



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE LA RESINA
ACRÍLICA DE TERMOCURADO ASOCIADA CON NANOPARTÍCULAS DE
DIÓXIDO DE TITANIO AL 1.5% Y 3%

EVALUATION OF THE SURFACE ROUGHNESS OF HEAT-CURED
ACRYLIC RESIN ASSOCIATED WITH TITANIUM DIOXIDE
NANOPARTICLES AT 1.5% AND 3%

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
REHABILITACIÓN ORAL

AUTORES

ESTEFANIA MILAGROS HERNANI PONCE DE LEON
ANIBAL ALFONSO TERAN TEJADA

ASESOR

PABLO ARMANDO CHAVEZ ALAYO

CO-ASESOR

LEYLA ANTONIETTE DELGADO COTRINA

LIMA – PERÚ

2025

JURADO

Presidente: Mg. Esp.CD. JOSE ANTONIO BALAREZO RAZZETO

Vocal: Mg. Esp.CD. MARTIN GILBERTO QUINTANA DEL SOLAR

Secretario: Mg. Esp. CD. CLAVER CLEMENTE SANTOS ESCALANTE

Fecha de Sustentación: 17 de diciembre de 2025

Calificación: Aprobado

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. ESP CD. PABLO ARMANDO CHAVEZ ALAYO

Departamento Académico de Estomatología

ORCID: 0009-0003-2158-1684

CO-ASESOR

MG. ESP. CD. LEYLA ANTONIETTE DELGADO COTRINA

Departamento Académico de Estomatología

ORCID: 0000-0002-3027-178X

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de tesis a nuestros padres por todo el apoyo y familia.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y toda nuestra familia.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Recursos propios.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Declaramos no tener ningún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	HERNANI PONCE DE LEON ESTEFANIA MILAGROS
2.	TERAN TEJADA ANIBAL ALFONSO

Pertencientes al programa de la **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL**, autores del trabajo titulado **EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE LA RESINA ACRÍLICA DE TERMOCURADO ASOCIADA CON NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITANIO AL 1.5% Y 3%** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE ESPECIALISTA EN REHABILITACIÓN ORAL** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	CHAVEZ ALAYO PABLO ARMANDO	ESTOMATOLOGÍA	ASESOR
2.	DELGADO COTRINA LEYLA ANTOINETTE	ESTOMATOLOGÍA	CO-ASESOR

Declaramos 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 **11 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3486741095**; fecha de entrega: **20-02-2026**).
- 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, 20 de febrero del 2026.**

Firma del asesor
N° DNI: 41664570
ORCID: 0009-0003-2158-1684

Firma del Co-asesor
N° DNI: 10193841
ORCID: 0000-0002-3027-178X



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Materiales y Métodos	5
IV. Resultados	10
V. Discusión	11
VI. Conclusiones	14
VII. Referencias Bibliográficas	15
VIII. Tablas, gráficos y figuras	19
Anexos	21

RESUMEN

Antecedentes: La resina acrílica de termocurado está compuesta por polimetilmetacrilato (PMMA), es un material dental ampliamente utilizado para la elaboración de restauraciones provisionales debido a sus propiedades favorables como facilidad de procesamiento, estabilidad de color, bajo costo, peso ligero, estética aceptable, rentabilidad y baja toxicidad; no obstante, algunas limitaciones importantes asociadas a este material son las bajas propiedades mecánicas de resistencia al impacto, dureza superficial y alteraciones en la rugosidad de las restauraciones con el uso prolongado. **Objetivo:** Evaluar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado (PMMA) al ser combinadas con nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5% y 3%. **Métodos y Materiales:** Se confeccionaron discos de resina acrílica y se midió la rugosidad superficial utilizando un rugosímetro digital. Se compararon los resultados de los grupos experimentales con resina acrílica pura (grupo 1) frente a aquellos en los que se incorporaron nanopartículas de TiO₂ en concentraciones del 1.5% y 3% (grupo 2 y 3, respectivamente). **Resultados:** El grupo 2 (RA + TiO₂ al 1.5%) tiene resultados favorables para las propiedades de rugosidad superficial independientemente del tiempo de evaluación, en comparación con el grupo 1 (RA) que presenta resultados ideales. **Conclusión:** El uso de nanopartículas TiO₂ al 1.5 y 3% asociado a PMMA presentó mayor rugosidad superficial en comparación a la resina PMMA sin aditivo.

Palabras claves: Rugosidad Superficial, Resina acrílica termocurado, Dióxido de Titanio. (DeCs).

