Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología

Escuela Profesional de Odontología

Evaluación in vitro del efecto del pulido sobre la dureza superficial de dos resinas nanohíbridas sometidas a peróxido de hidrógeno al 35 por ciento, Arequipa 2026.

Tesis presentada por:

Calle Arapa, Edwin Javier

ORCID: 0009-0006-7659-5153

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Arenas Velez, Luis Manuel

ORCID: 0000-0001-5179-673X

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Agosto del 2026

Dictamen: 018589-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 018589, presentado por:

2020226871 - CALLE ARAPA EDWIN JAVIER

Titulado:

EVALUACIÓN IN VITRO DEL EFECTO DEL PULIDO SOBRE LA DUREZA SUPERFICIAL DE DOS RESINAS NANOHÍBRIDAS SOMETIDAS A PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 35 POR CIENTO, 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

29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR

Evaluación in vitro del efecto del pulido sobre la dureza superficial de dos resinas nanohíbridas sometidas a peróxido de hidrógeno al 35 por ciento, Arequipa 2026.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	9%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, resiliencia, enseñarme a creer en mí y que las cosas que verdaderamente valen la pena se consiguen con esfuerzo.

A mis padres, Javier Calle y Vianny Arapa por su sacrificio y comprensión a lo largo de toda mi vida y en especial en esta etapa que estoy culminando.

A mis abuelos, Constantino Arapa y Peregrina Mamani que nunca me dejaron solo, por siempre creer en mí, y por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi tío, Juan Arapa por haberme apoyado en muchas circunstancias y haber sido como un padre para mí siempre.

Todo lo que hice, lo hice por ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la virgen de los Remedios por guiarme en el camino, darme paz y tranquilidad en los momentos de tormenta y caos.

A todos mis docentes de la Universidad Católica de Santa María por su gran aporte en mi formación profesional y personal.

A mis padres por su gran sacrificio, apoyo económico y mucha paciencia a lo largo de estos años donde nunca se cansaron de animarme a seguir adelante e intentarlo una y otra vez.

A mis abuelos que nunca dejaron de creer en mí y siempre estuvieron apoyándome de manera incondicional en todo aspecto.

A mis amigos Toño y Pancho que con su ayuda y trabajo en equipo supimos pasar cada etapa y cada desafío a lo largo de la carrera y que ante la adversidad supimos hacernos más fuertes.

A todos mis pacientes que sin su confianza depositada en mí no hubiera sido posible culminar mi etapa clínica de la carrera, gracias por haber confiado en mí y permitirme dar mis primeros pasos en esta emocionante carrera.

Y para las personas que de alguna manera sin que ellos supieran extendieron su brazo de apoyo hacia mí y me ayudaron a lo largo de toda mi etapa universitaria.

EPÍGRAFE

¡Vive tu vida como tu prefieras vivirla!, pero sin dañar a nadie.

Arataka Reigen

RESUMEN

Objetivo: El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el impacto del pulido en la dureza superficial de dos resinas nanohíbridas (Z350 XT y Forma) sometidas a un tratamiento de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35 %. Se buscaba evaluar la dureza superficial de ambas resinas antes del pulido, reevaluarla tras el procedimiento y determinar si existían diferencias significativas en las propiedades mecánicas de los dos materiales después del tratamiento.

Metodología: Se desarrolló un estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo, diseño experimental in vitro y alcance correlacional explicativo. Se confeccionaron 48 muestras cilíndricas de resina (8 mm de diámetro por 4 mm de espesor), distribuidas en cuatro grupos de 12 unidades cada uno, según el tipo de resina (Z350 XT y Forma) y la condición evaluada (control sin pulido y experimental con pulido). Todas las muestras fueron sometidas a peróxido de hidrógeno al 35%, y en los grupos experimentales se aplicó posteriormente un protocolo de pulido secuencial. La variable dependiente, microdureza superficial, se midió mediante ensayos de microindentación en escala Vickers (HV). Los datos fueron analizados mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, análisis de varianza (ANOVA) de dos factores y la prueba post hoc de Tukey.

Resultados: Los cuatro grupos examinados presentaron una distribución normal ($p > 0,05$). La dureza promedio alcanzó 122,00 HV para la resina Z350 y 108,92 HV para la resina Forma; esta última mostró el valor de dureza más bajo de toda la investigación. Tras el pulido, los valores se incrementaron a 124.42 HV en la resina Z350 y a 118.25 HV en la resina Forma. El ANOVA de dos factores mostró efectos significativos tanto de la resina como del pulido, además de una interacción significativa entre ambos factores ($p = 0.045$). La prueba de Tukey evidenció que el incremento de dureza tras el pulido fue estadísticamente significativo en la resina Forma ($p = 0.0016$), mientras que en la resina Z350 dicha diferencia no resultó significativa ($p = 0.7399$).

Conclusiones: El estudio determinó que el pulido posterior al blanqueamiento influye positivamente en la microdureza de la capa externa de las resinas nanohíbridas examinadas, validando parcialmente la hipótesis propuesta, ya que este efecto fue notable en la resina Forma, pero no en la resina Z350.

Palabras clave: Microdureza superficial, peróxido de hidrógeno, protocolo de pulido.

ABSTRACT

Objective: The primary objective of this research was to evaluate the impact of polishing on the surface hardness of two nanohybrid resins (Z350 XT and Forma) subjected to a 35% hydrogen peroxide bleaching treatment. The study aimed to assess the surface hardness of both resins prior to polishing, re-evaluate it after the procedure, and determine whether significant differences existed in the mechanical properties of the two materials following treatment.

Methodology: An applied study with a quantitative approach, an *in vitro* experimental design, and an explanatory-correlational scope was conducted. Forty-eight cylindrical resin samples (8 mm in diameter and 4 mm thick) were fabricated and distributed into four groups of 12 units each, based on resin type (Z350 XT and Forma) and the condition evaluated (unpolished control and polished experimental). All samples were subjected to 35% hydrogen peroxide, and a sequential polishing protocol was subsequently applied to the experimental groups. The dependent variable—surface microhardness—was measured using Vickers (HV) microindentation tests. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk normality test, two-way analysis of variance (ANOVA), and the Tukey post-hoc test.

Results: The four groups examined exhibited a normal distribution ($p > 0.05$). Mean hardness reached 122.00 HV for Z350 resin and 108.92 HV for Forma resin; the latter showed the lowest hardness value of the entire study. Following polishing, values increased to 124.42 HV for Z350 resin and 118.25 HV for Forma resin. Two-way ANOVA revealed significant effects for both resin type and polishing, as well as a significant interaction between the two factors ($p = 0.045$). The Tukey test showed that the increase in hardness following polishing was statistically significant for Forma resin ($p = 0.0016$), whereas for Z350 resin, this difference was not significant ($p = 0.7399$).

Conclusions: The study determined that post-bleaching polishing has a positive influence on the microhardness of the outer layer of the nanohybrid resins examined, partially validating the proposed hypothesis, as this effect was notable in Forma resin but not in Z350 resin.

Keywords: Surface microhardness, hydrogen peroxide, polishing protocol.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I 2

1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3

1.1. Descripción del problema 3

1.4 Justificación del problema 4

1.4.1 Originalidad 4

1.4.2 Importancia científica 4

1.4.3 Importancia Social 4

1.4.4 Viabilidad 5

2.- OBJETIVOS 5

2.1 Objetivo General 5

2.2 Objetivos Específicos 5

3. MARCO TEÓRICO 6

3.1. Marco Conceptual 6

3.1.1. Resinas dentales 6

3.1.2. Resinas nanohíbridas 27

3.1.3. Microdureza superficial 39

3.1.4. Acabado y pulido de restauraciones 44

3.1.5. Aclaramiento dental 47

3.2. Antecedentes investigativos 49

3.2.1. Internacionales: 49
3.2.2. Nacionales: 52
4. HIPÓTESIS 55
CAPITULO II 56
1. METODOLOGÍA 57
1.1. Clasificación Taxonómica de la Investigación 57
1.2. Matriz de Consistencia 58
1.3. Técnica de investigación 58
1.4. Técnica de ejecución de investigación 59
1.4.1 Población y Unidades de Estudio 59
1.4.2 Tamaño de la Muestra y Validación 59
1.4.3 Criterios de selección 59
1.4.4 Distribución de los Grupos 60
1.4.5 Procedimiento Experimental 60
1.4.6 Instrumentos 61
1.4.7 Materiales 61
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN 62
2.1. Ubicación Espacial 62
2.2. Unidades de Estudio 62
3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN 62
3.1. Organización 62
3.2. Recursos 63
4. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN 64
4.1. A nivel de procesamiento o sistematización 64
4.2. A nivel de conclusiones 65
CAPITULO III 66
RESULTADOS 66

DISCUSIÓN 77
CONCLUSIONES 80
RECOMENDACIONES 81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82
REGISTRO VISUAL 91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Cuadro de variables 58
TABLA 2 Ficha de observación 61
TABLA 3 Unidades de Estudio 62
TABLA 4 Análisis Estadístico 64
TABLA 5 Prueba de Normalidad 67
TABLA 6 Distribución de los niveles de microdureza en cada grupo 69
TABLA 7 Análisis descriptivo de microdureza de los grupos 71
TABLA 8 Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores: Resina y Pulido 73
TABLA 9 Comparaciones múltiples mediante la prueba post hoc de Tukey 75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Prueba de Normalidad 68
FIGURA 2 Distribución de los niveles de microdureza en cada grupo 70
FIGURA 3 Análisis descriptivo de microdureza de los grupos 72
FIGURA 4 Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores: Resina y Pulido 74
FIGURA 5 Comparaciones múltiples mediante la prueba post hoc de Tukey 76
FIGURA 6 Resina Vittra APS 91
FIGURA 7 Resina Forma™ 91
FIGURA 8 Elaboración de muestras 92
FIGURA 9 Elaboración de muestras 92
FIGURA 10 Elaboración de muestras 93
FIGURA 11 Elaboración de muestras 93
FIGURA 12 Elaboración de muestras 94
FIGURA 13 Elaboración de muestras 94
FIGURA 14 Elaboración de muestras 95

ÍNDICE DE ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos 88
FICHA 2 Recolección de datos 88
FICHA 3 Certificados de dureza 89
FICHA 4 Dictamen del comité de ética 96

INTRODUCCIÓN

Durante mis estudios en la Facultad de Odontología, surgió un especial interés por el comportamiento de los materiales restauradores, particularmente aquellos relacionados con el aclaramiento dental. He notado que las resinas compuestas nanohíbridas, ampliamente utilizadas por su combinación de buena estética y resistencia, pueden verse afectadas al exponerse a productos o sustancias blanqueadoras. Esto lo he observado tras leer varios artículos científicos y, de forma indirecta, durante mis prácticas preprofesionales en la clínica. Asimismo, noté que el pulido, como procedimiento rutinario posterior a la restauración, podría influir en dichas propiedades. Estas observaciones motivaron la elección del presente tema de investigación.

En la actualidad, el uso de resinas nanohíbridas se ha incrementado significativamente en la práctica odontológica debido a su adecuada combinación de resistencia mecánica y estética. Sin embargo, estas restauraciones están expuestas a diversos procedimientos y agentes químicos que pueden comprometer sus propiedades. Entre estos, el peróxido de hidrógeno al 35% es uno de los agentes más empleados en tratamientos de blanqueamiento dental de consultorio, el cual, si bien es eficaz en la modificación del color, puede generar efectos adversos sobre la estructura superficial de los materiales restauradores (1) (2).

Uno de los aspectos más relevantes de las restauraciones es la dureza superficial, ya que esta propiedad está directamente relacionada con la resistencia al desgaste, la estabilidad frente a las fuerzas masticatorias y factores del medio oral. El procedimiento de pulido, cumple un rol fundamental en la reducción de la rugosidad superficial y en la mejora de la estética; no obstante, su interacción con agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno no ha sido suficientemente investigada (3) (4).

En este contexto, se evidencia una problemática relacionada con la falta de consenso sobre el efecto que ejerce el pulido en la dureza superficial de resinas nanohíbridas previamente sometidas a peróxido de hidrógeno al 35%. Esta situación genera dudas en la práctica respecto a los protocolos adecuados de acabado y pulido tras procedimientos de blanqueamiento dental. Por ello, resulta necesario desarrollar estudios in vitro que permitan evaluar esta interacción y aportar evidencia científica que contribuya a la toma de decisiones clínicas fundamentadas (1).

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.Descripción del problema

a) Áreas del conocimiento

- Área general : Ciencias de la Salud
- Área específica : Odontología
- Especialidad : Odontología Restauradora
- Tópico : Biomateriales

1.3 Pregunta de Investigación

a. Principal

- Cuando dos resinas nanohíbridas se someten a la acción de peróxido de hidrógeno al 35 %, ¿qué impacto tiene el pulido en la microdureza superficial de las resinas?

b. Específicas

- ¿Cuál es la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Z350 y Forma sin pulir, tras haber sido expuestas a peróxido de hidrógeno al 35 %?
- ¿Cuál es la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Z350 y Forma luego de pulir y tras haber sido expuestas a peróxido de hidrógeno al 35 %?
- ¿Es posible determinar de manera significativa la diferencia de dureza superficial entre las resinas nanohíbridas Z350 y Forma, tras el procedimiento de pulido y después de la exposición a peróxido de hidrógeno al 35 %?

1.4 Justificación del problema

1.4.1 Originalidad

Según una revisión de la literatura existente, no existen muchos estudios que investiguen el impacto combinado del pulido en la dureza superficial de resinas nanohíbridas tras el blanqueo con peróxido de hidrógeno al 35 %. La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha analizan los efectos del agente blanqueador por sí solo o exploran los efectos del pulido en materiales que no han sido sometidos previamente a este tipo de tratamiento. Por ello, al comparar específicamente dos marcas de resinas nanohíbridas (Z350 y Forma) bajo estas condiciones, y evaluando el efecto del pulido antes y después del tratamiento, el presente estudio se considera original, ya que aporta información nueva sobre un escenario clínico común pero poco estudiado.

1.4.2 Importancia científica

Esta investigación permitirá generar evidencia objetiva sobre si el pulido logra recuperar los valores de dureza superficial que se ven alterados por el uso del peróxido de hidrógeno al 35%. Esto es importante porque, aunque se sabe que el blanqueamiento puede afectar la superficie de las resinas, todavía existe poca información sobre si el pulido posterior realmente corrige este efecto, y si este comportamiento varía según el tipo de resina utilizada. De esta manera, el estudio contribuye a llenar un vacío en la literatura respecto al comportamiento mecánico de las resinas nanohíbridas frente a procedimientos estéticos frecuentes en la práctica odontológica.

1.4.3 Importancia Social

Los resultados de este estudio podrían beneficiar tanto a los odontólogos como a los pacientes, ya que ayudarían a tomar mejores decisiones clínicas sobre la necesidad real de realizar el pulido después de un tratamiento de aclaramiento dental. Esto podría traducirse en restauraciones estéticas más duraderas y en una reducción del riesgo de desgaste prematuro, manchado o pérdida de brillo de las resinas, lo cual finalmente mejora la satisfacción del paciente y optimiza el trabajo del profesional.

1.4.4 Viabilidad

Finalmente, el estudio es viable porque se cuenta con acceso a los materiales y equipos necesarios para su desarrollo, como el durómetro, materiales de pulido, las resinas comerciales seleccionadas y el peróxido de hidrógeno al 35%. Además, el diseño experimental propuesto es controlable, replicable y no requiere de un presupuesto elevado, por lo que puede ejecutarse dentro de un plazo de tiempo razonable.

2.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto que el pulido tiene sobre la microdureza superficial de dos resinas nanohíbridas sometidas a una concentración de peróxido de hidrógeno al 35 %.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Z350 y Forma sin pulido, tras haber sido expuestas a peróxido de hidrógeno al 35 %.
- Determinar la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas Z350 y Forma con pulido, tras haber sido expuestas a peróxido de hidrógeno al 35 %.
- Establecer si se presentan variaciones importantes en la dureza de la capa externa entre las resinas nanohíbridas Z350 y Forma después de aplicar el protocolo de pulido y tras haber sido expuestas al peróxido de hidrógeno al 35%.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Conceptual

3.1.1. Resinas dentales

a) Conceptos y definiciones

Las resinas compuestas son un tipo de sustancia que proviene del campo de la odontología. Antiguamente se las conocía como "resinas reforzadas" o "resinas mixtas". Sin embargo, actualmente se las denomina resinas compuestas. Para empastes y reparaciones de dientes fracturados, estos materiales se encuentran entre los más utilizados en el mercado. Su uso para restauraciones dentales fijas ha aumentado progresivamente en los últimos años. Esto se debe principalmente a su practicidad y a la facilidad con la que se adaptan a las diferentes formas y estructuras dentales. En resumen, la combinación de dos elementos distintos da como resultado un material completamente nuevo. A diferencia de las propiedades de los dos componentes por separado, la sustancia resultante posee características propias. Dado que estas características dependen de diversas condiciones, es fundamental tener en cuenta que no son universales ni consistentes en todas las circunstancias. La cantidad y la calidad de cada componente pueden influir considerablemente en el resultado final. Asimismo, la forma en que se dispersan y mezclan los componentes es relevante, y, sobre todo, el grado de interacción entre las dos sustancias. Por ello, es fundamental que la unión entre ambos componentes sea sólida y resistente. Solo así el material final poseerá la resistencia necesaria y podrá cumplir su función adecuadamente. Esto cobra aún mayor importancia cuando el odontólogo debe utilizar este material en situaciones clínicas complejas o que requieren mayor esfuerzo y durabilidad (5).

En odontología, al considerar materiales para restauraciones o empastes que luzcan atractivos y naturales, el énfasis no se ha centrado únicamente en su capacidad para cumplir la función fundamental de morder y masticar. También se ha trabajado considerablemente para asegurar que cumplan con los estándares de apariencia y naturalidad que prevalecen en la sociedad actual. Ya no basta con que el diente simplemente se mantenga erguido; también debe imitar la apariencia de un diente natural con la mayor precisión posible (6).

Inicialmente, las amalgamas y los cementos de silicato eran los materiales principales utilizados para este tipo de intervenciones ortodóncicas en la odontología más convencional. Sin embargo, a pesar de que estos materiales soportaban la fuerza de la mordida con bastante eficacia, presentaban algunos problemas. No eran estéticamente agradables, eran muy visibles y no siempre eran bien tolerados por el organismo; en otras palabras, su biocompatibilidad dejaba mucho que desear.

El estudio de los biomateriales ha progresado a lo largo del tiempo y, como resultado de toda la investigación y los experimentos realizados, se desarrollaron las resinas compuestas que se utilizan actualmente. Estas se adhieren bien al diente, su apariencia es muy similar a la del esmalte natural y, además, sus propiedades físicas y mecánicas se han mejorado gradualmente, haciéndolas cada vez más resistentes y duraderas. Estas son las razones de su gran éxito. Poseen varias cualidades altamente prácticas que han contribuido a su éxito (6).

Esto se debe a diversos factores, y no es de extrañar que se encuentren entre los materiales más utilizados para la restauración dental en la actualidad. Se han mejorado muchas de sus propiedades esenciales, principalmente gracias a los rellenos que contienen. Estos rellenos son cada vez más pequeños y se integran con mayor facilidad. Entre estas características clave se encuentran, por ejemplo, la facilidad con la que se pueden pulir, su capacidad para mantener un buen brillo superficial, su resistencia al desgaste diario y su estabilidad de color, que no se oscurece ni se desvanece con el tiempo.

El número de aplicaciones de estas resinas ha aumentado significativamente como consecuencia de todos estos avances. Ya no se limitan a los dientes frontales, que son los más importantes en términos estéticos, sino que también se utilizan eficazmente en los molares, que son los dientes que se usan para masticar y que antes estaban reservados para otros materiales. Además, una de las ventajas más importantes de este avance es que las restauraciones duran más tiempo y no necesitan ser reemplazadas ni reparadas con tanta frecuencia. Tanto el paciente, que tendrá menos visitas y menos molestias, como el dentista, que podrá ofrecer un resultado más duradero y fiable, se verán beneficiados (6).

Retrospectivamente, podemos observar que las resinas compuestas han evolucionado considerablemente y se han desarrollado continuamente a lo largo del tiempo. Inicialmente, se utilizaban las llamadas resinas macrorellenas, compuestas por partículas de tamaño considerable. Su principal inconveniente era que la superficie resultaba rugosa e irregular, y era imposible pulirla adecuadamente, lo que daba como resultado un acabado poco liso y brillante (7).

Posteriormente, surgieron las resinas microrellenas, que supusieron un gran avance en la calidad del acabado superficial. Como resultado, los dientes adquirieron una apariencia mucho más lisa y atractiva. Sin embargo, tampoco eran ideales, ya que su resistencia era su punto débil. No soportaban bien las presiones de la masticación y se desgastaban con mayor rapidez.

Posteriormente, los investigadores consideraron la posibilidad de combinar partículas de diferentes tamaños para aprovechar al máximo las ventajas de cada una. Esto condujo al desarrollo de las resinas híbridas, a las que siguieron las resinas microhíbridas (7).

En lo que respecta a las resinas dentales, las que actualmente generan mayor interés y son recomendadas por los dentistas son las denominadas resinas nanohíbridas. ¿Por qué, entonces, han ganado tanta popularidad? El secreto reside en sus nanopartículas, partículas tan diminutas que son prácticamente imperceptibles. Esto permite que el material utilizado para reparar dientes o rellenar caries se disperse en la mezcla de forma mucho más eficaz y uniforme. En comparación con otros materiales utilizados anteriormente, la resistencia de este material ha aumentado considerablemente gracias a esta técnica. Sin embargo, lo mejor de todo es que, a pesar de su resistencia, no pierden las características estéticas tan buscadas en la práctica clínica diaria. Conservan su hermoso brillo, mantienen su color para integrarse perfectamente con el resto de los dientes y, además, son extremadamente fáciles de pulir y alisar. Son muy apreciadas precisamente por esto: combinan resistencia, belleza y utilidad, razón por la cual gozan de tan buena reputación.

