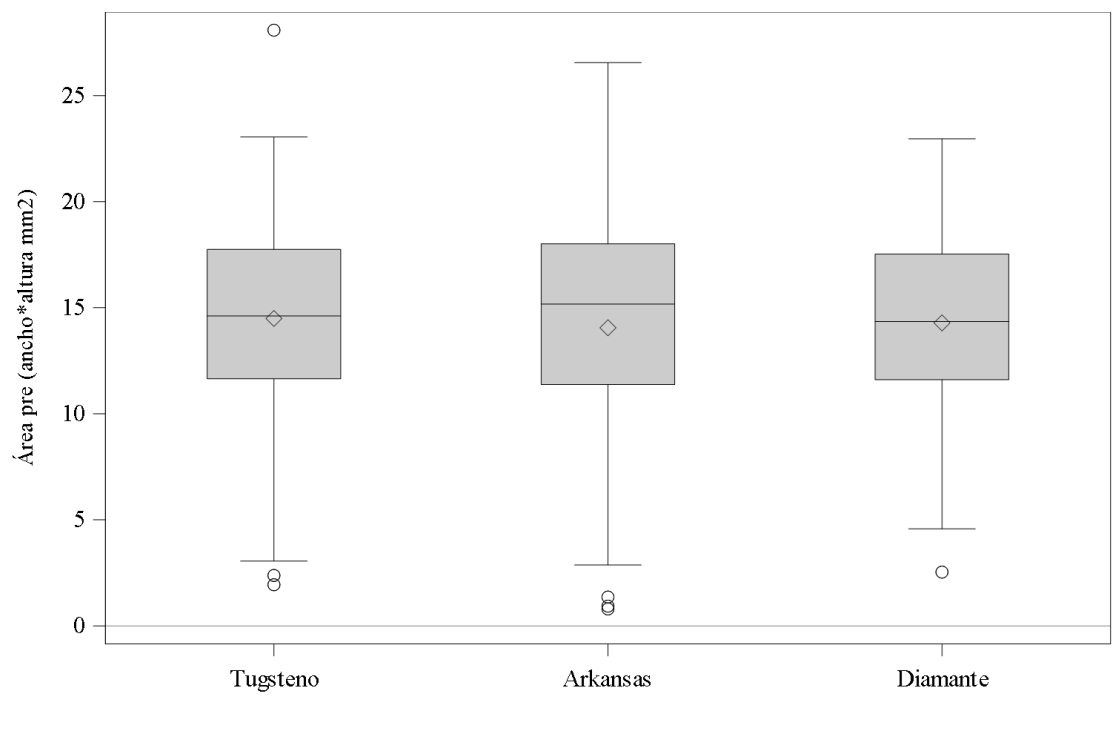


Figura 15: Diagrama de cajas donde se expresa el área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa.

La media de área para los diferentes fresas se sitúa entre 14 y 14.5 mm².

	Área pre (ancho*altura mm2)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Tungsteno	168	14.49	4.79	1.94	11.65	14.61	17.74	28.08	0
Arkansas	168	14.05	5.46	0.80	11.38	15.17	18.01	26.55	0
Diamante	168	14.28	4.50	2.54	11.61	14.35	17.53	22.96	0

Tabla 20: Análisis descriptivo de los valores de área preoperatoria en función del tipo de fresa (tungsteno, arkansas, diamante).

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Área pre			
Test for normality			
Fresal	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.1212
Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.0001
Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0285

Tabla 21: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de área preoperatoria en función del tipo de fresa.

En los grupos de fresas arkansas y diamante, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores en el momento preoperatorio. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
0.1330	2	0.9357

Tabla 22: Test de Kruskal-Wallis comparar los datos de área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de área estimada preoperatoria entre los grupos de tipos de fresas (Tungsteno, Arkansas y Diamante).

Área estimada según grupo de estudio (tipo de fresa y sistema rotatorio)

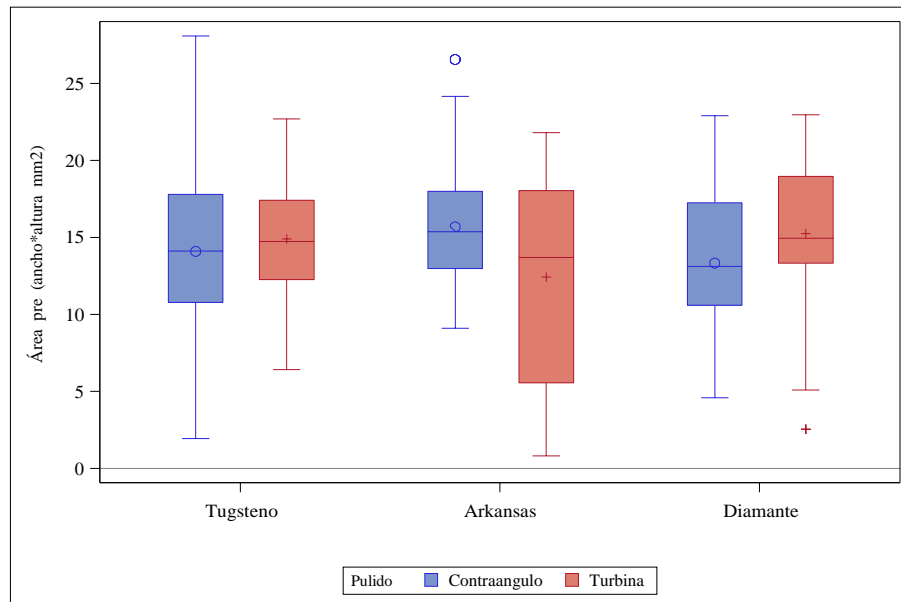


Figura 16: Diagrama de cajas donde se muestra el análisis descriptivo del área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa y sistema rotatorio.

La media de área estimada preoperatoria en el grupo 5 (turbina y arkansas) es 12.42 (std=6.34). La media de área pre en el grupo 3 (contraángulo y diamante) es 13.32 (std=4.3). La media para los otros grupos se sitúa entre 14 y 16 mm².

	Área pre (ancho*altura mm2)								
	N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
G1: Contraángulo,Tungsten o	84	14.0 8	5.7 1	1.9 4	10.7 7	14.10	17.7 9	28.0 8	0
G2: Contraángulo,Arkansas	84	15.6 8	3.7 8	9.1 0	12.9 8	15.37	17.9 9	26.5 5	0
G3: Contraángulo,Diamant e	84	13.3 2	4.3 0	4.5 8	10.5 9	13.12	17.2 5	22.9 0	0
G4: Turbina,Tungsteno	84	14.9 0	3.6 3	6.4 1	12.2 6	14.73	17.4 1	22.6 9	0

G5: Turbina,Arkansas	84	12.4 2	6.3 4	0.8 0	5.55	13.69	18.0 3	21.8 0	0
G6: Turbina,Diamante	84	15.2 4	4.5 1	2.5 4	13.3 2	14.94	18.9 6	22.9 6	0

Tabla 23: Análisis descriptivo del área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa y sistema rotatorio en los seis grupos de estudio.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Área pre			
Grupo	Test for normality		
	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
G1: Contraangulo,Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.3132
G2: Contraangulo,Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.0039
G3: Contraangulo,Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.2970
G4: Turbina,Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.4720
G5: Turbina,Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.90	0.0001
G6: Turbina,Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0011

Tabla 24: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa y rotatorio.

En los grupos 2, 5 y 6, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores en el momento Pre. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
17.4876	5	0.0037

Tabla 25: Test de Kruskal-Wallis para comparar los datos de área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa y sistema rotatorio.

Se detectan diferencias estadísticamente significativas de área estimada preoperatoria entre los grupos.

A continuación se presentan los contrastes dos a dos entre grupos, realizado con el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (p valor ajustado por multiplicidad de contrastes con corrección de Bonferroni):

Variable	Comparación	Statistic	Z	p-value (Bonferroni correction)
area_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G2: Contraangulo,Arkansas	6534.0	-1.79	1.0000
area_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G3: Contraangulo,Diamante	7426.0	1.04	1.0000
area_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G4: Turbina,Tungsteno	6796.0	-0.96	1.0000
area_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G5: Turbina,Arkansas	7426.0	1.04	1.0000
area_pre	G1: Contraangulo,Tungsteno vs G6: Turbina,Diamante	6606.0	-1.56	1.0000
area_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G3: Contraangulo,Diamante	8162.0	3.37	0.0111
area_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G4: Turbina,Tungsteno	7414.0	1.00	1.0000
area_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G5: Turbina,Arkansas	7806.0	2.24	0.3720
area_pre	G2: Contraangulo,Arkansas vs G6: Turbina,Diamante	7122.0	0.07	1.0000
area_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G4: Turbina,Tungsteno	6306.0	-2.51	0.1806
area_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G5: Turbina,Arkansas	7174.0	0.24	1.0000
area_pre	G3: Contraangulo,Diamante vs G6: Turbina,Diamante	6102.0	-3.16	0.0238
area_pre	G4: Turbina,Tungsteno vs G5: Turbina,Arkansas	7690.0	1.88	0.9088

area_pre	G4: Turbina,Tungsteno vs G6: Turbina,Diamante	6798.0	- 0.95	1.0000
area_pre	G5: Turbina,Arkansas vs G6: Turbina,Diamante	6310.0	- 2.50	0.1872

Tabla 26: Análisis de Wilcoxon evaluar las diferencias entre los datos de área estimada preoperatoria en función del tipo de fresa y sistema rotatorio.

Se detectan diferencias estadísticamente significativas (Stat = 8162, adj p =0.0111) de área entre grupo 2 y grupo 3. Se detectan diferencias estadísticamente significativas (Stat = 6102, adj p =0.0238) de área entre grupo 3 y grupo 6.

ESTADÍSTICA COMPARATIVA ENTRE LOS VALORES PREOPERATORIOS Y POSTOPERATORIOS

Para cada diente se ha calculado la diferencia Pre- Post de Área estimada y Grosor:

$$\text{Diferencia Grosor} = \text{Grosor mm Pre} - \text{Grosor mm Post}$$

$$\text{Diferencia Área} = \text{Área mm}^2 \text{ Pre} - \text{Área mm}^2 \text{ Post}$$

Diferencias de grosor preoperatorio-postoperatorio

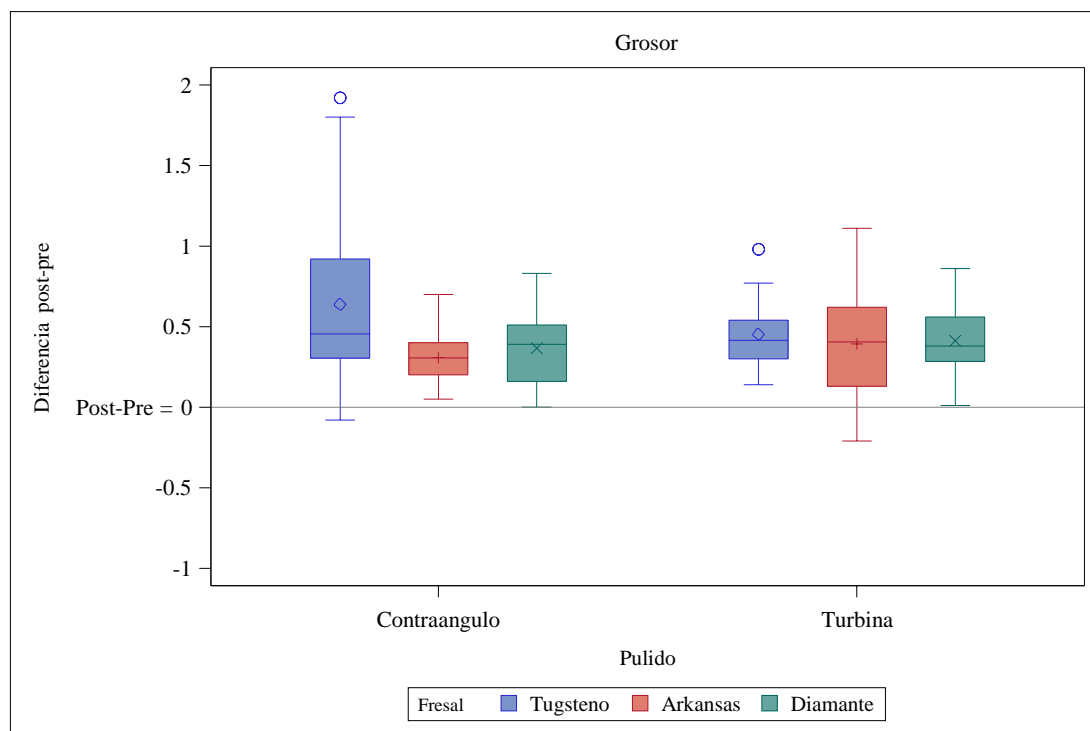


Figura 17: Diagrama de cajas donde se observan las diferencias entre el grosor preoperatorio y postoperatorio en función del tipo de sistema rotatorio y tipo de fresa.

La media de la diferencia Pre-Post del grosor en pulido = Contraángulo y Fresa = Tungsteno es de 0.64 (std = 0.5).

La media en Contraángulo y Fresa Arkansas y Diamante, Diamante son 0.31 (std=0.15), 0.37 (std=0.21), respectivamente.

La media de la diferencia Pre-Post de Grosor en el grupo Turbina es de: 0.45 (std=0.18) en Tungsteno, 0.39 (std=0.3) en Arkansas y 0.41 (std=0.19) en el grupo diamante.

		Diferencia pre-post								
		Grosor								
		N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraangulo	Tungsteno	84	0.64	0.50	-0.08	0.31	0.46	0.92	1.92	0
	Arkansas	84	0.31	0.15	0.05	0.20	0.31	0.40	0.70	0
	Diamante	84	0.37	0.21	0.00	0.16	0.39	0.51	0.83	0
Turbina	Tungsteno	84	0.45	0.18	0.14	0.30	0.42	0.54	0.98	0
	Arkansas	84	0.39	0.30	-0.21	0.13	0.41	0.62	1.11	0
	Diamante	84	0.41	0.19	0.01	0.29	0.38	0.56	0.86	0

Tabla 27: Análisis comparativo del grosor preoperatorio-postoperatorio en los grupos de estudio.

Diferencia pre y postoperatorias del grosor según el tipo de rotatorio

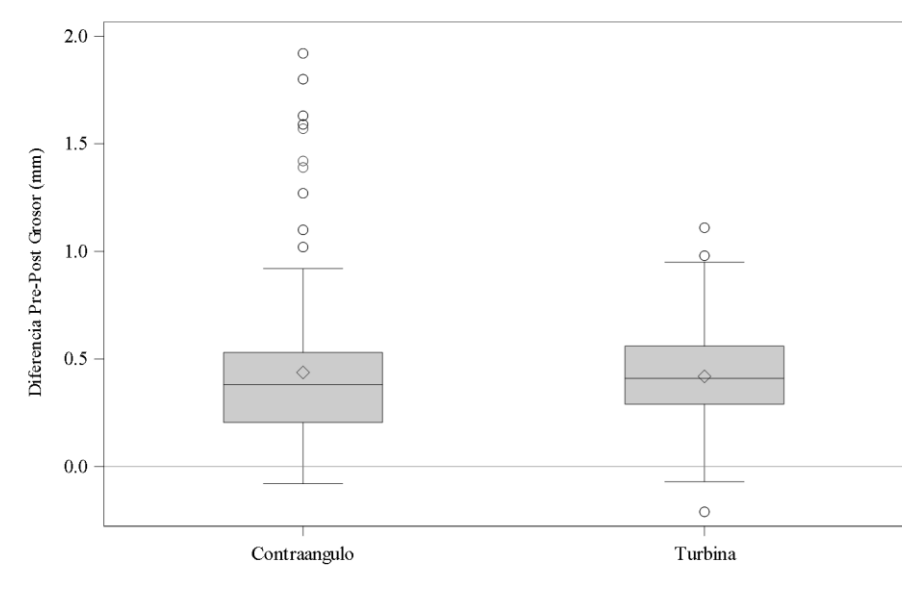


Figura 18: Diagrama de cajas donde se observan las diferencias entre el grosor preoperatorio y postoperatorio en función del tipo de sistema rotatorio.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en el grupo de Contraángulo es 0.44 (std=0.35). La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en el grupo Turbina es 0.42 (std=0.23).

	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraángulo	252	0.44	0.35	-0.08	0.21	0.38	0.53	1.92	0
Turbina	252	0.42	0.23	-0.21	0.29	0.41	0.56	1.11	0

Tabla 28: Análisis descriptivo del grosor preoperatorio-postoperatorio en función del tipo de sistema rotatorio.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia grosor			
	Test for normality		
Pulido	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraángulo	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
Turbina	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.2401

Tabla 29: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos preoperatorios de grosor de cemento remanente.

En el grupo de contraángulo, se detectan diferencia estadísticamente significativas ($W=0.82$, $p_valor = 0.0001$) entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar las diferencias de grosor entre Pre-Postoperatorio. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr < Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr < Z	Pr > Z
60981.50	-1.6199	0.0526	0.1052	0.0529	0.1059
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 30: Análisis de Wilcoxon de grosor preoperatorio-postoperatorio en los grupos de estudio tubina y contraángulo.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre tipos de Pulido (contraángulo y turbina).

Diferencia preoperatoria-postoperatoria del grosor según el tipo de fresal

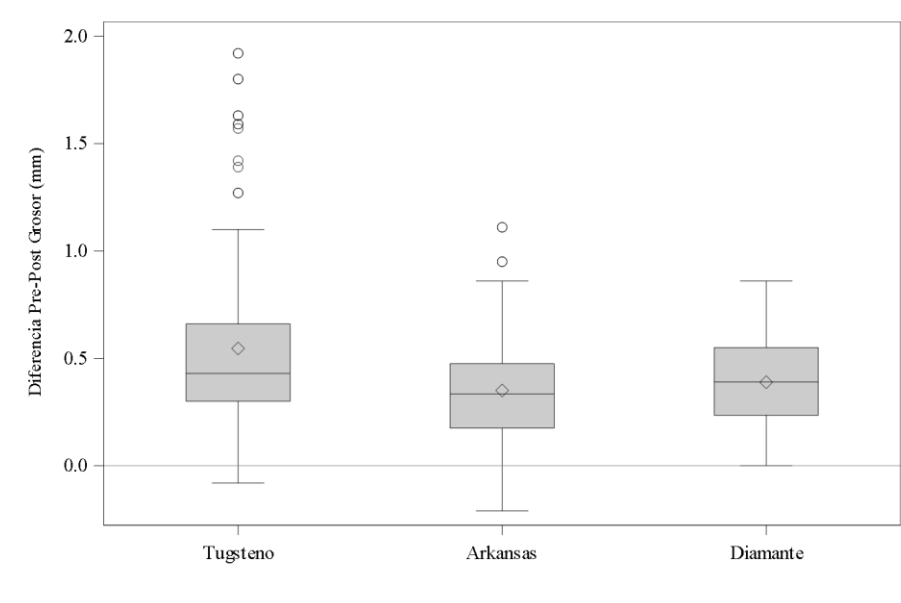


Figura 19: Diagrama de cajas donde se observan las diferencias entre el grosor preoperatorio y postoperatorio en función del tipo de sistema de fresa.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor en el grupo Tungsteno es 0.55 mm (std=0.39).

La media de la diferencia Pre-Post Grosor en los grupos Arkansas y Diamante es menor que 0.4 mm.

	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Tungsteno	168	0.55	0.39	-0.08	0.30	0.43	0.66	1.92	0
Arkansas	168	0.35	0.24	-0.21	0.18	0.34	0.48	1.11	0
Diamante	168	0.39	0.20	0.00	0.24	0.39	0.55	0.86	0

Tabla 31: Tabla descriptiva de los datos de grosor pre-postoperatorio entre los grupos de estudio según el tipo de fresal.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia grosor			
	Test for normality		
Fresal	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.84	0.0001
Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0169
Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0374

Tabla 32: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio entre los grupos de estudio según el tipo de fresa.

Con todas las fresas, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores de la diferencia Pre-Post Grosor. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
25.8734	2	<.0001

Tabla 33: Análisis de Kruskal-Wallis para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio entre los grupos de estudio según el tipo de fresa.

Existen diferencias estadísticamente significativas (Chi-Square = 25.87, p_value < 0.0001) entre fresas en la diferencia de grosor Pre-Postoperatorio, siendo esta media superior en la Fresa Tungsteno.

A continuación se presentan los contrastes dos a dos entre grupos, realizado con el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (p valor ajustado por multiplicidad de contrastes con corrección de Bonferroni):

Variable	comparision	Statistic	Z	p-value (Bonferroni correction)
diferencia_grosor	Tungsteno vs Arkansas	32712.00	4.9466	<.0001
diferencia_grosor	Arkansas vs Diamante	26659.00	-1.8518	0.1922
diferencia_grosor	Tungsteno vs Diamante	31244.50	3.2981	0.0029

Tabla 34: Tabla comparativa dos a dos de los datos de grosor pre-postoperatoratorio entre los grupos de estudio según el tipo de fresa.

Existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 32712, adj p_value < 0.0001) en la diferencia de grosor entre las Fresas Tungsteno y Arkansas. Existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 31244.5, adj p_value = 0.0029) en la diferencia de grosor entre las Fresas Tungsteno y Diamante.

Diferencia pre-postoperatoria del grosor según el tipo de fresal y rotatorio

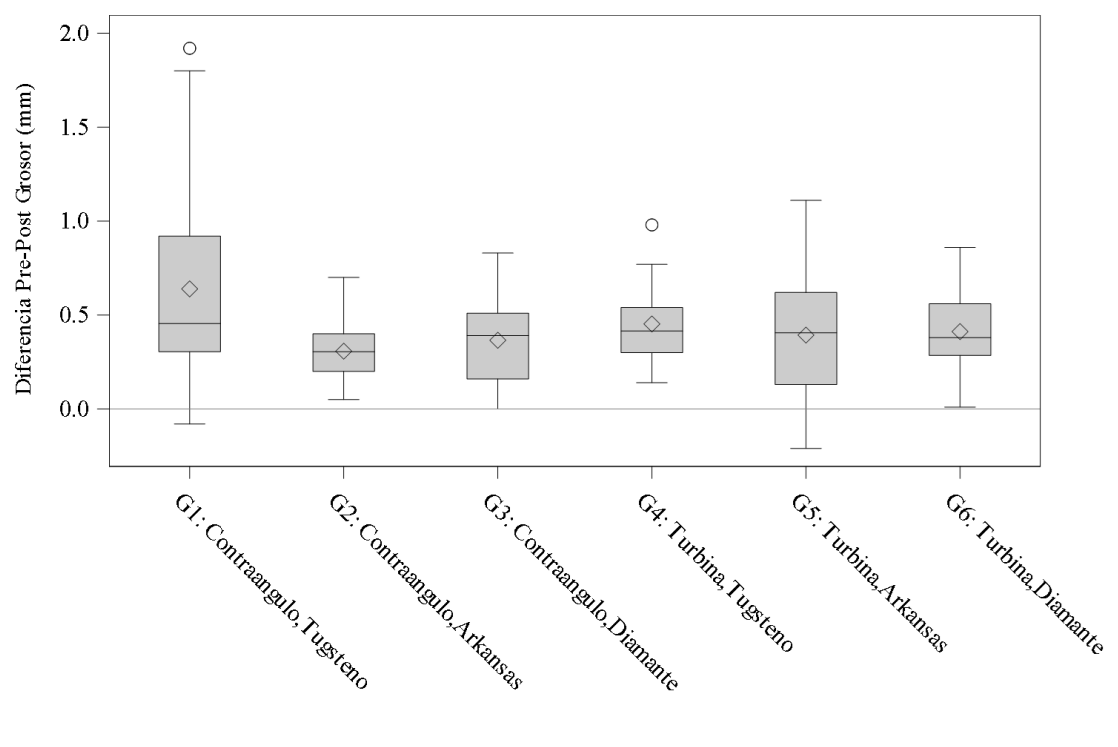


Figura 20: Diagrama de cajas donde se observan los datos de las diferencias entre el grosor preoperatorio y postoperatorio en los seis grupos de estudio (según tipo de fresa y rotatorio).

La media de la diferencia Pre-Post Grosor en G1 (Contraangulo, Tungsteno) es 0.64 (std=0.5). La media de la diferencia Pre-Post Grosor en G4 es 0.54 (Turbina y tungsteno) (std=0.18) y en G6 (Turbina y Diamante) es 0.41 (std=0.19). La media de la diferencia Pre-Post Grosor en G5 (Turbina y Arkansas) es 0.39 (std=0.3) y en G3 (Contraángulo y Diamante) es 0.37 (std=0.21). La media de la diferencia Pre-Post Grosor en G2 es 0.31 (Contraángulo y Arkansas) (std=0.15). En este grupo se da la menor media de diferencia Pre-Post.

	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
G1: Contraangulo,Tungsteno	84	0.64	0.50	-0.08	0.31	0.46	0.92	1.92	0
G2: Contraangulo,Arkansas	84	0.31	0.15	0.05	0.20	0.31	0.40	0.70	0
G3: Contraangulo,Diamante	84	0.37	0.21	0.00	0.16	0.39	0.51	0.83	0
G4: Turbina,Tungsteno	84	0.45	0.18	0.14	0.30	0.42	0.54	0.98	0
G5: Turbina,Arkansas	84	0.39	0.30	-0.21	0.13	0.41	0.62	1.11	0
G6: Turbina,Diamante	84	0.41	0.19	0.01	0.29	0.38	0.56	0.86	0

Tabla 35: Tabla descriptiva de los datos de grosor pre-postoperatorio entre los seis grupos de estudio (según rotatorio y fresa).

Diferencia pre-postoperatoria del área

Se presenta la estadística descriptiva de las diferencias en Pre-Postoperatoria de Área estimada:

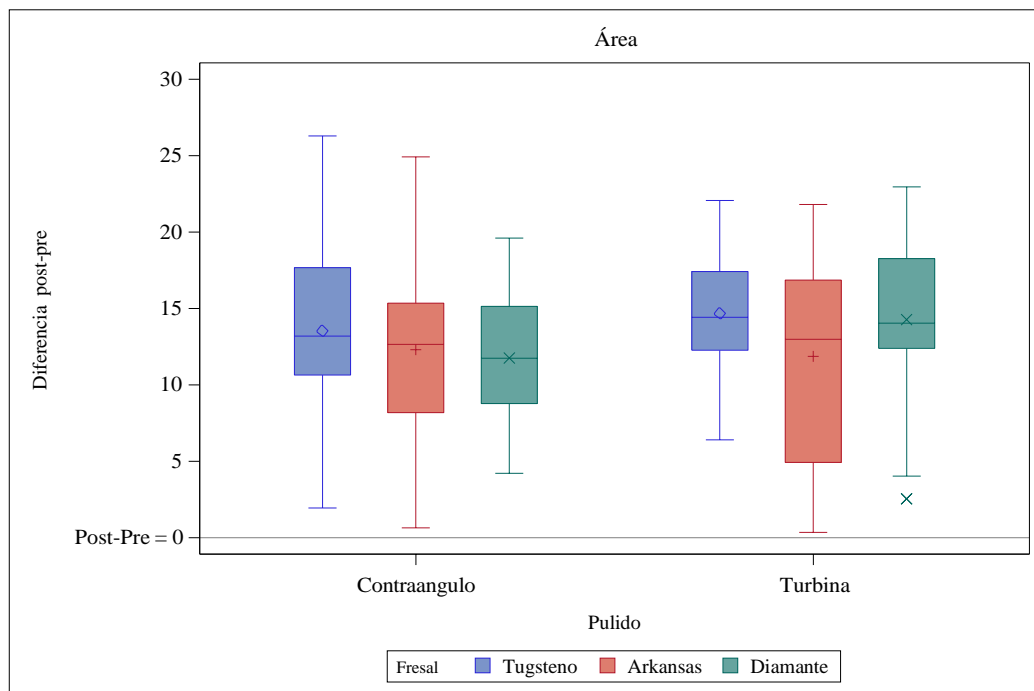


Figura 21: Diagrama de cajas donde se observan los datos de las diferencias entre el área estimada pre-postoperatoria en los seis grupos de estudio (según tipo de fresa y rotatorio).

La media de la diferencia Pre-Post Área en Pulido = Turbina y Fresa = Tungsteno es de 14.68 mm^2 (std = 3.55). La media de la diferencia Pre-Post de Área en Pulido = Contraángulo es 13.53 mm^2 (std=5.54) en Tungsteno, 12.31 mm^2 (std=5.13) en Arkansas y 11.76 mm^2 (std=3.95) en Diamante. La media de la diferencia Pre-Post de Área en Pulido = Turbina es de 14.27 mm^2 (std = 4.76) en Fresa = Diamante y 11.86 mm^2 (std=6.23) en Fresa = Arkansas.

		Diferencia pre-post								
		Área								
		N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
Contraangul o	Tungsten o	8 4	13.5 3	5.5 4	1.9 4	10.6 5	13.19	17.6 7	26.2 9	0
	Arkansas	8 4	12.3 1	5.1 3	0.6 4	8.18	12.64	15.3 4	24.9 2	0
	Diamante	8 4	11.7 6	3.9 5	4.2 1	8.77	11.74	15.1 3	19.6 1	0
Turbina	Tungsten o	8 4	14.6 8	3.5 5	6.4 1	12.2 6	14.42	17.4 1	22.0 7	0
	Arkansas	8 4	11.8 6	6.2 3	0.3 4	4.93	12.99	16.8 6	21.8 0	0
	Diamante	8 4	14.2 7	4.7 6	2.5 4	12.3 9	14.04	18.2 6	22.9 6	0

Tabla 36: Tabla descriptiva de los datos de área estimada pre-postoperatoria entre los seis grupos de estudio (según rotatorio y fresa).

Diferencia pre-postoperatoria del área según el tipo de sistema rotatorio

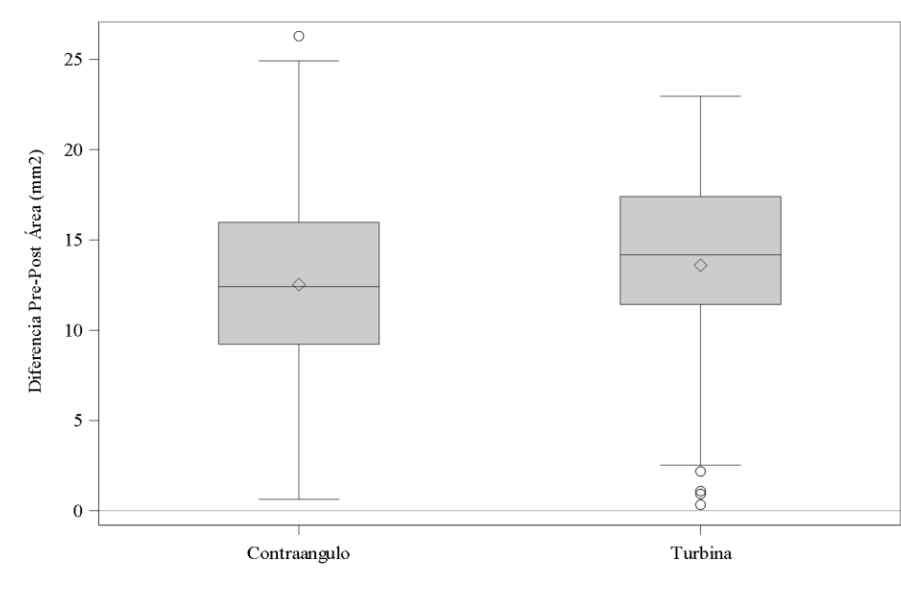


Figura 22: Diagrama de cajas donde se observan los datos de las diferencias entre el área estimada pre-postoperatoria según el tipo de sistema rotatorio.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm^2) en Contraángulo es 12.53 (std=4.96). La media de la diferencia Pre-Post Área (mm^2) en Turbina es 13.6 (std=5.1).

	Diferencia Pre-Post Área (mm^2)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraángulo	252	12.53	4.96	0.64	9.23	12.42	15.98	26.29	0
Turbina	252	13.60	5.10	0.34	11.42	14.18	17.41	22.96	0

Tabla 37: Tabla descriptiva de los datos de área estimada pre-postoperatoria según el tipo de sistema rotatorio.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia área			
	Test for normality		
Pulido	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraángulo	Shapiro-Wilk	W = 1.00	0.6065
Turbina	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.0001

Tabla 38: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de área estimada pre-postoperatoria según el tipo de sistema rotatorio.

En el grupo Turbina, se detectan diferencia estadísticamente significativas ($W=0.95$, $p_valor = 0.0001$) entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar las diferencias de área entre Pre-Postoperatoria. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr < Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr < Z	Pr > Z
58197.00	-3.3231	0.0004	0.0009	0.0005	0.0010
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 39: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de área estimada pre-postoperatoria en los grupos Turbina y Contraángulo.

Existen diferencias estadísticamente significativas ($Stat = 58197$, $p_value = 0.0009$) de la diferencia Pre-Postoperatoria Área entre tipos de Pulido (Contraángulo y Turbina), siendo la media de diferencia de área entre Pre-Post en Pulido = Turbina.

Diferencia pre-postoperatoria del área según el tipo de fresa

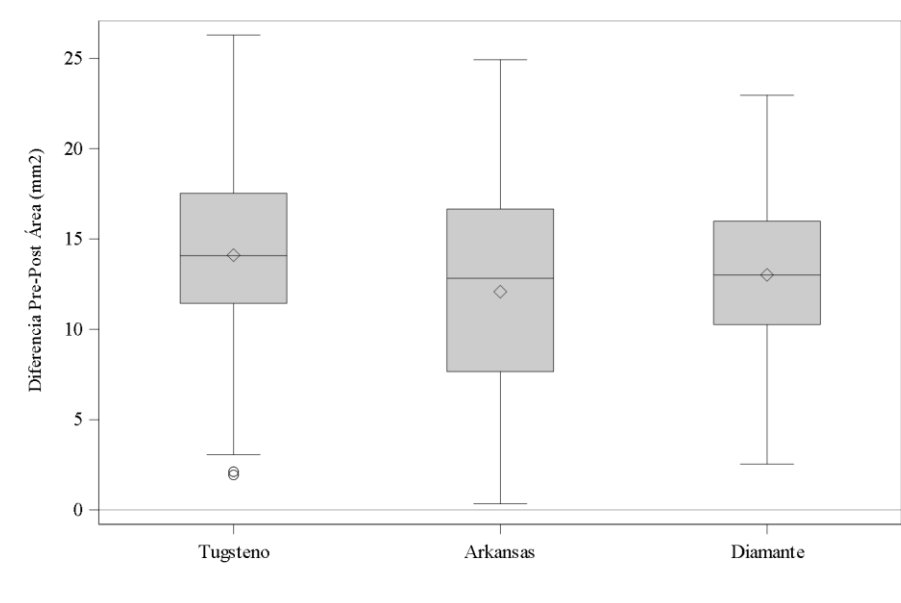


Figura 23: Diagrama de cajas donde se observan los datos de las diferencias entre el área estimada pre-postoperatoria según el tipo de fresa.

La media de la diferencia Pre-Postoperatoria Área en Tungsteno es 14.11 (std=0.39). La media de la diferencia Pre-Post Grosor en Arkansas y Diamante es 12.08 y 13.01, respectivamente.

	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Tungsteno	168	14.11	4.67	1.94	11.44	14.07	17.53	26.29	0
Arkansas	168	12.08	5.69	0.34	7.66	12.83	16.66	24.92	0
Diamante	168	13.01	4.54	2.54	10.27	13.01	15.99	22.96	0

Tabla 40: Tabla descriptiva de los datos de área estimada pre-postoperatoria según el tipo de fresa.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia área			
	Test for normality		
Fresal	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Tungsteno	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.0854
Arkansas	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.0002
Diamante	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.0717

Tabla 41: Análisis de Shapiro-Wilk de área estimada pre-postoperatoria según el tipo de sistema de fresa.

En el Fresa = Arkansas, se detectan diferencia estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar los valores de las diferencias Pre-Post de área. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test		
Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
9.0727	2	0.0107

Tabla 42: Análisis de Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias estadísticas del área estimada pre-postoperatoria según el tipo de sistema de fresa.

Existen diferencias estadísticamente significativas (Chi-Square = 9.07, p_value = 0.0107) entre fresales en la diferencia Pre-Post Área, siendo esta media superior en la Fresa Tungsteno. A continuación, se presentan los contrastes dos a dos entre grupos, realizado con el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (p valor ajustado por multiplicidad de contrastes con corrección de Bonferroni):

Variable	Comparación	Statistic	Z	p-value (Bonferroni correction)
area_eliminada_cemento	Tungsteno vs Arkansas	30876.00	2.8839	0.0118
area_eliminada_cemento	Arkansas vs Diamante	27400.00	- 1.0193	0.9241
area_eliminada_cemento	Tungsteno vs Diamante	30143.00	2.0606	0.1180

Tabla 43: Análisis comparativo dos a dos del área estimada pre-postoperatoria según el tipo de fresa.

Existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 30876, adj p_value = 0.0118) en la diferencia Pre-Post de área entre las Fresas Tungsteno y Arkansas.

