



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

INFLUENCIA DEL MATERIAL DE FÉRULA Y DEL MATERIAL
ANTAGONISTA SOBRE EL DESGASTE DE FÉRULAS OCLUSALES
FABRICADAS MEDIANTE TÉCNICA CONVENCIONAL, SUSTRACTIVA Y
ADITIVA

INFLUENCE OF SPLINT AND ANTAGONIST MATERIALS ON THE WEAR
RESISTANCE OF OCCLUSAL SPLINTS FABRICATED BY CONVENTIONAL,
SUBTRACTIVE AND ADDITIVE TECHNIQUES

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL

AUTORA

ADRIANA ALESSANDRA GALLO LAZARTE

ASESOR

ADRIANA RODRIGUEZ RIVA

LIMA – PERÚ

2026

ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO

Mg. Esp. Adriana Rodriguez Riva

Departamento Académico de Odontología Social

ORCID: 0000-0002-0716-9154

Fecha de aprobación: 25 de junio del 2026

Calificación: Aprobado

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara no tener ningún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La egresada:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	GALLO LAZARTE ADRIANA ALESSANDRA

Perteneciente al programa de **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL**, autor del trabajo titulado **INFLUENCIA DEL MATERIAL DE FÉRULA Y DEL MATERIAL ANTAGONISTA SOBRE EL DESGASTE DE FÉRULAS OCLUSALES FABRICADAS MEDIANTE TÉCNICA CONVENCIONAL, SUSTRACTIVA Y ADITIVA** el cual ha sido elaborado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL** bajo la modalidad de **TRABAJO ACADÉMICO**.

En calidad de docente asesor de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	RODRIGUEZ RIVA ADRIANA	ESTOMATOLOGÍA	ASESOR

Declaro que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **12%**, según el reporte emitido por el software Turnitin® (identificador de entrega: **trn:oid::1:3608166980**; fecha de entrega: **08-07-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 08 de Julio de 2026**

Firma del asesor
N° DNI: 44198631
ORCID: 0000-0002-0716-9154



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Materiales y métodos	5
IV. Resultados esperados	14
V. Conclusiones	16
VI. Referencias bibliográficas	17
VII. Presupuesto y cronograma	20
Anexos	

RESUMEN

Introducción: Las férulas oclusales son una alternativa terapéutica conservadora en el manejo de trastornos temporomandibulares y bruxismo. Las propiedades mecánicas de sus materiales influyen en su durabilidad y desempeño clínico. Actualmente se fabrican mediante técnicas convencionales, sustractiva y aditiva; sin embargo, la evidencia sobre su comportamiento al desgaste y la influencia del material antagonista sigue siendo limitada. **Objetivo:** Evaluar la influencia de distintos materiales antagonistas sobre el desgaste de férulas oclusales confeccionadas mediante técnica convencional, sustractiva y aditiva. **Materiales y métodos:** Se realizará un estudio experimental in vitro, prospectivo y comparativo con 81 especímenes de férula y 81 antagonistas distribuidos en nueve grupos experimentales. Se evaluarán férulas elaboradas con PMMA termopolimerizable convencional, PMMA fresado por CAD/CAM y resina para impresión 3D frente a esmalte humano, zirconia monolítica y resina compuesta nanorrellena. El desgaste será evaluado mediante el sistema block-on-ring y los datos se analizarán mediante ANOVA de dos vías y prueba post hoc de Tukey ($p < 0,05$). **Conclusión:** Este estudio permitirá determinar la influencia de distintos materiales antagonistas sobre el desgaste de férulas oclusales y aportar evidencia para la selección de materiales con mayor durabilidad clínica.

Palabras clave: Férulas Oclusales, Desgaste Dental, Diseño Asistido por Computadora, Impresión Tridimensional.