Todo este avance continuo no se ha quedado en la teoría; ha tenido repercusiones prácticas muy importantes en la odontología diaria. Por ejemplo,

estas resinas ahora se pueden utilizar en cavidades que antes representaban un obstáculo significativo debido a su mayor dificultad y complejidad. Además, resulta muy alentador observar que el número de casos en los que una reparación falla por desgaste, tensión o fractura ha disminuido. Esto es así en la medida en que han evolucionado hasta convertirse en una solución fiable y sin riesgos tanto para reparaciones menores como para reconstrucciones importantes (7).

Los materiales utilizados en restauraciones dentales estéticas pueden clasificarse de diversas maneras dentro del campo de la odontología. Esto depende del punto de vista o los criterios empleados para su clasificación. Si, por otro lado, nos centramos en lo que realmente importa para diferenciarlos, hay tres características que destacan. El primer aspecto a considerar es la composición química de estos productos, es decir, los compuestos específicos utilizados en su producción. El segundo factor es el tamaño de las partículas que componen el material. Esto se debe a que no todos los materiales tienen las mismas dimensiones microscópicas, lo que influye considerablemente en su comportamiento. Otro aspecto fundamental es la forma en que el material se endurece o activa una vez aplicado al diente. Algunos materiales requieren luz, otros responden con el tiempo, y así sucesivamente. Al intentar clasificarlos, estos tres componentes son los que realmente los diferencian entre sí.

Según su composición química, se dividen en numerosas categorías. Por un lado, están los composites tradicionales, el tipo más convencional; por otro, los ionómeros de vidrio modificados, una versión mejorada de los ionómeros convencionales; también los compómeros, una mezcla de composite y ionómero; y, finalmente, los materiales bioactivos, que poseen una cualidad especial: liberan iones beneficiosos para los tejidos dentales, contribuyendo a su salud y protección (8).

Por otro lado, si consideramos el tamaño de las partículas de relleno que contiene cada resina, la clasificación también es bastante diversa. Por ejemplo, tenemos resinas macrorellenas, que contienen partículas más grandes; resinas microrellenas, que contienen partículas más finas; resinas híbridas y microhíbridas, que combinan tamaños; y las resinas más vanguardistas, que son las nanohíbridas y de nanopartículas, que contienen partículas muy pequeñas.

La forma en que actúa cada una de estas categorías varía en cuanto al acabado que dejan en la superficie del diente y el grado de resistencia al desgaste causado por la masticación y la fricción. Es importante destacar que el tamaño de estas minúsculas partículas es precisamente lo que da nombre a cada uno de los grupos o categorías en los que se agrupan estos materiales. Por lo tanto, no se trata de un detalle menor; al contrario, es un dato de gran importancia que conviene tener presente.

Además, existe un tercer requisito igualmente esencial: la forma en que el material se polimeriza o endurece tras su deposición. En base a esto, podemos hablar de tres tipos diferentes: las que se endurecen por sí solas mediante una reacción química, denominadas resinas de autocurado o de curado químico; Existen dos tipos de materiales: los fotopolimerizables o fotocurables, que requieren la luz de una lámpara especial para activarse y endurecerse; y los que combinan ambos sistemas, es decir, los activados por reacción química y luz, denominados materiales de polimerización dual (8).

Sin embargo, esta clasificación no es solo un ejercicio teórico, sino que tiene una gran relevancia en la práctica diaria. La estructura interna de cada producto y su proceso de fabricación determinan directamente su comportamiento en la boca del paciente. Asimismo, la capacidad de cada producto para soportar las condiciones adversas del entorno oral, como las variaciones de temperatura, humedad y la presión de la masticación, también depende directamente de estos factores.

Dicho de otro modo, conocer la clasificación de estos materiales no es un lujo ni una información superflua. Al contrario, es vital, necesario y fundamental para que todo profesional pueda desempeñar su trabajo correctamente. Dado que la composición del material, el tamaño de sus partículas y su proceso de endurecimiento son los tres criterios previamente establecidos, las características de cada material, ya sean físicas, mecánicas o estéticas, están directamente relacionadas con estos tres criterios. En definitiva, el objetivo del odontólogo o especialista es elegir, entre todas las opciones disponibles, el material más adecuado para el tipo de caries o la afección específica que presente el paciente en cada momento. La importancia de esta elección radica

en que determinará la eficacia del tratamiento a largo plazo o, por el contrario, su posible deterioro o fracaso prematuro. Al tomar la decisión correcta, el paciente evita la incomodidad de tener que regresar a la clínica para recibir tratamiento adicional mucho antes de lo habitual. Dicho de otro modo, tomar una buena decisión no solo garantiza un mejor resultado, sino que también ahorra tiempo tanto al paciente como al profesional y reduce el grado de dificultad que conlleva (8).

b) Estructura y composición

- **Matriz orgánica**

  Estos materiales están compuestos por moléculas con una cualidad excepcional: incluyen enlaces dobles entre átomos de carbono, denominados grupos vinilo. Esta es una propiedad fundamental de estos materiales. Además, en algunos casos, presentan algunas cadenas laterales o ramificaciones menores que contribuyen a su estructura general. El componente orgánico de estos compuestos, también conocido como su constituyente primario, está formado por moléculas que, antes de que el material se vuelva más rígido, pueden tener diferentes tamaños o pesos moleculares. En lenguaje común, todas estas moléculas se denominan monómeros. Cuando el material comienza a endurecerse o fraguar, esta matriz orgánica experimenta una transformación sustancial. Se convierte en una especie de red tridimensional producida por polímeros que se entrelazan entre sí, dando lugar a la formación de enlaces cruzados o reticulaciones. Sin embargo, no todas estas redes son iguales. Esto se debe a que el grado de entrecruzamiento que se logra a través de estas redes puede variar, y el llamado índice de transformación también tiene un efecto considerable. El índice de transformación se define únicamente por la cantidad de enlaces dobles que se rompen y se convierten en enlaces simples durante el proceso de polimerización. Además, el grado de reticulación y el índice de transformación son directamente responsables de determinar las propiedades químicas y mecánicas del polímero final. Un ejemplo de estas propiedades es la resistencia. Sin embargo, se requiere mucha precaución, ya que si el

proceso de polimerización no se lleva a cabo correctamente o no se gestiona adecuadamente, pueden quedar monómeros sin reaccionar. Estas son moléculas sueltas que no se han integrado completamente en la red. Esto no es un problema menor, ya que estos restos no solo hacen que el material sea menos biocompatible, lo que significa que no interactúa tan bien con los tejidos de la boca y los dientes, sino que también disminuyen la resistencia del material y pueden generar problemas adicionales. Por esta razón, es de suma importancia que el experto realice un control exhaustivo y riguroso de todos estos elementos durante el proceso. Solo de esta manera es posible asegurar que la sustancia funcione excepcionalmente bien en la boca del paciente y que continúe funcionando sin causar problemas durante un período prolongado. En definitiva, el éxito del ensayo clínico a largo plazo depende de esta gestión meticulosa (5).

A continuación, examinaremos las tres funciones principales que desempeña la fase orgánica en estos materiales dentales. La primera está relacionada con el proceso de endurecimiento o curado: para que el material se solidifique y se vuelva firme, se utiliza un proceso químico conocido como polimerización vinílica. Este método es el responsable de iniciar esta transformación. En segundo lugar, el mismo proceso de polimerización no solo aumenta la rigidez del material, sino que también permite crear uniones fuertes y estables entre las distintas capas del mismo. Además, y esto es de suma importancia, el material también puede utilizarse para adherirse a las superficies dentales, como el esmalte y la dentina. En otras palabras, garantiza que todo esté correctamente unido. Por último, pero no menos importante, la fase orgánica también actúa como soporte o agente adhesivo. Funciona como una especie de pegamento o matriz que rodea y retiene las partículas de relleno inorgánico que se incluyen en la matriz compuesta. Gracias a esta función de unión, los rellenos pueden permanecer en sus posiciones originales y el material en su conjunto puede adquirir mayor estabilidad y uniformidad.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de monómeros que se encuentran dentro de esta categoría de materiales: BisGMA, UDMA, TEGDMA, EDMA, HEMA y DDM. Todos estos son monómeros bastante comunes. En la mayoría de los composites que se comercializan y utilizan

actualmente en clínicas dentales, cada uno de estos componentes suele estar presente, aunque en cantidades variables. En contraste, existe un tipo distinto de material conocido como "ormocerosa", que recibe su nombre del hecho de que está compuesto íntegramente de silicio. Por otro lado, lo cierto es que, hasta el momento, no existen estudios ni datos que demuestren de forma concluyente que estas ormocerosas tengan un rendimiento significativamente superior al de los composites de dimetacrilato convencionales. En otras palabras, no hay indicios de que hayan demostrado ser mejores en la práctica. La inclusión de nuevos monómeros en la matriz orgánica ha sido el avance más importante en la fabricación de estos materiales en los últimos años. Este crecimiento ha estado ligado a la incorporación de nuevos monómeros. De hecho, esta es una de las áreas de estudio más activas y prioritarias que se están llevando a cabo actualmente en este sector. Además, ¿por qué es tan importante esta característica en particular? La razón es que estos nuevos monómeros suelen tener un mayor peso molecular y, además, tienen el potencial de incluir varios grupos reactivos en sus compuestos. Como resultado, el experto o investigador tiene un mayor control sobre dos aspectos cruciales: el proceso de curado o endurecimiento, así como el comportamiento final del material una vez aplicado con éxito al diente. El objetivo final de todas estas mejoras e investigaciones es reducir la contracción que se produce durante el fraguado del material, uno de los problemas más frecuentes, al tiempo que se aumenta la resistencia mecánica del composite. Este es el objetivo final. La importancia de estas dos características radica en que desempeñan un papel fundamental a la hora de determinar si las restauraciones dentales estéticas pueden durar un tiempo considerable sin desintegrarse ni fallar. En definitiva, el objetivo es hacer que el trabajo del dentista sea más fiable y evitar que el paciente tenga que volver por el mismo problema inmediatamente después (5).

Durante el proceso de endurecimiento o curado de los composites, se observa con frecuencia una ligera contracción, lo que indica una pequeña reducción de volumen del material. Existe una clara relación entre esta contracción y el tipo de componente orgánico, que es el factor más importante para determinar este comportamiento. Para encontrar una solución a este

problema, la industria ha invertido una cantidad considerable de recursos en la investigación de monómeros alternativos. Por ejemplo, se han realizado experimentos con macromoléculas, como el dimetacrilato de polietilenglicol, o con copolímeros diseñados específicamente para alcanzar tasas de conversión muy elevadas, entre el 90 y el 100 %, aprovechando prácticamente todos los enlaces dobles disponibles durante el proceso. Todo ello con el objetivo de mitigar las consecuencias negativas de esta contracción. Los sistemas epoxi-poliol se encuentran entre las alternativas más conocidas. En estudios de laboratorio, estos sistemas han logrado una reducción de la contracción de entre el 40 y el 50 % en comparación con los métodos más tradicionales. Además, es importante destacar los monómeros de espiro-ortocarbonato, a veces denominados SOC. Estos monómeros poseen una cualidad muy singular: son capaces de experimentar una ligera expansión. Las resinas de simloxano-oxirano, patentadas por 3M-Espe, también constituyen un factor importante que no debe pasarse por alto. Sin embargo, a pesar de todos estos avances e innovaciones, la realidad es que las empresas más exitosas del sector siguen mostrando preferencia por formulaciones más convencionales. Por ejemplo, las mezclas como Bis-GMA con TEGDMA o las combinaciones de Bis-GMA con UEDMA y TEGDMA en la matriz orgánica todavía se utilizan de forma significativa. ¿A qué se debe esto? Probablemente se deba a que estas formulaciones, a pesar de que aún presentan cierta contracción, que el odontólogo debe compensar mediante una técnica adecuada durante la inserción del material, proporcionan una armonía que se ha desarrollado. En otras palabras, logran combinar con éxito tres características esenciales: son fáciles de usar, poseen la resistencia mecánica suficiente y tienen un precio justo. En definitiva, este es el aspecto al que la mayoría de los profesionales otorgan mayor importancia en el día a día de la clínica (9).

- **Relleno/refuerzo**

  Cuando hablamos de restauraciones de composite, el relleno inorgánico desempeña un papel crucial. Esto se debe a que es responsable de garantizar

que el material tenga un equilibrio adecuado de todas sus características, incluyendo su resistencia, su comportamiento químico, su aspecto estético y su rendimiento físico en el uso diario. En esencia, su propósito principal es proteger la estructura dental sana, evitando así que el diente se fracture o se dañe durante la masticación. Sin embargo, para que una restauración funcione de manera óptima y eficiente, existen cuatro variables íntimamente relacionadas que determinarán su éxito final. Estas incluyen el tipo de partículas de relleno utilizadas, el tamaño de dichas partículas, la cantidad de relleno integrada en la matriz del material, la forma de estas partículas y, por último, su composición química. Individualmente, cada uno de estos elementos tiene un impacto considerable en el resultado final; no obstante, lo más importante es que todos colaboren entre sí para lograr un resultado armonioso. De hecho, la resistencia al desgaste del material, la facilidad con la que se puede pulir para obtener un acabado liso y brillante, y la durabilidad de la restauración en la boca del paciente no dependen de un solo factor, sino de la interacción de todas estas variables a lo largo del proceso. Por consiguiente, es fundamental que el dentista no solo conozca estos detalles, sino que también comprenda a fondo la función de cada componente. Solo así podrá elegir el material más adecuado para el tipo de caries o problema que deba tratar. Esta información y esta decisión determinarán, en última instancia, la vida útil del trabajo y la satisfacción del paciente (5).

En la producción y formulación de resinas compuestas, el relleno inorgánico es uno de los componentes más importantes. Dado que la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas del material dependen en gran medida de este relleno, esto no es casualidad. De hecho, las características finales del composite están determinadas principalmente por tres factores: el tipo de partículas utilizadas como relleno, la técnica empleada para su fabricación o procesamiento y la cantidad de relleno añadida a la mezcla. No es de extrañar que estas partículas se incluyan en la composición, ya que refuerzan y fortalecen la matriz orgánica, que de otro modo sería vulnerable a daños. Por ello, uno de los principales objetivos que persiguen los fabricantes al diseñar estos materiales es añadir la mayor cantidad posible de relleno a la formulación sin obstaculizar la capacidad del dentista para manipularlo y

colocarlo en el diente. En otras palabras, buscan una solución que logre el equilibrio ideal entre facilidad de uso y refuerzo. Cuando se encuentra un relleno eficaz, se obtienen numerosas ventajas considerables. En el caso de las radiografías, por ejemplo, la sustancia se vuelve más opaca, lo que facilita su visualización en las mediciones radiográficas. Además, disminuye la expansión que se produce como consecuencia de las variaciones de temperatura, reduce la contracción que ocurre cuando el material se endurece, lo que facilita su manipulación y manipulación, y mejora considerablemente el aspecto estético de la restauración, dando como resultado una apariencia más natural y atractiva. En resumen, un empaste de calidad es lo que marca la diferencia (9).

La tecnología de vanguardia conocida como nanotecnología se utilizó en la producción de este tipo específico de resina compuesta. Esta técnica emplea partículas muy pequeñas, de aproximadamente 25 nanómetros, además de agregados más grandes, denominados nanoaglomerados, de aproximadamente 75 nanómetros. El hecho de que esta resina tenga dimensiones tan minúsculas es lo que la distingue de otros tipos más comunes. El circonio combinado con sílice o nanopartículas de sílice por sí solo puede servir como partículas base para la producción de estos nanoaglomerados. Es necesario incorporar un agente aglutinante, como el silano, a estas partículas para asegurar un funcionamiento adecuado. Esta sustancia garantiza que los agregados se unan a la fase de resina, que es el componente orgánico del material, de forma eficaz y estable. Gracias a esta unión, se crea un enlace muy robusto y duradero entre todos los componentes. Esto no solo mejora notablemente el aspecto visual del material, sino que también incrementa considerablemente su resistencia mecánica, haciéndolo más duradero y fiable. En otras palabras, la resina no solo es más resistente, sino que también resulta más atractiva a simple vista. Su acabado es más natural y agradable, una característica muy valorada en el campo de la odontología estética (9).

Mediante el uso de partículas increíblemente diminutas, es posible desarrollar resinas con una capacidad excepcional para ayudar a los tejidos dentales a regenerarse y recuperarse de manera más eficiente. El componente

orgánico del composite es menos propenso a degradarse o deteriorarse con el tiempo gracias a este proceso de refinamiento minucioso, lo que no solo resulta en una superficie mucho más lisa e impecable, sino que también minimiza el riesgo de deterioro. Además, sus propiedades mecánicas se han mejorado notablemente, convirtiéndolo en una excelente alternativa tanto para los dientes frontales, que son los más visibles, como para los posteriores, que son los que soportan mayor tensión al masticar. Debido a su mayor resistencia, son especialmente adecuadas para su uso en zonas expuestas a un mayor nivel de tensión. Otra ventaja significativa de estas diminutas partículas es que reducen la contracción del material durante el proceso de fraguado. Esto es fundamental, ya que evita la deformación de las cúspides dentales e inhibe la formación de microfracturas en el esmalte. Las microfracturas son pequeñas fisuras apenas perceptibles a simple vista. Este último punto es de suma importancia, ya que, aunque parezcan insignificantes, pueden ocasionar diversos problemas. Por ejemplo, pueden oscurecer o cambiar el color del diente, aumentar el riesgo de infecciones y provocar sensibilidad, incluso después de finalizado el tratamiento. Por lo tanto, controlar este aspecto es fundamental para garantizar que el procedimiento se realice correctamente y que el paciente no presente problemas en el futuro (9).

Debido a su diminuto tamaño, estas partículas no pueden reflejar la luz de la forma adecuada. Esta es la dificultad que presentan estas partículas extremadamente pequeñas. Por otro lado, esto supone una desventaja considerable en el campo de la estética dental, ya que el ojo humano espera ver un material que se asemeje lo más posible al aspecto natural de un diente. Además, para compensar esta deficiencia, los fabricantes deben incluir partículas más grandes, con un tamaño en el rango de los micrómetros o incluso menor, pero lo suficientemente grandes como para interactuar adecuadamente con la luz visible. Esto da como resultado un material que no solo posee cualidades ópticas superiores, sino que también tiene la capacidad de cumplir correctamente su función estructural dentro de la boca. En lo que respecta a la reparación, las nanopartículas proporcionan una resistencia mecánica sustancial, necesaria para soportar la presión de la masticación. Por

otro lado, si las nanopartículas fueran el único medio utilizado, el producto final sería opaco y artificial. Por lo tanto, la combinación es el factor más importante: la fusión de partículas extremadamente finas con otras ligeramente más grandes permite un equilibrio perfecto entre la capacidad de reflejar la luz de forma natural y la dureza del material. Esto posibilita que el diente reparado luzca igual que los dientes adyacentes, mientras que la restauración es prácticamente imperceptible. De hecho, este es uno de los principios fundamentales de las resinas nanohíbridas que se utilizan actualmente: la incorporación de partículas de diversos tamaños, desde las más pequeñas hasta las algo mayores, para obtener un material no solo duradero, sino también estéticamente atractivo. Es precisamente esta mezcla diversa la que distingue a estas resinas de otras y la razón de su gran popularidad entre los expertos (9).

