Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología

Escuela Profesional de Odontología

Efecto de los agentes aclaradores de peróxido de hidrogeno 35% y peróxido de carbamida 22% sobre la rugosidad superficial de dos resinas camaleónicas, Arequipa-2026

Tesis presentada por:

Cahuana Mamani, Fernando Jose

ORCID: 0009-0003-7192-2897

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

Dra. Salas Rojas, Mónica Hilda Cleofe

ORCID: 0000-0003-2704-7880

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Septiembre del 2026

Dictamen: 018802-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 018802, presentado por:

2020226821 - CAHUANA MAMANI FERNANDO JOSE

Titulado:

EFECTO DE LOS AGENTES ACLARADORES DE PERÓXIDO DE HIDROGENO 35% Y PERÓXIDO DE CARBAMIDA 22% SOBRE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE DOS RESINAS CAMALEÓNICAS, AREQUIPA-2026

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CIRUJANO DENTISTA

29714707 - QUIROZ HUERTA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR



04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR



29649041 - ZEVALLOS CHAVEZ MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR



EFECTO DE LOS AGENTES ACLARADORES DE PERÓXIDO DE HIDROGENO 35% Y PERÓXIDO DE CARBAMIDA 22% SOBRE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE DOS RESINAS CAMALEÓNICAS, AREQUIPA-2026

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	4%	1%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	11%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi mamá, Gladis Mamani Pacha, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional. Gracias por estar siempre a mi lado, por confiar en mí y por darme la fuerza necesaria para seguir adelante en los momentos más difíciles. Este logro también es tuyo.

A mi papá, Wilbert Cahuana Túpac, por su trabajo, sacrificio y apoyo constante a lo largo de estos años. Gracias por brindarme siempre tu respaldo y por enseñarme con tu ejemplo el valor de la responsabilidad y la perseverancia.

A mi hermanita y a mi hermanito, por su cariño, comprensión y apoyo durante este camino. Gracias por acompañarme y por ser una motivación para seguir esforzándome cada día y alcanzar mis metas.

A mis tíos, Gloria y William, y a mi prima Leydi Mamani, por su apoyo, confianza y palabras de aliento en los momentos en que más lo necesité. Gracias por acompañarme en este proceso y por alegrarse siempre de mis logros.

Con mucho cariño, dedico este trabajo a mi familia, que ha sido el motor principal para culminar esta importante etapa de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradezco a Dios por darme salud, fuerza y la oportunidad de llegar hasta este momento tan importante de mi vida. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino y por ayudarme a superar las dificultades que se presentaron durante mi formación profesional.

A mis padres, Gladis Mamani Pacha y Wilbert Cahuana Túpac, les agradezco de todo corazón por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional. Gracias por estar siempre a mi lado, por confiar en mí y por darme los consejos necesarios para seguir adelante. Todo lo que he logrado hasta hoy ha sido posible gracias a ustedes y a los sacrificios que realizaron para brindarme una mejor educación.

A todos mis doctores de clínica, gracias por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de estos años. Cada clínica, consejo y orientación me ayudaron a crecer tanto personal como profesionalmente. Me llevo muchos aprendizajes que serán de gran utilidad en mi vida laboral.

A mis amigos y compañeros, gracias por acompañarme durante esta etapa universitaria. Gracias por los momentos compartidos, por el apoyo mutuo, por las experiencias vividas y por hacer que este camino fuera más agradable. Siempre recordaré los buenos momentos y todo lo aprendido junto a ustedes.

Finalmente, agradezco a mi asesora, la Dra. Mónica Hilda Cleofé Salas Rojas, por su apoyo, paciencia y orientación durante el desarrollo de esta tesis. Gracias por dedicarme su tiempo, resolver mis dudas y brindarme las recomendaciones necesarias para culminar este trabajo de investigación.

A todas las personas que me apoyaron de una u otra manera para alcanzar esta meta, les doy las gracias de todo corazón.

EPIGRAFE

“No te dejes vencer por el mal; al contrario, vence el mal con el bien.”

Romanos 12:21

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad determinar el efecto *in vitro* del aclaramiento dental con peróxido de hidrógeno al 35% y peróxido de carbamida al 22% sobre la rugosidad superficial y el peso de las resinas camaleónicas Vittra APS Unique y Spicom A2. Para ello, se elaboraron 80 discos de resina, correspondientes a 40 muestras de cada material, los cuales fueron distribuidos en grupos control y experimentales (n = 10). Las evaluaciones se realizaron en cuatro momentos: una medición inicial (T_0), después de un proceso de pigmentación en Coca-Cola durante siete días (T_1) y tras dos sesiones consecutivas de aclaramiento (T_2 y T_3). En cada etapa se registró la rugosidad superficial mediante un rugosímetro Mitutoyo y el peso de las muestras utilizando una balanza analítica Sartorius. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Jamovi, aplicando las pruebas de Shapiro-Wilk, ANOVA y Tuckey, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Los resultados evidenciaron que al inicio del estudio no existían diferencias significativas entre los grupos evaluados. Sin embargo, luego de la pigmentación y del tratamiento aclarador, la resina Vittra APS Unique presentó los mayores valores de rugosidad superficial, alcanzando diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás grupos. Por su parte, la resina Spicom A2 mostró un comportamiento más estable y una menor alteración de su superficie. En relación con el peso, no se observaron cambios significativos en ninguna de las muestras durante las distintas etapas experimentales. Se concluye que los agentes aclaradores evaluados no afectan el peso de las resinas camaleónicas, aunque sí pueden modificar su rugosidad superficial, dependiendo de las características propias de cada material. Bajo las condiciones de este estudio, la resina Spicom A2 presentó una mejor resistencia superficial frente a la pigmentación y al aclaramiento dental en comparación con Vittra APS Unique.

Palabras clave: aclaramiento dental, rugosidad superficial, resina camaleónica

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the *in vitro* effect of dental bleaching with 35% hydrogen peroxide and 22% carbamide peroxide on the surface roughness and weight of Vittra APS Unique and Spicom A2 chameleon resin composites. A total of 80 resin discs were prepared, including 40 specimens of each material, and were distributed into control and experimental groups (n = 10). Evaluations were carried out at four time points: baseline (T_0), after a 7-day staining process in Coca-Cola (T_1), and after two consecutive bleaching sessions (T_2 and T_3). At each stage, surface roughness was measured using a Mitutoyo profilometer, while specimen weight was determined with a Sartorius analytical balance. The data were analyzed using Jamovi software, applying the Shapiro–Wilk, ANOVA, and Tuckey tests, with a significance level of $p \leq 0.05$. The results showed no significant differences among the groups at baseline. However, after staining and bleaching treatment, Vittra APS Unique exhibited the highest surface roughness values, showing statistically significant differences compared with the other groups. In contrast, Spicom A2 demonstrated greater surface stability and less alteration of its surface characteristics. Regarding weight, no significant changes were observed in any of the specimens throughout the experimental stages. It was concluded that the bleaching agents evaluated did not affect the weight of the chameleon resin composites; however, they were able to modify surface roughness depending on the characteristics of each material. Under the conditions of this study, Spicom A2 showed better surface resistance to staining and dental bleaching than Vittra APS Unique.

Keywords: Dental bleaching, surface roughness, chameleon resin composite.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPIGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **3**

PLANTEAMIENTO TEÓRICO **3**

1. Determinación del Problema: **4**

2. Pregunta de Investigación: **5**

3. Justificación: **5**

4. Objetivos: **6**

4.1 Objetivo General: 6

4.2 Objetivos Específicos: 6

5. Marco conceptual y antecedentes investigativos **7**

5.1 Marco conceptual **7**

5.1.1 Aclaramiento dental 7

5.1.2 Técnicas de Aclaramiento 7

5.1.3 Agentes Aclaradores 8

5.1.4 Grado de Aclaramiento : 10

5.1.5 Resinas Camaleónicas: 10

5.1.6 Caracterización de la Rugosidad Superficial (Ra) 13

5.1.7 Rugosimetría de Contacto: 14

5.1.8 Pigmentación 15

5.2 Antecedentes investigativos **17**

6. Hipótesis: 19

Hipótesis Nula: 19

Hipótesis Alternativa: 19

CAPÍTULO II 20

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL 20

1. Diseño Metodológico: 21
2. Población y Muestra: 21
3. Tabla de Variables 23
4. Instrumentos, Técnicas y Procedimientos 24
5. Plan de Análisis 30
6. Consideraciones Éticas 30
7. Recursos 30
8. Cronograma 31

CAPÍTULO III 33

1. Resultados 34
2. Discusión 43
3. Conclusiones 45
4. Recomendaciones 46

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Grupos experimentales.....22

Tabla 2 Operacionalización de variables 23

Tabla 3 Distribución del agente aclarador y solución de inmersión 29

Tabla 4 Cronograma 32

Tabla 5 Media y desviación estándar de los valores de rugosidad superficial (Ra) según grupo experimental y etapa de evaluación 36

Tabla 6 Media y desviación estándar de los valores de rugosidad Rz de la resina, en función de la condición del grupo y los desafíos evaluados.....38

Tabla 7 Media y desviación estándar de los valores de peso de la resina, en función a los desafíos evaluados 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Matriz de acero inoxidable de 3” x 8mm x 2mm 21
Figura 2 Evolución de la rugosidad superficial (Ra) de las resinas compuestas según grupo experimental y etapa de evaluación 34
Figura 3 Rugosidad Rz de la resina, en función del aclaramiento evaluado..... 37
Figura 4 Valor de peso en función del desafío evaluado 40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matrices de los resultados 52
Anexo 2 Fabricación de las Muestras 60
Anexo 3 Discos de resina 61
Anexo 4 Material para el pulido 62
Anexo 5 Medición de las muestras 63
Anexo 6 Mediciones de peso 64

INTRODUCCIÓN

El aclaramiento dental se ha vuelto uno de los tratamientos con mayor demanda debido a la alta importancia que los pacientes dan a la estética de su sonrisa. Este procedimiento se basa en una reacción química de oxidación donde agentes como el peróxido de hidrógeno y el de carbamida penetran los tejidos dentarios (2). Sin embargo, un punto crítico a considerar es que muchos pacientes ya tienen restauraciones de resina en boca, las cuales quedan expuestas directamente a estos geles oxidantes durante el tratamiento (10). Se ha reportado que esta exposición puede alterar la estructura y las propiedades superficiales de los materiales restauradores (12). Una de las propiedades más afectadas es la rugosidad superficial, la cual es determinante para que la restauración dure más tiempo y no afecte los tejidos vecinos. Si la rugosidad aumenta, se crea un ambiente favorable para que las bacterias formen biopelícula y para que las manchas de los alimentos se peguen con más facilidad (4).

Por otro lado, la tecnología de materiales ha evolucionado hacia las resinas "camaleónicas" o de un solo tono, que aprovechan sus propiedades ópticas para igualar el color del diente sin necesidad de una guía de colores compleja. Materiales como Vittra APS Unique prometen simplificar el trabajo clínico mediante este efecto de mimetismo (5). Actualmente existe incertidumbre sobre cómo reaccionan estas nuevas resinas al ser sometidas a diferentes concentraciones de agentes blanqueadores (7). El peróxido de hidrógeno al 35%, al ser de uso profesional, actúa de forma muy rápida y potente, liberando radicales que golpean la superficie de la resina (13). En contraste, el peróxido de carbamida al 22% se usa por tiempos más largos en casa, lo que podría generar un desgaste distinto en la matriz del material (6).

La degradación suele ocurrir cuando se daña la unión entre la parte orgánica de la resina y sus partículas de relleno (17). En las resinas de nanorelleno, el orden y el tamaño de estas partículas son fundamentales para resistir el ataque químico(7). Algunos autores sugieren que, gracias a que las resinas camaleónicas tienen rellenos muy uniformes, podrían ser más estables ante el blanqueamiento (8). Sin embargo, también hay evidencia de que el peróxido puede causar que se pierdan componentes del material, aumentando su porosidad (14). Por esta razón, es fundamental comparar los protocolos de oficina versus los caseros para saber cuál daña menos la superficie (8).

En las pruebas *in vitro*, usaremos agua destilada para mantener humectadas las piezas de muestra de resinas ya que esto influye directamente en la textura final de la resina (9), 18). Además, sabemos que un aumento en la rugosidad suele venir acompañado de una pérdida de dureza del material. Si la superficie de una resina camaleónica se vuelve rugosa, su capacidad de mimetizarse y su brillo podrían perderse. Por todo esto, mi investigación se enfoca en evaluar cómo afectan el peróxido de hidrógeno al 35% y el de carbamida al 22% a estas resinas. El objetivo es ver si existen diferencias reales entre las marcas comerciales más usadas (10) y así poder recomendar a los pacientes protocolos de estética que sean seguros y duraderos (4). Para asegurar que los datos sean exactos, utilizaremos mediciones con rugosímetros digitales y muestras estandarizadas (7). En definitiva, entender cómo interactúan estos químicos con las resinas modernas es clave para una odontología actual y mínimamente invasiva (5).

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Determinación del Problema:

En la práctica odontológica actual, el uso de aclaradores dentales se ha incrementado por ser una alternativa conservadora y estética (1). Estos procedimientos emplean agentes aclarante a base de peróxido de hidrógeno o de carbamida, cuya liberación de radicales libres induce la descomposición oxidativa de los pigmentos dentales (5,11,12). Sin embargo, cuando estos geles entran en contacto con restauraciones de resina compuesta, la reacción oxidativa puede deteriorar la matriz polimérica y alterar la superficie del material (4,13,14).

La rugosidad superficial es una propiedad crítica para la longevidad de las restauraciones, ya que un incremento en sus valores favorece la acumulación de placa, la pérdida de brillo y la tinción del material (3,4). En los últimos años se han introducido resinas de tono único como Vittra APS Unique, las cuales prescinden de los pigmentos convencionales y logran mimetizar el color del diente reflejando la luz a través del sistema APS. Resulta importante evaluar cómo reacciona esta tecnología frente a resinas nanohíbridas tradicionales de tono preestablecido, como Spicom A2 (Spident), cuya matriz de monómeros (Bis-GMA/TEGDMA) y partículas de vidrio suele ser sensible al ataque químico.

La necesidad de comparar ambas resinas radica en que su desgaste estético frente al aclaramiento ocurre de forma distinta. En una resina nanohíbrida como Spicom A2, la pérdida de matriz orgánica deja expuestas las partículas de relleno, generando zonas irregulares que captan pigmentos con mayor facilidad. Por otro lado, en una resina de color estructural como Vittra APS Unique, la alteración de la textura superficial puede dispersar la luz en distintas direcciones, afectando la transmisión del color del diente vecino y anulando su efecto camaleón.

Asimismo, es necesario analizar el comportamiento de estos materiales ante dos tratamientos químicamente distintos: el Peróxido de Hidrógeno al 35%, de uso en consultorio, que actúa con una alta concentración de radicales libres en periodos cortos; y el Peróxido de Carbamida al 22%, utilizado en casa, cuya descomposición gradual en peróxido y urea somete a la resina a un contacto más prolongado (3,6,11,15).

Debido a que existe poca información comparativa sobre el impacto topográfico y óptico que generan las técnicas de aclaramiento ambulatorio y en consultorio sobre resinas de color estructural frente a las nanohíbridas tradicionales, se justifica la realización de este estudio.