Diferencia entre el área pre-postoperatoria según tipo de fresa y sistema rotatorio

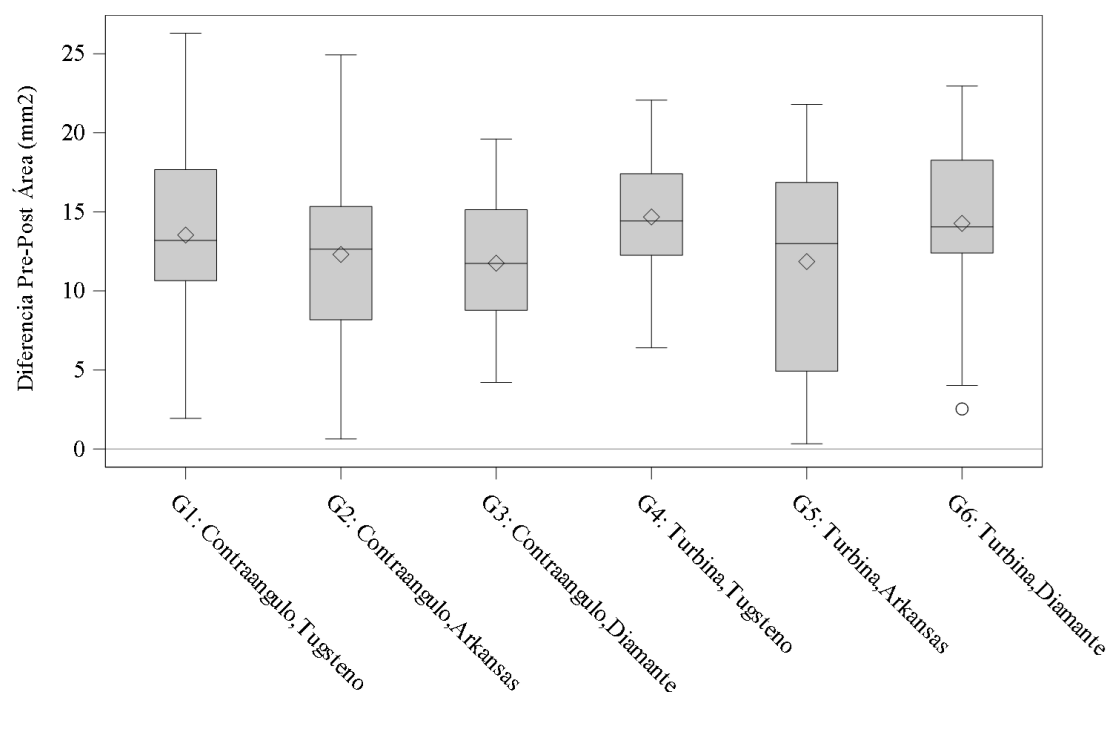


Figura 24: Diagrama de cajas donde se observan los datos de las diferencias entre el área estimada pre-postoperatoria según el tipo de fresa y sistema rotatorio.

La media de la diferencia Pre-Post Área en G4 (Turbina, Tungsteno) es 14.68 (std=3.55). Y en G6 es de 14.27 (std=4.76). La media de la diferencia Pre-Post Área en G1 es 13.53 (std=5.54). La media de la diferencia Pre-Post Área en G2 es 12.31 (std=5.13), en G5 es 11.86 (std=6.23) y 11.76 (std=3.95) en G3.

	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
G1: Contraangulo, Tungste no	84	13.5 3	5.5 4	1.9 4	10.6 5	13.19	17.6 7	26.2 9	0
G2: Contraangulo, Arkansa s	84	12.3 1	5.1 3	0.6 4	8.18	12.64	15.3 4	24.9 2	0

G3: Contraangulo,Diamante	84	11.7 6	3.9 5	4.2 1	8.77	11.74	15.1 3	19.6 1	0
G4: Turbina,Tungsteno	84	14.6 8	3.5 5	6.4 1	12.2 6	14.42	17.4 1	22.0 7	0
G5: Turbina,Arkansas	84	11.8 6	6.2 3	0.3 4	4.93	12.99	16.8 6	21.8 0	0
G6: Turbina,Diamante	84	14.2 7	4.7 6	2.5 4	12.3 9	14.04	18.2 6	22.9 6	0

Tabla 44: Análisis descriptivo del área estimada pre-postoperatoria según el tipo de fresa y sistema rotatorio.

DIFERENCIA PRE-POSTOPERATORIA SEGÚN GRUPO DE DIENTES

Diferencia del grosor pre-postoperatorio según el grupo de dientes

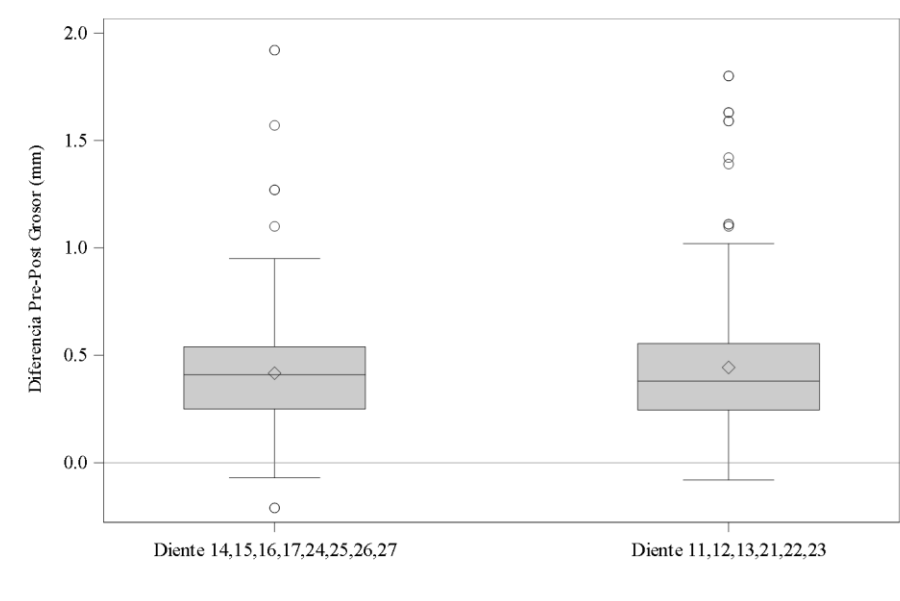


Figura 25: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14, 15, 16, 17, 24, 25, 26, 27” es 0.42 (std=0.27). La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Diente 11, 12, 13, 21, 22, 23” es 0.44 (std=0.33).

	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	288	0.42	0.27	-0.21	0.25	0.41	0.54	1.92	0
Diente 11,12,13,21,22,23	216	0.44	0.33	-0.08	0.25	0.38	0.56	1.80	0

Tabla 45: Análisis descriptivo del grosor pre-postoperatorio según el tipo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia grosor			
grupo_diente	Test for normality		
	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.90	0.0001
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.86	0.0001

Tabla 46: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos pre-postoperatorio según el tipo de diente.

En ambos grupos de dientes, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar las diferencias de grosor Pre-Postoperatorio. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr < Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr < Z	Pr > Z
54308.50	-0.1428	0.4432	0.8865	0.4433	0.8865
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 47: Análisis de Wilcoxon para comparar el grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Postoperatoria del Grosor entre los dos grupos de dientes.

Diferencia de área pre-postoperatoria según grupo de dientes

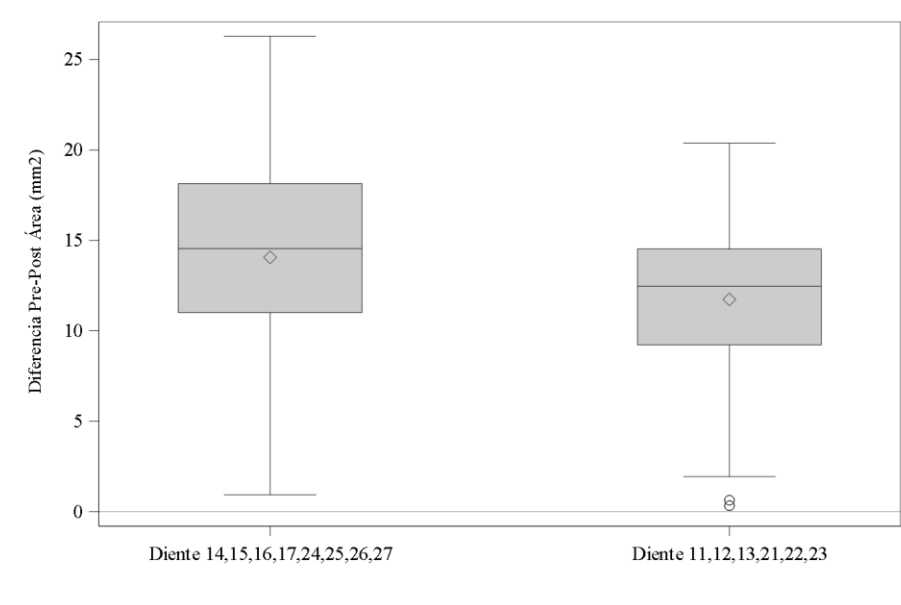


Figura 26: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Postoperatoria del Área (mm^2) en “Diente 14, 15, 16, 17, 24, 25, 26, 27” es 14.06 ($\text{std}=5.28$). La media de la diferencia Pre-Post Área (mm^2) en “Diente 11, 12, 13, 21, 22, 23” es 11.74 ($\text{std}=4.4$).

	Diferencia Pre-Post Área (mm^2)								
	N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMIs s
Diente 14,15,16,17,24,25,26,2 7	28 8	14.0 6	5.2 8	0.9 3	11.0 1	14.55	18.1 4	26.2 9	0
Diente 11,12,13,21,22,23	21 6	11.7 4	4.4 0	0.3 4	9.23	12.47	14.5 3	20.3 7	0

Tabla 48: Análisis descriptivo del área estimada pre-postoperatoria según el tipo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Diferencia área			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0004
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.0001

Tabla 49: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de datos del área preoperatoria según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes, se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Así pues, se presenta el test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon para comparar las diferencias de área entre Pre-Postoperatoria.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

Wilcoxon Two-Sample Test					
Statistic	Z	Pr < Z	Pr > Z	t Approximation	
				Pr < Z	Pr > Z
46057.50	-5.2423	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Z includes a continuity correction of 0.5.					

Tabla 50: Análisis de Wilcoxon para comparar el área pre-postoperatoria según el grupo de diente.

Existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 46057.5, p_value < 0.0001) de la diferencia Pre-Post Área entre Grupos de dientes, siendo mayor la media de diferencia de área en el grupo “Diente 14,15,16,17,24,25,26,27”.

Diferencia pre-postoperatoria del grosor según grupo de dientes estratificado por grupo de dientes

A continuación se presenta el resumen del análisis estratificado por grupo de dientes.

Después, en cada subcapítulo se presentan los resultados estratificados por grupo:

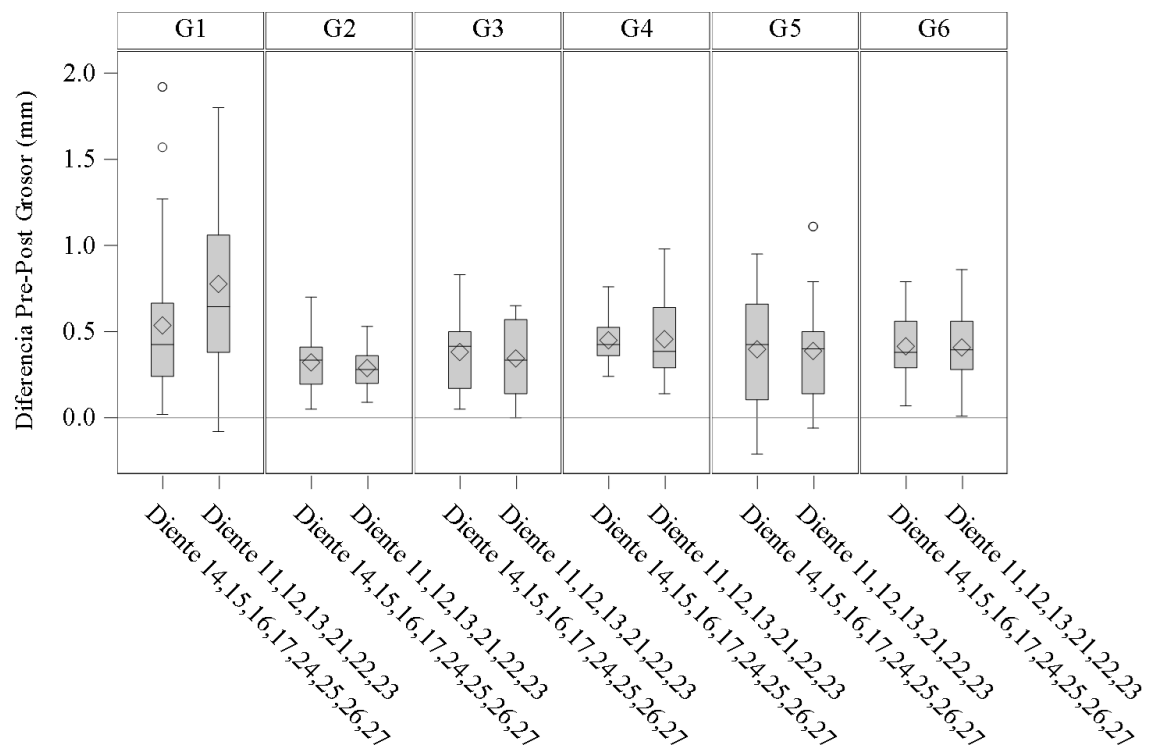


Figura 27: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio según grupo de dientes estratificado por grupos.

La mayor media de la diferencia Pre-Postoperatoria de Grosor (mm) se da en el grupo G1 (contraángulo y tungsteno) y “Diente 11,12,13,21,22,23” con un valor de 0.78 (std=0.53), y mediana 0.65.

		Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
		N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
G1: Contraangulo,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.54	0.46	0.02	0.24	0.43	0.67	1.92	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.78	0.53	- 0.08	0.38	0.65	1.06	1.80	0
G2: Contraangulo,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.32	0.16	0.05	0.20	0.34	0.41	0.70	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.29	0.13	0.09	0.20	0.28	0.36	0.53	0
G3: Contraangulo,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.38	0.21	0.05	0.17	0.42	0.50	0.83	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.34	0.21	0.00	0.14	0.34	0.57	0.65	0
G4: Turbina,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.45	0.13	0.24	0.36	0.43	0.53	0.76	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.46	0.23	0.14	0.29	0.39	0.64	0.98	0
G5: Turbina,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.40	0.31	- 0.21	0.11	0.43	0.66	0.95	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.39	0.28	- 0.06	0.14	0.40	0.50	1.11	0
G6: Turbina,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.41	0.17	0.07	0.29	0.38	0.56	0.79	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.41	0.21	0.01	0.28	0.40	0.56	0.86	0
Total		504	0.43	0.30	- 0.21	0.25	0.39	0.55	1.92	0

Figura 51: Análisis descriptivo del grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por grupos.

Se presentan los contrastes de normalidad por cada grupo y Grupo diente:

diferencia_grosor				
		Test for normality		
Grupo	grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
G1: Contraangulo,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.85	0.0001
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0130
G2: Contraangulo,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.2390
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.1281

G3: Contraangulo,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0188
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0198
G4: Turbina,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1076
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0099
G5: Turbina,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1327
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0110
G6: Turbina,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.2784
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.6835

Tabla 52: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por grupos.

En los grupos 2 y 6 son los únicos grupos en los que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos. En esta primera parte tan sólo se presenta el contraste no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon, no obstante, en la presentación por grupo (subapartados posteriores) también se presentan los resultados del test paramétrico t-test de comparación de dos grupos. Se presentan los resultados del test Mann-Whitney-Wilcoxon estratificados por grupo (el p valor se ha ajustado con la corrección de Bonferroni, 6 contrastes):

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G1: Contraangulo,Tungsteno	1762.000	2.0932	0.0363	0.2180
G2: Contraangulo,Arkansas	1414.000	-1.0444	0.2963	1.0000
G3: Contraangulo,Diamante	1430.000	-0.8997	0.3683	1.0000
G4: Turbina,Tungsteno	1460.000	-0.6285	0.5297	1.0000

G5: Turbina,Arkansas	1500.000	-0.2667	0.7897	1.0000
G6: Turbina,Diamante	1507.000	-0.2035	0.8388	1.0000

Tabla 53: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por grupos.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Postoperatoria entre grupo dientes estratificando por grupos

➤ G1: Contraángulo y tungsteno

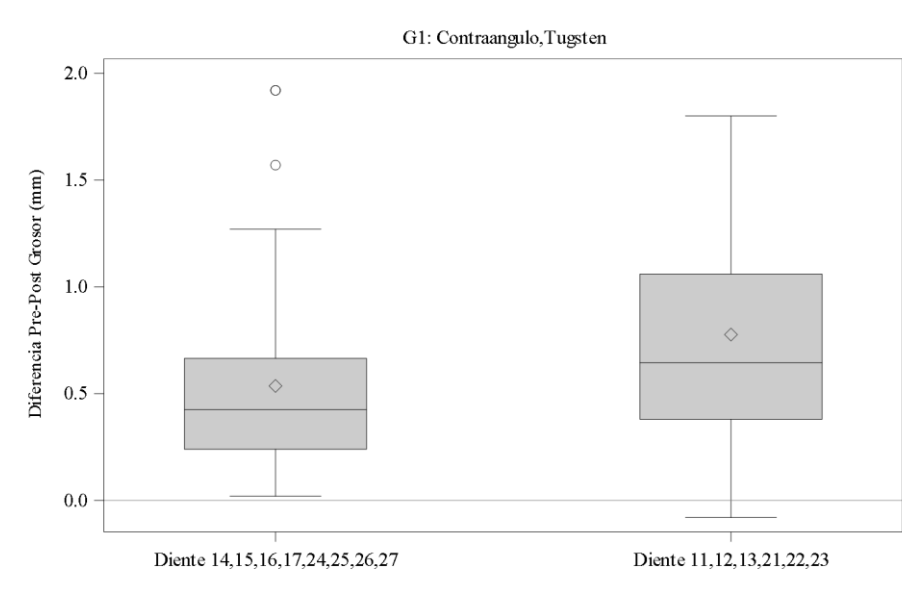


Figura 28: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 1 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) del Grupo 1 en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.54 (std=0.46) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.78 (std=0.53).

G1: Contraangulo,Tungsteno	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.54	0.46	0.02	0.24	0.43	0.67	1.92	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.78	0.53	- 0.08	0.38	0.65	1.06	1.80	0

Tabla 54: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 1.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G1: Contraangulo,Tungsteno: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.85	0.0001
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0130

Tabla 55: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 1.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

diferencia_grosor vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G1: Contraangulo,Tugsten	1762.000	2.0932	0.0363	0.0061

Tabla 56: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 1.

Existen diferencias estadísticamente significativas ($\text{stat}=1762$, $\text{p_value}=0.0394$) de la diferencia Pre-Postoperatoria de Grosor entre los dos grupos de dientes.

➤ G2: Contraángulo y Arkansas

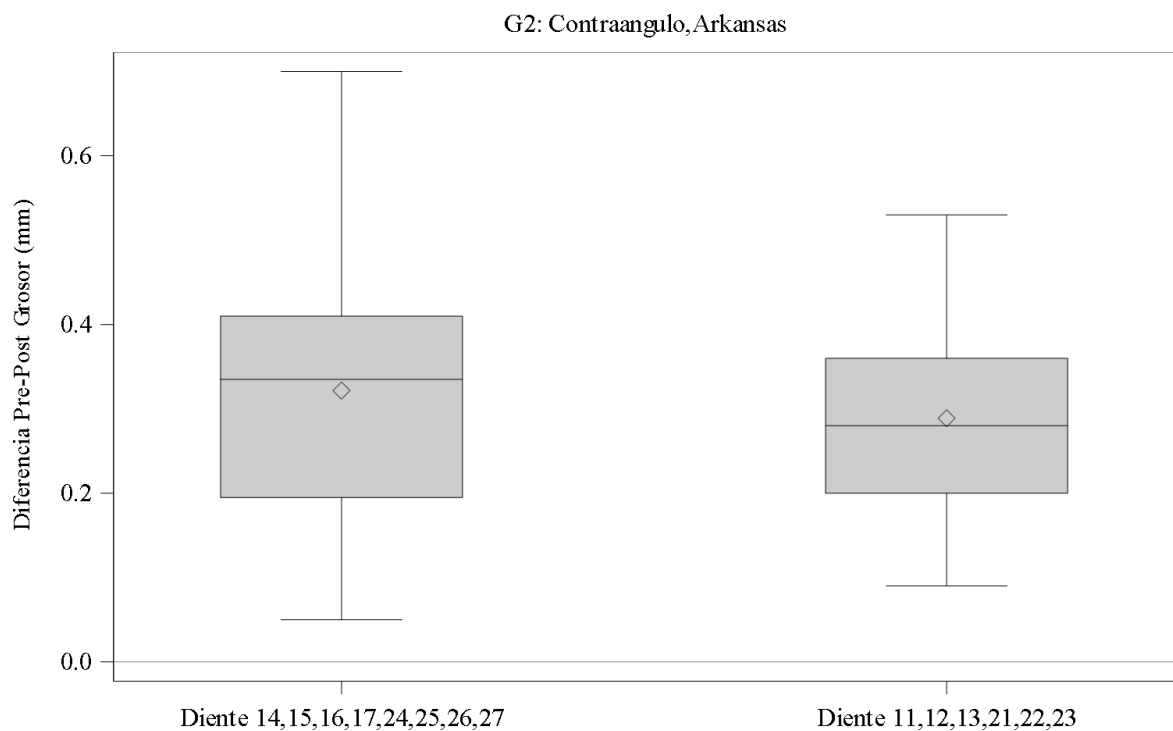


Figura 29: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 2 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.32 ($\text{std}=0.16$) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.29 ($\text{std}=0.13$).

G2: Contraangulo,Arkansas	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.32	0.16	0.05	0.20	0.34	0.41	0.70	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.29	0.13	0.09	0.20	0.28	0.36	0.53	0

Tabla 57: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G2: Contraangulo,Arkansas: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.2390
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.1281

Tabla 58: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal en ninguno de los dos grupos.

En este caso, además de presentar el contraste no-paramétrico, también se presentan los resultados del t-test.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G2: Contraangulo,Arkansas	1414.000	-1.0444	0.2963	1.0000

Tabla 59: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

En G2, no se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Postoperatoria de Grosor entre los dos grupos de dientes. En este grupo, no hemos rechazado la distribución normal de los datos. Presentamos a continuación los resultados del t-test (contraste paramétrico, equivalente a Mann-Whitney-Wilcoxon):

Equality of Variances				
Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Folded F	47	35	1.60	0.1512

Tabla 60: Contraste paramétrico (t-test) para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

No rechazamos la hipótesis nula de igualdad de varianzas ($p > 0.05$).

Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
Pooled	Equal	82	1.02	0.3114
Satterthwaite	Unequal	81.735	1.05	0.2955

Tabla 61: Test de igualdad de las varianzas de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de “Diferencia Pre-Post Grosor” entre grupo de dientes.

grupo_diente	Method	Mean	95% CL Mean		Std Dev	95% CL Std Dev	
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27		0.3217	0.2754	0.3679	0.1592	0.1325	0.1994
Diente 11,12,13,21,22,23		0.2889	0.2463	0.3315	0.1260	0.1022	0.1643
Diff (1-2)	Pooled	0.0328	-0.0312	0.0968	0.1460	0.1266	0.1723
Diff (1-2)	Satterthwaite	0.0328	-0.0292	0.0947			

Tabla 62: T-test para pruebas independientes de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 2.

La diferencia estimada de “Diferencia Pre-Post Grosor” entre grupo de dientes es 0.0328, $IC_{95\%} = [-0.0312, 0.0968]$.

➤ G3: Contraángulo y Diamante

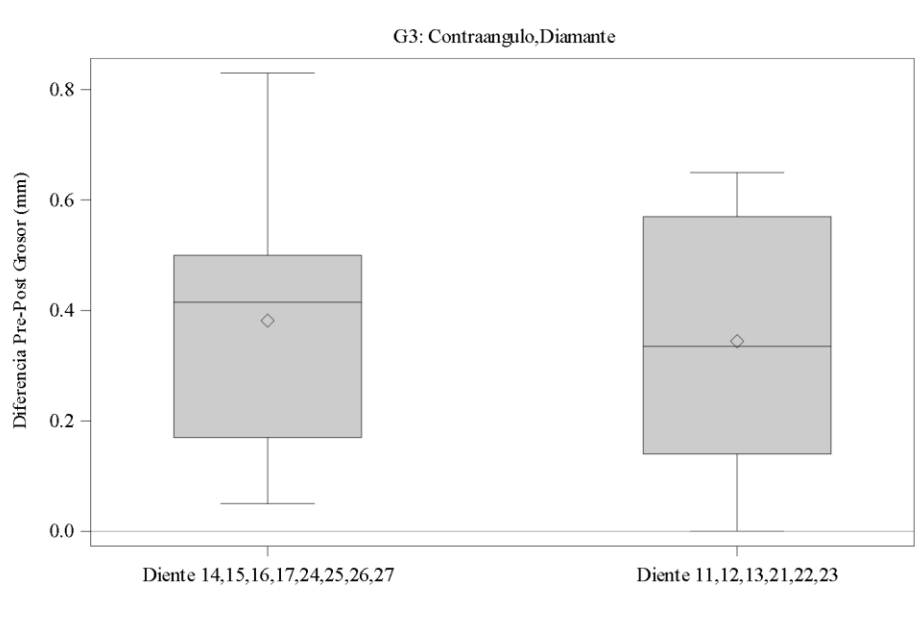


Figura 30: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 3 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.38 (std=0.21) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.34 (std=0.21).

G3: Contraangulo,Diamante	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.38	0.21	0.05	0.17	0.42	0.50	0.83	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.34	0.21	0.00	0.14	0.34	0.57	0.65	0

Tabla 63: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 3.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G3: Contraangulo,Diamante: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0188
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0198

Tabla 64: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 3.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G3: Contraangulo,Diamante	1430.000	-0.8997	0.3683	1.0000

Tabla 65: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 3.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Postoperatorio de Grosor entre los dos grupos de dientes.

➤ G4: Turbina y Tungsteno

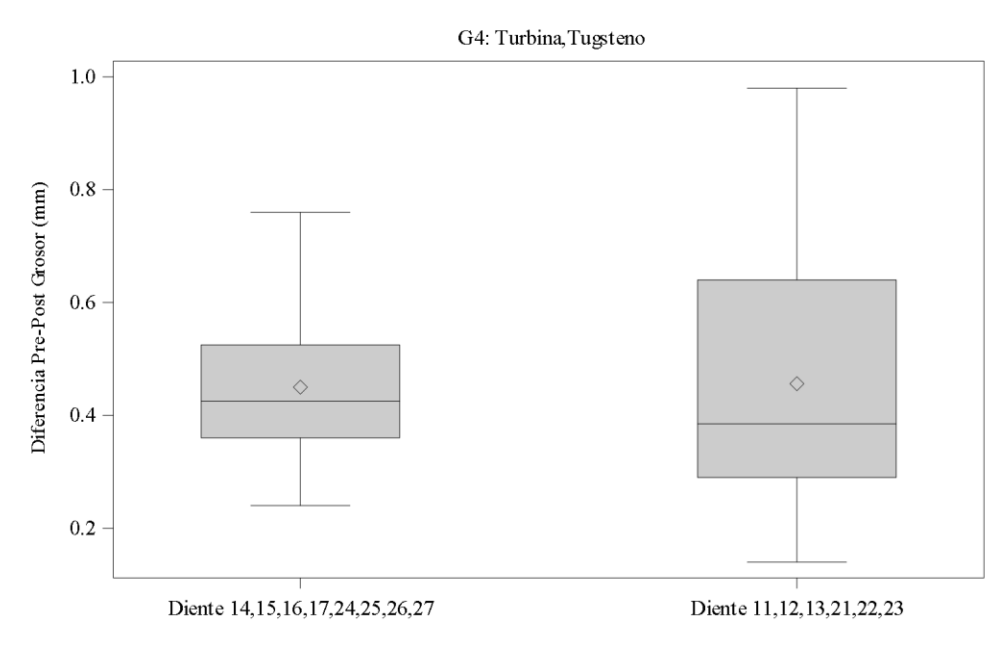


Figura 31: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 4 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.45 (std=0.13) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.46 (std=0.23).

G4: Turbina,Tungsteno	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.45	0.13	0.24	0.36	0.43	0.53	0.76	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.46	0.23	0.14	0.29	0.39	0.64	0.98	0

Tabla 66: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G4: Turbina,Tungsteno: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1076
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0099

Tabla 67: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

En “Diente 11,12,13,21,22,23”, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G4: Turbina,Tungsteno	1460.000	-0.6285	0.5297	1.0000

Tabla 68: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre los dos grupos de dientes.

➤ G5: Turbina y Arkansas

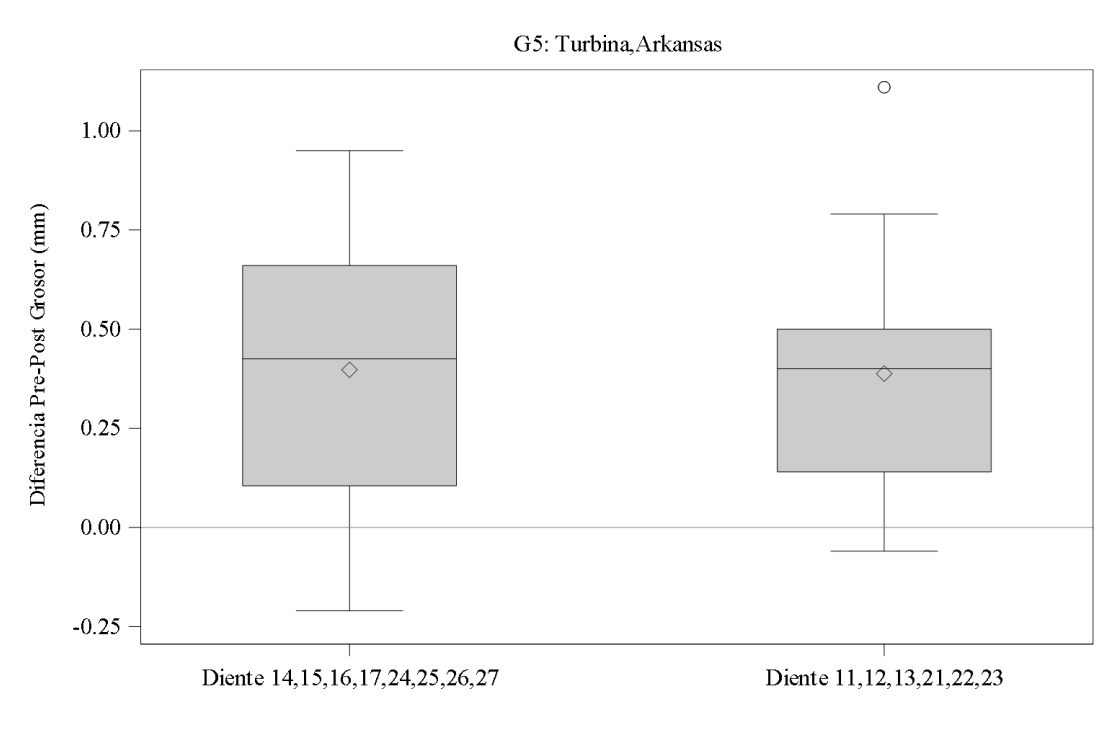


Figura 32: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 5 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.4 (std=0.31) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.39 (std=0.28).

G5: Turbina,Arkansas	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.40	0.31	-0.21	0.11	0.43	0.66	0.95	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.39	0.28	-0.06	0.14	0.40	0.50	1.11	0

Tabla 69: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 5.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G5: Turbina,Arkansas: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1327
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0110

Tabla 70: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 5.

En “Diente 11,12,13,21,22,23” existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G5: Turbina,Arkansas	1500.000	-0.2667	0.7897	1.0000

Tabla 71: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre los dos grupos de dientes.

➤ G6: Turbina y Diamante

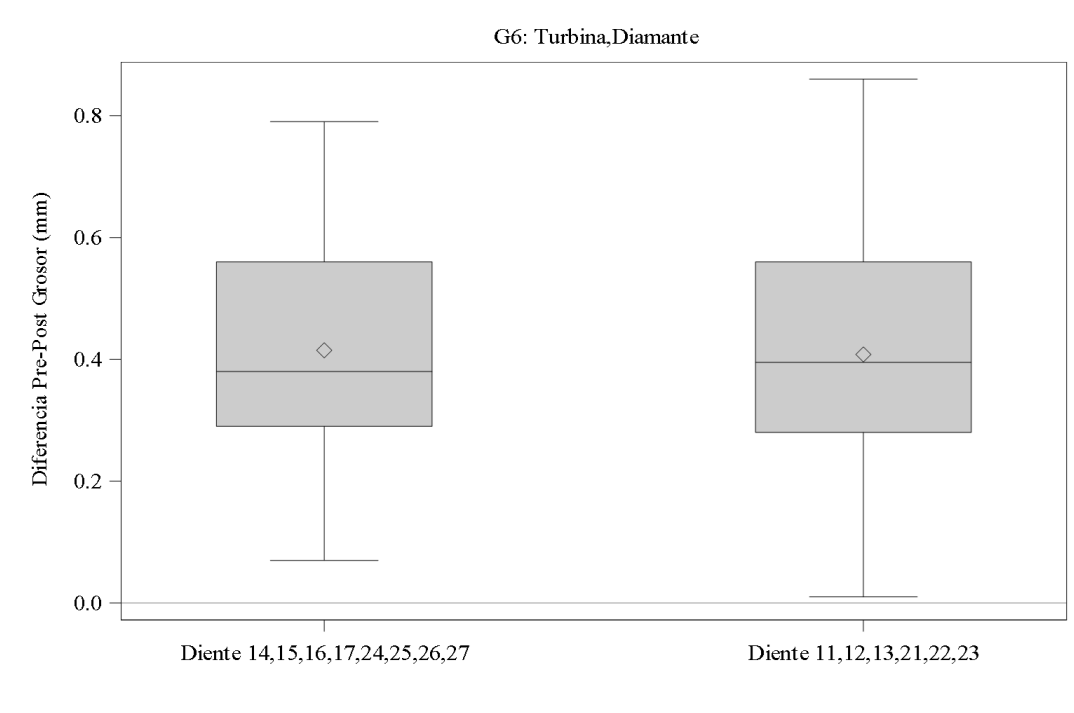


Figura 33: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 6 según grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.41 (std=0.17) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.41 (std=0.21).

G6: Turbina,Diamante	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	0.41	0.17	0.07	0.29	0.38	0.56	0.79	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	0.41	0.21	0.01	0.28	0.40	0.56	0.86	0

Tabla 72: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 6.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G6: Turbina,Diamante: diferencia_grosor			
Test for normality			
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.2784
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.6835

Tabla 73: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 5.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal en ninguno de los dos grupos. En este caso, además de presentar el contraste no-paramétrico, también se presentan los resultados del t-test.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

diferencia_grosor vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G6: Turbina,Diamante	1507.000	-0.2035	0.8388	1.0000

Tabla 74: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

En G6, no se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre los dos grupos de dientes. En este grupo, no hemos rechazado la distribución normal de los datos. Presentamos a continuación los resultados del t-test (contraste paramétrico, equivalente a Mann-Whitney-Wilcoxon):

Equality of Variances				
Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Folded F	35	47	1.61	0.1261

Tabla 75: Test de igualdad de las varianzas de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

No rechazamos la hipótesis nula de igualdad de varianzas ($p > 0.05$).

Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
Pooled	Equal	82	0.16	0.8723
Satterthwaite	Unequal	64.706	0.16	0.8766

Tabla 76: T-test para muestras independientes de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de “Diferencia Pre-Post Grosor” entre grupo de dientes.

grupo_diente	Method	Mean	95% CL Mean		Std Dev	95% CL Std Dev	
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27		0.4148	0.3658	0.4638	0.1687	0.1404	0.2113
Diente 11,12,13,21,22,23		0.4081	0.3356	0.4805	0.2142	0.1738	0.2794
Diff (1-2)	Pooled	0.00674	- 0.0764	0.0898	0.1895	0.1644	0.2237
Diff (1-2)	Satterthwaite	0.00674	- 0.0796	0.0931			

Tabla 77: Diferencia de medias con el intervalo de confianzas de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente en el grupo 4.

La diferencia estimada de “Diferencia Pre-Postoperatorio Grosor” entre grupo de dientes es 0.00674, $IC_{95\%}=[-0.0796, 0.0931]$.