ABSTRACT

Introduction: Occlusal splints are a conservative therapeutic alternative in the management of temporomandibular disorders and bruxism. The mechanical properties of their materials influence their durability and clinical performance. Currently, they are manufactured using conventional, conventional, subtractive, and additive techniques; however, evidence regarding their wear behavior and the influence of antagonist materials remains limited. **Objective:** To evaluate the influence of different antagonist materials on the wear of occlusal splints fabricated using conventional, subtractive, and additive techniques. **Materials and methods:** An in vitro, prospective, and comparative experimental study will be conducted using 81 splint specimens and 81 antagonist specimens distributed into nine experimental groups. Splints made of conventional heat-cured PMMA, CAD/CAM-milled PMMA, and 3D-printing resin will be tested against human enamel, monolithic zirconia, and nanofilled composite resin. Wear will be evaluated using the block-on-ring system, and the data will be analyzed using two-way ANOVA and Tukey's post hoc test ($p < 0.05$). **Conclusion:** This study will determine the influence of different antagonist materials on the wear of occlusal splints and provide evidence for selecting materials with greater clinical durability.

Keywords: Occlusal Splints, Tooth Wear, Computer-Aided Design, Printing, Three-Dimensional.

I. INTRODUCCIÓN

Los trastornos temporomandibulares (TTM) comprenden un grupo de alteraciones que afectan la articulación temporomandibular, la musculatura masticatoria y las estructuras asociadas (1), constituyendo la segunda causa más frecuente de enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con dolor y limitación funcional (2). Su prevalencia oscila entre el 5 % y el 12 % de la población, siendo más frecuentes en mujeres y adultos jóvenes (3). Entre sus factores etiológicos se encuentra el bruxismo, una actividad muscular repetitiva caracterizada por el apretamiento o rechinar dentario durante el sueño o la vigilia (4), asociada con desgaste dental, movilidad dental, fracturas de restauraciones, hipertrofia muscular y dolor articular o muscular (4,5).

Las férulas oclusales constituyen una de las alternativas terapéuticas más conservadoras y utilizadas para el manejo de pacientes con TTM y bruxismo, debido a su capacidad para redistribuir las fuerzas oclusales, proteger las estructuras dentarias y favorecer la relajación neuromuscular (3,6). Asimismo, han demostrado efectividad en el control del dolor muscular y en la prevención del desgaste progresivo asociado a hábitos parafuncionales (7).

Actualmente, las férulas oclusales pueden fabricarse mediante técnica convencional, sustractiva y aditiva (8). La técnica convencional emplea principalmente resinas de polimetilmetacrilato (PMMA) termopolimerizadas, debido a su adecuada estabilidad dimensional, facilidad de ajuste clínico y resistencia mecánica. Sin embargo, estos materiales pueden presentar contracción durante la polimerización, porosidades

internas y presencia de monómero residual, factores que pueden afectar sus propiedades físicas y mecánicas (8,9).

La técnica sustractiva utiliza sistemas de diseño asistido por computadora y manufactura asistido por computadora (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing, CAD/CAM) mediante el fresado de bloques o discos de PMMA prepolimerizados (10,11). Debido a su fabricación industrial bajo condiciones controladas, estos materiales presentan una estructura más homogénea, menor contenido de monómero residual y mejores propiedades mecánicas en comparación con las resinas convencionales (12). Gibreel et al. reportaron que el PMMA prepolimerizado para fresado presentó mayor dureza superficial y mejor resistencia al desgaste que las resinas convencionales (12). De manera similar, Grymak et al. observaron una menor pérdida vertical y volumétrica en férulas fabricadas con PMMA fresado en comparación con materiales obtenidos por impresión tridimensional (13).

Por otro lado, la técnica aditiva se basa en la fabricación capa por capa mediante impresión tridimensional de resinas fotopolimerizables desarrolladas para férulas oclusales (8,14,15). Entre sus ventajas destacan la rapidez de fabricación, el menor desperdicio de material y la posibilidad de reproducir digitalmente los dispositivos (8,15). Sin embargo, factores como la orientación de impresión y los protocolos de postcurado pueden influir en sus propiedades mecánicas (14,15). Estudios recientes han reportado que los materiales impresos presentan menor dureza superficial y resistencia al desgaste en comparación con los materiales fresados mediante CAD/CAM (13,15,16), además de mostrar limitaciones en su estabilidad mecánica cuando son sometidos a cargas repetitivas (16).