ABSTRACT

Background: Heat-cured acrylic resin (PMMA) is widely used for the fabrication of provisional dental restorations due to its favorable properties such as ease of processing, color stability, low cost, lightweight, acceptable aesthetics, and low toxicity. However, it presents significant limitations, such as reduced mechanical strength, low surface hardness, and alterations in the roughness of restorations with prolonged use. **Objective:** To evaluate the surface roughness of heat-cured acrylic resin (PMMA) combined with titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles at concentrations of 1.5% and 3%. **Methods and Materials:** For this study, acrylic resin discs were fabricated, and surface roughness was measured using a digital profilometer. The results of the experimental groups with pure acrylic resin (group 1) were compared with those incorporating TiO₂ nanoparticles at concentrations of 1.5% and 3% (groups 2 and 3, respectively). **Results:** Group 2, containing 1.5% TiO₂, showed more favorable results in terms of surface roughness, regardless of the evaluation time. Compared to group 1 (PMMA without additives), this group exhibited better results, particularly in measurements taken at 48 hours. **Conclusion:** The use of TiO₂ nanoparticles at concentrations of 1.5% and 3% in PMMA resulted in higher surface roughness after 48 hours compared to PMMA resin without additive.

Keywords: Surface Roughness, Acryl Resin, Titanium dioxide. (DeCs).

I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la odontología existen tratamientos rehabilitadores que involucran el manejo de las restauraciones provisionales que son beneficiosas para fines de diagnóstico y terapéuticos donde se establecerán parámetros funcionales y estéticos los que no permiten determinar un óptimo desempeño previo a la restauración definitiva (1,2). Al adoptar el enfoque de la restauración provisional, los rehabilitadores orales realizan el seguimiento clínico de sus pacientes al implementar esta fase temporal y prever las deficiencias antes de la instalación de la restauración final (3).

Las resinas acrílicas son uno de los materiales más utilizados para la construcción de restauraciones provisionales. Las resinas acrílicas de termocurado están compuestas por polimetilmetacrilato (PMMA) (4). Este material tiene características deseables como facilidad de procesamiento, estabilidad de color, bajo costo, peso ligero, estabilidad en la cavidad bucal, estética aceptable, rentabilidad y toxicidad menor (5). Sin embargo, algunas restricciones importantes están asociadas, tales como una superficie inestable conllevando a bajas propiedades mecánicas de resistencia al impacto y flexión, ductilidad insuficiente, agrietamiento, dureza superficial deficiente y efecto antibacteriano limitado (4).

Las restauraciones provisionales presentan cambios cuando se enfrentan al medio bucal, y esto influye en las propiedades mecánicas y químicas por el proceso de absorción de agua que con el tiempo afecta la polaridad de las moléculas presentes en las superficies de la resina acrílica (6). Además, reduce la longevidad y provoca tensiones internas que pueden provocar grietas, fracturas y alteraciones en la superficie de las restauraciones provisionales de acrílico (7). El contacto prolongado en soluciones químicas del entorno oral con principios activos como Cloruro de Cetilpiridinio (CPC) y Clorhexidina alteran la capa superficial del acrílico, que facilita la rugosidad de la superficie, acúmulo de biopelícula y la absorción de agua afectando negativamente la durabilidad del material restaurador (8).

Con el fin de superar los inconvenientes, se han realizado varios intentos para modificar y mejorar las propiedades de este material, incluidos la adición de fibras vidrio y rellenos como circonio, aluminio, estaño y cobre (9). La nanotecnología ha contribuido recientemente a la producción de diferentes materiales. La incorporación de nanopartículas modificadas de dióxido de circonio (ZrO_2) en la resina acrílica mejoró la resistencia al desgaste abrasivo, resistencia a la tracción y la fatiga, al mismo tiempo disminuyó la absorción de agua, la solubilidad y la porosidad de la resina acrílica de termocurado PMMA (10). Cuando se agregó nanopartículas silanizadas de óxido de aluminio (Al_2O_3) mejoró la resistencia a la flexión y disminuyó el coeficiente de expansión térmica, la absorción de agua y la solubilidad. Otro estudio mostró que agregando nanopartículas modificadas con dióxido de circonio (ZrO_2) disminuyó significativamente la absorción de agua y la solubilidad de la resina acrílica de termocurado PMMA (11). Las propiedades de los nanocompuestos poliméricos dependen del tipo de nanopartículas incorporadas, tamaño y forma, concentración e interacción con la matriz polimérica (12).

El titanio (Ti) es una partícula ampliamente utilizada en biomedicina y en odontología por su integración al tejido óseo. En su presentación de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) se encuentra entre los materiales con

mayor estabilidad química, resistencia a la corrosión y alto índice de refracción (13).