DIFERENCIA PRE-POSTOPERATORIA DEL GROSOR SEGÚN GRUPO DE DIENTES ESTRATIFICADO POR TIPO DE SISTEMA ROTATORIO

A continuación se presenta el resumen del análisis estratificado por grupo. Después, en cada subcapítulo se presentan los resultados estratificados por grupo:

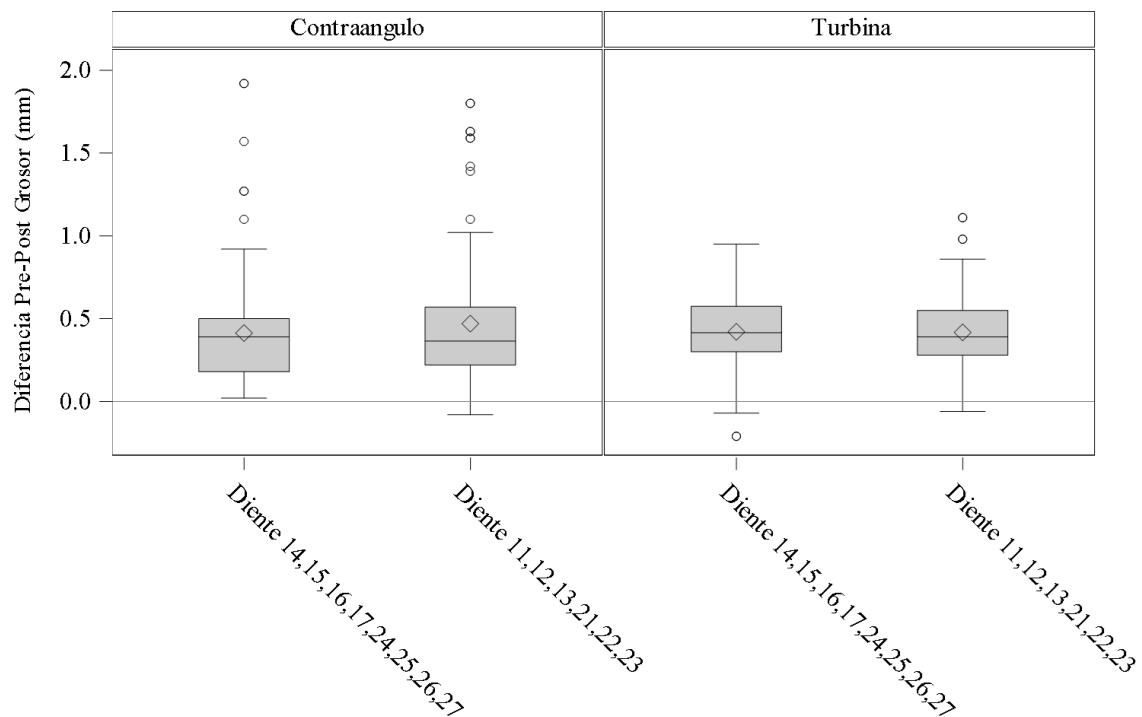


Figura 34: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio de los grupos de dientes estratificado por tipo de sistema rotatorio.

La mayor media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) se da en el grupo Contraangulo y “Diente 11,12,13,21,22,23” con un valor de 0.47 (std=0.4), y mediana 0.37.

		Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
		N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraángulo	Diente 14,15,16,17,24,25,26, 27	14 4	0.41	0.3 2	0.0 2	0.1 8	0.39	0.5 0	1.9 2	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	10 8	0.47	0.4 0	- 0.0 8	0.2 2	0.37	0.5 7	1.8 0	0
Turbina	Diente 14,15,16,17,24,25,26, 27	14 4	0.42	0.2 2	- 0.2 1	0.3 0	0.42	0.5 8	0.9 5	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	10 8	0.42	0.2 4	- 0.0 6	0.2 8	0.39	0.5 5	1.1 1	0
Total		50 4	0.43	0.3 0	- 0.2 1	0.2 5	0.39	0.5 5	1.9 2	0

Tabla 78: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por tipo de sistema rotatorio.

Se presentan los contrastes de normalidad por cada grupo y Grupo diente:

diferencia_grosor				
		Test for normality		
Pulido	grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraangulo	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
Turbina	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.3012
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.0308

Tabla 79: Análisis de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por tipo de sistema rotatorio.

En todos los pulidos, hay algún grupo de dientes en que se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos.

Se presentan los resultados del test Mann-Whitney-Wilcoxon estratificados por grupo (el p valor se ha ajustado con la corrección de Bonferroni, 2 contrastes):

	diferencia_grosor vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Pulido	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Contraangulo	13885.00	0.3886	0.6976	1.0000
Turbina	13331.00	-0.5773	0.5638	1.0000

Tabla 80: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio según el grupo de diente estratificado por tipo de sistema rotatorio.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post entre grupo dientes.

Contraángulo

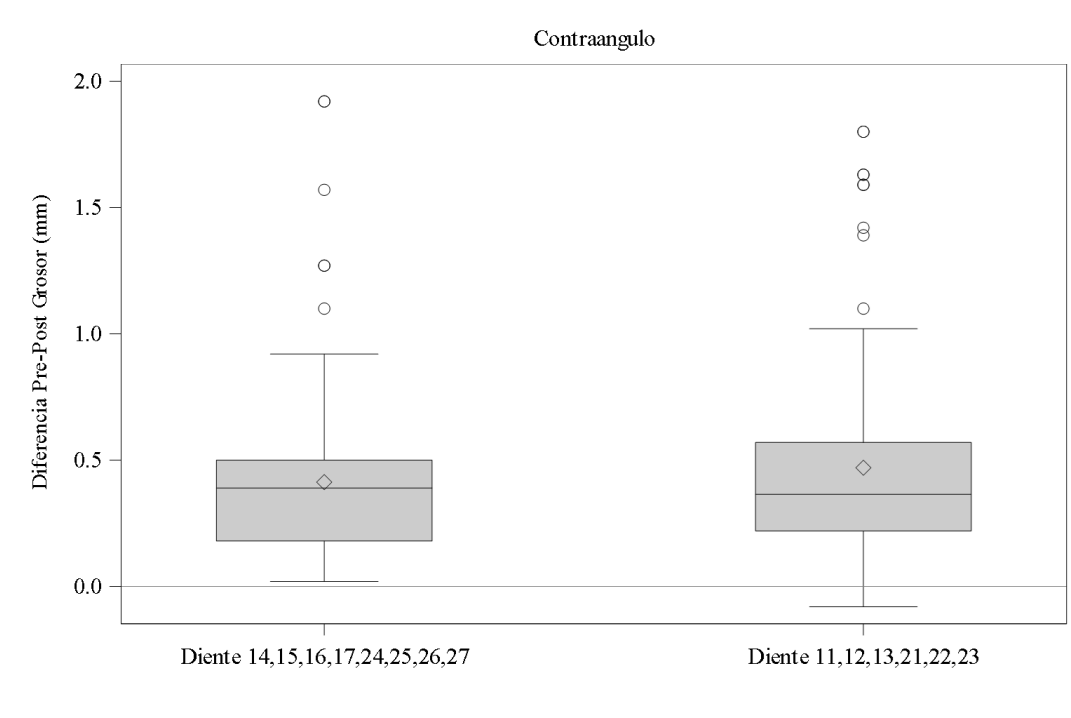


Figura 35: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo contraángulo según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.41 (std=0.32) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.47 (std=0.4).

Contraangulo	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	0.41	0.32	0.02	0.18	0.39	0.50	1.92	0
Diente 11,12,13,21,22,23	108	0.47	0.40	-0.08	0.22	0.37	0.57	1.80	0

Tabla 81: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo contraángulo según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Contraángulo: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001

Tabla 82: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor postoperatorio en el grupo de contraángulo según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

diferencia_grosor vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Contraangulo	13885.00	0.3886	0.6976	1.0000

Tabla 83: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo contraángulo según el grupo de diente.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre los dos grupos de dientes.

Turbina

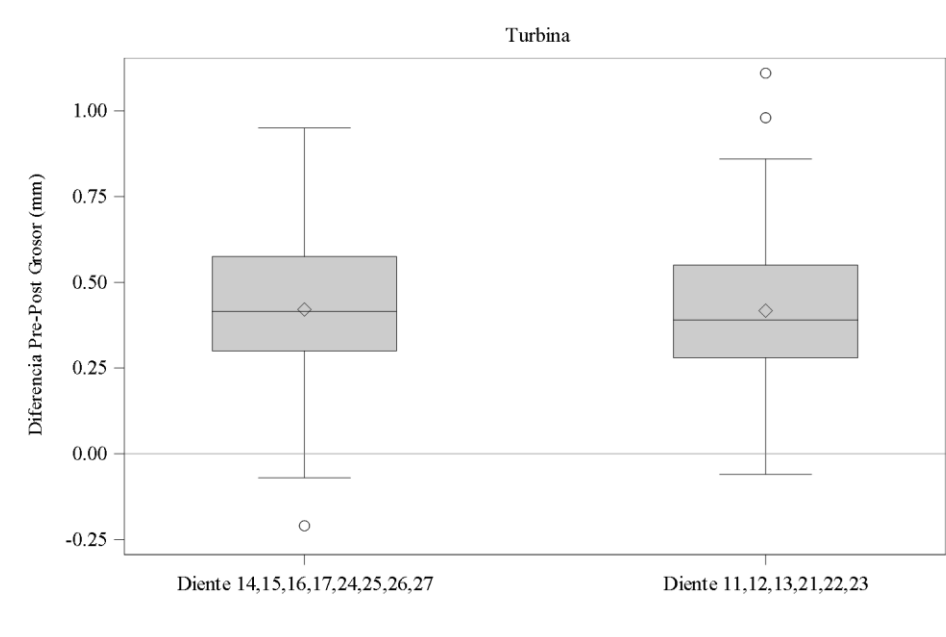


Figura 36: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo de turbina según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 0.42 (std=0.22) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 0.42 (std=0.24).

Turbina	Diferencia Pre-Post Grosor (mm)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	0.42	0.22	-0.21	0.30	0.42	0.58	0.95	0
Diente 11,12,13,21,22,23	108	0.42	0.24	-0.06	0.28	0.39	0.55	1.11	0

Tabla 84: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo de turbina según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Turbina: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.3012
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.0308

Tabla 85: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo turbina según el grupo de diente.

En el grupo “Diente 11,12,13,21,22,23” se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

diferencia_grosor vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Turbina	13331.00	-0.5773	0.5638	1.0000

Tabla 86: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo turbina según el grupo de diente.

En Turbina, no se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Grosor entre los dos grupos de dientes.

DIFERENCIA PRE-POSTOPERATORIA DEL ÁREA SEGÚN GRUPO DE DIENTES ESTRATIFICADO POR GRUPO DE ESTUDIO

A continuación, se presenta el resumen del análisis estratificado por grupo. Después, en cada subcapítulo se presentan los resultados estratificados por grupo:

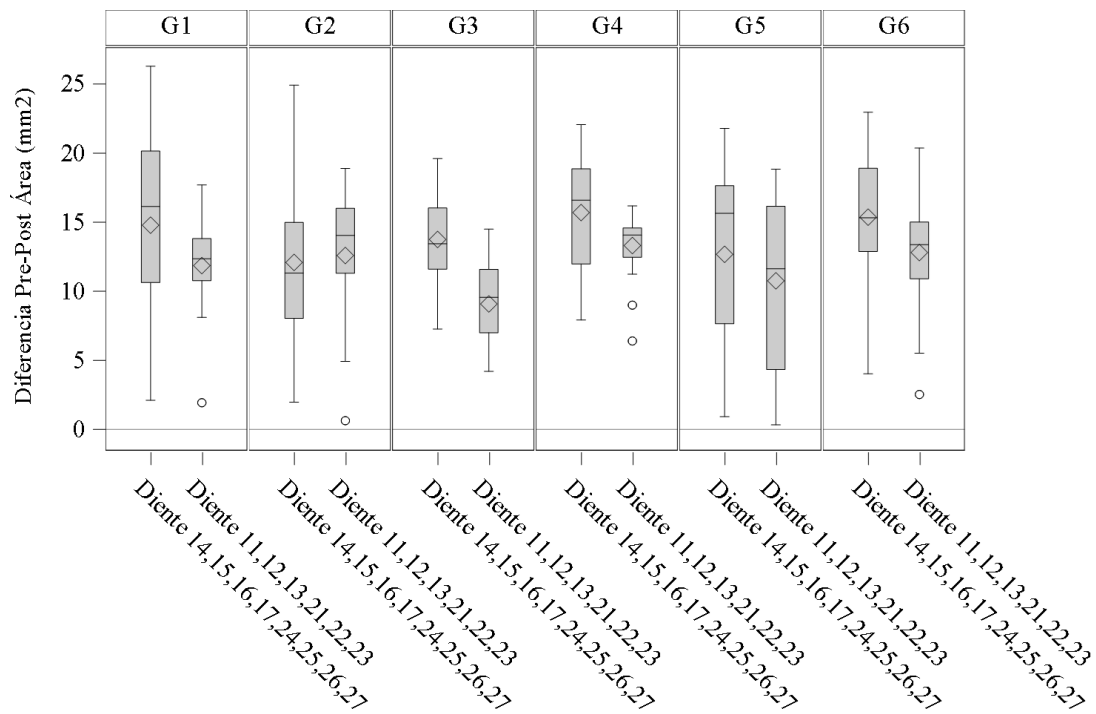


Figura 37: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en los grupos de estudio según el tipo de diente.

La mayor media de la diferencia Pre-Post Área (mm) se da en el grupo G4 y “Diente 14,15,16,17,24,25,26,27” con un valor de 15.7 mm² (std=3.93), y mediana 16.6.

		Diferencia Pre-Post Área (mm2)								
		N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
G1: Contraangulo,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	14.79	6.42	2.12	10.63	16.15	20.15	26.29	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	11.86	3.52	1.94	10.78	12.36	13.82	17.69	0
G2: Contraangulo,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	12.09	5.46	1.98	8.04	11.32	14.98	24.92	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	12.59	4.71	0.64	11.31	14.04	16.01	18.89	0
G3: Contraangulo,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	13.76	3.32	7.27	11.61	13.45	16.03	19.61	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	9.09	3.07	4.21	7.00	9.56	11.59	14.50	0
G4: Turbina,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	15.70	3.93	7.92	11.98	16.60	18.87	22.07	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	13.31	2.40	6.41	12.46	14.07	14.59	16.19	0
G5: Turbina,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	12.68	6.27	0.93	7.66	15.65	17.64	21.80	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	10.76	6.08	0.34	4.35	11.63	16.15	18.84	0
G6: Turbina,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	15.37	4.76	4.03	12.88	15.32	18.91	22.96	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	36	12.81	4.41	2.54	10.91	13.37	15.02	20.37	0
Total		504	13.07	5.05	0.34	10.31	13.37	16.51	26.29	0

Tabla 87: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo de turbina según el grupo de diente.

Se presentan los contrastes de normalidad por cada grupo y Grupo diente:

diferencia_area				
		Test for normality		
Grupo	grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
G1: Contraangulo,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1159
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.91	0.0088

G2: Contraangulo,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.3562
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.89	0.0024
G3: Contraangulo,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1560
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.1182
G4: Turbina,Tungsteno	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0235
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001
G5: Turbina,Arkansas	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.88	0.0002
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.91	0.0082
G6: Turbina,Diamante	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0066
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0516

Tabla 88: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor preoperatorio en los grupos de estudio según el grupo de diente.

El grupo 3 es el único grupo en el que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos. En esta primera parte tan sólo se presenta el contraste no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon, no obstante, en la presentación por grupo (subpartados posteriores) también se presentan los resultados del test paramétrico t-test de comparación de dos grupos para el grupo 3.

Se presentan los resultados del test Mann-Whitney-Wilcoxon estratificados por grupo (el pvalor se ha ajustado con la corrección de Bonferroni, 6 contrastes):

	diferencia_area vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G1: Contraangulo,Tungsteno	1248.500	-2.5404	0.0111	0.0664
G2: Contraangulo,Arkansas	1642.000	1.0080	0.3134	1.0000
G3: Contraangulo,Diamante	938.0000	-5.3476	<.0001	<.0001
G4: Turbina,Tungsteno	1234.000	-2.6715	0.0076	0.0453
G5: Turbina,Arkansas	1354.000	-1.5866	0.1126	0.6756
G6: Turbina,Diamante	1252.000	-2.5086	0.0121	0.0727

Tabla 89: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo turbina según el grupo de diente.

En el grupo 3, existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 938, adj p_value < 0.0001) de la diferencia Área Pre-Post entre grupo Dientes. En el grupo 4, existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 1234, adj p_value = 0.0453) de la diferencia Área Pre-Post entre grupo Dientes.

G1: Contraángulo y Tungsteno

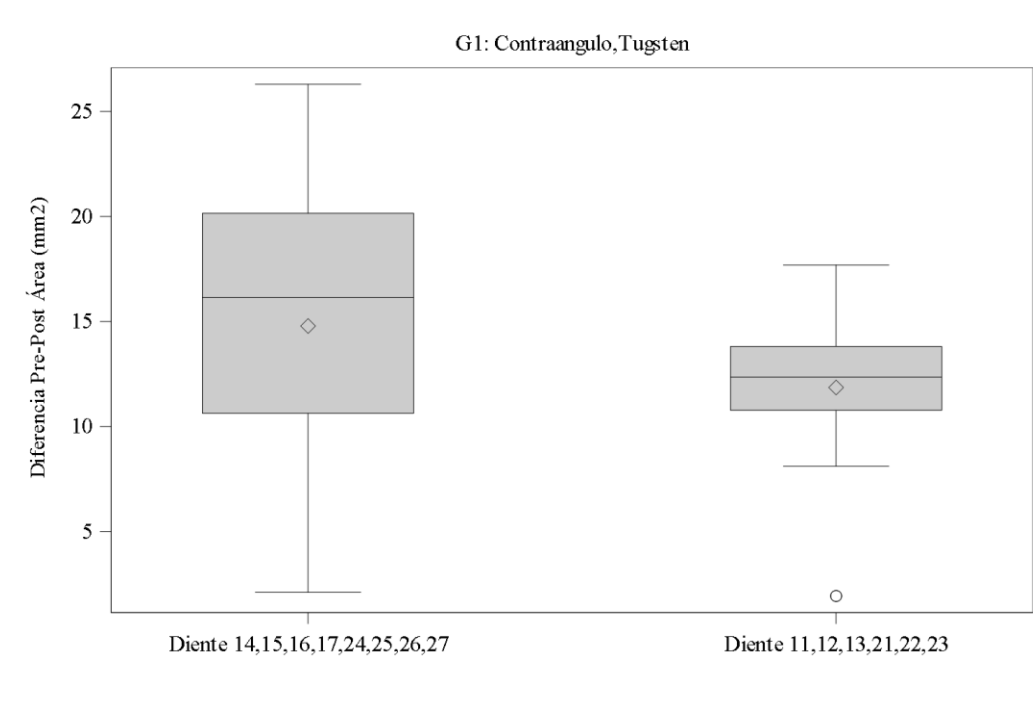


Figura 38: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 1 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 14.79 (std=6.42) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 11.86 (std=3.52).

G1: Contraángulo, Tungsten	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	14.79	6.42	2.12	10.63	16.15	20.15	26.29	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	11.86	3.52	1.94	10.78	12.36	13.82	17.69	0

Tabla 90: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 1 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G1: Contraángulo,Tugsteno: area_eliminada_cemento			
Test for normality			
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1159
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.91	0.0088

Tabla 91: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor preoperatorio en el grupo 1 según el grupo de diente.

En “Diente 11,12,13,21,22,23”, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

area_eliminada_cemento vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G1: Contraángulo,Tugsteno	1248.500	-2.5404	0.0111	0.0664

Tabla 92: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo contraángulo y tungsteno según el grupo de diente.

No existen diferencias estadísticamente significativas (stat=1248.5, p_value=0.0664) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

G2: Contraángulo y Arkansas

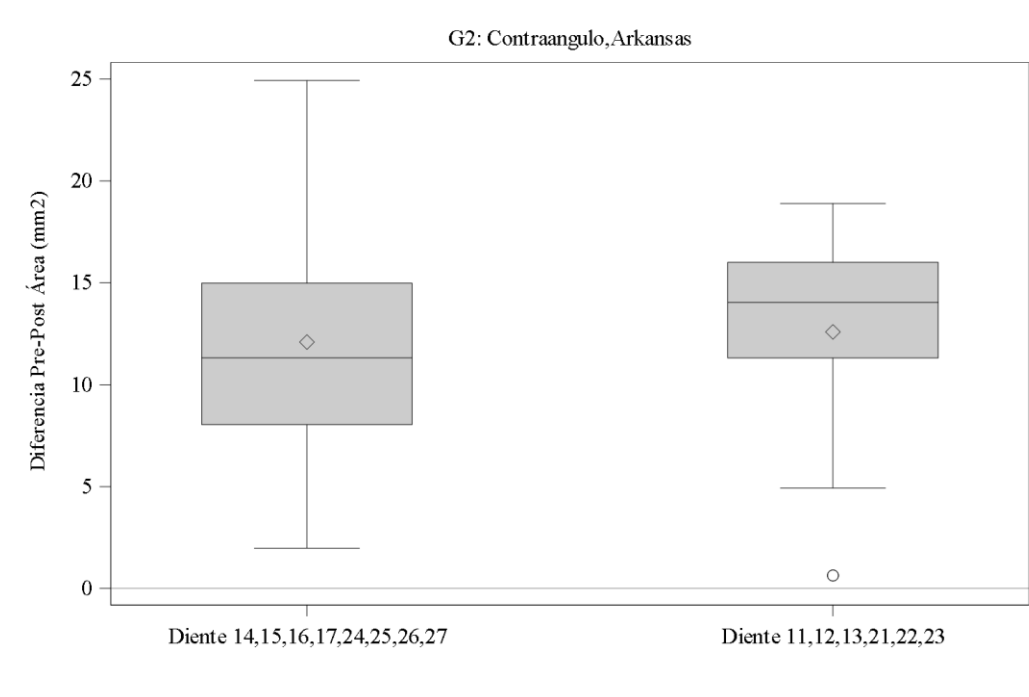


Figura 39: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 2 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 12.09 (std=5.46) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 12.59 (std=4.71).

G2: Contraángulo,Arkansas	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	12.09	5.46	1.98	8.04	11.32	14.98	24.92	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	12.59	4.71	0.64	11.31	14.04	16.01	18.89	0

Tabla 93: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 2 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G2: Contraángulo,Arkansas: área eliminada cemento			
Test for normality			
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.3562
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.89	0.0024

Tabla 94: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 2 según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes en G2, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

área eliminada cemento vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G2: Contraángulo,Arkansas	1642.000	1.0080	0.3134	1.0000

Tabla 95: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 2 según el grupo de diente.

En G2, no se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

G3: Contraángulo y Diamante

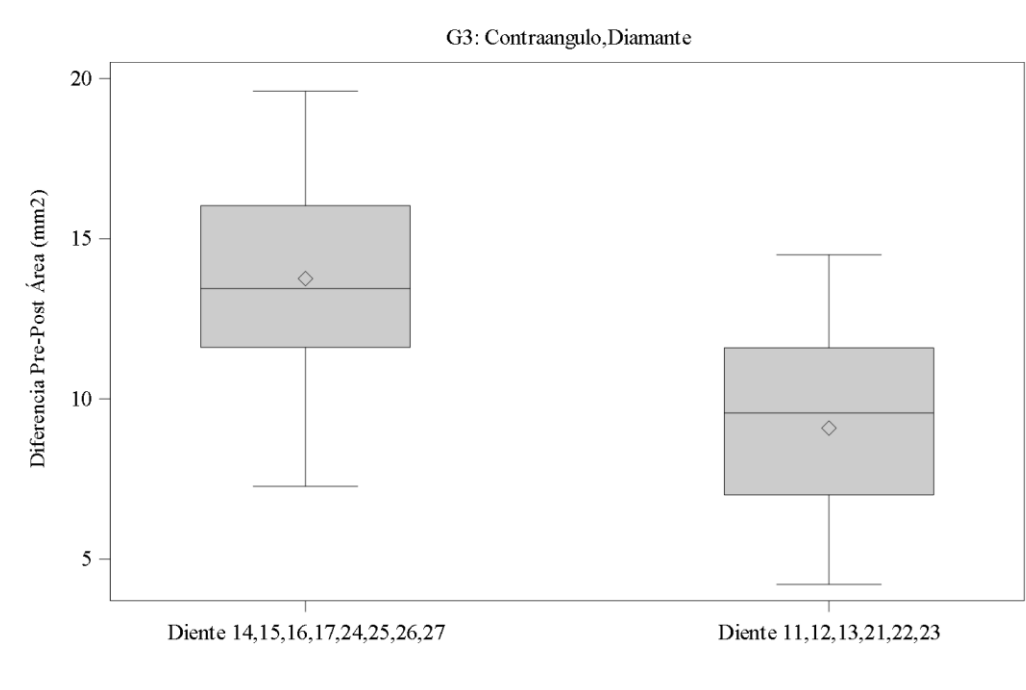


Figura 40: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 3 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 13.76 (std=3.32) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 9.09 (std=3.07).

G3: Contraángulo,Diamante	Diferencia Pre-Post Área (mm2)								
	N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	4 8	13.76	3.3 2	7.2 7	11.6 1	13.45	16.0 3	19.6 1	0
Diente 11,12,13,21,22,23	3 6	9.09	3.0 7	4.2 1	7.00	9.56	11.5 9	14.5 0	0

Tabla 96: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G3: Contraángulo,Diamante: area_eliminada_cemento			
Test for normality			
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.96	0.1560
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.95	0.1182

Tabla 97: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor preoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

área_eliminada_cemento vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G3: Contraangulo,Diamante	938.0000	-5.3476	<.0001	<.0001

Tabla 98: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

En G3, se detectan diferencias estadísticamente significativas (Stat = 938; adj p_value < 0.0001) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes, siendo mayor la media en el grupo “Diente 14,15,16,17,24,25,26,27”. En este grupo, no hemos rechazado la distribución normal de los datos. Presentamos a continuación los resultados del t-test (contraste paramétrico, equivalente a Mann-Whitney-Wilcoxon):

Equality of Variances				
Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Folded F	47	35	1.17	0.6401

Tabla 99: Test de igualdad de las variancias para comparar los datos de grosor preoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

No rechazamos la hipótesis nula de igualdad de varianzas ($p > 0.05$).

Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
Pooled	Equal	82	6.58	<.0001
Satterthwaite	Unequal	78.366	6.65	<.0001

Tabla 100: T-test para muestras independientez para comparar los datos de grosor preoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas de “Diferencia Pre-Post Grosor” entre grupo de dientes.

grupo_diente	Method	Mean	95% CL Mean		Std Dev	95% CL Std Dev	
Diente 14,15,16,17,24,25,26, 27		13.755 4	12.791 5	14.719 4	3.3197	2.763 6	4.158 2
Diente 11,12,13,21,22,23		9.0895	8.0495	10.129 4	3.0735	2.492 9	4.009 2
Diff (1-2)	Pooled	4.6660	3.2550	6.0769	3.2170	2.791 0	3.797 5
Diff (1-2)	Satterthwaite	4.6660	3.2696	6.0623			

Tabla 101: Diferencia de medias con el intervalo de confianza para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 3 según el grupo de diente.

La diferencia estimada de “Diferencia Pre-Post Grosor” entre grupo de dientes es 4.67,
IC_{95%}=[3.26, 6.08].

G4: Turbina y Tungsteno

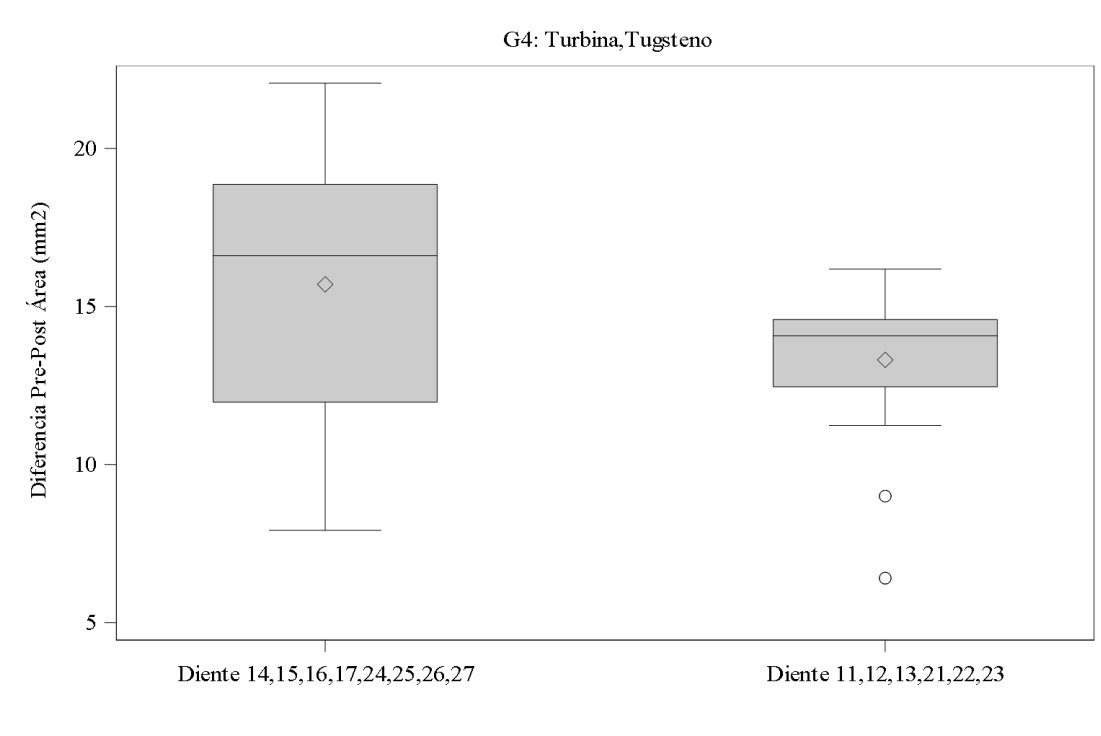


Figura 41: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 4 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Grosor (mm) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 15.7 (std=3.93) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 13.31 (std=2.4).

G4: Turbina, Tungsteno	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mea n	Std	Min	Q1	Media n	Q3	Max	NMis s
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	15.70	3.93	7.92	11.98	16.60	18.87	22.07	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	13.31	2.40	6.41	12.46	14.07	14.59	16.19	0

Tabla 102: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 4 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G4: Turbina,Tungsteno: area_eliminada_cemento			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.94	0.0235
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.82	0.0001

Tabla 103: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 4 según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	área_eliminada_cemento vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G4: Turbina,Tungsteno	1234.000	-2.6715	0.0076	0.0453

Tabla 104: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 4 según el grupo de diente.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas (Stat = 1234, p_value = 0.0453) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

G5: Turbina y Arkansas

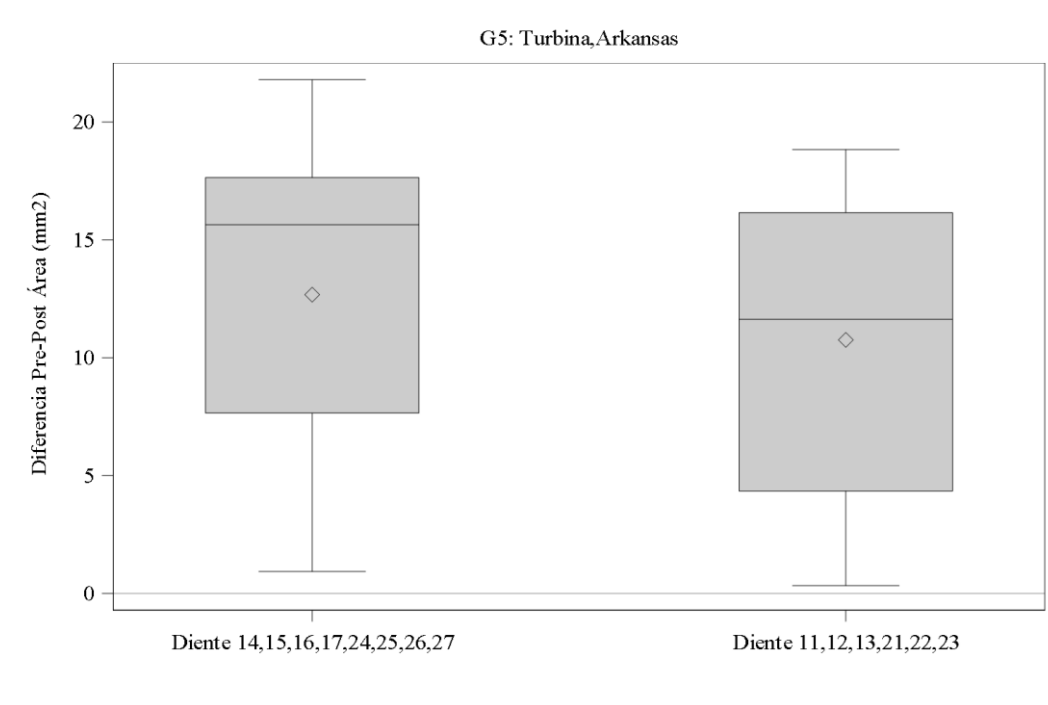


Figura 42: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 5 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm^2) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 12.68 (std=6.27) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 10.76 (std=6.08).

G5: Turbina, Arkansas	Diferencia Pre-Post Área (mm^2)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	12.68	6.27	0.93	7.66	15.65	17.64	21.80	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	10.76	6.08	0.34	4.35	11.63	16.15	18.84	0

Tabla 105: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 5 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G5: Turbina,Arkansas: área_eliminada_cemento			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.88	0.0002
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.91	0.0082

Tabla 106: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 5 según el grupo de diente.

En ambos grupos de dientes, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	área_eliminada_cemento vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G5: Turbina,Arkansas	1354.000	-1.5866	0.1126	0.6756

Tabla 107: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 5 según el grupo de diente.

No existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 1354, adj pvalue = 0.6756) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

G6: Turbina y Diamante

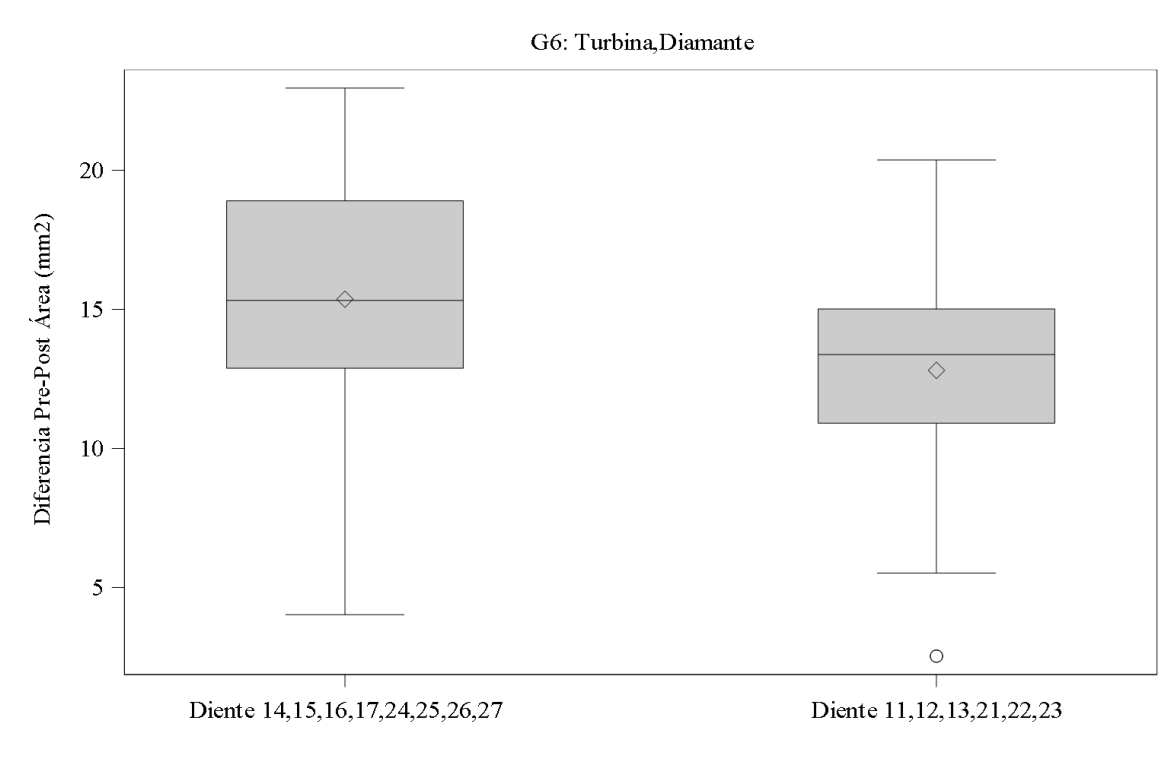


Figura 43: Diagrama de cajas donde se observan los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 6 según el tipo de diente.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 15.37 (std=4.76) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 12.81 (std=4.41).

G6: Turbina,Diamante	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	48	15.37	4.76	4.03	12.88	15.32	18.91	22.96	0
Diente 11,12,13,21,22,23	36	12.81	4.41	2.54	10.91	13.37	15.02	20.37	0

Tabla 108: Análisis descriptivo de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 6 según el grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

G6: Turbina,Diamante: diferencia_grosor			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.97	0.2784
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.6835

Tabla 109: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 6 según el grupo de diente.

No se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal en ninguno de los dos grupos. En este caso, además de presentar el contraste no-paramétrico, también se presentan los resultados del t-test.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

	área_eliminada_cemento vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
G6: Turbina,Diamante	1252.000	-2.5086	0.0121	0.0727

Tabla 110: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de grosor pre-postoperatorio en el grupo 6 según el grupo de diente.

