



Facultad De Ciencias De La Salud

Tema:

**Influencia del pulido con diferentes sistemas sobre la rugosidad del disilicato de litio,
estudio in vitro**

**Tesis para la obtención del Título de Especialista en “Rehabilitación Oral e Implanto
Soportada”**

Presentada por:

Nathaly Mishelle Muñoz Diaz

Tutor:

Dr. Lucas Machado

Quito, enero de 2026

Resumen

El disilicato de litio es una vitrocerámica ampliamente empleada en rehabilitación oral por su adecuada combinación de propiedades mecánicas y estéticas; sin embargo, los ajustes oclusales posteriores a la cementación eliminan la superficie glaseada, incrementando la rugosidad superficial y favoreciendo la aparición de complicaciones clínicas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de dos sistemas comerciales de pulido, Ultradent y Jota, sobre la rugosidad superficial del disilicato de litio procesado mediante tecnología CAD/CAM, mediante un estudio experimental in vitro.

Se utilizaron 30 discos de disilicato de litio monolítico, distribuidos aleatoriamente en tres grupos de estudio (n=10): grupo control con superficie glaseada, grupo pulido con sistema Ultradent y grupo pulido con sistema Jota. La rugosidad superficial se determinó mediante perfilometría de contacto, empleando el parámetro Ra expresado en micrómetros.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Los resultados mostraron que el grupo control presentó una rugosidad media de $14,86 \pm 7,58 \mu\text{m}$, el sistema Jota de $13,20 \pm 5,32 \mu\text{m}$ y el sistema Ultradent de $17,11 \pm 5,74 \mu\text{m}$, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=0,389$). Ninguno de los sistemas de pulido evaluados alcanzó valores de rugosidad considerados clínicamente aceptables según los umbrales reportados en la literatura.

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, los sistemas de pulido Ultradent y Jota mostraron un desempeño estadísticamente equivalente entre sí y respecto al grupo control glaseado, por lo que se recomienda la realización de investigaciones futuras con

mayor estandarización metodológica y diseños experimentales optimizados que permitan fortalecer la evidencia aplicable a la práctica clínica.

Palabras clave: DISILICATO DE LITIO; RUGOSIDAD SUPERFICIAL; PULIDO DENTAL; CERÁMICAS DENTALES; PERFILOMETRÍA; ESTUDIOS IN VITRO.

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Nathaly Mishelle Muñoz Díaz

C.I: 1718494006

Dedicatoria

A mis padres quienes han sido mi apoyo incondicional, gracias por su paciencia su atención y por estar siempre pendientes de mí sin ustedes esto no hubiera sido posible, me han apoyado en cada paso de este proceso con su amor, dedicación y animándome siempre, nunca me han dejado sola, solo tengo palabras de gratitud y amor hacia ustedes por haberme formado en la persona que ahora soy, les amo mucho.

A mi hermano Javier quien ha sido un gran apoyo para mí en estos años y me ha sabido ayudar en todo lo que he necesitado gracias por siempre consentirme y apoyarme.

A mi hermano Juan quien siempre sabe sacarme una sonrisa y de igual manera ha sido mi apoyo en todo lo que él ha podido gracias por ser incondicional.

A mi enamorado Diego quien con su amor y paciencia a sabido estar siempre para mí, te amo y te debo mucho gracias por todo lo que has hecho por mí y por darme todo de tu parte para que yo pueda cumplir mis metas.

A mis queridos amigos José y Viví, gracias por su apoyo en estos años, porque a pesar de todo siempre han sabido comprenderme y ayudarme en todo, gracias por su paciencia y por sus enseñanzas siempre los voy a llevar en mi corazón.

Índice

Resumen.....	2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos	4
Dedicatoria	5
Índice.....	6
Índice De Tablas	7
Índice De Imágenes.....	8
Índice De Gráficos	9
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Metodología	16
Preparación de las Muestras.....	17
Grupo Control (n=10):	21
Grupo 1 - Sistema Ultradent (n=10):	22
Grupo 2 - Sistema Jota (n=10):.....	25
Procedimiento de Medición de Rugosidad Superficial.....	28
Análisis Estadístico.....	30
Resultados	31
Análisis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas	32
Análisis de Varianza (ANOVA).....	32
Comparaciones Múltiples Post-Hoc	33
Discusión.....	37
Conclusiones	45
Recomendaciones	46
Referencias.....	48

Índice De Tablas

Tabla 1. Distribución de las muestras	20
Tabla 2. Estadísticas descriptivas de rugosidad superficial (Pa) por grupo experimental. DE: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación.....	32
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía para rugosidad superficial. GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados.....	33
Tabla 4. Análisis post-hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples. IC 95%: Intervalo de Confianza al 95%.....	33

Índice De Imágenes

Imagen 1. Disilicato de litio Cameo B40	17
Imagen 2. Diseño STL para discos	18
Imagen 3. Fresado de discos de disilicato	18
Imagen 4. Estandarización longitud de disco.....	18
Imagen 5. Elaboración de muestras en el laboratorio	19
Imagen 6. Proceso de sinterización en laboratorio	19
Imagen 7. Muestras clasificadas por grupos	20
Imagen 8. Delimitación del área a trabajar	21
Imagen 9. Muestras para grupo control	21
Imagen 10. Sistema de pulido marca Ultradent	22
Imagen 11. Desgaste con fresa.....	22
Imagen 12. Primer paso sistema de pulido Ultradent	23
Imagen 13. Segundo paso sistema de pulido Ultradent	23
Imagen 14. Colocación de pasta diamantada.....	24
Imagen 15. Pulido con disco de felpa	24
Imagen 16. Sistema de pulido marca Jota.....	25
Imagen 17. Desgaste con fresa.....	25
Imagen 18. Primer paso con sistema de pulido Jota	26
imagen 19. Segundo paso con sistema de pulido Jota.....	26
Imagen 20. Colocación de pasta diamanta.....	27
Imagen 21. Pulido con disco de felpa	27
Imagen 22. Muestras separadas en cajas petri	28
Imagen 23. Perfilómetro BRUKER DEKTAK XT	29
Imagen 24. Toma de rugosidad.....	30

Índice De Gráficos

Gráfico 1. Diagrama de cajas comparativo de rugosidad superficial entre grupos.....	34
Gráfico 2. Medias de rugosidad superficial con error estándar por grupo experimental. Las barras de error representan ± 1 error estándar de la media.....	35
Gráfico 3. Histogramas de distribución de rugosidad superficial por grupo experimental. Las líneas verticales indican la media (roja discontinua) y mediana (azul punteada) de cada grupo.....	36
Gráfico 4. Gráfico de violín mostrando la distribución de densidad de probabilidad de rugosidad superficial.....	37

INFLUENCIA DEL PULIDO CON DIFERENTES SISTEMAS SOBRE LA RUGOSIDAD DEL DISILICATO DE LITIO, ESTUDIO IN VITRO

Nathaly Mishelle Muñoz Díaz

mishelyta0@gmail.com

Resumen

El disilicato de litio es una vitrocerámica ampliamente empleada en rehabilitación oral por su adecuada combinación de propiedades mecánicas y estéticas; sin embargo, los ajustes oclusales posteriores a la cementación eliminan la superficie glaseada, incrementando la rugosidad superficial y favoreciendo la aparición de complicaciones clínicas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de dos sistemas comerciales de pulido, Ultradent y Jota, sobre la rugosidad superficial del disilicato de litio procesado mediante tecnología CAD/CAM, mediante un estudio experimental in vitro.

Se utilizaron 30 discos de disilicato de litio monolítico, distribuidos aleatoriamente en tres grupos de estudio (n=10): grupo control con superficie glaseada, grupo pulido con sistema Ultradent y grupo pulido con sistema Jota. La rugosidad superficial se determinó mediante perfilometría de contacto, empleando el parámetro Ra expresado en micrómetros.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Los resultados mostraron que el grupo control presentó una rugosidad media de $14,86 \pm 7,58 \mu\text{m}$, el sistema Jota de $13,20 \pm 5,32 \mu\text{m}$ y el sistema Ultradent de $17,11 \pm 5,74 \mu\text{m}$, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=0,389$). Ninguno de los sistemas de pulido evaluados alcanzó valores de rugosidad considerados clínicamente aceptables según los umbrales reportados en la literatura.

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, los sistemas de pulido Ultradent y Jota mostraron un desempeño estadísticamente equivalente entre sí y respecto al grupo control glaseado, por lo que se recomienda la realización de investigaciones futuras con mayor estandarización metodológica y diseños experimentales optimizados que permitan fortalecer la evidencia aplicable a la práctica clínica.

Palabras clave: DISILICATO DE LITIO; RUGOSIDAD SUPERFICIAL; PULIDO DENTAL; CERÁMICAS DENTALES; PERFILOMETRÍA; ESTUDIOS IN VITRO.

Abstract

Lithium disilicate is a glass-ceramic material widely used in oral rehabilitation due to its favorable mechanical and esthetic properties; however, occlusal adjustments performed after cementation remove the glazed surface, increasing surface roughness and potentially leading to clinical complications. Therefore, this in vitro experimental study aimed to evaluate the influence of two commercial polishing systems, Ultradent and Jota, on the surface roughness of CAD/CAM lithium disilicate.