2. Pregunta de Investigación:

"¿Cuál es el efecto *in vitro* del aclaramiento con peróxido de hidrógeno al 35% y peróxido de carbamida al 22% sobre la rugosidad superficial de resinas camaleónicas sometidas a un agente pigmentante?"

3. Justificación:

Basado en la degradación oxidativa mediante peróxidos de hidrógeno o de carbamida, el aclaramiento dental representa uno de los procedimientos estéticos más solicitados en la clínica odontológica actual (5,6,11). Sin embargo, el contacto de los geles blanqueadores con restauraciones de resina compuestas preexistentes puede causar alteraciones en la superficie del material (4,13). Un aumento en la rugosidad superficial no solo afecta la estética al quitarle brillo a la restauración, sino que facilita la retención de pigmentos y la acumulación de placa bacteriana (4,9,16).

En los últimos años se han introducido resinas de tono único como Vittra APS Unique, las cuales buscan mimetizar el color del diente mediante la transmisión de la luz en lugar de usar pigmentos tradicionales. Resulta necesario comparar este tipo de tecnología con resinas nanohíbridas convencionales de tono definido, como Spicom A2 (Spident), ya que aún no existe suficiente información sobre cómo responde la superficie de cada una ante distintos geles de aclaramiento (4,13,14)

Para simular una condición clínicamente relevante, en este estudio se justifica el uso de Coca-Cola durante 7 días continuos como medio de pigmentación y desafío ácido previo. En la literatura se acepta que 24 horas de inmersión continua de una muestra en refresco equivalen aproximadamente a un mes de consumo habitual en un paciente. Por lo tanto, exponer las resinas a 7 días de inmersión simula de forma acelerada un consumo constante de 7 meses. Además, el pH ácido de la bebida (2.5) generado por el ácido fosfórico provoca una erosión inicial en la matriz de la resina, reproduciendo el estado de una restauración expuesta a la dieta común de un paciente antes de someterse a un blanqueamiento.

Por otro lado, la investigación se fundamenta en comparar la respuesta de estas resinas ante dos técnicas con dinámicas de trabajo distintas: el Peróxido de Hidrógeno al 35%, de aplicación en consultorio con alta concentración en tiempos cortos; frente al Peróxido de Carbamida al 22%, de uso en casa, donde el contacto del agente con la restauración es más prolongado (6).

Los datos obtenidos en este estudio ofrecerán evidencia clínica para que el cirujano dentista pueda elegir el protocolo de aclaramiento más adecuado cuando el paciente presenta este tipo de restauraciones, reduciendo el riesgo de degradar el material y mejorando la longevidad del tratamiento (4,11,13,16)

4. Objetivos:

4.1 Objetivo General:

Determinar el efecto in vitro del aclaramiento dental con peróxido de hidrógeno al 35% y peróxido de carbamida al 22% sobre la rugosidad superficial de resinas camaleónicas.

4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la rugosidad superficial inicial de la resina camaleónica
- Comparar el efecto del peróxido de hidrógeno al 35% y de carbamida al 22% sobre la rugosidad de la resina.
- Determinar la variación de la rugosidad en las muestras aclaradas tras ser expuestas a la pigmentación
- Determinar qué agente de aclaramiento genera mayor susceptibilidad a la rugosidad final tras el aclaramiento y la pigmentación

5. Marco conceptual y antecedentes investigativos

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Aclaramiento dental

a) Definición: El aclaramiento dental constituye una alternativa estética conservadora orientada a disminuir la cromaticidad y remover los pigmentos intrínsecos y extrínsecos del tejido dentario (1)(2). A diferencia de otras técnicas, este no es un proceso mecánico de abrasión, sino una terapia química basada en la difusión de agentes oxidantes que interactúan con el complejo esmalte-dentina para mejorar la luminosidad de la sonrisa sin comprometer la forma original de las piezas (2).

b) Composición: La base terapéutica de los sistemas actuales descansa en dos compuestos principales: el peróxido de hidrógeno (Whiteness HP Max) y el peróxido de carbamida (Whiteness Perfect) cuyas diferencias radican en su concentración y estabilidad (6).

5.1.2 Técnicas de Aclaramiento

a) Aclaramiento en Consultorio (In-Office Bleaching):

Es el protocolo ejecutado estrictamente por el odontólogo mediante el uso de peróxido de hidrógeno al 35% (Whiteness HP Max). Debido a la potencia del gel, se requiere el uso de barreras gingivales para evitar daños en los tejidos blandos. Su mayor beneficio es la obtención de resultados inmediatos en citas de corta duración, gracias a la rápida liberación de oxígeno que caracteriza a estas concentraciones (4,5,11,16).

b) Aclaramiento en Casa (At-Home Bleaching):

Esta modalidad es guiada por el profesional pero realizada por el propio paciente mediante cubetas de acetato a medida. Se suelen emplear geles de peróxido de carbamida (Whiteness Perfect) (como el de 22%), los cuales liberan el agente activo de forma pausada. Esto permite un tratamiento más gradual y cómodo, reduciendo significativamente la posibilidad de sensibilidad dental severa (6).

c) Aclaramiento Combinado (Combined Bleaching):

Busca aprovechar el impacto inicial del aclaramiento en el consultorio y reforzarlo con la estabilidad que ofrece el tratamiento en casa. Se utiliza con frecuencia para alcanzar tonos más blancos en casos complejos, garantizando que el color se mantenga estable por un periodo de tiempo más prolongado (6).

5.1.3 Agentes Aclaradores

Definición: agentes aclaradores a aquellas sustancias químicas con alto potencial oxidativo que, al entrar en contacto con la estructura dental, tienen la capacidad de difundirse y degradar pigmentos orgánicos. Estos compuestos actúan principalmente mediante la liberación de radicales libres que transforman las moléculas complejas de color en estructuras más simples, logrando así un cambio en la reflexión de la luz y, por ende, una apariencia más clara del diente (1) .

Composición:

Peróxido de Hidrógeno al 35% (Whiteness HP Max)**:** Es el estándar para el tratamiento en el consultorio debido a su alta reactividad. Al ser una molécula inestable de bajo peso molecular, penetra rápidamente los tejidos, liberando oxígeno de forma inmediata para lograr cambios cromáticos en sesiones cortas bajo supervisión profesional (4,5,7,9)

Naturaleza química:

Se define como un agente oxidante inorgánico de estructura simple e inestable. Debido a su reducido peso molecular , posee una alta capacidad de difusión hacia el interior de los tejidos dentarios (11, 13). Dado su comportamiento químico directo, el agente se disocia de inmediato al ser aplicado, liberando radicales libres cuya reactividad instantánea logra una eficaz oxidación de los pigmentos en periodos de tratamiento breves (13, 14).

Mecanismo de Acción: El peróxido de hidrógeno (Whiteness HP Max) actúa mediante una oxidación directa y rápida. Debido a su bajo peso molecular, difunde con facilidad a través del esmalte hasta la dentina (13). Su reactividad es inmediata: al contacto con el diente, se descompone y libera radicales libres de alto poder oxidativo, principalmente el radical hidroxilo (11, 14).

Estos radicales fragmentan los enlaces dobles de los cromóforos (moléculas del color), convirtiéndolos en estructuras más simples y claras (11). La alta concentración de este agente (35%) provoca una liberación masiva de radicales libres en poco tiempo, pudiendo resultar más perjudicial para la matriz polimérica de la resina compuesta durante los tiempos de exposición clínica (7).

Peróxido de Carbamida (CP)

Este compuesto es una combinación de peróxido de hidrógeno y urea. Su importancia reside en su disociación lenta; al contacto con la humedad, se descompone liberando aproximadamente un tercio de su concentración en hidrógeno activo. La urea presente actúa como un estabilizador que eleva el pH, lo que lo convierte en una opción más controlada para protocolos ambulatorios prolongados.

Naturaleza Química:

Es un aducto químico compuesto por la unión de peróxido de hidrógeno y urea (11). A diferencia del hidrógeno puro, su naturaleza es de acción indirecta y mayor estabilidad. Al interactuar con la saliva, el compuesto experimenta una hidrólisis que libera un 7.5% de peróxido de hidrógeno como elemento activo y un 14.5% de urea (11, 18). Esta configuración permite que la urea actúe como un regulador de pH, neutralizando la acidez y permitiendo una liberación de oxígeno más lenta y sostenida.

Mecanismo de Acción: emplea un mecanismo de liberación lenta y controlada. Al interactuar con la humedad oral, se disocia aproximadamente en un 7.5% de peróxido de hidrógeno y un 14.5% de urea.

Fase Oxidativa: El peróxido de hidrógeno liberado realiza la degradación de pigmentos de forma pausada y constante durante varias horas .

Estabilización del pH: La urea se descompone en amoníaco y dióxido de carbono, elevando el pH de la mezcla. Este ambiente básico ayuda a neutralizar la acidez del proceso, protegiendo la integridad mineral (18).

5.1.4 Grado de Aclaramiento :

a) Definición:

Es la forma de medir objetivamente qué tan bien funcionó el blanqueamiento, evaluando el cambio de color visible que logran los agentes peroxidados al oxidar los pigmentos. Este proceso descompone las moléculas orgánicas pigmentadas (cromóforos) en compuestos más pequeños e incoloros, lo que provoca que el esmalte dental refleje una mayor cantidad de luz, aumentando su luminosidad (17)(13).

5.1.5 Resinas Camaleónicas:

b) Definición:

Las resinas camaleónicas, o de tono único, representan un avance disruptivo en la odontología restauradora basado en la Tecnología Cromática Inteligente. A diferencia de los composites tradicionales que utilizan pigmentos químicos para igualar las guías VITA, estos materiales basan su estética en propiedades físicas de la luz. Su principio fundamental es la capacidad de mimetismo, donde el material absorbe y refleja las longitudes de onda del diente natural circundante, logrando una transición invisible entre la restauración y el tejido dentario con un solo color universal (18,19).

c) Composición:

Composición y Estructura

Matriz Orgánica: Constituye el esqueleto plástico de la resina. Está formada por una mezcla de monómeros hidrofóbicos como el Bis-GMA(Bisfenol A-glicidil metacrilato), que aporta rigidez y viscosidad, y el UDMA (Uretano de dimetacrilato). Para controlar la fluidez y el grado de conversión, se añaden monómeros de bajo peso molecular como el TEGDMA. En estas resinas, la matriz es especialmente translúcida para evitar la opacidad y permitir que la luz viaje a través del material y “capture” el color de las paredes cavitarias (20,21). Esta fase

es la más vulnerable ante el ataque de los agentes aclaradores (HP y CP), ya que la oxidación puede romper sus cadenas poliméricas.

Relleno Inorgánico y orgánico Es el responsable de las propiedades mecánicas y el efecto óptico. Se compone de partículas submicrónicas de dióxido de zirconio y sílice, con un tamaño uniforme y esférico (aprox. 260 nm). Estas partículas no actúan como pigmentos, sino como prismas que generan el fenómeno de dispersión de luz. Al tener un índice de refracción similar al de la matriz orgánica, el material se vuelve "transparente" al ojo humano, adoptando el color del fondo (7, 8). Además, incluye partículas de relleno prepolimerizado para reducir la contracción de polimerización.

Clasificación: Se categorizan como composites de nanorelleno o submicrónicos. Dependiendo de su carga de relleno, se clasifican en resinas de alta densidad (para restauraciones que soportan carga oclusal) y resinas fluidas (para zonas de difícil acceso o sellado de márgenes). Su principal distinción clínica es ser "omnicromáticas", cubriendo todo el espectro de la guía de colores con una única jeringa (7, 10).

a) Resinas:

Resina Vitra Unique APS

Este material es un referente en la odontología actual gracias al uso de la Tecnología Cromática Inteligente, diseñada para simplificar la selección de color en el sector anterior y posterior. (1)

Fundamento Tecnológico (Sistema APS): Los estudios científicos explican que esta resina incorpora la tecnología APS (Advanced Polymerization System), la cual marca una diferencia frente a los composites tradicionales.(2) Los sistemas comunes dependen de la canforoquinona, un fotoiniciador que suele dejar un tono amarillento tras el curado. El sistema APS reduce este componente al mínimo incorporando co-iniciadores transparentes. Gracias a esto, la resina no altera el color final del diente y funciona químicamente como un cristal neutro o "espejo".(2,3)

Mecanismo de Camaleonismo: A nivel óptico, las investigaciones demuestran que Vittra Unique prescinde de los pigmentos de color opacos tradicionales.(1) En su lugar, el tamaño de sus cargas cerámicas y su matriz orgánica están calibrados para igualar con precisión

el índice de refracción de la luz del esmalte y la dentina(1,4) Al recibir la luz del entorno, el composite la absorbe y la transmite desde las paredes sanas del diente, consiguiendo que una sola jeringa imite todas las tonalidades de la guía VITA (desde el A1 hasta el D4).(4)

Aplicación en el Marco Teórico: Para la investigación, es crucial recalcar que este fenómeno óptico depende por completo del estado de la superficie de la restauración. (5) Si el pulido se altera y la superficie adquiere rugosidad (debido al desgaste por sustancias ácidas como la Coca-Cola o por la acción oxidante de los aclaradores dentales), la luz ya no se reflejará de forma directa sino difusa.(5,6) Esto rompe el efecto óptico del sistema APS, haciendo que el material pierda su mimetismo y se vuelva visible.(1.6)

Resina Spicom

Composites del fabricante coreano Spident se enfoca de manera primordial en el rendimiento físico y estructural de las resinas de composición nanohíbrida. (7)

Composición:

Estructura y Composición: Los reportes de laboratorio clasifican a la línea Escom dentro del grupo de las resinas nanohíbridas. (7) Su fórmula combina rellenos inorgánicos de diferentes escalas (partículas micro y nano de sílice coloidal y vidrio de bario). Al contar con una distribución trimodal de tamaños, el fabricante logra introducir un porcentaje muy alto de carga en volumen, buscando dar estabilidad y fuerza al material. (7,8)

Comportamiento ante la Degradación Superficial: La evidencia científica indica que las resinas con cargas híbridas mezcladas responden de forma muy distinta ante agresiones químicas (como bebidas ácidas o geles de peróxido)(9). Cuando estos agentes degradan la capa externa de la matriz de resina, las partículas de relleno más grandes tienden a desprenderse o quedar expuestas en el relieve. Esto genera un incremento notable en los valores de rugosidad superficial, a diferencia de los materiales compuestos exclusivamente por nanorrellenos esféricos homogéneos (6,9).

Propiedades Ópticas y Estabilidad del Color: Dado que esta tecnología basa su estética en una mezcla clásica de pigmentos químicos y cargas cerámicas, los artículos señalan que es propensa a la pigmentación extrínseca. Esto ocurre porque los monómeros de su matriz

(como Bis-GMA y TEGDMA) tienen cierta afinidad por absorber fluidos y colorantes de la dieta diaria, como los presentes en la Coca-Cola (10,11).

Propiedades físico mecánicas de las resinas:

Las propiedades fisio mecánicas son los requisitos físicos y mecánicos que deben cumplir los materiales restauradores para soportar las fuerzas de la masticación y mantener su integridad dentro del entorno bucal a lo largo del tiempo (12).