En G6, no se detectan diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

DIFERENCIA PRE-POSTOPERATORIA DEL ÁREA SEGÚN EL GRUPO DE DIENTES ESTRATIFICADO POR TIPO DE SISTEMA ROTATORIO

A continuación, se presenta el resumen del análisis estratificado por grupo. Después, en cada subcapítulo se presentan los resultados estratificados por grupo:

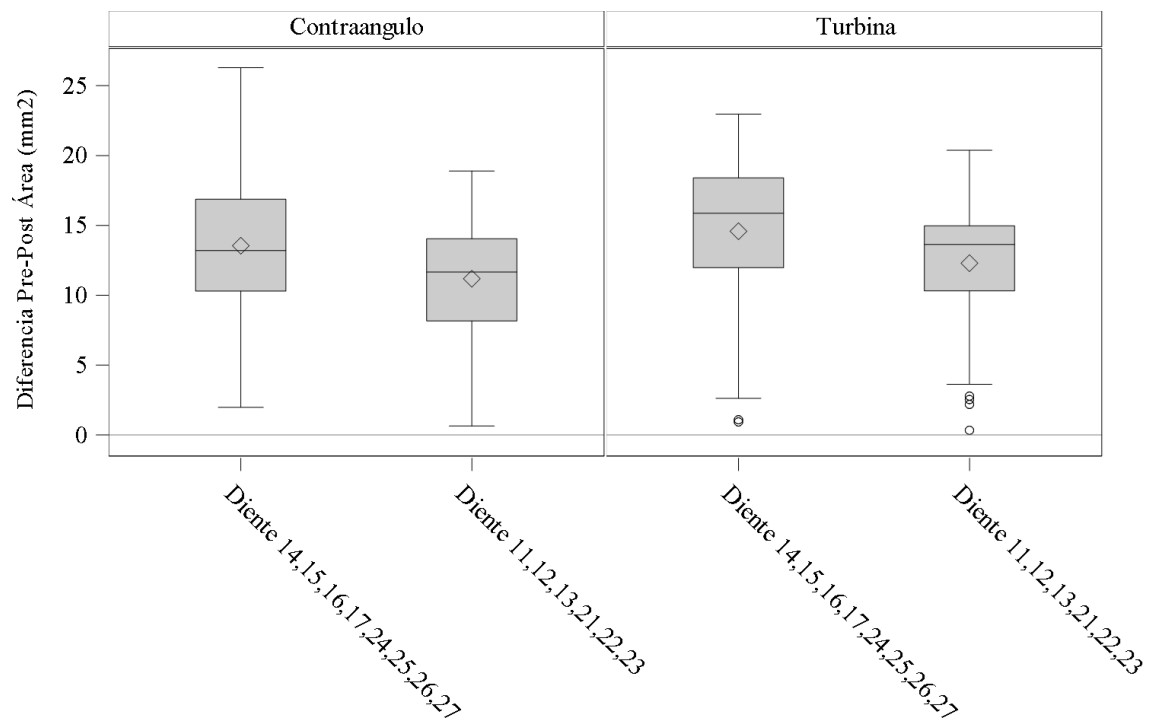


Figura 44: Diagrama de cajas donde se observan los datos de área pre-postoperatoria según el tipo de sistema rotatorio estratificado por grupo de dientes.

La mayor media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) se da en el grupo Turbina y “Diente 14,15,16,17,24,25,26,27” con un valor de 14.58 (std=5.22), y mediana 15.87.

		Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
		N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Contraángulo	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	13.55	5.31	1.98	10.30	13.20	16.87	26.29	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	108	11.18	4.09	0.64	8.17	11.66	14.05	18.89	0
Turbina	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	14.58	5.22	0.93	11.97	15.87	18.40	22.96	0
	Diente 11,12,13,21,22,23	108	12.29	4.65	0.34	10.31	13.64	14.97	20.37	0
Total		504	13.07	5.05	0.34	10.31	13.37	16.51	26.29	0

Tabla 111: Análisis descriptivo de los datos de área pre-postoperatoria según tipo de sistema rotatorio estratificando por tipo de diente.

Se presentan los contrastes de normalidad por cada grupo y Grupo diente:

área_eliminada_cemento				
		Test for normality		
Rotatorio	grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Contraangulo	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.6320
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0407
Turbina	Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0001
	Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0001

Tabla 112: Análisis Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de área según el tipo de sistema rotatorio estratificando por grupo de diente.

En ambos tipos de rotatorio, hay algún grupo de dientes en que se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los datos.

Se presentan los resultados del test Mann-Whitney-Wilcoxon estratificados por grupo (el pvalor se ha ajustado con la corrección de Bonferroni, 2 contrastes):

	área_eliminada_cemento vs grupo_diente			
	Wilcoxon Two-Sample Test			
Rotatorio	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Contraangulo	11628.50	-3.5505	0.0004	0.0008
Turbina	11372.00	-3.9984	<.0001	0.0001

Tabla 113: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de área según tipo de sistema rotatorio estratificando por tipo de diente.

En ambos sistemas de rotatorio, existen diferencias estadísticamente significativas de la diferencia Pre-Post entre grupo dientes.

Contraángulo

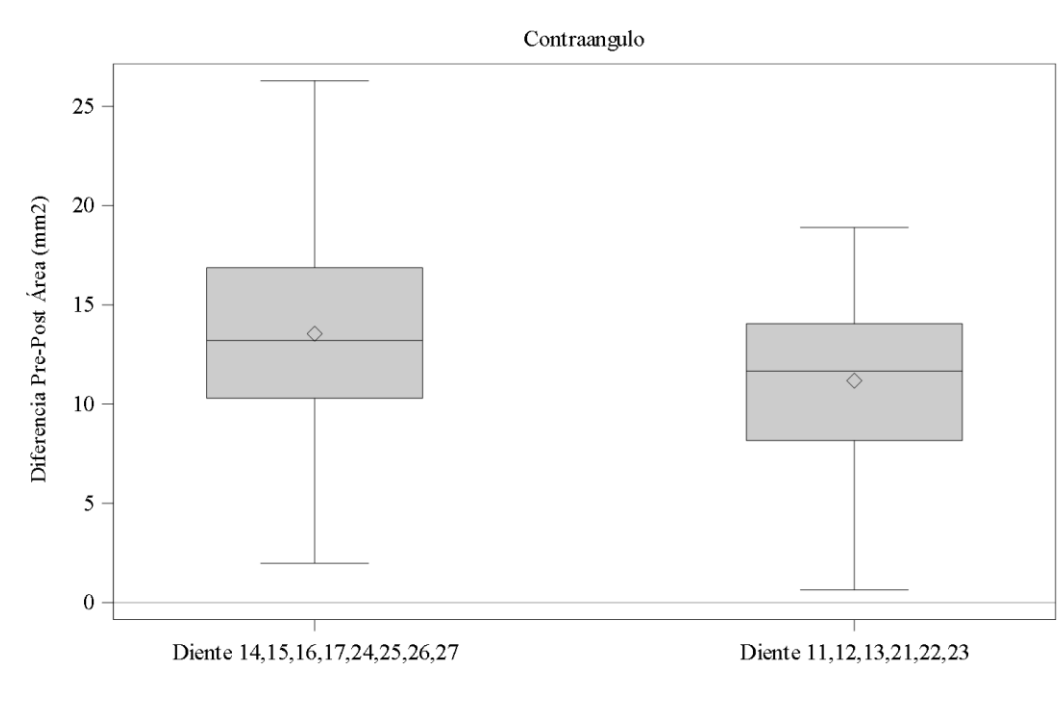


Figura 45: Diagrama de cajas donde se observan los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de contraángulo estratificado por grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 13.55 (std=5.31) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 11.18 (std=4.09).

Contraángulo	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	13.55	5.31	1.98	10.30	13.20	16.87	26.29	0
Diente 11,12,13,21,22,23	108	11.18	4.09	0.64	8.17	11.66	14.05	18.89	0

Tabla 114: Análisis descriptivo de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de contraángulo estratificado por grupo de dientes.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Contraángulo: area_eliminada_cemento			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.99	0.6320
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.98	0.0407

Tabla 115: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de contraángulo estratificado por grupo de diente.

En “Diente 11,12,13,21,22,23”, existen diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal. Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

áwrea_eliminada_cemento vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Contraangulo	11628.50	-3.5505	0.0004	0.0008

Tabla 116: Análisis de Wilcoxon para comparar de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de contraángulo estratificado por grupo de dientes

Existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 11628.5, adj p_valor = 0.0008) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

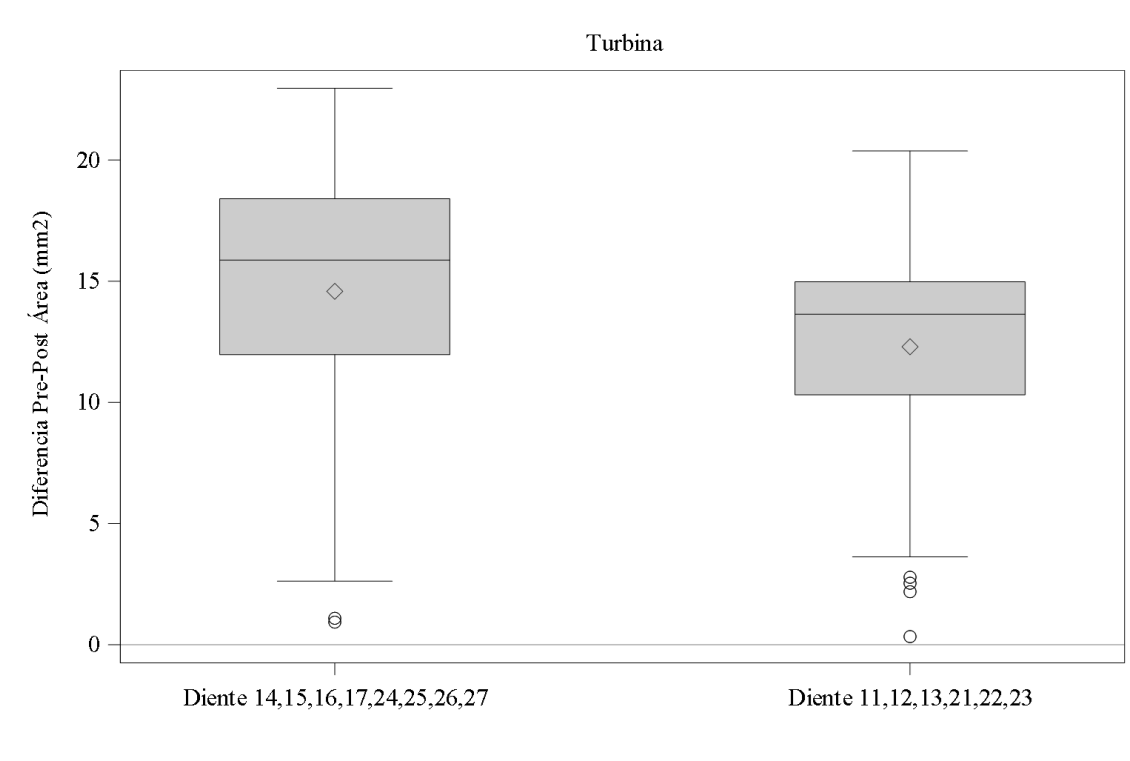
Turbina

Figura 46: Diagrama de cajas donde se observa el análisis descriptivo de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de turbina estratificado por grupo de dientes.

La media de la diferencia Pre-Post Área (mm²) en “Dientes 14,15,16,17,24,25,26,27” es 14.58 (std=5.22) y en “Diente 11,12,13,21,22,23” es 12.29 (std=4.65).

Turbina	Diferencia Pre-Post Área (mm ²)								
	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max	NMiss
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	144	14.58	5.22	0.93	11.97	15.87	18.40	22.96	0
Diente 11,12,13,21,22,23	108	12.29	4.65	0.34	10.31	13.64	14.97	20.37	0

Tabla 117: Análisis descriptivo de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de turbina estratificado por grupo de diente.

Se presenta el contraste de Shapiro-Wilk de normalidad de los datos:

Turbina: área_eliminada_cemento			
	Test for normality		
grupo_diente	Goodness-of-Fit Test	Statistic	p-value
Diente 14,15,16,17,24,25,26,27	Shapiro-Wilk	W = 0.93	0.0001
Diente 11,12,13,21,22,23	Shapiro-Wilk	W = 0.92	0.0001

Tabla 118: Análisis de Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de turbina estratificado por grupo de dientes.

En el grupo “Diente 11,12,13,21,22,23” se detectan diferencias estadísticamente significativas entre la distribución observada y la distribución normal.

Se presentan los resultados del test no-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon:

área_eliminada_cemento vs grupo_diente				
Wilcoxon Two-Sample Test				
grupo	Statistic	Z	Pr > Z	pvalor_adj
Turbina	11372.00	-3.9984	<.0001	0.0001

Tabla 119: Análisis de Wilcoxon para comparar los datos de área pre-postoperatoria en el grupo de sistema rotatorio de turbina estratificado por grupo de diente.

En Turbina, existen diferencias estadísticamente significativas (Stat = 11372, p_valor = 0.0001) de la diferencia Pre-Post Área entre los dos grupos de dientes.

TIEMPO DE PULIDO POR ARCADA

Se han calculado las medias del tiempo de pulido por grupo de estudio (G1-G6) y también por Pulido (Contraángulo y Turbina):

Tiempo pulir una arcada (min)	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max
G4: Turbina,Tungsteno	3	1.18	0.09	1.08	1.08	1.20	1.26	1.26
G5: Turbina,Arkansas	3	1.13	0.09	1.04	1.04	1.12	1.22	1.22
G6: Turbina,Diamante	3	1.24	0.07	1.19	1.19	1.20	1.32	1.32
G1: Contraángulo,Tungsteno	3	3.20	0.23	3.02	3.02	3.12	3.45	3.45
G2: Contraángulo,Arkansas	3	1.98	0.43	1.50	1.50	2.12	2.32	2.32
G3: Contraángulo,Diamante	3	2.32	0.28	2.03	2.03	2.35	2.58	2.58

Tabla 120: Tiempo medido en minutos necesario para pulir una arcada completa en cada grupo de estudio.

La media del tiempo de pulido es de 3.2 min (std=0.23) en G1: Contraángulo, Tungsteno.

Los valores varían de 3.02 hasta 3.45.

Tiempo pulir una arcada (min)	N	Mean	Std	Min	Q1	Median	Q3	Max
Contraángulo	9	2.50	0.61	1.50	2.12	2.35	3.02	3.45
Turbina	9	1.18	0.09	1.04	1.12	1.20	1.22	1.32

Tabla 121: Tiempo medido en minutos necesario para pulir una arcada completa segmentando por tipo de sistema rotatorio.

La media del tiempo de pulido es de 2.5 min (std=0.61) en Rotatorio=Contraángulo. La media de tiempo del grupo turbina es 1.18 min (std= 0.09) en Rotatorio=Turbina. Los valores varían de 1.5 (mínimo) hasta 3.45 (máximo)

DISCUSIÓN

El pulido final de la superficie es una fase importante de la descementación de aparatologías multibrackets y tiene como objetivo retirar la totalidad de remanentes de cemento sin dañar la superficie del esmalte. El clínico tiene a su disposición diversos tipos de fresas que pueden utilizarse con sistema rotatorio de alta velocidad o turbina o de baja velocidad o contraángulo y con diferentes tipos pulidores. Ambos sistemas rotatorios permiten utilizar una amplia variabilidad fresas. Las fresas más utilizadas en los artículos científicos con el objetivo de eliminar cemento remanente son las fresas de tungsteno, la punta de Arkansas y fresas de diamante (66,67).

Tras realizar un pulido inicial con fresa se puede añadir al protocolo de pulido instrumentos de acado como discos Sof-Lex, las copas de goma y fresas de terminación. Estos instrumentos son utilizados con el objetivo de disminuir la rugosidad de la superficie del esmalte tras el pulido inicial con fresa intentando revertir la situación inicial del esmalte previa a la adhesión (66, 67). A su vez, se han utilizado otras técnicas de remoción de cemento como la abrasión con aire o el láser. La abrasión con aire se trata de un efecto abrasivo con partículas de óxido de aluminio con aire a presión con o sin irrigación con agua (67).

En el presente estudio in vitro se ha estudiado la remoción de remanentes de cemento con fresa de tungsteno, punta de Arkansas y fresa de diamante accionadas con turbina y con contraángulo. El objetivo fue observar si existían diferencias significativas en la disminución del grosor y área estimada de cemento remanente con el pulido con los fresaes y sistemas rotatorios antes mencionados. Se descarta la hipótesis H_0 que admite que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio (TUNG+CAA, ARK+CAA, DIAM+CAA, TUNG+ TUR, ARK+TURB, DIAM+TUR).

Se han observado diferencias estadísticas en los valores de área de cemento preoperatorio cuando se comparan ambos tipos de sistema rotatorio, por lo que la velocidad del rotatorio influiría en la cantidad de área de cemento removido. Se han obtenido reducciones de área mayores al utilizar el sistema rotatorio de Turbina en comparación con el Contraángulo. Si bien, no se observa influencia del tipo de sistema rotatorio en la reducción del grosor de cemento remanente.

También se han observado diferencias estadísticas al comparar los grupos de fresales. La fresa que más grosor de cemento pulió fue la fresa de tungsteno por encima de la de Arkansas y la de diamante, obteniendo una mayor cantidad de grosor de cemento removido con diferencias estadísticas entre grupos. La media de grosor de cemento removido de la fresa tungsteno fue 0.55mm mientras que el de la fresa Arkansas y diamante fue 0.35 y 0.39 mm respectivamente. Esto es de nuevo observado cuando se realiza la comparativa dos a dos de los grupos de fresales donde encontramos diferencias en el grosor removido de la fresa tungsteno con el resto de las fresas, pero no se observan diferencias significativas entre la fresa Diamante y Arkansas.

En cuanto al área de cemento retirada, se han observado diferencias significativas entre la fresa Tungsteno y Arkansas, pero no entre los grupos Tungsteno y Diamante, siendo mayor la reducción media en la fresa Tungsteno. Cuando analizamos la influencia del tipo de diente (posterior o anterior) en el pulido de la superficie lingual, encontramos que no existen diferencias significativas en la remoción de grosor de cemento entre los dos grupos de tipos de dientes. Sin embargo, sí se observan diferencias en el grosor de cemento removido cuando estratificamos los grupos (sistema rotatorio) por tipo de diente. Se encuentran diferencias en el grosor pulido en función de si el diente es anterior o

posterior cuando pulimos con Contraángulo y Tugsteno, pero no en resto de grupos de estudio. Además, al evaluar el área de cemento removida sí encontramos diferencias significativas entre los dientes anteriores y posteriores, se observa una mayor reducción de área de cemento en el grupo de dientes posteriores (premolares y molares) en comparación con los dientes anteriores (incisivos y caninos). A su vez cuando estratificamos por tipo de sistema rotatorio encontramos diferencias significativas en el pulido del área en el grupo de turbina entre los dientes anteriores y posteriores, siendo mayor en los dientes posteriores.

Además, en el análisis comparativo de los datos preoperatorios no se encuentran diferencias estadísticamente significativas ni en el grosor ni en el área cuando se comparan los grupos de estudio (según el tipo de fresa y el tipo de sistema rotatorio). Sin embargo, si existen diferencias cuando se realiza un análisis bivariado entre grupos tanto del grosor como del área. Únicamente se han encontrado diferencias en el análisis bivariado de los valores preoperatorios de grosor preoperatorio entre el grupo Arkansas Turbina vs Arkansas Contraángulo, obteniendo una media mayor en el grupo Turbina Arkansas. En el análisis bivariado del área encontramos diferencias entre el grupo Contraángulo Diamante y Turbina Diamante, y entre el grupo Contraángulo Arkansas y Contraángulo Diamante; obteniendo una media mayor de área en los grupos Turbina Diamante y Contraángulo Arkansas, respectivamente. Si bien, los resultados obtenidos no se ven influenciados por diferencias estadísticas entre los valores preoperatorios entre grupos de estudio.

Actualmente, no ha sido estandarizado un protocolo de pulido tras la descementación de aparatología multibrackets. Sin embargo, los clínicos realizan un protocolo de pulido tras

el descementado generalmente utilizando sistemas rotatorios. Tampoco ha sido estandarizado el tiempo de pulido y se han observado remanentes de cemento inclusive tras 30 segundos de pulido por diente. Además, los daños producidos en el esmalte por estos instrumentos pueden ser irreversibles. Estos efectos pueden afectar a la translucidez, color y brillo del esmalte afectando a sus propiedades ópticas. El pulido incorrecto puede producir fracturas y rayaduras en el esmalte. A su vez, el grabado ácido puede afectar a la remineralización posterior del esmalte.

Los procedimientos de grabado total han mostrado afectación del esmalte de profundidad de 10 μm (68). Existen diferentes aspectos que pueden variar en la secuencia de pulido como el material de cementación, la secuencia de fresas y los instrumentos rotatorios. En el estudio presentado anteriormente se ha utilizado el mismo material de cementación en toda la muestra estudiada. Se ha realizado grabado total con ácido ortofosfórico al 37%, posteriormente se ha lavado y secado la superficie del esmalte y se colocado primer y adhesivo para brackets secados con lámpara de polimerización. Únicamente se ha variado el tipo de fresa y el tipo de sistema rotatorio con el que se ha pulido la superficie de esmalte tras la descementación de los brackets. Además, en todos los grupos de estudio se han utilizado brackets linguales de base customizada de la misma marca y sistema friccional (brackets ALIAS).

En otro estudio in vitro escrito por Kuskonmaz y col. en 2020, también miden los remanentes de cemento tras el pulido utilizando el mismo tipo de bracket. En este estudio se realizó la medición de los remanentes de cemento en 13 dientes con microscopía de escáner electrónico obteniendo imágenes de la superficie lingual en tres dimensiones. Este proceso puede asemejarse a la metodología presentada en este documento, donde las

imágenes tridimensionales han sido capturadas con escáner intraoral. Sin embargo, el procedimiento del escáner intraoral tiene la ventaja de ser mucho más rápido en la captura de las imágenes mientras que la utilización de SEM requiere de 60-90 minutos para capturar la imagen de cada pieza dental. A su vez, posterior a la toma de registros Kuskomaz et al. realizaron un análisis visual o cualitativo de los remanentes utilizando el índice ARI mientras que en nuestro estudio se ha realizado de forma cuantitativa, siendo demostrada la metodología de medición como repetible y reproducible (64, 65, 69). Cabe destacar que en el estudio de Kuskonmaz et al. se han excluido los dientes anteriores con exceso de curvatura siendo estos los dientes con mayor dificultad en el pulido por la irregularidad de su anatomía macroscópica (69).

En el estudio presentado se puede observar que los dientes con mayor área de remanentes de esmalte tras el pulido son los incisivos y caninos en comparación con premolares y molares por lo que el pulido en estos dientes es más complejo por la dificultad de retirar el cemento completamente sin afectar al esmalte y por la difícil visibilidad y acceso a estas superficies (64,65). Además, la morfología de las superficies dentales es muy importante al realizar una correcta adhesión ortodóntica y en especial en ortodoncia lingual. Se ha observado una alta variabilidad en la morfología dental de la superficie lingual e influencia genética. Resulta común encontrar incisivos laterales superiores microdónticos y existen diferencias de convexidad de la superficie lingual entre incisivos centrales y laterales, sobretodo en las superficies mesiales y centrales. Por esto los brackets linguales actualmente, y de manera común, se fabrican con una customización de la base (70).

Como se ha comentado anteriormente, los dientes anteriores tienen una elevada variabilidad interindividual y las caras linguales difieren en morfología y convexidad respecto a la cara vestibular. Sobretudo, los cúngulos de los incisivos tienen diferencias de convexidad dentro de la misma superficie lingual lo que dificulta el pulido (39,40). Esto explica la diferencia observada en este estudio en el área pulida entre los dientes anteriores y posteriores, diferencia que ya había sido observada en estudios previos (65).

Si bien, la evidencia publicada recientemente está mayoritariamente centrada en el estudio de la rugosidad del esmalte tras el pulido y utilizan brackets vestibulares. Evitar el daño del esmalte es muy importante para evitar la retención de placa y mantener la estética. Si bien, raramente ha sido estudiada la eficiencia de las fresas y sistemas rotatorios utilizados en el pulido de brackets. Estos estudios, en conjunción con los existentes sobre el daño del esmalte, pueden permitir al clínico seleccionar una forma de pulido preferible, eficiente y segura para sus tratamientos.

Thawaba y colaboradores realizaron un estudio en 2022 sobre 96 premolares extraídos que fueron embebidos en bloques de acrílico. Estos modelos fueron aleatorizados asociados a diferentes fresas para remover el cemento remanente. Se utilizó también lupas de magnificación en la mitad de los grupos. Se midió la rugosidad inicial en 13 dientes con un perfilómetro y tres dientes de cada grupo de pulido fueron seleccionados para examinarse con escáner de microscopia electrónica. En este estudio, a diferencia del presentado en esta tesis, se utilizó ácido fosfórico al 32% y se utilizaron brackets metálicos vestibulares Roth 022. Se utilizó el mismo “primer” y el mismo adhesivo para todos los brackets y los remanentes de cemento se retiraron con contaángulo y fresa de tungsteno sin magnificación, contraángulo y fresa de tungsteno con magnificación,

turbina y punta de Arkansas sin magnificación y turbina y punta de Arkansas con magnificación. En todos los grupos de estudio se terminó el protocolo de pulido con espirales Sof-Lex de grosor medio, fino y ultrafino. Los autores no compararon los mismos tipos de fresales con diferente rotatorio o viceversa, a su vez no incorpora grupos sin pulido final con Sof-Lex. Por lo tanto, resulta imposible comparar el efecto del sistema rotatorio en el pulido. Además, utilizan para finalizar distos Soft-Lex en todos los grupos de estudio, por lo que no se valoran las fresas iniciales por si solas y no permite observar que efecto tienen estos pulidores sobre la rugosidad final del esmalte. Si bien los autores aportan resultados sobre el efecto de la rugosidad del esmalte de la magnificación.

Por otro lado, aunque para medir la rugosidad final se utilizó un perfilómetro en 13 dientes de cada grupo, tras el descementado se valoraron la cantidad de remanentes de cemento con el índice de remanentes de adhesivo (ARI). Este índice está basado en una valoración visual y por lo tanto subjetiva de los remanentes de cemento. Se puntúa la cantidad de cemento del 5-1 siendo el 5 la cantidad mínima de cemento y observación del esmalte intacto. El valor 4 menos de un 10% del cemento se encuentra todavía sobre la superficie, el valor 3 entre un 10%-90% de la cantidad de cemento se encuentra sobre la superficie, el valor 2 mayor al 90% del cemento sigue en la superficie y el valor 1 la totalidad del cemento se encuentra en la superficie del esmalte. Este índice al ser visual no nos permite comparar de forma precisa si existen diferencias estadísticas entre grupos antes del pulido.

Como se ha comentado anteriormente, posterior al protocolo de pulido los autores realizaron una perfilometría a 13 dientes de cada grupo con el objetivo de observar la rugosidad final del esmalte y compararla con la inicial. Además, 3 dientes de cada grupo

se evaluaron con SEM con el objetivo de obtener imágenes magnificadas. Estas imágenes se evaluaron con el Índice de daño del esmalte (EDI) el cual también es un índice de valoración visual puntuando del 0 al 3. El valor 0 corresponde a superficies pulidas sin daños donde los perikymata son visibles, el valor 1 una superficie fina con pequeñas grietas y el valor 3 una superficie con grietas considerables y daño en el esmalte. No encontraron diferencias significativas entre la rugosidad del esmalte inicial y posterior al pulido. Si bien, el número de muestra fue 13 por grupo de estudio, se observó una menor rugosidad del pulido con fresa de Tungsteno+ Soft-Lex en comparación con el pulido con punta de Arkansas+Soft-Lex cuando se realiza la comparativa estadística por pares (66).

Yassaei et al. estudian también los efectos en el esmalte del pulido de cemento remanente tras el descementado de brackets. En este artículo utilizan fresa de tungsteno con baja y con alta velocidad y punta de Arkansas especializada en pulido de composite que está reforzada por zirconio y fibra de vidrio. En este caso, se evaluó la rugosidad del esmalte con escáner de microscopia electrónica y también se valoró los cambios de color en el diente con espectrofotómetro. Este artículo concluye que la fresa especializada en pulido de composite obtuvo la superficie de esmalte menos rugosa tras el pulido de la superficie y descementación de brackets vestibulares. Sin embargo, los menores cambios de color en el diente se obtuvieron con la fresa de carburo de tungsteno (71).

Otro estudio in vitro se centró en estudiar el efecto del tipo de composite y el tipo de fresa en el color del diente. Se utilizaron composites con BIS-gamma y grabado total versus composites autograbantes versus cementos de ionomero de vidrio modificados con resina. A su vez, compararon fresas de carburo de tungsteno con turbina con irrigación versus fresa de carburo de tungsteno y discos Sof-Lex con irrigación versus fresa de carburo de

tungsteno con contraángulo y fresas de acabado de sílice. Este artículo realiza una comparativa estadística por pares. Los autores recomiendan los composites autograbantes y el cemento de ionómero de vidrio sobre los adhesivos de grabado total existiendo diferencias significativas entre este último y el resto de grupos de estudio.

También, el pulido con fresas de sílice como fresa de acabado tras utilizar fresas de carburo de tungsteno ha obtenido diferencias estadísticamente significativas en la comparación por pares con el resto de los grupos por lo que los autores lo recomiendan esta fresa de acabado para evitar los cambios de color en el diente (72). A su vez, se han obtenido valores menores en la rugosidad del esmalte utilizando cementos de ionomero de vidrio que los cementos convencionales de composite. Sin embargo, en otro estudio observan que el cemento de ionomero de vidrio no mejora las propiedades ópticas del diente tras el cementado, descementado y pulido (68).

También se recomienda para disminuir la rugosidad del esmalte utilizar dispositivos de finalización tras la remoción de cemento con fresas de carburo de tungsteno (73). Otro estudio in vitro también tiene en consideración el tiempo necesario para realizar el pulido. Aunque este estudio es realizado en dientes de animal y su muestra es mucho menor al presentado en este documento, cabe la pena destacar que la metodología utilizada fue SEM. Se obtuvieron tiempos menores de tratamiento cuando se utilizaron fresas de carburo de tungsteno, siendo consideradas por los autores estas fresas como las más rápidas (74).

Por otro lado, en un estudio publicado en 2020 donde se compararon diferentes técnicas de pulido del cemento y se observó que la hidroabrasión con partículas de óxido de

aluminio fue la técnica más segura. Se obtuvo con esta técnica una menor rugosidad del esmalte mediante observación con SEM. La hidroabrasión consiguió reestablecer el estado previo de la superficie de tal forma que las vetas de preikymata eran de nuevo visibles. De todos modos, la hidroabrasión todavía debe ser más estudiada. En cuanto a la irrigación, en el mismo estudio se obtuvo una correcta remoción de los remanentes sin irrigación con agua utilizando fresa y micromotor minimizando el daño en el esmalte (67).

Además de la importancia de la rugosidad del esmalte y el color del diente, también se destaca la apariencia de textura del diente que es causada por el cambio de brillo. El brillo se explica como la luz que se refleja en la superficie del esmalte hacia otras direcciones el cual puede medirse por el ángulo que crean los rayos de luz al incidir sobre el diente. Con esto también puede calcularse la reflectancia. El pulido puede afectar a la óptica del diente de tal forma que afectando la rugosidad de la superficie se varía también la reflexión de la luz sobre la misma. Cuando no se realiza un pulido completo del cemento, la superficie del diente involucra tanto los restos del material de cementación, esmalte intacto y esmalte con tags de resina por lo que la óptica puede variar de forma considerable. El pulido total de los remanentes de cemento sin producir daño en el esmalte es muy complicado, pero resulta importante de estudiar (68).

Por otro lado, se han realizado estudios similares estudiando la adhesión a las coronas de zirconio. Debido al auge de los tratamientos tanto de prostodoncia como de brackets en el paciente adulto han surgido los problemas de adhesión a las coronas protéticas. La adhesión del bracket a estas restauraciones tiene una fuerza adhesiva mucho menor ya que la prótesis no se trata de un tejido vivo. La manufacturación de las prótesis con

CAD/CAM ha permitido mejorar las propiedades de los materiales para facilitar la adhesión. También se han utilizado tratamientos de la superficie para aumentar la rugosidad de la superficie del zirconio. En un artículo in vitro se utilizaron ácido fluorhídrico, fresas de diamante, cobertura de sílice y tetrafluoruro de titanio con el objetivo de favorecer esa adhesión a las coronas. Los autores utilizaron el índice visual ARI tras el descementado para valorar la cantidad de remanentes de cemento. Utilizaron previamente espectrofotómetro para magnificar la imagen. También estudiaron la rugosidad con un perfilómetro y SEM. Se recomendó la cobertura con sílice y la utilización de composites nanohíbridos en los casos de cementación de brackets sobre coronas de zirconio (75).

En cuanto al tipo de fresa, también ha sido estudiado in vitro la influencia de este en el pulido tras la descementación de brackets en coronas de zirconio. Se ha evaluado también la rugosidad de la superficie tras el pulido con fresas de carburo de tungsteno y baja velocidad, fresa de diamante en alta velocidad y láser. También se evaluó en este estudio la cantidad de remanentes con una prueba visual ARI. Establecieron que el 54% de los dientes tenían más de la mitad de la superficie cubierta de cemento tras el descementado. Se concluyó que la rugosidad de la superficie se disminuyó en todos los tipos de pulido y se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad pre y postoperatoria en todos los grupos de estudio. No se realiza la comparativa por pares para valorar las diferencias entre grupos de estudio. Tampoco se tuvo en cuenta la velocidad del rotatorio utilizado y cada grupo de estudio era diferente en tipo de fresa y tipo de rotatorio por lo que los resultados deben valorarse con estas limitaciones. (76).

A su vez, ha sido estudiada la adhesión de brackets sobre obturaciones de composite. Especialmente se realiza el cementado de brackets en restauraciones Clase V de Black en las cuales se ve afectada la cara vestibular del diente, donde se adhieren los brackets convencionales vestibulares. En un estudio in vitro se prepararon obturaciones de composite de grosor de 3 milímetros de Clase V. Posteriormente, se adherieron los brackets con cemento nanohíbrido de grabado total. Se evaluó la rugosidad de la superficie con SEM para aumentar la magnificación y se analizaron las imágenes con el índice de Zachrisson y Arthun y perfilometría. Se evaluó el efecto del arenado y del pulido con fresa previo al cementado en la rugosidad. Se concluyó que ambas formas de tratado de la superficie aumentan la rugosidad y que el pulido posterior al descementado produce la reversión de este aumento (77).

Por otro lado, en el presente estudio in vitro se han utilizado un tipo de brackets lingual concreto, un bracket customizado de baja fricción. Estos brackets son customizados con una base de composite y son brackets ALIAS. Sobre todo en la ortodoncia lingual, el correcto posicionamiento y adaptación del bracket es imprescindible para conseguir los objetivos del tratamiento. En numerosas ocasiones, en las etapas finales del tratamiento de ortodoncia lingual se puede requerir dobleces de acabado y detallado para individualizar el tratamiento y adaptarse a las variaciones morfológicas del diente o a las deficiencias biomecánicas. Como consecuencia del desarrollo de la tecnología han surgido los brackets customizados y personalizados linguales, con el objetivo de mejorar la eficiencia del acabado (65).

Los brackets linguales convencionales tienen un tamaño de la base estandarizado (59), sin embargo, los brackets customizados o personalizados modifican su diseño. La base

de estos brackets es individualizada y se adapta a la morfología de la superficie donde va a ser adherido favoreciendo el contacto entre la malla y el esmalte (62).

Los brackets customizados buscan optimizar la posición y el ajuste del bracket. Para llevar a cabo la individualización de la base, son necesarios diversos pasos de laboratorio. Puede realizarse de dos formas: modificando la base metálica o creando una base customizada con composite a partir de la posición óptima del bracket sobre el set up. Es imprescindible un software (CAD-CAM) que permita trabajar con escáneres o archivos en 3D. El primer paso es tomar registros de silicona en 2 fases. Esta impresión será utilizada para realizar un “setup”. El “setup” debe ser escaneado e introducido en el software de diseño. El software permite colocar las bases del bracket en la superficie del diente y diseñarlas o modificarlas. Permiten ajustar la altura, angulación y torque del slot mediante la modificación de la base. Las bases deben ser lo suficientemente amplias para aumentar la SBS y favorecer el ajuste a la superficie (63).

Además, el ajuste de la base facilita el posicionamiento en caso de descementado (59). Estos brackets también pueden variar en la orientación de la apertura del slot en la zona anterior para que el arco sea introducido en sentido vertical facilitando su ligado e inserción (63). En los brackets customizados con composite se personaliza la base añadiendo grosores de alrededor de 0.4 mm de composite sobre un cuerpo de bracket prediseñado. También permiten colocar el slot sobre el área por la que discurrirá el arco en el “set up” favoreciendo las mecánicas de deslizamiento y la mecánica de arco recto. Esto permite disminuir el perfil del bracket, optimizar los movimientos y simplificar la biomecánica (59). Estos brackets deben ser transferidos a la cavidad oral a través de “jigs” de transferencia de cementado indirecto (65). Los brackets cuya base metálica se modifica

se realizan con máquinas especializadas que convierten los brackets virtuales adaptadas en un análogo de cera y posteriormente se convierte en una aleación con contenido de oro. Un ejemplo de brackets linguales customizados que añaden una base de composite son los brackets Stb* y un ejemplo de individualización de la base metálica son los brackets Incognito (59,62). Los brackets customizados han mostrado mayores SBS con un menor perfil, por lo que tienen menor discomfort que los convencionales. Generalmente, los brackets customizados son cementados de forma indirecta (59) y pueden disminuir el tiempo de tratamiento realizando tratamientos más eficientes.