La resistencia al desgaste constituye una propiedad fundamental para la durabilidad clínica de las férulas oclusales, ya que la pérdida progresiva de material ocasionada por contactos repetitivos puede alterar la estabilidad oclusal, favorecer la formación de facetas de desgaste y disminuir la vida útil del dispositivo (17). Además del material de férula, el desgaste puede verse influenciado por el material antagonista. En condiciones clínicas, las férulas pueden contactar con esmalte dental o materiales restauradores como zirconia monolítica y resinas compuestas, cuyas propiedades mecánicas y superficiales influyen directamente en el comportamiento al desgaste (18,19).

Por ello, el objetivo del presente estudio in vitro será evaluar el desgaste de tres materiales para férulas oclusales en combinación con tres tipos de materiales antagonistas, respondiendo a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la influencia del material de férula y del material antagonista sobre el desgaste de férulas oclusales fabricadas mediante técnicas convencional, sustractiva y aditiva?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la influencia de distintos materiales antagonistas sobre el desgaste de férulas oclusales confeccionadas mediante técnicas convencional, sustractiva y aditiva.

Objetivos específicos

1. Comparar el desgaste entre los tres materiales de férula cuando son sometidos a antagonistas de esmalte.
2. Comparar el desgaste entre los tres materiales de férula cuando son sometidos a antagonistas de zirconia.
3. Comparar el desgaste entre los tres materiales de férula cuando son sometidos a antagonistas de resina compuesta.
4. Evaluar la influencia del tipo de antagonista sobre cada material de férula.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

El presente estudio será de tipo experimental in vitro, prospectivo y comparativo.

Muestra

El tamaño muestral se determinó tomando como referencia el estudio de Grymak et al. (13), el cual empleó 9 especímenes por grupo experimental en ensayos de desgaste de materiales dentales mediante el método block-on-ring. En el presente estudio se utilizarán 3 materiales para representar las férulas oclusales: PMMA termopolimerizable convencional, PMMA fresado por CAD/CAM y resina fotopolimerizable para impresión 3D y 3 materiales como antagonista dental esmalte humano, zirconia monolítica y resina compuesta nanorrellena.

Por ello, se estableció un mínimo de $n = 9$ especímenes por subgrupo experimental, conformando un total de nueve grupos experimentales. El total del estudio estará constituido por 81 especímenes de férula oclusal y 81 especímenes antagonistas, distribuidos equitativamente.

Variables

La presente investigación tendrá como variable dependiente el desgaste de los materiales de férula oclusal, definido como la pérdida progresiva de material producida por el contacto repetitivo entre dos superficies bajo condiciones controladas de ensayo.

Las variables independientes estarán constituidas por el tipo de material de férula oclusal y el tipo de material antagonista. Los materiales de férula estarán conformados por PMMA termopolimerizable convencional, PMMA fresada para CAD/CAM y resina fotopolimerizable a base de metacrilato para impresión 3D; mientras que los materiales antagonistas corresponderán a esmalte humano, zirconia monolítica y resina compuesta nanorrellena.

Como variables de control (co-variables) se considerarán las condiciones experimentales que permanecerán constantes durante todo el procedimiento, incluyendo el tiempo de almacenamiento en saliva artificial (30 días), temperatura de almacenamiento (37 °C), número de ciclos de desgaste, carga aplicada y condiciones de pulido superficial de los especímenes. (Anexo 1)

Técnicas y procedimientos

Para la evaluación del desgaste se empleará el método block-on-ring, siguiendo la metodología descrita por Grymak et al. (13). En este sistema, los especímenes de férula oclusal serán confeccionados en forma de anillos, los cuales representarán la superficie sometida al desgaste continuo durante el ensayo rotatorio. Por su parte, los materiales antagonistas serán confeccionados en forma de bloques, los cuales actuarán como superficie antagonista fija en contacto directo con los anillos durante las pruebas experimentales. Esta configuración permitirá simular el contacto repetitivo entre ambos materiales bajo condiciones controladas de carga y movimiento. (Anexo 2)

Confección de los especímenes de férula (anillos)

Se utilizarán tres materiales para férulas oclusales: PMMA termopolimerizable convencional (Paladon 65, Kulzer, Hanau, Alemania), PMMA fresado para CAD/CAM (Ceramill A-Splint, Amann Girrbach, Koblach, Austria) y resina fotopolimerizable para impresión 3D (KeySplint Soft, Keystone Industries, Gibbstown, New Jersey, EE.UU.). Todos los especímenes serán confeccionados con geometría de anillo, con un diámetro externo de 45 mm y un espesor de 12 mm, compatibles con la máquina universal de ensayo de desgaste tipo block-on-ring, siguiendo la metodología descrita por Grymak et al. (13).