Las nanopartículas de TiO_2 se emplean frecuentemente como antibacteriano, contra una amplia gama de microorganismos, como bacterias Gram positivas y Gram negativas, hongos y virus (12,14). Es empleado en diversos estudios a una concentración de 1.5% al 3% que trae mejoras en sus propiedades mecánicas, radiopacidad y su potencial bioactivo (14,15).

La rugosidad superficial de las resinas acrílicas de PMMA se considera un factor importante en el éxito clínico porque los aditivos solubles pueden reaccionar en los fluidos orales. Los estudios disponibles de Abdelraouf y Gity evalúan las propiedades mecánicas y biológicas

de las resinas acrílicas de termocurado PMMA después de la adición de diferentes concentraciones de nanopartículas de TiO₂ al 1.5%, 3% y 5% encontrando diferentes resultados según el porcentaje empleado (12,13,14) y debido a esto surge el planteamiento del problema ¿Cuál será el mejor porcentaje de partículas de TiO₂ para optimizar la rugosidad superficial de las resinas acrílicas de termocurado PMMA?.

Por lo tanto, nuestra justificación científica es que no existen muchos estudios a la actualidad que comparen diferentes porcentajes de TiO₂ para evaluar la rugosidad superficial; y nuestra justificación clínica es poder evaluar el comportamiento del material y así dar alternativas del mejor porcentaje de TiO₂ con respecto a la rugosidad superficial.

El presente estudio tiene como propósito evaluar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado asociado con nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5% y 3%.

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas de dióxido de titanio.

Objetivos específicos:

1. Determinar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado PMMA.
2. Determinar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5%.
3. Determinar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas de dióxido de titanio al 3%.
4. Comparar la rugosidad superficial de una resina acrílica de termocurado PMMA y asociadas a nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5% y 3%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Experimental in vitro

Muestra

Para poder determinar el tamaño de la muestra se basó en el estudio de Alrahlah et al (11), se confeccionaron 30 muestras y se estableció un n=10. Los especímenes fueron divididos en tres grupos:

Grupo 1: Resina acrílica de termocurado PMMA.

Grupo 2: Resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5%.

Grupo 3: Resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas de dióxido de titanio al 3%.

Criterios de selección:

- Discos de resina acrílica con superficies lisas
- Discos libres de burbujas
- Discos que no presenten fracturas
- Discos que no contengan residuos de yeso

Definición operacional de variables

- Variable dependiente: Rugosidad superficial
- Definición conceptual: Conjunto de irregularidades que posee una superficie.
- Definición operacional: Conjunto de irregularidades que posee una superficie presente en la resina acrílica de termocurado de PPMA.

- Indicador: Rugosímetro / Ra
- Variable Independiente: Resinas acrílicas de termocurado PMMA
- Definición conceptual: Materiales compuestos por una matriz a base de PMMA.
- Definición operacional: Discos de resinas acrílicas de termocurado experimentales elaboradas principalmente de una matriz de PMMA.
- Dimensión/Indicador: Resina acrílica de termocurado (RA), Resina acrílica de termocurado asociado con TiO₂ al 1.5% y resina acrílica de termocurado asociado con TiO₂ al 3%.

Procedimientos y técnicas

Se solicitaron los permisos a las autoridades correspondientes para el uso del laboratorio de Materiales Dentales Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y del Laboratorio High Technology S.A.C. para el uso de las instalaciones de para la elaboración, ensayo de rugosidad superficial, ensayo de solubilidad y conservación de los especímenes.

Adquisición de materiales experimentales

La obtención de los compuestos para la elaboración de especímenes:

- Resina acrílica de termocurado (Vitacryl New Stetic SA; Antioquía, Colombia).
- Monómero para resina acrílica de termocurado (Vitacryl New Stetic SA; Antioquía, Colombia).
- Nanopartículas de dióxido de titanio (Química Service- Sigma; USA).

La composición, grupos y fabricante de los materiales se muestran en la Tabla 1.

Asociación de compuestos

Se realizó el proceso de asociación del componente polvo de resina acrílica de termocurado

PMMA junto nanopartículas de dióxido de titanio al 1.5% y 3% por medio de una balanza analítica de precisión y con el equipo de agitación mecánica de baja velocidad (1000 rpm durante 60 segundos) por medio del equipo Vortex Mixer (VWR International; NJ, USA), para una distribución homogénea de los compuestos experimentales.