En el estudio de Jackers et al. se obtuvo una disminución del 26% del tiempo total de tratamiento utilizando brackets customizados de autoligado en comparación con brackets convencionales de autoligado, ambos cementados de forma indirecta. La disminución del tiempo total de tratamiento fue debida a una disminución de la duración de la fase de acabado. Los brackets customizados permiten disminuir el tiempo de tratamiento obteniendo resultados igual de satisfactorios que los brackets convencionales (65).

También los brackets linguales pueden diferenciarse en función de la cantidad de fricción del sistema. La fricción es la fuerza que se resiste u opone al movimiento por el contacto entre superficies. Es consecuencia de las fuerzas electromecánicas que surgen entre los átomos de los materiales. Esta fuerza depende de las irregularidades de las superficies de los materiales que están en contacto. En ortodoncia la fricción se produce por el contacto entre el arco, el bracket y el sistema de ligadura. Esta fuerza de fricción solo es una pequeña parte de toda la resistencia al movimiento que se produce en el deslizamiento del bracket a lo largo del arco (78). La fricción total incluye la fricción clásica que depende de la fuerza que ejerce el arco contra el slot y el coeficiente de fricción de la

combinación de materiales involucrados (79). La fricción va a variar en función de variables tanto físicas como biológicas. Entre ellas podemos encontrar variables del arco, bracket y del sistema de ligadura, la angulación dental, características de la saliva, entre otros.

Dentro de las variables que afectan al bracket, y hacen variar la fricción, encontramos: el material, el tamaño, la forma y el diseño (80, 81). La fricción puede diferenciarse entre fricción estática y fricción dinámica. La fricción estática es la fuerza que se opone a que el movimiento se inicie. A diferencia, la fricción cinética es la fuerza que se opone a que se continúe el movimiento en una dirección una vez ya ha comenzado el movimiento.

Generalmente, la fricción estática es mayor a la cinética. Por eso, esta última a veces resulta irrelevante en ortodoncia. La resistencia al deslizamiento puede deberse, además de a la fricción, al binding y al notching. El binding consiste en la deflexión que se produce en el arco al introducirse en el bracket de un diente desalineado o desnivelado creándose contactos entre el arco y las esquinas del slot. En cambio, el notching es la deformación permanente del arco por lo que el movimiento de deslizamiento se impide por completo en ese punto (78). El deslizamiento del bracket a lo largo del arco va a producirse si la fuerza aplicada es mayor a la friccional (79). Se ha calculado que aproximadamente el 60% de la fuerza aplicada es utilizada para contrarrestar la fricción del sistema (82). Por lo que la fricción puede impedir que se produzca el movimiento dental (81).

La cantidad de fricción debe tenerse en cuenta mediante aproximación. Se ha observado que la cantidad de fricción es proporcional a la rigidez del sistema de ligadura arco-

bracket y al grado de deflexión del arco (82). De este modo los diferentes sistemas de ligadura han surgido buscando variar la fricción tanto en ortodoncia vestibular como en lingual (83, 84). Por un lado, podemos encontrar los brackets con sistemas de ligado convencional. Estos brackets se mantienen unidos al arco mediante ligaduras. Las ligaduras utilizadas en ortodoncia lingual también pueden ser elásticas o metálicas (84). Es necesario que la ligadura sea robusta, que asegure la correcta inserción del arco en el slot y sea rápida y simple de colocar (83). El ligado convencional produce una mayor fricción lo cual puede ser necesario en algunos casos (83, 85). También permite aumentar la fricción ligando el elastómero en “ocho”.

El ligado con elastómeros ha mostrado una mayor fricción que las ligaduras de acero inoxidable y un mayor acúmulo de placa. Por otro lado, la ligadura metálica es más costosa de colocar por lo que requiere más tiempo y la fuerza de ligadura puede variar en función de su colocación (83). Como en ortodoncia lingual el acceso y visibilidad son dificultosos el ligado convencional requiere de mayor habilidad manual y tiempos mayores de sillón que los brackets linguales de autoligado (86). Unos brackets linguales que son ligados al arco de forma convencional son los brackets STb* (87).

Por otro lado, encontramos los brackets de baja fricción linguales, también denominados brackets de autoligado. Estos brackets han sido popularizados en 1980 pero fueron diseñados en 1933. Comenzaron a comercializarse por SPEED™ y Damon (88). En este sistema el arco está mantenido en el interior del slot por una tapa que incorpora el bracket e impide que el arco se salga. Estos brackets pueden dividirse en brackets de autoligado pasivo y brackets de autoligado activo. La diferencia entre ambos reside en el diseño de la tapa. La tapa del bracket de autoligado activo además de permitir la unión arco-bracket,

presiona el arco contra el slot de forma que la fricción será considerable en arcos grandes (79, 82). En cambio, en el autoligado pasivo la tapa es totalmente inactiva por lo que no crea presión con ninguno de los arcos que utiliza (82).

Algunos diseños permiten realizar ligado convencional si es necesario (81). Aun así, debe tenerse en cuenta la cantidad de fricción del sistema, ya que, se crean magnitudes considerables de fricción con brackets de autoligado en malposiciones graves por el grado de deflexión del arco (82). Han sido atribuidas una serie de ventajas a los brackets de autoligado por la menor fricción como: un menor tiempo de sillón, un menor número de emergencias y visitas, menor necesidad de realizar extracciones terapéuticas (88) y una mayor confortabilidad para el paciente en comparación con los brackets convencionales (81, 88).

Dado que las fuerzas excesivas pueden realentizar el movimiento dental (88), se ha sugerido que las etapas de alineación y nivelación son más rápidas con brackets de baja fricción, por lo que esta aparatología permitiría acortar el tiempo total de tratamiento (85). Sin embargo, se obtienen tiempos de tratamiento similares con autoligado y ligado convencional (88). Pese a que existe cierta evidencia de que en casos de apiñamientos menores a 5mm los brackets de autoligado producen una alineación más rápida, no existen diferencias cuando el apiñamiento es más severo. Esto ha sido explicado por la resistencia al deslizamiento que se produce ante una gran desalineación, lo que causa mayor binding en el arco. Así pues, se ha demostrado que los brackets de baja fricción no producen un alineamiento más rápido y lo que realmente influye en la tasa de alineación es el Índice de Irregularidad.

Tampoco se han observado cambios significativos en la dimensión de la arcada, lo que se contrapone con el pensamiento de que los brackets de autoligado evitan las extracciones terapéuticas. Esto va a depender de la sobredimensión del arco utilizado y no de la fricción del sistema (85). Comparando los brackets de autoligado activo y pasivo también se obtienen resultados similares en cuanto al tiempo necesario para alinear y la duración del tratamiento (88).

Existen brackets linguales de ligado convencional (Incognito y eBrace), brackets linguales de autoligado pasivo (ALIAS) y brackets linguales de autoligado activo (Harmony e In-Ovation L) (86, 87). Albertini et al. comparan diferentes brackets linguales de autoligado y ligado convencional y no observan que la expresión del torque dependa de la forma de ligadura (87). En la ortodoncia multibrackets lingual también se puede diferenciar el tipo de técnica en función del arco utilizado. El primer arco en utilizarse fue un arco doblado en una forma especial para ortodoncia lingual. Este arco fue presentado por Fujita en 1979 y requiere de mucha habilidad manual y tiempo en clínica. Los arcos son doblados manualmente con la forma ideal del arco en visión lingual. Dado el offset que presenta la zona posterior de la arcada por lingual, estos arcos tienen una forma característica denominada “forma en seta”. También existen diferencias verticales entre caninos y primeros premolares que deben conformarse en el arco (1). Esta técnica requiere la conformación de steps verticales y offsets entre la zona anterior y posterior. Además, las dobleces conformadas en el arco dificultan considerablemente la coordinación entre las arcadas al impedir el deslizamiento del bracket por el arco (89).

Posteriormente, surgieron arcos robotizados con el objetivo de facilitar al clínico la técnica lingual. Este arco también es conformado en “forma de seta” pero está doblado e

individualizado mediante robótica (90). Estos arcos son producidos con CAD/CAM lo que disminuye considerablemente el error de doblado manual (59). Este tipo de arcos son utilizados en el sistema Incognito. Su desventaja principal es la dependencia que crea al profesional del laboratorio impidiendo reaccionar de forma inmediata si el arco debe ser modificado o recambiado en caso de rotura (90).

Por último, los sistemas más novedosos de ortodoncia lingual utilizan un arco completamente recto asemejándose a la ortodoncia vestibular. Con el objetivo de simplificar la técnica de ortodoncia lingual se desarrolló la técnica lingual de arco recto (LSW). La LSW fue presentada por primera vez con los doctores Takemoto y Scuzzo. Inicialmente esta técnica tuvo problemas porque el perfil de los brackets disponibles causaban lesiones gingivales y se disminuía considerablemente la distancia interbracket por lo que se aumentaban las fuerzas ejercidas por el sistema. La fuerza ejercida es inversamente proporcional al cubo de la distancia interbracket (89). Posteriormente se han diseñado brackets de menor tamaño y se ha desarrollado la técnica. Con el objetivo de permitir la mecánica de arco recto lingual, se planteó la ubicación que debían de tener los slots para poder utilizar un arco recto. Así surgió el Plano Recto Lingual (Lingual Straight Plane (LSP)). Este plano se encuentra lo más cercano posible a las caras linguales. Resultó necesario modificar también la forma del arco pasando a ser arcos de forma cuadrada (89, 91).

Actualmente, se utiliza la tecnología 3D para posicionar el bracket de forma precisa sobre el LSP (89, 90). Para realizar esta técnica se utilizan software informáticos que permiten colocar el arco con los brackets insertados sobre los modelos virtuales finales del paciente. Posteriormente se modifica la posición de los brackets de forma que estén

centrados en la cara lingual. Se debe tener en cuenta que en esta técnica el bracket del canino no va a encontrarse totalmente centrado respecto de su cara lingual si no que aparece rotado entre 5 y 10° respecto de su eje. A su vez, el bracket de segundo premolar suele estar más separado de la cara lingual. El déficit de contacto entre la base del bracket y la superficie dental es rellenada por la base customizada. Este sistema tiene diferentes formas y tamaños de arcos que deben ser elegidos por el profesional en función de la arcada del paciente.

Dada la precisión que debe existir en la posición del bracket para obtener un resultado exitoso en la técnica lingual de arco recto, se realiza el cementado indirecto de los brackets. También son necesarios métodos de transferencia para brackets individuales para poder recementarlos en caso de descementarse durante el tratamiento. Esto se realiza con la ayuda de “Jigs”. Los “Jigs” son férulas de dientes individuales que se ajustan a la cara vestibular del diente y permiten colocar el bracket en la cara lingual. Las ventajas principales del arco recto en ortodoncia lingual es que evita la dificultad que reside en el doblado clínico del arco y que no crea la dependencia del laboratorio que tienen los arcos preformados robotizados. Por lo tanto, el arco recto aporta simpleza y libertad a la hora de realizar ortodoncia lingual. Además, el arco recto permite y optimiza las mecánicas basadas en el deslizamiento y la baja fricción (90).

El cementado de la aparatología multibrackets lingual puede realizarse de forma directa o indirecta. En la técnica directa la colocación del bracket en una correcta posición resulta pues imprescindible. La dificultad en el cementado del bracket en esta técnica reside en la dificultad visual y de acceso a la cara lingual de los dientes. Se ha demostrado que, dada la complejidad del cementado, la técnica de cementado directo tiene tasas más altas

de fracaso produciendo efectos indeseados mayores dada la poca distancia interbracket (42). La técnica de cementado indirecto es la forma de cementado más utilizada en ortodoncia lingual. Se modificó la técnica de cementado pasando a realizarse mayoritariamente de forma indirecta, disminuyéndose así los efectos secundarios de un mal cementado. Se aumentó la precisión del cementado y se disminuyó el tiempo de sillón (38, 41).

El cementado indirecto fue por primera vez descrito en 1972 por Silverman et al. como una técnica en la que los brackets eran colocados en modelos de estudio y sobre ellos se realizaban férulas customizadas para transferirlos al paciente en clínica (92). El primer paso para la fabricación de las férulas de transición consiste en la segmentación individual de cada diente y la colocación en su posición ideal, lo que se conoce como “set-up”. Actualmente, la técnica de cementado indirecto se ha incrementado gracias al surgimiento de la tecnología digital, en especial las imágenes tridimensionales con escáner intraoral y la radiografía 3D. Los escáneres intraorales permiten obtener registros virtuales de la boca del paciente de una forma precisa y permiten ser superpuestos. Con estas imágenes es posible determinar de forma precisa la posición ideal de los brackets creando un “set-up” virtual y con ello crear férulas de transición para el cementado.

Existen varios softwares que permiten alinear virtualmente los dientes de los pacientes y colocar los brackets en función de la prescripción y alineación del slot. Posteriormente esta posición puede ser ajustada por el profesional (93). Anteriormente, la técnica de cementado indirecto se realizaba cementando los brackets extraoralmente en modelos de estudio y creando la férula de transición a partir de ese modelo (94). En la actualidad es posible diseñar la férula de transición colocando los brackets en computadora gracias a

los registros 3D, disminuyendo así el tiempo de laboratorio. A posteriori, se crea la férula de transición en laboratorio o en clínica. La férula puede fabricarse directamente en clínica con impresoras 3D que utilizan resinas biocompatibles (93). Esta técnica de cementado ha sido denominada cementado indirecto digital y ha sido demostrada su eficiencia y efectividad (94). El éxito del tratamiento con cementado indirecto va a depender de la precisión del material de la férula de transición, además de la preparación de la malla y la técnica adhesiva (38). Algunos estudios han dudado de a mayor precisión del cementado indirecto respecto al directo por la imprecisión del material usado. Han sido observadas variaciones significativas en la precisión del cementado indirecto en función de la fabricación de la férula de transición (95).

Las limitaciones, entre otras, del presente estudio fueron que no fue posible calcular el volumen total de cemento remanente y se trata de un estudio in vitro donde la accesibilidad y visibilidad de las superficies linguales no se va afectada. Sería de especial interés para estudios posteriores realizar el estudio en pacientes tratados y comparar la influencia del tipo de cementación, indirecta e indirecta, en la cantidad de remanentes de cemento y su posterior pulido, así como la influencia de fresas de terminación.

CONCLUSIONES

1. La metodología de medición mediante la superposición de escáneres tridimensionales y la posterior medición con el Software cefalométrico Dolphin Imaging 3D ha mostrado ser una técnica repetible y reproducible de medición del grosor y área estimada de cemento remanente tras el descementado de brackets linguales y el posterior pulido de las superficies del esmalte.
2. La fresa de Tugsteno produjo una disminución significativamente mayor tanto del grosor como de área de cemento remanente tras el pulido de la superficie lingual en comparación con las fresas de Diamante y de Arkansas.
3. El sistema rotatorio de Turbina produjo una mayor disminución del área de cemento remanente tras el pulido de la superficie lingual en comparación con el sistema rotatorio de Contraángulo, si bien, no se encontraron diferencias significativas entre ambos sistemas rotatorios en la disminución del grosor de cemento remanente.
4. Se han detectado diferencias significativas entre el pulido entre las superficies linguales de los dientes anteriores y posteriores obteniéndose una mayor disminución del área tras el pulido de los dientes anteriores en comparación con los dientes posteriores y se observa el mismo resultado en el grupo de turbina.
5. Se realizó un pulido de la superficie lingual más rápido con el sistema rotatorio de Turbina (1,18 minutos por arcada) en comparación con el Contraángulo (2,50 minutos por arcada). En el grupo de Turbina la fresa más rápida fue la punta

Arkansas (1,13 minutos por arcada) seguida de la fresa de Tugsteno (1,18 minutos por arcada).

BIBLIOGRAFÍA

1. Kinya Fujita, New orthodontic treatment with lingual bracket mushroom arch wire appliance, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 1979. 76 (6) : 657-675.
2. Siciliani G, Terranova S. *Ortodonzia linguale*. 2ª ed. Milán: Masson; 2001.
3. Salloum RB, Al Rasan L, Almukhaizeem N, Albluwi A, Alfayez R, et al. Lingual Orthodontics Appliance, An Overview. *Int J Oral Dent*; 2018 4:057. doi.org/10.23937/2469-5734/1510057.
4. Kurz C. Ortodoncia Lingual. En: Marks M, Corn H, editores. *Atlas de Ortodoncia del adulto*. Barcelona: Masson-Salvat; 1992. p. 613-28.
5. Padrós E. Ortodoncia lingual: ¿De donde venimos? ¿A dónde vamos? *Ortod Clin* 2001; 4 (3): 166-74.
6. Scuzzo G., Takemoto K., Takemoto Y, Takemoto A, Lombardo L. A new lingual straight-wire technique. *Journal of clinical orthodontics : JCO*; 2010; 44. 114-23.
7. Sarver DM & Ackerman JL. Orthodontics about face: The re-emergence of the esthetic paradigm. *AJODO*, 2000. 117 (5): 576-557.
8. Prasad KN, Sabrish S, Mathew S, Shivamurthy PG, Pattabiraman V, Sagarkar R. Comparison of the influence of dental and facial aesthetics in determining overall attractiveness. *Int Orthod*. 2018;16(4):684-697. doi: 10.1016/j.ortho.2018.09.013. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30385289.

9. Jeremiah HG, Bister D, Newton JT. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: a cross-sectional study. *Eur J Orthod*. 2011 Oct;33(5):476-82. doi: 10.1093/ejo/cjq069.
10. Fonseca LM, Araújo TM, Santos AR, Faber J. Impact of metal and ceramic fixed orthodontic appliances on judgments of beauty and other face-related attributes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;145 (2):203-6. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.10.016. PMID: 24485735.
11. Gabriele Rossini, Simone Parrini, Tommaso Castroflorio, Arturo Fortini, Andrea Deregibus, Cesare L. Debernardi; Children's perceptions of smile esthetics and their influence on social judgment. *Angle Orthod* 1 November 2016; 86 (6): 1050–1055. doi:<https://doi.org/10.2319/102715-722>.
12. Varghese P, Cherian B, Sukumaran B, Anu S, Jacob BM, Raja VV. Analysis of geometric proportions on maxillary anterior teeth for esthetic smile design: An In vivo study. *J Pharm Bioall Sci*. 2021;13, Suppl S1:778-82.
13. Powell SJ, Rayson RK. The profile in facial aesthetics. *Br J Orthod*. 1976 Oct;3(4):207-15. doi: 10.1179/bjo.3.4.207. PMID: 1068711.
14. Kar M, Muluk NB, Bafaqeeh SA, Cingi C. Is it possible to define the ideal lips? *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2018; 38(1):67-72. doi: 10.14639/0392-100X-1511. PMID: 29756617; PMCID: PMC5952987.

15. Turley PK. Evolution of esthetic considerations in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015; 148(3):374-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.06.010. PMID: 26321334.
16. Konstantonis D, Vasileiou D, Papageorgiou SN, Eliades T. Soft tissue changes following extraction vs. nonextraction orthodontic fixed appliance treatment: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Sci.* 2018 Jun;126(3):167-179. doi: 10.1111/eos.12409. Epub 2018 Feb 26. PMID: 29480521.
17. Moon S, Mohamed AMA, He Y, Dong W, Yaosen C, Yang Y. Extraction vs. Nonextraction on Soft-Tissue Profile Change in Patients with Malocclusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2021 Sep 18;2021:7751516. doi: 10.1155/2021/7751516. PMID: 34589550; PMCID: PMC8476252.
18. Moseling KP, Woods MG. Lip curve changes in females with premolar extraction or nonextraction treatment. *Angle Orthod.* 2004;74:51–62.
19. Farkas LG, Katic MJ, Hreczko TA, Deutsch C, Munro IR. Anthropometric proportions in the upper lip-lower lip-chin area of the lower face in young white adults. *Am J Orthod.* 1984 Jul;86(1):52-60. doi: 10.1016/0002-9416(84)90276-8. PMID: 6588760.
20. Seager L, Shah J, Burke T, Khambay B. A study of smile aesthetic perception among dental professionals, patients and parents towards impacted maxillary

- canine treatment options. *J Orthod.* 2021; 48(3):250-259. doi: 10.1177/14653125211002191. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33769125.
21. Kokich V. Esthetics and anterior tooth position: An Orthodontic perspective. Part III: Mediolateral Relationships. 1992; 5: 200-207.
22. Baumgartner S, Koletsi D, Verna C, Eliades T. The Effect of Enamel Sandblasting on Enhancing Bond Strength of Orthodontic Brackets: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2017;19(6):463-473. doi: 10.3290/j.jad.a39279. PMID: 29152622.
23. Kokich V. Esthetics and anterior tooth position: an orthodontic perspective. Part II: Vertical position. *J Esthet Dent.* 1993; 5(4):174-8. doi: 10.1111/j.1708-8240.1993.tb00774.x. PMID: 8037965.
24. Reichardt E, Krug R, Bornstein MM, Tomasch J, Verna C, Krastl G. Orthodontic Forced Eruption of Permanent Anterior Teeth with Subgingival Fractures: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021, 29;18(23):12580. doi: 10.3390/ijerph182312580. PMID: 34886307; PMCID: PMC8656787.
25. Kokich V. Esthetics and anterior tooth position: an orthodontic perspective. Part I: Crown length. *J Esthet Dent.* 1993; 5(1):19-23. PMID: 8507508.
26. Anderson KM, Behrents RG, McKinney T, Buschang PH. Tooth shape preferences in an esthetic smile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128(4):458-65. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.07.045. PMID: 16214627.

27. Thai JK, Araujo E, McCray J, Schneider PP, Kim KB. Esthetic perception of clear aligner therapy attachments using eye-tracking technology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020; 158(3):400-409. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.09.014. PMID: 32620476.
28. George RD, Hirani S. Fully-customized lingual appliances: how lingual orthodontics became a viable treatment option. *J Orthod.* 2013; 40 Suppl 1:S8-13. doi: 10.1179/1465313313Y.0000000058. PMID: 24005954.
29. Huh HH, Chaudhry K, Stevens R, Subramani K. Practice of lingual orthodontics and practitioners' opinion and experience with lingual braces in the United States. *J Clin Exp Dent.* 2021, 1;13(8):e789-e794. doi: 10.4317/jced.58328. PMID: 34512918; PMCID: PMC8412811.
30. Shibani AM, Shamaa MS, Montasser MA. Colour change of ceramic brackets with the use of coloured beverages in adolescent patients: A randomized clinical trial. *Int Orthod.* 2020; 18(2):340-348. doi: 10.1016/j.ortho.2020.02.002. PMID: 32147329.
31. Pithon MM, Baião FCS, Sant Anna LIDA, Paranhos LR, Cople Maia L. Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review. *J Investig Clin Dent.* 2019; 10(4):e12455. doi: 10.1111/jicd.12455.. PMID: 31478355.

-
32. Försch M, Krull L, Hechtner M, Rahimi R, Wriedt S, Wehrbein H, Jacobs C, Jacobs C. Perception of esthetic orthodontic appliances: *An eye tracking and cross-sectional study*. Angle Orthod. 2020; 90(1):109-117. doi: 10.2319/031419-198.1. PMID: 31403837; PMCID: PMC8087067.
33. Knösel M, Vogel Alvarez R, Blanck-Lubarsch M, Helms HJ. Comparison of potential long-term costs for preventive dentistry treatment of post-orthodontic labial versus lingual enamel cavitations and esthetically relevant white-spot lesions: a simulation study with different scenarios. Head Face Med. 2019, 9;15(1):22. doi: 10.1186/s13005-019-0204-x. PMID: 31399113; PMCID: PMC6688377.
34. Puleio F, Fiorillo L, Gorassini F, Iandolo A, Meto A, D'Amico C, Cervino G, Pinizzotto M, Bruno G, Portelli M, Amato A, Lo Giudice R. Systematic Review on White Spot Lesions Treatments. Eur J Dent. 2021, 27. doi: 10.1055/s-0041-1731931. Epub ahead of print. PMID: 34450678.
35. Paula AB, Fernandes AR, Coelho AS, Marto CM, Ferreira MM, Caramelo F, do Vale F, Carrilho E. Therapies for White Spot Lesions-A Systematic Review. J Evid Based Dent Pract. 2017 Mar;17(1):23-38. doi: 10.1016/j.jebdp.2016.10.003. Epub 2016 Nov 1. PMID: 28259311.
36. van der Veen MH, Attin R, Schwestka-Polly R, Wiechmann D. Caries outcomes after orthodontic treatment with fixed appliances: do lingual brackets make a

- difference? *Eur J Oral Sci.* 2010; 118(3):298-303. doi: 10.1111/j.1600-0722.2010.00733.x. PMID: 20572865.
37. Wiechmann D, Klang E, Helms HJ, Knösel M. Lingual appliances reduce the incidence of white spot lesions during orthodontic multibracket treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015; 148(3):414-22. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.05.015. PMID: 26321339.
38. George RD, Hirani S. Fully-customized lingual appliances: how lingual orthodontics became a viable treatment option. *J Orthod.* 2013; 40 Suppl 1:S8-13. doi: 10.1179/1465313313Y.0000000058. PMID: 24005954.
39. Botzenhart UU, Henningsen A, Quaas S, Luthardt RG, Proff P, Spassov A, Gedrange T. 3D assisted morphological analysis of lingual upper central and lateral incisor surfaces. *Biomed Tech (Berl).* 2012, 14;57(1):71-7. doi: 10.1515/bmt-2011-0057. PMID: 22718595.
40. Lopes MS, Pereira DL, de Oliveira Mota CCB, Amaral MM, Zezell DM, Gomes ASL. The lingual enamel morphology and bracket shear bond strength influenced by Nd:YAG laser and aluminum oxide sandblasting preconditioning. *Clin Oral Investig.* 2021 Mar;25(3):1151-1158. doi: 10.1007/s00784-020-03418-x. Epub 2020 Jun 30. PMID: 32607827.
41. Mavreas D, Cuzin JF, Boonen G, Vande Vannet B. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the failure frequency of

- customized lingual brackets: a randomized clinical trial. *Eur J Orthod.* 2018, 25;40(3):249-253. doi: 10.1093/ejo/cjx055. PMID: 29016985.
42. Brosh T, Strouthou S, Sarne O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. *J Dent.* 2005; 33(2):99-105. doi: 10.1016/j.jdent.2004.08.005. PMID: 15683890.
43. Ata-Ali F, Cobo T, De Carlos F, Cobo J, Ata-Ali J. Are there differences in treatment effects between labial and lingual fixed orthodontic appliances? A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2017, 22; 17(1):133. doi: 10.1186/s12903-017-0424-z. PMID: 29166941.
44. Mavreas, D.; Cuzin, J.F.; Boonen, G.; Vande Vannet, B. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the failure frequency of customized lingual brackets: A randomized clinical trial. *Eur. J. Orthod.* 2018, 40, 249–253.
45. Namdari M, Amdjadi P, Bayat A, Seifi M, Alzwghaibi A. Comparison of the failure rate, bonding time and ARI score of two orthodontic bonding systems: Self-Etch Primer and Conventional Etching Primer: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod.* 2021; 19(4):566-579. doi: 10.1016/j.ortho.2021.09.001. PMID: 34629307.
46. Saraç YŞ, Külünk T, Elekdağ-Türk S, Saraç D, Türk T. Effects of surface-conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-

- ceramic materials. *Eur J Orthod.* 2011; 33(6):667-72. doi: 10.1093/ejo/cjq132. PMID: 21228120.
47. Safarzadeh S, Kachuie M, Birang R, Sadeghian S. Comparison of shear bond strength of rebonded stainless steel brackets with three different enamel surface conditioning methods. *Dent Res J (Isfahan).* 2023, 14;20:25. doi: 10.4103/1735-3327.369627. PMID: 36960018; PMCID: PMC10028586.
48. Hallett KB, Garcia-Godoy F, Trotter AR. Shear bond strength of a resin composite to enamel etched with maleic or phosphoric acid. *Aust Dent J.* 1994; 39(5):292-7. doi: 10.1111/j.1834-7819.1994.tb05565.x. PMID: 7811206.
49. Kerayechian N, Bardideh E, Bayani S. Comparison of self-etch primers with conventional acid-etch technique for bonding brackets in orthodontics: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2022 12:cjab076. doi: 10.1093/ejo/cjab076. PMID: 35022707.
50. Perdigao J, Lopes L. Effects of a self+etching primer on enamel shears bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 1997; 10:141-146.
51. Fröhlich TT, Gindri LD, Soares FZM, de Oliveira Rocha R. Does the etching strategy influence the bonding of universal adhesive systems to primary teeth? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2021; 22(6):1015-1022. doi: 10.1007/s40368-021-00639-w. Epub 2021 Jun 4. PMID: 34085204.

52. May MM, Fraga S, May LG. Effect of milling, fitting adjustments, and hydrofluoric acid etching on the strength and roughness of CAD-CAM glass-ceramics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2022 ;128(6):1190-1200. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.02.031. PMID: 33865557.
53. Ozcan M, Koolman C, Aladag A, Dündar M. Effects of different surface conditioning methods on the bond strength of composite resin to amalgam. *Oper Dent.* 2011; 36(3):318-25. doi: 10.2341/10-294-L. PMID: 21740243.
54. Hamdani S, Anita G, Sodawala J, Gandhi S, Ali SM. The effect of pre-etching with 37% orthophosphoric acid on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded using self-etching primer-adhesive system. *Indian J Dent Res.* 2016; 27(5):498-501. doi: 10.4103/0970-9290.195631. PMID: 27966507.
55. Garcia-Godoy F, Dodge WW, Donohue M, O'Quinn JA. Effect of a fluoridated etchant on the shear bond strength of a composite resin to enamel. *Int J Paediatr Dent.* 1992; 2(1):25-30. doi: 10.1111/j.1365-263x.1992.tb00004.x. PMID: 1525128.
56. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Romeo A, de la Higuera B, García-Godoy F. Bond strength of orthodontic brackets using different light and self-curing cements. *Angle Orthod.* 2003; 73(1):56-63. doi: 10.1043/0003-3219(2003)073<0056:BSOObU>2.0.CO;2. PMID: 12607856.
57. Caixeta RV, Berger SB, Lopes MB, Paloco EAC, Faria-Júnior ÉM, Contreras EFR, Gonini-Júnior A, Guiraldo RD. Evaluation of enamel roughness after the

- removal of brackets bonded with different materials: In vivo study. *Braz Dent J.* 2021; 32(5):34-40. doi: 10.1590/0103-6440202104399. PMID: 34877976.
58. Çakmak G, Subaşı MG, Sert M, Yılmaz B. Effect of surface treatments on wear and surface properties of different CAD-CAM materials and their enamel antagonists. *J Prosthet Dent.* 2021; 20:S0022-3913(21)00340-1. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.06.023. PMID: 34301415.
59. Janiszewska-Olszowska, J.; Tomkowski, R.; Tandecka, K.; Stepień, P.; Szatkiewicz, T.; Sporniak-Tutak, K.; Grocholewicz, K. Effect of orthodontic debonding and residual adhesive removal on 3D enamel microroughness. *PeerJ* 2016; 4: e2558.
60. Mavreas, D.; Cuzin, J.F.; Boonen, G.; Vande Vannet, B. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the failure frequency of customized lingual brackets: A randomized clinical trial. *Eur. J. Orthod.* 2018, 40: 249–253.
61. Zubizarreta-Macho Á, Triduo M, Alonso Pérez-Barquero J, Guinot Barona C, Albaladejo Martínez A. Novel Digital Technique to Quantify the Area and Volume of Cement Remaining and Enamel Removed after Fixed Multibracket Appliance Therapy Debonding: An In Vitro Study. *J Clin Med.* 2020, 12;9(4):1098. doi: 10.3390/jcm9041098. PMID: 32290554; PMCID: PMC7230799.

62. Eichenberger, M.; Iliadi, A.; Koletsi, D.; Eliades, G.; Verna, C.; Eliades, T. Enamel Surface Roughness after Lingual Bracket Debonding: An In Vitro Study. *Materials*; 2019,12: 41-96.
63. Soares Tenório KC, Neupmann Feres MF, Tanaka CJ, Augusto MKM, Rodrigues JA, Pereira da Silva HD, Arana-Chavez VE, Roscoe MG. In vitro evaluation of enamel surface roughness and morphology after orthodontic debonding: Traditional cleanup systems versus polymer bur. *Int Orthod.* 2020 ;18(3):546-554. doi: 10.1016/j.ortho.2020.04.006. PMID: 32493624.
64. Belanche Monterde A, Albaladejo Martínez A, Alvarado Lorenzo A, Curto A, Alonso Pérez-Barquero J, Guinot-Barona C, Zubizarreta-Macho Á. A Repeatable and Reproducible Digital Method to Quantify the Cement Excess and Enamel Loss after Debonding Lingual Multibracket Appliance Therapy. *Applied Sciences.* 2021; 11(3):1295. <https://doi.org/10.3390/app11031295>.
65. Belanche Monterde, A.; Albaladejo Martínez, A.; Curto, A.; Alonso Pérez-Barquero, J.; Guinot-Barona, C.; Zubizarreta-Macho, Á.; Calama González, R.M. Area and Volume of Remaining Cement and Enamel after Removal and Polishing of Buccal or Lingual Multibracket Appliances. *Appl. Sci.* 2021, 11, 1719. <https://doi.org/10.3390/app11041719>.
66. 84. Thawaba AA, Albelasy NF, Elsherbini AM, Hafez AM. Comparison of Enamel Surface Roughness after Bracket Debonding and Adhesive Resin Removal Using Different Burs with and without the Aid of a Magnifying Loupe.

- J Contemp Dent Pract. 2022 1;23(11):1091-1099. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3432. PMID: 37073931.
67. 92. Bosco E, Potrubacz MI, Arrizza L, Chimenti C, Tepedino M. Enamel preservation during composite removal after orthodontic debonding comparing hydroabrasion with rotary instruments. Dent Mater J. 2020, 5;39(3):367-374. doi: 10.4012/dmj.2019-053. PMID: 31827057.
68. Brosh T, Strouthou S, Sarne O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. J Dent. 2005; 33(2):99-105. doi: 10.1016/j.jdent.2004.08.005. PMID: 15683890.
69. Kuskonmaz C, De Stefani A, Artioli G, Zanarini M, Bonetti GA, Bruno G, Gracco A. The use of the laser confocal scanning microscopy to measure resin remnants on customized lingual bracket. BMC Oral Health. 2020. 14; 20(1):142. doi: 10.1186/s12903-020-01132-4. PMID: 32410609; PMCID: PMC7226939.
70. Botzenhart UU, Henningsen A, Quaas S, Luthardt RG, Proff P, Spassov A, Gedrange T. 3D assisted morphological analysis of lingual upper central and lateral incisor surfaces. Biomed Tech (Berl). 2012; 14;57(1):71-7. doi: 10.1515/bmt-2011-0057. PMID: 22718595.
71. Yassaei S, Joshan N, Abdolahy S, Abadi AHR. Comparative evaluation of three methods of adhesive remnant removal after orthodontic bracket debonding.

- Dental Press J Orthod. 2023; 27;27(6):e2220352. doi: 10.1590/2177-6709.27.6.e2220352.oar. PMID: 36995841; PMCID: PMC10042465.
72. Niknam O, Shamohammadi M, Ataei Z, Rakhshan V. Combined Effects of Different Bracket Bonding Adhesives and Different Resin Removal Methods on Enamel Discoloration: A Preliminary Study. *Int J Dent*. 2023, 16;2023:8838264. doi: 10.1155/2023/8838264. PMID: 36845625; PMCID: PMC9949961.
73. Doddavarapu S, K B, Singaraju GS, Yamini Priyanka JS, Vivek Reddy G, Mandava P. A Comparative Evaluation of Enamel Surface Roughness of Two Different Bonding Adhesives After Debonding With Atomic Force Microscopy. *Cureus*. 2022 , 18;14(11):e31661. doi: 10.7759/cureus.31661. PMID: 36420047; PMCID: PMC9678478.
74. Soares Tenório KC, Neupmann Feres MF, Tanaka CJ, Augusto MKM, Rodrigues JA, Pereira da Silva HD, Arana-Chavez VE, Roscoe MG. In vitro evaluation of enamel surface roughness and morphology after orthodontic debonding: Traditional cleanup systems versus polymer bur. *Int Orthod*. 2020; 18(3):546-554. doi: 10.1016/j.ortho.2020.04.006. PMID: 32493624.
75. Elsaka S, Hassan A, Elnaghy A. Effectiveness of surface treatment on bond strength of ceramic brackets to two types of CAD/CAM-prepared nanohybrid composites. *J Orofac Orthop*. 2023; 84(2):123-132. English. doi: 10.1007/s00056-022-00377-8 PMID: 35190866.