Un científico llamado Bowen logró un gran avance gracias a la creación del Bis-GMA. Consiguió combinar eficazmente partículas inorgánicas con la fase orgánica del material, lo que resultó en un aumento considerable de las propiedades físicas de la resina. A pesar de la disponibilidad de muchos otros materiales en la actualidad, el cuarzo se sigue utilizando en ciertas formulaciones. Esto ocurre incluso después de la introducción de rellenos más modernos, como la sílice coloidal o el vidrio de fluorosilicato de aluminio. El cuarzo fue el primer relleno que funcionó bien. Posteriormente, también se utilizaron compuestos de bario y estroncio. Estos compuestos se añadieron por una razón muy específica: para hacer que el material fuera radiopaco. Esto significa que sería fácilmente visible en las radiografías, lo que facilitaría al dentista la evaluación del estado de la restauración. En comparación con otros tipos de composites, los composites que contienen nanopartículas son un desarrollo relativamente reciente. Por ejemplo, los composites híbridos y microhíbridos llevan más tiempo disponibles en el mercado. Estos composites ofrecen una serie de ventajas interesantes, como una superficie más lisa y una mayor resistencia al desgaste, lo que los hace especialmente fiables para su uso diario. Al añadir más relleno al material, se reduce la cantidad de matriz orgánica presente. Esto minimiza la contracción durante el proceso de endurecimiento y la tendencia a absorber humedad, lo

cual es beneficioso. Por lo tanto, aumentar el relleno también incrementa la fricción y la viscosidad del material, lo que significa que se vuelve más espeso y difícil de manipular. Sin embargo, este no es el único beneficio de aumentar el relleno. Llega un punto, determinado por el tamaño de las partículas, en el que la viscosidad deja de ser práctica para su uso en la boca del paciente. De hecho, si las partículas son demasiado pequeñas, la superficie de contacto aumenta drásticamente y la mezcla puede volverse tan pastosa que resulte desagradable de usar o incluso inadecuada para fines terapéuticos. Además, existe otro aspecto que no se puede ignorar: la estética. En los dientes frontales, donde la apariencia natural es fundamental, la adición de una cantidad excesiva de material de relleno puede hacer que el diente pierda su transparencia y parezca artificial. Esta es una situación particularmente difícil. Por lo tanto, lo más importante es establecer el equilibrio óptimo entre la cantidad de material de relleno que se suministra y hasta qué punto esa fórmula es realista y factible para cada caso particular. No existe una fórmula fija; más bien, depende de las necesidades de cada situación (10).

c) Clasificación de resinas compuestas

En odontología, las resinas compuestas son materiales que se utilizan para reparar o reconstruir dientes fracturados. Su composición se basa en tres ingredientes principales que interactúan entre sí. El primero es la matriz orgánica, que actúa como esqueleto o base del material. Suele estar compuesta por sustancias como Bis-GMA, UDMA o TEGDMA, monómeros muy comunes en este tipo de productos. El segundo componente es el relleno inorgánico, compuesto por partículas de diversos materiales, como zirconia, sílice y vidrio de bario, entre otros. La presencia de estas partículas es fundamental para que el material pueda soportar las presiones de la masticación sin desintegrarse rápidamente. Estas partículas proporcionan al composite su estructura y resistencia. El agente de acoplamiento, también conocido como silano, es el tercer componente y, aunque no es tan conocido como los otros dos, es igualmente esencial. Además, actúa como un puente o conexión química que

une los componentes orgánicos e inorgánicos, garantizando así que ambas fases estén bien conectadas y no se separen. En ausencia de este agente, la unión sería débil y el material no tendría la consistencia ni la durabilidad necesarias. Las características de la resina están determinadas con precisión por su estructura tricomponente, compuesta por componentes que se integran adecuadamente entre sí. Estas características incluyen el comportamiento de la resina a la luz, su resistencia mecánica y su sensibilidad a las variaciones de temperatura o humedad. Asimismo, esta misma composición sirve de base para los numerosos sistemas de clasificación que se pueden encontrar en libros de texto de odontología y artículos científicos. Estos sistemas de clasificación se basan en la combinación y proporción de estos tres componentes, y cada tipo de resina se clasifica según estas características (11).

Cuando se trata de agrupar o clasificar resinas compuestas, uno de los métodos más populares y prácticos es observar el tamaño de las partículas de relleno que se incluyen dentro de las resinas compuestas. Según este criterio, que es uno de los más utilizados por los especialistas, podemos identificar varios tipos diferentes. Por ejemplo, están las resinas macrorellenas, que son el tipo de resina más antiguo o más convencional; también están las resinas microrellenas, que tienen partículas mucho más finas; también están las resinas híbridas y microhíbridas, que combinan partículas de diferentes tamaños; y más recientemente, han surgido las resinas nanorellenas y nanohíbridas, que incorporan partículas a nanoescala. Sin embargo, no es solo una cuestión de nombrar o etiquetar cosas. Cada una de estas categorías posee una amplia gama de características, las más notables de las cuales son las siguientes: el grado en que se pueden pulir para lograr una apariencia lisa y brillante; el grado en que proporcionan resistencia al desgaste causado por la masticación y la fricción diaria; y el grado de rendimiento desde el punto de vista estético, es decir, cuán naturales y similares se ven a un diente real. Estas características son precisamente las que desempeñarán un papel fundamental a la hora de determinar para qué tipo de trabajo o zona de la boca es más adecuada cada resina. Por ejemplo, al restaurar un diente frontal, donde la estética y el color son de suma importancia, el proceso no es el mismo que al reparar un molar posterior, donde la resistencia y la durabilidad son primordiales. Por ello, los

dentistas deben comprender a fondo estas diferencias para elegir el material más adecuado para cada caso particular y garantizar el mejor resultado posible (11).

Las resinas nanohíbridas son objeto de mi atención debido a su gran relevancia en la práctica odontológica actual. Entre todas las categorías que acabamos de analizar, hay un grupo que merece especial atención por su importancia. Esto se debe a que incorporan las características más deseables de ambos mundos. En primer lugar, incluyen nanopartículas, partículas diminutas con un tamaño que oscila entre los 25 y los 75 nanómetros. Por otro lado, también están compuestas por nanoclústeres, que son pequeñas agrupaciones o agregados de estas nanopartículas que, al combinarse, alcanzan un tamaño considerablemente mayor. El concepto detrás de esta mezcla es realmente ingenioso: buscan aprovechar las ventajas estéticas que ofrecen las partículas más pequeñas, como un acabado más liso, mayor brillo y una apariencia más natural, sin comprometer la resistencia y dureza que proporcionan las partículas más grandes. Es decir, pretenden tenerlo todo: un material que no solo sea increíblemente potente, sino que también tenga una apariencia visualmente atractiva. Además, su éxito radica en que, gracias a este equilibrio, las resinas nanohíbridas se han convertido en una alternativa muy versátil y práctica para los dentistas. Son ideales tanto para los dientes frontales, donde la estética es primordial y el resultado es visible para todos, como para los posteriores, donde lo más importante es que soporten la fuerza de la masticación. Su capacidad de adaptación a diversas necesidades es precisamente lo que las hace tan esenciales en el día a día de la clínica (12).

Existe otro método muy valioso y comúnmente utilizado para agrupar las resinas compuestas, que consiste en su consistencia o espesor. Este método se suma a la categorización de las resinas compuestas según el tamaño de sus partículas. Utilizando este criterio, podemos diferenciar entre tres categorías principales. Están las resinas convencionales, que tienen una consistencia normal o estándar; luego están las resinas fluidas, que son mucho más líquidas y tienen baja viscosidad, ideales para alcanzar áreas de difícil acceso; y finalmente, están las resinas de relleno a granel, que tienen una característica muy especial: permiten la colocación de capas más gruesas en un solo paso, gracias a las modificaciones realizadas por los fabricantes en su composición y su capacidad de endurecerse

adecuadamente en profundidad. Este método particular de categorización de resinas es particularmente significativo desde un punto de vista práctico, es decir, en el trabajo que se realiza diariamente en la clínica dental. Poder trabajar con un material altamente líquido no es lo mismo que trabajar con un material más denso o con una sustancia que permite rellenar cavidades profundas en un solo paso. Al comprender estas distinciones, los dentistas pueden elegir mejor el método de aplicación más adecuado para cada caso, teniendo en cuenta el tipo de caries y el resultado deseado. En definitiva, esta clasificación ayuda a los profesionales a realizar su trabajo de la manera más eficiente posible y con la mayor garantía de éxito (13).

Finalmente, existe otro método ampliamente utilizado para la clasificación de resinas compuestas: la clasificación según el proceso de endurecimiento o polimerización. Dentro de este marco, podemos diferenciar tres categorías. Entre los diversos tipos de resinas, existen algunas autopolimerizables, que se endurecen por sí solas mediante un proceso químico que se activa al combinar dos componentes. Además, están las resinas fotopolimerizables, que requieren una lámpara u otra fuente de luz para iniciar el proceso de endurecimiento. Por último, pero no menos importante, están las resinas de polimerización dual, que combinan las dos variedades anteriores. Estas resinas se endurecen tanto por reacción química como por acción de la luz, lo que les confiere mayor versatilidad. Esta categorización no es meramente teórica; tiene una enorme importancia en la práctica diaria del odontólogo, ya que influye directamente en la forma en que el material debe manipularse y administrarse durante los procedimientos clínicos. Los tiempos y procesos de trabajo con resinas que se endurecen al mezclarse difieren de los de las resinas que requieren luz para activarse. Esto se debe a que ambos tipos de resinas interactúan de manera diferente. Además, influye en la profundidad de polimerización alcanzable, es decir, en el grado de endurecimiento del material dentro de la cavidad. Este es un factor esencial para garantizar una restauración sólida y duradera. Cuando los especialistas comprenden estas diferencias, pueden elegir mejor la alternativa más adecuada para cada circunstancia y aplicar el enfoque correcto en cada caso (11).

d) Propiedades físicas y mecánicas

Las características mecánicas de las resinas compuestas, que se refieren a su comportamiento al ser sometidas a esfuerzos físicos como la presión o el impacto, están determinadas principalmente por dos factores: la cantidad de relleno inorgánico que se introduce en la matriz orgánica y el tipo específico de relleno utilizado durante el proceso de fabricación. Es importante considerar si se utiliza un solo tipo de partícula, si se añade mucha o poca cantidad, o cualquier combinación de estos factores, ya que todos estos aspectos influyen directamente en cómo reaccionará la sustancia en la boca. Entre las propiedades más estudiadas y relevantes tanto para pacientes como para dentistas se encuentran la resistencia a la flexión, que se refiere a la capacidad del material para doblarse sin romperse; la resistencia a la compresión, que se refiere a la capacidad del material para soportar fuerzas de aplastamiento; el módulo de elasticidad, que indica si el material es más rígido o más flexible; y la dureza superficial, que se refiere a la resistencia de la capa externa del material al desgaste y a los arañazos. La capacidad del material para soportar los esfuerzos generados durante la masticación sin deformarse ni romperse con el uso diario está directamente relacionada con todas estas cualidades. Estudios recientes han demostrado que la proporción de relleno inorgánico presente en la resina es directamente proporcional a la magnitud de los valores de resistencia mecánica que produce. Dicho de otro modo, aumentar la cantidad de partículas de refuerzo da como resultado un material más robusto y duradero. Este hallazgo ha impulsado a los fabricantes a producir nuevas generaciones de composites que integran una cantidad cada vez mayor de relleno inorgánico. Buscan constantemente un equilibrio entre resistencia, trabajabilidad y estética para proporcionar a los profesionales materiales más fiables y de mejor rendimiento (14).

La dureza superficial es una de las propiedades mecánicas más utilizadas en la práctica clínica para evaluar la calidad y el rendimiento de una resina compuesta. No es casualidad que este atributo esté estrechamente relacionado con dos factores esenciales: primero, la resistencia del material al desgaste por la fricción y la masticación cotidianas; y segundo, el grado de conversión de la matriz polimérica durante el proceso de endurecimiento o polimerización.

Ambos aspectos son cruciales. En otras palabras, si el material ha superado un proceso de curado completo y adecuado, su superficie será más resistente y tenaz. Esto indica que la restauración funcionará correctamente a lo largo del tiempo. Para evaluar la dureza superficial de forma objetiva y precisa, los especialistas suelen utilizar dos métodos de ensayo ampliamente conocidos y empleados en investigación y control de calidad: la microdureza Vickers y la microdureza Knoop. Ambas pruebas consisten esencialmente en aplicar una fuerza controlada a la superficie del material mediante un instrumento especializado llamado indentador o penetrador, y luego medir la indentación resultante. Cuanto mayor sea la resistencia del material, menor será la marca de indentación. Esto permite obtener una medición precisa de la resistencia superficial a la penetración. De esta manera, los especialistas pueden recopilar datos objetivos que les ayudan a comparar diversos materiales y predecir su comportamiento clínico en la boca del paciente (15).

Es fundamental tener en cuenta que la dureza superficial de una resina compuesta no solo está determinada por su fórmula química o sus componentes. Si bien la composición influye significativamente, no es el único factor que afecta este parámetro. Además, diversos elementos extrínsecos, como el método empleado por el dentista y el comportamiento del material tras su colocación en la boca, también desempeñan un papel importante. Por ejemplo, la dureza final se ve directamente afectada por el proceso de fotopolimerización, incluyendo el tipo de lámpara o luz utilizada para endurecer el material y su aplicación. El tiempo transcurrido entre el endurecimiento y el pulido también puede alterar el resultado. Al hablar del paso del tiempo, debemos recordar que el material estará expuesto al desgaste y al envejecimiento natural. Estos procesos incluyen la fricción de los alimentos, las variaciones de temperatura, la humedad bucal e incluso las fuerzas de la masticación, factores que influyen gradualmente en las propiedades del material. Diversas investigaciones han demostrado que la dureza superficial de las resinas puede variar considerablemente al someterse a pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio. Estas pruebas simulan las condiciones presentes en la boca del paciente durante un periodo prolongado. Esto es fundamental, ya que, basándose en estos datos, los especialistas pueden comprender con mayor precisión el rendimiento de una restauración tras varios

años de uso. En definitiva, estas características extrínsecas proporcionan indicadores clave para predecir la durabilidad a largo plazo y el rendimiento clínico de una restauración o empaste dental (16).

La estabilidad del color de la resina a lo largo del tiempo es otro elemento directamente relacionado con las cualidades de su superficie. Esto se refiere a la capacidad de la resina para conservar su color original sin oscurecerse ni amarillear con el uso continuado. Una vez colocada la resina en el diente, su superficie desempeña un papel fundamental en la determinación de esta característica, que podemos definir como físico-óptica. Cuanto más lisa y pulida esté la superficie, menor será la probabilidad de que se acumulen sustancias que puedan mancharla. Estos compuestos incluyen colorantes presentes en alimentos, bebidas o tabaco, por ejemplo. Por lo tanto, el grado de pulido de la resina es directamente proporcional a la probabilidad de que su color se mantenga constante y no presente variaciones perceptibles durante meses o años. Según estudios realizados sobre el tema, el método o procedimiento de pulido que emplea el dentista tiene un impacto directo y significativo en este comportamiento. No todos los procesos de pulido ni todos los equipos son iguales. Esto se debe a que todos estos aspectos influyen en la rugosidad final de la superficie, lo que a su vez afecta su resistencia a las manchas. Además, se ha descubierto que las resinas nanohíbridas son especialmente susceptibles a este problema, probablemente debido a la naturaleza y el tipo de relleno que contienen. Para garantizar que la restauración dure el mayor tiempo posible y conserve su aspecto natural, el pulido de estas resinas debe realizarse con sumo cuidado y atención. Esto se debe a que la vida útil de la restauración dependerá principalmente del proceso de pulido (12).

Por otro lado, las investigaciones han demostrado que el comportamiento mecánico de las distintas marcas de resinas nanohíbridas disponibles en el mercado no es idéntico. Esto se observa al comparar las numerosas marcas actualmente en el mercado. No es casualidad que existan grandes variaciones entre ellas; es decir, existen diferencias. Este fenómeno se explica por el hecho de que cada fabricante emplea su propia fórmula y proporciones. El tipo de matriz orgánica utilizada, la cantidad de relleno añadido y el tamaño de partícula seleccionado varían. Si bien a primera vista pueden parecer insignificantes, cada

uno de estos detalles influye significativamente en la resistencia, la dureza y el comportamiento general del material. Precisamente debido a estas variaciones, desde un punto de vista científico, es fundamental realizar estudios comparativos entre las distintas resinas antes de llegar a conclusiones generales sobre su rendimiento clínico. No es razonable suponer que todas las resinas nanohíbridas ofrecen los mismos resultados simplemente porque se clasifican en la misma categoría. Cada producto posee cualidades y comportamiento únicos, y la única manera de determinar con precisión qué material es el más adecuado para una circunstancia o necesidad específica es mediante pruebas exhaustivas y un estudio objetivo. Por ello, académicos y profesionales hacen hincapié en la importancia de estas investigaciones, ya que son el único método para llegar a conclusiones bien fundamentadas y basadas en datos sólidos (17).

e) Indicaciones clínicas de las resinas

Las resinas compuestas constituyen actualmente el material restaurador directo más utilizado en la práctica odontológica, tanto en el sector anterior como en el posterior, debido a su capacidad de adherirse químicamente a la estructura dentaria, su versatilidad estética y su comportamiento mecánico adecuado para soportar las fuerzas de la masticación. Su uso abarca desde restauraciones de caries simples hasta procedimientos más complejos de reconstrucción estética, lo que ha llevado a que este material desplace en gran medida a otras alternativas restauradoras más tradicionales (11).

Dentro de este grupo, las resinas nanohíbridas resultan especialmente indicadas cuando se busca un equilibrio entre estética y resistencia, ya que su composición les permite un excelente pulido y retención de brillo sin comprometer significativamente sus propiedades mecánicas. Por esta razón, son ampliamente utilizadas tanto en restauraciones de dientes anteriores, donde prima el resultado estético, como en dientes posteriores, donde se requiere mayor resistencia al desgaste oclusal (17)

Las resinas tipo bulk-fill, por su parte, han encontrado una indicación clínica particular en restauraciones posteriores de mayor profundidad, ya que su tecnología permite la colocación de incrementos más gruesos de material,

reduciendo el tiempo clínico y el riesgo de inclusión de burbujas o defectos internos. Esto las convierte en una alternativa práctica en casos donde se requiere optimizar el tiempo de trabajo sin sacrificar la calidad de la restauración final (13).

En el caso de las resinas fluidas, su indicación clínica principal se relaciona con su capacidad de humectar y adaptarse a superficies irregulares, lo que las hace útiles como material de base o revestimiento en restauraciones clase I y II, así como en restauraciones mínimamente invasivas de clase V. Sin embargo, debido a su menor contenido de relleno, su uso como material único en cavidades de mayor tamaño no siempre resulta recomendable desde el punto de vista mecánico (14).

Finalmente, la selección del tipo de resina compuesta a utilizar en cada caso clínico debe basarse no solo en la ubicación de la restauración, sino también en factores como la carga oclusal esperada, la exigencia estética del paciente y la necesidad de someter la restauración a procedimientos adicionales, como el pulido o el aclaramiento dental, ya que estos procesos pueden modificar las propiedades superficiales del material a lo largo del tiempo. En el contexto de la investigación que tiene como objetivo evaluar el comportamiento clínico de las resinas en comparación con otros procedimientos de tratamiento, este aspecto es muy pertinente (15).

3.1.2. Resinas nanohíbridas

a) Definición y características

Las resinas nanohíbridas son materiales utilizados en odontología para restauraciones directas. Estas restauraciones se colocan y moldean directamente en la boca del paciente durante una sola sesión dental. Su principal característica, al incorporar dos tipos distintos de partículas de relleno en una misma matriz orgánica, las distingue de otras partículas de relleno. Por un lado, incluyen partículas del orden de los micrómetros, comparables a las utilizadas en composites más convencionales, con un tamaño aproximado de 0,4 a 1 micrómetro. Nanopartículas o nanoclústeres de sílice y circonio, con diámetros que oscilan entre 20 y 75 nanómetros, son ejemplos de las nanopartículas

presentes en estos materiales. Por otro lado, también incluyen partículas considerablemente más pequeñas, del orden de los nanómetros. El concepto detrás de esta combinación es ingenioso: aprovechar las ventajas de cada tipo de partícula en una sola sustancia. Su resistencia mecánica, es decir, su capacidad para soportar la tensión y el desgaste sin romperse, proviene de los rellenos híbridos más convencionales. Sus excelentes cualidades ópticas provienen de los nanofillers más recientes, lo que les permite reflejar la luz de forma natural, replicar el brillo del esmalte dental y ofrecer un acabado estético superior. Gracias a esta combinación equilibrada, las resinas nanohíbridas se han consolidado como una de las categorías de composites más utilizadas y prestigiosas en odontología restauradora. Esto se debe a que proporcionan resultados fiables tanto en resistencia como en apariencia (18).

Una de las características distintivas de estas resinas es que, al incorporar partículas de dimensiones inferiores a la longitud de onda de la luz visible, las nanopartículas no dispersan la luz de manera significativa, lo que permite mantener una adecuada translucidez y un aspecto estético semejante al de la estructura dentaria natural, sin sacrificar las propiedades físico-mecánicas necesarias para restauraciones tanto del sector anterior como del posterior (18).

Asimismo, se ha descrito que la reducción del tamaño de partícula del relleno disminuye la contracción de polimerización y el estrés generado en la interfase diente-restauración, ya que un menor tamaño de partícula permite una distribución más homogénea de las tensiones durante el fraguado del material, factor determinante para preservar la integridad marginal de la restauración a lo largo del tiempo (19).

Por su versatilidad clínica, las resinas nanohíbridas se consideran materiales universales, dado que su comportamiento óptico, su capacidad de pulido y su resistencia al desgaste les permiten ser empleadas indistintamente en restauraciones estéticas de dientes anteriores y en restauraciones funcionales de dientes posteriores sometidos a mayores cargas oclusales (18).

El auge de los compuestos microhíbridos se debe a la constante evolución y el progreso en la fabricación de estos materiales. Su formulación emplea una combinación de alta precisión que incluye, por un lado, nanopartículas

diminutas, con un tamaño que oscila entre 20 y 100 nanómetros, y por otro, nanoagregados, que son agrupaciones de nanopartículas de circonia y sílice prepolimerizadas. Esto significa que han sido tratadas previamente para que, durante el proceso de fabricación, se comporten como una sola partícula de mayor tamaño, aunque en realidad estén compuestas por muchas partículas más pequeñas. La combinación de todos estos componentes dentro de la matriz de relleno micrométrica da como resultado un material que destaca por su gran resistencia mecánica y que, además, proporciona un acabado superficial de alta calidad y gran durabilidad. Gracias a la combinación de partículas diminutas y grandes, el material compuesto logra una superficie muy lisa y brillante que no solo conserva su estética con el paso del tiempo, sino que también resiste el desgaste del uso diario. Por esta razón, los microhíbridos se han convertido en un componente esencial en la odontología restauradora. Estos híbridos combinan estética y funcionalidad en un solo producto (20).