Elaboración de muestras de resina acrílica de termocurado PMMA

Se elaboraron patrones de silicona (Panasil Putty, Kettenbach Dental, Eschenburg, Alemania), para la formación de los discos de resina acrílica de termocurado PMMA que se realizó en el laboratorio de Materiales Dentales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Posteriormente se colocó en un recipiente con un agente reductor de tensión superficial para silicona (Lubrofilm, Dentaurum; Istanbul, Turquía), y se elaboró un molde maestro de yeso para la fabricación de muestras de resina acrílica PMMA, utilizando muflas de latón, en las que sus partes: tapa, contramufla y mufla serán previamente aisladas con vaselina sólida. Se aplicó yeso tipo III Dentamix (Industrias Cram S.A.C; Lima, Perú) al cuerpo de la mufla, seguidamente se colocó los patrones de silicona, se fijó en el yeso tipo III y esperando el tiempo de fraguado como indica el fabricante. Cuando el yeso fraguó, se colocó aislante, luego la contramufla para rellenar con yeso tipo III Dentamix (Industrias Cram S.A.C; Lima, Perú) y la tapa, se llevó la mufla a la prensa manual donde se ajustó por el mismo investigador. Posteriormente se removieron los patrones de silicona y se examinaron los moldes de yeso con la finalidad de presenciar imperfecciones.

El interior de los moldes de yeso fueron pincelados con aislante para acrílico (Vitalloy, Buenos Aires, Argentina); seguidamente se prepararon los especímenes de resina acrílica de termocurado y los especímenes asociados a las nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) para los 03 grupos (Vitacryl New Stetic SA; Antioquía, Colombia) siguiendo las especificaciones del fabricante, se utilizó un vaso dappen de vidrio con polvo de acrílico

termopolimerizable y se agregó monómero hasta saturar el polvo y se removió con una espátula N° 7 hasta conseguir una mezcla homogénea. Se rellenaron los espacios con la resina acrílica en su fase plástica para ser llevados a la prensa manual. Luego se procedió a abrir la mufla y retirar los excedentes. La mufla se cerró nuevamente y se colocó a baño María para realizar el ciclo de termopolimerización a temperatura constante 73°C por 90 minutos, seguidamente se elevó la temperatura a 100°C, que se mantuvo por 30 minutos. Finalizado el ciclo de termopolimerización la mufla quedó inmersa en la olla para su enfriamiento completo. Por último, los excesos de resina acrílica en las muestras se retiraron con una piedra blanca para acrílico y fueron sometidas a limpieza ultrasónica por 20 minutos en agua destilada, para remoción de los subproductos residuales. Para la fase de pulido se utilizó una lija de agua de grano 1500, luego un caucho de grano grueso, seguido por uno de grano fino, también se utilizó piedra pómez con una rueda pelo de cabra, seguido por una rueda de trapo con rush para sacar brillo y que el disco quede completamente pulido. Las muestras de acrílico se midieron con un calibrador digital (Uberman, Chile) para confirmar la calibración de 6x6x4 mm y posteriormente se almacenaron en agua destilada por 24 horas a 37 C.

Rugosidad Superficial

La medición de la rugosidad de la superficie de las resinas acrílicas se realizó utilizando un rugosímetro digital SRT6200 (HUATEC; Beijing, China) en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate S.A.C; calibrado en micrómetro (μm) High Technology Laboratory Certificate S.A.C. Se evaluaron los parámetros de rugosidad de media aritmética expresados en (Ra) presentes en las resinas acrílicas. Cada muestra de resina acrílica de termocurado se midió cuatro veces y se halló el valor promedio de la rugosidad de la superficie (18).

Aspectos éticos del estudio

La presente investigación solicitó la aprobación del Comité Institucional de Ética (CIE) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para su registro y evaluación.

Plan de análisis

El análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 20. Los datos se analizaron mediante la prueba de normalidad de Shapiro Will para observar si los datos se encontraron en distribución normal. Al presentar distribución normal, los datos fueron analizados mediante la prueba estadística ANOVA y Tukey, donde sí presentan diferencias estadísticamente significativas.

IV. RESULTADOS

La inferencia del presente estudio indicó que los valores de la rugosidad superficial promedio (Ra) del grupo de control y del grupo reforzado con nanopartículas de TiO₂ fueron registrados como $0.816 \pm 0.26 \mu\text{m}$, $1.654 \pm 0.346 \mu\text{m}$, 2.569 ± 0.707 para el control, TiO₂ al 1.5% y TiO₂ al 3% , respectivamente. El grupo RA + TiO₂ al 3% presentó el mayor valor de rugosidad superficial ($p < 0.05$) (Gráfico 01). La Tabla 02 presenta la media y desviación estándar de los valores de la rugosidad superficial de las resinas acrílicas asociado a nanopartículas de TiO₂.