Thirty monolithic lithium disilicate discs were fabricated using CAD/CAM technology and randomly allocated into three groups (n=10): glazed control group, Ultradent polishing system group, and Jota polishing system group. Surface roughness was assessed using contact profilometry, analyzing the Ra parameter expressed in micrometers.

Data were subjected to descriptive statistical analysis, Shapiro–Wilk normality testing, and one-way analysis of variance (ANOVA), with a significance level set at $\alpha=0.05$. The results indicated mean surface roughness values of $14.86 \pm 7.58 \mu\text{m}$ for the control group, $13.20 \pm 5.32 \mu\text{m}$ for the Jota system, and $17.11 \pm 5.74 \mu\text{m}$ for the Ultradent system, with no statistically

significant differences among groups ($p=0.389$). None of the evaluated polishing systems achieved surface roughness values considered clinically acceptable according to thresholds reported in the literature.

Under the experimental conditions of this study, both polishing systems demonstrated statistically equivalent performance when compared to each other and to the glazed control group, highlighting the need for further studies with improved methodological standardization to support clinical decision-making.

Keywords: LITHIUM DISILICATE; SURFACE ROUGHNESS; DENTAL POLISHING; DENTAL CERAMICS; PROFILOMETRY; IN VITRO STUDIES.

Introducción

El disilicato de litio constituye una vitrocerámica de vanguardia que ha transformado radicalmente las posibilidades restauradoras en rehabilitación oral, este material se caracteriza por su composición cristalina única, en la que cristales de disilicato de litio embebidos en una matriz vítrea confieren propiedades mecánicas excepcionales. La composición química del disilicato de litio incluye cuarzo, dióxido de litio, óxido de fósforo, alúmina, óxido de potasio y otros componentes que durante la cocción controlada generan una cerámica de vidrio resistente, resultado de la baja expansión térmica (Salazar-López & Quintana-del Solar, 2016). Según Zarone et al. (2019), el disilicato de litio exhibe una resistencia flexural de 360-460 MPa, una tenacidad a la fractura de 2.8-3.5 MPa y una translucidez aproximadamente 30% superior a la zirconia convencional, permitiendo satisfacer simultáneamente requisitos funcionales y estéticos de la odontología moderna. La restauración monolítica de disilicato de litio es aproximadamente cinco veces más fuerte que la porcelana feldespática, mejorando significativamente las

propiedades mecánicas y permitiendo una translucidez superior al mismo tiempo, con la versatilidad de poder utilizarse como núcleo para recubrimiento con cerámicas de alta estética o totalmente anatómicas sin recubrimiento (Zarone et al., 2019). Esta combinación única de resistencia y estética ha posicionado al disilicato de litio como material de elección para restauraciones monolíticas en sector anterior y posterior.

El avance del disilicato de litio para combinar durabilidad y estética lo reformuló como vitrocerámica de alta calidad, siendo el IPS e.max Press una opción procesada mediante prensado térmico y IPS e.max CAD/CAM para mecanizado asistido por computadora, permitiendo tanto para laboratorios digitales de alta precisión como para clínicos que requieren restauraciones de consultorio. Los estudios clínicos prospectivos a 10 años demuestran tasas de supervivencia del 95-100%, mostrando durabilidad excepcional con tasas de falla menores al 0.2% anual cuando se siguen protocolos apropiados de preparación, cementación y acabado superficial (Malament et al., 2019). Sin embargo, la longevidad clínica del disilicato de litio depende críticamente de procedimientos de acabado y pulido apropiados.

Luego de la cementación, es frecuentemente necesario realizar ajustes oclusales y de contorno que eliminan la superficie glaseada, los sistemas de pulido para cerámicas son instrumentos que ayudan a dar una superficie más lisa cuando ocurre fricción por someter la cerámica a partículas abrasivas como fresas de diamante (Melendez et al., 2023). Cuando la cerámica es sometida a fricción con fresas diamantadas de grano medio durante estos ajustes, se incrementa significativamente la rugosidad superficial, comprometiendo tanto la estética como la biocompatibilidad de la restauración. Por esta razón, el pulido posterior al ajuste no es un procedimiento opcional, sino un componente crítico del protocolo restaurador que impacta directamente en las complicaciones clínicas. Para suavizar la superficie es necesario realizar un

pulido para minimizar el grado de desgaste y degradación, dejando una superficie lisa y brillante. Una de las características de estos sistemas de pulido es que se va utilizando fresas con partículas abrasivas de tamaño microscópico, siendo cada vez menor. Estos instrumentos son un poco más duros o similares a los de la cerámica que se va a pulir, lo que ayuda a recuperar el brillo de la restauración y evitar complicaciones futuro (Maciel et al., 2019). Los sistemas cuentan con diferentes complementos como copas de goma abrasiva, ruedas de fieltro, pastas de pulido de diamante e incluso discos de pulido (Incesu & Yanikoglu, 2020).

Caixeta et al. (2024), en un ensayo clínico controlado aleatorizado de boca dividida con seguimiento a un año, demostraron que protocolos apropiados de pulido reestablecen exitosamente la lisura superficial de restauraciones de disilicato de litio monolíticas después de ajuste, equiparando el rendimiento clínico a restauraciones que no requirieron ajustes luego de la cementación.

La rugosidad superficial se refiere a cualquier irregularidad que genera zonas elevadas en una superficie dentro de un área específica, estas alteraciones permiten identificar defectos o errores en la forma de la superficie, considerándose errores micro geométricos que se analizan al evaluar la rugosidad de un objeto (Rodríguez et al., 2008). Las cerámicas sin pulir pueden generar complicaciones como el desgaste del diente antagonista, tinciones alrededor de la restauración, retención de placa bacteriana, inflamación de la encía, ser más propensa a fracturarse, además causar incomodidad en el paciente debido a que el paciente puede detectar cambios en la rugosidad de $0.3 \mu\text{m}$ (Vasileva et al., 2021). La rugosidad superficial en cerámicas dentales posee consecuencias clínicas medibles y bien documentadas, una superficie cerámica con rugosidad media (R_a) superior a $0.2 \mu\text{m}$ acelera significativamente la colonización bacteriana y la formación de biofilm, aumentando el riesgo de caries secundaria, inflamación

gingival y enfermedad periodontal. La investigación fundamental de Jones, Billington y Pearson (2004) demostró que aproximadamente 60% de pacientes pueden táctilmente identificar diferencias de rugosidad entre 0.25 y 0.50 μm utilizando su lengua, estableciendo que restauraciones deben mantener rugosidad máxima de 0.50 μm para no ser detectadas como cambios incómodos. Existen diversos factores que influyen en el resultado final, como el acabado y la creación de defectos en la superficie que pueden disminuir la resistencia. También afecta la presión durante el procedimiento de pulido, la velocidad de rotación, el tiempo de pulido, el grano de los instrumentos de pulido y la dificultad técnica para realizar el procedimiento (Caixeta et al., 2024).

La perfilometría de superficies es adecuada para la evaluación cuantitativa de la rugosidad de la superficie, de manera que el clínico tenga en cuenta factores que pueden afectar a sus procedimientos y conocer qué protocolo sería el adecuado (Mohammadibassir et al., 2019).

Los sistemas de pulido para cerámicas son conjuntos secuenciales de instrumentos abrasivos que permiten recuperar una superficie lisa y brillante después del desgaste. Estudios comparativos recientes demuestran que sistemas específicos diseñados para cada material cerámico no son intercambiables: Khan, Hodson y Altaie (2024) documentaron en una revisión narrativa exhaustiva que OptraFine (Ivoclar Vivadent) para disilicato de litio y sistemas Jota Kit 1434 para zirconia emergen como opciones más efectivas en la literatura, pero solo cuando se aplican con protocolos secuenciales completos de 60 segundos por paso de abrasión, culminando con pasta diamantada. Sistemas diseñados para materiales de resina composite fallan consistentemente en producir superficies clínicamente aceptables en cerámicas vítreas. Mohammadibassir et al. (2019) publicaron en *Journal of Prosthodontics* un estudio donde compararon dos sistemas de pulido (OptraFine y sistema D+Z) en IPS e.max CAD. El sistema

OptraFine con protocolo de tres pasos logró superficies más lisas y uniformes. OptraFine logró rugosidad comparable al glaseado sin comprometer resistencia flexural, siendo recomendado como alternativa al glaseado.

A pesar de la amplia disponibilidad de sistemas comerciales de pulido, existe en la literatura una carencia de comparaciones sistemáticas evaluando específicamente la efectividad relativa de sistemas de pulido Ultradent y Jota, ambos disponibles en contexto ecuatoriano, para restauraciones de disilicato de litio procesadas mediante tecnología CAD/CAM. Los estudios previos han evaluado mayormente sistemas OptraFine de Ivoclar Vivadent o sistemas para zirconia, dejando un vacío en evidencia clínicamente relevante para profesionales que utilizan estas alternativas comerciales específicas. Más aún, la mayoría de las investigaciones in vitro utilizan tamaños muestrales inadecuados cuando estándares de confiabilidad estadística para cerámicas frágiles requieren mínimo 30 especímenes para determinar parámetros Weibull confiables, conforme establecido por Quinn y Quinn (2010).