76. Babae Hemmati Y, Neshandar Asil H, Falahchai M, Safari N. Comparative effects of tungsten, diamond burs and laser for residual adhesive removal after orthodontic debonding on flexural strength, surface roughness and phase transformation of high-translucent zirconia: An in vitro study. *Int Orthod.* 2022 20(3):100665. doi: 10.1016/j.ortho.2022.100665. Epub 2022 Jul 16. PMID: 35851494.
77. Moradi M, Hormozi E, Shamohammadi M, Rakhshan V. Effects of debonding of orthodontic brackets on topography and surface roughness of composite restorations. *Int Orthod.* 2018; 16(4):623-637. doi: 10.1016/j.ortho.2018.09.017. PMID: 30343063.
78. Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: a critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135(4):442-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.09.023. PMID: 19361729.
79. Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and "reduced-friction" self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138(3):330-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.07.025. PMID: 20816303.
80. Stannard JG, Gau JM, Hanna MA. Comparative friction of orthodontic wires under dry and wet conditions. *Am J Orthod.* 1986; 89(6):485-91. doi: 10.1016/0002-9416(86)90006-0. PMID: 3459362.

81. González-Sáez A, Antonio-Zancajo L, Montero J, Albaladejo A, Melo M, Garcovich D, Alvarado-Lorenzo A. The Influence of Friction on Design of the Type of Bracket and Its Relation to OHRQoL in Patients Who Use Multi-Bracket Appliances: A Randomized Clinical Trial. *Medicina (Kaunas)*. 2021, 17;57(2):171. doi: 10.3390/medicina57020171. PMID: 33671217; PMCID: PMC7922052.
82. Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and "reduced-friction" self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 138(3):330-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.07.025. PMID: 20816303.
83. Little RA, Spary DJ. The effect of conventional versus figure-of-eight module ligation on mandibular incisor alignment: a randomised controlled trial. *J Orthod*. 2017; 44(4):231-240. doi: 10.1080/14653125.2017.1371965. Epub 2017 Sep 18. PMID: 28920540.
84. Mavreas, D.; Cuzin, J.F.; Boonen, G.; Vande Vannet, B. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the failure frequency of customized lingual brackets: A randomized clinical trial. *Eur. J. Orthod*. 2018, 40, 249–253.
85. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: A randomized clinical trial *Am J Orthod Dentl*, 2018, 134 (4) : 470- 478.

86. Dalessandri D, Lazzaroni E, Migliorati M, Piancino MG, Tonni I, Bonetti S. Self-ligating fully customized lingual appliance and chair-time reduction: a typodont study followed by a randomized clinical trial. *Eur J Orthod.* 2013; 35(6):758-65. doi: 10.1093/ejo/cjs093. PMID: 23180385.
87. Albertini P, Mazzanti V, Mollica F, Lombardo L, Siciliani G. Comparative analysis of passive play and torque expression in self-ligating and traditional lingual brackets. *J Orofac Orthop.* 2022; 83(1):13-22. English. doi: 10.1007/s00056-021-00314-1.. PMID: 34185103.
88. Maizeray R, Wagner D, Lefebvre F, Lévy-Bénichou H, Bolender Y. Is there any difference between conventional, passive and active self-ligating brackets? A systematic review and network meta-analysis. *Int Orthod.* 2021; 19(4):523-538. doi: 10.1016/j.ortho.2021.09.005. PMID: 34629309.
89. Takemoto K, Scuzzo G, Lombardo LU, Takemoto YU. Lingual straight wire method. *Int Orthod.* 2009; 7(4):335-53. English, French. doi: 10.1016/S1761-7227(09)73507-7. PMID: 20303920.
90. Kim DY, Ha SW, Cho IS, Yang IH, Baek SH. *In-vitro* investigation of the mechanical friction properties of a computer-aided design and computer-aided manufacturing lingual bracket system under diverse tooth displacement condition. *Korean J Orthod.* 2019; 49(2):73-80. doi: 10.4041/kjod.2019.49.2.73. PMID: 30941293; PMCID: PMC6433609.

91. Albertini P, Mazzanti V, Mollica F, Lombardo L, Siciliani G. Comparative analysis of passive play and torque expression in self-ligating and traditional lingual brackets. *J Orofac Orthop.* 2022; 83(1):13-22. English. doi: 10.1007/s00056-021-00314-1. PMID: 34185103.
92. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod.* 2014; 84(4):607-14. doi: 10.2319/070113-484.1. Epub 2014 Feb 20. PMID: 24555689; PMCID: PMC8650444.
93. Palone M, Bellavia M, Floris M, Rombolà A, Cremonini F, Albertini P, Lombardo L. Evaluation of effects of brackets and orthodontic wires on intraoral scans: A prospective in-vivo study. *Orthod Craniofac Res.* 2023 ;10: 37300347. doi: 10.1111/ocr.12682. Epub ahead of print.
94. Duarte MEA, Gribel BF, Spitz A, Artese F, Miguel JAM. Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays. *Angle Orthod.* 2020; 90(1):92-99. doi: 10.2319/030919-176.1. PMID: 31411488; PMCID: PMC8087068.
95. Chaudhary V, Batra P, Sharma K, Raghavan S, Gandhi V, Srivastava A. A comparative assessment of transfer accuracy of two indirect bonding techniques in patients undergoing fixed mechanotherapy: A randomised clinical trial. *J Orthod.* 2021; 48(1):13-23. doi: 10.1177/1465312520968571. PMID: 3384332.

ANEXOS

Article

A Repeatable and Reproducible Digital Method to Quantify the Cement Excess and Enamel Loss after Debonding Lingual Multibracket Appliance Therapy

Alba Belanche Monterde ¹, Alberto Albaladejo Martínez ¹, Alfonso Alvarado Lorenzo ¹, Adrián Curto ², Jorge Alonso Pérez-Barquero ³, Clara Guinot-Barona ^{4,*} and Álvaro Zubizarreta-Macho ⁵

¹ Department of Orthodontics, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Salamanca, 37008 Salamanca, Spain; belanche.alba@usal.es (A.B.M.); albertoalbaladejo@hotmail.com (A.A.M.); alfonsoalvaradolorenzo@gmail.com (A.A.L.)

² Department of Surgery, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Salamanca, 37008 Salamanca, Spain; adrian_odonto@usal.es

³ Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain; jorgealonso86@gmail.com

⁴ Department of Orthodontics, Faculty of Medicine and Health Sciences, Catholic University of Valencia, 46001 Valencia, Spain

⁵ Department of Endodontics, Faculty of Health Sciences, Alfonso X El Sabio University, 28691 Madrid, Spain; amacho@uax.es

* Correspondence: clara.guinot@ucv.es; Tel.: +34-963637412



Citation: Belanche Monterde, A.; Albaladejo Martínez, A.; Alvarado Lorenzo, A.; Curto, A.; Alonso Pérez-Barquero, J.; Guinot-Barona, C.; Zubizarreta-Macho, Á. A Repeatable and Reproducible Digital Method to Quantify the Cement Excess and Enamel Loss after Debonding Lingual Multibracket Appliance Therapy. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 1295. <https://doi.org/10.3390/app11031295>

Academic Editor: Paola Gandini

Received: 12 January 2021

Accepted: 26 January 2021

Published: 1 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The aim of the present study is to present a repeatable, reproducible, and accurate morphometric measurement method for measuring and quantifying the area and volume of cement that remains after fixed lingual multibracket appliance debonding, enamel loss after fixed lingual multibracket appliance debonding, and the volume of cement used to adhere fixed lingual multibracket appliances. Ten conventional lingual brackets were cemented in 10 extracted teeth embedded into an epoxy resin model simulating a dental arch. This model was scanned before and after bonding the lingual brackets, after debonding, and after polishing the surfaces. We also performed a Micro-Computed Tomography scan of the lingual brackets used. Afterward, the standard tessellation language (STL) digital file was aligned, each tooth was segmented individually, and the file was re-aligned using engineer morphometry software. Inter-operator and intra-operator comparative analyses were performed using the ANOVA test, and the repeatability and reproducibility of the morphometric measurement technique were analyzed using Gage R&R statistical analysis. Repeatability showed 0.07% and 0.16% variability associated with the area and volume measures, respectively, while reproducibility showed 0.00% variability associated with the area and volume measures, respectively. In conclusion, the morphometric measurement technique is a repeatable, reproducible, and accurate morphometric measurement method for quantifying the area and volume of cement that remains after fixed lingual multibracket appliance debonding, enamel loss after fixed lingual multibracket appliance debonding, and the volume of cement used to adhere fixed lingual multibracket appliances.

Keywords: lingual orthodontics; debonding; cement; technique; morphometry

1. Introduction

Lingual orthodontics has emerged as an aesthetic system for performing multibracket appliance therapy and has been widely accepted by patients of all ages [1,2]. This technique also represents an alternative to vestibular multibracket appliances in cases with a high risk of developing white spots, allowing one to avoid this unaesthetic effect at the end of the orthodontic treatment [3]. However, lingual multibracket appliance therapy suffers from worse accessibility and visibility than conventional buccal multibracket

appliance therapy. Furthermore, the irregular anatomy of the lingual surfaces of the upper and lower incisors may make this therapy difficult [4]. Achieving good adhesion on lingual surfaces does not seem to depend on the adhesive material used [5]. Brosh et al. reported significantly higher debonding strength and fewer bonding remnants in buccal than lingual multibracket appliances. There is, moreover, less dissolution of enamel prisms on the lingual surfaces in comparison with buccal surfaces after acid etching [6]. Therefore, sandblasting is commonly used to achieve better retention. However, this method's efficacy is controversial since Lopes et al. did not show a significant increase in shear bond strength after sandblasting pre-conditioning [7] when compared to Lombardo et al., who reported an increase in micro-retention [8]. On the other hand, lingual multibracket appliance therapy debonding produces enamel damage, which varies depending on the surface [6]. Eichenberger et al. reported a roughness increase (ΔSa) of the enamel surface after lingual multibracket appliance therapy debonding of 17.16 nm [9]. Composite and fiber glass burs have been proposed as ways to remove the cement remaining after lingual multibracket appliance therapy debonding, as both have shown lower values of enamel roughness [9] compared to carbide-tungsten burs [10,11]. The application of solvent agents to remove adhesive remains has also been reported, and an adhesive residue remover has been recommended because it causes less damage to the enamel surfaces [11]. However, the polishing procedures could be insufficient, leaving behind some bonding. Sfrondini et al. reported that the amount of bonding remaining after lingual multibracket appliance therapy debonding is greater than that remaining after buccal multibracket appliance therapy [12]. Moreover, the inherent characteristics of the bonding agent used could influence the remaining bond [13]. Previously, the analysis of the enamel damage after multibracket appliance therapy debonding wash has been performed using scanning electron microscopy [14], profilometry [15], an atomic force microscope [16], and optic coherence tomography technology [17]. However, these methods are not possible to apply in clinical settings because they require the teeth to be extracted [14]. Therefore, non-invasive digital measurement procedures through intraoral scanning devices have been recommended to analyze the enamel damage accurately without needing to extract the teeth [18].

The aim of this study was to carefully explain the digital steps needed to quantify how much cement remains on the palatal tooth surface after debonding orthodontic therapy, how much enamel is removed when the cleaning procedure of the cement is carried out, and how much cement is left in the palatal surface of the tooth without being eliminated.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design

The study was performed using 13 teeth from different dental sectors of the upper maxilla. The teeth did not present caries, restorations, prosthetic crowns, or fractures. Furthermore, they were extracted for orthodontic or periodontic reasons. The selection of the sample was performed at Alfonso X El Sabio University (Madrid, Spain), Alfonso X El Sabio University (Madrid, Spain), and the Clinical Master Degree in Orthodontics at University of Salamanca (Salamanca, Spain) between September and November 2020. A randomized controlled trial was conducted based on the German Ethics Committee's statement for the use of organic tissues in medical research (Zentrale Ethikkommission, 2003) and was authorized by the Ethical Committee of the Faculty of Health Sciences, University Alfonso X el Sabio (Madrid, Spain) Faculty of Health Sciences, University Alfonso X el Sabio (Madrid, Spain) in July 2020 (Process No.08/2020). After giving informed consent, the patients agreed to transfer their teeth.

2.2. Experimental Procedure

The selected teeth were embedded into an epoxy resin model (Ref.: 20-8130-128. EpoxiCure[®], Buehler, IL, USA), following the manufacturer's recommendations, to simulate the dental arch. Afterward, the experimental model was scanned with an intraoral

scan (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) to obtain a standard tessellation language (STL) digital file (STL1) (Figure 1a). Then, the fixed lingual multibracket appliance therapy was bonded to the palatal enamel surface via a single operator using a three-step adhesive technique. An acid etched agent (Ortho Solo™, Ormco Corporation, CA, USA) was applied to the palatal enamel surface for 20 s. Afterward, the acid etching (Ortho Solo™, Ormco Corporation, CA, USA) was removed under profuse washing and dried. Furthermore, a photo-polymerized resin adhesive primer (Unitek Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) was gently applied using a microbrush (Plus slim, Microbrush International, Grafton, MA, USA) on the previously etched palatal enamel surface and photopolymerized (BluePhase G2™, Ivoclar Vivadent, Schaan, Principado de Liechtenstein). The fixed lingual multibracket therapy was directly cemented from the second premolar to the second premolar following the instructions of the fabricant using a photo-polymerized composite resin cement (Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA). After that, the experimental model was submitted to a digital impression through an intraoral scan (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) (STL2) (Figure 1b). Next, the fixed lingual multibracket appliance was de-bonded using bracket-remover Weingart pliers (Carl Martin, Solingen, Germany), and a digital impression (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) was made, obtaining the STL3 (Figure 1c). Afterward, the remaining cement of the fixed lingual multibracket appliance was removed from the palatal surfaces of the teeth using a composite bur (H379AGK, KOMET Dental, Lemgo, Germany) mounted on a micro-motor handpiece (INTRA MULTiflex L181M, KaVo, Biberach an der Riss, Germany) with profuse irrigation until no cement remnants were visible to the clinician's eye. Finally, a digital impression (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) of the experimental model was produced (STL4) (Figure 1d).

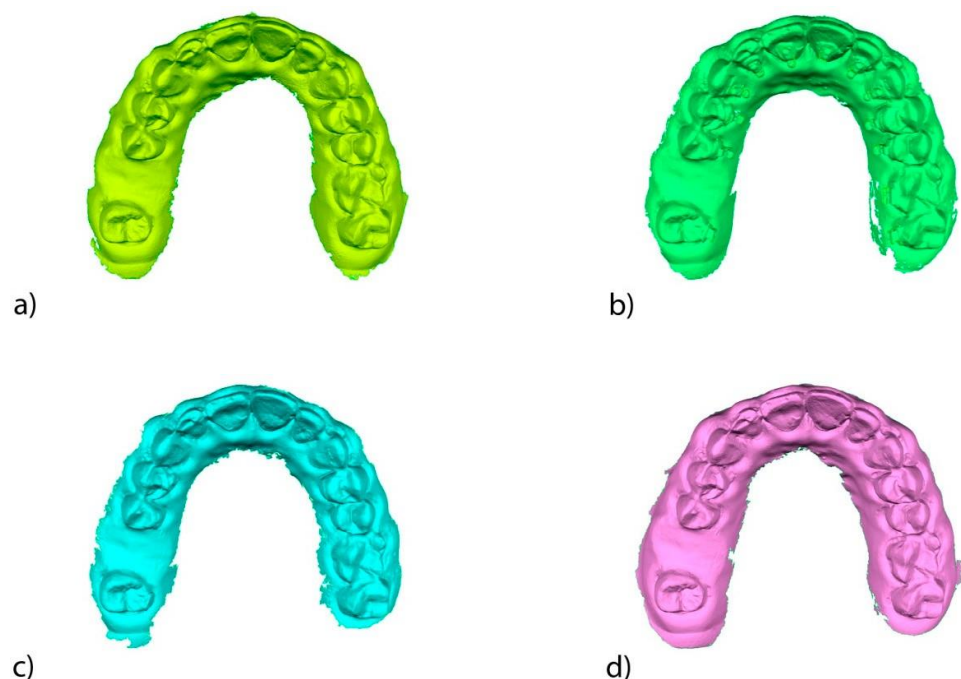


Figure 1. Occlusal perspective of the STL1 (a), STL2 (b), STL3 (c), and STL4 (d) digital files.

2.3. Alignment Procedure

Once all the standard tessellation language (STL) digital files were obtained (STL1-4), they were exported into the engineering software Geomagic Wrap (3D Geomagic Capture Wrap, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA), which allowed us to create and analyze the 3D images. Then, the STL digital files from 1 to 4 were aligned, using the non-modified buccal and occlusal surfaces as a reference to ensure an alignment procedure was used for the

digital files. Later, all STL digital files of the teeth from 1.5 to 2.5 were digitally segmented to minimize the error rate in the alignment procedure (Figure 2a–d).

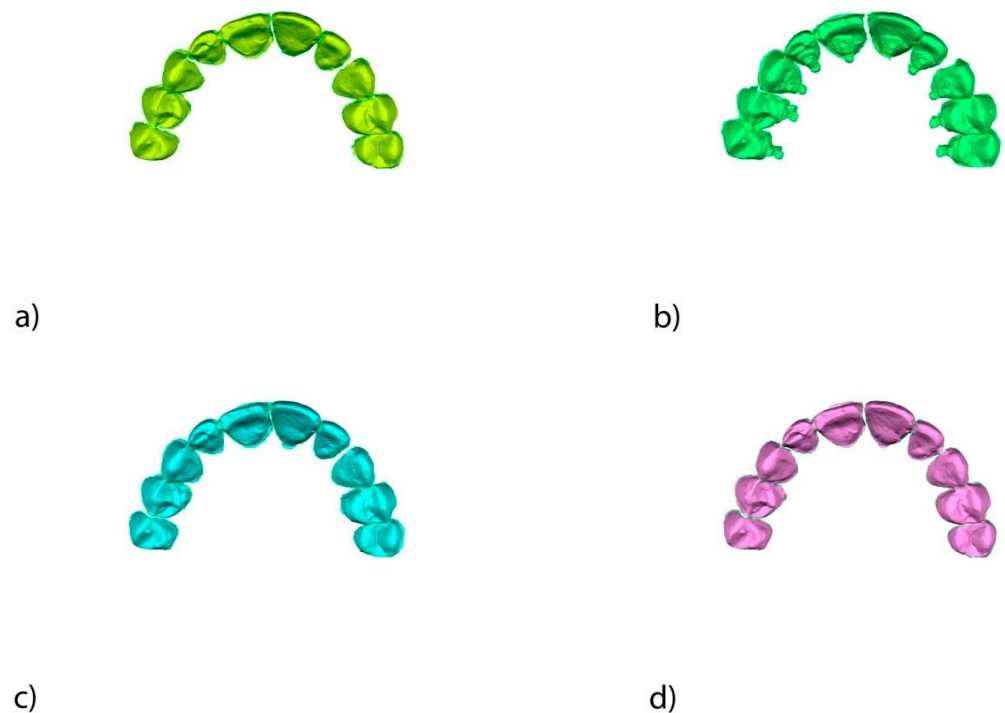


Figure 2. Occlusal view of the individually segmented teeth from 1.5 to 2.5 of the standard tessellation language (STL)1 (a), STL2 (b), STL3 (c), and STL4 (d).

In addition, the fixed lingual multibracket appliances were scanned via micro Computed Tomography scan (micro-CT) (Skyscan 1176, Bruker-MicroCT, Kontich, Belgium) (STL5) with the following exposure parameters—160.0 kilovolt peak, 56.0–58.0 microamperes, 500.0 msec, 720 projections, 4 frames, a tungsten target between 0.25 and 0.375 mm, a 3- μm resolution, and a pixel size of 0.127 μm —to allow an accurate boundary in the STL digital file alignment based on the cement remaining after the debonding procedure (Figure 3a–e).

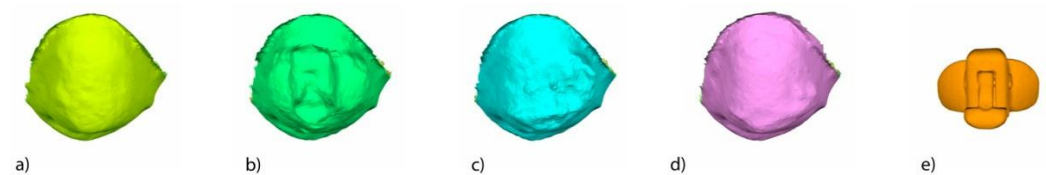


Figure 3. Palatal view of STL1 (a), STL2 (b), STL3 (c), and STL4 (d) digital files from segmented tooth 1.5 and STL5 (e) from the corresponding fixed lingual multibracket appliances.

After segmenting the STL digital files (STL1–4), the files were re-aligned individually because the previously aligned but non-segmented STL digital files showed a low alignment rate (Figure 4a–c). However, the segmented and re-aligned STL digital files (STL1–4) showed a higher alignment rate, which could influence the accuracy of the measurement procedure for the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the amount of orthodontic cement necessary to fix the lingual multibracket appliances, and the amount of enamel removed after lingual multibracket therapy debonding (Figure 4d–f). The spectrum was set to $\pm 100 \mu\text{m}$ and the tolerance was set to $\pm 10 \mu\text{m}$ (Figure 4g).

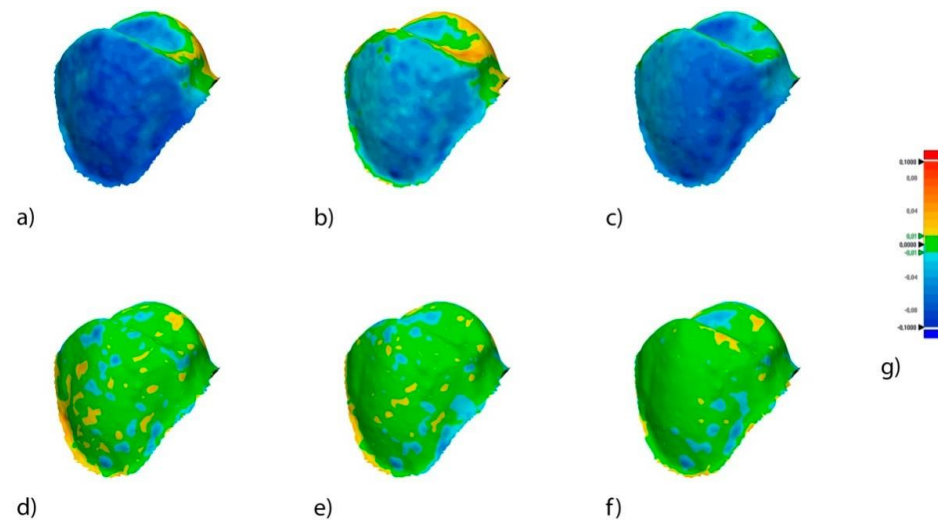


Figure 4. Buccal perspective of the alignment rate of the segmented and aligned STL1 and STL2 (a), STL1 and STL3 (b), and STL1 and STL4, and (d) the buccal view of the segmented and re-aligned (a) STL1 and STL2 (d), STL1 and STL3 (e), and STL1 and STL4 (f). Reddish colors indicate an increase in volume, bluish colors indicate a decrease in volume, and green represents an accurate alignment (g).

2.4. Measurement Procedure

All measurements were obtained from the tooth 1.5 after the randomization procedure (Epidat 4.2, Galicia, Spain). Moreover, the STL5 digital file from the micro-CT (Skyscan 1176, Bruker-MicroCT, Kontich, Belgium) scan was positioned on tooth 1.5 to obtain a more accurate 3D image. The measurement procedure for the volume and area of cement remaining after lingual multibracket therapy debonding was performed by comparing the STL1 (Figure 5a) and STL3 (Figure 5b) digital files. A Boolean operation was used to achieve a boundary in the previously segmented STL1 (Figure 5c) and STL3 (Figure 5d). To identify the boundaries between both STL digital files, the STL3 was slightly over-contoured, the Boolean operation with the subsequent boundary was obtained, and then the STL3 was slightly under-contoured to its original size. Then, the area of cement remaining in the STL1 digital file was selected (Figure 5e), and a new polygon of the selected area was obtained (Figure 5g). Moreover, the area of cement remaining was selected in the STL3 through boundary selection (Figure 5f), and a new polygon was obtained (Figure 5h). The normals of this polygon were flipped, and a new polygon was created by merging the areas of Figure 5g,h, thereby obtaining a closed volume that corresponds to the remaining cement after fixed lingual multibracket appliance debonding (Figure 5i).

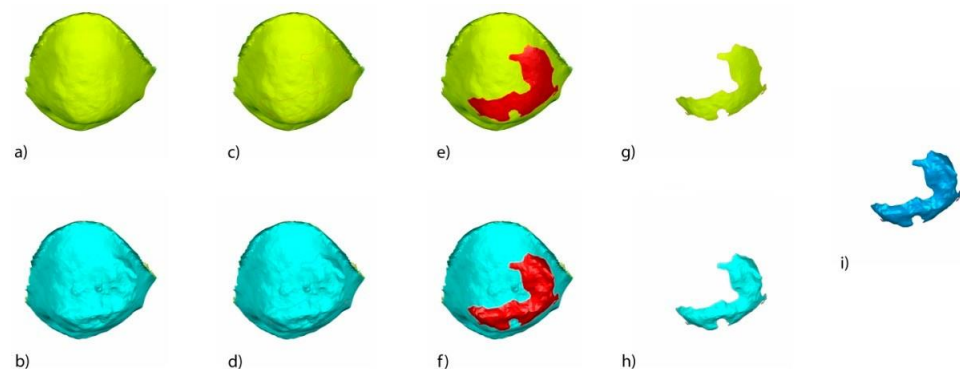


Figure 5. Palatal perspective of tooth 1.5 segmented on STL1 (a) and STL3. (b) Boundary creation on STL1 (c) and STL3. (d) Boundary selection of the cement remaining on STL1 (e) and STL3. (f) Mesh of the cement remaining on STL1 (g) and STL3 (h), and the combined meshes with the remaining cement after bracket removal from STL1 and STL3, obtaining a closed polygon (i).

The volume of the cement remaining in the STL3 digital file (Figure 6a) and the mesh of the cement remaining in the STL4 digital file after cement removal (Figure 6b) for the previously segmented and re-aligned tooth 1.5 were selected and compared to analyze the volume and area of the excess cement that was not removed after cement clearance and left in the palatal area of the tooth, by means of an intersection Boolean operation (3D Geomagic Capture Wrap, 3D Systems©, Rock Hill) (Figure 6c).

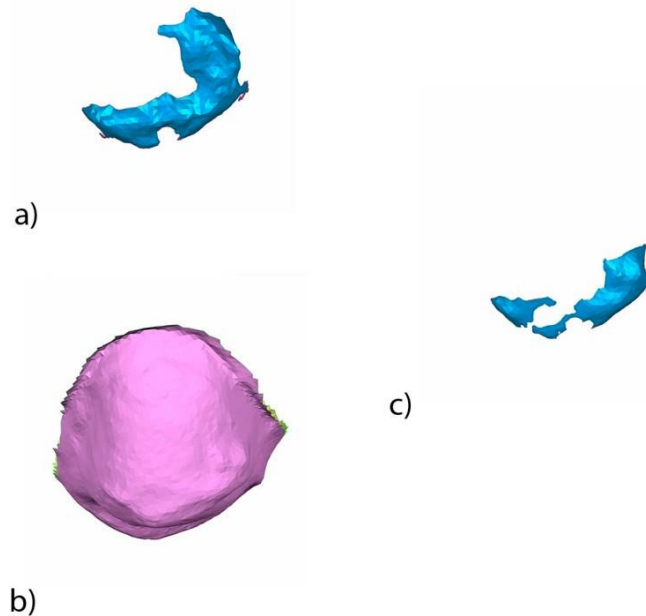


Figure 6. Mesh of the remaining cement after fixed lingual multibracket appliance debonding present in STL3 (a), palatal perspective of STL4 (b), and mesh of the remaining cement after cement removal in STL4 (c).

Moreover, these measurement procedures were also used to analyze the volume and area of enamel damage after cement clearance by comparing the STL1 and STL4 digital files (Figure 7a–i).

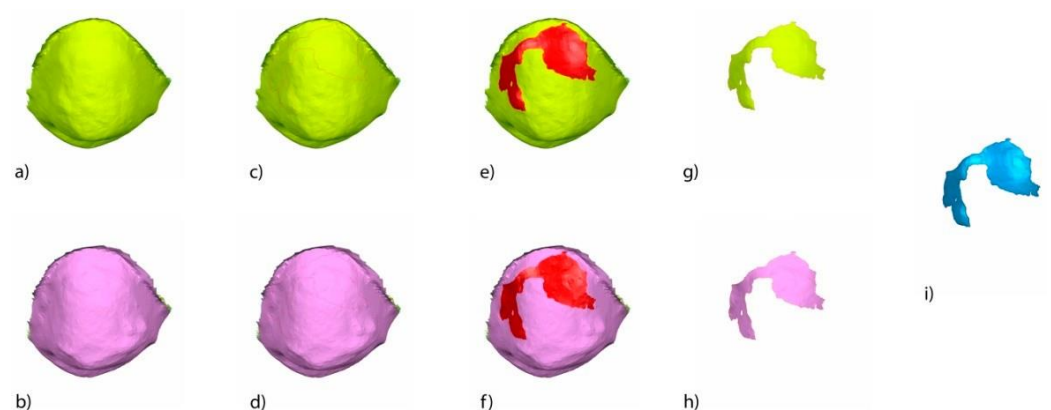


Figure 7. Palatal perspective of tooth 1.5 segmented on STL1 (a) and STL4. (b) Slight over-contouring of STL1 (c) and STL4. (d) Boundary of the enamel removed from STL1 (e) and STL4. (f) Mesh of the enamel removed from STL1 (g) and STL4 (h) and the combined meshes with the enamel removed after polishing STL1 and STL4, obtaining a closed polygon (i).

Additionally, the volume of orthodontic cement used to fix the lingual multibracket appliances was also measured by re-aligning the STL1 and STL2 of the previously segmented tooth 1.5, as well as the STL5 digital file from the micro-CT (Skyscan 1176, Bruker-MicroCT, Kontich) scan. The STL2 digital file (Figure 8a) was digitally filled to obtain a solid polygon

(Figure 8b), and the bracket cemented in the STL2 digital file was digitally removed using a subtractive Boolean operation with the corresponding bracket of the STL5 digital file (Figure 8c). Then, a solid polygon was obtained from the previously segmented and re-aligned tooth 1.5 with the volume of the orthodontic cement used to fix the lingual bracket appliance (Figure 8c).

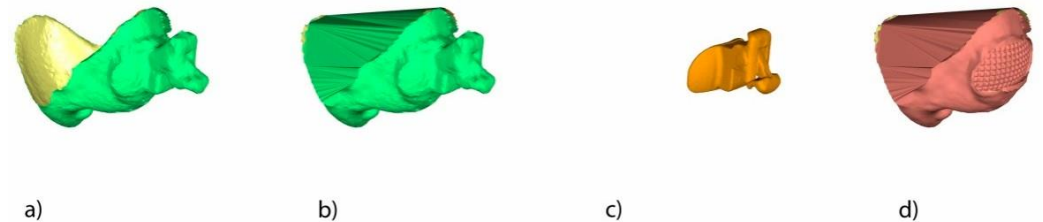


Figure 8. Proximal perspective of tooth 1.5 segmented on STL2 (a) and the solid mesh of tooth 1.5 on STL2. (b) STL5 (c) and the solid mesh of tooth 1.5 on STL2 with the volume of the cement used to adhere and an absent bracket (d).

Finally, the STL1 digital file (Figure 9a) and the new digital mesh of the previously segmented and re-aligned tooth 1.5 with the volume of the orthodontic cement used to fix the corresponding lingual bracket appliance (Figure 9b) were selected to analyze the volume of the orthodontic cement used to fix the corresponding lingual bracket appliance. The measurement procedure (Figure 9c–i) was performed with the same protocol used in the previous steps by employing the volume and area of cement remaining after lingual multibracket therapy debonding.

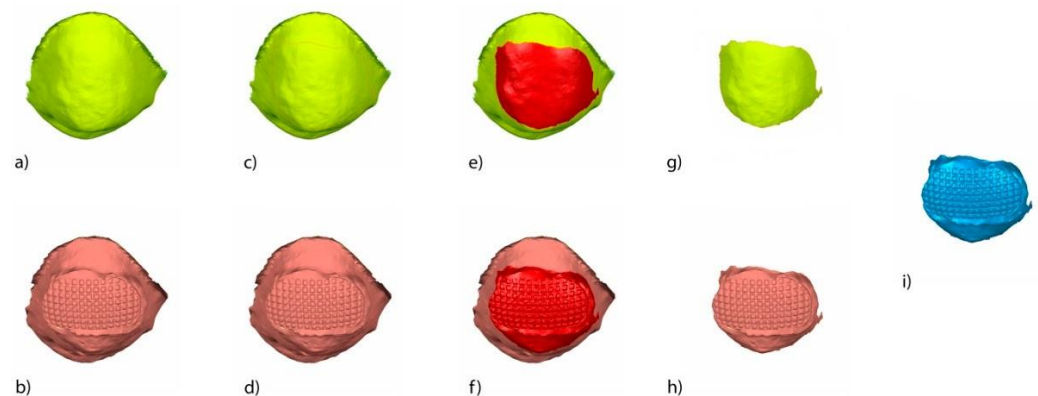


Figure 9. Palatal perspective of the tooth 1.5 segmented on STL1 (a), solid mesh of tooth 1.5 on STL2 with the volume of the cement used to adhere and the absence of a bracket. (b) Slight over-contouring of STL1 (c) and the mesh of STL2 without a bracket. (d) Boundary of the orthodontic cement used to fix the corresponding lingual bracket appliance of STL1 (e) and the mesh of STL2 without a bracket. (f) Mesh of the orthodontic cement used to fix the corresponding lingual bracket appliance on STL1 (g) and the mesh of STL2 (h) and combined meshes with the orthodontic cement used to fix the corresponding lingual bracket appliance, obtaining a closed polygon (i).

2.5. Validation of the Repeatability and Reproducibility

To validate the repeatability of this new digital technique, the volume and area of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the volume of the cement remaining after cement clearance, and the volume of the enamel removed after cement clearance were calculated two times by the same operator (Operator A). In addition, the area and volume measurements were performed two times by a different operator (Operator B) to validate the reproducibility of the morphometric measurement technique.

2.6. Statistical Tests

The variables of interest were registered for statistical analysis (SPSS 22.00, Microsoft inc, Redmond, WA, USA). Descriptive statistics were expressed as the mean and standard deviation (SD) values for quantitative variables. Comparative statistics were employed by comparing the intra-operator and inter-operator measurements using an ANOVA test. The statistical significance was set at $p < 0.05$. In addition, a Gage R&R statistical analysis was done to analyze the repeatability and reproducibility of the morphometric measurement technique.

3. Results

The means and standard deviation (SD) values for the area of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the area of the cement remaining after cement clearance, and the area of the enamel removed after cement clearance are displayed in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of the area of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the area of the cement remaining after cement clearance, and the area of the enamel removed after cement clearance.

Operator	I	n	Mean	SD	Minimum	Maximum
A	1	3	8.769	3.221	5.876	12.240
	2	3	8.631	3.146	5.862	12.052
B	1	3	8.653	3.222	5.769	12.131
	2	3	8.679	3.111	5.749	11.945

SD: standard deviation.

The ANOVA statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files based on the area of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the area of the cement remaining after cement clearance, and the area of the enamel removed after cement clearance revealed no statistically significant differences between the two measurements performed by each operator ($p = 0.601$) or between the measurements performed between the two operators ($p = 0.612$).

The Gage R&R statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files based on the area of the enamel removed after cement clearance showed a repeatability value of 0.07%. Repeatability values below 1% are necessary to demonstrate high repeatability. Therefore, the morphometric measurement technique demonstrated a high repeatability rate for the area measurement (Figures 10 and 11). In addition, the Gage R&R statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files based on the area of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the area of the cement remaining after cement clearance, and the area of the enamel removed after cement clearance performed by the two operators showed a reproducibility value of 0.00%. Reproducibility values below 1% are necessary to demonstrate high reproducibility. Therefore, the morphometric measurement technique demonstrated a high reproducibility rate for the area measurement (Figures 10 and 11).

The means and SD values for the volume of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the area of the cement remaining after cement clearance, and the area of the enamel removed after cement clearance are displayed in Table 2.

The ANOVA statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files in terms of the volume of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the volume of the cement remaining after cement clearance, and the volume of the enamel removed after cement clearance revealed no statistically significant differences between the two measurements performed

by each operator ($p = 0.413$) or between the measurements performed between the two operators ($p = 0.697$).