V. DISCUSIÓN

El PMMA es un material polimérico utilizado en odontología restauradora, particularmente para restauraciones indirectas como coronas y puentes provisionales. Este material es económico, fácil de fabricar y tiene aceptables propiedades estéticas. Sin embargo, su dureza, resistencia a la fractura y principalmente la rugosidad superficial no son óptimas para soportar cargas y soluciones presentes en el entorno bucal (11).

En diversos estudios, se ha asociado la resina acrílica con otros materiales/ aditivos, como fibra de vidrio, polietileno, aluminio, plata, circonio y titanio (TiO₂) (12). Este último TiO₂ es un metal óxido que se utiliza por sus propiedades de durabilidad, resistencia a la flexión, mayor dureza, resistencia a la compresión, resistencia a la corrosión, estética, abrasión y biocompatibilidad, que lo convierte en una alternativa potencial para el reforzamiento estructural y extender la vida funcional de la resina acrílica (13,17).

En el presente estudio se compararon los efectos de rugosidad superficial añadiendo diferentes concentraciones al 1.5% y 3% de nanopartículas de TiO₂ en la resina acrílica de termocurado. La inclusión de TiO₂ aumentó la rugosidad de la superficie al 1.5% y 3% en comparación al grupo control. Altos valores de rugosidad superficial presentan riesgo de aumentar manchas y producir adhesión de microbiota bucal; Bollen *et al.* refiere que el nivel clínicamente aceptable de rugosidad superficial de la base de resina acrílica es de 0.2 µm, por encima del cual se forma placa y la colonización de microorganismos puede aumentar (21,22), pero el mismo resultado puede estar sujeto a distribución y homogeneidad de la técnica de unión empleada. Naji *et al.* menciona que otro factor importante que afectaría la rugosidad superficial, sería el tamaño del material de aditivos potenciadores (10 - 30 nm) y la metodología de elaboración de los bloques de resinas acrílicas experimentales (15-17), ya

que en este estudio lo que estaban buscando era aumentar la microdureza y la resistencia a la flexión. Sumado a esto, en nuestro estudio utilizamos un tamaño de partículas menor de 100 nm, lo que refuerza la teoría que a mayor tamaño de partículas del aditivo potenciador, aumentan los niveles de rugosidad superficial.

Tekale *et al.* (2019) encontraron resultados similares de alta rugosidad superficial, que utilizaron el 1% y el 5% de TiO₂ sobre la resina acrílica de PMMA, estas concentraciones revelaron valores de rugosidad más altos que el grupo de control (24).

Esto podría estar relacionado al tamaño de partículas, encontrando las nanopartículas de TiO₂ en 50 nanómetros (nm) que se combinaron con polvo acrílico de 90 - 120 μm según datos del fabricante; lo que conllevó a que ambas partículas no se mezclen de forma homogénea y que llenaran los poros que se encontraban entre las partículas del polímero, por lo tanto, se inhibió el movimiento de la cadena de polímeros de PMMA (13).

Otro aspecto sería la alta concentración de TiO₂, pudiendo ser un factor asociado a la distribución y concentración de nanopartículas dentro de la matriz de PMMA, además de la capacidad del TiO₂ para llenar los espacios entre las cadenas de polímeros, lo que resulta un factor importante que alteró la dispersión uniforme de la matriz de TiO₂ al 3% en PMMA interrumpiendo su continuidad de

polimerización. Este aumento de rugosidad superficial podría atribuirse a la aglomeración de nanopartículas en altas concentraciones y la reducción de homogeneidad dentro de la matriz de resinas acrílicas (13,25). Además de los conglomerados formados en la superficie

de las muestras, que podrían desprenderse fácilmente durante el acabado y pulido de las muestras, dejando micro-espacios en la superficie de las resinas acrílicas, aumentando la rugosidad (25).

Alrahlah *et al.* evidencian que la concentración de TiO₂ va a diferir en los resultados respecto a las propiedades de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, microdureza y rugosidad superficial (11), encontrando que al aumentar el porcentaje de TiO₂ a 0.5%, se evidenció que tanto la resistencia de la flexión ($107.05 \pm 5\text{MPa}$) como el módulo de elasticidad ($3434.7 \pm 101\text{MPa}$) aumentaron respecto al grupo control.

Por el contrario, cuando se aumentó el porcentaje de TiO₂ a 3%, hubo una disminución de la resistencia a la flexión ($94.13 \pm 3.98\text{MPa}$), pero aumentó el módulo de elasticidad ($3632.34 \pm 89\text{MPa}$).