Dureza: La dureza es, la capacidad que tiene la resina para resistir rayaduras, golpes o el desgaste en su superficie. En la práctica clínica, es una propiedad súper importante porque nos dice qué tan bien va a aguantar el material el paso del tiempo y si va a poder mantener el brillo que le damos al pulirlo (14).

La dureza está ligada a la cantidad y al tamaño de las partículas de relleno que tiene la resina, además de un buen foto polimerizado. Cuanta más carga cerámica tenga el material, más duro será (13,15).

Elasticidad: La elasticidad es la propiedad que mide qué tan rígido o qué tan flexible es un material cuando se le aplica una fuerza. Indica cuánto puede deformarse la resina temporalmente ante la masticación y luego regresar a su forma original sin romperse (12).

Las resinas tengan un módulo de elasticidad muy parecido al de la dentina. Si la resina es demasiado rígida, no amortigua los golpes y puede romper el diente o despegarse de los márgenes. Pero si es demasiado blanda o flexible, se va a deformar de más y causará filtraciones en las orillas de la restauración (12).

5.1.6 Caracterización de la Rugosidad Superficial (Ra)

a) Definición: En la ciencia de los biomateriales, la rugosidad se define como la micro geometría de una superficie, compuesta por las desviaciones y relieves resultantes de su procesamiento o exposición ambiental. El parámetro más utilizado en la investigación odontológica es la Rugosidad Aritmética Media (Ra), la cual cuantifica el promedio de las alturas y profundidades registradas en un perfil determinado tras filtrar las irregularidades de gran escala (10).

b) Relevancia Clínica y Biocompatibilidad: La textura de una resina compuesta no es meramente un atributo estético, sino un determinante crítico de su comportamiento biológico. Se ha establecido que una superficie con un valor de superior a 0.2 m actúa como un nicho para la colonización bacteriana, facilitando la maduración del biofilm y dificultando la higiene del paciente (7). Asimismo, en materiales con propiedades ópticas avanzadas como las resinas camaleónicas, un incremento en la rugosidad provoca la dispersión desordenada de los haces de luz (reflexión difusa), lo que se traduce en una pérdida de brillo y una alteración en la capacidad de mimetismo del material (7, 10).

c) Dinámica de Degradación por Agentes Oxidantes: La estabilidad superficial de los composites depende de la integridad del enlace entre la matriz orgánica (polímero) y las partículas de relleno (fase inorgánica). Durante el aclaramiento dental, los radicales libres derivados del Peróxido de Hidrógeno al 35% o del Peróxido de Carbamida al 22% penetran la interfase de la resina, provocando la erosión de los monómeros de la matriz. Este proceso de degradación química deja expuestas las partículas de nanorelleno, las cuales pueden desprenderse, incrementando los picos y valles en la superficie y elevando significativamente los valores de (11, 13, 17).

d) Evaluación mediante Rugosimetría de Contacto: Para la obtención de datos objetivos, se emplea el rugosímetro de precisión. Este instrumento utiliza un palpador con punta de diamante que recorre la muestra a una velocidad constante. Las fluctuaciones mecánicas del palpador son procesadas digitalmente para calcular la rugosidad en micras (m), permitiendo comparar estadísticamente el efecto de diferentes protocolos de aclaramiento sobre la topografía del material restaurador (10, 18).

5.1.7 Rugosimetría de Contacto:

a) Definición y Fundamento Físico: El rugosímetro es un instrumento de metrología de alta precisión diseñado para la caracterización microtopográfica de las superficies. Su función principal radica en la cuantificación de las irregularidades morfológicas de un material que, por su escala nanométrica, resultan imperceptibles al examen clínico visual. En la investigación de biomateriales, este dispositivo permite traducir la textura física de las

resinas compuestas en unidades métricas comparables, aportando una base empírica y objetiva al estudio (10, 18).

b) Dinámica Operativa del Dispositivo: El equipo opera mediante un sistema de palpación mecánica. Su componente esencial es un estilete con punta de diamante de radio micrométrico, el cual recorre la superficie de la muestra a una velocidad constante sobre una longitud de muestreo definida (*cut-off*).

Durante este desplazamiento, el palpador experimenta deflexiones verticales que siguen fielmente el perfil de los picos y valles del material (2). Estas variaciones mecánicas son procesadas por un transductor que las convierte en señales digitales, generando un mapa del perfil real de la superficie analizada (10).

c) Interpretación del Parámetro : Dentro de los múltiples índices que proporciona la rugosimetría, el valor (Rugosidad Aritmética Media) es el estándar internacional para determinar la calidad de las restauraciones dentales. Este parámetro calcula el promedio de las desviaciones absolutas del perfil con respecto a una línea media imaginaria. En el contexto de tu investigación, un aumento del valor es el indicador directo de la pérdida de integridad estructural, señalando que la acción oxidante de los peróxidos ha alterado la uniformidad de la resina (13, 18).

d) Relevancia Científica: La utilización del rugosímetro es determinante para validar la longevidad de las resinas camaleónicas frente al aclaramiento dental. Al detectar variaciones mínimas tras la exposición al Peróxido de Hidrógeno al 35% o al Peróxido de Carbamida al 22%, el instrumento permite identificar fenómenos de erosión de la matriz orgánica o exposición de partículas de relleno. Esta precisión técnica es la que permite concluir con rigor si el tratamiento estético compromete la lisura superficial, factor crítico para evitar la tinción futura y la acumulación de biofilm bacteriano.

5.1.8 Pigmentación

a) Definición:

La estabilidad estética de las resinas depende de su resistencia a los cambios cromáticos, los cuales se categorizan según su origen:

Pigmentos Extrínsecos (Exógenos): Son colorantes provenientes del entorno externo que impactan la superficie de la restauración. Se originan principalmente por hábitos del paciente, como el tabaquismo o la ingesta frecuente de sustancias con alta carga cromática (vino tinto, café, bebidas carbonatadas). Su mecanismo de acción implica la adsorción superficial y la absorción de pigmentos a través de la matriz orgánica. La severidad de esta mancha está condicionada por la afinidad química entre el colorante y el material, así como por la rugosidad superficial del composite (22).

Pigmentos Intrínsecos (Endógenos): Se refieren a las alteraciones cromáticas que ocurren de forma interna en la estructura de la resina. Estos cambios están ligados a la naturaleza química del material, específicamente a la estabilidad de la matriz monomérica y el grado de conversión polimérica. Factores como la hidrofilia de monómeros (ej. TEGDMA) facilitan la captación interna de agua y subproductos químicos, provocando una decoloración profunda que no puede ser eliminada mediante procedimientos de limpieza profesional superficial.(22)

b) Agentes pigmentantes

Coca-cola como agente de tinción: Esta bebida se clasifica como uno de los factores extrínsecos más determinantes en la pérdida de estabilidad estética de las restauraciones de resina. Su capacidad de alteración cromática no solo reside en su coloración intensa, sino en su particular interacción química con la estructura del composite (23)

Sinergia entre colorantes y acidez: La presencia de colorante caramelo junto con una alta concentración de ácido fosfórico genera un entorno crítico para el material. El bajo pH de la bebida actúa erosionando la superficie de la resina, lo que debilita la matriz polimérica y facilita que los pigmentos se depositen y penetren con mayor libertad (adsorción y absorción) (23).

Degradación de la interfase matriz-relleno: El artículo destaca que la exposición prolongada a este líquido puede provocar el ablandamiento de la matriz orgánica. Este proceso de degradación química expone las partículas de relleno inorgánico, alterando la lisura superficial y transformando una superficie inicialmente pulida en una textura porosa y retentiva de manchas (23).

Impacto en la longevidad estética: Debido a su potencial erosivo, la Coca-Cola no solo causa una pigmentación inmediata, sino que modifica de forma permanente la microgeometría de la resina. Esto incrementa la susceptibilidad del material a futuras tinciones, incluso después de procedimientos de limpieza profesional, comprometiendo el éxito clínico a largo plazo (23).

5.2 Antecedentes investigativos

Título: Impact of Different Bleaching Methods on Surface Roughness, Microhardness, and Tooth-Restoration Interface of Ormocer- and Methacrylate-based Restorative Systems

Autores: Alkhuzaie AI, Elawsya ME, Elkholany NR

Año: 2025

Resumen: Este estudio experimental aporta a la investigación al analizar cómo los agentes aclaradores impactan la textura microtopográfica superficial de los composites. Su enfoque metodológico resulta altamente relevante para el presente trabajo, ya que evalúa la degradación de la matriz resinosa frente a la agresión química oxidativa. La investigación concluye que las alteraciones en los perfiles de rugosidad no ocurren de manera uniforme en todos los materiales, sino que la severidad del daño microtextural depende estrictamente de la formulación orgánica e intrínseca de la resina evaluada, lo que fundamenta la necesidad de comparar el comportamiento diferencial entre distintas marcas comerciales de resinas camaleónicas frente a los peróxidos.(2)

Título: Effect of Staining and External Bleaching on the Color Stability and Surface Roughness of Universal-Shade Resin-Based Composite

Autores: AlHabdan A, Alsuhaibani A, Alomran L, Almutib L

Año: 2025

Resumen: Centrado específicamente en la nueva tecnología de composites de sombreado universal o camaleónicos, este antecedente se alinea de forma directa con el núcleo de esta tesis. El estudio analiza los cambios morfológicos superficiales que experimentan estas resinas de tono único al ser sometidas a terapias aclaradoras externas combinadas con

desafíos cromáticos previos. Estos hallazgos nos dan un respaldo científico que sirven, porque demuestran con pruebas claras cómo la estructura de las resinas camaleónicas se altera con el blanqueamiento. El estudio nos deja ver que el hecho de que la superficie de la resina se mantenga estable o se destruya bajo el efecto de los geles aclaradores depende directamente de cómo está distribuido su nanorrelleno y qué tan vulnerable sea este. Al final, esto valida de forma experimental algo clave para este trabajo: que no podemos generalizar el comportamiento de estos materiales, ya que cada casa comercial fabrica su resina de manera distinta y, por lo tanto, cada una va a reaccionar con su propio patrón de rugosidad único cuando se expone al peróxido. (11)

Título: From Microstructure to Shade Shift: Confocal and Spectrophotometric Evaluation of Peroxide-Induced Dental Bleaching

Autores: Buzatu BLR, Luca MM, Galuscan A, Vaduva AO, Fratila AD, Dumitrescu R, et al.

Año: 2025

Resumen: Este estudio internacional resulta de máximo valor metodológico para la presente tesis, ya que analiza mediante tecnologías avanzadas (como la microscopía confocal) las alteraciones microestructurales exactas que sufren los composites modernos al ser expuestos a la acción química de los peróxidos aclaradores. Su enfoque se acopla directamente a nuestro tema debido que demuestra experimentalmente cómo los agentes blanqueadores van degradando selectivamente la superficie del material restaurador y modifican su relieve. Estos resultados nos sirven para demostrar científicamente que el aumento de la rugosidad tras el blanqueamiento no es solo un cambio de números en el rugosímetro. En realidad, el peróxido altera por completo la microestructura física de la resina, lo que afecta directamente cómo se va a ver la restauración y cómo va a envejecer clínicamente dentro de la boca del paciente.(24)

Título: Factores que influyen en la pigmentación de las resinas compuestas dentales.
Autores: Macías Reyna MJ.

Año: 2020

Resumen: Este antecedente de nivel nacional aporta el sustento indispensable para comprender la fase intermedia de tinción cromática aplicada en nuestro protocolo experimental en Arequipa. El texto desglosa cómo las características estructurales de los materiales estéticos como la sorción acuosa y la composición de la matriz polimérica regulan la interacción del composite con medios fluidos y agentes químicos externos. Este estudio es clave para mi trabajo porque explica exactamente cómo la superficie inicial de la resina pierde su sellado y se vuelve vulnerable. Esto me permite discutir a nivel clínico cómo el blanqueamiento, al aumentar la rugosidad, altera por completo la lisura del material. Básicamente, deja la superficie áspera, lo que acelera y facilita que los pigmentos de la dieta se depositen en la resina dentro de la boca (23).

6. Hipótesis:

Hipótesis Nula:

Hipótesis Nula (H0): No habrá cambios significativos en la textura de la superficie de las resinas camaleónicas (rugosidad Ra), indistintamente si se usa peróxido de hidrógeno al 35% o peróxido de carbamida al 22%; el material se comportará igual ante ambos agentes de aclaramiento.

Hipótesis Alternativa:

Hipótesis Alternativa (Ha): Habrá cambios significativos en la textura de la superficie (rugosidad Ra) de las resinas camaleónicas, sin importar si se usa peróxido de hidrógeno al 35% o peróxido de carbamida al 22%; el material no tendrá una reacción igual ante ambos agentes de aclaramiento.

CAPÍTULO II
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL TÉCNICAS,INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1. Diseño Metodológico:

La presente investigación se clasifica como un estudio de carácter experimental, comparativo y de nivel explicativo. El diseño es de tipo *in vitro*, con un enfoque prospectivo y longitudinal, ya que las variables se analizarán de manera secuencial en dos periodos determinados: una fase basal (inicial) y una fase post-tratamiento (tras la aplicación de los protocolos de aclaramiento y pigmentación).

2. Población y Muestra:

Población

La población teórica está hecha a base de discos de resina camaleónica

Muestra

Resinas

Se utilizo una matriz calibrada de 3 pulgadas x 2mm de grosor y 8mm de diámetro para la elaboración los discos de resina compuesta (25). El estudio contó con 80 discos en total, repartidos en 40 muestras para la resina Vitra APS Unique y 40 para Spicom A2. Para el análisis, los discos de cada marca se organizaron en cuatro subgrupos compuestos por 10 piezas cada uno.

Figura 1 Matriz de acero inoxidable de 3” x 8mm x 2mm



Estudios *in vitro*, la cual estará compuesta por:

Muestras de resina: Ochenta (n=80) discos de resina camaleónica

Grupos de Estudio

Los discos de resina serán divididos respectivamente en 2 grupos experimentales (n=10 por grupo/material) subdividido en 4 grupos, totalizando 80 muestras de análisis

Tabla 1 Grupos experimentales

GRUPO VITRA	**AGENTE ACLARADOR**
CV1 (discos de resina n=10) Resina Vittra APS Unique	CONTROL Agua destilada
CV2 (discos de resina n=10) Resina Vittra APS Unique	CONTROL Agua destilada
EV1 (discos de resina n=10) Resina Vittra APS Unique	Peróxido de Hidrógeno (Whiteness HP Max) Coca - Cola
EV2 (discos de resina n=10) Resina Vittra APS Unique	Peróxido de Carbamida (Whiteness Perfect) Coca - Cola

GRUPO SPICOM	**AGENTE ACLARADOR**
CS1 (discos de resina n=10) Spicom A2	CONTROL Agua destilada
CS2 (discos de resina n=10) Spicom A2	CONTROL Agua destilada

ES1 (discos de resina n=10) Spicom A2	Peróxido de Hidrógeno (Whiteness HP Max) Coca - Cola
ES2 (discos de resina n=10) Spicom A2	Peróxido de Carbamida (Whiteness Perfect) Coca - Cola

3. Tabla de Variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Indicador	Unidad de Categoría	Escala de Medición
Agente Aclarador	Cualitativa	Nombre comercial del agente aplicado a cada grupo experimental.	Whiteness HP Max (35%) Whiteness Perfect (22%)	Nominal
Grado de rugosímetro	Cuantitativa	Diferencia de rugosidad entre la medición basal y post-tratamiento	Valor numérico calculado por rugosímetro	Razón
Sustrato de resina camaleónica	Cualitativa	Material sobre el cual se aplica el blanqueamiento. Discos de resina y esmalte	1. Resina camaleónica Vittra APS Unique 2. Resina camaleónica Spicom	Nominal

4. Instrumentos, Técnicas y Procedimientos

1.1 TECNICAS

Técnica experimental in vitro:

Técnica experimental en ambiente controlado que permite reproducir el manchado y posterior aclaramiento dentario para monitorear y cuantificar las variaciones resultantes.