Frente a lo expuesto, el presente estudio pretende evaluar mediante perfilometría digital la influencia del pulido con dos sistemas comerciales disponibles (Ultradent y Jota) sobre la rugosidad superficial del disilicato de litio CAD/CAM, proporcionando evidencia comparativa que cierre esta brecha en la literatura y que sea directamente aplicable a la práctica clínica contemporánea en rehabilitación oral.

Metodología

El presente estudio es de carácter experimental, in vitro, con diseño comparativo de grupos independientes. El factor en estudio es el sistema de pulido utilizado, con dos niveles de la variable independiente: Sistema Ultradent y Sistema Jota. La variable de respuesta es la rugosidad superficial del disilicato de litio cuantificada mediante el parámetro Ra (rugosidad

aritmética media) medido en micrómetros (μm) mediante perfilometría. El presente estudio adhiere a los lineamientos CRIS (Checklist for Reporting In-vitro Studies) propuestos por Krithikadatta, Gopikrishna y Datta (2014) para asegurar transparencia y reproducibilidad de la metodología in vitro.

Preparación de las Muestras

Se utilizaron 30 discos de disilicato de litio monolítico CAMEO B-40.

Imagen 1. Disilicato de litio Cameo B40

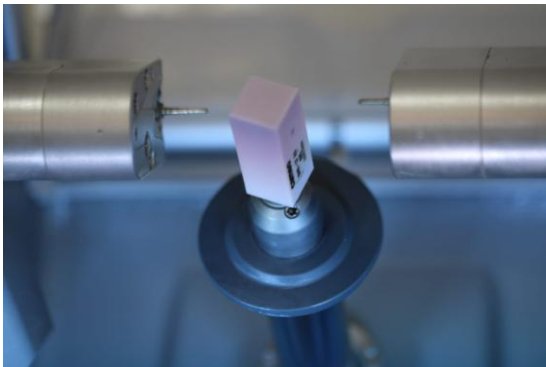


Los cuales fueron laborados con sistema CAD/CAM los cuales fueron fresados a través de un archivo STL diseñando los discos.

Imagen 2. Diseño STL para discos



Imagen 3. Fresado de discos de disilicato



De medidas de 10mm de longitud por 2mm de ancho.

Imagen 4. Estandarización longitud de disco

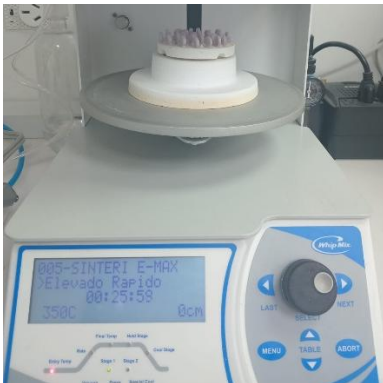


Los discos fueron elaborados por el laboratorio de la Universidad Hemisferios, para obtener restauraciones completamente procesadas.

Imagen 5. Elaboración de muestras en el laboratorio



Imagen 6. Proceso de sinterización en laboratorio



Las muestras fueron divididas aleatoriamente en tres grupos de 10 muestras cada uno.

Imagen 7. Muestras clasificadas por grupos

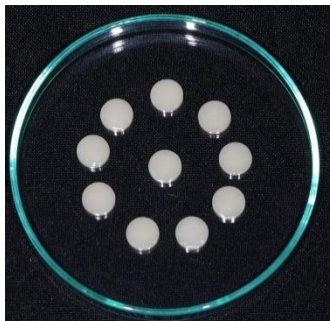


Tabla 1. Distribución de las muestras

Grupo	N	Descripción
Grupo Control	10	Muestras glaseadas (sin pulido manual)
Grupo 1	10	Pulido con Sistema Ultradent
Grupo 2	10	Pulido con Sistema Jota

A continuación, se delimito la zona a trabajar localizando un área de 5mm^2 en donde se realizó los procesos de fresado para la simulación de un ajuste oclusal y el pulido manual con cada uno de los sistemas de pulido.

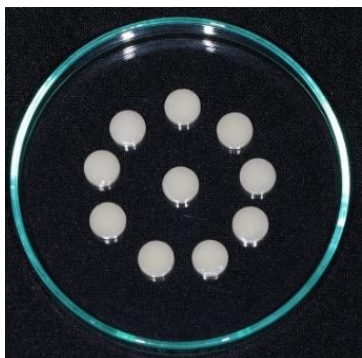
Imagen 8. Delimitación del área a trabajar

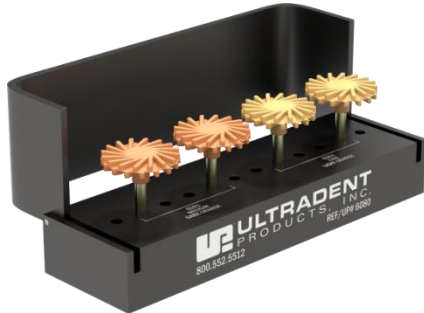


Grupo Control (n=10):

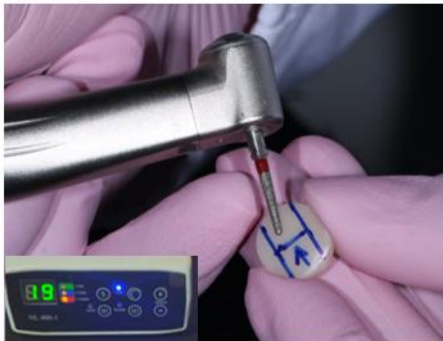
Fueron 10 muestras de disilicato de litio glaseadas que no fueron sometidas a ningún protocolo de pulido manual. Estas muestras representan el estado de referencia con superficie completamente glaseada. Las muestras fueron mantenidas en cajas Petri en un medio seco y a temperatura ambiente hasta el momento de medición de rugosidad. Este grupo permite establecer el parámetro de comparación para evaluar el impacto relativo de cada sistema de pulido.

Imagen 9. Muestras para grupo control



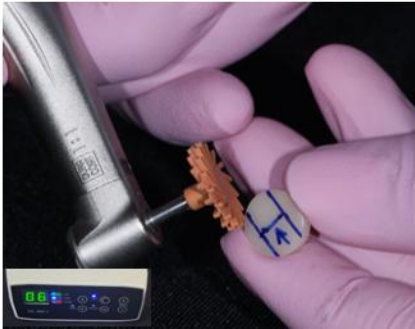
Grupo 1 - Sistema Ultradent (n=10):**Imagen 10.** Sistema de pulido marca Ultradent

Fueron 10 muestras pulidas manualmente con sistema de pulido Ultradent, se siguieron las indicaciones del fabricante, para un ajuste inicial con fresa de diamante de grano medio a velocidad de 190,000 rpm según recomendación del fabricante, simulando procedimiento clínico de eliminación de puntos altos de contacto post-cementación.

Imagen 11. Desgaste con fresa

Posteriormente, se aplicó la goma de pulido en espiral de grano medio (color naranja) a presión suave con ligeros movimientos y refrigeración continua.

Imagen 12. Primer paso sistema de pulido Ultradent



A continuación, se realizó pulido final con goma de grano fino (color naranja claro) bajo idénticos parámetros de presión, movimiento y refrigeración durante otros 60 segundos, utilizando velocidad de 5,000-8,000 rpm.

Imagen 13. Segundo paso sistema de pulido Ultradent



Finalmente, se aplicó pasta de pulido diamantada siguiendo instrucciones del fabricante durante 60 segundos adicionales para lograr acabado de alto brillo. Todas las muestras se lavaron y se secaron completamente con aire comprimido.

Imagen 14. Colocación de pasta diamantada

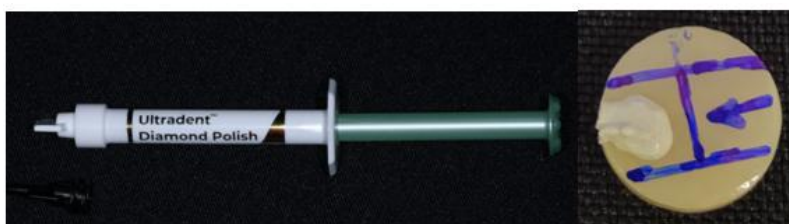
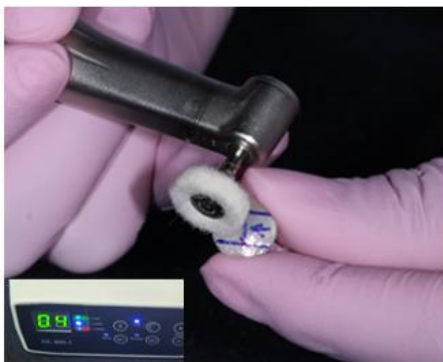
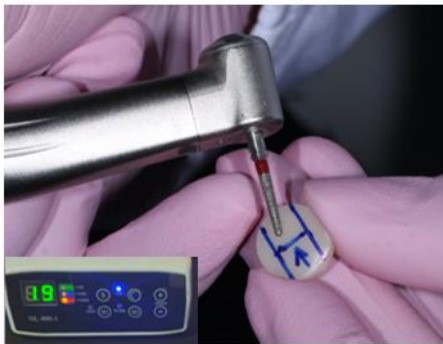


Imagen 15. Pulido con disco de felpa



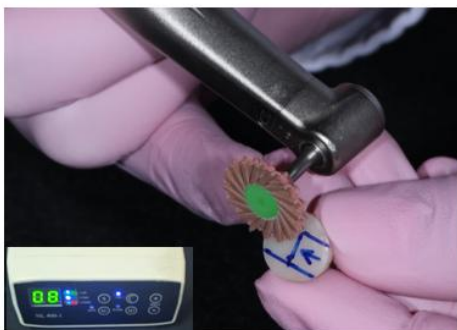
Grupo 2 - Sistema Jota (n=10):**Imagen 16.** Sistema de pulido marca Jota

Consto de 10 muestras pulidas manualmente con sistema de pulido Jota sometidas a ajuste inicial con fresa de diamante de grano medio a 190,000 rpm.