Por lo tanto, la concentración adecuada de nanopartículas debe considerarse uno de los factores más importantes que podrían afectar las propiedades químicas de las resinas acrílicas (25). Desde el punto de vista clínico, en nuestro estudio encontramos que la rugosidad de la superficie cambió significativamente con ambas concentraciones, al 1.5% y 3% de TiO₂. Se podría recomendar un contenido menor de nanopartículas de TiO₂, entre 0.5% y 1%, por las razones presentadas, asimismo, se podría modificar el tamaño de partículas esperando tener con esto una mejor integración.

En consecuencia, se requieren más investigaciones sobre el efecto de diferentes concentraciones de nanopartículas y diferentes marcas de resinas en condiciones que simulen la rugosidad en un entorno bucal, incluidos los procesos de envejecimiento.

VI. CONCLUSIONES

1. A mayor concentración de TiO₂, mayor la rugosidad de la resina acrílica PMMA.
2. Se determinó que la rugosidad superficial de la resina acrílica de termocurado PMMA sin aditivos fue de 0.816 μm .
3. Se determinó que la rugosidad superficial de la resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas TiO₂ al 1.5% fue de 1.654 μm .
4. Se determinó que la rugosidad superficial de la resina acrílica de termocurado PMMA asociado con nanopartículas TiO₂ al 3% fue de 2.569 μm .
5. Comparando la rugosidad superficial de las resinas acrílicas de termocurado PMMA asociadas con nanopartículas TiO₂ de 1.5% y 3% se encontró que el grupo de 3% tuvo mayor rugosidad superficial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Patras M, Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2012;24(1):26-38.
2. Yang A., Zhao D., Wu Y., Xu C. Effect of Polyimide Addition on Mechanical Properties of PMMA-Based Denture Material. *Dent. Mater. J*. 2017;36:560–565.
3. Khan R., Azhar M. R., Anis A., Alam M. A., Boumaza M., Al-Zahrani S. M. Facile synthesis of epoxy nanocomposite coatings using inorganic nanoparticles for enhanced thermo-mechanical properties: a comparative study. *J. Coat. Tech. R*. 2016;13(1):159–169.
4. Yu S.-H., Lee Y., Oh S., Cho H.-W., Oda Y., Bae J.-M. Reinforcing Effects of Different Fibers on Denture Base Resin Based on the Fiber Type, Concentration, and Combination. *Dent. Mater. J*. 2012;31:1039–1046.
5. Nejatian T, Nathwani N, Taylor L, Sefat F. Denture Base Composites: Effect of Surface Modified Nano-and Micro-Particulates on Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate. *Materials J*. 2020;13:30-37.
6. Chaijareenont P, Takahashi H, Nishiyama N, Arksornnukit M. Effect of different amounts of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the flexural properties and wear resistance of alumina reinforced PMMA. *Dent Mater J*. 2012;31(4):623-8.
7. Shirkavand S, Moslehifard E. Effect of TiO₂ Nanoparticles on Tensile Strength of Dental Acrylic Resins. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014;8(4):197-203.
8. AlAbduljabbar FA, Haider S, Ali FAA, Alghyamah AA, Almasry WA, Patel R, Mujtaba IM. Efficient Photocatalytic Degradation of Organic Pollutant in

- Wastewater by Electrospun Functionally Modified Polyacrylonitrile Nanofibers Membrane Anchoring TiO₂ Nanostructured. *Membranes (Basel) J.* 2021;11(10):78-85.
9. AlAbduljabbar F. A., Haider S., Ali F. A. A. Efficient photocatalytic degradation of organic pollutant in wastewater by electrospun functionally modified polyacrylonitrile nanofibers membrane anchoring TiO₂ nanostructured. *Membranes J.* 2021;11(10): 71-77.
 10. Totu E.E, Nechifor A.C, Nechifor G, Aboul-Enein H.Y, Cristache C.M. Poly (Methyl Methacrylate) with TiO₂ Nanoparticles Inclusion for Stereolithographic Complete Denture Manufacturing—the Fututre in Dental Care for Elderly Edentulous Patients. *J. Dent.* 2017;59:68–77.
 11. Alrahlah A, Khan R, Vohra F, Alqahtani IM, Alruhaymi AA, Haider S, Al-Odayni AB, Saeed WS, Murthy HCA, Bautista LS. Influence of the Physical Inclusion of ZrO₂/TiO₂ Nanoparticles on Physical, Mechanical, and Morphological Characteristics of PMMA-Based Interim Restorative Material. *Biomed Res Int.* 2022;19(2):17-43.
 12. Abdelraouf RM, Bayoumi RE, Hamdy TM. Influence of Incorporating 5% Weight Titanium Oxide Nanoparticles on Flexural Strength, Micro-Hardness, Surface Roughness and Water Sorption of Dental Self-Cured Acrylic Resin. *Polymers (Basel).* 2022;14(18):3767.
 13. Giti R, Firouzmandi M, Zare Khafri N, Ansarifard E. Influence of different concentrations of titanium dioxide and copper oxide nanoparticles on water sorption and solubility of heat-cured PMMA denture base resin. *Clin Exp Dent Res.* 2022;8(1):287-293.
 14. Shirkavand S, Moslehifard E. Effect of TiO₂ Nanoparticles on Tensile Strength of