Observación instrumental:

Permitió medir objetivamente la textura superficial y el peso de las muestras en cada etapa del proceso mediante el uso de un rugosímetro.

1.2 INTRUMENTOS

a) Ficha de recolección de datos

Ficha de registro diseñada para documentar metódicamente las mediciones de rugosidad obtenidas en cada tiempo de seguimiento, organizando la información por código de muestra, tipo de sustrato y tratamiento aclarador.

b) Rugosímetro

Dispositivo digital Mitutoyo destinado a la medición cuantitativa y objetiva de la textura superficial de las muestra.

c) Peso

Balanza analítica digital (Sartorius), utilizada para la cuantificación objetiva de la masa en las muestras evaluadas.

1.3 PROCEDIMIENTOS

a. Elaboración y preparación de las muestras de resina camaleónica

1. Se realizo discos de resina de Vittra APS Unique y Spicom A2

2. La resina se colocó dentro de un bloque de 8×8 mm utilizando una espátula, para luego presionarla con una lámina de vidrio interponiendo una tira de celuloide, obteniendo así muestras de superficie lisa y regular.

3. Se llevó a cabo la fotopolimerización desde la superficie superior, empleando una lámpara LED Valo con una potencia de 1000 mW/cm².El tiempo de exposición fue de 40 segundos (25).

Durante la fase de polimerización, se estandarizó la distancia de la lámpara a aproximadamente 1 mm del cuerpo de la muestra. Tras completar el tiempo de curado, los bloques de resina se removieron minuciosamente del molde metálico (25).

4. Se pulieron con espirales de resina de 3 fases, usando cada espiral por cada 10 segundos en la superficie a trabajar (cada dos grupos se utilizó un juego de pulido nuevo)

5. Los discos de resina fueron resguardados por separado en cajas divididas por celdas individuales.

Medición Basal (T0):

Antes de iniciar cualquier tratamiento, se realizaron las mediciones basales de rugosidad superficial con el rugosímetro y peso para registrar el estado inicial de las muestras en bruto, es decir, sin haber sido expuestas a ningún agente pigmentante o aclarador.

b. Protocolo de pigmentación

Durante 7 días, los discos de resina se sumergieron 1 hora al día en 3 ml de Coca-Cola (renovando la gaseosa diariamente con una unidad nueva de 250 ml) y el resto de la jornada permanecieron sumergidos en 3 ml de agua destilada para su rehidratación.

Medición Post-Pigmentación (T1):

Para la evaluación del color, la primera medición se realizó exactamente 7 días después de haber sumergido las muestras en Coca-Cola, permitiendo así que el pigmento se estabilizara en el material. Inmediatamente después de este periodo, también se llevaron a cabo las mediciones de rugosidad superficial con el rugosímetro para registrar el estado inicial de los muestras post-pigmentación.

c. Protocolo de blanqueamiento para los dos sustratos

Aplicación del agente aclarante: Tras la fase de tinción, los especímenes de resina se sometieron a la aplicación de los dos sistemas de aclaramiento, de acuerdo con el protocolo clínico establecido.

PRIMERA APLICACIÓN DEL AGENTE ACLARADOR

- Se dispensó un estrato uniforme del agente gelificado (Whiteness HP Max a base de peróxido de hidrógeno o Whiteness Perfect a base de peróxido de carbamida) en la cara expuesta de los especímenes, respetando la distribución de los grupos evaluados (Vitra APS Unique o Spidcom A2).

- Se respetó el tiempo de acción estandarizado por el fabricante para la aplicación y efectividad del agente gelificado.

- **Peróxido de Hidrógeno al 35% - Whiteness HP Max, FGM** : El protocolo de aclaramiento con peróxido de hidrógeno al 35% (Whiteness HP Max, FGM) se estandarizó dosificando una capa de 0.05 mL por espécimen, correspondiente a un espesor de aproximadamente 1 mm sobre la cara expuesta. De acuerdo con las especificaciones del fabricante, se ejecutaron dos aplicaciones sucesivas de 15 minutos en cada sesión, totalizando 30 minutos diarios de contacto activo (26).

- **Peróxido de Carbamida al 22% - Whiteness Perfect, FGM**: Para el tratamiento con peróxido de carbamida al 22%, se dispensó un estrato de 0.05 mL de gel en la cara expuesta de cada espécimen. Siguiendo una metodología experimental in vitro para la difusión extendida del aclarador, se mantuvo un contacto ininterrumpido de 4 horas diarias con los sustratos evaluados (27,28).

- Cumplido el tiempo de contacto de cada agente, el gel fue retirado mediante lavado directo con agua destilada durante 30 segundos por muestra. Finalizado el procedimiento diario, cada muestra se colocó individualmente en un recipiente hermético con 3 mL de agua destilada para su rehidratación, manteniéndose a temperatura ambiente. Este proceso de aplicación, lavado y rehidratación se repitió durante 7 días calendario.

Medición Post-Tratamiento de la primera aplicación (T2): Para evaluar la rugosidad de las muestras de resina, se utilizó un rugosímetro de contacto previamente calibrado, siguiendo las instrucciones del fabricante. Cada espécimen se colocó sobre una base plana y estable para asegurar que las lecturas fueran precisas. El palpador del equipo pasó de forma uniforme sobre la superficie de cada muestra para registrar las irregularidades del material, obteniendo así los parámetros de rugosidad Ra y Rz . Estas mediciones se realizaron exactamente 7 días después

de la primera sesión de blanqueamiento, con el fin de permitir la rehidratación inicial de las muestras y evitar que la deshidratación causada por el peróxido alterara los resultados.

Medición Post-Tratamiento de peso (T2): Antes de la medición de rugosidad las muestras de resina fueron sometidos a un pesaje de balanza individualmente utilizando la balanza electrónica de precisión previamente calibrada. El peso de cada muestra se registró en gramos (g), procurando mantener las mismas condiciones durante todo el procedimiento para que no hubiese alteraciones.

Este procedimiento permitió llevar un control adecuado de las características físicas de las muestras empleadas en la investigación. Los datos obtenidos fueron anotados en una ficha de registro para su posterior análisis.

SEGUNDA APLICACIÓN DEL AGENTE ACLARADOR

- Se dispensó una capa uniforme del agente aclarante (Whiteness HP Max o Whiteness Perfect) sobre la superficie de cada sustrato, en función de su respectivo grupo experimental (Vitra APS Unique o Spidcom A2), respetando los tiempos de exposición señalados en las instrucciones de la casa comercial.

- Whiteness HP Max: : La aplicación del gel aclarante Whiteness HP Max (peróxido de hidrógeno al 35%) se ajustó a las pautas estandarizadas por la casa comercial FGM. El procedimiento consistió en dos aplicaciones consecutivas de 15 minutos por sesión de tratamiento (26).

- Whiteness Perfect : Para el peróxido de carbamida al 22%, se estableció un tiempo de exposición continua de 4 horas, siguiendo una adaptación de protocolos experimentales in vitro que promueven una mayor difusión e interacción del gel blanqueador con la superficie de los materiales (27,28).

- Finalizado cada tiempo de aplicación, se eliminó el agente aclarante, se lavaron los discos con agua destilada y se dejaron sumergidos en 3 ml de agua destilada para su rehidratación. Dicho protocolo se reiteró durante 7 días consecutivos.

Medición Post-Tratamiento de la segunda aplicación (T3): Para evaluar la rugosidad de las muestras de resina, se utilizó un rugosímetro de contacto previamente calibrado, siguiendo las instrucciones del fabricante. Cada espécimen se colocó sobre una base plana y estable para asegurar que las lecturas fueran precisas. El palpador del equipo pasó de forma uniforme sobre la superficie de cada muestra para registrar las irregularidades del material, obteniendo así los parámetros de rugosidad Ra y Rz . Estas mediciones se realizaron exactamente 7 días después de la segunda sesión de blanqueamiento, con el fin de permitir la rehidratación inicial de las muestras y evitar que la deshidratación causada por el peróxido alterara los resultados.

Medición Post-Tratamiento de peso (T3): Antes de la medición de rugosidad las muestras de resina fueron sometidos a un pesaje de balanza individualmente utilizando la balanza electrónica de precisión previamente calibrada. El peso de cada muestra se registró en gramos (g), procurando mantener las mismas condiciones durante todo el procedimiento para que no hubiese alteraciones.

Este procedimiento permitió llevar un control adecuado de las características físicas de las muestras empleadas en la investigación. Los datos obtenidos fueron anotados en una ficha de registro para su posterior análisis.

Tabla 3 Distribución del agente aclarador y solución de inmersión

GRUPOS	AGENTE ACLARADOR	SOLUCIÓN DE IMERCIÓN
CV1- CS1	CONTROL PH (Whiteness HP Max)	Agua destilada
CV2- CS2	CONTROL PC (Whiteness Perfect)	Agua destilada
EV1- ES1	PH (Whiteness HP Max)	Coca-Cola
EV2- ES2	PC (Whiteness Perfect)	Coca-Cola

5. Plan de Análisis

Los datos obtenidos se registraron en una base de datos centralizada y se procesaron mediante el software estadístico Jamovi (versión 2.3.18.0, Melbourne, Australia), estableciendo un nivel de significancia de $p<=0.05$.

. La normalidad en la distribución de las lecturas se constató inicialmente mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para el análisis intergrupal de muestras independientes, se empleó una prueba de ANOVA de un factor complementada con la evaluación post hoc de Tukey. Por su parte, las comparaciones intragrupales se ejecutaron mediante un ANOVA de medidas repetidas con su correspondiente prueba post hoc de Tukey.

6. Consideraciones Éticas

Esta investigación adoptó un diseño experimental in vitro, prescindiendo de la intervención directa en seres humanos o pacientes. El estudio se derivó del proyecto matriz titulado "Efecto de los agentes aclaradores de peróxido de hidrógeno 35% y peróxido de carbamida 22% sobre la rugosidad superficial de dos resinas camaleónicas - Arequipa 2026", sometido a dictamen y aprobación por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Católica de Santa María (UCSM) conforme a los reglamentos vigentes. Las fases experimentales se ejecutaron bajo normas de bioseguridad y buenas prácticas de laboratorio, velando por el manejo adecuado de reactivos, la trazabilidad de las mediciones y la reserva de los datos. La información resultante se utilizará estrictamente con fines científicos e institucionales, guiada por los principios de ética e integridad en la investigación.

1.1. Humanos

Tesista. **:**Bach. Cahuana Mamani,Fernando Jose

Asesor(a) **:**Dra. Salas Rojas, Mónica Hilda Clehofe

1.2. Virtuales

- **Recolección de datos:** Ficha de recolección y Excel
- **Análisis de Datos:** Software estadístico SPSS

1.3. Físicos

Laboratorio de investigación de la "Universidad Católica de Santa María" que proporciono los equipos para la realización de esa investigación.

- **Agentes de Estudio:** Whiteness HP Max (HP 35%), Whiteness Perfect (CP 22%) y resinas (Vittra APS Unique y Spicom A2)
- **Equipamiento de Medición:** Rugosímetro y pesa

1.4. Presupuesto

Los costos económicos derivados del desarrollo de esta investigación fueron sufragados en su totalidad por la autora, no habiendo recibido subvenciones ni financiamiento externo.

7. Cronograma

Tabla 4 Cronograma

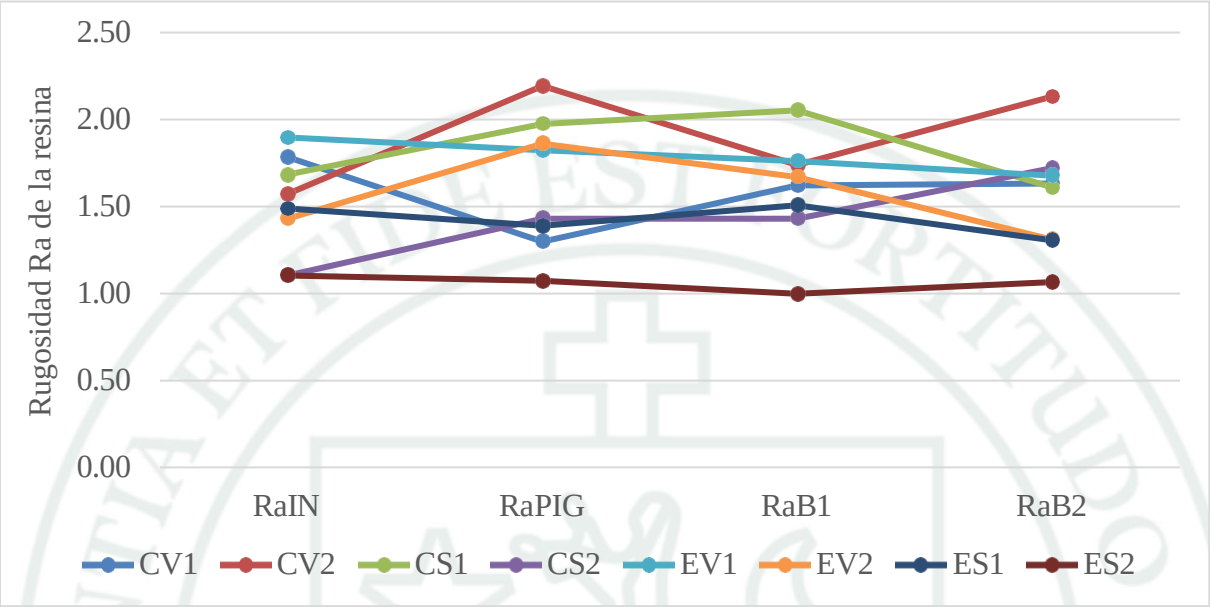
Tiempo	**2026**																							
	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
Actividades	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Aprobación del proyecto				**X**																				

Procedimientos Metodológicos					**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**											
Recolección de Datos														**X**	**X**	**X**	**X**	**X**						
Estructuración de datos																			**X**	**X**				
Informe Final																					**X**			

CAPÍTULO III
RESULTADOS

1. Resultados

Figura 2 Evolución de la rugosidad superficial (Ra) de las resinas compuestas según grupo experimental y etapa de evaluación



La evolución de la rugosidad superficial (Ra) en las distintas etapas experimentales se ilustra en la Figura 2, mientras que los valores promedio y las desviaciones estándar correspondientes se detallan analíticamente en la Tabla 5. Al realizar la evaluación intragrupo a lo largo del tiempo, la mayoría de los sistemas de resina compuesta no mostró variaciones estadísticamente significativas al comparar la medición basal (Ra IN) con las fases posteriores de pigmentación por inmersión y las dos aplicaciones del agente aclarador ($p > 0.05$). Este comportamiento confirma que las fluctuaciones numéricas observadas visualmente en los promedios a lo largo del protocolo no representan alteraciones micro topográficas reales ni cambios estructurales significativos en la superficie de los materiales.