Para la confección de los especímenes de PMMA termopolimerizable convencional, se empleará la técnica convencional de prensado y polimerización. Para ello, se utilizará un molde metálico con las dimensiones establecidas previamente diseñado, a partir del cual se elaborarán moldes de yeso para el procesado del material. El polvo y líquido de PMMA termopolimerizable convencional serán mezclados en la proporción indicada por el fabricante hasta alcanzar la fase plástica; posteriormente, serán empaquetados en los moldes. Finalizada la polimerización, los especímenes serán retirados, recortados y pulidos hasta obtener las dimensiones finales estandarizadas.

Los especímenes de PMMA fresados por CAD/CAM serán diseñados digitalmente con las dimensiones estandarizadas mediante software CAD y posteriormente fresados a partir de discos prefabricados de PMMA utilizando un sistema CAD/CAM. El proceso de fresado se realizará siguiendo las condiciones recomendadas por el fabricante, obteniendo anillos con geometría precisa y homogénea.

Con respecto a las resina fotopolimerizable para impresión 3D, serán diseñados digitalmente mediante software AutoCAD (Autodesk Inc., EE.UU.) con las dimensiones establecidas y convertidos a formato STL para su fabricación mediante impresora de fotopolimerización (Asiga Max UV, Asiga, Australia). La impresión se realizará con un espesor de capa de 100 μm y un ángulo de construcción de 90° respecto a la plataforma de impresión, siguiendo la metodología descrita por Grymak et al. (13). Posteriormente, los especímenes serán sometidos a lavado y postcurado de acuerdo con las indicaciones del fabricante, para finalmente obtener las dimensiones finales requeridas.

Finalizada su confección, todos los especímenes de férula serán almacenados en saliva artificial a una temperatura de 37 °C durante un periodo de 30 días, con la finalidad de simular condiciones intraorales y permitir la estabilización del material.

Confección de los especímenes antagonistas (bloques)

Los materiales antagonistas estarán constituidos por esmalte humano, zirconia monolítica (Katana Zirconia STML, Kuraray Noritake, Tokyo, Japón) y resina compuesta nanorrellena (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EE.UU.). Siguiendo la metodología descrita por Grymak et al. (13), los especímenes antagonistas serán confeccionados en forma de bloques de 16 mm de longitud, 10 mm de altura y 5 mm de, compatibles con el portabloques del sistema de ensayo, con el objetivo de generar un área de contacto uniforme y controlada durante la prueba de desgaste. En el caso del esmalte humano, se obtendrán fragmentos con superficies de contacto de

dimensiones aproximadas equivalentes, las cuales serán estandarizadas mediante pulido.

Para la confección del antagonista de zirconia monolítica, estos serán diseñados digitalmente con dimensiones estandarizadas y confeccionados mediante fresado por CAD/CAM a partir de discos de zirconia monolítica en estado presinterizado. El sistema CAD/CAM aplicará automáticamente el factor de compensación por contracción propio del material, con el fin de obtener las dimensiones finales establecidas tras la sinterización. Posteriormente, los bloques serán sinterizados en horno de alta temperatura siguiendo las indicaciones del fabricante. Finalmente, las superficies de contacto serán pulidas con discos abrasivos de granulometría decreciente hasta obtener una superficie plana y homogénea.

Los especímenes de resina compuesta nanorrellena serán confeccionados mediante inserción incremental del material en moldes metálicos estandarizados con dimensiones indicadas. Cada incremento no excederá los 2 mm de espesor y será fotopolimerizado individualmente mediante una lámpara de fotocurado con intensidad mínima de 1000 mW/cm², siguiendo las indicaciones del fabricante. Una vez completada la polimerización, los bloques serán retirados de los moldes y sus superficies de contacto serán pulidas para garantizar uniformidad dimensional y superficial.