- Dental Acrylic Resins. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014;8(4):197-203.
15. Asar N.V, Albayrak H, Korkmaz T, Turkyilmaz I. Influence of Various Metal Oxides on Mechanical and Physical Properties of Heat-Cured Polymethyl Methacrylate Denture Base Resins. *J. Adv. Prosthodont*. 2013;5:241–247.
 16. Chen R, Han Z, Huang Z, Karki J, Wang C, Zhu B, Zhang X.J. Antibacterial Activity, Cytotoxicity and Mechanical Behavior of Nano-Enhanced Denture Base Resin with Different Kinds of Inorganic Antibacterial Agents. *Dent. Mater. J*. 2017;36:693–699.
 17. Naji S.A, Behroozibakhsh M, Kashi T.S.J, Eslami H, Masaeli R, Mahgoli H, Tahriri M, Ghavvami Lahiji M., Rakhshan V. Effects of Incorporation of 2.5 and 5 Wt% Tio2 Nanotubes on Fracture Toughness, Flexural Strength, and Microhardness of Denture Base Poly Methyl Methacrylate (PMMA) *J. Adv. Prosthodont*. 2018;10:113–121.
 18. Habith Martin J, Bertoncelo de Almeida J, Ribeiro Rosa E, Soares P, Torno V, Nunes Rached R et al. Effect of fluoride therapies on the surface roughness of human enamel exposed to bleaching agents. *Quintessence International*. 2010;41(1):71-78.
 19. Prado A. Efecto de cuatro formulaciones de dentífricos fluorados sobre la rugosidad superficial del esmalte erosionado.- Lima [Tesis de Cirujano Dentista]. [Lima]: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2022.
 20. Huertas G. Comparación de la microdureza superficial de discos de resina acrílica de termocurado y autocurado en distintos periodos de tiempo, Lima- 2020. [Tesis de Segunda Especialidad]. Lima-Perú, Universidad Científica del Sur; 2020.
 21. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*. 1997 Jul;13(4):258-69.

22. Daud A, Adams AJ, Shawkat A, Gray G, Wilson NHF, Lynch CD, et al. Effects of toothbrushing on surface characteristics of microhybrid and nanofilled resin composites following different finishing and polishing procedures. *J Dent* [Internet]. 2020;99(103376):103376.
23. Sanders MK, Duarte S, Ayoub HM, Scully AC, Vinson LA, Gregory RL. Effect of titanium dioxide on *Streptococcus mutans* biofilm. *J Appl Biomater Funct Mater* [Internet]. 2023;21:228080002211318.
24. Tekale R, Mowade T, Radke U. Comparative evaluation of water sorption of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture base resin reinforced with different concentrations of silanized titanium dioxide nanoparticles: An In vitro study. *Contemp Clin Dent* [Internet]. 2019 [cited 2024 Apr 25];10(2):269.
25. Jordan J, Jacob KI, Tannenbaum R, Sharaf MA, Jasiuk I. Experimental trends in polymer nanocomposites—a review. *Mater Sci Eng A Struct Mater* [Internet]. 2005;393(1–2):1–11.
26. Alwan SA, Alameer SS. The effect of the addition of silanized Nano titania fillers on some physical and mechanical properties of heat cured acrylic denture base materials [Internet]. *Edu.iq.* [cited 2024 Apr 25].
27. Gad MM, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Baba NZ, Al-Harbi FA. Influence of addition of different nanoparticles on the surface properties of poly(methylmethacrylate) denture base material. *J Prosthodont* [Internet]. 2020 [citado el 25 de abril de 2024];29(5):422–8.

VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

Tabla 01: Resina acrílica asociada a Dióxido de Titanio

Grupos	Materiales	Manufactura
RA	RA	Vitacryl New Stetic SA; Antioquía, Colombia
RA + nTiO ₂	Ra 98.5% + nTiO ₂ 1.5%	Vitacryl New Stetic SA; Antioquía, Colombia +nTi Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA.
RA + nTiO ₂	Ra 98.5% + nTiO ₂ 1.5%	Comacsa, Huascarán; Perú + nCaWO ₄ : Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA.