Por otro lado, al ejecutar el análisis comparativo entre los diferentes grupos (intergrupo), la etapa basal (Ra IN) evidenció una condición inicial de rugosidad estadísticamente homogénea entre todos los muestras evaluados ($p > 0.05$), lo que garantizó la estandarización del acabado superficial antes de los desafíos químicos. Tras el procedimiento de pigmentación ácida (RaPIG), la prueba de comparación múltiple de Tukey registró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) de forma exclusiva entre el grupo ES2 (1.07±0.33 µm), correspondiente al subgrupo "a") y el grupo CV2 (2.19 ± 0.82 µm) correspondiente al subgrupo "b"). Los demás grupos experimentales

y controles compartieron la letra "ab", lo que demuestra formalmente que las diferencias numéricas observadas entre sus promedios no alcanzaron significancia estadística.

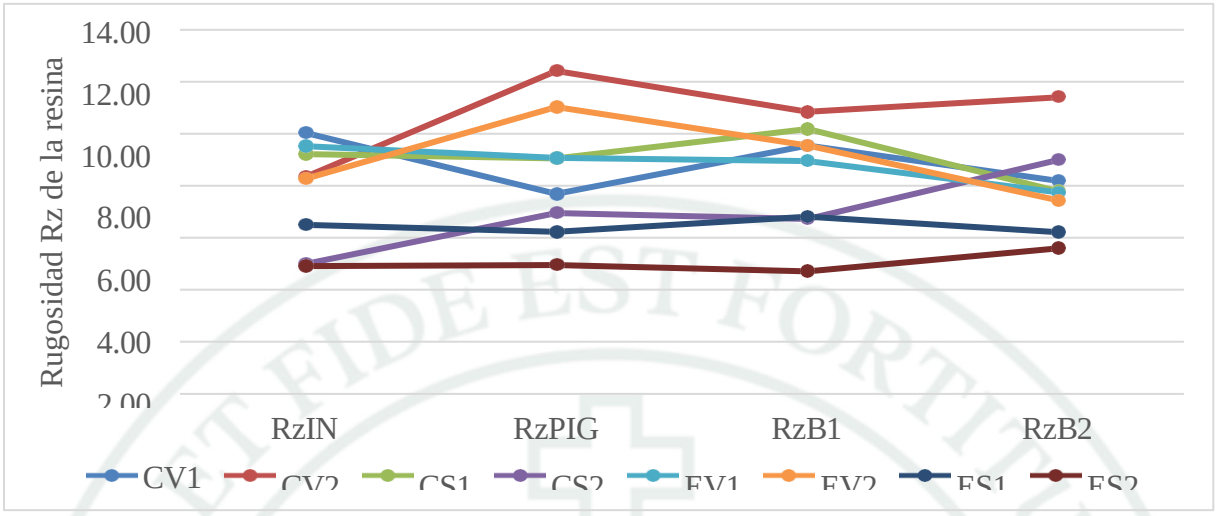
Posteriormente, al evaluar el efecto de la primera sesión de aclaramiento (RaB1), la significancia estadística ($p < 0.05$) se identificó únicamente entre el grupo ES2 (1.00± 0.30 μm) subgrupo "a") y el grupo CS1 (2.05 ± 0.95 μm) subgrupo "b"), manteniéndose el resto de los grupos dentro del subgrupo homogéneo "ab" sin diferencias significativas entre sí. Finalmente, al culminar la segunda aplicación del agente blanqueador (RaB2), el grupo ES2 (1.07 ± 0.42 μm) , subgrupo "a") conservó valores de rugosidad significativamente menores en comparación con el grupo CV2 (2.13 ± 0.76 μm) subgrupo "b") ($p < 0.05$). Todos los demás sistemas evaluados mantuvieron asignaciones de letras compartidas en la prueba de Tukey, ratificando un comportamiento estadísticamente equivalente durante la totalidad del ensayo experimental.

Tabla 5 Media y desviación estándar de los valores de rugosidad superficial (Ra) según grupo experimental y etapa de evaluación.

GRUPO	RaIN	RaPIG	RaB1	RaB2
CV1-(Vitra P. hidrogeno)	1,78 ± 0,98	1,30 ± 0,49 [ab]	1,62 ± 0,50 [ab]	1,63 ± 0,67 [ab]
CV2-(Vitra P. Carbamida)	1,75 ± 0,45	2,19 ± 0,82 [b]	1,74 ± 0,47 [ab]	2,13 ± 0,76 [b]
CS1-(Spicon P. Hidrogeno)	1,68 ± 0,97	1,98 ± 1,13 [ab]	2,05 ± 0,95 [b]	1,61 ± 0,89 [ab]
CS2-(Spicon P. Carbamida)	1,10 ± 0,46	1,43 ± 0,47 [ab]	1,43 ± 0,43 [ab]	1,72 ± 0,96 [ab]
EV1-(Vitra P. hidrogeno)	1,90 ± 0,86	1,82 ± 0,60 [ab]	1,76 ± 0,68 [ab]	1,68 ± 0,88 [ab]
EV2-(Vitra P. Carbamida)	1,43 ± 0,46	1,86 ± 0,67 [ab]	1,67 ± 0,81 [ab]	1,31 ± 0,46 [ab]
ES1-(Spicon P. Hidrogeno)	1,49 ± 0,80	1,39 ± 0,63[ab]	1,51 ± 0,64 [ab]	1,31 ± 0,61 [ab]
ES2-(Spicon P. Carbamida)	1,10 ± 0,28	1,07 ± 0,33[a]	1,00 ± 0,30 [a]	1,07 ± 0,42 [a]

RaIN: rugosidad inicial; RaPGI: rugosidad después de la pigmentación; RaB1: rugosidad después de la primera sesión de aclaramiento; RaB2: rugosidad después de la segunda sesión de aclaramiento. Los valores seguidos de letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$; prueba de Tuckey).

Figura 3 Rugosidad Rz de la resina, en función del aclaramiento evaluado



El comportamiento de los valores de rugosidad Rz se gráfica cronológicamente en la Figura 3 y sus registros numéricos correspondientes se presentan detalladamente en la Tabla 6. La comparación intergrupo en la medición basal (RzIN) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los ocho grupos analizados ($p > 0.05$), estableciendo un punto de partida uniforme para la evaluación del relieve microtopográfico.

No obstante, tras someter los discos al desafío de pigmentación (RzPIG), los grupos CV2 (12.42 ± 5.34 µm) y EV2 (11.03 ± 4.07 µm) ambos ubicados en el subgrupo "b" de Tukey, mostraron valores de Rz significativamente mayores en comparación con el grupo ES2 (4.96 ± 2.14 µm) subgrupo "a") ($p < 0.05$). Al analizar la respuesta posterior a la primera sesión de aclaramiento (RzB1), únicamente el grupo CV2 (10.84 ± 3.60 µm subgrupo "b") mantuvo una rugosidad Rz significativamente superior con respecto al grupo ES2 (4.71 ± 2.14 µm subgrupo "a") ($p < 0.05$), mientras los demás sistemas compartieron letras minúsculas en común.

De manera análoga, en la etapa de evaluación final tras el segundo blanqueamiento (RzB2), la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) se confirmó únicamente entre el grupo CV2 (11.41 ± 5.12 µm)subgrupo "b") y el grupo ES2 (5.60 ± 3.53 µm) subgrupo "a"). Debido a que los demás grupos pertenecían simultáneamente al subgrupo intermedio "ab", las oscilaciones numéricas observadas en sus promedios a lo largo del estudio no constituyeron alteraciones microtopográficas estadísticamente relevantes frente a la exposición de los agentes pigmentantes y aclaradores.

Tabla 6 Media y desviación estándar de los valores de rugosidad Rz de la resina, en función de la condición del grupo y los desafíos evaluados

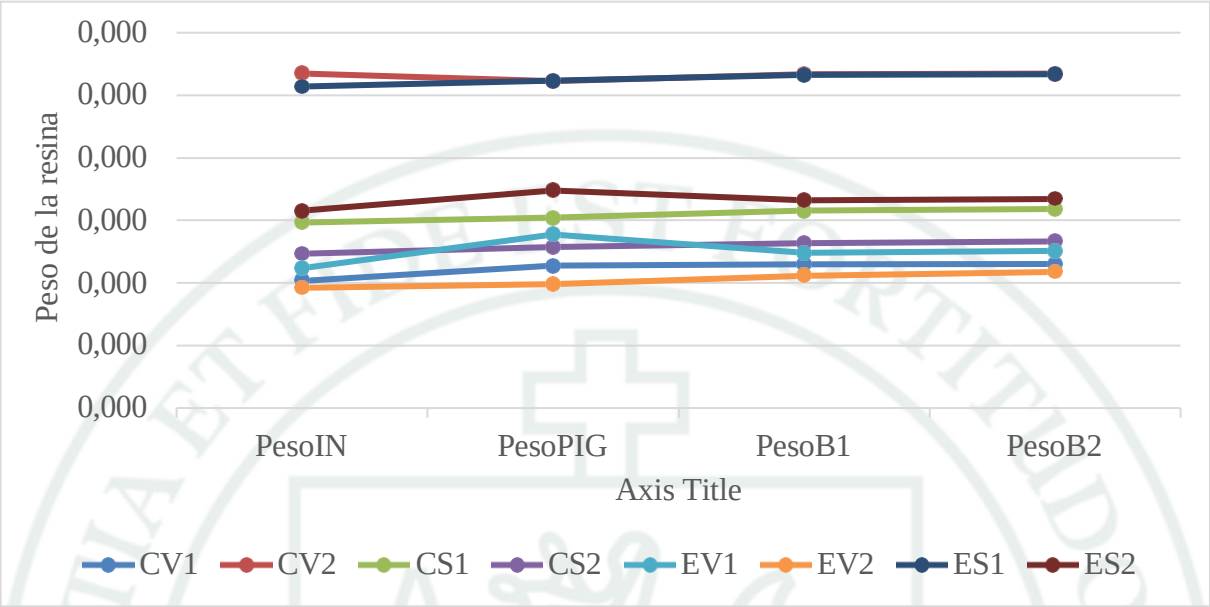
GRUPO	RzIN	RzPIG	RzB1	RzB2
CV1 (Vitra P. hidrogeno)	10,04 ± 5,68	7,69 ± 3,38 [ab]	9,54 ± 2,75 [ab]	8,20 ± 3,12 [ab]
CV2 (Vitra P. Carbamida)	8,34 ± 2,75	12,42 ± 5,34 [b]	10,84 ± 3,60 [b]	11,41 ± 5,12 [b]
CS1 (Spicon P. Hidrogeno)	9,22 ± 6,10	9,07 ± 5,16 [ab]	10,19 ± 5,44 [ab]	7,79 ± 3,94 [ab]
CS2 (Spicon P. Carbamida)	5,00 ± 1,98	6,96 ± 2,99 [ab]	6,73 ± 2,71 [ab]	9,00 ± 5,17 [ab]
EV1 (Vitra P. hidrogeno)	9,53 ± 5,30	9,07 ± 2,88 [ab]	8,95 ± 3,88 [ab]	7,75 ± 3,64 [ab]
EV2 (Vitra P. Carbamida)	8,26 ± 3,07	11,03 ± 4,07 [b]	9,55 ± 6,30 [b]	7,44 ± 2,68 [ab]
ES1 (Spicon P. Hidrogeno)	6,50 ± 2,92	6,22 ± 3,02 [ab]	6,81 ± 3,10 [ab]	6,22 ± 3,01 [ab]
ES2 (Spicon P. Carbamida)	4,91 ± 1,36	4,96 ± 2,14 [a]	4,71 ± 2,14 [a]	5,60 ± 3,53 [a]

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significativas a $p < 0.05$ (prueba de Tuckey). RzIN: rugosidad inicial; RzPIG: rugosidad después de la pigmentación; RzB1: rugosidad después de la primera aplicación de blanqueamiento; RzB2: rugosidad después de la segunda aplicación de blanqueamiento.

Los valores medios y desviaciones estándar de la rugosidad Rz en cada etapa del experimento se detallan en la Tabla 5. La mayoría de los sistemas conservaron valores estables de rugosidad hasta la etapa final (RzB2). No obstante, los sistemas Control Vitra Unique (CV2) y Experimental Vitra Unique (EV2) mostraron un aumento significativo en la Rugosidad luego de la pigmentación (RzPIG), manteniendo valores elevados tras la primera aplicación (RzB1) y la segunda aplicación de blanqueamiento (RzB2) ($p < 0.05$), lo que podría indicar una menor estabilidad microtopográfica o una menor capacidad de preservación superficial en comparación con los demás sistemas.

El análisis comparativo entre sistemas no evidenció diferencias significativas en los valores iniciales (RzIN) ($p > 0.05$). Sin embargo, tras la pigmentación, los sistemas CV2 y EV2 presentaron mayores valores de rugosidad después de la pigmentación (RzPIG) ($p < 0.05$). Tras la primera aplicación de blanqueamiento (RzB1), no se encontraron diferencias significativas entre la mayoría de los sistemas ($p > 0.05$), aunque en la etapa intermedia (RzB1), el sistema CV2 mostró el valor más elevado ($p < 0.05$). Finalmente, en la segunda aplicación de blanqueamiento (RzB2), la rugosidad más alta se observó en el sistema CV2 ($p < 0.05$).

Figura 4 Valor de peso en función del desafío evaluado



La evaluación del peso y el comportamiento de la masa de las muestras a lo largo del protocolo experimental se muestran en la Figura 4, reportándose los valores de media y desviación estándar en la Tabla 7. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey determinó de forma concluyente que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la masa de las muestras al comparar las cuatro etapas de evaluación (basal, pigmentación, primera y segunda sesión de aclaramiento) al interior de cada uno de los grupos de resina procesados. Las variaciones numéricas presentes entre las filas de la Tabla 7 se explican de forma exclusiva por las variaciones basales inherentes al peso inicial de los discos confeccionados, lo cual se refleja en la presencia de los subgrupos "a", "b" y "ab" en la prueba intergrupo. Por lo tanto, la estabilidad gráfica y la ausencia de cambios intragrupo a lo largo del experimento demuestran que la acción combinada del medio ácido sumergido y las aplicaciones químicas de los geles aclaradores no provocaron pérdida de masa por degradación de la matriz ni ganancia de peso por absorción hídrica desmedida que resultaran estadísticamente significativas en ninguno de los materiales restauradores evaluados ($p > 0.05$).

Tabla 7 Media y desviación estándar de los valores de peso de la resina, en función a los desafíos evaluado.