En el caso del antagonista de esmalte humano, se utilizarán terceras molares humanas extraídas por indicación terapéutica, obtenidas del Servicio de Cirugía Oral de la Clínica Dental Docente Cayetano Heredia, previa aprobación del Comité de Ética

institucional y obtención del consentimiento informado correspondiente. Se seleccionarán piezas libres de caries, restauraciones, fracturas y desgaste severo.

Posteriormente a la extracción, las piezas serán limpiadas con curetas periodontales y agua destilada para eliminar restos orgánicos y depósitos superficiales. Luego serán desinfectadas mediante inmersión en solución de cloramina-T al 0,5 % durante siete días. Las raíces serán seccionadas a nivel cervical mediante disco de diamante sinterizado (Struers, Dinamarca), conservando únicamente las coronas. De cada corona se obtendrán fragmentos de esmalte de aproximadamente 3 mm × 3 mm, a partir de superficies vestibulares o linguales con anatomía favorable. Posteriormente, la superficie seleccionada será desgastada y pulida secuencialmente con papel de carburo de silicio de granulometría decreciente hasta obtener una superficie plana, uniforme y estandarizada para el ensayo. Hasta su utilización experimental, los especímenes serán almacenados en saliva artificial a 37 °C para evitar la deshidratación y mantener condiciones similares al medio oral.

Finalmente, todos los especímenes antagonistas, incluyendo zirconia monolítica, resina compuesta nanorrellena y esmalte humano, serán montados en resina epoxi formando bloques de dimensiones estandarizadas de 16 mm × 10 mm × 5 mm, los cuales serán fijados en el portabloques del sistema de ensayo para su evaluación.

Preparación previa al ensayo

Finalizado el periodo de almacenamiento en saliva artificial durante 30 días, los especímenes de férula serán retirados, enjuagados con agua destilada y secados

superficialmente con papel absorbente libre de pelusa. Posteriormente, serán sometidos a limpieza ultrasónica durante 5 minutos para eliminar residuos o contaminantes superficiales.

A continuación, se realizará el registro basal de los especímenes de férula mediante escaneo digital tridimensional, con la finalidad de obtener las mediciones iniciales de volumen y altura de la superficie de contacto. Posteriormente, los especímenes serán montados en la máquina universal de ensayo de desgaste, donde los anillos serán fijados al eje rotatorio y los bloques al portabloques antagonista para iniciar las pruebas experimentales.

Evaluación del desgaste

La evaluación del desgaste se realizará mediante una máquina universal de ensayo de desgaste (UFW200, NeoPlus, Corea), utilizando el método block-on-ring, siguiendo la metodología descrita por Grymak et al. (13). Se conformarán nueve grupos experimentales, con nueve especímenes por grupo (n=9), según la combinación del material de férula y del material antagonista.

Cada combinación experimental será sometida a una carga constante de 49 N, con una frecuencia de 1 Hz y una velocidad de rotación de 60 rpm, durante un total de 30,000 ciclos, con el fin de simular de manera acelerada el comportamiento funcional asociado al bruxismo. El contacto se realizará de forma estandarizada sobre la plana de contacto de cada espécimen.

Durante todo el ensayo, los especímenes permanecerán sumergidos en saliva artificial a una temperatura constante de 37 ± 1 °C, mantenida mediante un sistema termostatzado, con el propósito de simular las condiciones intraorales. La saliva artificial será renovada periódicamente cada 10,000 ciclos para mantener condiciones fisicoquímicas constantes.

Finalizada la prueba, los especímenes serán sometidos nuevamente a limpieza mediante baño ultrasónico durante 10 minutos para eliminar residuos superficiales y posteriormente serán evaluados para determinar la pérdida de material. El desgaste será evaluado mediante dos parámetros. La pérdida vertical, definida como la reducción máxima de altura de la superficie desgastada, expresada en micrómetros (μm) y la pérdida volumétrica, definida como la cantidad total de material perdido, expresada en milímetros cúbicos (mm^3).