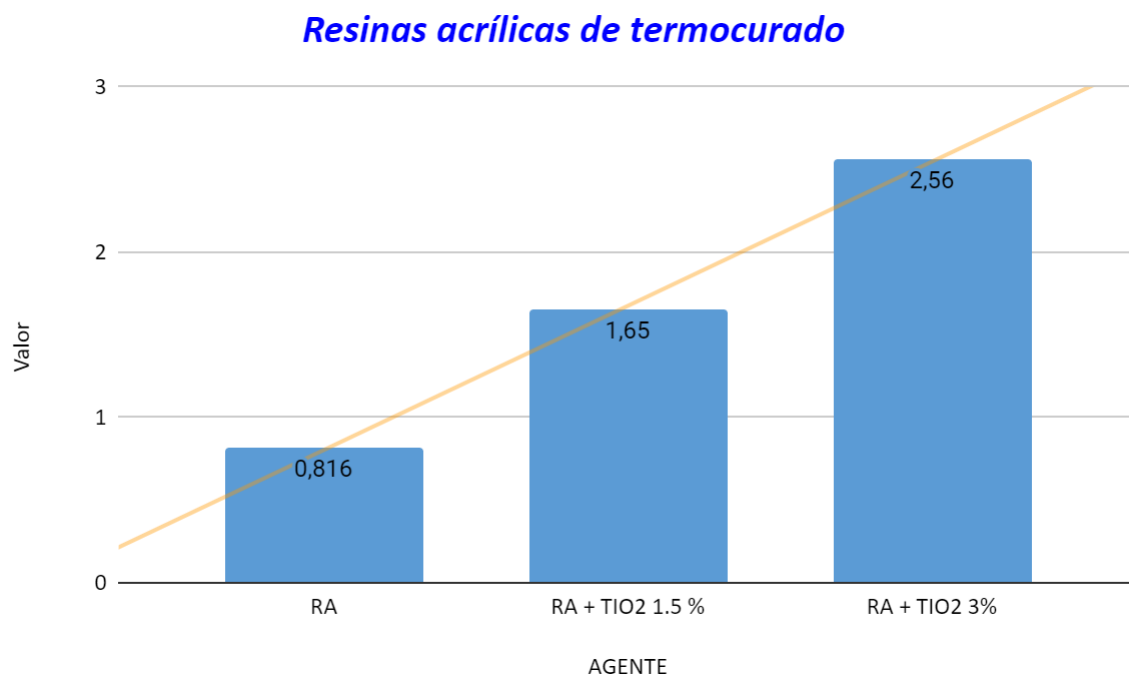
Ra: Resina acrílica de termocurado; Ra + nTiO₂: Resina acrílica de termocurado blanco asociado con nanopartículas de Dióxido de Titanio.

Ra: Resina acrílica de termocurado; Ra + nTiO₂: Resina acrílica de termocurado blanco asociado con nanopartículas de Dióxido de Titanio.

Tabla 02: Descripción de los valores de rugosidad superficial de resinas acrílicas

AGENTE	24 HORAS
RA	$0.816 \pm 0.26 \mu\text{m}$
RA + TiO ₂ 1.5%	$1.654 \pm 0.346 \mu\text{m}$
RA + TiO ₂ 3%	$2.569 \pm 0.707 \mu\text{m}$
Media \pm desviación estándar de la rugosidad superficial de resinas acrílicas	

Gráfico 1: Distribución de los valores de rugosidad superficial de resinas acrílicas



IX. ANEXOS

Cuadro de operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPOS	ESCALA	VALORES
Rugosidad superficial	Conjunto de irregularidades o imperfecciones microscópicas presentes en la superficie real de un objeto, que se desvían de la forma ideal geométrica.	Conjunto de irregularidades que posee una superficie presente en la resina acrílica.	Cuantitativa	Razón	Ra
Resina acrílica de termocurado	Entidad pública o privada que brinda información acerca de salud bucal, la cual puede ser por medio de distintas vías, para la mejora de la salud bucal en la población.	Discos de resinas acrílicas de termocurado experimentales elaboradas principalmente de una matriz de polimetilmetacrilato (PMMA)	Cualitativa	Politómica Nominal	Grupo 1: Resina acrílica de termocurado. Grupo 2: Resina acrílica de termocurado asociado a nanopartículas de titanio al 1.5% Grupo 3: Resina acrílica de termocurado asociado a nanopartículas de titanio al 3%