En la actualidad, cuando hablamos de resinas para restauraciones tanto en dientes anteriores como posteriores, estas resinas nanohíbridas son la opción más vanguardista, innovadora y utilizada en el mercado odontológico. Al ser la opción más popular, también son las que la mayoría de los profesionales eligen para su trabajo diario. Su microestructura, con un diseño híbrido muy creativo, es la clave de su éxito. Combina partículas de diversos tamaños, desde las más pequeñas a nanoescala hasta las más grandes a microescala. Este es el secreto de su éxito. El material es capaz de integrar una gran cantidad de relleno inorgánico en su composición, que a menudo representa entre el 78 % y el 87 % de su peso total. Esto es posible gracias a la diversidad de tamaños en los que se presenta. Esto se debe precisamente a que las partículas están bien dispersas, rellenando así eficazmente el área y dejando menos espacios vacíos. El material adquiere cualidades excepcionales como resultado de la alta concentración de relleno, gracias a lo cual es significativamente mejor en diversos aspectos. Durante el proceso de endurecimiento, por ejemplo, muestra menor contracción, lo que ayuda a reducir las filtraciones y las dificultades de adaptación. Además, posee mayor resistencia mecánica y un módulo elástico más elevado, lo que indica que es más rígido y puede soportar mejor las tensiones de la masticación sin deformarse. Por si fuera poco, mantiene su color de forma más uniforme con

el paso del tiempo, sin oscurecerse ni perder su tonalidad original como resultado del uso diario. Pero eso no es todo: la inclusión de nanopartículas en su composición le confiere una calidad superficial realmente excepcional y un brillo inicial intenso, muy similar a la calidad superficial del esmalte dental natural. Para rematar, este brillo y suavidad no desaparecen rápidamente; por el contrario, se mantienen durante un tiempo considerable, garantizando que las restauraciones sigan luciendo bellas y naturales durante muchos años. Sin duda, todas estas cualidades han contribuido a que estas resinas se hayan convertido en el material de elección de los dentistas en la actualidad (21).

b) Composición

Al examinar la estructura interna de las resinas compuestas, observamos que todas ellas, incluso las nanohíbridas, poseen la misma estructura fundamental, compuesta por tres componentes químicamente distintos entre sí. En primer lugar, se encuentra la matriz orgánica, que constituye la fase continua. Este componente engloba y proporciona soporte a todo lo demás. El segundo componente es el relleno inorgánico, que actúa como fase dispersa y consiste en partículas diseminadas por toda la matriz. Finalmente, el tercer componente es el agente de acoplamiento, que sirve de conexión o puente entre las dos fases anteriores, garantizando su unión. Las cualidades finales del material, una vez aplicado al diente, están determinadas principalmente por la interacción de estos tres componentes. En concreto, la matriz orgánica es el componente resinoso del composite y está compuesta principalmente por monómeros de dimetacrilato. El bis-GMA, un monómero de viscosidad moderada y alto peso molecular, es, con diferencia, el más conocido y utilizado. Sin embargo, no se emplea solo, ya que permite al odontólogo trabajar con comodidad y garantiza el control del material. En su lugar, se mezcla con otros monómeros más ligeros y fluidos, como el TEGDMA o el UDMA. Estos monómeros más pequeños cumplen una doble función: en primer lugar, facilitan la manipulación y la colocación de la resina en la cavidad dental; y en segundo lugar, ayudan a regular el grado de conversión durante el proceso de fotopolimerización, es decir, la cantidad de monómeros que se transforman correctamente en polímeros

al aplicar luz. El comportamiento de la reparación se ve significativamente influenciado por esta matriz biológica, que no es un componente pasivo, sino que actúa de forma altamente activa. Es directamente responsable de una serie de fenómenos esenciales para el éxito clínico. Estos fenómenos incluyen la contracción que se produce al endurecerse el material, su capacidad de absorber agua durante un período prolongado y su estabilidad cromática, que se refiere al grado en que conserva su tono original al exponerse a agentes externos como alimentos o bebidas. Por lo tanto, para predecir con precisión cómo se comportará la resina al colocarla en la boca del paciente, es necesario comprender a fondo los componentes que conforman esta fase orgánica (19).

Este es el lado del relleno inorgánico, compuesto por partículas de diversos materiales, como sílice, vidrio de bario, circonio o incluso mezclas de estos elementos, presentes en forma de nanoclústeres. Los nanoclústeres son pequeños grupos de partículas que funcionan como una sola unidad. En cuanto a las características mecánicas del composite, este componente desempeña el papel más importante. Es directamente responsable de la buena resistencia a la compresión del material, lo que significa que puede soportar fuerzas de aplastamiento sin romperse; también de su dureza superficial, que evita que se raye o desgaste fácilmente; y de su capacidad para resistir el desgaste causado por la fricción constante que se produce al masticar y cepillarse las encías. En general, se ha observado que las características físicas y mecánicas de la resina tienden a ser mejores cuando hay una mayor cantidad de relleno inorgánico integrado en la matriz orgánica. En otras palabras, aumentar la cantidad de partículas de refuerzo en un material lo hace más robusto, más resistente y más duradero. Al aumentar la carga de relleno, el material se vuelve más espeso y pastoso, lo que puede dificultar su manejo clínico. Sin embargo, este no es el único inconveniente. Es posible que el dentista tenga más dificultades para moldear, adaptar el relleno a la cavidad o darle la forma adecuada. Por ello, es fundamental encontrar el equilibrio perfecto: un relleno lo suficientemente potente, pero a la vez manejable y fácil de usar en la práctica diaria (18).

Por último, pero no menos importante, el agente de acoplamiento, que suele ser una molécula de silano (γ-metacriloxipropiltrimetoxisilano), es responsable de formar un enlace químico entre la matriz orgánica hidrofóbica y las partículas de relleno inorgánico hidrofílicas. Este enlace no solo protege la interfaz resina-

partícula de la penetración del agua y la consiguiente degradación hidrolítica del material, sino que también permite la transferencia de las tensiones mecánicas generadas durante la masticación desde la fase más maleable de la resina a la fase más rígida del relleno (19).

c) Ventajas y desventajas

Entre las principales ventajas de las resinas nanohíbridas se encuentra su comportamiento mecánico superior en comparación con generaciones previas de composites, particularmente frente a las resinas microhíbridas, diferencia atribuida fundamentalmente a la composición y distribución de su relleno inorgánico. Estudios comparativos han demostrado que las resinas nanohíbridas presentan valores de resistencia a la compresión superiores a los de los materiales microhíbridos convencionales. Esto respalda el uso de resinas nanohíbridas en restauraciones sometidas a mayores presiones oclusales (22).

Otra ventaja relevante es su alta capacidad de pulido y la conservación de este pulido a lo largo del tiempo, lo cual se traduce clínicamente en una mejor estabilidad cromática y en restauraciones más resistentes al manchado por sustancias pigmentantes de la dieta, siempre que se realicen protocolos adecuados de acabado y pulido final (23).

No obstante, estas resinas también presentan limitaciones. Al igual que el resto de composites basados en matrices de dimetacrilato, conservan cierto grado de contracción de polimerización, la cual, aunque reducida en comparación con generaciones anteriores, continúa generando estrés en la interfase adhesiva y puede favorecer, en determinadas condiciones clínicas, la aparición de microfiltración marginal (24).

Asimismo, la técnica de aplicación incremental que suelen requerir estas resinas, a diferencia de los sistemas de relleno masivo (bulk-fill), implica un mayor tiempo clínico de trabajo, lo que constituye una desventaja operativa en determinados contextos, como la atención de pacientes pediátricos o de baja tolerancia a procedimientos prolongados (24).

d) Comportamiento clínico y propiedades mecánicas

En cuanto a su comportamiento clínico, diversos estudios in vitro han comparado el desempeño de las resinas nanohíbridas frente a otras categorías de composites, encontrando que su resistencia compresiva y su comportamiento frente a la microfiltración marginal son estadísticamente similares, e incluso superiores en algunos parámetros, a los de las resinas de relleno masivo, lo que respalda su uso continuo en el sector posterior a pesar de la mayor rapidez operatoria que ofrecen las alternativas bulk-fill (24).

Un estudio experimental in vitro realizado en molares deciduos, que comparó una resina nanohíbrida de técnica incremental frente a una resina de relleno masivo, no encontró diferencias estadísticamente significativas en el grado de microfiltración marginal entre ambos materiales, concluyendo que la resina nanohíbrida constituye una alternativa confiable en la rehabilitación de dientes temporales sometidos a termociclado y a condiciones simuladas de función masticatoria (24).

Respecto a la estabilidad cromática, que constituye un indicador relevante del comportamiento clínico a largo plazo, se ha demostrado que las resinas nanohíbridas sometidas a un adecuado protocolo de pulido presentan valores de variación de color (ΔE) clínicamente aceptables incluso después de la exposición a sustancias pigmentantes como el café, mientras que la ausencia de pulido o el uso de técnicas de acabado inadecuadas incrementa significativamente el grado de decoloración del material (23).

En el ámbito de las propiedades mecánicas, se ha reportado que el comportamiento de las resinas nanohíbridas frente a la contracción de polimerización depende en gran medida de la técnica de fotocurado empleada, ya que el uso de lámparas con incremento gradual de intensidad lumínica permite reducir el estrés de contracción generado durante la fase de gel, disminuyendo así el riesgo de fisuras marginales, sensibilidad postoperatoria y recidiva de caries (19).

Finalmente, en escenarios clínicos de alta complejidad, como las restauraciones extensas de clase II con compromiso de rebordes marginales, se ha documentado que la combinación estratégica de resinas nanohíbridas de alto índice de refracción para la estratificación del esmalte, junto con materiales de relleno

masivo para la reconstrucción dentinaria, permite optimizar tanto el resultado estético como el control del estrés de contracción, evidenciando la versatilidad clínica de este tipo de material incluso en preparaciones cavitarias de gran extensión (25).

e) Especificaciones de la Resina Forma™

El producto conocido como FORMA se desarrolló con la intención de proporcionar un equilibrio excepcional entre tres cualidades clave: resistencia, durabilidad y estética. Pero eso no es todo. Además de ser una sustancia altamente completa en cuanto a sus cualidades, está diseñado para simplificar la vida del odontólogo, agilizando y simplificando el trabajo clínico que realiza habitualmente. Asimismo, fusiona estos tres valores de forma tan fluida que el profesional puede concentrarse en lo esencial sin tener que preocuparse por los problemas técnicos que puedan surgir. Gracias a su excepcional flexibilidad, es posible realizar restauraciones increíblemente limpias y precisas, con un aspecto muy natural, incluso utilizando un solo color. Este es uno de sus principales beneficios. Esto supone un gran alivio, ya que elimina uno de los momentos más laboriosos y desafiantes para el odontólogo: la selección del tono adecuado. Como consecuencia de la capacidad de FORMA para simplificar significativamente este proceso, ya no es necesario realizar pruebas ni mezclar varios colores para lograr un resultado satisfactorio. Este producto está disponible en una amplia gama de más de 32 tonalidades distintas, desde tonos de dentina hasta colores de esmalte y efectos inusuales. Este es solo un ejemplo de la adaptabilidad del producto. Gracias a esta gran variedad, los especialistas pueden modificar su enfoque para satisfacer las necesidades específicas de cada caso. Pueden aplicar el material de la manera más adecuada, teniendo en cuenta el tipo de restauración necesaria. En este sentido, FORMA proporciona a los dentistas un instrumento versátil y fiable que se adapta a diversos escenarios clínicos sin sacrificar la calidad ni la naturalidad del resultado final (26).

En lo que respecta a la construcción de restauraciones de composite, FORMA es un material que se caracteriza por su extraordinario rendimiento mecánico. Se distingue de otros materiales. La singularidad de este producto radica en que cada tono se elabora con una mezcla de zirconia y trifluoruro de iterbio, dos

componentes que le permiten imitar con extrema precisión las cualidades ópticas de los dientes naturales. En otras palabras, reproduce diversos efectos, como la fluorescencia (la capacidad de emitir un brillo tenue al exponerse a cierta iluminación), la opacidad y la translucidez, que son precisamente las que dan a un diente una apariencia natural y vital. Además, su consistencia está diseñada para facilitar su manipulación por parte de los dentistas. Es fácil de moldear y dar forma, y también se puede pulir con poco esfuerzo, obteniendo un acabado brillante que se mantiene con el paso del tiempo. Otra ventaja es su alto contenido de relleno, que le proporciona una resistencia significativa incluso cuando esta se utiliza en cantidades mínimas. Por ello, se trata de un material muy adaptable que puede utilizarse para restauraciones tanto en los dientes anteriores, donde la estética es fundamental, como en los posteriores, donde la resistencia a las fuerzas de masticación es crucial. Gracias a todas estas características, los especialistas pueden lograr resultados de alta calidad sin tener que dedicar un tiempo considerable al procedimiento. Mediante el uso de FORMA, pueden trabajar de forma más eficaz y eficiente, reduciendo así el tiempo empleado en cada intervención sin sacrificar la calidad del resultado final. En definitiva, es un material que combina la tecnología más avanzada disponible actualmente con la practicidad que los dentistas necesitan en su trabajo diario (26).

- **Indicaciones:**

  Gracias a su notable versatilidad y a sus excelentes características estéticas y estructurales, FORMA es una opción ideal para todo tipo de restauraciones dentales, tanto en los dientes frontales como en los molares y premolares posteriores. Al trabajar en los dientes frontales, los dentistas pueden obtener resultados de aspecto extremadamente natural aplicando solo unas pocas capas del material, gracias a su precisa translucidez. Esto les permite lograr los resultados deseados. Esta sencilla acción genera un efecto visual que imita procesos mucho más complejos, reduciendo así el tiempo y el esfuerzo necesarios sin comprometer la calidad del trabajo. Además, la textura del producto está diseñada para ser fácilmente moldeable y adaptable a la forma y el contorno del diente. No es necesario que el material se comporte de forma incontrolable ni que resulte difícil

de manipular para que los profesionales puedan trabajar con él cómodamente y darle la forma adecuada. Asimismo, la composición de FORMA ha sido cuidadosamente diseñada para proporcionar un mayor contenido de relleno en la parte posterior de la restauración, precisamente donde estará sometida a la mayor presión. Esto le confiere una excelente dureza y una gran resistencia mecánica, lo que garantiza que el material pueda soportar por completo las fuertes presiones generadas por la masticación, sin degradarse ni perder su forma con el uso diario. En resumen, FORMA combina lo mejor de ambos mundos: belleza y un aspecto natural para las zonas visibles, y resistencia y durabilidad para las zonas sometidas a mayor desgaste (26).

Además, FORMA es apropiado para restauraciones indirectas como carillas, incrustaciones y recubrimientos debido a su naturaleza manejable y consistencia que mejora el pulido, lo que permite un trabajo clínico eficiente y da como resultado una superficie lisa y bien acabada que favorece resultados estéticos duraderos; además, su fluorescencia natural reproduce las propiedades ópticas de los dientes naturales bajo diversas condiciones de iluminación, lo que produce una apariencia más cohesiva y visualmente atractiva (26).

f) Especificaciones de la Resina Z350 XT

Este es un composite nanohíbrido desarrollado para uso universal, lo que significa que puede utilizarse para restauraciones tanto en dientes anteriores como posteriores, independientemente de la zona de la boca que se esté tratando. Gracias a su adaptabilidad, una de sus principales características, los dentistas pueden tratar una amplia variedad de casos con un solo material. Uno de sus beneficios más importantes es la amplia gama de colores y opacidades que ofrece, lo que simplifica enormemente la determinación del tono preciso más adecuado para cada paciente y diente. Además, conserva su brillo de forma excepcional con el paso del tiempo, sin opacarse ni perder el aspecto natural y fresco tan apreciado en las restauraciones estéticas. Para minimizar problemas como filtraciones, mal ajuste o fracturas con el uso diario, es fundamental que

el material experimente una mínima contracción durante el proceso de endurecimiento. Esta es otra característica importante. El hecho de que se contraiga tan poco lo convierte en un material muy fiable y seguro. En particular, gracias a todas estas características, es una excelente opción para una amplia gama de procedimientos dentales, desde carillas e incrustaciones hasta restauraciones más complejas. En resumen, se trata de una sustancia flexible que se adapta a diversas necesidades terapéuticas y permite a los especialistas obtener resultados de alta calidad sin inconvenientes (27).

- **Características y Especificaciones Clave:**

  Este producto es una resina compuesta nanohíbrida desarrollada con el objetivo de proporcionar un equilibrio excepcional entre resistencia y estética. Gracias a que su relleno está compuesto completamente de nanopartículas y nanoclústeres, logra un rendimiento extremadamente alto en ambos aspectos.

  Se recomienda para una amplia gama de procedimientos y tratamientos dentales. Todo tipo de caries, incluidas las que afectan las superficies oclusales y proximales, así como las que involucran los bordes incisales y las superficies bucales, pueden tratarse con este material, que puede utilizarse en restauraciones de dientes anteriores y posteriores sin efectos adversos. Además, es adecuado para reconstrucciones de núcleo, implantes de carillas, restauraciones de inlays y onlays, e incluso para ferulización dental, es decir, para unir dientes y ofrecer mayor estabilidad. Todos estos procedimientos pueden realizarse con este material (27).

  En cuanto a su apariencia estética, ofrece una amplia variedad de tonalidades y cuatro niveles distintos de opacidad: dentina, cuerpo, esmalte y transparente. Esto permite una imitación muy natural de la estructura del diente. No solo conserva su brillo durante un periodo prolongado sin disminuir su intensidad, sino que también tiene un efecto camaleónico, que permite que la restauración se mimetice ópticamente con los dientes circundantes, respondiendo a la luz y al entorno bucal.

La nanotecnología, que fortalece el material desde el interior, lo hace más duradero y fiable para el uso diario. Como resultado, es extremadamente resistente a la compresión, las fracturas y el desgaste mecánico. Esto se debe a la nanotecnología.

En cuanto a su manipulación, tiene una consistencia excelente que facilita moldearlo y darle forma según la imaginación. Además de su capacidad para adaptarse fácilmente a la cavidad, presenta una contracción mínima al endurecerse, lo que reduce significativamente la probabilidad de filtraciones o desalineación (27).

Es compatible con lámparas halógenas y LED para el proceso de fotopolimerización. Se pueden aplicar capas de hasta dos milímetros de espesor tanto al cuerpo como al esmalte, y se solidifican en unos veinte segundos. Para la dentina, el espesor ideal de la capa es de un milímetro y medio, y el tiempo de polimerización es de aproximadamente cuarenta segundos. La dentina está aprobada para su uso en restauraciones dentales.

Dado que el medicamento está disponible en cápsulas predosificadas o jeringas de cuatro gramos, su uso es sencillo e inmediato, eliminando la posibilidad de desperdicio. Para facilitar su identificación rápida y sencilla, el envase está codificado por colores para indicar los diferentes tonos.

La tecnología TRUE™, una nanotecnología patentada desarrollada por 3M, es la clave de todo esto. Esta tecnología garantiza una mayor durabilidad y un acabado estético superior.

En resumen, Z350 XT es una resina de alta gama que combina la elegancia y el exquisito acabado de la porcelana con la durabilidad y adaptabilidad de un composite universal. Cada uno de estos aspectos está respaldado por la experiencia y la tecnología de 3M, lo que garantiza resultados naturales, duraderos y de excelente calidad (27).

3.1.3. Microdureza superficial

a) Conceptos:

En lo que respecta a la capacidad de una sustancia para resistir arañazos o hendiduras al ser presionada, la dureza superficial es el término que define esta capacidad. Sin embargo, es fundamental no confundir la resistencia mecánica con la dureza superficial, ya que son dos conceptos distintos. Un material puede tener una baja dureza en su capa exterior y, a la vez, ser muy difícil de romper o fracturar, y viceversa. Por ejemplo, el acero es un material considerablemente más resistente al paso del tiempo que el vidrio, a pesar de que este último pueda parecer más resistente o duro a primera vista. Para determinar el grado de dureza de un material, se utilizan instrumentos como los penetrómetros y los durómetros. Estos cuentan con una punta afilada que deja una marca o hendidura distintiva en la superficie del objeto. El nombre de la empresa que creó estos dispositivos suele estar impreso en las escalas o valores que proporcionan (28).

Existe una distinción entre rayado y marcado por presión, y no deben confundirse. La capacidad de una sustancia para resistir el rayado o las marcas dejadas por presión corresponde precisamente a la dureza superficial de dicho material. Trazar una línea divisoria clara entre ambos es de suma importancia. No se obtuvo un resultado válido al intentar medir la dureza de la silicona utilizando un dispositivo de rayado. Esto se debió a que el movimiento del instrumento impactó el material en lugar de penetrarlo o marcarlo. Para evaluar este tipo de propiedades se utilizan instrumentos conocidos como penetrómetros, equipados con un indentador o punzón en su punta. Sin embargo, al intentar medir la dureza de la silicona con este método, no se obtuvo un resultado fiable. Por ello, se requiere un indentador con punta roma, que funcione por compresión y sea capaz de producir una marca o indentación en el material estudiado (28).

La técnica para determinar la dureza de un material consiste en aplicar una fuerza específica a la muestra mediante un punzón o un indentador. Esta fuerza puede ser constante o variable, según las características de la operación. Las puntas del indentador pueden tener diversas formas, como esféricas, piramidales o romboidales, y pueden estar fabricadas de acero, carburo de tungsteno o diamante, según el diseño del fabricante. Es fundamental que la superficie a

estudiar esté perfectamente lisa, nivelada y pulida para obtener mediciones precisas. Al presionar el indentador sobre la superficie, deja una marca que puede ser un orificio, una ranura o una pequeña muesca. Para determinar la profundidad, el área o el ancho de esta indentación, se utiliza un microscopio. Los resultados obtenidos se comparan con las referencias establecidas. Existe una relación inversamente proporcional entre el tamaño de la marca dejada por el indentador y la resistencia que ofrece el material a la perforación. En otras palabras, si el material ofrece mayor resistencia, la marca será menor, lo que indica que el material es más resistente (28).