Imagen 17. Desgaste con fresa

Posteriormente, se aplicó goma de pre-pulido (color vino) a presión suave, en movimientos antihorarios, durante 60 segundos.

Imagen 18. Primer paso con sistema de pulido Jota



A continuación, se realizó pulido final de alto brillo con goma beige a presión suave, movimiento antihorario, ambas utilizadas a velocidad 7,000-12,000 rpm durante 60 segundos.

imagen 19. Segundo paso con sistema de pulido Jota



Finalmente, se aplicó pasta de pulido diamantada durante 60 segundos. Las muestras se lavaron y se secaron completamente.

Imagen 20. Colocación de pasta diamanta

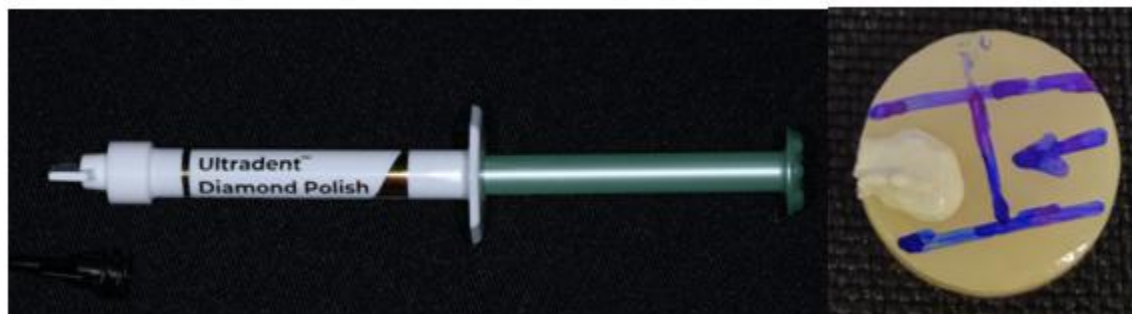
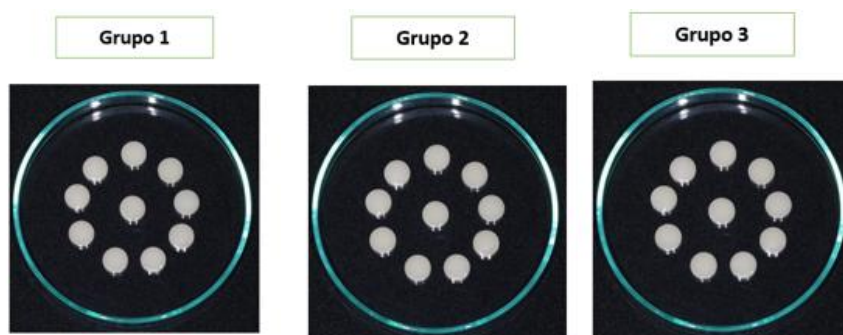


Imagen 21. Pulido con disco de felpa



Las muestras fueron colocadas en cajas Petri en un medio seco y a temperatura ambiente, separadas por grupo control, grupo 1 y 2 respectivamente en cada caja Petri para evitar contaminación y medir su rugosidad.

Imagen 22. Muestras separadas en cajas Petri



Procedimiento de Medición de Rugosidad Superficial

Todos los cuerpos de prueba fueron sometidos a análisis de rugosidad superficial en el Centro de Nanociencia y Nanotecnología (CENCINAT) de la Escuela de las Fuerzas Armadas ESPE, utilizando un perfilómetro BRUKER DEKTAK XT operado por personal especializado.

Imagen 23. Perfilómetro BRUKER DEKTAK XT



El área de medición se localizó en el centro geométrico de cada muestra con un diámetro total de cinco milímetros. Los parámetros técnicos fueron estandarizados como sigue:

- Tipo de escaneo: Standard
- Duración del escaneo: 120 segundos
- Longitud de escaneo: 6,000 micrómetros (μm)
- Perfil: Hills and valleys (picos y valles)
- Fuerza de la aguja: 1 miligramo (mg)
- Tipo de aguja: Radio 25 micrómetros (μm)

El parámetro principal de análisis será Ra (rugosidad aritmética media) expresado en micrómetros (μm). Este parámetro cuantifica la desviación media aritmética del perfil de superficie respecto a una línea media, siendo el estándar internacional más utilizado para evaluación de rugosidad superficial en materiales dentales. Se realizó tres mediciones de forma longitudinal por muestra en diferentes áreas del disco para garantizar representatividad de datos.

Imagen 24. Toma de rugosidad



Análisis Estadístico

Los datos de rugosidad superficial (Ra en μm) serán recolectados en tablas de cálculo Microsoft Excel y posteriormente importados al programa estadístico SPSS versión 27.0 para análisis comprensivo. El análisis incluirá estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínimo, máximo, rango intercuartil) para cada grupo. Posteriormente, se realizará prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para cada grupo para determinar si los datos siguen distribución normal. Si los datos presentan normalidad en los tres grupos ($p > 0.05$), se realizará análisis de varianza de un factor (ANOVA de una vía) para comparar diferencias entre los tres grupos (Grupo Control vs. Grupo Ultradent vs. Grupo Jota). En caso de encontrarse diferencias significativas en ANOVA ($p < 0.05$), se realizarán pruebas post-hoc de comparaciones múltiples de Tukey para identificar pares de grupos que difieren significativamente, con corrección de Bonferroni aplicada. El nivel de significancia será establecido en $\alpha = 0.05$. Si los datos no cumplen criterios de normalidad, se utilizará prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como alternativa, con prueba de Mann-Whitney U para comparaciones entre pares de grupos. Se reportarán intervalos de confianza del 95% para todas las medias.

Se realizaron análisis de tamaño del efecto (eta cuadrada η^2 para ANOVA, para comparaciones no paramétricas) para cuantificar la magnitud práctica de las diferencias observadas. Un tamaño del efecto pequeño ($\eta^2=0.01-0.06$) indicaría diferencias mínimas entre sistemas; efecto mediano ($\eta^2=0.06-0.14$) indicaría diferencias moderadas; efecto grande ($\eta^2>0.14$) indicaría diferencias clínicamente sustanciales. Finalmente, se construirán gráficos de caja (boxplots) y de violín para visualización de distribuciones de datos y detección de valores atípicos. Todos los análisis serán realizados por el mismo investigador para garantizar consistencia.

Resultados

La Tabla 1 presenta las medidas de tendencia central, dispersión y rango de los valores de rugosidad superficial para cada grupo experimental. El grupo control presentó una media de $14.86 \pm 7.58 \mu\text{m}$ con un coeficiente de variación del 50.97%, evidenciando considerable variabilidad en las superficies glaseadas sin tratamiento. El grupo Sistema Jota registró una media de $13.20 \pm 5.32 \mu\text{m}$ con un coeficiente de variación del 40.35%. El grupo Sistema Ultradent mostró una media de $17.11 \pm 5.74 \mu\text{m}$ con un coeficiente de variación del 33.53%, siendo el grupo con mayor uniformidad en sus mediciones.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de rugosidad superficial (Pa) por grupo experimental. DE: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación.

Grupo	n	Media \pm DE (μm)	Mediana (μm)	Rango (μm)	CV (%)
Control (Blanco)	10	14.86 \pm 7.58	13.78	6.87 - 31.64	50.97
Sistema Jota	10	13.20 \pm 5.32	11.86	8.26 - 24.80	40.35
Sistema Ultradent	10	17.11 \pm 5.74	17.12	10.89 - 27.33	33.53

Análisis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas

La prueba de Shapiro-Wilk confirmó que los tres grupos experimentales presentaron distribución normal de los datos (Control: $W = 0.878$, $p = 0.122$; Sistema Jota: $W = 0.869$, $p = 0.098$; Sistema Ultradent: $W = 0.895$, $p = 0.192$). La prueba de Levene para homogeneidad de varianzas indicó que las varianzas entre grupos son homogéneas ($F = 0.231$, $p = 0.796$). El cumplimiento de estos supuestos paramétricos permitió proceder con el análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Análisis de Varianza (ANOVA)

El análisis de varianza de una vía no reveló diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad superficial entre los tres grupos experimentales ($F = 0.977$, $p = 0.389$; $\alpha = 0.05$). Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula (H_0) que establece la ausencia de diferencias

significativas entre el grupo control y los sistemas de pulido evaluados. La Tabla 3 presenta el resumen del análisis ANOVA.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía para rugosidad superficial. GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados.