Para la medición de la pérdida volumétrica, los especímenes serán escaneados nuevamente mediante escaneo digital tridimensional por un único operador previamente calibrado. Los archivos STL obtenidos serán importados y superpuestos con los registros basales mediante el software Exocad DentalCAD, utilizando el método de alineación best-fit, lo que permitirá realizar la comparación tridimensional y cuantificar la pérdida de material.

La pérdida vertical será determinada a partir del desplazamiento vertical del espécimen antagonista durante la prueba de desgaste, registrado continuamente por el sistema de medición integrado de la máquina universal de ensayo. Este desplazamiento corresponde a la reducción progresiva de altura del material de férula ocasionada por

el contacto repetitivo entre ambas superficies, permitiendo cuantificar la magnitud del desgaste generado en cada combinación experimental. (Anexo 3)

Plan de análisis

Los datos obtenidos serán registrados y analizados mediante el programa estadístico STATA versión 18.0. Para el análisis descriptivo se calcularán medias y desviaciones estándar para la variable desgaste, mientras que las variables cualitativas serán descritas mediante frecuencias y porcentajes. La normalidad de los datos será evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Debido a que el estudio evaluará la influencia de dos variables independientes (material de férula y material antagonista) sobre una variable dependiente (desgaste), se utilizará un análisis de varianza de dos vías (Two-way ANOVA). Posteriormente se aplicará la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias entre grupos. Se considerará un nivel de confianza del 95% y un valor de significancia estadística de $p < 0,05$.

Consideraciones éticas

El estudio se realizará luego de recibir la aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería, y la posterior aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH). Se inscribirá en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI). Se presentará el certificado del curso de Conducta Responsable en Investigación a través del programa CITI (Collaborative Institutional Training Initiative).

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que tanto el material de la férula oclusal como el material antagonista influyan significativamente en el desgaste de los especímenes evaluados. Debido a las diferencias en sus propiedades mecánicas, cada grupo experimental debería presentar comportamientos distintos en términos de resistencia al desgaste y durabilidad. Por lo que, se prevé encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los distintos materiales de férulas oclusales y entre los diferentes antagonistas empleados en el estudio.

Asimismo, se espera que las férulas oclusales confeccionadas mediante técnica sustractiva presenten menores niveles de desgaste en comparación con aquellas elaboradas mediante técnica convencional y aditiva, debido a su mayor grado de polimerización, homogeneidad estructural y menor presencia de porosidades internas. Clínicamente, este hallazgo podría indicar una mayor longevidad del dispositivo, mejor estabilidad oclusal a lo largo del tiempo y menor necesidad de ajustes o reemplazos frecuentes, optimizando así el tratamiento del paciente.

De igual manera, se espera que los materiales antagonistas con mayor dureza superficial, como la zirconia monolítica y el esmalte humano, generen mayores niveles de desgaste sobre las férulas oclusales en comparación con materiales de menor dureza, como la resina compuesta nanorrellena. Este comportamiento permitiría comprender mejor la interacción entre materiales restauradores y férulas oclusales, facilitando una selección más adecuada del material terapéutico según el caso clínico.

Finalmente, se espera identificar las combinaciones de materiales con mejor desempeño y mayor potencial de aplicación clínica. Los resultados obtenidos podrían

aportar evidencia científica relevante para la toma de decisiones en la práctica odontológica, favoreciendo la selección de materiales más adecuados y contribuyendo al desarrollo de tratamientos más predecibles, eficientes y duraderos.