La dureza se define como la capacidad de un material para mantener su forma de manera permanente al ser sometido a una fuerza, especialmente cuando esta proviene de una sustancia más dura. Este concepto abarca diversas propiedades, como la capacidad de resistir la degradación causada por factores ambientales externos, la fricción, los arañazos y las marcas de presión, así como la tolerancia a dichas marcas (29).

La cantidad de indentación que se produce en la superficie de un material expuesto al ambiente es una medida de su dureza superficial. El primer estudio realizado para investigar esta característica consistió en comparar dos materiales distintos. Se descubrió que uno de ellos tenía menor dureza que el otro. El objetivo de este experimento era determinar si el material más rígido podía dejar una marca en el más blando mediante un indentador que aplicaba fuerza a la capa exterior. Este método resultó útil para determinar la dureza de la muestra. Sin embargo, es fundamental tener precaución, ya que los materiales flexibles tienden a generar indentaciones más profundas y extensas, lo que podría llevar a una evaluación incorrecta de la dureza real del material (30).

Mediante la aplicación de tensiones decrecientes durante el ensayo, la técnica de microdureza superficial se utiliza para determinar el grado de dureza presente en ciertas regiones de la capa externa de un material. El análisis de muestras delgadas, recubrimientos superficiales o estructuras muy pequeñas es una aplicación particularmente valiosa de esta tecnología. También tiene aplicaciones prácticas vitales en sectores como la odontología, donde se requiere inspeccionar detalles extremadamente minúsculos (31).

La microdureza superficial es una característica mecánica que evalúa la resistencia de la capa más externa de los materiales utilizados en odontología, como el esmalte, la dentina o las resinas compuestas, a la deformación o al marcado permanente. La microdureza superficial abarca la resistencia de estos materiales a la deformación. La evaluación de esta cualidad se puede realizar mediante diversas pruebas. Específicamente, se expresa en micrómetros. Se utiliza un indentador muy rígido para aplicar una fuerza controlada en puntos muy pequeños con el fin de determinar su valor. Esta medición es crucial en el campo de la odontología, ya que permite verificar la calidad de los materiales restauradores, el grado de polimerización que poseen y su capacidad para resistir el desgaste, la abrasión y la deformación. Esto garantiza que los materiales sean duraderos y que cumplan su función en la cavidad bucal de manera adecuada. Las pruebas Vickers o Knoop son dos ejemplos de los tipos de pruebas que se utilizan con frecuencia para determinar la dureza de las superficies, incluso en superficies extremadamente pequeñas. La información que se obtiene de estas pruebas se utiliza para comparar las respuestas de los tejidos naturales y los materiales de relleno a la masticación y otros estímulos comparables (32).

La dureza de un material puede evaluarse de dos maneras distintas: el primer método evalúa la resistencia general del material a la deformación, mientras que el segundo se centra en las capas superficiales o estructuras muy específicas. Ambos métodos se utilizan para determinar la dureza del material. De forma similar a los procedimientos Vickers o Knoop, este último emplea indentadores muy pequeños y cargas suaves para obtener los resultados deseados. Las pruebas tradicionales, como Rockwell o Brinell, utilizan cargas e indentadores mayores, lo que permite investigar regiones muy pequeñas con un daño mínimo en la muestra (33).

La dureza global es más conveniente para materiales uniformes de volumen considerable, ya que proporciona una perspectiva general de su resistencia a la deformación. La microdureza superficial es más adecuada para medir la rigidez en áreas específicas, especialmente en materiales con composiciones variadas, recubrimientos delgados o capas finas, donde la precisión en puntos específicos es fundamental. Sin embargo, la dureza global es más conveniente para medir la rigidez en áreas específicas. Esto se debe a que la dureza global ofrece una

visión completa de la resistencia que los materiales presentan a los cambios de forma (31).

El durómetro es una de las herramientas más utilizadas para medir la dureza de diversos materiales. Este aparato consta de indentadores de diferentes formas, como esferas de acero, puntas de diamante y componentes piramidales. Cada indentador está diseñado específicamente para realizar un tipo de prueba determinado. La fuerza aplicada a estos indentadores puede variar desde unos pocos gramos hasta varios kilos, según el tipo de material que se esté analizando. La persona encargada de realizar la prueba determina cuánto tiempo debe mantenerse la presión, ajustándola según las necesidades de cada caso (30).

Al examinar la dureza de los materiales, existen múltiples procedimientos y enfoques para su medición, tales como:

- La resistencia que un material ofrece al rayado por otra sustancia se denomina dureza al rayado. Cuando un material de menor dureza se raya con una sustancia de mayor dureza, tiende a desgastarse con mayor facilidad. La escala de Mohs es un sistema de clasificación que asigna un valor a los minerales, desde el 1 (correspondiente al talco) hasta el 10 (correspondiente al diamante). Este tipo de dureza se suele evaluar mediante la escala de Mohs (29).
- Dureza por indentación: Este tipo de ensayo se utiliza para determinar la resistencia de un material a la deformación cuando se somete a una carga constante aplicada mediante un indentador. Los ensayos de dureza Rockwell, Brinell, Vickers y Knoop son los más utilizados para medir esta propiedad:
    - Para determinar la dureza Brinell de un material, se debe utilizar una bola de acero o carburo para aplicar una fuerza constante sobre su superficie. Esto demuestra su resistencia a la penetración (34).
    - El ensayo de dureza Rockwell es un método probado y fiable que se ha utilizado durante muchos años para determinar la resistencia de un material a la indentación por presión. Durante este ensayo, se mide y registra la profundidad a la que se introduce un indentador,

que puede ser un cono de diamante o una bola de acero, en el material mientras se le aplica una fuerza determinada (35).

- El ensayo de dureza Vickers se utiliza para determinar la resistencia de un material a la deformación permanente producida por un indentador. Este ensayo se lleva a cabo con un indentador de diamante de forma piramidal, manteniendo una tensión constante durante todo el proceso. Al medir la magnitud de la depresión resultante, se puede determinar la resistencia general del material. En odontología, esta escala se emplea para evaluar la dureza superficial de diversos materiales, como resinas compuestas, cerámicas y aleaciones metálicas. Además de proporcionar información sobre las características del material, los datos obtenidos también ofrecen información sobre su capacidad para soportar las fuerzas de masticación, la abrasión y el desgaste habitual (36). El indentador de diamante utilizado en el ensayo de dureza Vickers tiene forma piramidal y base cuadrada. Durante todo el ensayo, las caras del indentador se alinean en un ángulo de 136 grados. Para determinar la dureza del material, se presiona el indentador contra su superficie aplicando una fuerza determinada. Las cargas utilizadas pueden variar entre uno y ciento veinte kilogramos, según la rigidez del material (37).
- Existen algunas similitudes entre la prueba de Knoop y la técnica de Vickers; sin embargo, la prueba de Knoop se distingue de la de Vickers por emplear un indentador de forma más alargada. Gracias a esta característica, la prueba de Knoop resulta especialmente útil para analizar materiales blandos o delgados (36).

En el ámbito de los materiales dentales, la microdureza es un componente esencial, ya que permite evaluar la capacidad de los materiales para resistir los efectos de la fricción, el desgaste y la degradación que se producen en la cavidad bucal. Por ello, se utilizan ensayos de indentación como Vickers o Knoop. Estos ensayos permiten analizar porciones extremadamente pequeñas de la muestra y son aplicables a cualquier tipo de material (38).

Se han realizado numerosos estudios que han utilizado estas pruebas de indentación con diversos productos dentales. Por un lado, se ha analizado la microdureza del esmalte para comprender mejor cómo determinados procedimientos o factores externos influyen en su estructura. Por otro lado, también se ha medido en resinas compuestas, cementos de resina y silicatos de calcio empleados en endodoncia para evaluar el grado de polimerización, la resistencia y la durabilidad de estos materiales en condiciones similares a las que se encuentran en la cavidad bucal (39).

3.1.4. Acabado y pulido de restauraciones

a) Definición de acabado y pulido:

El acabado y el pulido, aunque suelen entenderse como una sola fase clínica, corresponden en realidad a dos procedimientos distintos y complementarios dentro del protocolo restaurador con resina compuesta. El acabado consiste en el recontorneado de la restauración mediante instrumentos de mayor capacidad de corte —fresas de diamante, fresas multilaminadas o discos de grano grueso—, con el objetivo de redefinir la anatomía dentaria, eliminar excesos de material y establecer correctamente los márgenes entre el esmalte y la resina (40).

El pulido, en cambio, es la etapa posterior cuyo propósito es obtener una superficie lisa y brillante mediante instrumentos de menor capacidad abrasiva, reduciendo progresivamente las irregularidades microscópicas generadas durante el acabado hasta alcanzar valores de rugosidad superficial clínicamente aceptables e imperceptibles al tacto y a la vista (40).

b) Importancia del pulido en odontología restauradora:

El pulido de las restauraciones de resina compuesta reviste una importancia clínica considerable, ya que una superficie adecuadamente pulida disminuye la retención de placa bacteriana y biofilm, factores directamente relacionados con la aparición de caries secundarias e irritación gingival en los tejidos adyacentes a la restauración (40).

Además del componente biológico, el pulido cumple una función estética fundamental, puesto que una superficie lisa favorece una mejor reflexión de la

luz y un mayor mimetismo óptico con el esmalte dentario natural, mientras que superficies rugosas incrementan la susceptibilidad de la restauración a la pigmentación por sustancias cromógenas de la dieta (40).

Desde el punto de vista funcional, se ha señalado que la evolución conjunta de los sistemas de resinas compuestas y de los sistemas de acabado y pulido ha permitido obtener restauraciones de mayor calidad superficial, lo que se traduce clínicamente en una mayor longevidad del tratamiento restaurador y en una mejor salud bucal general del paciente (40).

c) Sistemas de pulido:

Una revisión bibliográfica reciente que analizó dieciséis publicaciones sobre el tema concluyó que existe una relación directa entre el tamaño de partícula de los sistemas de pulido empleados y los valores de rugosidad superficial obtenidos, señalando que a menor tamaño de partícula del sistema utilizado, mejores son los resultados de lisura y brillo superficial alcanzados sobre la resina compuesta (41).

Los discos abrasivos de óxido de aluminio, como el sistema Sof-Lex, están compuestos por una secuencia de discos de grano decreciente (grueso, medio, fino y extrafino) montados sobre un soporte flexible tipo Pop-On, lo que les permite adaptarse a superficies curvas y planas por igual; este sistema ha sido descrito de forma consistente en la literatura como uno de los que ofrece mejores resultados de rugosidad superficial en comparación con otros sistemas de pulido evaluados (41).

Las gomas o puntas de pulido de silicona impregnadas con partículas abrasivas, como el sistema Enhance, constituyen una alternativa que combina óxido de aluminio o polvo de diamante en una matriz elastomérica, lo que les confiere una consistencia flexible que se adapta fácilmente a superficies irregulares, ofreciendo un brillo comparable al de las pastas de pulido con la ventaja operativa de un sistema más sencillo de aplicar clínicamente (41).

Las pastas diamantadas, utilizadas generalmente como paso final del protocolo de pulido en combinación con copas de fieltro o cepillos, contienen partículas de diamante de granulometría ultrafina y tienen como función otorgar el brillo definitivo a la restauración; su empleo complementario a los sistemas de discos

o gomas ha demostrado mejorar aún más la estabilidad cromática del material frente a sustancias pigmentantes (42).

d) Efectos del pulido sobre la superficie de la resina:

El proceso de acabado, al remover volumen de material mediante instrumentos de corte, genera inevitablemente una superficie áspera con irregularidades que deben ser eliminadas en la fase de pulido; se ha determinado que los sistemas de pulido deben lograr valores de rugosidad superficial (Ra) iguales o inferiores a 0,2 µm para garantizar tanto la estética como la salud periodontal de los tejidos circundantes a la restauración (41).

Al comparar el efecto de distintos sistemas de pulido sobre resinas de nanorelleno, nanohíbridas y microhíbridas, se ha observado que los resultados de rugosidad superficial obtenidos son relativamente similares entre las distintas categorías de composite, lo que sugiere que la eficacia del sistema de pulido empleado tiene una influencia comparable o incluso mayor que la propia composición del relleno inorgánico de la resina (41).

Asimismo, se ha reportado que la ausencia de un pulido adecuado, o la utilización de protocolos incompletos, incrementa significativamente el grado de pigmentación de la resina compuesta al exponerla a sustancias colorantes como el café, mientras que las superficies correctamente pulidas mantienen valores de variación de color (ΔE) clínicamente aceptables incluso tras la inmersión prolongada en dichas sustancias (42).

e) Relación entre pulido y microdureza:

La relación entre el pulido superficial y la microdureza de la resina compuesta ha sido también objeto de estudio, encontrándose que la realización de un adecuado protocolo de pulido puede favorecer valores más altos de microdureza superficial en comparación con superficies no pulidas o pulidas de manera incompleta, lo que se relacionaría con una mayor exposición y compactación de la fase de relleno inorgánico en la capa más superficial del material (43).

De igual manera, se ha documentado que factores adicionales al pulido, como el tiempo y la técnica de fotopolimerización empleada, modifican los valores de microdureza superficial obtenidos, encontrándose diferencias significativas

entre distintos protocolos de fotoactivación en las primeras mediciones, aunque estas diferencias tienden a disminuir cuando se aplican técnicas de fotopolimerización complementaria o de mayor tiempo de exposición (43).

El hecho de que el pulido, la composición del relleno y la microdureza estén interrelacionados subraya la importancia de establecer protocolos clínicos uniformes para el acabado y el pulido. Esto se debe a que la microdureza superficial sirve como indicador indirecto de la resistencia al desgaste y de la capacidad de la restauración para conservar sus cualidades mecánicas y estéticas a lo largo del tiempo mientras funciona en la boca (43).

3.1.5. Aclaramiento dental

a) Concepto de aclaramiento dental:

El aclaramiento o blanqueamiento dental se define como un procedimiento clínico no invasivo mediante el cual es posible aclarar el tono de una o varias piezas dentarias a través de la aplicación de agentes químicos oxidantes, principalmente peróxidos, que actúan eliminando o degradando las sustancias cromógenas responsables de la pigmentación dental (44).

Este tratamiento se ha consolidado como uno de los procedimientos estéticos más solicitados en la práctica odontológica actual, motivado en gran parte por la creciente valorización social de la estética dental, siendo empleado tanto como tratamiento independiente como en la fase previa a procedimientos restauradores o rehabilitadores más complejos (44).

b) Clasificación de las técnicas de blanqueamiento:

Las técnicas de aclaramiento dental se clasifican fundamentalmente en dos modalidades según el lugar de ejecución y el nivel de concentración del agente empleado: el blanqueamiento ambulatorio (o domiciliario) y el blanqueamiento en consultorio, cada una con indicaciones, concentraciones y protocolos de supervisión profesional diferenciados (45).

El blanqueamiento ambulatorio consiste en la aplicación, por parte del propio paciente en su domicilio, de un agente blanqueador de baja concentración (habitualmente peróxido de carbamida al 10%) contenido en una férula

individualizada confeccionada previamente por el odontólogo, permitiendo una liberación progresiva y controlada del agente activo durante períodos prolongados de uso diario (45).

El blanqueamiento en consultorio, por su parte, es realizado íntegramente por el profesional dentro del entorno clínico, empleando agentes de alta concentración (como el peróxido de hidrógeno al 35%), frecuentemente activados mediante fuentes de luz LED o láser, lo que permite obtener resultados estéticos más inmediatos en un número reducido de sesiones, aunque con mayor riesgo de efectos adversos si no se respetan los protocolos de aislamiento y aplicación (46).

c) Peróxido de hidrógeno al 35%:

- **Mecanismo de acción**: Cuando el peróxido de hidrógeno se descompone, genera radicales libres de oxígeno y otras moléculas altamente reactivas que penetran el esmalte y la dentina. Estas moléculas descomponen las grandes cadenas orgánicas que causan las manchas en los dientes y las transforman en sustancias más simples y pequeñas, de un tono mucho más claro. El peróxido de hidrógeno actúa como un agente oxidante que no distingue entre diferentes compuestos (47).
- **Indicaciones:** El uso del peróxido de hidrógeno al 35% está indicado principalmente en el blanqueamiento de dientes vitales con discromías de origen extrínseco o intrínseco leve a moderado, en pacientes con esmalte sano, sin exposición dentinaria y sin patologías periodontales activas, siendo su aplicación en consultorio la modalidad de elección cuando se requiere un resultado estético en el menor tiempo posible (46).
- **Efectos sobre tejidos dentarios:** Se ha documentado que la eficacia y seguridad del peróxido de hidrógeno al 35% dependen directamente de factores como su concentración, el pH del gel y el tiempo de exposición sobre la superficie dentaria, habiéndose observado que los geles de alta concentración tienden a presentar una disminución progresiva del pH durante el tiempo de aplicación clínica, lo cual se relaciona con un incremento de la rugosidad superficial del esmalte cuando el pH desciende por debajo de valores críticos (47).

- **Efectos sobre materiales restauradores:** Diversos estudios señalan que la aplicación de peróxido de hidrógeno en altas concentraciones puede generar alteraciones superficiales en materiales restauradores preexistentes, entre ellas cambios de color, incremento de la rugosidad superficial y variaciones en la microdureza de restauraciones de resina compuesta, por lo que se recomienda evaluar el estado de las restauraciones previas antes de iniciar el tratamiento blanqueador y considerar su eventual sustitución posterior al tratamiento para igualar el tono final obtenido (44).
- **Interacción con resinas compuestas:** Uno de los efectos clínicos más relevantes de la interacción entre el peróxido de hidrógeno y las resinas compuestas es la inhibición de la polimerización, fenómeno explicado por la acción del oxígeno residual que permanece en la estructura dentaria tras el tratamiento blanqueador, el cual actúa como inhibidor conocido de las reacciones de polimerización de los materiales a base de resina, comprometiendo la resistencia de unión entre el sistema adhesivo, la resina compuesta y el sustrato dentario si la restauración se coloca inmediatamente después del blanqueamiento; por esta razón, la literatura recomienda esperar un período prudencial entre la finalización del tratamiento blanqueador y la colocación de restauraciones adhesivas, salvo que se empleen sustancias antioxidantes para neutralizar el oxígeno residual (47).

3.2. Antecedentes investigativos

3.2.1. Internacionales:

- **Autor:** Alana Hurd y cols.

  Título: "Efecto del aclaramiento dental con peróxido de hidrógeno a diferentes concentraciones sobre la superficie del esmalte: un estudio in vitro". Colombia 2015

  Fuente: https://revistas.unicoc.edu.co/index.php/joc/article/view/315

Objetivo: Examinar el impacto del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en la capa externa del esmalte dental a concentraciones del 25%, 35% y 40%.

Métodos y materiales: Se realizó una investigación experimental en laboratorio. Se obtuvieron quince premolares de la clínica de cirugía oral de UNICOC. Se recolectaron cuatro muestras de cada diente, lo que resultó en un total acumulado de sesenta muestras. Las muestras se clasificaron en cuatro grupos distintos: el Grupo 1 sirvió como grupo control, compuesto por seis muestras sin tratamiento; los tres grupos restantes contenían dieciocho muestras cada uno, tratadas con diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno: Grupo 2 al 25%, Grupo 3 al 35% y Grupo 4 al 40%. Tras la aplicación del agente blanqueador en todas las muestras, nueve de cada grupo se sometieron a análisis microscópico inmediato, mientras que las nueve restantes se evaluaron quince días después tras la inmersión en saliva artificial.

Resultados: La comparación entre la concentración del 40 % y la del 25 % en ausencia de saliva artificial reveló diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,046$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas al compararlas con la concentración del 35 % ($p = 0,070$) y el grupo control ($p = 0,569$). Por el contrario, al realizar las mismas comparaciones con muestras sumergidas en saliva artificial, los resultados no mostraron diferencias notables ($p > 0,05$) entre la concentración del 40 % y las concentraciones del 25 % y el 35 %.

En conclusión, el peróxido de hidrógeno no induce alteraciones significativas ni duraderas en la superficie del esmalte dental. Se observa que, con dosis elevadas de este agente blanqueador, los poros del esmalte parecen agrandarse. No obstante, cuando el diente entra en contacto con saliva sintética, se activa un mecanismo natural de remineralización que contribuye a disminuir el tamaño de estos poros, contrarrestando parcialmente el efecto blanqueador (48).

- **Autor:** Azzarri, María José y cols.
  Título: "Acción de los agentes blanqueadores sobre materiales de restauración". Argentina 2015.
  Fuente: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-795813

  El objetivo de esta investigación es realizar un análisis comparativo de los diferentes efectos de los agentes blanqueadores en las restauraciones dentales.

Se busca evaluar las alteraciones en la superficie de los materiales restauradores expuestos a un agente blanqueador. La técnica empleada será la microscopía electrónica de barrido ambiental.

Los resultados obtenidos tendrán una considerable aplicabilidad para organizaciones que capacitan a profesionales en salud bucal, para el campo de la odontología y para empresas o fabricantes en la mejora de sus productos (49).

- **Autor:** Andrea Sifuentes Ravello y cols.
  Título: "Efecto de dos agentes blanqueadores sobre la microdureza superficial del esmalte". España 2016.
  Fuente:
  https://www.researchgate.net/publication/308154893_Efecto_de_dos_agentes_blanqueadores_sobre_la_microdureza_superficial_del_esmalte_Effect_of_two_bleaching_agents_on_enamel_microhardness

  Objetivo: Examinar el impacto de dos agentes blanqueadores en la microdureza de la superficie externa del esmalte.