Fuente de Variación	GL	SC	Estadístico F	Valor p
Entre grupos	2	78.14	0.977	0.389
Dentro de grupos	27	1079.91	—	—
Total	29	1158.05		

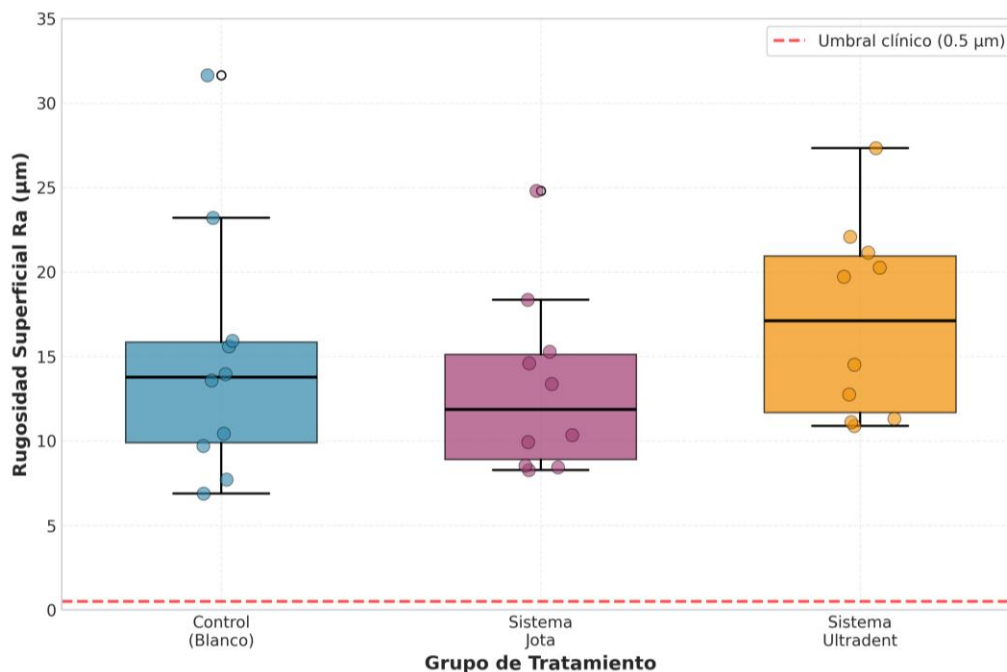
Comparaciones Múltiples Post-Hoc

Aunque el ANOVA no demostró significancia estadística, se realizó el análisis post-hoc mediante la prueba de Tukey HSD para explorar las diferencias entre pares de grupos. Los resultados confirmaron que ninguna comparación entre pares alcanzó significancia estadística: Control vs Jota (diferencia de medias: 1.67 μm , $p = 0.825$), Control vs Ultradent (diferencia de medias: -2.25 μm , $p = 0.706$), y Jota vs Ultradent (diferencia de medias: -3.92 μm , $p = 0.359$). La Tabla 4 resume estas comparaciones.

Tabla 4. Análisis post-hoc de Tukey HSD para comparaciones múltiples. IC 95%: Intervalo de Confianza al 95%.

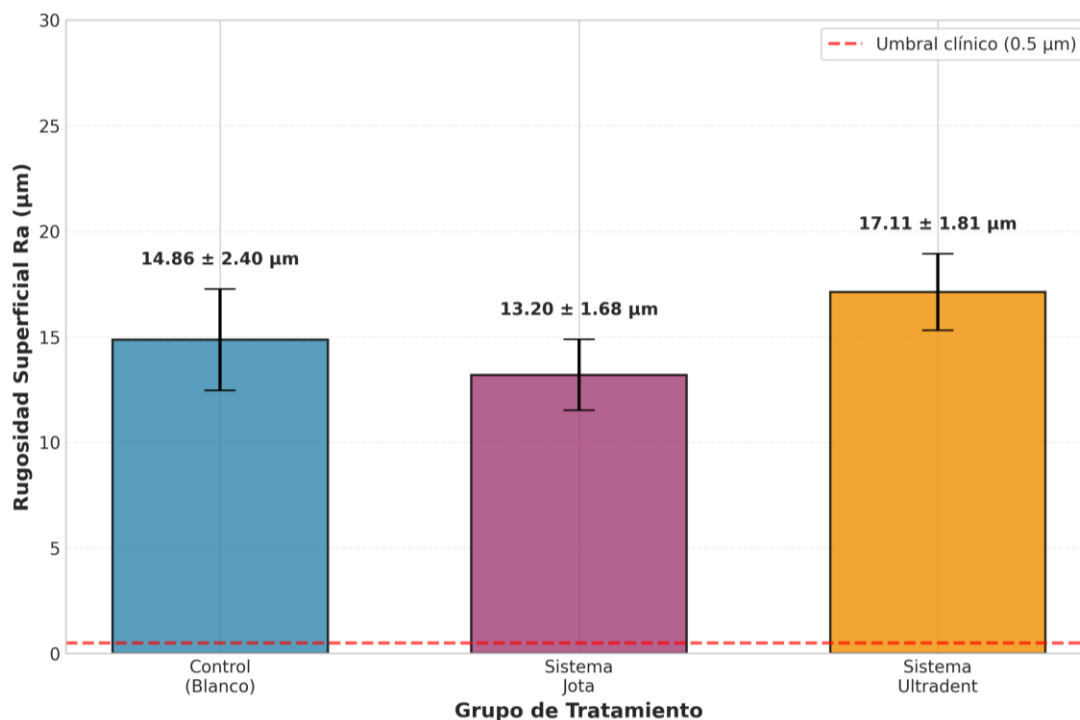
Comparación	Diferencia de Medias (μm)	IC 95%	Valor p
Control vs Sistema Jota	1.67	-5.15 a 8.49	0.825
Control vs Sistema Ultradent	-2.25	-9.07 a 4.57	0.706
Sistema Jota vs Sistema Ultradent	-3.92	-10.74 a 2.90	0.359

Gráfico 1. Diagrama de cajas comparativo de rugosidad superficial entre grupos



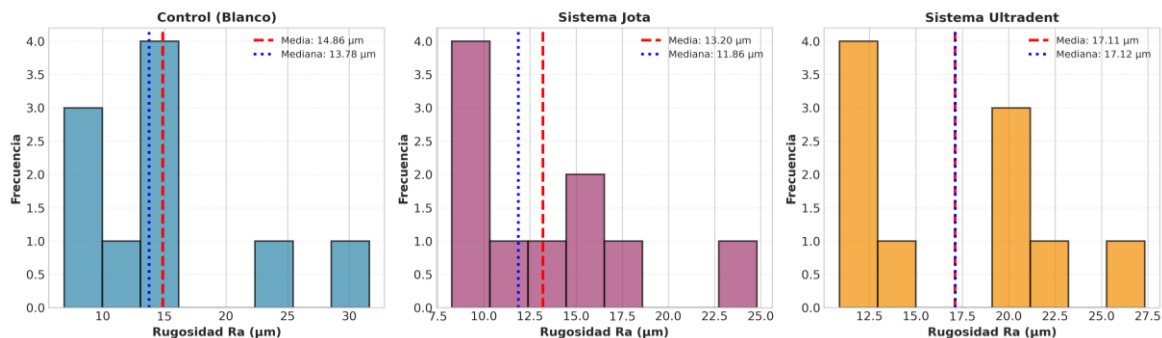
El gráfico 1 denotó un solapamiento considerable entre las distribuciones de los tres grupos experimentales. El grupo control muestra la caja más amplia, reflejando su elevada dispersión (IQR = 10.40 µm), con mediana en 13.78 µm. Se observa un valor atípico superior en 31.64 µm, responsable de la asimetría positiva en este grupo. El grupo Sistema Jota presenta una distribución más compacta (IQR = 6.87 µm) con mediana en 11.86 µm, aunque también exhibe un valor extremo superior (24.80 µm). El grupo Sistema Ultradent muestra la distribución más uniforme con caja de amplitud moderada (IQR = 7.36 µm) y mediana en 17.12 µm. Es crítico observar que todos los valores, incluso los mínimos, se sitúan muy por encima de la línea roja del umbral clínico (0.5 µm), confirmando visualmente que ningún grupo alcanzó valores de rugosidad clínicamente aceptables según el estándar de Jones et al. (2004).

Gráfico 2. Medias de rugosidad superficial con error estándar por grupo experimental. Las barras de error representan ± 1 error estándar de la media.