GRUPO	PesoIN	PesoPIG	PesoB1	PesoB2
CV1 (Vitra P. hidrogeno)	0,310 ± 0,009 [a]	0,311 ± 0,009 [a]	0,311 ± 0,009 [a]	0,312 ± 0,009 [a]
CV2 (Vitra P. Carbamida)	0,327 ± 0,012 [b]	0,326 ± 0,013 [b]	0,327 ± 0,013 [b]	0,327 ± 0,012 [b]
CS1 (Spicon P. Hidrogeno)	0,315 ± 0,012 [ab]	0,315 ± 0,012 [ab]	0,316 ± 0,012 [ab]	0,316 ± 0,012 [ab]
CS2 (Spicon P. Carbamida)	0,312 ± 0,009 [a]	0,313 ± 0,009 [ab]	0,313 ± 0,009 [ab]	0,313 ± 0,009 [ab]
EV1 (Vitra P. hidrogeno)	0,311 ± 0,008 [a]	0,314 ± 0,011 [ab]	0,312 ± 0,008 [a]	0,013 ± 0,008 [a]
EV2 (Vitra P. Carbamida)	0,310 ± 0,005 [a]	0,310 ± 0,005 [a]	0,311 ± 0,007 [a]	0,311 ± 0,005 [a]
ES1 (Spicon P. Hidrogeno)	0,326 ± 0,009 [b]	0,326 ± 0,009 [b]	0,327 ± 0,009 [b]	0,327 ± 0,009 [b]
ES2 (Spicon P. Carbamida)	0,316 ± 0,011 [ab]	0,317 ± 0,011 [ab]	0,317 ± 0,012 [ab]	0,317 ± 0,011 [ab]

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significantes a $p<0.05$ (prueba de Tuckey). PIN: pérdida de peso inicial; PPIG: pérdida de peso después de la pigmentación; PB1: pérdida de peso después de la primera aplicación de blanqueamiento; PB2: pérdida de peso después de la segunda aplicación de blanqueamiento

Los valores medios y desviaciones estándar correspondientes al peso en cada etapa se muestra en la Tabla 6. En la comparación entre sistemas, estos grupos (CV2) y (CS1) presentaron los mayores valores de peso inicial (PesoIN) ($p <0.05$), seguidos de manera muy cercana y homogénea por el grupo (ES1). Posteriormente, tras el desafío por inmersión en la fase de pigmentación (PesoPIG), no se detectaron variaciones clínicamente significativas ni alteraciones drásticas en la estabilidad de la masa entre los distintos grupos evaluados ($p > 0.05$), manteniendo una tendencia predominantemente lineal.

Finalmente, en las etapas del primer blanqueamiento (PesoB1) y del blanqueamiento final (PesoB2), los sistemas que se mantuvieron con registros de peso numéricamente más altos en los discos fueron CV2 y ES1, reflejando una inercia gravimétrica constante. En contraste, los sistemas con valores promedio menores (CV1, EV1 y EV2) mostraron un comportamiento de masa comparable entre sí a lo largo del espectro temporal, sin evidenciar pérdidas de peso estadísticamente significativas que sugieran degradación estructural o desprendimiento crítico de su matriz orgánica o de carga frente a los agentes aclaradores
evaluados ($p > 0.05$).

2. Discusión

El propósito de este trabajo fue examinar la influencia in vitro del peróxido de hidrógeno al 35% y del peróxido de carbamida al 22% sobre la rugosidad de superficie y el peso de resinas de efecto camaleón. Los datos demuestran que los cambios en la microtopografía de estos materiales no constituyen un fenómeno generalizado, estando supeditados a la formulación química y la arquitectura estructural específica de cada marca comercial.

La hipótesis planteada se aceptó de forma parcial. Por un lado, se confirmó que los agentes aclaradores no causan pérdidas de peso significativas en los materiales. Por otro lado, se rechazó la idea de que el blanqueamiento genera un aumento uniforme de la rugosidad en todas las resinas, observándose respuestas distintas según la marca evaluada.

En la etapa inicial, la rugosidad basal (RzIN) fue homogénea entre todos los grupos ($p > 0.05$). Esta equivalencia inicial coincide con lo reportado por Ferracane y van Noort (18, 20), quienes explican que los protocolos estandarizados de pulido y la confección de los muestras permiten obtener superficies lisas y uniformes antes de someterlas a desafíos químicos.

En cuanto a la evaluación del peso, no se registraron cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$) tras las aplicaciones de los peróxidos. Este comportamiento coincide con las observaciones de Dahl y Pallesen, así como de Tredwin et al. (9, 16), quienes señalan que la acción oxidante de los aclaradores ocurre a nivel superficial sin degradar la masa total del composite. Sin embargo, este resultado también debe analizarse. La balanza analítica utilizada contó con una precisión de 0,001 g, sensibilidad que podría resultar insuficiente para detectar micro variaciones de masa causadas por la lixiviación incipiente de monómeros o la pérdida de pequeñas partículas de relleno. Para registrar fenómenos mínimos de sorción acuosa o solubilidad matricial, se requeriría el uso de micro balanzas con una resolución de 0,0001 g o mayor.

Al analizar la rugosidad superficial (Ra y Rz), los resultados mostraron diferencias marcadas entre las marcas evaluadas. La revisión de Attin et al. (16) indica que los agentes blanqueadores suelen incrementar la rugosidad debido a la erosión de la matriz resinosa. No obstante, en esta investigación se observó que dicho efecto no es universal, lo que concuerda con lo señalado por Alkhuzaie et al. y AlHabdan et al. (2, 4, 5, 13) sobre la variabilidad en la respuesta de los composites según su formulación.

La mayor rugosidad registrada en el grupo de control de Vitra Unique (CV2) tras la pigmentación y el aclaramiento ($p < 0.05$) se explica por las características de su matriz orgánica y su tipo de relleno. Las matrices ricas en monómeros hidrofílicos absorben mayor cantidad de agua, facilitando el ingreso de los radicales libres del peróxido. Estos radicales rompen las cadenas poliméricas y ablandan la matriz, lo que debilita la unión de silano en la interfaz matriz-relleno. Como consecuencia, las partículas de carga se desprenden de la superficie, dejando cavidades que incrementan los valores de Rz.

En contraste, la estabilidad del sistema Spicom (grupos ES1 y ES2), que mantuvo los menores valores de rugosidad ($p < 0.05$), responde a una matriz orgánica más hidrófoba y a un empaquetamiento de nanorrelleno más denso. Una matriz resistente a la degradación química reduce la penetración del agente aclarador y evita el lavado del polímero. Asimismo, al contar con partículas de menor tamaño y una adecuada silanización, se reduce la matriz expuesta y se previene el desprendimiento de la carga. Por su parte, la variante EV2 mostró una ligera disminución en los valores de Rz al final del protocolo (RzB1 y RzB2), lo que sugiere que ciertas modificaciones en la estructura de la resina pueden mejorar su resistencia frente a los agentes oxidantes.

Entre las fortalezas del estudio se encuentra el diseño experimental secuencial, el cual simuló la secuencia clínica habitual de pigmentación por dieta y posterior aclaramiento. Además, la medición del parámetro Rz permitió identificar las variaciones profundas del relieve superficial que el promedio Ra no suele detectar (26–28). Como principal limitación del diseño experimental in vitro, no fue posible simular de forma integral las condiciones de la cavidad oral, entre las que destacan el efecto tampón salival, las fluctuaciones de temperatura y la abrasión mecánica por cargas masticatorias y de cepillado

Desde la perspectiva clínica, el aumento de la rugosidad favorece la retención de placa bacteriana y facilita la tinción posterior de la restauración (17, 24). Por ello, al realizar un aclaramiento dental en dientes restaurados con resinas de color único, se deben seleccionar materiales con alta estabilidad en su matriz y adecuada retención del relleno (como el sistema Spicom), asegurando la durabilidad estética de la restauración y la salud periodontal adyacente.

3. Conclusiones

PRIMERA: La rugosidad superficial inicial (RzIN) de las resinas compuestas de color único que fueron evaluadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p > 0,05$), registrando promedios basales que oscilaron entre 4,91 ± 1,36 μm (grupo ES2) y 10,04um 5,68 μm (grupo CV1). Esto confirma una condición microtopográfica basal homogénea en las muestras antes de los ensayos químicos.

SEGUNDA: La aplicación de PH al 35% y PC al 22% no generó cambios estadísticamente significativos en el peso de los muestras ($p > 0,05$). Sin embargo, la comparación entre marcas mostró una respuesta distinta en la rugosidad superficial; tras la segunda sesión de aclaramiento (RzB2), el grupo CV2 expuesto a peróxido de carbamida presentó una rugosidad significativamente mayor (11,41 5,12 μm) en comparación con el grupo ES2 (5,60 ± 3,53 μm) ($p < 0,05$).

TERCERA: La inmersión en la sustancia pigmentante provocó variaciones en la rugosidad superficial según el tipo de composite. Los grupos CV2 y EV2 expuestos a la solución ácida registraron incrementos en los valores de Rz (12,42± 5,34 μm) y 11,03 ± 4,07um) respectivamente), siendo significativamente superiores al grupo ES2 (4,96 ± 2,14 μm) ($p < 0,05$). Los demás grupos pertenecieron al mismo subgrupo de Tukey ($p > 0,05$), manteniendo valores de rugosidad equivalentes entre sí tras la pigmentación.

CUARTA: Al finalizar el protocolo de pigmentación y aclaramiento, el comportamiento varió según la resina y el agente utilizado. La resina Vitra Unique combinada con peróxido de carbamida al 22% (grupo CV2) registró la mayor rugosidad final (RzB2 = 11,41 ± 5,12 μm) diferenciándose de forma estadísticamente significativa del grupo ES2 (5,60 ± 3,53 μm) ($p < 0,05$).

QUINTA: Al finalizar el experimento, el peso de los muestras no registró cambios significativos ($p > 0,05$), mientras que en la rugosidad superficial solo el grupo CV2 mostró un incremento significativo final (Rz = 11,41 ± 5,12 μm) diferenciándose de la estabilidad lograda por el grupo ES2 (Rz = 5,60 ± 3,53 μm) ($p < 0,05$).

4. Recomendaciones

PRIMERA: Se recomienda aplicar sistemas de pulido rigurosos y multietapa después de aclarar dientes restaurados con resinas camaleónicas (especialmente Vitra Unique). Esto es clave para alisar el relieve rugoso que causa el blanqueamiento y así evitar que la resina se pigmente rápido o junte placa bacteriana en el futuro.

SEGUNDA: Se sugiere para próximas investigaciones complementar el análisis micro topográfico con pruebas de estabilidad de color (espectrofotometría) y micro dureza superficial. Esto permitirá comprobar si la pérdida de lisura observada en los grupos Vitra Unique afecta también el mimetismo estético y la resistencia mecánica de la resina.

TERCERA: Se recomienda realizar estudios a largo plazo que incluyan saliva artificial, cambios de temperatura (termociclado) y el desgaste por el cepillado dental mecánico. Como el peso de las muestras se mantuvo estático y plano en el laboratorio, es necesario evaluar si la fricción del cepillado diario llega a desprender la carga de estos composites.

CUARTA: Se recomienda al odontólogo clínico elegir la marca de resina camaleónica según el perfil del paciente. En pacientes que toman mucho café, té o vino, o que se realizan blanqueamientos constantes, se sugiere priorizar resinas con alta estabilidad superficial (como la línea Spicom), debido a su mayor resistencia frente a los desafíos químicos y cromáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. Dent Mater. mayo de 2007;23(5):586–96. doi:10.1016/j.dental.2006.03.018 PubMed PMID: 16820199.

2. Alkhuzaie AI, Elawsya ME, Elkholany NR. Impact of Different Bleaching Methods on Surface Roughness, Microhardness, and Tooth-Restoration Interface of Ormocer- and Methacrylate-based Restorative Systems. J Clin Exp Dent. el 1 de abril de 2025;17(4):e422–31. doi:10.4317/jced.62614 PubMed PMID: 40375839; PubMed Central PMCID: PMC12077838.

3. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. Quintessence Int. marzo de 1989;20(3):173–6. PubMed PMID: 2762507.

4. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations--a systematic review. Dent Mater. noviembre de 2004;20(9):852–61. doi:10.1016/j.dental.2004.04.002 PubMed PMID: 15451241.

5. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. J Dent. agosto de 2006;34(7):412–9. doi:10.1016/j.jdent.2006.02.002 PubMed PMID: 16569473.

6. Matis BA, Cochran MA, Eckert G. Review of the effectiveness of various tooth whitening systems. Oper Dent. 2009;34(2):230–5. doi:10.2341/08-74 PubMed PMID: 19363980.

7. Mushashe AM, Coelho BS, Garcia PP, Rechia BC do N, da Cunha LF, Correr GM, et al. Effect of different bleaching protocols on whitening efficiency and enamel superficial microhardness. J Clin Exp Dent. el 1 de agosto de 2018;10(8):e772–5. doi:10.4317/jced.54967 PubMed PMID: 30305875; PubMed Central PMCID: PMC6174019.

8. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. J Endod. abril de 2000;26(4):203–6. doi:10.1097/00004770-200004000-00001 PubMed PMID: 11199718.

9. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14(4):292–304. doi:10.1177/154411130301400406 PubMed PMID: 12907697.

10. Scribd [Internet]. [citado el 27 de abril de 2026]. Complete Dental Bleaching | PDF. Disponible en: https://www.scribd.com/document/374518452/Complete-dental-Bleaching

11. Carey CM. Tooth Whitening: What We Now Know. J Evid Based Dent Pract. junio de 2014;14 Suppl:70–6. doi:10.1016/j.jebdp.2014.02.006 PubMed PMID: 24929591; PubMed Central PMCID: PMC4058574.

12. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. En. Elsevier; 2019 [citado el 27 de abril de 2026]. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20150056039 doi:10.1016/C2015-0-05603-9

13. AlHabdan A, Alsuhaibani A, Alomran L, Almutib L. Effect of Staining and External Bleaching on the Color Stability and Surface Roughness of Universal-Shade Resin-Based Composite. Clin Cosmet Investig Dent. 2025;17:1–12. doi:10.2147/CCIDE.S494320 PubMed PMID: 39802459; PubMed Central PMCID: PMC11721001.

14. 23. Buzatu B L R, Luca M M, Galuscan A, Vaduva A O, Fratila A D, Dumitrescu R et al. From Microstructure to Shade Shift: Confocal and Spectrophotometric Evaluation of Peroxide-Induced Dental Bleaching. J Clin Med. 2025;14(13):4642. - Google Search [Internet]. [citado el 27 de abril de 2026]. Disponible en: https://www.mdpi.com/2077-0383/14/13/4642

15. Ismail AI, Tellez M, Pitts NB, Ekstrand KR, Ricketts D, Longbottom C, et al. Caries management pathways preserve dental tissues and promote oral health. Community Dent Oral Epidemiol. febrero de 2013;41(1):e12-40. doi:10.1111/cdoe.12024 PubMed PMID: 24916676.

16. Tredwin CJ, Naik S, Lewis NJ, Scully C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. Br Dent J. el 8 de abril de 2006;200(7):371–6. doi:10.1038/sj.bdj.4813423 PubMed PMID: 16607324.

17. Altınışık H, Akgül S, Nezir M, Özcan S, Özyurt E. The Effect of In-Office Bleaching with Different Concentrations of Hydrogen Peroxide on Enamel Color, Roughness, and Color Stability. Materials (Basel). el 7 de febrero de 2023;16(4):1389. doi:10.3390/ma16041389 PubMed PMID: 36837018; PubMed Central PMCID: PMC9961799.

18. Introduction to Dental Materials (4th ed.). Elsevier. - Google Search [Internet]. [citado el 28 de abril de 2026]. Disponible en: https://shop.elsevier.com/books/introduction-to-dental-materials/van-noort/978-0-7234-3659-1

19. Esthetic color training in dentistry [Internet]. St. Louis, Mo. : Elsevier Mosby; 2004 [citado el 28 de abril de 2026]. 280 p. Disponible en: http://archive.org/details/isbn_9780323028387

20. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. Dent Mater. enero de 2011;27(1):29–38. doi:10.1016/j.dental.2010.10.020 PubMed PMID: 21093034.