  Materiales y métodos: Se emplearon dos agentes blanqueadores: peróxido de hidrógeno al 35 % y peróxido de carbamida al 35 %. Veinticinco dientes bovinos se dividieron longitudinalmente en tres segmentos: uno se asignó como grupo control, mientras que los otros dos se destinaron a los respectivos tratamientos de blanqueamiento. La microdureza se evaluó con un durómetro Leco LMV-50V aplicando una fuerza de 20 gramos-fuerza.

  Resultados: La prueba de Dunnett reveló diferencias entre los dos agentes blanqueadores: el peróxido de hidrógeno al 35 % mostró una reducción de -78,08, mientras que el peróxido de carbamida al 35 % produjo -20,32, lo que indica una disminución significativa en la microdureza de la superficie del esmalte. La prueba de Tukey (57,72) confirmó una diferencia notable entre ambos productos.

  Conclusiones: La solución de peróxido de hidrógeno al 35% produjo una reducción más significativa de la microdureza de las superficies del esmalte dental bovino que la solución de peróxido de carbamida al 35% (50).

3.2.2. Nacionales:

- **Autor:** Laura Elena Reyes Cruz.

  Título: "Efecto de dos agentes de aclaramiento sobre la microdureza superficial de una resina compuesta". Lima 2024

  Fuente: https://repositorio.unfv.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cd637839-2274-407f-9c1a-06b2f9001d13/content

  Objetivo: Examinar el impacto de dos agentes blanqueadores en la microdureza de la capa superficial de una resina compuesta.

  Metodología: Este estudio experimental, transversal, comparativo y prospectivo evaluó la microdureza de 30 discos de resina compuesta nanorellena (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, EE. UU.) antes y después de la aplicación de agentes blanqueadores. Se establecieron tres grupos: un grupo control, un grupo tratado con peróxido de carbamida al 16 % y un grupo tratado con peróxido de hidrógeno al 35 %.

  Resultados: La reducción más significativa en los valores de microdureza se observó en el grupo tratado con peróxido de hidrógeno al 35 %. El análisis ANOVA reveló variaciones estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los grupos al evaluar la alteración media de la microdureza antes y después del tratamiento. El análisis post-hoc de Tukey confirmó diferencias significativas entre el grupo tratado con peróxido de carbamida al 16 % y el grupo control ($p < 0,001$), así como entre el grupo tratado con peróxido de hidrógeno al 35 % y el grupo control ($p < 0,001$).

  Las técnicas de blanqueamiento dental empleadas en esta investigación disminuyeron claramente la microdureza de las resinas compuestas (51).

- **Autor:** Kevin Wilfredo Cuayla Quicaña.

  Título: "Efecto del peróxido de hidrógeno al 35 %, peróxido de hidrógeno al 35% con desensibilize KF al 2% y peróxido de carbamida al 16% en la microfiltración marginal in vitro de restauraciones directas con resina nanohíbrida". Moquegua 2018.

  Fuente: https://repositorio.ujcm.edu.pe/items/24da31b6-6918-4719-984b-0e18a486bea0

  Este estudio buscó evaluar, en un entorno de laboratorio controlado, la filtración marginal presente en los bordes de restauraciones directas compuestas de resina nanohíbrida en dientes anteriores maxilares, luego de la exposición a agentes blanqueadores que incluyeron peróxido de hidrógeno al 35%, una combinación de peróxido de hidrógeno al 35% y Desensibilize KF al 2%, y peróxido de carbamida al 16%, durante el año 2018. La muestra incluyó 36 dientes anteriores maxilares que fueron sometidos a restauraciones y un procedimiento de termociclado, luego tratados con varios químicos blanqueadores. Los dientes fueron asignados arbitraria y uniformemente en las siguientes categorías: Grupo 1: peróxido de hidrógeno al 35%; Grupo 2: peróxido de hidrógeno al 35% mezclado con Desensibilize KF al 2%; Grupo 3: peróxido de carbamida al 16%; y un grupo de control que no recibió ninguna intervención de blanqueamiento. La microfiltración marginal in vitro se evaluó midiendo la extensión de la infiltración del colorante en las regiones cervical e incisal de cada diente. Las mediciones se realizaron en milímetros utilizando un microscopio digital y la información se documentó en un formulario diseñado para observaciones de laboratorio. Los resultados indicaron que la mayor microfiltración marginal en la pared cervical se observó con peróxido de hidrógeno al 35 % (0,935 mm), seguida de la mezcla de peróxido de hidrógeno al 35 % y Desensitize KF al 2 % (0,691 mm), mientras que el valor mínimo se asoció con peróxido de carbamida al 16 % (0,547 mm). No se observaron diferencias significativas entre los distintos grupos examinados en la pared incisal.

  Se utilizó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) para evaluar los datos de microfiltración marginal en la pared cervical después del blanqueamiento, obteniéndose un valor p de 0,022, lo que indica diferencias sustanciales entre los grupos evaluados. Posteriormente, se realizó un análisis post hoc para diferenciar

los grupos, revelando diferencias significativas en la microfiltración entre el grupo tratado con peróxido de hidrógeno al 35 % y el grupo control. El mayor grado de microfiltración se observó en la zona cervical y dentro del grupo asociado con peróxido de hidrógeno al 35% (52).

- **Autor:** Olga Velásquez-Vergara y cols.

  Título: "Efecto del peróxido de hidrógeno al 35% con y sin la activación de lámpara de diodos en la microdureza del esmalte". Lima 2013

  Fuente:
  https://www.academia.edu/127348933/Efecto_Del_Per%C3%B3xido_De_Hidr%C3%B3geno_Al_35_Con_y_Sin_La_Activaci%C3%B3n_De_L%C3%A1mpara_De_Diodos_en_La_Microdureza_Del_Esmalte_Effect_of_35_Hydrogen_Peroxide_with_and_Without_Activation_of_Light_Emitting_Diodes_on_Enamel_Microhardness

  Objetivo. Evaluar el impacto del blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 35%, administrado con y sin luz LED, sobre la microdureza de las superficies del esmalte.

  Materiales y metodología. Se realizó un estudio experimental longitudinal con una muestra no probabilística e intencionada de 30 premolares permanentes. Los dientes se asignaron aleatoriamente a dos grupos: un grupo control (n=15) al que se le administró peróxido de hidrógeno al 35% sin iluminación LED, y un grupo experimental (n=15) al que se le trató con el mismo agente blanqueador, pero con activación mediante lámpara LED. Se realizaron mediciones de microdureza en dos momentos: antes del tratamiento y diez minutos después de finalizar el blanqueamiento. Se utilizó la prueba de dureza Vickers, realizando tres indentaciones en cada muestra y determinando el valor medio de cada una.

  Resultados. La prueba t paramétrica indicó que ambos métodos de blanqueamiento produjeron una reducción significativa en los valores de microdureza del esmalte (p=0,00) después del tratamiento.

  Resultados: El uso de una lámpara LED durante el blanqueamiento dental produjo una reducción más significativa de la microdureza que el blanqueamiento sin esta iluminación; sin embargo, la diferencia entre ambas técnicas fue mínima (53).

4. HIPÓTESIS

Dado que el peróxido de hidrógeno al 35% provoca un fenómeno de oxidación y descomposición química que podría dañar la fase orgánica de las resinas nanohíbridas,

Es probable que la aplicación de un procedimiento de pulido por etapas consiga eliminar esa capa superficial alterada y, de ese modo, lograr que los valores de microdureza superficial aumenten, en comparación con aquellas muestras que no hayan recibido ese tratamiento de pulido después del blanqueamiento.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL (METODOLOGÍA)

1. METODOLOGÍA

1.1. Clasificación Taxonómica de la Investigación

La presente investigación, según su propósito, corresponde a una investigación **aplicada**, ya que tiene como finalidad evaluar el efecto del pulido sobre la dureza superficial de dos resinas nanohíbridas tras la aplicación de peróxido de hidrógeno al 35%. Es decir, no busca generar conocimiento teórico nuevo por sí mismo, sino resolver un problema concreto y de utilidad práctica dentro del campo odontológico, aportando información que pueda aplicarse directamente en la práctica clínica.

Según su enfoque metodológico, es una investigación de tipo **cuantitativo**, debido a que se miden y comparan valores de dureza superficial, los cuales se expresan en una escala numérica, y posteriormente son analizados mediante métodos estadísticos que permiten obtener resultados objetivos y medibles.

En cuanto a su diseño, se trata de un estudio **experimental in vitro**, ya que en él se manipulan de manera deliberada las variables independientes, en este caso el tipo de resina, el pulido aplicado y el agente blanqueador utilizado, todo esto dentro de condiciones controladas de laboratorio, lo que permite tener un mayor control sobre los factores que podrían influir en los resultados.

Respecto a su alcance, corresponde a un estudio **correlacional explicativo**, puesto que su intención es establecer relaciones de causa y efecto entre el pulido, el blanqueamiento y los cambios que se producen en la dureza superficial de las resinas evaluadas, buscando así explicar cómo estas variables se relacionan entre sí.

Finalmente, en relación con su temporalidad, la investigación es de tipo **longitudinal prospectivo**, ya que las mediciones se realizan en diferentes momentos del estudio, específicamente después del blanqueamiento y después del pulido, dentro de un período de tiempo previamente definido, lo que permite observar la evolución de los valores medidos a lo largo del proceso experimental.

1.2. Matriz de Consistencia

TABLA 1 Cuadro de variables

Variable	Indicadores	Ítems
Pulido (Variable independiente)	- Sistema de discos abrasivos (Sof-Lex) Sistema de gomas de pulido (Enhance) - Pulido con pasta diamantada	
Resinas nanohíbridas (Variable independiente)	- Resina Z350 - Resina Forma	
Aclaramiento con peróxido de hidrógeno (Variable independiente)	- Whiteness HP (Peróxido de hidrógeno al 35%)	
Microdureza superficial (Variable dependiente)	- Baja - Media baja - Media alta - Alta	70–90 HV* 91–110 HV 111–130 HV 131–150 HV

* Dureza Vickers

1.3.Técnica de investigación

Este trabajo emplea una técnica basada en la observación experimental directa, con un diseño de investigación realizado en laboratorio y fuera de un organismo vivo. El uso de este método permite investigar dos aspectos fundamentales: el Factor 1, que corresponde a las resinas nanohíbridas analizadas, y el Factor 2, que establece el modo de exposición al estímulo mediante la comparación de muestras tratadas con peróxido de hidrógeno al 35% y evaluadas antes y después del proceso de pulido.

La microdureza superficial es la variable examinada en esta investigación, y se utiliza la escala de dureza Vickers (HV) para determinar su valor. Para esta evaluación se emplean

ensayos de microindentación. Estos ensayos permiten traducir la reacción física del material en valores exactos y cuantitativos.

1.4. Técnica de ejecución de investigación

1.4.1 Población y Unidades de Estudio

Para la investigación se utilizaron muestras de resina nanohíbrida fabricadas en forma de cilindros. Mediante un molde metálico estandarizado, se garantizó que cada pieza tuviera un diámetro de 8 milímetros y un espesor de 4 milímetros. Esto aseguró la uniformidad de las muestras, lo que permitió una evaluación fiable del impacto del pulido y el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35% en la microdureza superficial de las resinas analizadas.

1.4.2 Tamaño de la Muestra y Validación

Se ha establecido un tamaño de muestra de doce unidades de estudio para cada uno de los grupos con el fin de garantizar que los hallazgos sean fiables y cuenten con suficiente respaldo científico, así como para establecer un nivel de fiabilidad del noventa y cinco por ciento y una capacidad del ochenta por ciento de la investigación para identificar diferencias reales.

- Al contar con 4 grupos en total, el tamaño de la muestra final será de 48 cilindros de resina.
- Este número se basa en antecedentes de investigaciones similares de microdureza *in vitro*, donde una "n" mínima de 12 permite una distribución normal de los datos para aplicar pruebas estadísticas.

1.4.3 Criterios de selección

- **Criterios de Inclusión**

  Cilindros que presenten superficies lisas y planas, dimensiones exactas de 8x4 mm y una polimerización completa y uniforme según los tiempos del fabricante.

- **Criterios de Exclusión**

  Especímenes con burbujas de aire superficiales o internas, bordes irregulares, grietas o cualquier defecto visual.

1.4.4 Distribución de los Grupos

La muestra se dividió en 4 grupos para comparar el efecto del pulido en ambas resinas tras ser blanqueadas:

- Grupo 1 (Control Z350): Resina Filtek Z350 XT + Aclaramiento (Sin pulido).
- Grupo 2 (Experimental Z350): Resina Filtek Z350 XT + Aclaramiento + Protocolo de Pulido Completo.
- Grupo 3 (Control Forma): Resina Forma + Aclaramiento (Sin pulido).
- Grupo 4 (Experimental Forma): Resina Forma + Aclaramiento + Protocolo de Pulido Completo

1.4.5 Procedimiento Experimental

- **Elaboración de las muestras:** Tras colocar el molde sobre una lámina de vidrio, se vertió la resina en su interior. Se aplicó en capas y se fotopolimerizó la parte superior; luego, tras voltear el molde, se fotopolimerizó la parte inferior. El proceso se repitió. Una vez retirado el molde, las muestras se sumergieron en solución salina fisiológica durante veinticuatro horas para permitir que la matriz orgánica se solidificara por completo.
- **Protocolo de Aclaramiento (Fase Común):** Todas las muestras (las 48 unidades) fueron sometidas a la aplicación de peróxido de hidrógeno al 35% (Whiteness HP). El gel se aplicó sobre la superficie siguiendo todos los protocolos y procedimientos, así como el tiempo que indique el fabricante (15 minutos recomendable), se limpió la superficie y se lava con abundante agua para eliminar cualquier residuo químico.
- **Protocolo de Pulido Secuencial (Fase Experimental):** Solo los Grupos 2 y 4 recibieron el tratamiento de superficie, el cual se realizó de forma estrictamente secuencial en un solo paso clínico:

- **Nivelación:** Uso de discos abrasivos Sof-Lex (de grano grueso a fino).
- **Acabado:** Uso de gomas Enhance para suavizar la superficie.
- **Brillo final:** Aplicación de pasta diamantada con disco de fieltro a baja velocidad. (Los grupos control se mantienen únicamente con el efecto del aclaramiento, es decir sin pulido, para servir de referencia).

- **Medición de la Microdureza:** Finalmente, se utilizó el durómetro para examinar cada muestra. Se realizaron tres indentaciones en la superficie de cada cilindro, ubicadas en distintas regiones. Tras registrar el valor promedio de estas mediciones en unidades HV (dureza Vickers), las lecturas se clasificaron según los criterios previamente establecidos.

1.4.6 Instrumentos

a) Instrumento documental:

TABLA 2 Ficha de observación

Marca de Resina (Microdureza*)		
Muestra	**Grupo Control**	**Grupo Experimental**
1		
2		
3		
4		
5		
6		

* Dureza Vickers

1.4.7 Materiales

- Resinas nanohíbridas Filtek Z350 XT y FORMA™
- Gel aclarador Whiteness HP
- Pasta diamantada
- Suero fisiológico

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación Espacial

Ámbito general: Arequipa.

Ámbito específico: Laboratorio Ingeniería de materiales UNSA

2.2. Unidades de Estudio

TABLA 3 Unidades de Estudio

Grupo	Material	Aplicación	N° de muestras	Ensayo realizado
1	Z350 XT	Aclaramiento	12	Microdureza
2	Z350 XT	Aclaramiento + pulido	12	Microdureza
3	FORMA	Aclaramiento	12	Microdureza
4	FORMA	Aclaramiento + pulido	12	Microdureza

3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Organización

Tras la finalización de la fase experimental, los valores recopilados se registrarán, se ordenarán secuencialmente y se transformarán en valores numéricos. Esto facilitará la correcta organización y análisis de los resultados. La gestión de estos datos permite realizar análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, así como comparaciones entre los distintos grupos de investigación. De igual modo, el enfoque cuantitativo del

material contribuye a garantizar la imparcialidad, la exactitud y la replicabilidad de los resultados. Este enfoque también permite realizar los cálculos necesarios de forma sistemática y en consonancia con los objetivos del estudio.

3.2. Recursos

Recursos Humanos

- Investigador: Edwin Javier Calle Arapa
- Asesor: Dr. Luis Manuel Arenas Vélez
- Ingeniero: Guido Quispe Ampuero

Recursos Físicos

Para llevar a cabo las pruebas experimentales, se dispuso de todos los instrumentos necesarios para la investigación. Estos incluían un microdurómetro, utilizado para cuantificar la dureza de la capa externa de las muestras, así como los materiales necesarios para producir y estandarizar los bloques de resina, como los moldes, que garantizaban la uniformidad de todas las piezas examinadas. También se dispuso de acceso a internet y a las herramientas informáticas necesarias para organizar, procesar y analizar estadísticamente los datos mediante la aplicación adecuada.

Recursos económicos

El investigador principal aportó los fondos necesarios para llevar a cabo el estudio. Estos fondos se utilizaron para cubrir necesidades básicas como la adquisición de materiales, suministros y otros gastos operativos importantes. Gracias a estos recursos, el proyecto pudo seguir adelante sin necesidad de financiación externa.

Recursos institucionales

Universidad Católica de Santa María

Universidad Nacional de San Agustín

4. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

4.1. A nivel de procesamiento o sistematización

a) Tipo de procesamiento

El investigador fue personalmente responsable de gestionar todos los procedimientos realizados, así como la información y los resultados obtenidos. En resumen, las tareas y el procesamiento de los datos se llevaron a cabo manualmente, de forma secuencial.

b) Plan de operaciones

b.1 Clasificación de datos

Se utilizó Microsoft Excel para organizar todos los datos recopilados en una tabla, similar a una matriz, con el fin de facilitar el procesamiento automatizado. Gracias a esto, se simplificó la revisión sistemática de la información recopilada en cada etapa de la investigación.

b.2 Análisis

TABLA 4 Análisis Estadístico

Variable	Tipo	Escala de Medición	Medidas Estadísticas	Pruebas estadísticas
Microdureza	Cuantitativa	De Razón (HV)	Media aritmética, desviación, máximo y mínimo	Shapiro-Wilk Anova Tukey

b.3 Tabulación

De forma clara y estructurada, los datos obtenidos de las mediciones, así como los hallazgos derivados de la investigación, se plasmaron en tablas resumen o

gráficos estadísticos. Gracias a ello, la información resultante pudo presentarse de manera inequívoca, organizada y fácil de comprender.

b.4 Graficación

Por un lado, los gráficos utilizados en el estudio fueron diagramas de líneas, que se emplearon para mostrar el comportamiento de los valores a lo largo de toda la serie analizada. Por otro lado, se utilizaron diagramas de barras verticales para comparar y contrastar las cifras obtenidas entre los distintos grupos considerados.

4.2. A nivel de conclusiones

Las conclusiones del estudio se elaboraron a partir de las preguntas centrales de la investigación, así como de los objetivos generales y específicos definidos al inicio del proceso, que sirvieron de inspiración para su redacción. Además, la hipótesis planteada sirvió como punto de referencia clave, lo que permitió revisar y validar o refutar los supuestos que impulsaron la investigación.

CAPITULO III

RESULTADOS

TABLA 5 Prueba de Normalidad

Grupo	n	Estadístico W	Valor p	Distribución
Z350 – Control (sin pulido)	12	0.949	0.629	Normal (p > 0.05)
Z350 – Experimental (con pulido)	12	0.928	0.358	Normal (p > 0.05)
Forma – Control (sin pulido)	12	0.934	0.422	Normal (p > 0.05)
Forma – Experimental (con pulido)	12	0.948	0.608	Normal (p > 0.05)

*Matriz de datos

En los cuatro grupos evaluados, el valor P obtenido fue mayor a 0.05, por lo que los datos de dureza superficial se distribuyen de manera normal en los cuatro grupos de estudio, lo cual se confirma visualmente en los gráficos, donde los puntos se ajustan de forma razonable a la línea diagonal de normalidad. Al cumplirse el supuesto de normalidad, y habiéndose verificado también la homogeneidad de varianzas, se determinó que el análisis diferencial se realizara mediante pruebas paramétricas, específicamente el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores.