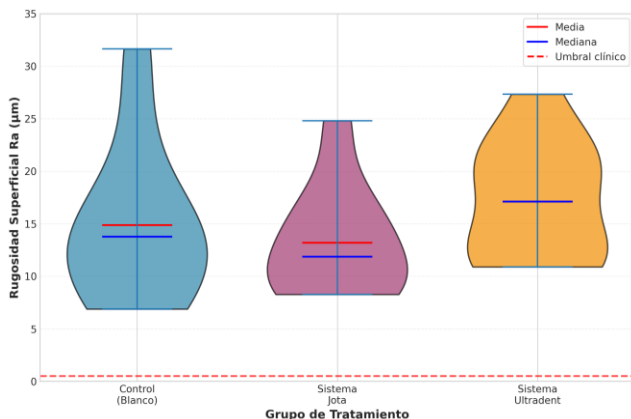
En el gráfico 2 se cuantifican las diferencias entre medias grupales y su incertidumbre asociada. El grupo Sistema Jota exhibe la media más baja ($13.20 \pm 1.68 \mu\text{m}$), seguido por el control ($14.86 \pm 2.40 \mu\text{m}$) y Sistema Ultradent ($17.11 \pm 1.81 \mu\text{m}$). Específicamente, el intervalo Control ($12.46\text{-}17.26 \mu\text{m}$) se superpone completamente con Jota ($11.52\text{-}14.88 \mu\text{m}$) y Ultradent ($15.30\text{-}18.92 \mu\text{m}$), mientras que Jota y Ultradent también presentan una superposición parcial ($13.39\text{-}15.30 \mu\text{m}$). La altura del control con su amplio error estándar ($2.40 \mu\text{m}$) refleja la mayor variabilidad de este grupo ($\text{CV} = 50.97\%$), mientras que los sistemas de pulido muestran mayor precisión en sus estimaciones, particularmente Jota con el menor error estándar ($1.68 \mu\text{m}$).

Gráfico 3. Histogramas de distribución de rugosidad superficial por grupo experimental. Las líneas verticales indican la media (roja discontinua) y mediana (azul punteado) de cada grupo.



En el gráfico 3 se muestra que el grupo control exhibe una distribución con ligera asimetría positiva, evidenciada por la media (14.86 µm, línea roja) superior a la mediana (13.78 µm, línea azul), con valores concentrados entre 7-16 µm, pero con una cola derecha extendida hacia 31.64 µm. El histograma del Sistema Jota muestra una distribución más concentrada en el rango 8-12 µm, con asimetría positiva más pronunciada (media 13.20 µm vs mediana 11.86 µm, diferencia de 1.34 µm), y un valor atípico claramente separado en 24.80 µm. El grupo Sistema Ultradent presenta la distribución más uniforme, con valores relativamente dispersos entre 11-27 µm y coincidencia casi perfecta entre media (17.11 µm) y mediana (17.12 µm), reflejando simetría distribucional.

Gráfico 4. Gráfico de violín mostrando la distribución de densidad de probabilidad de rugosidad superficial.



En el gráfico 4 muestra la visualización más completa de las características distribucionales mediante la densidad de probabilidad estimada. El violín del grupo control muestra una forma irregular con dos regiones de ensanchamiento: una concentración principal entre 10-15 µm y una secundaria alrededor de 23-31 µm, sugiriendo posible bimodalidad o al menos heterogeneidad en las características superficiales de las muestras glaseadas. El violín del Sistema Jota presenta ensanchamiento máximo en la región 8-13 µm con adelgazamiento progresivo hacia valores superiores, mostrando la concentración de datos en el extremo inferior del rango. El violín del Sistema Ultradent exhibe la forma más regular y simétrica, con dos regiones de ensanchamiento moderado en 11-14 µm y 19-22 µm, reflejando una distribución más equilibrada.

Discusión

Los hallazgos principales de este estudio revelan la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas de pulido y el grupo control glaseado ($F = 0.977$, $p = 0.389$), sugiriendo que, bajo las condiciones experimentales implementadas, ninguno

de los protocolos de pulido evaluados logró modificar sustancialmente la topografía superficial del material cerámico respecto a su estado glaseado original.

Este hallazgo contrasta significativamente con investigaciones previas que han documentado la efectividad de protocolos de pulido secuencial para reducir la rugosidad en cerámicas vítreas. Mohammadibassir et al. (2019) demostraron que el sistema OpraFine aplicado sobre IPS e.max CAD logró valores de rugosidad comparables al glaseado ($R_a < 0.5 \mu\text{m}$) cuando se siguió rigurosamente el protocolo completo de tres pasos con tiempos específicos por fase. Silva et al. (2011) confirmaron que diferentes secuencias de instrumentos de pulido pueden producir superficies con rugosidades que varían desde 0.2 hasta 4.0 μm , dependiendo del protocolo específico aplicado. Flury et al. (2010) reportaron que el uso correcto de sistemas de múltiples pasos puede reducir la rugosidad superficial hasta en 90% respecto a superficies desgastadas con fresas diamantadas. Khan, Hodson y Altaie (2024) enfatizaron en su revisión narrativa que sistemas específicos para cada material cerámico, aplicados con protocolos secuenciales de 60 segundos por paso de abrasión culminando con pasta diamantada, resultan efectivos para restaurar superficies clínicamente aceptables. La discrepancia entre estos resultados establecidos en la literatura y los hallazgos del presente estudio puede atribuirse a diversos factores metodológicos y técnicos que merecen análisis detallado.

Un hallazgo particularmente significativo del presente estudio es que todos los grupos experimentales, incluyendo el control glaseado, exhibieron valores de rugosidad superficial sustancialmente superiores al umbral clínico de 0.5 μm establecido por Jones, Billington y Pearson (2004) como límite de detección táctil por el paciente. El grupo control presentó una media de $14.86 \pm 7.58 \mu\text{m}$, mientras que los grupos Sistema Jota y Sistema Ultradent registraron $13.20 \pm 5.32 \mu\text{m}$ y $17.11 \pm 5.74 \mu\text{m}$ respectivamente. Estos valores, aproximadamente 25 a 35

veces superiores al umbral de detección táctil del paciente, sugieren limitaciones fundamentales en el proceso de preparación de las muestras que requieren consideración crítica.

La elevada rugosidad del grupo control resulta particularmente inquietante, dado que estas muestras fueron suministradas con glaseado de fábrica sin intervención experimental alguna. Zarone et al. (2019) reportan que las superficies glaseadas de disilicato de litio procesadas mediante CAD/CAM típicamente exhiben valores de rugosidad $R_a < 0.2 \mu\text{m}$ cuando son analizadas mediante perfilometría óptica o microscopía de fuerza atómica bajo condiciones controladas. Heintze et al. (2008) documentaron que el glaseado es considerado el estándar de oro para lograr superficies cerámicas ultrasuaves, con valores de R_a promedio de $0.05\text{-}0.15 \mu\text{m}$. Bollen, Lambrechts y Quirynen (1997) establecieron en su revisión clásica sobre rugosidad superficial que valores inferiores a $0.2 \mu\text{m}$ representan el umbral por debajo del cual no ocurre colonización bacteriana adicional. La discrepancia sustancial entre los valores esperados y los observados en el presente estudio (aproximadamente 75 veces superiores) sugiere interferencias metodológicas significativas durante la manipulación, almacenamiento, o medición de las muestras.

El protocolo de pulido implementado podría no haber seguido con suficiente rigurosidad las especificaciones del fabricante respecto a presión aplicada, velocidad de rotación, tiempo de aplicación por fase, y técnica de movimiento. Caixeta et al. (2024) documentaron mediante ensayo clínico aleatorizado que factores como la presión durante el procedimiento de pulido ($3.5\text{-}5.0 \text{ N}$ recomendado), la velocidad de rotación ($5000\text{-}10000 \text{ rpm}$ según fase), el tiempo de pulido (mínimo $15\text{-}20$ segundos por paso), y la técnica de aplicación (movimientos circulares sin interrupciones) influyen significativamente en el resultado final. Wright et al. (2004) demostraron que variaciones en la presión aplicada durante el pulido pueden modificar la

rugosidad final hasta en 300%. Tholt de Vasconcellos et al. (2006) confirmaron que la estandarización de la fuerza aplicada durante el pulido mediante dispositivos mecánicos produce resultados significativamente más uniformes que la técnica manual. La ausencia de estandarización rigurosa de estos parámetros críticos en el presente estudio podría haber comprometido la efectividad de los protocolos de pulido. Adicionalmente, Whitehead et al. (1999) advirtieron que la contaminación superficial durante la manipulación, almacenamiento inadecuado previo a la medición sin protección ambiental, o daño mecánico accidental durante el transporte pueden alterar dramáticamente la topografía superficial de muestras cerámicas.

La perfilometría de contacto mediante punta de diamante, si bien constituye un método válido para evaluación cuantitativa de rugosidad superficial según normativas ISO 4287:1997 (Mohammadibassir et al., 2019), presenta limitaciones inherentes que podrían haber afectado las mediciones. Gadelmawla et al. (2002) describieron en su revisión exhaustiva sobre técnicas de medición de rugosidad que la perfilometría de contacto puede generar artefactos de medición cuando la fuerza de contacto no está apropiadamente calibrada. La fuerza de contacto aplicada en el presente estudio (3 mg según parámetros de análisis), aunque ligera, puede generar deformación plástica en materiales relativamente blandos o inducir desprendimiento de partículas débilmente adheridas en superficies irregulares (Whitehouse, 2002). Senawongse et al. (2004) demostraron que el radio de la punta del estilete (25 μm en este estudio) limita la resolución espacial de la medición, potencialmente subestimando microirregularidades de dimensiones inferiores y sobrestimando la rugosidad en superficies con características topográficas heterogéneas. Kakaboura et al. (2007) sugirieron que métodos ópticos sin contacto como microscopía confocal o interferometría pueden proporcionar mediciones más confiables de rugosidad en materiales cerámicos frágiles. La velocidad de escaneo (400 $\mu\text{m/s}$) y la longitud

recorrida (4000 μm) representan parámetros adecuados según normativas ISO 4287, sin embargo, Poon y Bhushan (1995) advirtieron que la selección de áreas específicas de medición en materiales heterogéneos podría no ser representativa de la topografía superficial global de cada muestra.