V. CONCLUSIONES

El presente estudio busca aportar evidencia científica sobre el comportamiento al desgaste de distintos materiales de férulas oclusales fabricadas mediante técnicas convencional, sustractiva y aditiva frente a diferentes antagonistas. Se espera que los hallazgos permitan identificar las combinaciones de materiales que presenten un mejor desempeño y mayor resistencia al desgaste, proporcionando información relevante para la toma de decisiones clínicas. De esta manera, los resultados nos permitirán tener una mejor selección del material para la confección de férulas oclusales, favoreciendo su durabilidad y desempeño en pacientes con trastornos temporomandibulares y bruxismo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 4. St. Louis: Mosby; 1998.
2. Gil-Martínez A, Paris-Aleman A, López-de-Uralde-Villanueva I, La Touche R. Management of pain in patients with temporomandibular disorder (TMD): challenges and solutions. *J Pain Res.* 2018;11:571–587.
3. Riley P, Glenny AM, Worthington HV, Jacobsen E, Robertson C, Durham J, et al. Oral splints for temporomandibular disorder or bruxism: A systematic review. *Br Dent J.* 2020;228:191–197.
4. Lobbezoo F, Ahlberg J, Raphael KG, Wetselaar P, Glaros AG, Kato T, et al. International consensus on the assessment of bruxism. *J Oral Rehabil.* 2018;45(11):837–844.
5. Manfredini D, Winocur E, Guarda-Nardini L, Paesani D, Lobbezoo F. Epidemiology of bruxism in adults: a systematic review. *J Orofac Pain.* 2013;27(2):99–110.
6. Benli M, Eker Gümüş B, Kahraman Y, Gökçen-Rohlig B, Evlioğlu G, Huck O, et al. Surface roughness and wear behavior of occlusal splint materials made of contemporary and high-performance polymers. *Odontology.* 2020;108(2):240–250.
7. Rosar JV, Barbosa TS, Dias IOV, Kobayashi FY, Costa YM, Gavião MBD, Bonjardim LR, Castelo PM. Effect of interocclusal appliance on bite force, sleep quality, salivary cortisol levels and signs and symptoms of

temporomandibular dysfunction in adults with sleep bruxism. *Arch Oral Biol.* 2017 Oct;82:62-70.

8. Wesemann C, Spies BC, Sterzenbach G, Beuer F, Kohal R, Wemken G, Krügel M, Pieralli S. Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and flexural properties but not in wear resistance. *Dent Mater.* 2021 Mar;37(3):432-442.
9. Huettig F, Kustermann A, Kuscu E, Geis-Gerstorfer J, Spintzyk S. Polishability and wear resistance of splint material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017;75:175–179.
10. Wang SM, Li Z, Wang GB, et al. Preliminary clinical application of complete digital workflow. *Beijing Da Xue Xue Bao.* 2019;51(1):105–110.
11. Ma KN, Chen H, Ye HQ, Zhou YS. Advances in CAD/CAM of removable partial denture. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2021;56(5):485–490.
12. Gibreel M, Perea-Lowery L, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of occlusal splint materials: CAD-CAM versus conventional resins. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;124:104813.
13. Grymak A, Waddell JN, Aarts JM, Ma S, Choi JJE. Evaluation of wear behaviour of various occlusal splint materials and manufacturing processes. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022 Feb;126:105053.
14. Prpic V, Spehar F, Stajdohar D, Bjelica R, Cimic S, Par M. Mechanical properties of 3D-printed occlusal splint materials. *Dent J (Basel).* 2023;11(8):199.

15. Van Lingen AV, Tribst JPM. 3D-printed occlusal splints: a narrative literature review. *J Adv Oral Res.* 2025;16(1):25–33.
16. Schmeiser F, Baumert U, Stawarczyk B. Two-body wear of occlusal splint materials from subtractive computer-aided manufacturing and three-dimensional printing. *Clin Oral Investig.* 2022 Sep;26(9):5857-5866.
17. Mair L, Stolarski T, Vowles R, Lloyd C. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. *J Dent.* 1996;24:141–148.
18. Green JJ. Prevention and Management of Tooth Wear: The Role of Dental Technology. *Prim Dent J.* 2016 Aug 1;5(3):30-33.
19. Domagała I, Przystupa K, Firlej M, et al. Analysis of hardness and wear of polymeric materials. *Materials.* 2021;14:2925.
20. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials.* 12th ed. St. Louis: Elsevier Saunders; 2013.