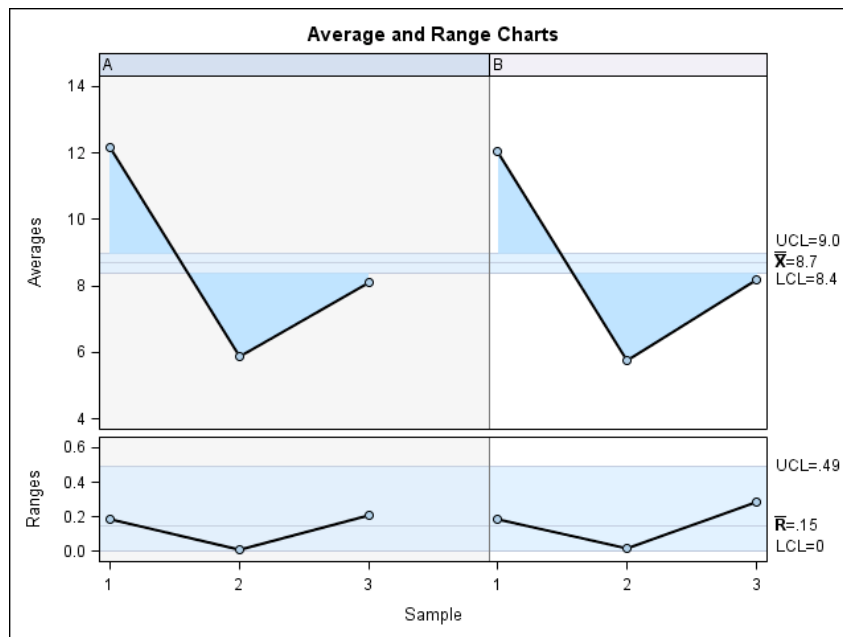


Figure 10. Charts of the average of two measurements of the cement area remaining after lingual multibracket therapy debonding (1), the cement area remaining after cement clearance (2), and the enamel area removed after cement clearance (3) performed by each operator (average) and the differences of the two measurements of the three area parameters determined by each operator (ranges).

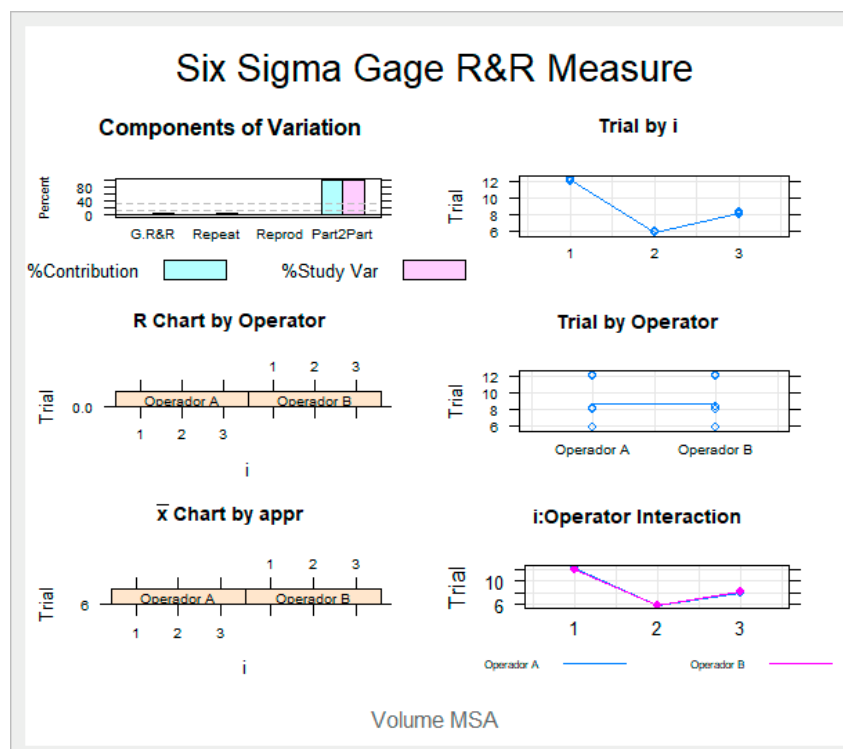


Figure 11. Measurement system analysis related to the area measurement with a chart of the contribution of each component to the total variance (Components of Variation), the mean control chart and the range control chart (R Chart by Operator and \bar{x} Chart by appr), every measurement point in the graph (Trial by I and Trial by Operator), and interactions between the operators (i): Operator interaction).

Table 2. Descriptive statistics of the volume of the cement remaining after lingual multibracket therapy debonding, the volume of the cement remaining after cement clearance, and the volume of the enamel removed after cement clearance.

Operator	I	n	Mean	SD	Minimum	Maximum
A	1	3	0.986	0.708	0.428	1.783
	2	3	0.967	0.702	0.421	1.759
B	1	3	0.967	0.712	0.412	1.769
	2	3	0.975	0.680	0.423	1.735

SD: standard deviation.

The Gage R&R statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files based on the volume of the cement remaining after fixed lingual multibracket therapy debonding, the volume of the cement remaining after cement clearance, and the volume of the enamel removed after cement clearance showed a repeatability value of 0.16%. Repeatability values below 1% are necessary to demonstrate high repeatability. Therefore, the morphometric measurement technique demonstrated a high repeatability rate for the volume measurement (Figures 12 and 13). In addition, the Gage R&R statistical analysis of the morphometric measurement technique after segmenting and re-aligning the STL digital files based on the volume of the cement remaining after fixed lingual multibracket therapy debonding, the volume of the cement remaining after cement clearance, and the volume of the enamel damage after cement clearance, as determined by the two operators, presented a reproducibility value of 0.00%. Values below 1% are necessary to demonstrate high reproducibility. Therefore, the morphometric measurement technique shows a high reproducibility rate for the area measurement (Figures 12 and 13).

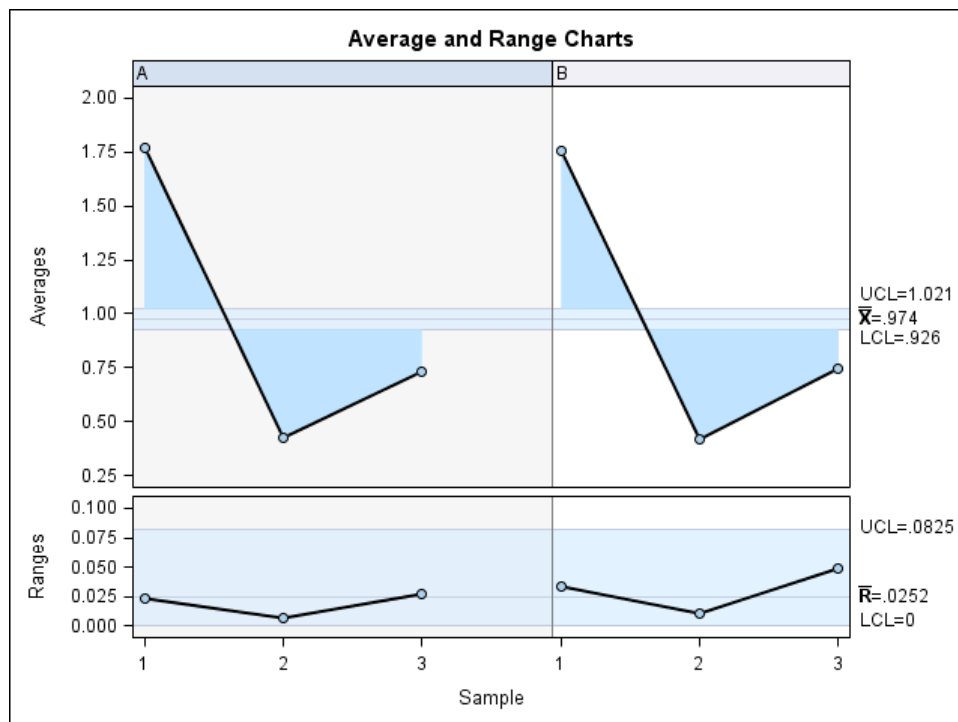


Figure 12. Charts for the average of the two measurements of the cement volume remaining after fixed lingual multibracket therapy debonding (1), the cement volume remaining after clearing the excess cement (2), and the enamel volume removed after cement clearance (3) performed by each operator (average), as well as the differences in the two measurements of the three volume parameters determined by each operator (ranges).

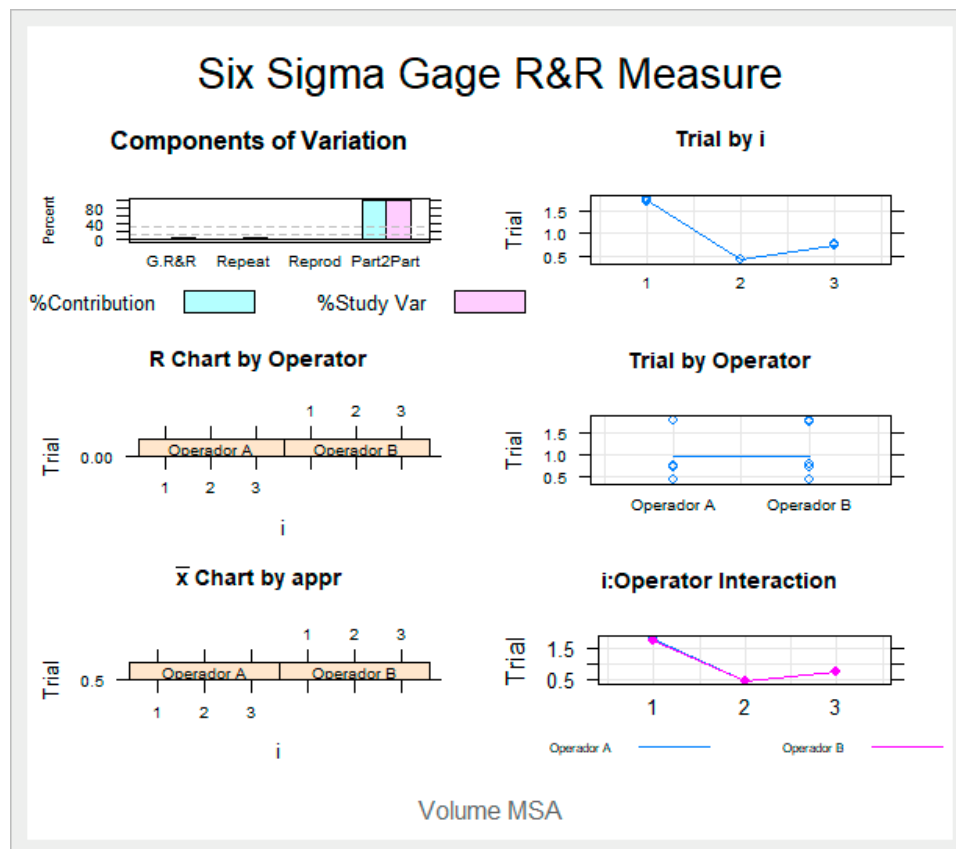


Figure 13. Measurement system analysis related to the volume measurement with a chart of the contribution of each component to the total variance (Components of Variation), a mean control chart and a range control chart (R Chart by Operator and \bar{x} Chart by appr), every measurement point in the graph (Trial by I and Trial by Operator), and the interactions between the operators (i): Operator interaction).

4. Discussion

Enamel damage has been widely analyzed using clinical indexes, such as the enamel damage index (EDI), line angle grooves (LAG) [19], and the surface enamel index (ESI) [20]. Cement remains can also be evaluated by different scores of the index based on visual observations—using the adhesive remnant index (ARI) [15] and the composite residual (CR) [21]. The ARI has been evaluated by digital photography and disclosing tablets, showing an absence of reproducibility among operators [22]. In addition, the remnant index was previously used with optical microscopy techniques to evaluate the cement remaining after the debonding of lingual customized brackets [23]. Even though magnification showed less enamel damage and fewer cement remains after debonding [14], the use of a visual index to assess these nanometric volumes is subject to the opinion of the operator [18]. Light sources have also been used to visually analyze cement remains, specifically using conventional or fluorescence light [24], which depends on the fluorescent ability of the orthodontic cement to identify resin remnants under direct view [17]. However, light source techniques have shown no statistically significant differences in cement removal detection [20]. Spectrophotometric measurement techniques have also been used to evaluate enamel damage after fixed multibracket appliance therapy and are associated with the resin tag depth confirmed in the bonding of brackets [25]. However, none of the methods previously described can accurately measure the area and volume of the cement remaining and enamel removed after fixed lingual multibracket appliance therapy debonding.

Presently, technological advances allow one to analyze nanometric surfaces and quantify nanometric volumes that are imperceptible to the clinician's eye. Scanning electron microscope (SEM) technology has been used to analyze the enamel roughness after fixed

lingual multibracket appliance therapy debonding by comparing different polishing techniques ([16]) and orthodontic cements [26]. This measurement technique has also allowed the evaluation of dental fractures in the dental enamel, as well as the presence of ledges or scratch lines [27]. However, the measurement technique is based on the analysis of pixels in a previously obtained 2D image [28]. Therefore, the SEM technique does not allow one to quantitatively measure volumes [21]. Hence, other measurement techniques are required to accurately analyze the volumes of cement remaining and the enamel removed after fixed lingual multibracket appliance therapy debonding. Chan et al. reported a measuring procedure using optical coherence tomography (OCT) to analyze the depth of scanned volumes [29]. Moreover, Leão et al. used OCT technology to compare 3D images from multibracket appliance therapy debonding to measure the volume and remaining areas [17]. However, some other measurement techniques have also been used, such as atomic force microscopy to perform a nanometric quantification of enamel surface roughness [30], planar sulphometry [31], and profilometry [32] to measure the enamel loss. In the present study, the morphometric measurement technique was used to accurately measure nanometric volumes and areas. This technique is the only one demonstrated to be reproducible and repeatable, allowing one to accurately measure the nanometric areas and volumes of the cement remaining and enamel removed after fixed lingual multibracket appliance therapy debonding by quantifying the normal factors of the Tessella network of the cement remaining and the enamel removed between the STL digital files after the re-aligning procedure.

In addition, Renne et al. reported that the digital scanner and digital impression technique used could influence the accuracy of the measurement procedure. For this purpose, the 3Shape D800 digital scanner showed the highest truth values in full arch digital impressions, followed by the CEREC Bluecam digital scanner, while the Carestream 3500 digital scanner showed the highest accuracy results in full arch digital impressions, which was followed by the CEREC Bluecam digital scanner. However, the best compromise between working time and accuracy was provided with the 3Shape TRIOS digital scanner [33]. Treesh et al. reported the Carestream CS 3500 digital scanner to have the lowest accuracy and truth results in full arch digital impressions and also reported a significantly higher working time compared to the CEREC Omnicam digital scanner and TRIOS color digital scanner [34]. In addition, Ender et al. analyzed the accuracy of eight intraoral digital scanners, comparing partial-arch and full-arch digital impressions by aligning the STL digital files and measuring the differences between the normal factors of the Tessella network. The authors reported statistically significant differences ($p < 0.05$) between the truth values of the partial-arch and total-arch digital impressions with the total-arch digital impressions found to be less accurate than the partial-arch digital impressions [35]. Therefore, in the present study, the teeth were individually segmented and re-aligned. Moreover, Zimmermann et al. reported that digital impressions are more accurate than conventional alginate impressions, suggesting a promising future for digital impressions in orthodontics [36]. It was also noted that the accuracy of the STL digital files obtained from intraoral scanners is significantly better ($p < 0.05$) in powder-dependent scanners than non-powder-dependent scanners because translucency produces few errors in the images [37]. Therefore, in the present study, we used a power-dependent intraoral scanner.

Several factors can affect the accuracy of a digital scanner, and these drawbacks can be carried over to the STL digital file, thereby increasing the cumulative error rate caused by each alignment procedure, making it essential to avoid measurement errors in segmenting and re-alignment procedures. Moreover, the density of the Tessella network provided by the digital scan device can influence the accuracy of the measurement procedure. Therefore, it is important to previously analyze the characteristics of the digital scan device before using the device to make a digital impression.

A fixed lingual multibracket appliance was selected due to the relevance of cement remaining on the lingual surfaces of teeth and the difficulties related to the bonding, debonding, and polishing procedures associated with lingual orthodontics. The chosen ad-

hesion technique for fixed lingual multibracket appliances is considered very important in orthodontics. However, completely removing the remaining cement is still a challenge [38], especially when the visual detection of remaining cement is compromised, increasing the probability of cement remaining on the tooth and/or excessive enamel loss. In response, the morphometric technology was shown to be a repeatable and reproducible measurement technique to accurately analyze the capability to remove the remaining enamel after fixed multibracket appliance therapy debonding, thereby improving the techniques and materials actually employed to remove the remaining cement without damaging the enamel surface.

5. Conclusions

Within the limitations of this study, the results show that the morphometric measurement technique is a reproducible, repeatable, and accurate method for quantifying the volume and area of cement excess after debonding lingual fixed multibracket therapy, the volume and area of enamel removed during the clearance step of the excess cement, the volume and area of the cement that was not removed from the palatal surface of the tooth, and the volume of cement used to adhere the lingual fixed multibracket therapy.

Author Contributions: Conceptualization, C.G.-B.; methodology, A.B.M., A.A.L., and J.A.P.-B. software, J.A.P.-B.; validation, Á.Z.-M.; resources, A.C.; writing—review and editing, A.A.M.; visualization, Á.Z.-M.; supervision, J.A.P.-B.; project administration, Á.Z.-M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data available on request due to restrictions eg privacy or ethical.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Beyling, F.; Schwestka-Polly, R.; Wiechmann, D. Lingual orthodontics for children and adolescents: Improvement of the indirect bonding protocol. *Head Face Med.* **2013**, *9*, 27. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Hohoff, A.; Wiechmann, D.; Fillion, D.; Stamm, T.; Lippold, C.; Ehmer, U. Evaluation of the parameters underlying the decision by adult patients to opt for lingual therapy: An international comparison. *J. Orofac. Orthop.* **2003**, *64*, 135–144. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Knösel, M.; VogelAlvarez, R.; Blanck-Lubarsch, M.; Helms, H.J. Comparison of potential long-term costs for preventive dentistry treatment of post-orthodontic labial versus lingual enamel cavitations and esthetically relevant white-spot lesions: A simulation study with different scenarios. *Head Face Med.* **2019**, *15*, 22. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Botzenhart, U.U.; Henningsen, A.; Quaas, S.; Luthardt, R.G.; Proff, P.; Spassov, A.; Gedrange, T. 3D assisted morphological analysis of lingual upper central and lateral incisor surfaces. *Biomed. Tech.* **2012**, *57*, 71–77. [[CrossRef](#)]
5. Mavrea, D.; Cuzin, J.F.; Boonen, G.; Vannet, B.V. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the fail-ure frequency of customized lingual brackets: A randomized clinical trial. *Eur. J. Orthod.* **2018**, *40*, 249–253. [[CrossRef](#)]
6. Brosh, T.; Strouthou, S.; Sarne, O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. *J. Dent.* **2005**, *33*, 99–105. [[CrossRef](#)]
7. Lopes, M.S.; Pereira, D.L.; de Oliveira, C.C.B.; Magri, M.; Zezell, D.M.; Leonidas, A.S. The lingual enamel morphology and bracket shear bond strength influenced by Nd: YAG laser and aluminium oxide sandblasting preconditioning. *Clin. Oral. Investig.* **2020**. [[CrossRef](#)]
8. Lombardo, L.; Kaplan, A.; Lapenta, R.; Bratti, E.; Pera, C.; Scuzzo, G.; Siciliani, G. A comparative study of lingual bracket bond strength. *Orthodontics* **2011**, *12*, 178–187.
9. Eichenberger, M.; Iliadi, A.; Koletsi, D.; Eliades, G.; Verna, C.; Eliades, T. Enamel Surface Roughness after Lingual Bracket Debonding: An In Vitro Study. *Materials* **2019**, *12*, 4196. [[CrossRef](#)]
10. Garg, R.; Dixit, P.; Khosla, T.; Gupta, P.; Kalra, H.; Kumar, P. Enamel Surface Roughness after Debonding: A Comparative Study using Three Different Burs. *J. Contemp. Dent. Pract.* **2018**, *19*, 521–526.
11. Janiszewska-Olszowska, J.; Tomkowski, R.; Tandecka, K.; Stepień, P.; Szatkiewicz, T.; Sporniak-Tutak, K.; Grocholewicz, K. Effect of orthodontic debonding and residual adhesive removal on 3D enamel microroughness. *PeerJ.* **2016**, *4*, e2558. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

12. Sfondrini, M.F.; Gandini, P.; Gioiella, A.; Zhou, F.X.; Scribante, A. Orthodontic Metallic Lingual Brackets: The Dark Side of the Moon of Bond Failures? *J. Funct. Biomater.* **2017**, *8*, 27. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. David, V.A.; Staley, R.N.; Bigelow, H.F.; Jakobsen, J.R. Remnant amount and cleanup for 3 adhesives after debonding. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2002**, *121*, 291–296. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Claudino, D.; Kuga, M.C.; Belizário, L.; Pereira, J.R. Enamel evaluation by scanning electron microscopy after debonding brackets and removal of adhesive remnants. *J. Clin. Exp. Dent.* **2018**, *10*, e248–e251. [[CrossRef](#)]
15. Faria-Junior, E.M.; Giraldo, R.D.; Berger, S.B.; Correr, A.B.; Correr-Sobrinho, L.; Ruiz Contreras, E.F.; Lopes, M.B. In-vivo evaluation of the surface roughness and morphology of enamel after bracket removal and polishing by different techniques. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2015**, *147*, 324–329. [[CrossRef](#)]
16. Karan, S.; Kircelli, B.H.; Tasdelen, B. Enamel surface roughness after debonding: Comparison of two different burs. *Angle Orthod.* **2010**, *80*, 1081–1088. [[CrossRef](#)]
17. Leão Filho, J.C.; Braz, A.K.; de Araujo, O.M.; Tanaka, O.M.; Pithon, M.M. Enamel quality after debonding: Evaluation by optical coherence tomography. *Braz Dent. J.* **2015**, *26*, 384–389. [[CrossRef](#)]
18. Zubizarreta-Macho, Á.; Triduo, M.; Alonso Pérez-Barquero, J.; Guinot Barona, C.; Albaladejo Martínez, A. Novel Digital Technique to Quantify the Area and Volume of Cement Remaining and Enamel Removed after Fixed Multibracket Appliance Therapy Debonding: An In Vitro Study. *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 1098. [[CrossRef](#)]
19. Baumann, D.F.; Brauchli, L.; van Waes, H. The influence of dental loupes on the quality of adhesive removal in orthodontic debonding. *J. Orofac. Orthop.* **2011**, *72*, 125–132. [[CrossRef](#)]
20. Cardoso, L.A.; Valdrighi, H.C.; Vedovello Filho, M.; Correr, A.B. Effect of adhesive remnant removal on enamel topography after bracket debonding. *Dent. Press J. Orthod.* **2014**, *19*, 105–112. [[CrossRef](#)]
21. Schott, T.C.; Meller, C. A new Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) for optimal removal of resin-based bracket bonding remnants after orthodontic debonding. *Quintessence Int.* **2018**, *49*, 809–813. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Pont, H.B.; Özcan, M.; Bagis, B.; Ren, Y. Loss of surface enamel after bracket debonding: An in-vivo and ex-vivo evaluation. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2010**, *138*, 387.e1–387.e9. [[CrossRef](#)]
23. Kuskonmaz, C.; De Stefani, A.; Artioli, G.; Zanarini, M.; Bonetti, G.A.; Bruno, G.; Gracco, A. The use of the laser confocal scanning microscopy to measure resin remnants on customized lingual bracket. *BMC Oral Health* **2020**, *20*, 142. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Stadler, O.; Dettwiler, C.; Meller, C.; Dalstra, M.; Verna, C.; Connert, T. Evaluation of a Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) to assist clean-up after orthodontic bracket debonding. *Angle Orthod.* **2019**, *89*, 876–882. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Zaher, A.R.; Abdalla, E.M.; Abdel Motie, M.A.; Rehman, N.A.; Kassem, H.; Athanasiou, A.E. Enamel colour changes after debonding using various bonding systems. *J. Orthod.* **2012**, *39*, 82–88. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Alencar, E.Q.; Nobrega, M.L.; Dametto, F.R.; Santos, P.B.; Pinheiro, F.H. Comparison of two methods of visual magnification for re-removal of adhesive flash during bracket placement using two types of orthodontic bonding agents. *Dent. Press J. Orthod.* **2016**, *21*, 43–50. [[CrossRef](#)]
27. Rodríguez-Chávez, J.A.; Arenas-Alatorre, J.; Belio-Reyes, I.A. Comparative study of dental enamel loss after debonding braces by analytical scanning electron microscopy (SEM). *Microsc. Res. Tech.* **2017**, *80*, 680–686. [[CrossRef](#)]
28. Lombardo, L.; Martini, M.; Cervinara, F.; Spedicato, G.A.; Oliverio, T.; Siciliani, G. Comparative SEM analysis of nine F22 aligner cleaning strategies. *Prog. Orthod.* **2017**, *18*, 26. [[CrossRef](#)]
29. Chan, K.H.; Hirasuna, K.; Fried, D. Analysis of enamel surface damage after selective laser ablation of composite from tooth surfaces. *Photonics Lasers Med.* **2014**, *3*, 37–45. [[CrossRef](#)]
30. ElSherifa, M.T.; Shamaa, M.S.; Montasser, M.A. Enamel around orthodontic brackets coated with flash-free and conventional adhesives. *J. Orofac. Orthop.* **2020**, *81*, 419–426. [[CrossRef](#)]
31. Hosein, I.; Sherriff, M.; Ireland, A.J. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.* **2004**, *126*, 717–724. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Erdur, E.A.; Akın, M.; Cime, L.; İleri, Z. Evaluation of Enamel Surface Roughness after Various Finishing Techniques for Debonding of Orthodontic Brackets. *Turk. J. Orthod.* **2016**, *29*, 1–5. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Renne, W.; Ludlow, M.; Fryml, J.; Schurch, Z.; Mennito, A.; Kessler, R.; Lauer, A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J. Prosthet. Dent.* **2017**, *118*, 36–42. [[CrossRef](#)]
34. Treesh, J.C.; Liacouras, P.C.; Taft, R.M.; Brooks, D.I.; Raiculescu, S.; Ellert, D.O.; Grant, G.T.; Ye, L. Complete-arch accuracy of intraoral scanners. *J. Prosthet. Dent.* **2018**, *120*, 382–388. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Ender, A.; Zimmermann, M.; Mehl, A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int. J. Comput. Dent.* **2019**, *22*, 11–19. [[PubMed](#)]
36. Zimmermann, M.; Koller, C.; Rumetsch, M.; Ender, A.; Mehl, A. Precision of guided scanning procedures for full-arch digital impressions in vivo. *J. Orofac. Orthop.* **2017**, *78*, 466–471. [[CrossRef](#)]
37. Nedelcu, R.G.; Persson, A.S. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: An in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J. Prosthet. Dent.* **2014**, *112*, 1461–1471. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Mandall, N.A.; Hickman, J.; Macfarlane, T.V.; Mattick, R.C.; Millett, D.T.; Worthington, H.V. Adhesives for fixed orthodontic brackets. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2018**, *4*, CD002282. [[CrossRef](#)]

Article

Area and Volume of Remaining Cement and Enamel after Removal and Polishing of Buccal or Lingual Multibracket Appliances

Alba Belanche Monterde ¹, Alberto Albaladejo Martínez ¹, Adrián Curto ², Jorge Alonso Pérez-Barquero ³, Clara Guinot-Barona ^{4,*}, Álvaro Zubizarreta-Macho ⁵  and Rosa María Calama González ⁶

¹ Department of Orthodontics, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Salamanca, 37008 Salamanca, Spain; belanche.alba@usal.es (A.B.M.); albertoalbaladejo@hotmail.com (A.A.M.)

² Department of Surgery, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Salamanca, 37008 Salamanca, Spain; adrian_odonto@usal.es

³ Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain; jorgealonso86@gmail.com

⁴ Department of Orthodontics, Faculty of Medicine and Health Sciences, Catholic University of Valencia, 46001 Valencia, Spain

⁵ Department of Endodontics, Faculty of Health Sciences, Alfonso X El Sabio University, 28691 Madrid, Spain; amacho@uax.es

⁶ Department of Orthodontics, Faculty of Health Sciences, Alfonso X El Sabio University, 28691 Madrid, Spain; rosacago@uax.es

* Correspondence: clara.guinot@ucv.es



Citation: Belanche Monterde, A.; Albaladejo Martínez, A.; Curto, A.; Alonso Pérez-Barquero, J.; Guinot-Barona, C.; Zubizarreta-Macho, Á.; Calama González, R.M. Area and Volume of Remaining Cement and Enamel after Removal and Polishing of Buccal or Lingual Multibracket Appliances. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 1719. <https://doi.org/10.3390/app11041719>

Received: 5 January 2021

Accepted: 12 February 2021

Published: 15 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The aim of the present study was to compare the area and volume of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding. Further, the area and volume of cement remaining and the area and volume of enamel were also analyzed using a morphometric digital measurement technique. Ten buccal and 10 lingual multibracket appliances were cemented in 20 extracted teeth embedded into an epoxy resin model simulating a dental arch. The models were scanned before bonding the lingual and buccal multibracket appliances, after debonding the lingual and buccal multibracket appliances, and after polishing the remaining cement. Afterwards, the standard tessellation language (STL) digital files were aligned, segmented, and realigned by using engineer morphometry software. A comparative analysis was performed using Student's *t* test statistical analysis. Lingual appliances showed statistically significantly ($p < 0.001$) less area ($7.07 \pm 4.85 \text{ mm}^2$) and volume ($0.87 \pm 1.34 \text{ mm}^3$) of remaining cement than the area ($21.99 \pm 4.18 \text{ mm}^2$) and volume ($p = 0.002$) ($3.48 \pm 0.96 \text{ mm}^3$) of buccal appliances. Moreover, lingual appliances showed statistically significantly ($p = 0.001$) less area ($4.48 \pm 3.08 \text{ mm}^2$) and volume ($0.13 \pm 0.15 \text{ mm}^3$) of remaining cement after polishing than the area ($12.22 \pm 5.98 \text{ mm}^2$) and volume ($p = 0.004$) ($0.70 \pm 0.56 \text{ mm}^3$) of buccal appliances. Lingual multibracket appliance therapy leads to less area and volume of cement remaining after multibracket appliance debonding and less area and volume of cement remaining after cement polishing than buccal multibracket appliance therapy; however, the area and volume of enamel removed after cement polishing were similar between both lingual and buccal multibracket appliance therapies.

Keywords: orthodontics; remaining cement; enamel loss; debonding; morphometry

1. Introduction

Fixed multibracket appliances are a type of therapy widely used in orthodontics. Traditionally, fixed multibracket appliances were applied to buccal surfaces, but recently, lingual multibracket appliance therapy has emerged to meet aesthetic demands. In addition, lingual multibracket appliance therapy has shown the advantages of being invisible, having a lower incidence of white spot lesions, and having smaller interbracket distances [1]. Buccal

multibracket appliance therapy has shown a higher risk of developing white spot lesions related to biofilm associated with poor hygiene. However, there are some strategies for their prevention, such as the application of acidulated phosphate fluoride, difluorosilane varnish, and high-concentration fluoride toothpastes [2,3]. Furthermore, lingual multibracket appliance therapy has shown some disadvantages, such as worse accessibility concerning the lingual/palatal surfaces, irregularities in the anatomy of lingual surfaces [4], and the worst dissolution of enamel prisms during enamel conditioning with etching agents [5]. Finally, the success of orthodontic treatment depends on obtaining ideal shear bond strength (SBS) between the fixed multibracket appliances and the enamel surfaces, which depends on the inner surface design of the fixed multibracket appliances, the type of mesh of the inner surface design of the fixed multibracket appliances, the size and shape of the fixed multibracket appliances, and the preconditioning of the enamel surfaces [6]. In addition, the development of the adhesion technique of orthodontic materials has improved the SBS values of fixed multibracket appliances [7], especially the acid etching technique, which decreases the amount of bond failures in fixed lingual multibracket appliance brackets [8]. However, after fixed multibracket appliance therapy debonding and polishing, it seems that there is an inevitable increase in enamel roughness (ΔSa) in both lingual and buccal multibracket appliance therapies [9], with significant differences in the degree of enamel damage regarding the type and material of the bur used [10], and with there being lower ΔSa values with composite and fiber glass burs [10]. Therefore, sandblasting procedures have been recommended in order to increase the SBS values of the preconditioned enamel surfaces, which not only increases the SBS values of fixed lingual multibracket appliances but also increases the amount of cement remnants over the lingual enamel surfaces [11]. Moreover, significant differences have been found between the SBS values of lingual multibracket appliance and buccal multibracket appliance therapies. This could influence the ΔSa and also the amount of cement remnants after multibracket appliance therapy debonding [5].

The aim of this study was to compare the area and volume of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding, the area and volume of remaining cement after cement polishing, and the area and volume of enamel removed after cement polishing using a morphometric digital measurement technique, with a null hypothesis (H_0) stating that no difference exists between the area and volume of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding, the area and volume of remaining cement after cement polishing, and the area and volume of enamel removed after cement polishing using a morphometric digital measurement technique.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design

Twenty (20) upper teeth extracted for periodontal and orthodontic reasons, without tooth decay, restorations, or fractures, were selected in this study at the Dental Centre of Innovation and Advanced Specialties at Alfonso X El Sabio University (Madrid, Spain) between September and November 2020. A randomized controlled in vitro study was conducted in accordance with the principles defined in the German Ethics Committee's statement for the use of organic tissues in medical research (Zentrale Ethikkommission, 2003) and was authorized by the Ethical Committee of the Faculty of Health Sciences, University Alfonso X el Sabio (Madrid, Spain) in September 2020 (Process No. 09/2020). All patients provided informed consent to transfer the teeth for the study.

2.2. Experimental Procedure

The teeth were randomly (Epidat 4.1, Galicia, Spain) embedded into two experimental models of epoxy resin (Ref. 20-8130-128, EpoxiCure®, Buehler, IL, USA) with 10 teeth each (central incisors, lateral incisors, canines, first and second premolars) following the manufacturer's recommendations, and the experimental models were randomly distributed to the following study groups. Group A: Buccal multibracket appliance therapy (MBT, 0.022,

Pacific Orthodontics, Guadalajara, Spain) (Buccal) ($n = 10$); Group B: Lingual multibracket appliance therapy (Ref. 740-0430, Alias, Ormco, Glendora, CA, USA) (Lingual) ($n = 10$). The teeth were stored under humid conditions until the beginning of the study. Two experimental models were necessary in order to use an intact surface (buccal or palatal) to align the digital files. Afterwards, the experimental model was scanned with an intraoral scan (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) to obtain a standard tessellation language (STL) digital file (STL1), with a resolution of 54.68 pts/mm² [12]. Then, buccal and lingual multibracket appliance therapies were bonded to the buccal and palatal enamel surface by a single operator using a three-step adhesive technique. An acid etching agent (Ortho Solo™, Ormco Corporation, CA, USA) was applied to the buccal and palatal enamel surface for 20 s; afterwards, the acid etching (Ortho Solo™, Ormco Corporation, CA, USA) was removed under profuse washing and dried. Furthermore, a photopolymerized resin adhesive primer (Unitek Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) was gently applied using a microbrush (Plus slim; Microbrush International; Grafton; NSW, USA) on the previously etched buccal and palatal enamel surface and was photopolymerized (BluePhase G2™, Ivoclar Vivadent, Schaan, Principado de Liechtenstein) for 20 s. The fixed buccal (MBT, 0.022, Pacific Orthodontics, Guadalajara, Spain) and lingual (Ref. 740-0430, Alias, Ormco, Glendora, CA, USA) multibracket appliances were directly cemented from tooth 15 to 25 in the center of the buccal and palatal surface of the clinical crown with a photopolymerized composite resin cement (Transbond™ XT, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA), which was photopolymerized (BluePhase G2™, Ivoclar Vivadent, Schaan, Principado de Liechtenstein) for 20 s. After that, the experimental models were subjected to digital impression through an intraoral scan (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA). Afterwards, the fixed buccal and lingual multibracket appliances were debonded using bracket remover Weingart pliers (Carl Martin, Solingen, Germany). Then, digital impressions (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) were performed obtaining the STL2. Afterwards, the remaining cement of the fixed buccal and lingual multibracket appliances was removed from the buccal and palatal surfaces of the teeth using an adhesive remover bur (H379AGK, KOMET Dental, L Lemgo, Germany) mounted on a micromotor handpiece (INTRA MULTIflex L181M, KaVo, Biberach an der Riss, Germany) at 20,000 rpm with profuse irrigation until no cement remnants were visible to the clinician's eye. Finally, digital impressions (True Definition, 3M ESPE™, Saint Paul, MN, USA) of the experimental models were performed (STL3). The experimental procedures performed for both experimental models were performed by a unique operator.

2.3. Alignment Procedure

Once all the STL digital files were obtained (STL1-3), they were imported into the Geomagic Wrap's (3D Geomagic Capture Wrap, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA) engineering software, which allowed us to create and analyze 3D images. Then, the STL digital files from 1 to 3 were aligned taking as reference the unmodified buccal or palatal surfaces, regarding the study group, to make an accurate alignment procedure of the digital files. Later, all STL digital files of teeth from 15 to 25 were digitally segmented and realigned in order to minimize the error rate in the alignment procedure (Figure 1a–d).

2.4. Measurement Procedure

All measurements were obtained from tooth 15 of each experimental model after a randomization procedure (Epidat 4.2, Galicia, Spain). The measurement procedures of the area and volume of remaining cement after buccal and lingual multibracket appliance debonding were performed by superimposing the STL1 and STL2 digital files after analyzing the boundary between the normals of the triangulated surface of the previously segmented and realigned STL1 and STL2 digital files (Figure 2). The spectrum was set to $\pm 100 \mu\text{m}$ and the tolerance to $\pm 10 \mu\text{m}$.