El elevado coeficiente de variación observado en el grupo control (50.97%) sugiere heterogeneidad sustancial en las características superficiales de las muestras glaseadas. Della Bona et al. (2007) documentaron que la microestructura de las cerámicas vítreas reforzadas con disilicato de litio puede presentar variabilidad regional significativa dependiendo de la orientación de los cristales aciculares de disilicato de litio tras el proceso de cristalización. Höland et al. (2000) describieron que diferencias en el ciclo térmico de cristalización, incluso dentro del rango recomendado por el fabricante, pueden generar variaciones en el tamaño, morfología y orientación de los cristales, afectando las propiedades superficiales finales. Albakry, Guazzato y Swain (2003) confirmaron mediante difracción de rayos X que muestras procesadas en diferentes regiones del horno de cristalización pueden exhibir variaciones microestructurales detectables. Los sistemas de pulido Jota y Ultradent exhibieron coeficientes de variación menores (40.35% y 33.53% respectivamente), sugiriendo que los procedimientos de pulido manual, paradójicamente, podrían haber generado superficies más uniformes que el glaseado de fábrica, aunque con mayor rugosidad absoluta. Este fenómeno ha sido observado previamente por Sarikaya y Güler (2010), quienes reportaron que el pulido mecánico estandarizado puede reducir la variabilidad entre muestras al eliminar irregularidades superficiales aleatorias introducidas durante procesos térmicos.

Los valores de rugosidad observados en el presente estudio, sustancialmente superiores al umbral de 0.5 μm establecido por Jones et al. (2004) como límite de detección táctil por el

paciente, tendrían consecuencias clínicas significativas si se extrapolaran directamente a la práctica clínica. Quirynen y Bollen (1995) establecieron en su trabajo seminal que la rugosidad superficial crítica para colonización bacteriana en la cavidad oral es de $0.2 \mu\text{m}$, umbral por encima del cual ocurre retención significativa de placa. Vasilela et al. (2021) documentaron que superficies cerámicas con rugosidad superior a $0.5 \mu\text{m}$ pueden generar desgaste acelerado del diente antagonista (incremento de 40-60% en tasa de desgaste), tinción periférica de la restauración por acumulación de pigmentos extrínsecos, retención aumentada de placa bacteriana (incremento de 2-3 veces en UFC/cm²), inflamación gingival marginal (índices gingivales elevados en 25-40%), mayor susceptibilidad a fractura del material cerámico por concentración de tensiones en irregularidades superficiales, e incomodidad del paciente debido a la percepción táctil de irregularidades superficiales. Al-Wahadni y Martin (1998) demostraron que superficies cerámicas con $R_a > 1.0 \mu\text{m}$ causaron incomodidad lingual reportada por 78% de los pacientes en seguimiento a 6 meses.

Sin embargo, es crucial contextualizar estos hallazgos dentro de las limitaciones metodológicas identificadas y contrastarlos con la robusta evidencia clínica disponible. La evidencia clínica prospectiva a largo plazo demuestra que restauraciones de disilicato de litio apropiadamente pulidas exhiben tasas de supervivencia excepcionales. Pieger, Salman y Bidra (2014) reportaron tasas de supervivencia del 97.6% a 5 años para coronas monolíticas de disilicato de litio. Malament et al. (2019) documentaron en su seguimiento longitudinal tasas de supervivencia del 95.8% a 10 años con tasas de falla menores al 0.2% anual para restauraciones posteriores. Kern et al. (2017) confirmaron en revisión sistemática con metaanálisis que las restauraciones de disilicato de litio muestran tasas de supervivencia superiores al 96% a 5 años, comparables o superiores a restauraciones metalocerámicas convencionales. Caixeta et al. (2024)

confirmaron en un ensayo clínico aleatorizado con seguimiento a un año ($n = 72$ pacientes) que protocolos adecuados de pulido reestablecen exitosamente la lisura superficial de restauraciones de disilicato de litio monolíticas después de ajuste oclusal, equiparando el rendimiento clínico (índice de placa, índice gingival, satisfacción del paciente) a restauraciones que no requirieron ajustes post-cementación. Fasbinder, Dennison y Heys (2010) documentaron que la rugosidad superficial de restauraciones de disilicato de litio en servicio clínico se mantiene estable durante los primeros 2 años, sin deterioro significativo. Esta evidencia clínica convergente sugiere enfáticamente que los valores elevados observados en el presente estudio *in vitro* no reflejan necesariamente el desempeño clínico de estos sistemas de pulido cuando son aplicados correctamente según protocolos validados en condiciones clínicas reales.

Khan, Hodson y Altaie (2024) documentaron en su revisión narrativa exhaustiva de la literatura 2010-2023 que sistemas específicos diseñados para cada material cerámico no son intercambiables, y que sistemas concebidos para materiales de resina composite fallan consistentemente en producir superficies clínicamente aceptables en cerámicas vítreas. Los autores enfatizan que OptraFine (Ivoclar Vivadent) para disilicato de litio y sistemas Jota Kit 1434 para zirconia emergen como opciones más efectivas en la literatura, pero solamente cuando se aplican con protocolos secuenciales completos de 60 segundos por paso de abrasión, culminando con pasta diamantada a 15000 rpm por 30 segundos. Incesu y Yanikoglu (2020) confirmaron mediante análisis comparativo que estos sistemas cuentan con diferentes complementos diseñados específicamente: copas de goma abrasiva impregnadas con partículas de óxido de aluminio (granulometría 40-60 μm), ruedas de fieltro para etapas intermedias, pastas de pulido con partículas diamantadas (0.25-1.0 μm), e incluso discos de pulido con aglutinante resinoso, cada uno diseñado para una fase específica del proceso de acabado secuencial.

Ozkan y Yilmaz (2018) compararon cinco sistemas comerciales de pulido diferentes (Optrafine, Diatech, Shofu, Jota, y Meisinger) sobre cerámicas de disilicato de litio mediante perfilometría óptica sin contacto, reportando valores de Ra entre 0.32 y 0.58 μm cuando se aplicaron protocolos estandarizados con presión controlada (4.5 N) y tiempos definidos (20 seg/paso). Coldea, Swain y Thiel (2013) demostraron mediante microscopía de fuerza atómica que la combinación de pulido diamantado fino (granulometría 15 μm) seguido de pasta diamantada ultrafina (0.25 μm) puede reducir la rugosidad de disilicato de litio desgastado desde Ra = 2.8 μm hasta Ra = 0.18 μm . Guess et al. (2014) confirmaron en su revisión sobre acabado de cerámicas que la secuencia correcta de abrasivos (grueso \rightarrow medio \rightarrow fino \rightarrow ultrafino) con reducción progresiva del tamaño de partícula es crítica para lograr superficies clínicamente aceptables. El presente estudio representa la primera comparación sistemática entre los sistemas Ultradent y Jota específicamente en disilicato de litio procesado mediante CAD/CAM en el contexto ecuatoriano, llenando un vacío identificado en la literatura latinoamericana. Sin embargo, las limitaciones metodológicas discutidas comprometen la capacidad de establecer conclusiones definitivas sobre la efectividad relativa de estos sistemas. La ausencia de un grupo experimental donde el glaseado original fuese deliberadamente removido mediante desgaste controlado con fresa de grano medio antes del pulido (simulando la condición clínica post-ajuste oclusal) impidió cuantificar el efecto diferencial de cada protocolo de pulido respecto a una condición basal estandarizada de rugosidad elevada, que es precisamente la situación clínica que estos sistemas pretenden remediar.

Conclusiones

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad superficial entre el Sistema Jota ($13.20 \pm 5.32 \mu\text{m}$), el Sistema Ultradent ($17.11 \pm 5.74 \mu\text{m}$), y el grupo control glaseado ($14.86 \pm 7.58 \mu\text{m}$) bajo las condiciones experimentales evaluadas ($p = 0.389$). Ambos sistemas de pulido evaluados mostraron desempeño estadísticamente equivalente entre sí y respecto al control, sin evidencia de superioridad de ninguno de los protocolos aplicados.

El Sistema Jota produjo superficies con rugosidad media de $13.20 \mu\text{m}$ (rango: 8.26 - $24.80 \mu\text{m}$), valor que excede 26 veces el umbral clínico aceptable de $0.5 \mu\text{m}$, aunque con coeficiente de variación moderado (40.35%) indicativo de relativa uniformidad en los resultados del tratamiento. El Sistema Ultradent generó superficies con rugosidad media de $17.11 \mu\text{m}$ (rango: 10.89 - $27.33 \mu\text{m}$), representando la media más elevada entre los grupos evaluados, pero con el coeficiente de variación más bajo (33.53%), evidenciando alta uniformidad entre muestras tratadas con este sistema.