21. Phillips' Science of Dental Materials [Internet]. 2012 [citado el 28 de abril de 2026]. Disponible en: https://shop.elsevier.com/books/phillips-science-of-dental-materials/anusavice/978-1-4377-2418-9

22. ResearchGate [Internet]. [citado el 27 de abril de 2026]. (PDF) Alteraciones del color en 5 resinas compuestas para el sector posterior pulidas y expuestas a diferentes bebidas. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327980091_Alteraciones_del_color_en_5_resinas_compuestas_para_el_sector_posterior_pulidas_y_expuestas_a_diferentes_bebidas

23. Reyna MJM. TEMA: Factores que influyen en la pigmentación de las resinas compuestas dentales.

24. Buzatu BLR, Luca MM, Galuscan A, Vaduva AO, Fratila AD, Dumitrescu R, et al. From Microstructure to Shade Shift: Confocal and Spectrophotometric Evaluation of Peroxide-Induced Dental Bleaching. Journal of Clinical Medicine. enero de 2025;14(13):4642. doi:10.3390/jcm14134642

25. Hajdu AI, Dumitrescu R, Balean O, Jumanca D, Sava-Rosianu R, Floare L, et al. Microscopic and Color Changes in Direct Dental Restorative Composite Resins upon Immersion in Beverages: Characterization by Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS). Biomedicines. agosto de 2024;12(8):1740. doi:10.3390/biomedicines12081740

26. Instrucoes clareador whiteness-hp-maxx-fgm.pdf [Internet]. [citado el 14 de mayo de 2026]. Disponible en: https://cdn.dentalcremer.com.br/conteudos/instrucoes-clareador-whiteness-hp-maxx-fgm.pdf?utm_source=chatgpt.com

27. Pinos-Samaniego MG. CLAREAMIENTO DENTAL EN DIENTES VITALES. Odontología Activa Revista Científica. el 11 de septiembre de 2018;3(3):63–70. doi:10.31984/oactiva.v3i3.267

28. 15. Aidos M, Marto CM, Amaro I, Cernera M, Francisco I, Vale F, Marques-Ferreira M, Oliveiros B, Spagnuolo G, Carrilho E, Coelho A, Baptista Paula A. Comparison of in- office and at-home bleaching techniques: An umbrella review of efficacy and post- operative sensitivity. Heliyon. 2024 Ene 22;10(2):e25833. - Google Search [Internet]. [citado el 9 de mayo de 2026]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38371984/

29. AlHabdan A, Alsuhaibani A, Alomran L, Almutib L. Effect of Staining and External Bleaching on the Color Stability and Surface Roughness of Universal-Shade Resin-Based Composite. Clin Cosmet Investig Dent. el 6 de enero de 2025;17:1–12. doi:10.2147/CCIDE.S494320 PubMed PMID: 39802459; PubMed Central PMCID: PMC11721001.

ANEXOS

Anexo 1 Matrices de los resultados

		RUGOSIDAD								
		RESINA	INICIAL		PIGMENTADO		PRIMER CONTROL		SEGUNDO CONTROL	
			Ra	Rz	Ra	Rz	RA	Rz	RA	Rz
CONTROL DE VITRA	1	CV1	3.76	22.36	1.23	6.82	1.94	11.09	2.02	8.19
	2	CV1	1.22	8.86	1.87	12.00	0.89	5.21	1.00	4.97
	3	CV1	1.04	5.67	1.52	9.70	1.86	8.80	1.29	6.54
	4	CV1	0.66	4.19	0.90	4.27	1.04	8.42	1.10	9.85
	5	CV1	1.54	10.99	0.80	4.09	1.41	10.66	1.36	6.45
	6	CV1	1.44	6.69	1.34	6.43	2.29	14.18	1.80	10.59
	7	CV1	2.17	9.66	0.79	4.34	1.44	5.53	0.60	2.35
	8	CV1	2.40	13.22	1.31	11.94	1.80	11.99	2.50	12.68
	9	CV1	0.85	3.88	0.92	5.37	2.31	10.02	2.01	9.56
	10	CV1	2.76	14.84	2.30	11.98	1.23	9.51	2.65	10.78
	1	CV2	1.71	11.63	2.44	13.88	1.52	11.16	3.98	23.13
	2	CV2	2.06	11.38	2.38	15.92	1.87	15.16	1.84	13.03
	3	CV2	2.47	10.73	1.63	9.40	1.93	13.03	1.80	8.10
	4	CV2	1.42	6.83	3.40	19.35	1.03	5.54	1.65	7.33
	5	CV2	1.07	4.41	3.09	18.66	2.71	15.78	1.69	7.39
	6	CV2	1.57	7.72	2.10	10.66	2.00	13.51	2.39	12.92
	7	CV2	1.11	5.65	2.74	16.36	1.42	6.79	1.38	5.46
	8	CV2	1.78	11.69	1.54	10.17	1.35	9.97	2.61	14.73
	9	CV2	1.37	6.23	2.01	7.07	2.02	10.64	2.31	12.32
	10	CV2	1.16	7.17	0.60	2.71	1.52	6.81	1.66	9.69
CONTROL DE SPICOM	1	CS1	1.37	7.50	0.92	4.17	0.88	3.79	1.59	7.28
	2	CS1	4.01	23.93	3.14	14.49	2.97	14.91	3.46	15.63
	3	CS1	1.16	5.30	1.03	4.20	2.18	9.03	1.61	7.18
	4	CS1	1.10	5.07	0.98	3.97	0.94	3.55	0.61	2.23
	5	CS1	0.90	5.66	1.02	4.49	0.59	2.18	1.89	7.33
	6	CS1	2.18	12.24	1.82	11.12	2.60	13.19	2.41	9.81
	7	CS1	2.13	12.56	1.21	5.68	1.97	10.68	0.80	3.64
	8	CS1	1.29	5.04	3.17	13.91	3.34	17.54	1.05	6.67
	9	CS1	0.68	3.82	3.93	17.61	2.27	11.46	0.70	5.87
	10	CS1	2.00	11.07	2.53	11.01	2.79	15.54	1.97	12.25
	1	CS2	0.70	3.06	1.35	6.47	1.26	5.31	1.53	6.27
	2	CS2	1.09	4.32	1.15	4.97	1.40	5.81	0.57	2.34
	3	CS2	1.98	8.29	1.46	6.26	1.76	6.82	2.51	9.45
	4	CS2	1.05	4.58	2.29	9.26	2.15	9.52	1.55	5.93
	5	CS2	1.05	6.60	0.98	5.42	1.01	5.75	0.68	5.49
	6	CS2	0.60	2.60	1.93	9.26	2.00	13.15	0.98	4.17
	7	CS2	0.93	5.40	1.79	13.24	0.85	3.99	1.19	10.65
	8	CS2	0.67	2.31	0.71	2.28	1.52	6.73	1.82	11.69
	9	CS2	1.81	6.89	1.43	5.99	1.33	5.74	3.09	15.30
	10	CS2	1.15	5.93	1.21	6.43	1.02	4.49	3.29	18.68

EXPERIMENTAL VITRA	1	EV1	2.67	12.14	1.88	9.83	2.10	9.87	3.48	12.67
	2	EV1	1.29	4.93	1.52	5.19	2.12	14.53	1.45	6.45
	3	EV1	1.13	6.29	1.23	7.83	1.17	5.79	0.89	5.13
	4	EV1	1.08	5.08	1.44	6.52	0.63	2.89	0.67	3.04
	5	EV1	2.18	11.06	2.47	10.41	1.40	7.24	2.61	11.67
	6	EV1	0.89	5.40	1.71	7.98	1.32	5.18	1.46	7.58
	7	EV1	3.69	22.36	1.39	9.43	2.23	11.12	1.50	7.42
	8	EV1	1.97	9.01	1.50	7.02	1.64	8.00	1.56	6.10
	9	EV1	1.83	7.24	3.22	15.31	3.08	14.66	0.87	4.01
	10	EV1	2.24	11.74	1.87	11.22	1.93	10.26	2.28	13.42
	1	EV2	1.37	7.34	2.12	13.57	2.55	25.16	0.80	4.60
	2	EV2	1.79	12.73	1.30	6.21	0.76	5.02	0.77	3.80
	3	EV2	0.99	4.49	1.46	8.68	1.77	9.89	1.52	7.21
	4	EV2	0.88	5.74	0.99	7.77	0.76	3.64	0.84	7.01
	5	EV2	2.03	11.64	1.88	9.88	2.11	11.55	2.07	10.77
	6	EV2	1.69	10.24	2.44	15.12	1.47	7.89	1.08	6.09
	7	EV2	1.38	10.14	1.96	11.14	3.17	12.94	1.20	6.62
	8	EV2	0.65	3.30	1.55	10.32	0.73	4.31	1.91	9.17
	9	EV2	1.78	8.59	1.56	7.92	1.41	6.13	1.54	6.60
	10	EV2	1.75	8.43	3.35	19.70	1.97	8.95	1.36	12.53
EXPERIMENTAL SPICOM	1	ES1	2.96	9.63	0.90	3.12	2.18	7.20	0.98	3.85
	2	ES1	1.58	5.70	1.02	4.30	2.31	11.70	1.13	5.68
	3	ES1	0.62	2.73	0.93	4.01	0.83	3.45	0.99	4.08
	4	ES1	0.54	2.55	1.26	5.24	1.28	6.62	1.09	7.16
	5	ES1	2.07	9.50	1.83	8.18	2.05	9.23	2.02	9.62
	6	ES1	0.94	5.55	1.31	5.76	0.68	2.56	1.13	6.58
	7	ES1	1.43	7.28	0.98	5.13	1.77	8.02	0.93	3.13
	8	ES1	2.51	11.29	2.36	10.05	2.04	10.34	0.94	4.96
	9	ES1	1.20	5.92	2.53	12.41	1.23	5.64	2.79	12.81
	10	ES1	1.02	4.89	0.76	4.03	0.70	3.38	1.05	4.30
	1	ES2	1.01	4.40	0.72	3.03	0.66	2.27	0.57	2.37
	2	ES2	1.35	5.18	1.40	5.59	1.17	4.84	1.14	4.65
	3	ES2	0.86	5.21	1.07	4.71	0.93	3.16	1.90	14.49
	4	ES2	0.93	3.38	0.74	2.97	0.86	4.17	0.67	3.36
	5	ES2	1.04	3.64	0.79	3.29	0.92	3.10	1.12	5.69
	6	E2S	1.21	5.96	0.99	6.51	0.83	4.29	1.40	7.39
	7	ES2	0.82	3.93	1.65	9.47	1.19	6.06	1.10	5.32
	8	ES2	1.04	4.42	0.77	2.99	0.61	4.27	0.89	2.97
	9	ES2	1.00	4.86	1.14	4.34	1.20	4.97	0.54	3.21
	10	ES2	1.77	8.08	1.44	6.73	1.61	9.99	1.32	6.53

	RaIN							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	3.760	1.710	1.370	0.700	2.670	1.370	2.960	1.010
2	1.220	2.060	4.010	1.090	1.290	1.790	1.580	1.350
3	1.040	2.470	1.160	1.980	1.130	0.990	0.620	0.860
4	0.660	1.420	1.100	1.050	1.080	0.880	0.540	0.930
5	1.540	1.070	0.900	1.050	2.180	2.030	2.070	1.040
6	1.440	1.570	2.180	0.600	0.890	1.690	0.940	1.210
7	2.170	1.110	2.130	0.930	3.690	1.380	1.430	0.820
8	2.400	1.780	1.290	0.670	1.970	0.650	2.510	1.040
9	0.850	1.370	0.680	1.810	1.830	1.780	1.200	1.000
10	2.760	1.160	2.000	1.150	2.240	1.750	1.020	1.770
MEDIA	1.78	1.57	1.68	1.10	1.90	1.43	1.49	1.10
DE	**0.98**	**0.45**	**0.97**	**0.46**	**0.86**	**0.46**	**0.80**	**0.28**
MIN	0.66	1.07	0.68	0.60	0.89	0.65	0.54	0.82
MAX	3.76	2.47	4.01	1.98	3.69	2.03	2.96	1.77

	RaPIG							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	1.230	2.440	0.920	1.350	1.880	2.120	0.900	0.720
2	1.870	2.380	3.140	1.150	1.520	1.300	1.020	1.400
3	1.520	1.630	1.030	1.460	1.230	1.460	0.930	1.070
4	0.900	3.400	0.980	2.290	1.440	0.990	1.260	0.740
5	0.800	3.090	1.020	0.980	2.470	1.880	1.830	0.790
6	1.340	2.100	1.820	1.930	1.710	2.440	1.310	0.990
7	0.790	2.740	1.210	1.790	1.390	1.960	0.980	1.650
8	1.310	1.540	3.170	0.710	1.500	1.550	2.360	0.770
9	0.920	2.010	3.930	1.430	3.220	1.560	2.530	1.140
10	2.300	0.600	2.530	1.210	1.870	3.350	0.760	1.440
	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a
MEDIA	1.30	2.19	1.98	1.43	1.82	1.86	1.39	1.07
DE	**0.49**	**0.82**	**1.13**	**0.47**	**0.60**	**0.67**	**0.63**	**0.33**
MIN	0.79	0.60	0.92	0.71	1.23	0.99	0.76	0.72
MAX	2.30	3.40	3.93	2.29	3.22	3.35	2.53	1.65

	RaB1							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	1.940	1.520	0.880	1.260	2.100	2.550	2.180	0.660
2	0.890	1.870	2.970	1.400	2.120	0.760	2.310	1.170
3	1.860	1.930	2.180	1.760	1.170	1.770	0.830	0.930
4	1.040	1.030	0.940	2.150	0.630	0.760	1.280	0.860
5	1.410	2.710	0.590	1.010	1.400	2.110	2.050	0.920
6	2.290	2.000	2.600	2.000	1.320	1.470	0.680	0.830
7	1.440	1.420	1.970	0.850	2.230	3.170	1.770	1.190
8	1.800	1.350	3.340	1.520	1.640	0.730	2.040	0.610
9	2.310	2.020	2.270	1.330	3.080	1.410	1.230	1.200
10	1.230	1.520	2.790	1.020	1.930	1.970	0.700	1.610
	ab	ab	b	ab	ab	ab	ab	a
MEDIA	1.62	1.74	2.05	1.43	1.76	1.67	1.51	1.00
DE	**0.50**	**0.47**	**0.95**	**0.43**	**0.68**	**0.81**	**0.64**	**0.30**
MIN	0.89	1.03	0.59	0.85	0.63	0.73	0.68	0.61
MAX	2.31	2.71	3.34	2.15	3.08	3.17	2.31	1.61