VII. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Presupuesto

Descripción	P. Unitario S/.	Cantidad	Total S/.
Laboratorio PMMA convencional termocurado (9 anillos × 3 grupos)	35	27	945
Laboratorio PMMA fresado por CAD/CAM	60	27	1620
Laboratorio impresión 3D	55	27	1485
Laboratorio zirconia monolítica	30	27	810
Resina compuesta Filtek Z350	174	2	348
Resina epoxi	180	1	180
Saliva artificial	120	2	240
Cloramina-T	45	1	45
Total			S/.5793

Cronograma

Actividad	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Presentación de protocolo	X					
Aceptación de protocolo		X				
Recojo de datos			X			
Procesamiento de datos				X		
Análisis de resultados					X	
Informe final						X

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Escala y categoría	Valores
Material de férula oclusal	Material utilizado para la fabricación de dispositivos oclusales destinados al tratamiento y protección frente a trastornos temporomandibulares y hábitos parafuncionales. (1)	Material empleado para confeccionar los especímenes de férula utilizados durante las pruebas experimentales.	Cualitativa	Nominal	1 = PMMA convencional termopolimerizable; 2 = PMMA prepolimerizada 3 = Resina fotopolimerizable para impresión 3D
Material antagonista	Material que actúa como superficie opuesta de contacto durante una interacción mecánica y que puede influir en el comportamiento al desgaste del material evaluado. (20)	Material empleado como superficie antagonista durante la prueba experimental de desgaste.	Cualitativa	Nominal	1 = Esmalte humano; 2 = Zirconia monolítica; 3 = Resina compuesta nanorrellena
Desgaste	Pérdida progresiva de material producida por el contacto repetitivo entre dos superficies sometidas a fuerzas mecánicas.(20)	Pérdida de material determinada después de la prueba experimental mediante la medición del desgaste producido sobre los especímenes.	Cuantitativa	Razón	1 = Pérdida vertical (μm) 2 = Pérdida volumétrica (mm^3)

Anexo 2. Cuadro Distribución de los grupos experimentales

Grupo	Material de férula	n (férula)	Material antagonista	n (antagonista)	Total de pares experimentales
G1	PMMA termopolimerizable convencional	9	Esmalte humano	9	9
G2	PMMA termopolimerizable convencional	9	Zirconia monolítica	9	9
G3	PMMA termopolimerizable convencional	9	Resina compuesta nanorrellena	9	9
G4	PMMA prepolimerizado para CAD/CAM	9	Esmalte humano	9	9
G5	PMMA prepolimerizado para CAD/CAM	9	Zirconia monolítica	9	9
G6	PMMA prepolimerizado para CAD/CAM	9	Resina compuesta nanorrellena	9	9
G7	Resina fotopolimerizable 3D	9	Esmalte humano	9	9
G8	Resina fotopolimerizable 3D	9	Zirconia monolítica	9	9
G9	Resina fotopolimerizable 3D	9	Resina compuesta nanorrellena	9	9

Anexo 3.

Figura 1 Esquema del sistema experimental de desgaste mediante método block-on-ring.

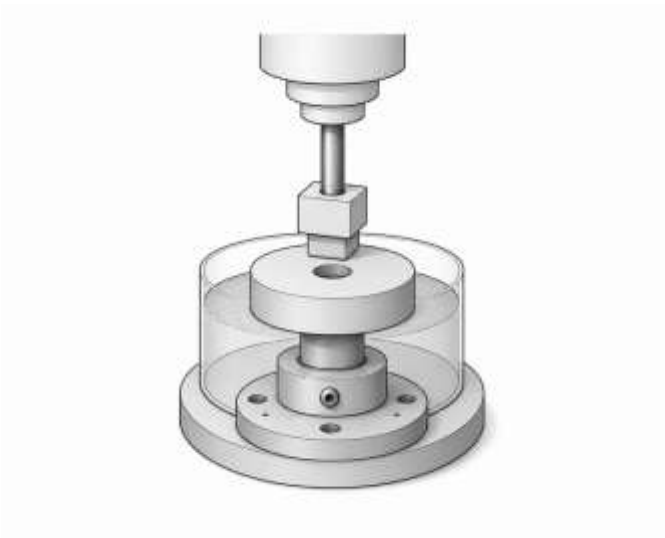


Figura 1. Esquema del sistema experimental block-on-ring utilizado para evaluar el desgaste de férulas oclusales frente a distintos materiales antagonistas.