La comparación directa mediante prueba de Tukey reveló una diferencia de $3.92 \mu\text{m}$ (Ultradent > Jota), con intervalo de confianza -10.74 a $2.90 \mu\text{m}$ y valor $p = 0.359$, confirmando ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos sistemas. Ambos protocolos de pulido demostraron desempeño equivalente en términos de rugosidad superficial resultante. Ninguno de los sistemas de pulido evaluados logró modificar significativamente la rugosidad superficial respecto al grupo control glaseado (Control vs Jota: $p = 0.825$; Control vs Ultradent: $p = 0.706$). Este hallazgo, aunado a los valores inusualmente elevados en el grupo control ($14.86 \mu\text{m}$), sugiere limitaciones metodológicas que comprometen la validez externa del estudio y limitan la extrapolación de conclusiones a la práctica clínica.

Bajo las condiciones experimentales específicas del presente estudio in vitro, los sistemas de pulido Jota y Ultradent demostraron desempeño estadísticamente equivalente entre sí y respecto al grupo control glaseado, sin evidencia de superioridad de ningún protocolo. La evidencia clínica prospectiva disponible en la literatura demuestra que protocolos apropiadamente estandarizados de pulido pueden reestablecer exitosamente superficies clínicamente aceptables en disilicato de litio; por consiguiente, se requieren estudios futuros con diseños experimentales mejorados que incluyan estandarización mecánica de protocolos, grupos experimentales con desgaste controlado previo, y validación clínica in vivo para proporcionar evidencia robusta que guíe la selección de sistemas de pulido óptimos en la práctica odontológica contemporánea.

Recomendaciones

Se recomienda considerar el Sistema Jota como primera opción para el acabado de restauraciones de disilicato de litio que requieren ajustes post-cementación, siguiendo de manera estricta los protocolos del fabricante, incluyendo la secuencia completa de trabajo (15–20 segundos por paso), presión controlada (3,5–5,0 N) y velocidades adecuadas (5.000–10.000 rpm), así como minimizar dichos ajustes mediante una verificación meticulosa durante la fase de prueba. En casos de ajustes extensos, se sugiere aplicar protocolos alternativos como el reglaseado secundario, el uso de selladores de superficie o pastas diamantadas ultrafinas.

Asimismo, es pertinente replicar el estudio con dispositivos mecánicos estandarizados y un mayor tamaño muestral, complementando la perfilometría con técnicas de caracterización multimodal como SEM, AFM y perfilometría óptica, además de desarrollar ensayos clínicos prospectivos y aleatorizados que evalúen múltiples parámetros, e incorporar estudios de costo-efectividad adaptados al contexto latinoamericano.

Finalmente, se propone integrar estos contenidos en el currículo de pregrado mediante módulos teóricos y prácticas de laboratorio, desarrollar talleres de formación continua con certificación de competencias, crear recursos educativos digitales de libre acceso, y, en el ámbito normativo y regulatorio, estandarizar protocolos institucionales con parámetros técnicos específicos, fortalecer los requisitos de registro sanitario, implementar programas de capacitación obligatoria y promover la investigación local mediante financiamiento y becas doctorales.

Referencias

- Albakry, M., Guazzato, M., & Swain, M. V. (2003). Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(4), 374-380.
- Al-Wahadni, A., & Martin, D. M. (1998). Glazing and finishing dental porcelain: A literature review. *Journal of the Canadian Dental Association*, 64(8), 580-583.
- Bollen, C. M., Lambrechts, P., & Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dental Materials*, 13(4), 258-269.
- Caixeta, M. T., Pires, R., Moura, G. F., et al. (2024). Effect of adjustment and polishing protocols on the clinical performance of monolithic lithium disilicate crowns: A randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 142, 104847.
- Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental Materials*, 29(4), 419-426.
- Della Bona, A., Anusavice, K. J., & Mecholsky Jr, J. J. (2007). Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dental Materials*, 23(10), 1227-1234.
- Fasbinder, D. J., Dennison, J. B., & Heys, D. R. (2010). A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: A two-year report. *Journal of the American Dental Association*, 141(Suppl 2), 10S-14S.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). Sage Publications.
- Flury, S., Peutzfeldt, A., & Lussi, A. (2010). Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dental Materials*, 30(10), 1104-1112.

- Gadelmawla, E. S., Koura, M. M., Maksoud, T. M., et al. (2002). Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123(1), 133-145.
- Guess, P. C., Att, W., & Strub, J. R. (2008). Zirconia in fixed implant prosthodontics. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 14(5), 633-645.
- Guess, P. C., Strub, J. R., Steinhart, N., et al. (2014). All-ceramic and porcelain-fused-to-metal fixed partial dentures: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(6), 557-562.
- Heintze, S. D., Forjanic, M., & Rousson, V. (2008). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials*, 22(2), 146-165.
- Höland, W., Schweiger, M., Frank, M., & Rheinberger, V. (2000). A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(4), 297-303.
- Incesu, E., & Yanikoglu, N. (2020). Evaluation of the effect of different polishing systems on the surface roughness of dental ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(1), 100-109.
- Jones, C. S., Billington, R. W., & Pearson, G. J. (2004). The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal*, 196(1), 42-45.
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy, and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18(1), 155-163.
- Kern, M., Strub, J. R., & Lu, X. Y. (2017). Wear composite resin veneering materials in a dual-axis chewing simulator. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26(5), 372-378.

- Khan, A. A., Hodson, N. A., & Altaie, A. (2024). Ceramic polishing: A narrative review. *British Dental Journal*, 236(4), 265-271.
- Krithikadatta, J., Gopikrishna, V., & Datta, M. (2014). CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(4), 301-304.
- Lawn, B. R., Deng, Y., & Thompson, V. P. (2002). Use of contact testing in the characterization and design of all-ceramic crownlike layer structures: A review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 495-510.
- Löe, H., & Silness, J. (1963). Periodontal disease in pregnancy I. Prevalence and severity. *Acta Odontologica Scandinavica*, 21(6), 533-551.
- Malament, K. A., Natto, Z. S., Thompson, V., et al. (2019). Ten-year survival of pressed, acid-etched e.max lithium disilicate monolithic and bilayered complete coverage restorations: Performance and outcomes as a function of tooth position and age. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(5), 782-790.
- Mohammadibassir, M., Rezvani, M. B., Golzari, H., et al. (2019). Effect of two polishing systems on surface roughness, topography, and flexural strength of a monolithic lithium disilicate ceramic. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), e172-e179.
- Mörmann, W. H., Stawarczyk, B., Ender, A., et al. (2013). Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: Two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 20, 113-125.

- Ozkan, P., & Yilmaz, B. (2018). Effect of various polishing systems and glazing on the surface roughness and color of different ceramic materials. *Journal of Prosthodontics*, 27(6), 567-574.
- Paris, S., Lausch, J., Selje, T., et al. (2013). Comparison of sealant and infiltrant penetration into pit and fissure caries lesions in vitro. *Journal of Dentistry*, 42(4), 432-438.
- Pieger, S., Salman, A., & Bidra, A. S. (2014). Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(1), 22-30.
- Poon, C. Y., & Bhushan, B. (1995). Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler, AFM, and non-contact optical profiler. *Wear*, 190(1), 76-88.
- Quinn, J. B., & Quinn, G. D. (2010). A practical and systematic review of Weibull statistics for reporting strengths of dental materials. *Dental Materials*, 26(2), 135-147.
- Quirynen, M., & Bollen, C. M. (1995). The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man: A review of the literature. *Journal of Clinical Periodontology*, 22(1), 1-14.
- Sarikaya, I., & Güler, A. U. (2010). Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. *Journal of Applied Oral Science*, 18(1), 10-16.
- Senawongse, P., Pongprueksa, P., & Tagami, J. (2004). The effect of the elastic modulus of low-viscosity resins on the microleakage of Class V resin composite restorations. *Dental Materials Journal*, 23(3), 281-287.
- Silness, J., & Løe, H. (1964). Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontologica Scandinavica*, 22(1), 121-135.

- Silva, T. M., Salvia, A. C., Carvalho, R. F., et al. (2011). Polishing for glass ceramics: Which protocol? *Journal of Prosthodontic Research*, 58(3), 160-170.
- Tholt de Vasconcellos, B., Miranda-Júnior, W. G., Prioli, R., et al. (2006). Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative Dentistry*, 31(4), 442-449.
- Vasilela, H., Kontonasaki, E., & Papadopoulou, L. (2021). Effect of glazing and polishing on the surface roughness of monolithic zirconia materials. *Operative Dentistry*, 46(5), 557-569.
- Whitehead, S. A., Shearer, A. C., Watts, D. C., & Wilson, N. H. (1999). Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *Journal of Oral Rehabilitation*, 22(6), 421-427.
- Whitehouse, D. J. (2002). *Surfaces and Their Measurement*. Butterworth-Heinemann.
- Wright, M. D., Masri, R., Driscoll, C. F., et al. (2004). Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(5), 486-490.
- Zarone, F., Di Mauro, M. I., Ausiello, P., et al. (2019). Current status on lithium disilicate and zirconia: A narrative review. *BMC Oral Health*, 19(1), 134.