FIGURA 1 Prueba de Normalidad

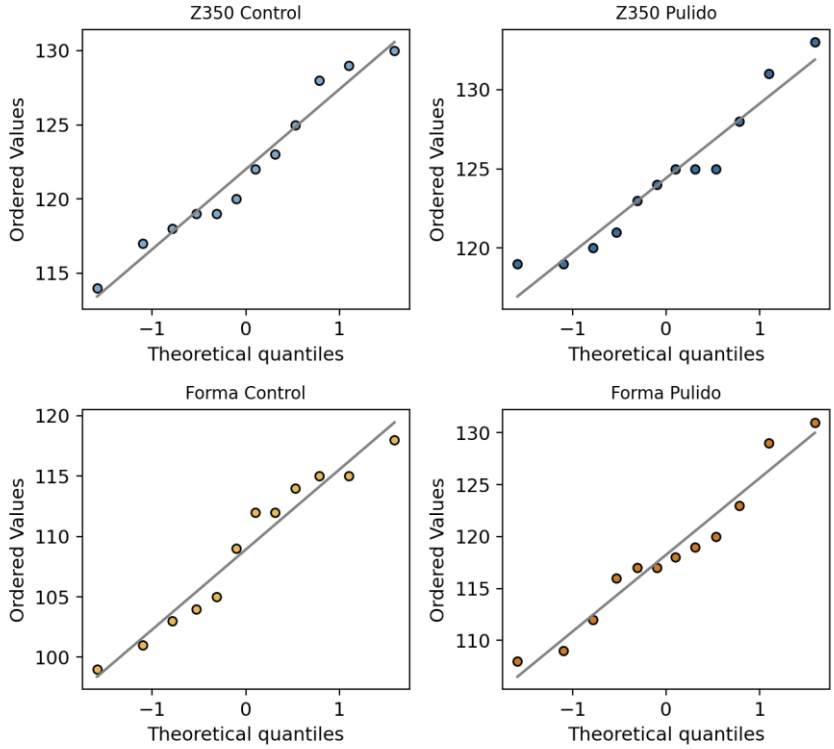


TABLA 6 Distribución de los niveles de microdureza en cada grupo

Rango (HV)	G1: Z350 Control	G2: Z350 Experimental	G3: Forma Control	G4: Forma Experimental
70 – 90	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
91 – 110	0 (0.0%)	0 (0.0%)	6 (50.0%)	2 (16.7%)
111 – 130	12 (100.0%)	10 (83.3%)	6 (50.0%)	9 (75.0%)
131 – 150	0 (0.0%)	2 (16.7%)	0 (0.0%)	1 (8.3%)
	12 (100.0%)	**12 (100.0%)**	**12 (100.0%)**	**12 (100.0%)**

*Matriz de datos

En el grupo de la resina Filtek Z350 XT control (sin pulir), el 100.0% de las muestras se concentró en la categoría de dureza media alta, mientras que, al aplicar el protocolo de pulido (grupo experimental), un 16.7% de las muestras alcanzó la categoría de dureza alta, manteniéndose el 83.3% restante en el nivel medio alto. Por su parte, la resina Forma en su grupo control mostró una distribución equitativa (50.0% en dureza media baja y 50.0% en media alta). Tras la ejecución del protocolo de pulido en el grupo experimental de Forma, se evidenció un desplazamiento positivo de la dureza, donde el 75.0% de las muestras se posicionó en el nivel medio alta, el 8.3% alcanzó el nivel alto, y solo un 16.7% se mantuvo en el rango de dureza media baja.

FIGURA 2 Distribución de los niveles de microdureza en cada grupo

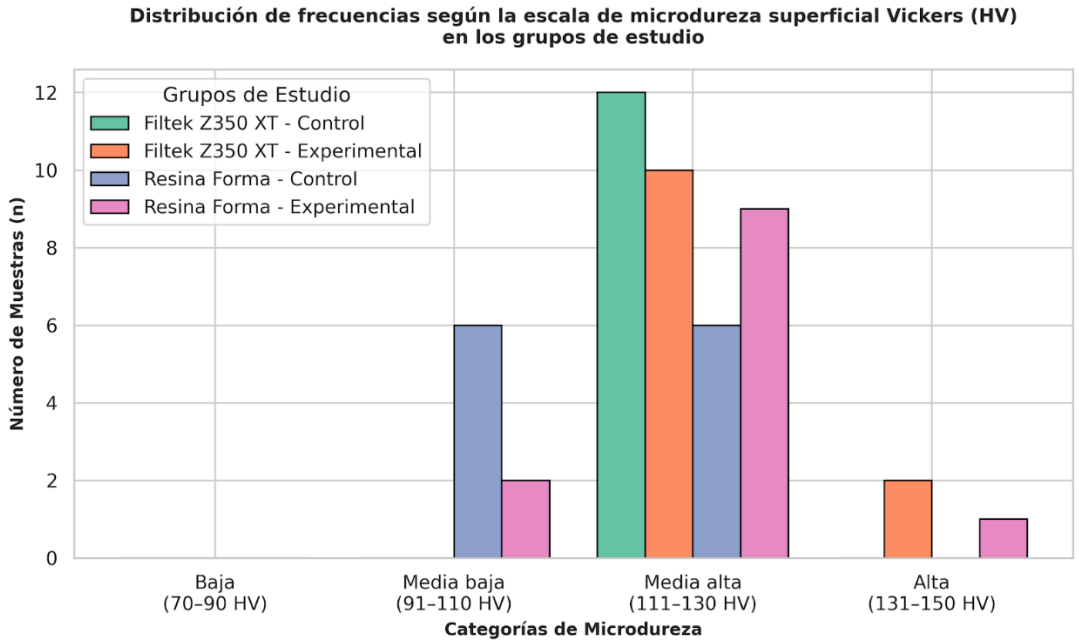


TABLA 7 Análisis descriptivo de microdureza de los grupos

Grupo de Estudio	Muestras (n)	Media (HV)	Desviación Estándar (± DE)	Valor Mínimo	Valor Máximo
G1: Z350 XT Control	12	122.00	5.10	114.00	130.00
G2: Z350 XT Experimental	12	124.42	4.50	119.00	133.00
G3: Forma Control	12	108.92	6.30	99.00	118.00
G4: Forma Experimental	12	118.25	7.02	108.00	131.00

*Matriz de datos

Los valores promedio de microdureza superficial más altos se registraron en la resina Filtek Z350 XT, tanto para el grupo experimental con pulido (124.42 HV \ 4.50 DE) como para el grupo control sin pulir (122.00 HV \ 5.10 DE). En el caso de la resina Forma, se observó un incremento promedio cuantitativo más pronunciado al aplicar el tratamiento superficial, pasando de una media de 108.92 HV \ 6.30 DE en el grupo control a un promedio de 118.25 HV \ 7.02 DE en el grupo experimental sometido al protocolo de pulido.

FIGURA 3 Análisis descriptivo de microdureza de los grupos

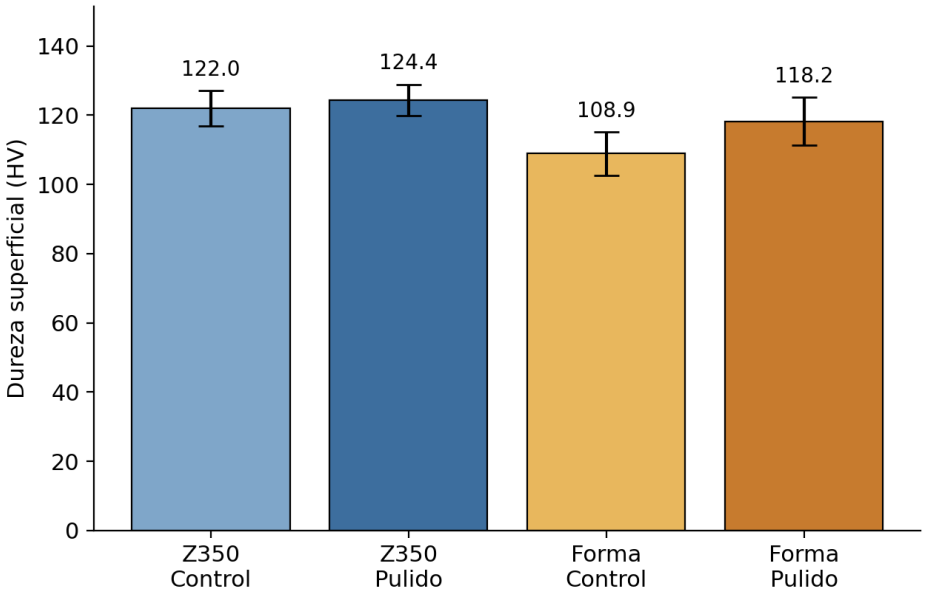


TABLA 8 Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores: Resina y Pulido

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	F	Valor p	Significancia
Resina (Z350 / Forma)	1111.69	1	32.871	< 0.001	Significativo
Pulido (Control / Experimental)	414.19	1	12.247	0.001	Significativo
Interacción Resina × Pulido	143.52	1	4.244	0.045	Significativo
Error (residual)	1488.08	44	—	—	—

*Matriz de datos

El análisis de varianza de dos factores mostró que tanto el factor Resina ($F = 32.871$; $p < 0.001$) como el factor Pulido ($F = 12.247$; $p = 0.001$) tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la dureza superficial. Asimismo, se encontró una interacción significativa entre ambos factores ($F = 4.244$; $p = 0.045$), lo que indica que el efecto del pulido sobre la dureza superficial no es el mismo en ambas resinas, sino que depende del tipo de resina evaluada. Esto se aprecia claramente en el gráfico de tendencias, donde la pendiente de incremento tras el pulido es más pronunciada en la resina Forma que en la resina Z350. Dado que existe una interacción significativa, resulta pertinente complementar este análisis con una prueba post hoc que permita identificar entre qué grupos específicos se encuentran las diferencias.

FIGURA 4 Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores: Resina y Pulido

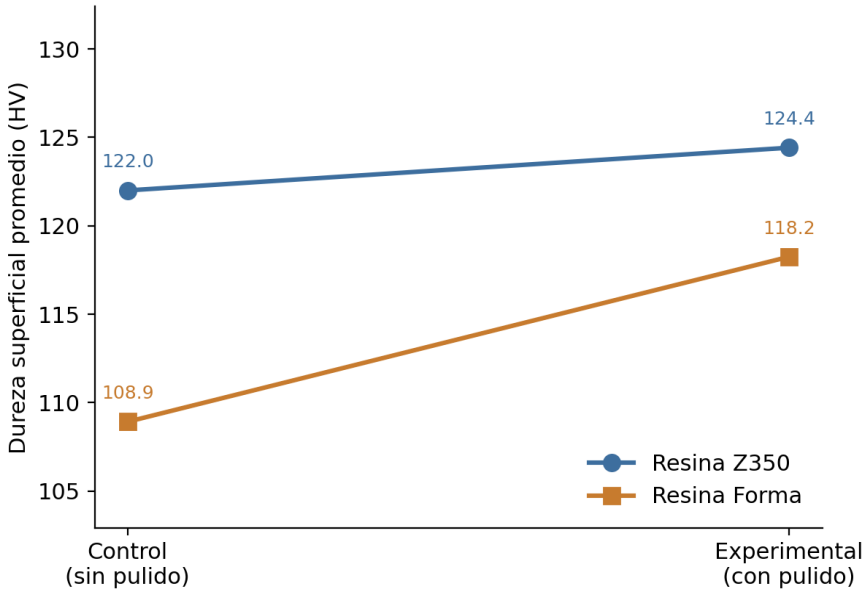


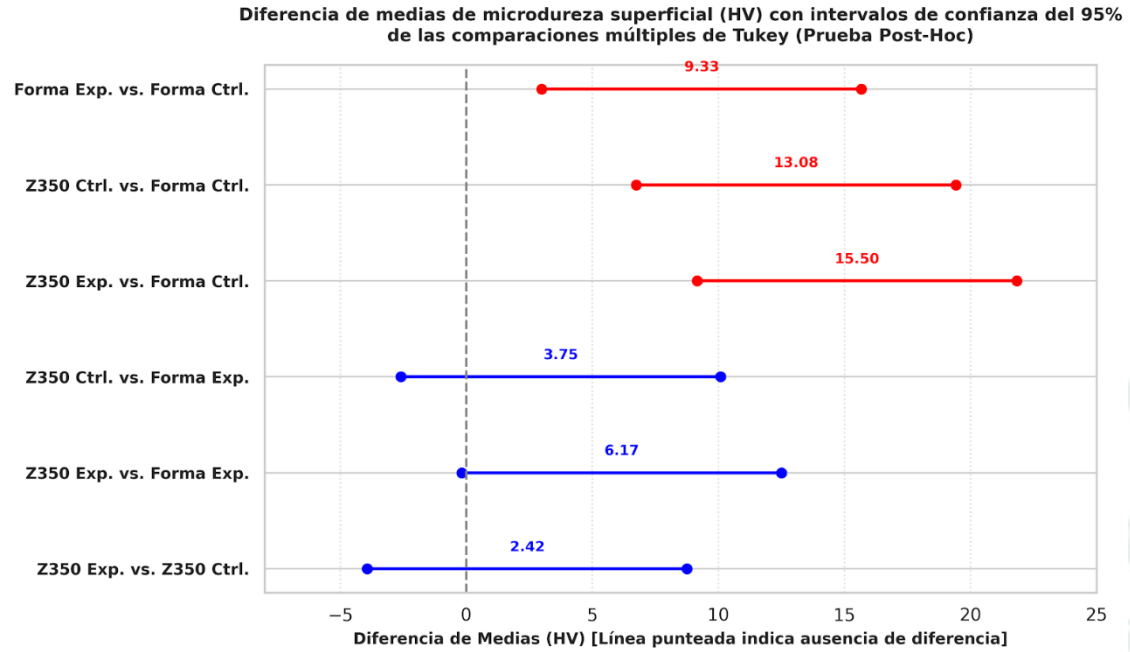
TABLA 9 Comparaciones múltiples mediante la prueba post hoc de Tukey

Grupo 1	Grupo 2	Diferencia de medias	Valor p ajustado	¿Diferencia significativa?
Forma Control	Forma Pulido	9.33	0.0016	Sí
Forma Control	Z350 Control	13.08	< 0.001	Sí
Forma Control	Z350 Pulido	15.50	< 0.001	Sí
Forma Pulido	Z350 Control	3.75	0.4006	No
Forma Pulido	Z350 Pulido	6.17	0.0592	No
Z350 Control	Z350 Pulido	2.42	0.7399	No

*Matriz de datos

La prueba de Tukey evidenció que el grupo Forma Control presentó diferencias estadísticamente significativas frente a los tres grupos restantes (Forma Pulido, Z350 Control y Z350 Pulido), confirmando que este grupo fue el que registró la menor dureza superficial de todo el estudio. Dentro de la resina Forma, el pulido produjo un incremento significativo de la dureza ($p = 0.0016$), lo que sugiere que el protocolo de pulido secuencial fue efectivo para recuperar parcialmente la dureza superficial afectada por el peróxido de hidrógeno al 35% en esta resina. En contraste, dentro de la resina Z350, la diferencia entre el grupo control y el grupo pulido no fue estadísticamente significativa ($p = 0.7399$), lo que indica que el pulido no generó un cambio relevante en la dureza superficial de esta resina, posiblemente porque el peróxido de hidrógeno afectó en menor medida su matriz superficial. Finalmente, tampoco se hallaron diferencias significativas entre el grupo Forma Pulido y los dos grupos de la resina Z350, lo que sugiere que, tras el pulido, la resina Forma alcanzó valores de dureza estadísticamente comparables a los de la resina Z350.

FIGURA 5 Comparaciones múltiples mediante la prueba post hoc de Tukey



DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación aportan evidencia que respalda la teoría planteada; sin embargo, esta evidencia no es definitiva ni consistente, ya que varía según el tipo de resina examinada. En comparación con las muestras que no se sometieron a este tratamiento, se esperaba que la aplicación de una técnica de pulido por etapas eliminara la capa afectada por el peróxido de hidrógeno al 35 % y, en consecuencia, aumentara los valores de microdureza superficial. Esta idea se ve respaldada por los hallazgos en el caso de la resina Forma, donde se observó que el pulido produjo un aumento estadísticamente significativo en la dureza superficial del material. Este resultado sugiere que el procedimiento de pulido secuencial utilizado logró eliminar o reducir la capa superficial degradada por la actividad oxidante del peróxido de hidrógeno, restaurando así parcialmente la resistencia mecánica de la resina.

Sin embargo, en la resina Z350 el comportamiento fue distinto: si bien también se observó un incremento numérico de la dureza tras el pulido, esta diferencia no alcanzó significancia estadística. Este hallazgo, lejos de contradecir la hipótesis general, indica que el efecto del pulido sobre la recuperación de la dureza superficial no es uniforme entre las distintas resinas nanohíbridas, sino que depende de las características particulares de cada material. Una posible explicación de esta diferencia entre resinas radica en el grado de afectación inicial que cada material sufrió por acción del peróxido de hidrógeno al 35%. La resina Forma, que presentó los valores de dureza más bajos del grupo de control durante toda la prueba (108,92 HV), parece haber sido la que mostró mayor sensibilidad a la degradación oxidativa de su componente orgánico. En contraste, la resina Z350 mostró una menor variación entre sus grupos control y experimental, lo que sugiere que su matriz orgánica y su sistema de relleno inorgánico ofrecieron mayor resistencia frente a la acción oxidante del peróxido, dejando una menor capa degradada susceptible de ser eliminada mediante el pulido.

Al contrastar estos resultados con los antecedentes internacionales considerados en el proyecto, se encuentran tanto coincidencias como discrepancias relevantes. El estudio de Sifuentes Ravello y colaboradores (50), que evaluó el efecto de dos agentes blanqueadores sobre la microdureza superficial del esmalte, concluyó que el peróxido de hidrógeno al 35% produjo una disminución significativamente mayor de la microdureza en comparación con el peróxido de carbamida al 35%. Aunque dicho estudio se centró en tejido dentario y no en resinas compuestas, sus hallazgos son coherentes con el presente trabajo en el sentido de que confirman

el potencial degradante del peróxido de hidrógeno al 35% sobre la dureza superficial de distintos sustratos, lo cual respalda el fundamento teórico de nuestra hipótesis: que este agente genera una degradación superficial susceptible de ser corregida o atenuada mediante procedimientos posteriores como el pulido.

Por su parte, el estudio de Hurd y colaboradores de Colombia (48), reportó que el peróxido de hidrógeno no produjo cambios significativos en la superficie del esmalte, y que, además, la inmersión posterior en saliva artificial generó un proceso remineralizador que disminuyó el tamaño de las porosidades inducidas por el agente blanqueador. Este hallazgo, en cierta medida, guarda relación conceptual con nuestros resultados en la resina Forma, en la medida en que ambos estudios evidencian que el efecto negativo inicial del peróxido de hidrógeno puede ser parcialmente revertido mediante un mecanismo posterior, ya sea biológico (remineralización salival) o mecánico (pulido), lo que refuerza la idea de que el daño superficial ocasionado por este agente no es necesariamente permanente ni irreversible.

En cuanto a los antecedentes nacionales, el estudio de Reyes Cruz y colaboradores de Lima (51), que evaluó el efecto de dos agentes de aclaramiento sobre la microdureza superficial de una resina de nanorelleno (Filtek Z350 XT), encontró que el peróxido de hidrógeno al 35% generó la mayor reducción de microdureza en comparación con el peróxido de carbamida al 16% y el grupo control, con diferencias estadísticamente significativas. Este antecedente resulta particularmente relevante porque emplea la misma resina utilizada en el presente estudio (Z350 XT), lo que permite una comparación más directa. Si bien dicho estudio no evaluó el efecto del pulido como variable de recuperación, sus resultados son coherentes con nuestros hallazgos en el sentido de que confirman que el peróxido de hidrógeno al 35% efectivamente compromete la microdureza superficial de esta resina; sin embargo, nuestros resultados aportan un elemento adicional no explorado en dicho antecedente, al demostrar que, en el caso específico de la resina Z350, dicha afectación no logra ser revertida de manera significativa mediante el pulido.

El estudio de Cuayla Quicaña realizado en Moquegua (52), centrado en el efecto de distintos agentes aclaradores sobre la microfiltración marginal in vitro de restauraciones con resina nanohíbrida, reportó que el peróxido de hidrógeno al 35% generó los mayores valores de microfiltración en comparación con el peróxido de carbamida al 16% y el grupo control. Aunque dicho estudio abordó una variable distinta a la dureza superficial, sus resultados son consistentes con la evidencia general de que el peróxido de hidrógeno al 35% constituye uno

de los agentes blanqueadores con mayor potencial de alterar la interfase y la estructura superficial de las restauraciones con resina nanohíbrida, lo cual respalda nuestro estudio al buscar estrategias, como el pulido, que permitan mitigar dichos efectos adversos.

Finalmente, el estudio de Velásquez-Vergara y colaboradores (53), que comparó el efecto del peróxido de hidrógeno al 35% con y sin activación de lámpara de diodos sobre la microdureza del esmalte, concluyó que ambas técnicas de blanqueamiento ocasionaron una pérdida significativa de microdureza, sin diferencias relevantes entre ellas. Este antecedente, junto con el de Azzarri y colaboradores realizado en Argentina, en el 2015 (49), quienes analizaron comparativamente los efectos de agentes blanqueadores sobre distintos materiales de restauración mediante microscopía electrónica de barrido, coincide con la línea general de evidencia que identifica al peróxido de hidrógeno al 35% como un agente capaz de generar alteraciones microestructurales medibles en superficies dentarias y restauradoras, lo que constituye el punto de partida conceptual que justificó el diseño del presente estudio.

En la actualidad, la literatura científica coincide de manera bastante uniforme en que el peróxido de hidrógeno en altas concentraciones, particularmente al 35%, constituye uno de los agentes blanqueadores con mayor capacidad de generar alteraciones superficiales en tejidos dentarios y en materiales restauradores, entre ellas la disminución de la microdureza, el aumento de la rugosidad superficial y la generación de microporosidades derivadas de su acción oxidante sobre la matriz orgánica de las resinas compuestas.

En este sentido, el presente estudio aporta evidencia relevante y relativamente novedosa al campo, ya que no se limita a confirmar el efecto degenerativo del peróxido de hidrógeno al 35% sobre la dureza superficial de las resinas nanohíbridas, sino que además evalúa de manera comparativa si un protocolo de pulido secuencial resulta efectivo para recuperar dicha propiedad mecánica, encontrando que esta efectividad depende directamente del tipo de resina evaluada. Este hallazgo resulta clínicamente relevante, pues sugiere que la recomendación de realizar pulido posterior a un tratamiento de blanqueamiento debería ser tomado en cuenta en los protocolos clínicos realizados en el consultorio odontológico.

CONCLUSIONES

PRIMERA

En el caso de la resina Z350, las mediciones de dureza en la capa exterior de las resinas analizadas arrojaron un valor de 122,00 HV, mientras que la resina Forma presentó los resultados más bajos de toda la investigación, con 108,92 HV. Esto ocurrió incluso sin haber pulido la resina Z350 tras su decoloración con peróxido de hidrógeno al 35 %.