	RaB2							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	2.020	3.980	1.590	1.530	3.480	0.800	0.980	0.570
2	1.000	1.840	3.460	0.570	1.450	0.770	1.130	1.140
3	1.290	1.800	1.610	2.510	0.890	1.520	0.990	1.900
4	1.100	1.650	0.610	1.550	0.670	0.840	1.090	0.670
5	1.360	1.690	1.890	0.680	2.610	2.070	2.020	1.120
6	1.800	2.390	2.410	0.980	1.460	1.080	1.130	1.400
7	0.600	1.380	0.800	1.190	1.500	1.200	0.930	1.100
8	2.500	2.610	1.050	1.820	1.560	1.910	0.940	0.890
9	2.010	2.310	0.700	3.090	0.870	1.540	2.790	0.540
10	2.650	1.660	1.970	3.290	2.280	1.360	1.050	1.320
	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a
MEDIA	1.63	2.13	1.61	1.72	1.68	1.31	1.31	1.07
DE	**0.67**	**0.76**	**0.89**	**0.96**	**0.88**	**0.46**	**0.61**	**0.42**
MIN	0.60	1.38	0.61	0.57	0.67	0.77	0.93	0.54
MAX	2.65	3.98	3.46	3.29	3.48	2.07	2.79	1.90

	RzIN							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	22.360	11.630	7.500	3.060	12.140	7.340	9.630	4.400
2	8.860	11.380	23.930	4.320	4.930	12.730	5.700	5.180
3	5.670	10.730	5.300	8.290	6.290	4.490	2.730	5.210
4	4.190	6.830	5.070	4.580	5.080	5.740	2.550	3.380
5	10.990	4.410	5.660	6.600	11.060	11.640	9.500	3.640
6	6.690	7.720	12.240	2.600	5.400	10.240	5.550	5.960
7	9.660	5.650	12.560	5.400	22.360	10.140	7.280	3.930
8	13.220	11.690	5.040	2.310	9.010	3.300	11.290	4.420
9	3.880	6.230	3.820	6.890	7.240	8.590	5.920	4.860
10	14.840	7.170	11.070	5.930	11.740	8.430	4.890	8.080
MEDIA	10.04	8.34	9.22	5.00	9.53	8.26	6.50	4.91
DE	**5.68**	**2.75**	**6.10**	**1.98**	**5.30**	**3.07**	**2.92**	**1.36**
MIN	3.88	4.41	3.82	2.31	4.93	3.30	2.55	3.38
MAX	22.36	11.69	23.93	8.29	22.36	12.73	11.29	8.08

	RzPIG							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	6.820	13.880	4.170	6.470	9.830	13.570	3.120	3.030
2	12.000	15.920	14.490	4.970	5.190	6.210	4.300	5.590
3	9.700	9.400	4.200	6.260	7.830	8.680	4.010	4.710
4	4.270	19.350	3.970	9.260	6.520	7.770	5.240	2.970
5	4.090	18.660	4.490	5.420	10.410	9.880	8.180	3.290
6	6.430	10.660	11.120	9.260	7.980	15.120	5.760	6.510
7	4.340	16.360	5.680	13.240	9.430	11.140	5.130	9.470
8	11.940	10.170	13.910	2.280	7.020	10.320	10.050	2.990
9	5.370	7.070	17.610	5.990	15.310	7.920	12.410	4.340
10	11.980	2.710	11.010	6.430	11.220	19.700	4.030	6.730
	ab	b	ab	ab	ab	b	ab	a
MEDIA	7.69	12.42	9.07	6.96	9.07	11.03	6.22	4.96
DE	**3.38**	**5.34**	**5.16**	**2.99**	**2.88**	**4.07**	**3.02**	**2.14**
MIN	4.09	2.71	3.97	2.28	5.19	6.21	3.12	2.97
MAX	12.00	19.35	17.61	13.24	15.31	19.70	12.41	9.47

	RzB1							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	11.090	11.160	3.790	5.310	9.870	25.160	7.200	2.270
2	5.210	15.160	14.910	5.810	14.530	5.020	11.700	4.840
3	8.800	13.030	9.030	6.820	5.790	9.890	3.450	3.160
4	8.420	5.540	3.550	9.520	2.890	3.640	6.620	4.170
5	10.660	15.780	2.180	5.750	7.240	11.550	9.230	3.100
6	14.180	13.510	13.190	13.150	5.180	7.890	2.560	4.290
7	5.530	6.790	10.680	3.990	11.120	12.940	8.020	6.060
8	11.990	9.970	17.540	6.730	8.000	4.310	10.340	4.270
9	10.020	10.640	11.460	5.740	14.660	6.130	5.640	4.970
10	9.510	6.810	15.540	4.490	10.260	8.950	3.380	9.990
	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a
MEDIA	9.54	10.84	10.19	6.73	8.95	9.55	6.81	4.71
DE	**2.75**	**3.60**	**5.44**	**2.71**	**3.88**	**6.30**	**3.10**	**2.14**
MIN	5.21	5.54	2.18	3.99	2.89	3.64	2.56	2.27
MAX	14.18	15.78	17.54	13.15	14.66	25.16	11.70	9.99

	RzB2							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	8.190	23.130	7.280	6.270	12.670	4.600	3.850	2.370
2	4.970	13.030	15.630	2.340	6.450	3.800	5.680	4.650
3	6.540	8.100	7.180	9.450	5.130	7.210	4.080	14.490
4	9.850	7.330	2.230	5.930	3.040	7.010	7.160	3.360
5	6.450	7.390	7.330	5.490	11.670	10.770	9.620	5.690
6	10.590	12.920	9.810	4.170	7.580	6.090	6.580	7.390
7	2.350	5.460	3.640	10.650	7.420	6.620	3.130	5.320
8	12.680	14.730	6.670	11.690	6.100	9.170	4.960	2.970
9	9.560	12.320	5.870	15.300	4.010	6.600	12.810	3.210
10	10.780	9.690	12.250	18.680	13.420	12.530	4.300	6.530
	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a
MEDIA	8.20	11.41	7.79	9.00	7.75	7.44	6.22	5.60
DE	**3.12**	**5.12**	**3.94**	**5.17**	**3.64**	**2.68**	**3.01**	**3.53**
MIN	2.35	5.46	2.23	2.34	3.04	3.80	3.13	2.37
MAX	12.68	23.13	15.63	18.68	13.42	12.53	12.81	14.49

	PesoIN							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	0.309	0.321	0.323	0.323	0.313	0.312	0.324	0.295
2	0.295	0.326	0.311	0.317	0.305	0.313	0.303	0.314
3	0.319	0.317	0.332	0.309	0.311	0.303	0.337	0.328
4	0.305	0.324	0.321	0.293	0.331	0.316	0.332	0.333
5	0.315	0.320	0.307	0.302	0.306	0.311	0.331	0.305
6	0.316	0.359	0.297	0.318	0.312	0.314	0.320	0.323
7	0.301	0.332	0.298	0.307	0.315	0.312	0.330	0.311
8	0.303	0.330	0.323	0.321	0.303	0.302	0.324	0.317
9	0.321	0.316	0.308	0.319	0.305	0.306	0.329	0.323
10	0.318	0.324	0.327	0.314	0.312	0.307	0.328	0.308
	a	b	ab	a	a	a	b	ab
MEDIA	0.310	0.327	0.315	0.312	0.311	0.310	0.326	0.316
DE	**0.009**	**0.012**	**0.012**	**0.009**	**0.008**	**0.005**	**0.009**	**0.011**
MIN	0.295	0.316	0.297	0.293	0.303	0.302	0.303	0.295
MAX	0.321	0.359	0.332	0.323	0.331	0.316	0.337	0.333

	PesoPIG							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	0.310	0.322	0.323	0.324	0.326	0.313	0.324	0.298
2	0.295	0.326	0.312	0.318	0.305	0.313	0.304	0.317
3	0.320	0.317	0.332	0.310	0.311	0.303	0.337	0.329
4	0.305	0.324	0.321	0.293	0.337	0.317	0.332	0.334
5	0.315	0.320	0.307	0.302	0.307	0.312	0.331	0.306
6	0.317	0.359	0.297	0.318	0.314	0.314	0.320	0.324
7	0.302	0.332	0.299	0.308	0.316	0.312	0.331	0.312
8	0.309	0.320	0.323	0.321	0.304	0.302	0.324	0.319
9	0.321	0.316	0.309	0.319	0.306	0.307	0.330	0.326
10	0.318	0.324	0.327	0.315	0.313	0.307	0.328	0.309
	a	b	ab	ab	ab	a	b	ab
MEDIA	0.311	0.326	0.315	0.313	0.314	0.310	0.326	0.317
DE	**0.009**	**0.013**	**0.012**	**0.009**	**0.011**	**0.005**	**0.009**	**0.011**
MIN	0.295	0.316	0.297	0.293	0.304	0.302	0.304	0.298
MAX	0.321	0.359	0.332	0.324	0.337	0.317	0.337	0.334

	PesoB1							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	0.310	0.323	0.324	0.324	0.315	0.313	0.325	0.296
2	0.296	0.327	0.312	0.318	0.306	0.326	0.304	0.315
3	0.321	0.331	0.333	0.310	0.312	0.304	0.338	0.329
4	0.306	0.325	0.322	0.294	0.332	0.304	0.333	0.334
5	0.316	0.321	0.308	0.303	0.307	0.313	0.332	0.306
6	0.318	0.317	0.298	0.319	0.314	0.315	0.321	0.324
7	0.303	0.318	0.299	0.308	0.316	0.308	0.331	0.311
8	0.304	0.320	0.324	0.321	0.305	0.303	0.324	0.318
9	0.322	0.360	0.309	0.320	0.306	0.308	0.330	0.324
10	0.319	0.325	0.328	0.315	0.313	0.313	0.328	0.308
	a	b	ab	ab	a	a	b	ab
MEDIA	0.311	0.327	0.316	0.313	0.312	0.311	0.327	0.317
DE	**0.009**	**0.013**	**0.012**	**0.009**	**0.008**	**0.007**	**0.009**	**0.012**
MIN	0.296	0.317	0.298	0.294	0.305	0.303	0.304	0.296
MAX	0.322	0.360	0.333	0.324	0.332	0.326	0.338	0.334

	PesoB2							
	CV1	CV2	CS1	CS2	EV1	EV2	ES1	ES2
1	0.311	0.327	0.324	0.324	0.315	0.314	0.325	0.296
2	0.296	0.323	0.312	0.318	0.307	0.315	0.304	0.315
3	0.321	0.331	0.333	0.310	0.312	0.308	0.338	0.330
4	0.306	0.325	0.322	0.294	0.332	0.318	0.333	0.333
5	0.316	0.317	0.308	0.303	0.307	0.312	0.332	0.306
6	0.317	0.321	0.298	0.319	0.314	0.315	0.321	0.324
7	0.303	0.318	0.299	0.309	0.316	0.304	0.331	0.312
8	0.304	0.320	0.324	0.322	0.304	0.303	0.325	0.318
9	0.322	0.360	0.310	0.320	0.306	0.308	0.330	0.324
10	0.319	0.325	0.328	0.315	0.313	0.313	0.329	0.309
	a	b	ab	ab	a	a	b	ab
MEDIA	0.312	0.327	0.316	0.313	0.313	0.311	0.327	0.317
DE	**0.009**	**0.012**	**0.012**	**0.009**	**0.008**	**0.005**	**0.009**	**0.011**
MIN	0.296	0.317	0.298	0.294	0.304	0.303	0.304	0.296
MAX	0.322	0.360	0.333	0.324	0.332	0.318	0.338	0.333

Anexo 2 Fabricación de las Muestras



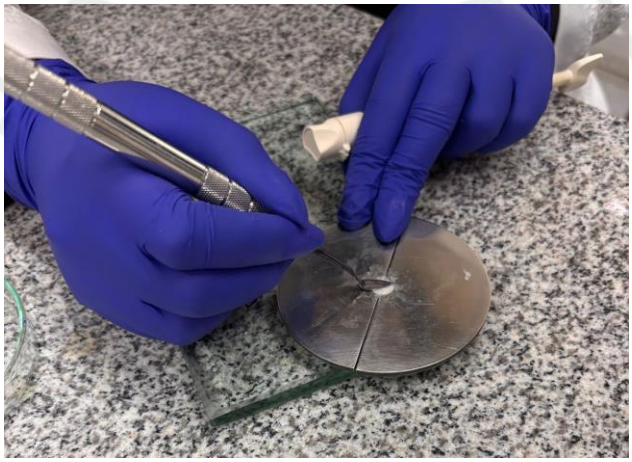




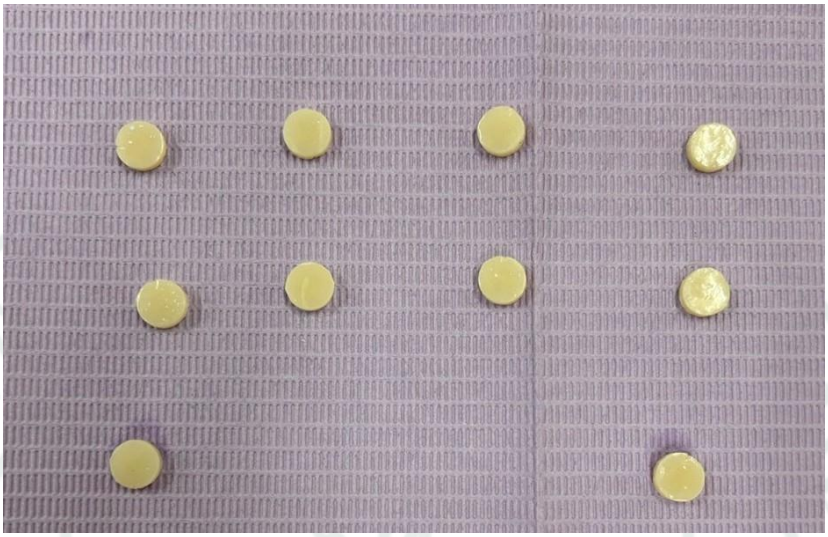


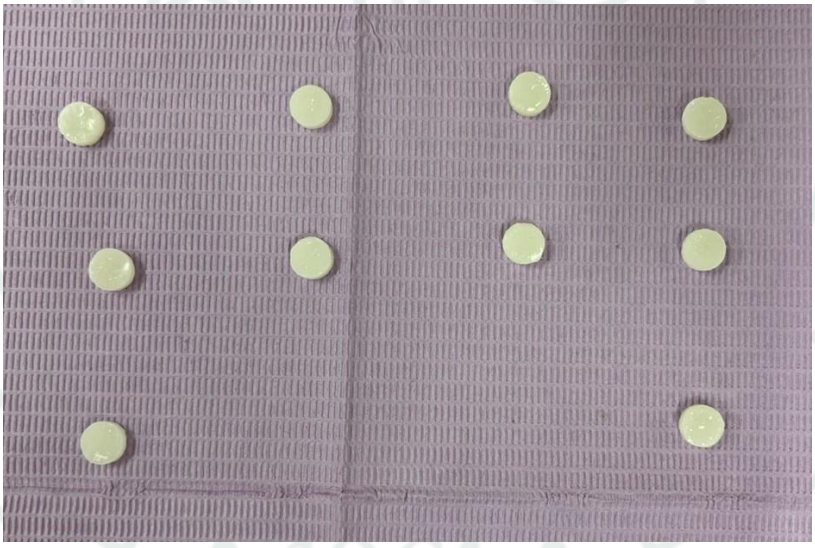






Anexo 3 Discos de resina





Anexo 4 Material para el pulido



Anexo 5 Medición de las muestras









Anexo 6 Mediciones de peso