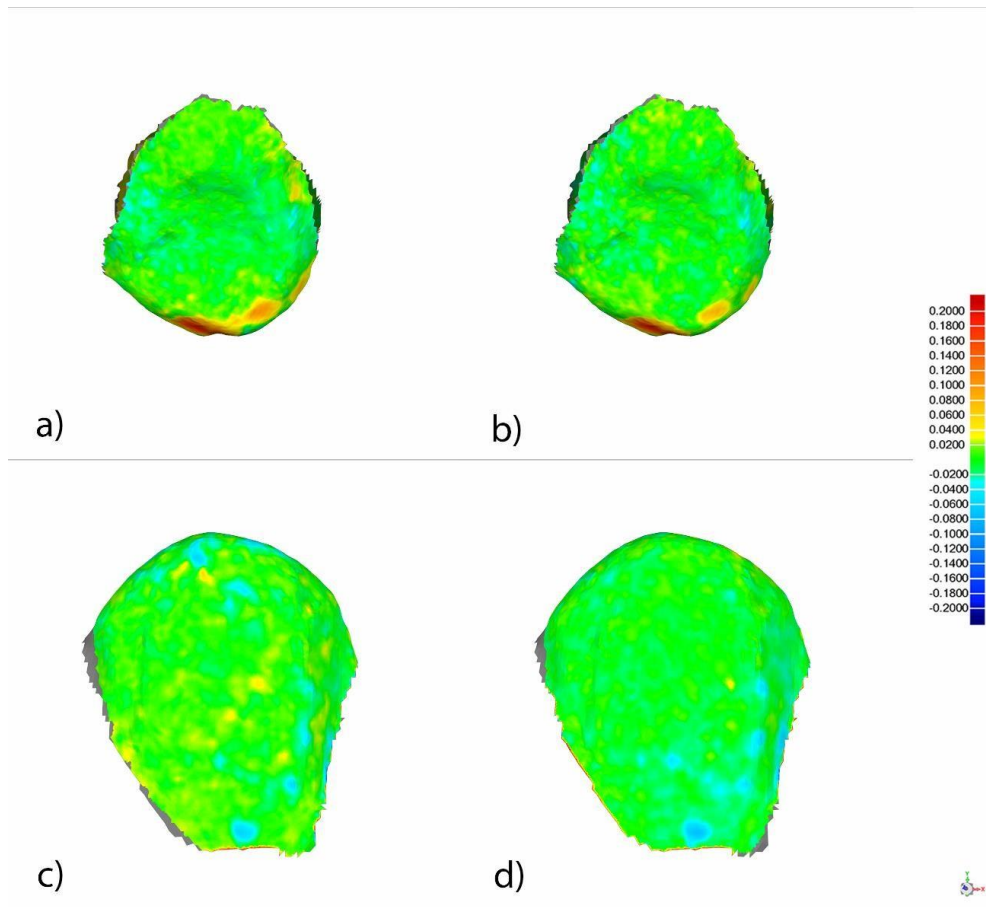


Figure 1. Palatal view of the alignment rate between the segmented and realigned the standard tessellation language 1 (STL1) and STL2 digital files (a) and between the segmented and realigned STL1 and STL3 digital files (b) of tooth 1.5 from the experimental model of the palatal multibracket appliance therapy. Buccal view of the alignment rate between the segmented and realigned STL1 and STL2 digital files (c) and between the segmented and realigned STL1 and STL3 digital files (d) of tooth 1.5 from the experimental model of the buccal multibracket appliance therapy. Warm colors represent a volume increase, cold colors represent a volume decrease, and green represents accurate alignment. Current values expressed in millimeters.

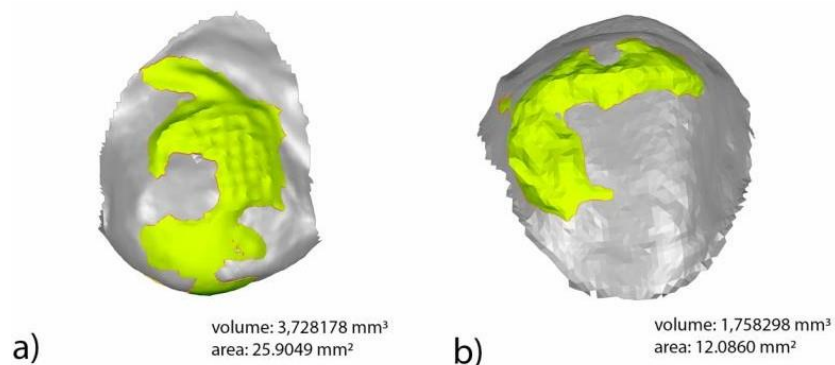


Figure 2. Buccal view of the measurement procedure of the area and volume of remaining cement after buccal multibracket appliance debonding (a). Palatal view of the measurement procedure of the area and volume of remaining cement after lingual multibracket appliance debonding (b). Boundary (red line) of the volume excess (yellow) between STL1 and STL2 digital files.

The measurement procedures of the area and volume of the remaining cement after cement polishing of the fixed buccal multibracket appliance therapy and the area and vol-

ume of enamel removed after cement polishing of the fixed buccal multibracket appliance therapy were performed by comparing the STL1 and STL3 digital files (Figure 3). The spectrum was set to $\pm 100 \mu\text{m}$ and the tolerance to $\pm 10 \mu\text{m}$.

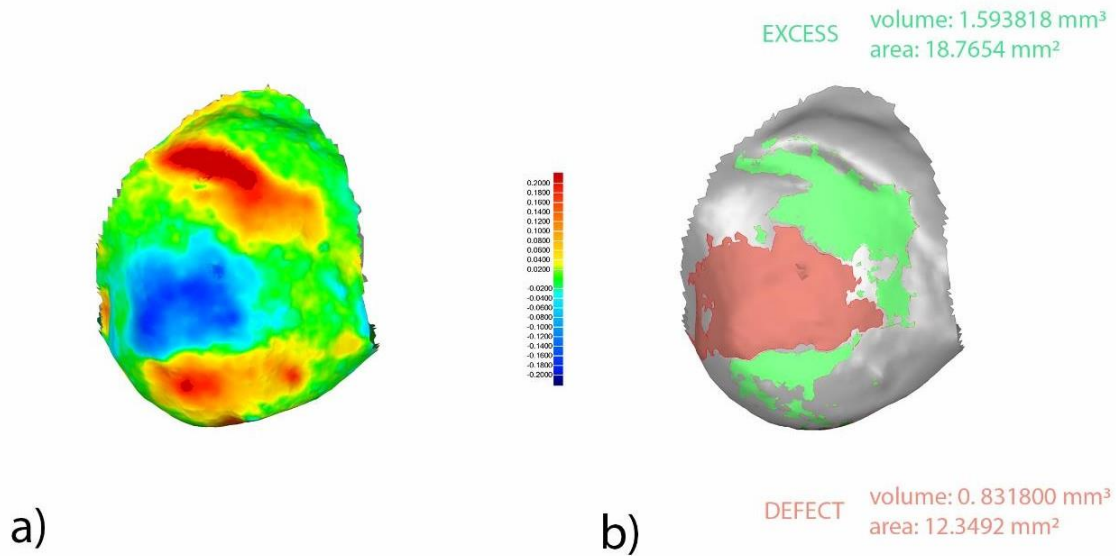


Figure 3. Buccal view of segmented and realigned STL1 and STL3 digital files from tooth 1.5. Warm colors represent a volume increase (remaining cement after cement polishing), cold colors represent a volume decrease (enamel removed after cement polishing), and green represents accurate alignment (a). Boundary for the area and volume measurement of the remaining cement after cement polishing (green) and enamel removed after cement polishing (red) (b). Current values expressed in millimeters.

The measurement procedures of the area and volume of the remaining cement after cement polishing of the fixed lingual multibracket appliance therapy and the area and volume of enamel removed were performed by comparing the STL1 and STL3 digital files (Figure 4). The spectrum was set to $\pm 100 \mu\text{m}$ and the tolerance to $\pm 10 \mu\text{m}$.

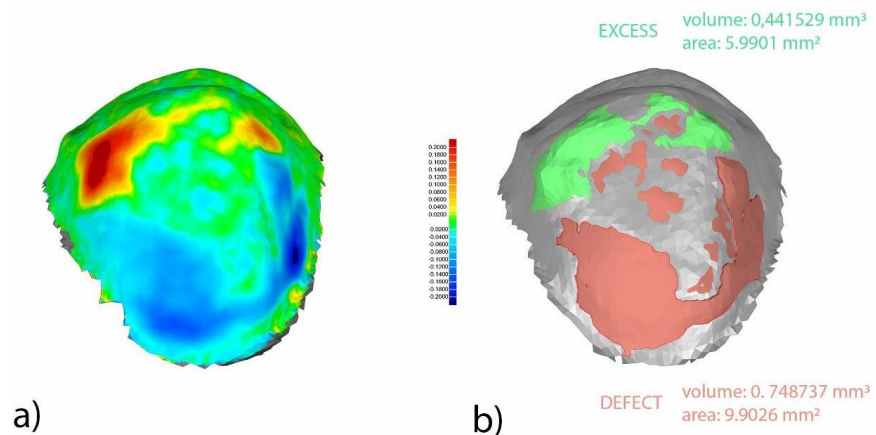


Figure 4. Palatal view of segmented and realigned STL1 and STL3 digital files from tooth 1.5. Warm colors represent a volume increase (remaining cement after cement polishing), cold colors represent a volume decrease (enamel removed after cement polishing), and green represents accurate alignment (a). Boundary for the area and volume measurement of the remaining cement after cement polishing (green) and enamel removed after cement polishing (red) (b). Current values expressed in millimeters.

2.5. Statistical Tests

The statistical analysis was performed using SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Bivariate analysis was done using Student's *t* test or Mann–Whitney nonparametric test for non-normal distributions. The assumption of normality was verified using the Shapiro–Wilk test. The statistical significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

The means and standard deviation (SD) values for the area (mm^2) and volume (mm^3) of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding are displayed in Table 1 and Figure 5.

Table 1. Descriptive statistics of the area (mm^2) and volume (mm^3) of remaining cement after buccal and lingual multibracket appliance debonding.

Study Group	Measure	<i>n</i>	Mean	SD	Median	Range
Lingual	Area	10	7.07	4.85	5.34	12.95
	Volume	10	0.87	1.34	0.28	4.25
Buccal	Area	10	21.99	4.18	22.60	13.72
	Volume	10	3.48	0.96	3.61	3.26

SD: Standard deviation.

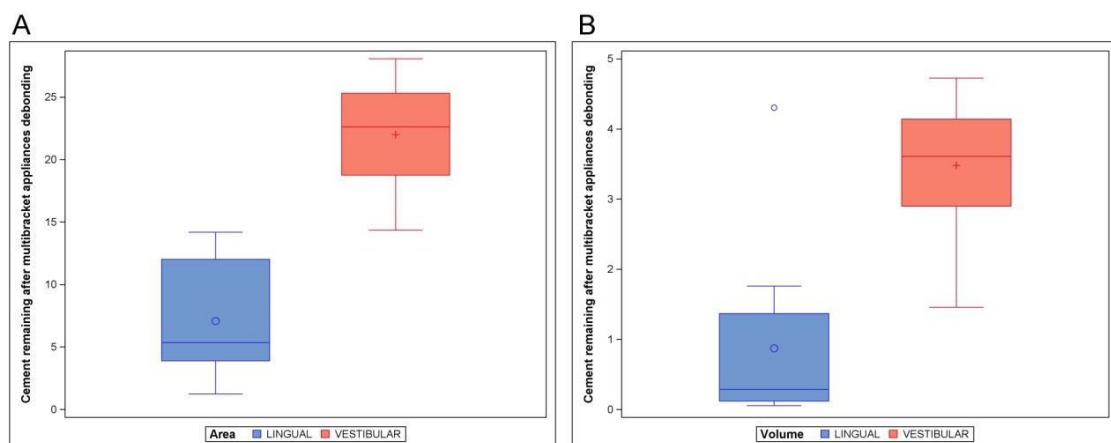


Figure 5. Boxplot of the area (A) and volume (B) of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding. The horizontal line in each box represents the respective median value of the study groups. Blue represents lingual multibracket appliance and red represents buccal multibrackets appliance.

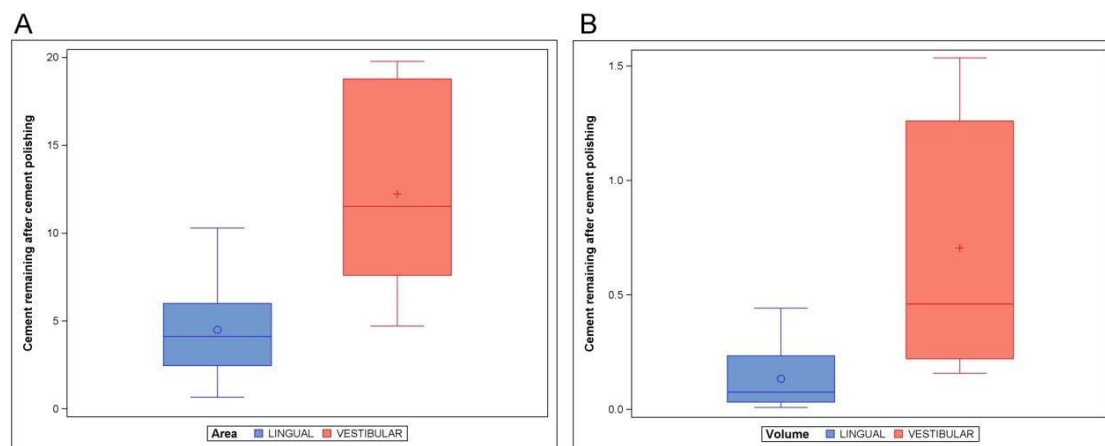
The paired *t* test statistical analysis showed statistically significant differences ($p < 0.001$) between the area of remaining cement after lingual ($7.07 \pm 4.85 \text{ mm}^2$) and buccal ($21.99 \pm 4.18 \text{ mm}^2$) multibracket appliance debonding (Figure 5A). In addition, the paired *t* test statistical analysis showed statistically significant differences ($p = 0.002$) between the volume of remaining cement after lingual ($0.87 \pm 1.34 \text{ mm}^3$) and buccal ($3.48 \pm 0.96 \text{ mm}^3$) multibracket appliance debonding (Figure 5B).

The means and SD values for the area (mm^2) and volume (mm^3) of remaining cement after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies are displayed in Table 2 and Figure 6.

Table 2. Descriptive statistics of the area (mm²) and volume (mm³) of remaining cement after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies.

Study Group	Measure	<i>n</i>	Mean	SD	Median	Range
Lingual	Area	10	4.48	3.08	4.11	9.63
	Volume	10	0.13	0.15	0.07	0.43
Buccal	Area	10	12.22	5.98	11.52	15.07
	Volume	10	0.70	0.56	0.46	1.37

SD: Standard deviation.

**Figure 6.** Boxplot of the area (A) and volume (B) of remaining cement after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies. The horizontal line in each box represents the respective median value of the study groups. Blue represents lingual multibracket appliance and red represents buccal multibrackets appliance.

The paired *t* test statistical analysis showed statistically significant differences ($p = 0.001$) between the area of remaining cement after cement polishing of the lingual (4.48 ± 3.08 mm²) and buccal (12.22 ± 5.98 mm²) multibracket appliance therapies (Figure 6A). In addition, the paired *t* test statistical analysis showed statistically significant differences ($p = 0.004$) between the volume of remaining cement after cement polishing of the lingual (0.13 ± 0.15 mm³) and buccal (0.70 ± 0.56 mm³) multibracket appliance therapies (Figure 6B).

The means and SD values for the area (mm²) and volume (mm³) of enamel removed after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies are displayed in Table 3 and Figure 7.

Table 3. Descriptive statistics of the area (mm²) and volume (mm³) of enamel removed after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies.

Study Group	Measure	<i>n</i>	Mean	SD	Median	Range
Lingual	Area	10	6.13	2.97	5.98	10.07
	Volume	10	0.49	0.42	0.32	1.46
Buccal	Area	10	6.71	3.81	6.46	12.09
	Volume	10	0.33	0.26	0.27	0.79

SD: Standard deviation.

The paired *t* test statistical analysis did not show statistically significant differences ($p = 0.709$) between the area of enamel removed after cement polishing of the lingual (6.13 ± 2.97 mm²) and buccal (6.71 ± 3.81 mm²) multibracket appliance therapies (Figure 7A). In addition, the paired *t* test statistical analysis did not show statistically significant differences ($p = 0.307$) between the volume of enamel removed after cement polishing of the lingual (0.49 ± 0.42 mm³) and buccal (0.33 ± 0.26 mm³) multibracket appliance therapies (Figure 7B).

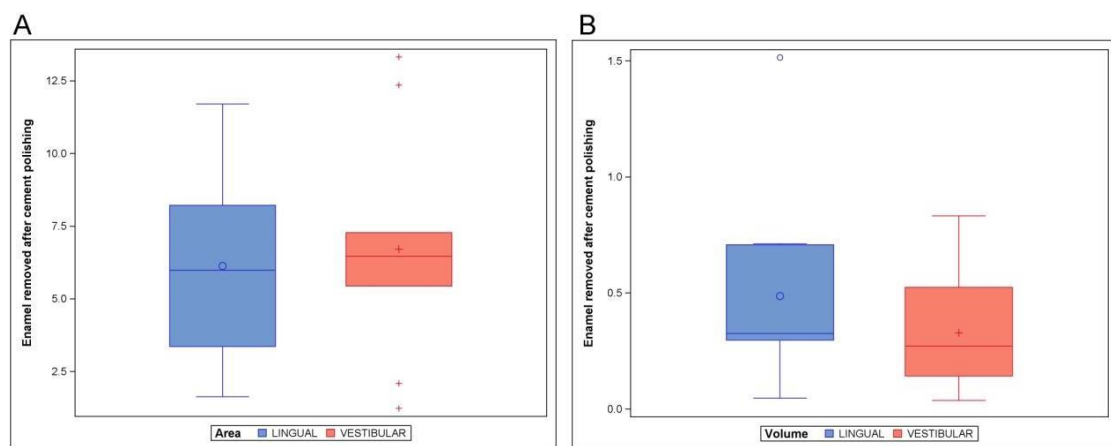


Figure 7. Boxplot of the area (A) and volume (B) of enamel removed after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies. The horizontal line in each box represents the respective median value of the study groups. Blue represents lingual multibracket appliance and red represents buccal multibrackets appliance.

4. Discussion

The results presented in this study reject the null hypothesis (H_0) stating that no difference exists between the area and volume of remaining cement after lingual and buccal multibracket appliance debonding and also between the area and volume of remaining cement after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies. However, the part of the null hypothesis (H_0) that states that no difference exists between the area and volume of enamel removed after cement polishing of the lingual and buccal multibracket appliance therapies using a morphometric digital measurement technique is accepted.

The results obtained in the present study showed statistically significant higher area and volume of remaining cement after buccal multibracket appliance debonding compared with lingual multibracket appliances, and statistically significant higher area and volume of remaining cement after cement polishing of the buccal multibracket appliance therapy compared with the lingual multibracket appliance therapy. However, no statistically significant differences were shown for the area or the volume of enamel removed after polishing the lingual and buccal remaining cement. Fixed lingual multibracket appliance therapies have been developed and used worldwide in order to avoid the demineralization process of the enamel surface around buccal multibracket appliances and also the formation of unaesthetic white spot lesions [9]. Moreover, fixed buccal multibracket appliance therapies have shown more than 4.8 times the risk of developing incipient tooth decay on buccal enamel surfaces compared with lingual/palatal enamel surfaces associated with fixed lingual multibracket appliance therapies [8]. However, the higher risk of incipient caries developing in the buccal enamel surfaces associated with the fixed buccal multibracket appliance therapies could be associated with a more reduced coverage of the buccal enamel surfaces by the mesh of the fixed buccal multibracket appliances in comparison with the fixed lingual multibracket appliance therapies [11]; however, other factors have been associated with incipient caries developing in the buccal enamel surfaces, such as biofilm formation conditioned by poor hygiene [13]. Nevertheless, the concept which concerns most researchers and clinicians is the SBS capability of multibracket appliance therapies to prevent unexpected multibracket appliance debondings and, hence, possible complications in orthodontic treatment. SBS has reported to be influenced by the design, shape, and size of the multibracket appliances and also by the enamel preconditioning [14]; the ideal SBS range is between 5.8 and 7.9 MPa [15]. Furthermore, the nature of the orthodontic cement has also been reported to influence the SBS score of multibracket appliances; therefore, the same composite resin orthodontic cement was used in both lingual and buccal multibracket appliance therapies selected in this study. However, Tuncer et al. observed a higher SBS

score associated with a fluoride-based cement in comparison with a conventional composite resin-based cement; therefore, the authors recommended fluoride-based cement for bonding lingual multibracket appliances due to its antimicrobial properties and the higher SBS score [16]. Moreover, the SBS could also vary depending on the characteristics of the adhesion surface of the multibracket appliances, if it has previous restorations, and their characteristics. Therefore, the adhesion surfaces should be analyzed before bonding to evaluate the necessity of previous conditioning [17]. Moreover, the acid etching of the enamel surfaces was analyzed in order to increase the SBS of multibracket appliances; however, no variations were shown on the lingual surfaces after preconditioning with laser and sandblasting [18]. On the other hand, a successful adhesion procedure between the enamel surface and the inner surface of multibracket appliances was achieved by etching with 37% orthophosphoric acid for 10 s, increasing significantly the SBS in comparison with self-etching adhesion procedures [19]. Therefore, the SBS value could vary depending on the cement used. Valletta et al. obtained statistically significant differences in the SBS values of brackets cemented with glass-ionomer-modified cement compared with samples cemented with composite resin ($p = 0.007$) or light-activated composite resin ($p = 0.001$). However, they did not obtain significant differences in the SBS values between the composite resin study groups ($p = 0.290$). These results could be due to the fact that the glass-ionomer-modified group was etched with 10% acrylic acid, while in the composite groups, 37% orthophosphoric acid was used [20]. Moreover, Vinagre et al. studied the differences in the SBS values between composite resin, a light-cured composite, and self-etched and concluded that the SBS value could vary over time until debonding in all the materials used [21]. Nevertheless, the contact area between the multibracket appliances and the enamel surface has not been found to influence the SBS of mesh-backed multibracket appliances; hence, the mesh area of multibracket appliances is smaller nowadays [22]. However, the mesh design of the multibracket appliances has been shown to significantly affect the SBS. Hudson et al. compared different mesh designs and reported that a single mesh crossing the base diagonally of multibracket appliances showed the highest SBS values [5]. In addition, Sharma-Sayal et al. showed that SBS values increased 24% after 24 h of bonding, and rebonded multibracket appliances also showed higher SBS values than multibracket appliances bonded for the first time [23]. In addition, Chumak et al. showed a statistically significantly higher SBS associated with premolars with lingual multibracket appliances adapted to the lingual enamel surface compared with a buccal multibracket appliance adapted to the buccal enamel surface, but lingual enamel surfaces were more susceptible to fracture and detachment than buccal enamel surfaces when vertical shear forces were applied [24]. However, Ziebura et al. did not report statistical bond failure between lingual and buccal multibracket appliances despite there being significant differences in the extent and design of both techniques [25]. Additionally, the adhesive remnant index (ARI) has been used to analyze the SBS and, hence, the remaining cement over the enamel surface after multibracket appliance debonding, and the calcium remnant index (CRI) has also been used to evaluate the cement remnants over multibracket appliance mesh after multibracket appliance debonding [8,9]. Brosh et al. reported a 15% higher debonding strength in buccal multibracket appliances ($p < 0.05$) compared with lingual multibracket appliances. However, a significantly higher ARI score ($p < 0.002$) was found in the lingual surface of teeth submitted to lingual multibracket appliance therapy (2.0 ± 1.3) compared with the buccal surfaces of teeth submitted to buccal multibracket appliance therapy (1.6 ± 1.5). Additionally, a higher CRI score ($p < 0.005$) was also found in the mesh of lingual multibracket appliance therapy (1.7 ± 1.4) compared with the mesh of buccal multibracket appliance therapy (1.1 ± 1.5) [4]. These results do not agree with the findings obtained in the present study. The main reason for these discrepancies could be related to the fact that in the Brosh et al. study, they used the same buccal brackets (Victory, 3M-Unitek) for both sides: Buccal and lingual. The lack of the adaptation of the brackets to the lingual surface could justify the decrease of the necessary strength to debond them and the increase of the ARI score on the lingual side. In the present study, specific lingual

brackets were used for the lingual side, ensuring better adaptation. In addition, Sung et al. obtained a statistically higher ARI score associated with extended gold alloy custom base lingual multibracket appliances compared with conventional limited resin custom base lingual multibracket appliances. However, no statistically significant differences were shown between the debonding forces of extended gold alloy custom base lingual multibracket appliances (69.29 ± 9.59 N) and conventional limited resin custom base lingual multibracket appliances (60.83 ± 10.12 N) [26]. However, resin mesh of lingual multibracket appliances obtained higher ARI scores compared with metallic custom mesh of lingual multibracket appliances [27]. Otherwise, the influence of polishing of cement remnants on the enamel surfaces has also been analyzed, and an increase of enamel roughness in both buccal [28] and lingual multibracket appliances was reported [9]; therefore, the polishing of cement remnants is still a challenge for clinicians [29]. Eichenberger et al. reported $0.20 \mu\text{m}$ of enamel removed after cement polishing of the lingual multibracket appliance therapy [30], and Janiszewska-Olszowska et al. reported $13.70 \mu\text{m}$ of enamel removed after cement polishing of the buccal multibracket appliance therapy with a tungsten carbide bur [8].

5. Conclusions

In conclusion, within the limitations of this study, lingual multibracket appliance therapy leads to less area and volume of remaining cement after multibracket appliance debonding and less area and volume of remaining cement after cement polishing compared with buccal multibracket appliance therapy. However, the area and volume of enamel removed after cement polishing were similar between both lingual and buccal multibracket appliance therapies.

Author Contributions: Conceptualization, A.B.M.; Formal analysis, A.C., and Á.Z.-M.; Investigation, A.C., J.A.P.-B. and C.G.-B.; Methodology, J.A.P.-B.; Project administration, Á.Z.-M.; Software, J.A.P.-B.; Supervision, A.A.M.; Writing—original draft, Á.Z.-M.; Writing—review & editing, C.G.-B. and R.M.C.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data available on request due to restrictions eg privacy or ethical.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Papageorgiou, S.N.; Gözl, L.; Jäger, A.; Eliades, T.; Bourauel, C. Lingual vs. labial fixed orthodontic appliances: Systematic review and meta-analysis of treatment effects. *Eur. J. Oral Sci.* **2016**, *124*, 105–118. [[CrossRef](#)]
- Knösel, M.; Alvarez, R.V.; Blanck-Lubarsch, M.; Helms, H.J. Comparison of potential long-term costs for preventive dentistry treatment of post-orthodontic labial versus lingual enamel cavitations and esthetically relevant white-spot lesions: A simulation study with different scenarios. *Head Face Med.* **2019**, *15*, 22. [[CrossRef](#)]
- Hu, H.; Feng, C.; Jiang, Z.; Wang, L.; Shrestha, S.; Yan, J.; Shu, Y.; Ge, L.; Lai, W.; Hua, F.; et al. Effectiveness of remineralizing agents in the prevention and reversal of orthodontically induced white spot lesions: A systematic review and network meta-analysis. *Clin. Oral Investig.* **2020**, *24*, 4153–4167. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Botzenhart, U.U.; Henningsen, A.; Quaas, S.; Luthardt, R.G.; Proff, P.; Spassov, A.; Gedrange, T. 3D assisted morphological analysis of lingual upper central and lateral incisor surfaces. *Biomed. Eng./Biomed. Tech.* **2012**, *57*, 71–77. [[CrossRef](#)]
- Brosh, T.; Strouthou, S.; Sarne, O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. *J. Dent.* **2005**, *33*, 99–105. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hudson, A.P.; Grobler, S.R.; Harris, A.M. Orthodontic molar brackets: The effect of three different base designs on shear bond strength. *Int. J. Biomed. Sci.* **2011**, *7*, 27–34. [[PubMed](#)]
- Hobson, R.S.; Rugg-Gunn, A.J.; Booth, T.A. Acid-etch patterns on the buccal surface of human permanent teeth. *Arch. Oral Biol.* **2002**, *47*, 407–412. [[PubMed](#)]
- Mavreas, D.; Cuzin, J.F.; Boonen, G.; Vande Vannet, B. The effect of various adhesives, enamel etching, and base treatment on the failure frequency of customized lingual brackets: A randomized clinical trial. *Eur. J. Orthod.* **2018**, *40*, 249–253. [[CrossRef](#)]

9. Janiszewska-Olszowska, J.; Tomkowski, R.; Tandecka, K.; Stepien, P.; Szatkiewicz, T.; Sporniak-Tutak, K.; Grocholewicz, K. Effect of orthodontic debonding and residual adhesive removal on 3D enamel microroughness. *PeerJ* **2016**, *4*, e2558. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Garg, R.; Dixit, P.; Khosla, T.; Gupta, P.; Kalra, H.; Kumar, P. Enamel Surface Roughness after Debonding: A Comparative Study using Three Different Burs. *J. Contemp. Dent. Pract.* **2018**, *19*, 521–526. [[PubMed](#)]
11. Mati, M.; Amm, E.; Bouserhal, J.; Bassil-Nassif, N. Effects of buccal and lingual enamel sandblasting on shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a self-etching primer. *Int. Orthod.* **2012**, *10*, 422–431. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Medina-Sotomayor, P.; Pascual-Moscardó, A.; Camps, I. Relationship between resolution and accuracy of four intraoral scanners in complete-arch impressions. *J. Clin. Exp. Dent.* **2018**, *10*, e361–e366. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Van der Veen, M.H.; Attin, R.; Schwestka-Polly, R.; Wiechmann, D. Caries outcomes after orthodontic treatment with fixed appliances: Do lingual brackets make a difference? *Eur. J. Oral Sci.* **2010**, *118*, 298–303. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Lin, Y.C.; Lai, Y.L.; Chen, W.T.; Lee, S.Y. Kinetics of fluoride release from and reuptake by orthodontic cements. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2008**, *133*, 427–434. [[CrossRef](#)]
15. Pham, D.; Bollu, P.; Chaudhry, K.; Subramani, K. Comparative evaluation of orthodontic bracket base shapes on shear bond strength and adhesive remnant index: An in vitro study. *J. Clin. Exp. Dent.* **2017**, *9*, e848–e854.
16. Tuncer, C.; Ulusoy, Ç. Tensile bond strength of lingual orthodontic brackets with adhesive systems. *World J. Orthod.* **2010**, *11*, 393–397.
17. Saraç, Y.Ş.; Külünk, T.; Elekdag-Türk, S.; Saraç, D.; Türk, T. Effects of surface-conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-ceramic materials. *Eur. J. Orthod.* **2011**, *33*, 667–672. [[CrossRef](#)]
18. Lopes, M.S.; Pereira, D.L.; de Oliveira Mota, C.C.B.; Amaral, M.M.; Zzell, D.M.; Gomes, A.S.L. The lingual enamel morphology and bracket shear bond strength influenced by Nd:YAG laser and aluminum oxide sandblasting preconditioning. *Clin. Oral Investig.* **2021**, *25*, 1151–1158. [[CrossRef](#)]
19. Hamdani, S.; Anita, G.; Sodawala, J.; Gandhi, S.; Ali, S.M. The effect of pre-etching with 37% orthophosphoric acid on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded using self-etching primer-adhesive system. *Indian J. Dent. Res.* **2016**, *27*, 498–501. [[CrossRef](#)]
20. Valletta, R.; Prisco, D.; De Santis, R.; Ambrosio, L.; Martina, R. Evaluation of the debonding strength of orthodontic brackets using three different bonding systems. *Eur. J. Orthod.* **2007**, *29*, 571–577.
21. Vinagre, A.R.; Messias, A.L.; Gomes, M.A.; Costa, A.L.; Ramos, J.C. Effect of time on shear bond strength of four orthodontic adhesive systems. *Rev. Port. Estomatol. Med. Dent. Maxilofac.* **2014**, *55*, 142–151. [[CrossRef](#)]
22. Cucu, M.; Driessen, C.H.; Ferreira, P.D. The influence of orthodontic bracket base diameter and mesh size on bond strength. *S. Afr. Mella. J.* **2002**, *57*, 16–20.
23. Sharma-Sayal, S.K.; Rossouw, P.E.; Kulkarni, G.V.; Titley, K.C. The influence of orthodontic bracket base design on shear bond strength. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2003**, *124*, 74–82. [[CrossRef](#)]
24. Chumak, L.; Galil, K.A.; Way, D.C.; Johnson, L.N.; Hunter, W.S. An in vitro investigation of lingual bonding. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **1989**, *95*, 20–28. [[CrossRef](#)]
25. Ziebura, T.; Hohoff, A.; Flieger, S.; Stamm, T. Accidental debondings: Buccal vs fully individualized lingual multibracket appliances. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2014**, *145*, 649–654. [[CrossRef](#)]
26. Sung, J.W.; Kwon, T.Y.; Kyung, H.M. Debonding forces of three different customized bases of a lingual bracket system. *Korean J. Orthod.* **2013**, *43*, 235–241. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Arima, V.O.; Vedovello Filho, M.; Valdrighi, H.C.; Lucato, A.S.; Santamaria, M., Jr.; Vedovello, S.A.S. Debonding forces of different pads in a lingual bracket system. *Dental Press J. Orthod.* **2017**, *22*, 34–40. [[CrossRef](#)]
28. Erdur, E.A.; Akin, M.; Cime, L.; İleri, Z. Evaluation of Enamel Surface Roughness after Various Finishing Techniques for Debonding of Orthodontic Brackets. *Turk. J. Orthod.* **2016**, *29*, 1–5. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Mandall, N.A.; Hickman, J.; Macfarlane, T.V.; Mattick, R.C.; Millett, D.T.; Worthington, H.V. Adhesives for fixed orthodontic brackets. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2018**, *4*, CD002282. [[CrossRef](#)]
30. Eichenberger, M.; Iliadi, A.; Koletsi, D.; Eliades, G.; Verna, C.; Eliades, T. Enamel Surface Roughness after Lingual Bracket Debonding: An In Vitro Study. *Materials* **2019**, *12*, 4196.



La Comisión Científica del Ilustre Colegio Oficial de
Odontólogos y Estomatólogos de la Iª Región
certifica que D. / D^a.

Alba Belanche Monterde

Ha asistido al **5º Congreso Bienal COEM**,
Actualización Multidisciplinar en Odontología, celebrado en
Madrid los días 12 y 13 de febrero de 2021.

Dr. Antonio Montero Martínez
Presidente del COEM

Dr. José Aranguren Cangas
Presidente 5º Congreso Bienal del COEM

Dr. Jaime Jiménez García
Presidente de la Comisión Científica



DIPLOMA DE ASISTENCIA

Alba Belanche Monterde

Ha asistido al webinar de formación continuada de la SEDCYDO, titulado **Dolor Orofacial y Sueño**, impartido por Antonio Romero, celebrado en formato online el 20 de enero de 2022 y con una carga docente de una hora lectiva.

Dr. José Manuel Torres Hortelano

Presidente de la SEDCYDO

Dr. Antonio Romero García

Presidente Comisión Científica SEDCYDO





VII CONGRESO INTERNACIONAL
DE ORTODONCIA Y ALINEADORES
by Dr. Alberto Albaladejo

SUE
DADO

Nombre:

**ALBA
BELANCHE**

Ha asistido:

Al curso de 5 h
impartido por la
Dra. Teresa Pinho

**CERTIFICADO
ASISTENCIA
CURSO
PRE-CONGRESO
DRA.TERESA
PINHO**



*El Congreso se ha celebrado en Madrid los días 9, 10 y 11 de Septiembre de 2021
en Kinópolis Madrid Ciudad de la Imagen, con una duración de 15 horas.
Y para que conste se expide esta certificación.*

ALBERTO ALBALADEJO
Presidente del Congreso



VII CONGRESO INTERNACIONAL
DE ORTODONCIA Y ALINEADORES
by Dr. Alberto Albaladejo

SUE
DADO

Nombre:

ALBA
BELANCHE

Ha asistido:

Al curso de 5 h
impartido por el
Dr. Davide Mirabella

CERTIFICADO
ASISTENCIA
CURSO
PRE-CONGRESO
DR.DAVIDE
MIRABELLA



Congreso se ha celebrado en Madrid los días 9, 10 y 11 de Septiembre de 2021
en Kinepolis Madrid Ciudad de la Imagen, con una duración de 15 horas
Y para que conste se expide esta certificación.

ALBERTO ALBALADEJO
Presidente del Congreso



VII CONGRESO INTERNACIONAL
DE ORTODONCIA Y ALINEADORES
SUE
DADO

by Dr. Alberto Albaladejo

Nombre:

**ALBA
BELANCHE**

HA ASISTIDO AL
VII CONGRESO
INTERNACIONAL
DE ORTODONCIA
Y ALINEADORES

**CERTIFICADO
DE ASISTENCIA
AL CONGRESO**



El Congreso se ha celebrado en Madrid los días 9, 10 y 11 de Septiembre de 2021
en Kinépolis Madrid Ciudad de la Imagen, con una duración de 15 horas.
Y para que conste se expide esta certificación.

ALBERTO ALBALADEJO
Presidente del Congreso