SEGUNDA

Tanto la resina Z350 como la resina Forma mostraron un aumento en los valores de dureza superficial después del pulido, alcanzando la resina Z350 124,42 HV y la resina Forma 118,25 HV. Este incremento fue mucho más visible en el caso de la resina Forma que en el grupo sin pulir.

TERCERA

Fue principalmente el comportamiento peculiar del grupo Forma Control el responsable de las diferencias significativas en los niveles de dureza superficial detectadas entre las dos resinas tras el pulido posterior al blanqueamiento. Además, la resina Forma logró alcanzar niveles de dureza que, desde un punto de vista estadístico, fueron equivalentes a los obtenidos con la resina Z350 tras el pulido.

CUARTA

El pulido ejerció un efecto positivo sobre la microdureza superficial tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35%, siendo significativo en la resina Forma ($p = 0.0016$) y no significativo en la resina Z350 ($p = 0.7399$), lo que confirma parcialmente la hipótesis y evidencia que la efectividad del pulido depende del tipo de resina nanohíbrida evaluada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incorporar al proceso de pulido secuencial, que incluye el uso de discos Sof-Lex, gomas Enhance y pasta de diamante, tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35%. Esto se debe a que, en este estudio, se comprobó su eficacia para aumentar la dureza superficial de las resinas nanohíbridas analizadas, especialmente en el caso de la resina Forma.

2. Se recomienda a futuros tesistas e investigadores ampliar esta línea de estudio evaluando otras propiedades mecánicas y ópticas de las resinas nanohíbridas tras el blanqueamiento y el pulido, tales como la rugosidad superficial, la estabilidad de color, la resistencia al desgaste o la microfiltración marginal, así como incorporar otras marcas comerciales y otros sistemas de pulido no contemplados en el presente estudio.

3. Dado que el potencial del pulido posterior al blanqueamiento para restaurar la dureza superficial no fue estadísticamente significativo para todos los materiales examinados, se recomienda a los profesionales dentales que decidan sobre la conveniencia de realizar dicho pulido en cada caso particular. Por lo tanto, es conveniente priorizar este método para las resinas que presentan una mayor propensión a degradarse por la acción del peróxido de hidrógeno.

4. Se recomienda a los fabricantes de resinas nanohíbridas evaluar e informar en sus fichas técnicas el comportamiento de sus materiales frente a agentes blanqueadores de uso frecuente en la práctica clínica, con el fin de orientar mejor al odontólogo sobre la necesidad de protocolos de pulido específicos o si fuera necesario realizar algún otro procedimiento tras los tratamientos de aclaramiento dental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Viteri Zambrano FJ. Análisis de microdureza de resinas compuestas nanohíbridas expuestas al proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35%: una revisión sistemática. Ecuador: Universidad UNIANDES; 2025.
2. Torrejon Espinoza MA TLV. Efecto del peróxido de hidrógeno al 35%, 37 y 40% sobre la microdureza superficial del esmalte bovino. Lima: Universidad San Martín de Porres; 2023.
3. Suárez López JS. Microdureza superficial de tres resinas compuestas nanohíbridas según el tiempo de espera para el pulido. Lima: Universidad San Martín de Porres; 2021.
4. Arpasi Arohuanca CO. Comparación de la microdureza superficial de dos resinas nanohíbridas según el momento de pulido. Tacna: Universidad Privada de Tacna; 2024.
5. BARRANCOS MOONEY JPJB. Operatoria Dental. Avances clínicos, restauraciones y estética. 5th ed. Alvear MTd, editor. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2015.
6. Anusavice KJ. Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Undécima Edición ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2004.
7. Henostroza G. Adhesión en odontología restauradora. Tercera ed. Madrid: Ripano; 2020.
8. Lanata EJ. Operatoria dental: estética y adhesión Buenos Aires: Grupo Guía; 2019.
9. Hervás García Adela MLMACVJBEAFGP. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med. oral patol. oral cir.bucal (Internet. 2006 Abril; 11(2).
10. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora. Salud y estética. 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.
11. JL CN. Biomateriales dentales: para una odontología restauradora exitosa. Tercera ed. Colombia: Amolca; 2019.

12. Christiani JJ AERM. Estabilidad de color de tres resinas nanohíbridas en relación al tipo de pulido realizado. Journal of Odontostomatology. 2023; 17(1): p. 64-69.

13. Durán-Ojeda G TJUI. Alternativas clínicas para el uso de composites Bulk-Fill compactables y fluidos: reporte de un caso paso a paso. Odovtos. 2021; 23(1): p. 31-42.

14. Sulca Gonzales EL LFA. Resistencia flexural de las resinas fluida convencional, fluida bulk fill y fluida de alta carga: estudio in vitro. Revista Estomatológica Herediana. 2023; 33(3).

15. Mosquera Muñoz MA CIMPMGRAJ. Evaluación de la microdureza superficial de cementos resinosos y resina compuesta utilizada para cementación. Acta Odontológica Colombiana. 2022; 15(30): p. 9-17.

16. LJ VR. Microdureza superficial en resina compuesta, compómero y ionómero de vidrio, sometidos a envejecimiento acelerado. Tesis. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; 2023.

17. Gines-León DM RRRIRM. Restauraciones realizadas con resina Filtek Z350XT vs resina Micerium. [Online].; 2024 [cited 2026 Julio 13. Available from: https://revistasinstitutoperspectivasglobales.org/index.php/sanitas/article/view/271.

18. Rodas-Cando DF MBB. Estudio comparativo de los diferentes tipos de resinas compuestas y sus usos de acuerdo a su composición. Revisión de literatura. Anatomía digital. 2023; 6(3).

19. Moradas-Estrada M ÁLB. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. Avances en Odontoestomatología. 2017; 33(6): p. 263-274.

20. Gurgan S KVUYB. An overview of clinical and material properties of modern composite resins. European Journal Prosthodont Restorative Dental. 2021; 29(2).

21. Gómez C PJ. Estética y odontología restauradora: principios biomiméticos Madrid: Ripano; 2019.

22. Acurio-Benavente P FCGCALMCP. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. Odontología Vital. 2017; 27: p. 69-77.

23. Christiani JJ AERT. Estabilidad de color de tres resinas nanohíbridas en relación al tipo pulido realizado. International Journal of Odontostomatology. 2023; 17(1): p. 64-69.

24. Rojas-Padilla SV RCT. Microfiltración marginal de resinas de relleno masivo y nanohíbrida en molares deciduos. Revista Cubana de Estomatología. 2021; 58(2).

25. Durán-Ojeda G TLJ. Restauración clase II MOD mediante uso de resina bulk-fill fluida y resina de estratificación natural: combinando fortalezas en una preparación extensa. Revista Estomatológica Herediana. 2022; 32(1): p. 68-73.

26. Ultradent. Forma: Resina compuesta nanohíbrida con zirconia. 2025.

27. ESPE 3. Filtek" Z350 XT. Restaurador Universal. 3M ESPE. 2010.

28. Steenbecker O. Principios y Bases de Los Biomateriales en Operatoria Dental Estética Adhesiva. Primera ed. Valparaiso: Universidad de Valparaiso; 2006.

29. Leo G. "Dureza de los materiales: definición, tipos y método de prueba". ARIA MANUFACTURING LIMITED. 2024 Junio.

30. Alvarez JT. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada. Tesis para título profesional. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Académico Profesional de Odontología; 2002.

31. Physics I. Explicación de las pruebas de microdureza: pruebas de Vickers y Knoop. Base del conocimiento. 2024.

32. S TF. Microdureza superficial de resinas bulk fill según tiempo de exposición a la lámpara de fotopolimerización. Tesis. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Odontología; 2022.

33. S.A.S S. "Ensayos de dureza". 2024.

34. Instruments N. "Control de la Dureza de Metales: Generalidades". 2024.

35. Wikipedia Cd. Dureza. "Wikipedia la enciclopedia libre". 2024 Octubre.

36. Buehler SGd. "Conceptos de prueba de dureza". 2024.

37. González OS. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva: propiedades, principios, fundamentos Valparaíso - Chile: Editorial Universidad de Valparaíso; 2006.

38. Inc. FT. Microdureza del esmalte dental en odontología. 2024.

39. Osvaldo Zmener PEMPRDP. "Microdureza de dos materiales endodónticos a base de silicato de calcio. Un ensayo ex vivo". Revista Asociación Odontológica Argentina. 2020 Julio; 35(81).

40. L S. Importancia del acabado y pulido en restauraciones con resinas compuestas en dientes anteriores. Reporte de caso clínico. Revista científica ciencias de la salud. 2019; 1(1): p. 52-56.

41. Picón Rentería AD TOP. Efectividad de los diferentes sistemas de pulido sobre la rugosidad superficial de las resinas compuestas. Revisión bibliográfica. Odontología. 2023; 25(2): p. 67-74.

42. Christiani JJ AERT. Estabilidad de color de tres resinas nanohíbridas en relación al tipo pulido realizado. International Journal of Odontostomatology. 2023; 17(1): p. 64-69.

43. Santos-Busso AN LQLHERHMG. Comparación de la microdureza de resina compuesta con técnica índex convencional y modificada con cubeta impresa en dos tiempos de fotopolimerizado. Revista Estomatolólica Herediana. 2024; 34(1): p. 7-16.

44. Tacuri Chungata JX PE. Ventajas y desventajas del aclaramiento dental entre peróxido de hidrógeno 35% de consultorio y peróxido de carbamida 10% de uso doméstico. Revisión de la literatura. KIRU. 2023; 20(3): p. 126-135.

45. de Jesús E RVSRCVJALPOea. Evaluación del cambio de luminosidad y sensibilidad en el aclaramiento dental láser asistido: ensayo clínico controlado aleatorizado. Revista Científica Odontológica. 2025; 13(2).

46. CA RG. Estabilidad del pH de cuatro geles a base de peróxido de hidrógeno en distintos intervalos de tiempo. Revista Científica Odontológica. 2021; 9(2).

47. Chaple Gil AM FGEQML. Técnica modificada de blanqueamiento de dientes vitales empleando DMC peróxido de hidrógeno al 35%. Revista Habanera de Ciencias Médicas. 2019; 18(3): p. 428-436.

48. Alana Hurd JPGPJMGPMCL. Efecto del aclaramiento dental con peróxido de hidrógeno a diferentes concentraciones sobre la superficie del esmalte: un estudio in vitro. Journal Odontológico Colegial. 2015 Noviembre; 8(16).

49. Azzarri MJJSRLGG. Acción de los agentes blanqueadores sobre materiales de restauración. REVISTA DE LA SOCIEDAD ODONTOLÓGICA DE LA PLATA. 2015 Noviembre; 25(51).

50. Andrea Sifuentes Ravello EVBAEGLASS. Efecto de dos agentes blanqueadores sobre la microdureza superficial del esmalte. Dentum. 2016; 14(1).

51. L.E. Reyes Cruz RDSCDJGVPOMMEYENLFPC. Efecto de dos agentes de aclaramiento sobre la microdureza superficial de una resina compuesta. AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA. 2024; 40(2).

52. QUICAÑA KWC. Efecto del peróxido de hidrógeno al 35 %, peróxido de hidrógeno al 35% con desensibilize KF al 2% y peróxido de carbamida al 16% en la microfiltración marginal in vitro de restauraciones directas con resina nanohíbrida. Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista. Moquegua: UNIVERSIDAD JOSE CARLOS MARIATEGUI, ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGIA; 2019.

53. Olga Velásquez-Vergara aMAR. Efecto del peróxido de hidrógeno al 35% con y sin la activación de lámpara de diodos en la microdureza del esmalte. KIRU. 2013 Junio; 10(1).

54. BARATIERI LN. Operatoria dental: procedimientos preventivos y restauradores Sao Paolo: Editora Quintessence; 1993.

55. PHYSICAL PROPERTIES. Mitsubishi Chemical Advanced Materials. .

ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos

Resina Z350 XT		
Muestra	**Grupo Control**	**Grupo Experimental**
1	120	121
2	120	122
3	121	123
4	122	123
5	122	123
6	122	124
7	122	124
8	122	125
9	122	126
10	123	126
11	123	126
12	125	130

FICHA 2 Recolección de datos

Resina Forma		
Muestra	**Grupo Control**	**Grupo Experimental**
1	106	116
2	108	116
3	108	117
4	108	117
5	109	117
6	109	118
7	109	119
8	109	119
9	109	119
10	110	120
11	110	120
12	112	121

FICHA 3 Certificados de dureza

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALÚRGICA DE LA UNSA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

CERTIFICADO

El que suscribe, Ing. Guido Quispe Ampuero, CERTIFICA que se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA
ESCALA : HV
MUESTRAS : RESINA Z 350 XT
NUMERO DE MUESTRAS : Total 24
SOLICITANTE : Edwin Calle

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA Z 350 XT

	Grupo Control	Grupo Experimental
	HV	HV
1	120	121
2	120	122
3	121	123
4	122	123
5	122	123
6	122	124
7	122	124
8	122	125
9	122	126
10	123	126
11	123	126
12	125	130

Observaciones:
Las nuestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 7 de julio del 2026

GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 103532

Ing. Guido Quispe Ampuero
CIP 103532

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALÚRGICA DE LA UNSA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

CERTIFICADO

El que suscribe, Ing. Guido Quispe Ampuero, CERTIFICA que se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA
ESCALA : HV
MUESTRAS : RESINA FORMA
NUMERO DE MUESTRAS : Total 24
SOLICITANTE : Edwin Calle

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA FORMA

	Grupo Control	Grupo Experimental
	HV	HV
1	106	116
2	108	116
3	108	117
4	108	117
5	109	117
6	109	118
7	109	119
8	109	119
9	109	119
10	110	120
11	110	120
12	112	121

Observaciones:
Las nuestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 7 de julio del 2026

GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 103532

Ing. Guido Quispe Ampuero
CIP 103532

REGISTRO VISUAL

FIGURA 6 Resina Vittra APS



FIGURA 7 Resina Forma™



FIGURA 8 Elaboración de muestras

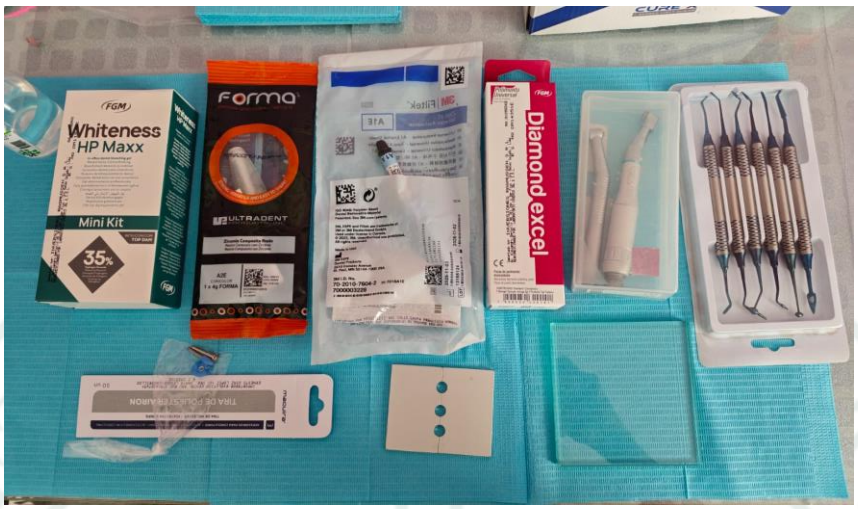


FIGURA 9 Elaboración de muestras

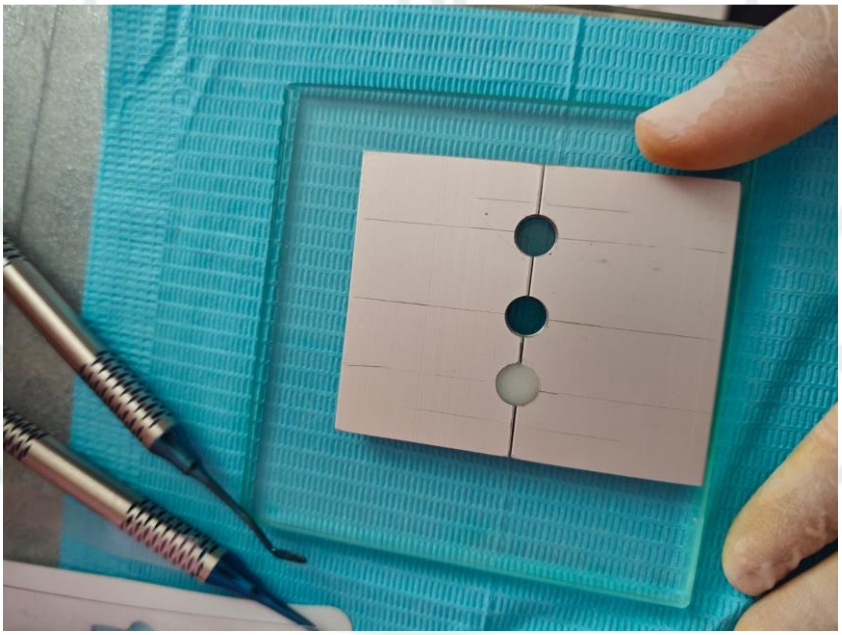


FIGURA 10 Elaboración de muestras



FIGURA 11 Elaboración de muestras

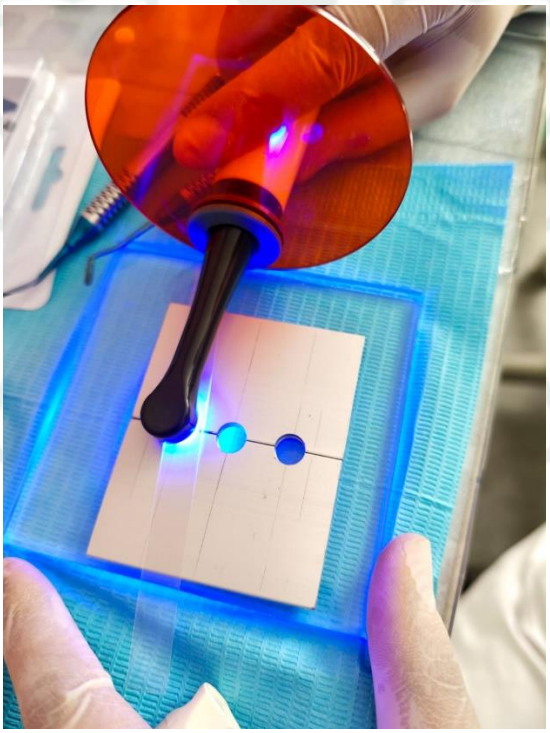


FIGURA 12 Elaboración de muestras



FIGURA 13 Elaboración de muestras

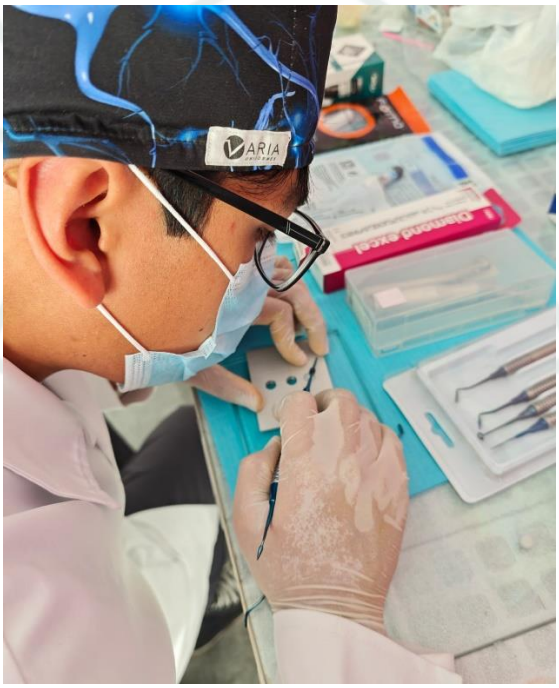


FIGURA 14 Elaboración de muestras



FICHA 4 Dictamen del comité de ética

Universidad Católica de Santa María

Sentimiento Santamariano

Comité Institucional de Ética de la Investigación

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa – Perú
(+54) — 382038

UCSM.EDU.PE

Investigador/a/es/as
Edwin Javier Calle Arapa

Arequipa, 10 de agosto de 2026

De mi especial consideración.

Me dirijo a usted/es para hacerle/s llegar el resultado de la evaluación de su proyecto de investigación y dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación.

TÍTULO: "Evaluación in vitro del efecto del pulido sobre la dureza superficial de dos resinas nanohíbridas sometidas a peróxido de hidrógeno al 35 por ciento, Arequipa 2026.".

INVESTIGADOR/A/ES/AS: Edwin Javier Calle Arapa.

TIPO Y DISEÑO: Cuantitativo, experimental, correlacional, explicativo, longitudinal, prospectivo.

OBJETIVO: La investigación tiene como objetivo: Determinar el efecto del pulido sobre la microdureza superficial de dos resinas nanohíbridas sometidas a blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35%.

UCSM Vicerrectorado de Investigación

PROCEDIMIENTOS: Análisis laboratorial.

SUJETOS DE ESTUDIO: Muestras de resina nanohíbrida confeccionadas en forma de cilindros.

RIESGO DEL ESTUDIO: Mínimo.

OBSERVACIONES, SUGERENCIAS: Debe proteger confidencialidad de la data sensible.

DICTAMEN:

DICTAMEN FAVORABLE 462-2026 CIEI-UCSM

VIGENCIA: La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente dictamen hasta el 10 de agosto de 2027.

Agueda Muñoz Del Carpio Toia
Comité Institucional de Ética de la Investigación UCSM

Arequipa, 10 de agosto de 2026